

Modernioji neuroreabilitacija:

judesių valdymas ir proto treniruotė

LKKA

2011

Albertas Skurvydas

Siaurai, paviršutiniškai mąstyti yra labai pavojinga

(John O'Donohue)

Šią knygą skiriu visiems, nuolatos ir uoliai siekiantiems tikrumo ir aiškumo, t.y. pažinimo, nors jau seniai suprato, kad tai yra „žaidimas be pabaigos“.

Turinys

IVADAS.....	5
1. JUDESIŲ VALDYMO MOKSLAS	8
1.1. KAIP MOTONEURONAI VALDO RAUMENIS?.....	8
1.2. KAIP CENTRINĖ NERVŲ SISTEMA VALDO JUDESİUS?.....	16
1.2.1. <i>Judesių valdymo bendrosios savybės</i>	16
1.2.2. <i>Judesių valdymo principai</i>	22
1.2.3. <i>Motorinės programos struktūra</i>	40
1.2.4. <i>Refleksai ir judesių valdymas</i>	40
1.2.5. <i>Pusiausvyros ir lokomocijų reguliavimo savitumai</i>	47
1.2.6. <i>Motorinio signalo perdavimas iš galvos smegenų į nugaros smegenis</i>	51
1.2.7. <i>Galvos smegenų žievės funkcijos</i>	57
1.2.8. <i>Bendroji judesių valdymo schema</i>	64
1.2.9. <i>Vidiniai judesių valdymo modeliai</i>	68
1.2.10. <i>Schmidt judesių valdymo modelis</i>	73
1.2.10. <i>Integruotas judesių valdymo modelis</i>	74
1.3. CENTRINĖS NERVŲ SISTEMOS PAŽEIDIMAI IR LIGOS	76
1.4. NAUJAUSIOS MOKSLO ŽINIOS APIE SVEIKŲ ŽMONIŲ IR SERGANČIŲJŲ NERVŲ SISTEMOS LIGOMIS JUDESIŲ VALDYMĄ	82
2. JUDESIŲ MOKYMO SI IR JŲ ATSIKŪRIMO NEUROBIOLOGIJA	97
2.1. JUDESIŲ MOKYMO SI SAMPRATA.....	97
2.2. JUDESIŲ MOKYMO SI FAZĖS	101
2.3. PROCEDŪRINIS IR DEKLARATYVUS JUDESIŲ MOKYMASIS: PROCEDŪRINĖ IR DEKLARATYVI ATMINTIS	106
2.4. JUDESIŲ MOKYMO SI STRATEGIJOS	113
2.5. MOTORINIŲ ĮGŪDŽIŲ FORMAVIMOSI MODERNIOSIOS TEORIJOS	116
2.6. MOTORINIŲ ĮGŪDŽIŲ MOKYMO METODAI	120
2.7. PASIRENGIMAS MOKYTIS	121
2.8. JUDESIŲ MOKYMO SI IR JŲ ATKŪRIMO PRINCIPAI	127
2.9. JUDESIŲ MOKYMO SI VYKSMO IR REZULTATO VERTINIMAS	145
2.10. JUDESIŲ MOKYMO SI IR JŲ ATKŪRIMO MOKSLO NAUJOVĖS	149
2.11. KELETAS TEIGINIŲ APIE MOTORIKOS ONTOGENEZĘ	159
3. MODERNIOSIOS NEUOREABILITACIJOS PRINCIPAI	164
3.1. JUDESIŲ ATKŪRIMO (REABILITACIJOS) PRINCIPAI	164
3.2. KAS NAUJO NEUOREABILITACIJOS MOKSLE?.....	171
4. INSULTĄ PATYRUSIŲ PACIENTŲ MODERNIOJI NEUOREABILITACIJA	177
4.1. NEUOREABILITACIJOS BENDRIEJI DĖSNINGUMAI	177
4.2. PENKIOS JUDESIŲ ATKŪRIMO PO INSULTO PARADIGMOS	185
4.3. NAUJAUSI MOKSLO PASIEKIMAI NERVŲ IR RAUMENŲ REABILITACIJOJE	188
4.4. JUDESIŲ RIBOJIMO METODIKA (CIT)	207
4.5. PUSIAUSVYROS ATSTATYMO SAVITUMAI	216
4.6. UŽDAROSIOS IR ATVIROSIOS KINETINĖS GRANDINĖS PRATIMAI	218
4.7. NEUOREABILITACIJOS PROGRAMOS PARAMETRAI	218
5. ROBOTAI, NEUROPROTEZAI, NERVŲ IR RAUMENŲ STIMULIACIJA	222
6. LĖTINIO NUOVARGIO SINDROMAS, STRESAS IR JO ŠALINIMAS	227
7. RAUMENŲ ABILITACIJOS IR REABILITACIJOS MOKSLO NAUJOVĖS	231
7.1. RAUMENŲ SUSITRAUKIMO FUNKCIJŲ TRENIRAVIMO (ABILITACIJOS) PRINCIPAI	231
7.2. GRIAUČIŲ RAUMENŲ ONTOGENEZĖ	248
7.3. RAUMENŲ ATROFIJOS PRIEŽASTYS	252
7.4. GRIAUČIŲ RAUMENŲ LIGOS	252
7.5. MECHANINĖ IR METABOLINĖ RAUMENŲ PAŽAIDA SUKELIAMA FIZINIO KRŪVIO	254
7.6. RAUMENŲ FIZIOLOGIJOS MOKSLO NAUJOVĖS	260
8. NEUOREABILITACIJOS SRITIES TYRINĖJIMAI: PROBLEMOS IR PERSPEKTYVOS	274

9.PROTO LAVINIMO TECHNOLOGIJOS.....	289
9.1. KRITIŠKO, LOGIŠKO IR INOVATYVAUS MĄSTYMO UGDYMAS	289
9.2. LABAI TALENTINGŲ ŽMONIŲ PROTO LAVINIMAS.....	299
9.3. INTUITYVAUS PAŽINIMO UGDYMAS	308
9.4. INTEGRUOTO MĄSTYMO UGDYMAS.....	310
9.5. KELETAS PRIEŽASČIŲ, DĖL KURIŲ MAŽĖJA ŽMONIŲ IR ORGANIZACIJŲ INTELEKTAS.....	313
10. BAIGIAMIEJI TEIGINIAI APIE ŽMOGAUS PROTO GALIĄ	318
11. IŠVADOS	320
12. LITERATŪRA	323

IVADAS

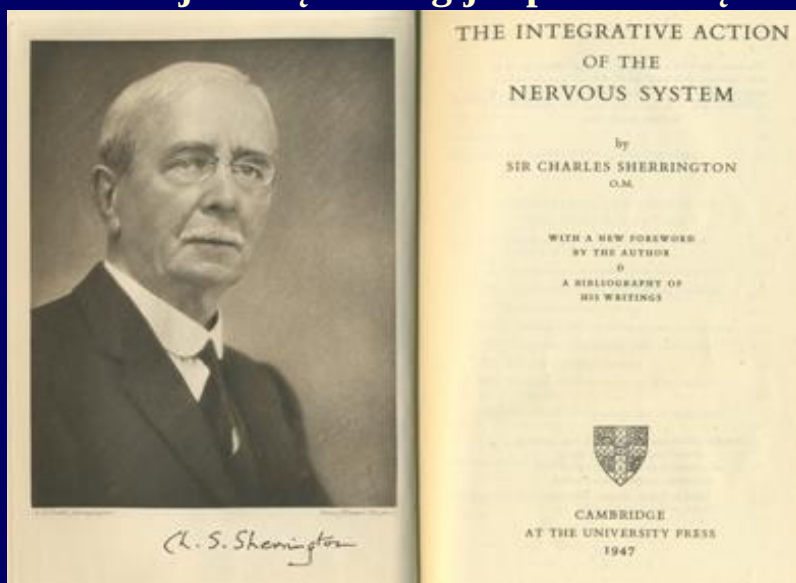
Pirmoji Nobelio premija už judesių fiziologijos mokslinius tyrimus buvo suteikta 1920 m. A.Krogh (Danija). Vėliau tokią premiją už raumenų ir judesių tyrinėjimus gavo A.V.Hill ir O.Meyerhof (1922), C.Sherrington ir E.D.Andrian (1932), H.Krebs (1953), A.Huxley, J.C.Eccles ir Hodgkin (1963). Taigi, galima sakyti, kad šie mokslininkai yra raumenų ir judesių fiziologijos pradininkai. Nuo to laiko judesių valdymo, nervų ir raumenų fiziologijos mokslas pasiekė labai daug (Skurvydas 2008; Orban ir Wolpert, 2011) Daugelis judesių valdymo ir raumenų fiziologijos mokslų fundamentalių atradimų pradėta sėkmingai taikyti galvos ir nugaros smegenų bei raumenų funkcijai ir struktūrai atkurti (reabilitacijai). Ypač didelę viltį neuroreabilitacijai teikia naujausi mokslo pasiekimai, rodantys centrinės nervų sistemos plastiškumo galimybes ne tik pacientams, bet ir įvairaus amžiaus sveikiems žmonėms (Dobkin, 2004, 2008; Cramer ir kt., 2011). Galvos smegenys geba keisti savo struktūrą ir funkciją kaip „minkšto molio vaza“, kai ji pakliūna į gero meistro rankas. Galima sakyti, kad kineziterapeutas yra galvos smegenų ir, žinoma, raumenų „skulptorius“, tačiau norint padėti pakeisti kitų smegenys reikia pirmiausia žinoti kaip tai reikia daryti.

**A.Huxley -
Nobelio premijos
laureatas,
vienas iš raumenų
fiziologijos
pradininkų**



(maketuotojai: A. Huxley Nobelio premijos laureatas, vienas iš raumenų fiziologijos pradininkų)

C.Sherrington - Nobelio premijos laureatas, vienas iš judesių fiziologijos pradininkų



(maketuotojai: C. Sherrington. Nobelio premijos laureatas, vienas iš judesių fiziologijos pradininkų)

Ši knyga skirta studentams, kurie rengiasi būti kineziterapeutais, reabilitacijos specialistais, kūno kultūros mokytojais, treneriais, sveikatos mokytojais, taikomosios kūno kultūros specialistais, biomechanikais, fiziologais, biofizikais, biologais, kibernetikais bei kūno kultūros ir sporto specialistams, sporto medikams, kineziterapeutams.

Pagrindinis knygos tikslas – supažindinti studentus ir specialistus su nervų ir raumenų, judesių valdymo, kognityvinės funkcijos reabilitacijos mokslo klasika ir naujovėmis. Tikiuosi, kad knyga supažindins su didžia dalimi moderniosios neuroreabilitacijos ir abilitacijos mokslo „raidžių“. Knygoje pateikiama literatūra supažindins ir su kitomis šio dar jauno, nors labai intensyviai augančio mokslo „raidėmis“. Modernioji neuroreabilitacija ir abilitacija remiasi fiziologijos, biomechanikos, anatomijos, psichologijos, neurologijos, judesių mokslo, kibernetikos, informacinių sistemų valdymo mokslo ir farmakologijos pasiekimais. Neuroreabilitacijos modernumas grindžiamas tuo, kad galvos smegenų struktūra ir funkcija yra labai plastiški, t. y. galvos smegenis (ir nugaros smegenis) galima išlavinti (abilituoti) arba atkurti (reabilituoti) valingai atliekant įvairias užduotis, pakliūnant į įvairias aplinkos sąlygas, taikant įvairius robotus ar neuroprotezus. Be to, centrinės nervų sistemos plastiškumas priklauso nuo genų aktyvumo (genų terapija), kamieninių nervinių ląstelių aktyvumo ir auginimo, įvairių farmakologinių priemonių bei maisto medžiagų.

Moderniosios neuroreabilitacijos „varomoji jėga“ – tai aukšto lygio fundamentaliųjų ir taikomųjų mokslo sąveiką.

Knyga parašyta remiantis daugelio pasaulio mokslininkų ir šios knygos autoriaus tyrimų duomenimis. Norėdamas glaustai pateikti savo mintis, knygą rašiau tezėmis, jas visas sunumeravau. Jei skaitytojo galvoje išliks nors viena šios knygos tezė, kurios jis iki šiol nežinojo, tai manysiu, kad man pasisekė. Jei skaitytojas priims be kritikos visas tezes kaip vienintelę tiesą, vadinasi ši knyga man tikrai nepasisekė.

**Judesių pažinimas – tai „langas“ į galvos smegenų elgsenos pažinimą.
Kitaip tariant, pagal motorinę elgseną daug ką galima sužinoti apie centrinės
nervų sistemos veikimo būdus ir principus.**

1. JUDESIŲ VALDYMO MOKSLAS

1.1. Kaip motoneuronai valdo raumenis?

1. Nervinio raumens jėgos reguliavimo mechanizmo esmė: **CNS valdo valingus judesius**, atsižvelgdama į raumens **mechanines savybes**. CNS kiekvienu atveju ieško raumens būsenai ir mechanikai optimalaus motorinių vienetų (motoneuronas, jo aksonas ir visos jo inervuojamos raumeninės skaidulos (RS) sudaro motorinį vienetą) mobilizavimo kiekio (**aktyvavimo**) ir **impulsavimo** dažnio. Motorinių vienetų (MV) aktyvumą reguliuoja nerviniai laidai, išeinantys iš galvos smegenų: 1) motorinės bei sensorinės žievės; 2) smegenų pusrutulių pamato branduolių, gumburo; 3) smegenėlių; 4) smegenų kamieno. Svarbu žinoti, kad dėl motorinės ir sensorinės žievės mes gebame sąmoningai atlikti judesius. Tačiau judesių valdymo mechanizmas labai sudėtingas. Tai rodo ir faktas, kad centrinėje nervų sistemoje yra daugiau kaip 100 milijardų neuronų. Be to, nemažą reikšmę judesiams atlikti turi ir limbinė sistema, nuo kurios priklauso judesių emocionalumas arba motyvavimas.

Motoriniai vienetai (motoneuronas, kuris inervuoja grupę homogeniškų RS) yra susijungę į skirtingas sekcijas. Raumenyje gali būti keletas skirtingų sekcijų. Įdomu tai, kad tos pačios sekcijos motoneuronai nebūtinai išeina iš to paties nugaros smegenų segmento. MV aktyvavimas pagal „dydžio principą“ vyksta atskirose motorinių vienetų sekcijose. Keliamos hipotezės, kad vienos MV sekcijos yra greitesnės, kitos lėtesnės, todėl „dydžio principas“ gali pasireikšti ne tik sekcijos viduje, bet ir tarp sekcijų.

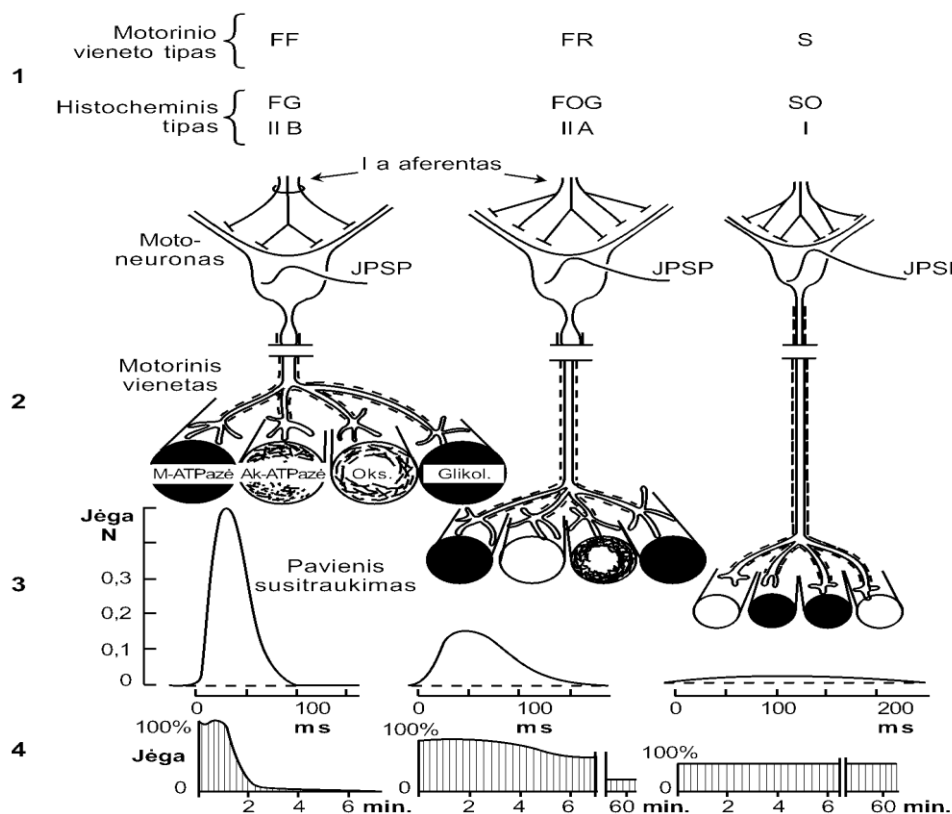
2. Vienas motorinis vienetas apima apie 10–25 proc. viso raumens ploto. Taigi, jei susitraukia vieno motorinio vieneto RS, tai susitraukimą pajaučia ne labai maža raumens dalis, bet apie 10–25 proc.

Nustatyta, kad žmogaus raumenyse yra apie 100 mln. raumeninių skaidulų ir apie 120 tūkstančių motoneuronų. Yra žinomi alfa (inervuoja raumenines skaidulas), gama (inervuoja raumenines verpstes) ir beta motoneuronai

(inervuoja ir raumenines skaidulas, ir raumenines verpstes)(Kanning ir kt., 2010).

3. Pagal laiką nuo atskiro susitraukimo pradžios iki maksimalios jėgos lygio ir atsparumą nuovargiui motorinius vienetus galima suskirstyti į tris pagrindinius tipus (1 pav.):

- a) greitieji, greitai pavargstantys (FF iš angl. *fast fatigable*);
- b) greitieji, atsparūs nuovargiui (FR iš angl. *fast, fatigue-resistant*);
- c) lėtieji, atsparūs nuovargiui (S iš angl. *slow*).



1. pav. Motorinių vienetų ir raumeninių skaidulų tipai: 1. Fiziologinė ir histocheminė motorinių vienetų ir raumeninių skaidulų klasifikacijos ir jų tarpusavio ryšys. 2. Motorinių vienetų tipai. Motoneurono suminis jaudinamasis posinapsinis potencialas (JPSP) sukelia veikimo potencialą aksone ir inervuojamų raumeninių skaidulų susitraukimą. Fermentų (miozino ATFazės, aktino ATFazės) ir oksidacinių bei glikolitinių procesų didelį aktyvumą žymi juoda simbolių spalva, o balta spalva rodo labai mažą jų aktyvumą. 3. Susitraukimo jėga. 4. Raumenų nuovargis (modifikuota remiantis Crone ir kt., 1990).

4. **FF, FR** ir **S** tipo motorinių vienetų raumeninės skaidulos vadinamos atitinkamai: **IIb, IIa** ir **I** tipo raumeninėmis skaidulomis. Šių tipų motorinių vienetų raumeninės skaidulos skiriasi pagal **fiziologines, histologines ir biochemines** savybes (1.1 lentelė).

1 lentelė. Skirtingo tipo motorinių vienetų raumeninių skaidulų fiziologinės, histologinės ir biocheminės savybės

Parametras	I tipo raumeninė skaidula	IIa tipo raumeninė skaidula	IIb tipo raumeninė skaidula
Susitraukimo greitis	Lėtas	Greitas	Greitas
Susitraukimo jėga	Maža	Didelė	Didelė
Atsipalaidavimo greitis	Lėtas	Greitas	Labai greitas
Nuovargis	Labai lėtas	Lėtas	Greitas
Kapiliarų tinklas	Tankus	Tankus	Nežymus
HMM (miozino sunkiosios grandys)	Lėtastipas I	GreitasIIA tipas	GreitasIIX tipas
LMM (šarminės) izoforma	sMLC1	fMLC1	fMLC2
LMM (reguliacinės) izoforma	sMLC2	fMLC2	fMLC2
TnC izoforma	cTnC	fTnC	fTnC
TnT izoforma	sTnT	fTnT	fTnt
TnI izoforma	sTnI	fTnI	fTnI
Tropomiozinas	β -TM	α -TM	α -TM
Mitochondrijų skaičius	Gausus	Gausus	Nežymus

Mioglobino kiekis	Didelis	Didelis	Mažas
Sarkoplazminis tinklas	Nežymus	Tankus	Tankus
Parvalbumino kiekis	Mažas	Didelis	Labaididelis
Miofibrilių kiekis	Mažas	Didelis	Didelis
Miozino ATF–azės aktyvumas	Mažas	Didelis	Didelis
Fosforilazių aktyvumas	Mažas	Didelis	Didelis
Glikogeno kiekis	Mažas	Didelis	Labaididelis
Susitraukimo jėgos atsigavimo po nuovargio greitis	Greitas	Greitas	Lėtas
Kretinfosfato (CP) kiekis	Maža	Didelė	Didelė
Mioglobino kiekis	Didelis	Vidutinis	Mažas
ATP kiekis	Ta pati	Ta pati	Ta pati
Medžiagų apykaita	Aerobinė	Aerobinė– anaerobinė	Anaerobinė

Esant labai greitiems (balistiniams) judesiams, gali būti pažeistas motorinių vienetų rekrutavimo Hennemano „dydžio principas“ – gali būti aktyvuojami tik greitieji motoriniai vienetai. Deja, mokslininkai tokių atvejų nedaug užfiksavo.

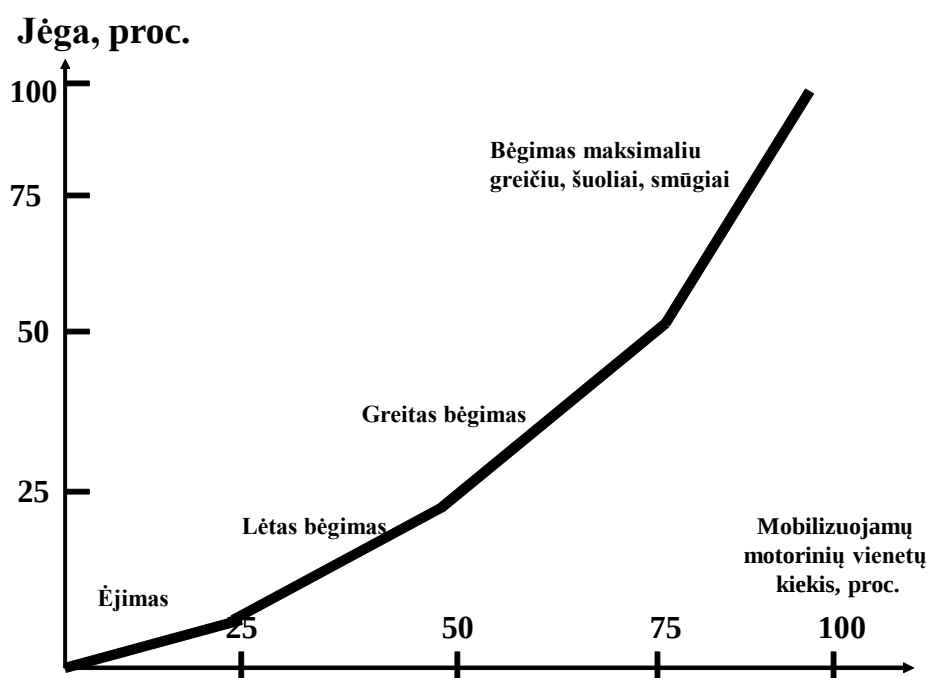
5. Didinant valingas pastangas arba stiprinant refleksinį jaudinimą, papildomai aktyvuojami vis didesni ir stipresni motoriniai vienetai. Beveik visada motoriniai vienetai aktyvuojami ir išjungiami iš veiklos pagal „dydžio principą“ (angl. *size principle*) (**nuo S iki FF tipo aktyvavimas ir nuo FF iki S tipo deaktyvavimas**) (Henneman ir kt., 1965). Manoma, kad šis principas priklauso motoneuronų dydžio ir aferentų (pvz., Ia aferentų, išeinančių iš raumeninių

verpsčių) ir supraspinalinių nervinių laidų sinapsių ant motoneuronų tankio bei vietos. Būna atvejų, kai reflektorinis arba supraspinalinis poveikis iš dalies sumaišo motorinių vienetų aktyvavimo tvarką. Pavyzdžiui, odos receptorių dirginimas gali leisti pradžioje aktyvuoti FF ir FR motorinius vienetus, aplenkiant S tipą. Motorinių vienetų **aktyvavimosi slenkstis** (angl. **recruitment threshold**) (aktyvavimosi slenkstis – tai raumens jėgos reikšmė, kuriai esant, jis aktyvuojamas), gali kisti priklausomai nuo judesio atlikimo greičio arba raumens nuovargio laipsnio. Kuo didesniu greičiu atliekamas judesys, tuo mažesnis motorinių vienetų (ypač FF ir FR tipo) aktyvavimosi slenkstis.

6. Kuo didesniu greičiu atliekamas judesys, tuo mažesnis motorinių vienetų aktyvavimosi slenkstis. Taigi, kuo greitesnis judesys, tuo anksčiau yra aktyvuojami motoriniai vienetai. Motorinių vienetų aktyvavimosi slenkstis ypač sumažėja, kai raumuo labai greitai dinamiškai susitraukia. Manoma, kad labai greitų judesių metu gali būti aktyvuojami tik greitieji motoriniai vienetai.

Ekscentrinio raumenų darbo metu (ypač tada, kai raumuo yra ištempiamas dideliu greičiu – sąnario kampinis greitis daugiau nei 300 laipsnių per sekundę) gali būti selektyviai mobilizuojami greitieji MV (apeinant „dydžio principą“.

7. Jeigu raumuo turi susitraukti nedidele jėga, tai pirmiausia mobilizuojami lėtai susitraukiantys ir nuovargiui atsparūs MV (S tipas). Vis labiau didinant raumenų susitraukimo jėgą, į darbą įsitraukia FR ir FF MV (**2 pav.**).



2 pav. Skirtingo tipo motorinių vienetų mobilizavimas intensyvėjančio darbo metu

8. Nuosekliai didinant raumenų susitraukimo jėgą, kiekvienas vėliau mobilizuotas MV pasižymi didesne susitraukimo jėga, greičiu, bet mažesniu atsparumu nuovargiui (**Gabriel ir kt., 2006**). Mobilizuojamų MV jėga yra proporcinga jėgai, kuria ji mobilizuojama. Šis dėsnis galioja tik tada, kai jėga yra tolydžiai didinama. Pavyzdžiui, jeigu, lėtai vaikščiojant, būtų mobilizuojami dideli motoneuronai (greitai susitraukiantys MV), raumuo labai greitai nuovargtų ir nebegalėtų tęsti darbo. Jei dailininkui tapant judesiai būtų greitųjų MV veiklos rezultatas, tai vargu, ar kokybiškas būtų kūrinys. Taigi, nuoseklus MV mobilizavimas ne tik reguliuoja raumenų susitraukimo jėgą, bet ir didina jų darbo efektyvumą.

Įdomu!

Per parą žmogaus organizme pasigamina apie 200 kg ATF.

9. Žmogaus centrinė nervų sistema negeba stabiliai pakankamai aktyvinti raumenį – vieną dieną raumuo gali būti aktyvinamas apie 95 proc., kitą – 90 proc., dar kitą dieną – tik 85 proc. Be to, raumens aktyvinimo laipsnis varijuoja tarp pvz., maksimalios valingos jėgos išvystymo bandymų. Visa tai sukelia sunkumų, norint tiksliai įvertinti sportininkų fizinį pajėgumą.

MV gali būti kaitaliojami ilgai dirbant – taip galima apsisaugoti nuo nuovargio. Manoma, kad ilgo darbo metu spontaniškai gali būti aktyvuojami ir greitieji MV (apeinant „dydžio principą“).

Valingai didinant jėgą, pirmiausia mobilizuojami MV (kai raumuo išvysto apie 10 proc. jėgos, tada yra mobilizuojama apie 50 proc. MV, kai raumuo išvysto apie 60–80 proc. jėgą – apie 100 proc. MV), vėliau jėga didėja dėl MV impulsavimo dažnio didėjimo.

Žmonių raumenyse vietoje IIB RS yra IIX RS. IIB RS yra tik gyvūnų raumenyse.

10. Vadinas, norint mobilizuoti pačius greičiausius MV, nebūtina, kad raumuo išvystytų labai didelę jėgą – greitieji MV gali būti mobilizuojami atliekant judesius labai greitai, bet maža jėga. Manytume, kad tuo atveju kaip tik geriau yra mobilizuojami greitieji MV. Taigi, atliekant judesius tik dideliu greičiu, įmanoma mobilizuoti pačius greičiausius MV. Greitieji MV dirba ekonomiškiau nei lėtieji, kai greitis yra didesnis.

Per didelis raumens-sausgyslių elastingumas trukdo staigiai išvystyti raumens jėgą, tačiau blogas raumens elastingumas (kietumas) gali būti viena iš pagrindinių raumenų traumų kilmės priežasčių.

11. Labai dideliu greičiu atliekant judesius, gali būti selektyviai aktyvinami tik greitieji MV. Tai suprantama, nes labai greitų judesių metu lėtieji MV neturi jokio poveikio viso judesio greičiui.
12. Jei pažeistas motoneuronas ir dalis raumeninių skaidulų atsijungia nuo jo, tada per didelis fizinis krūvis (kurio metu yra aktyvuojamas motorinis vienetas) gali pagreitinti raumeninių skaidulų atsijungimą. Todėl fizinius krūvius reabilitacijos metu reikia taikyti labai atsargiai, kad vietojegreitesnio judesių atkūrimo, nebūtų blogiau.

Didinant raumens stimuliavimo elektra dažnį (pvz., nuo 1 iki 100 Hz),

raumens susitraukimo jėga didėja. Tada atsiranda priklausomybė „jėga – stimuliavimo dažnumas“, kurios kreivės forma nėra tiesė, bet primena „S“ formą: stačiausia kreivės vieta yra tarp 10–30 Hz. Tas pats motoneuronas niekada neimpulsuoja pastoviu dažniu.

13. Apie natūralių judesių metu raumenyse impulsuojančius skirtingų tipų MV literatūros labai mažai. Nustatyta, kad ir greitųjų, ir lėtųjų MV impulsacijos dažnis yra labai panašus į tokį, kurio metu gana greitai pradeda didėti susitraukimo jėga (greitųjų MV dažnis yra didesnis (**2 lentelė**)).

2 lentelė. Skirtingų tipų motorinių vienetų aktyvumo charakteristikos

Eil. Nr.	Aktyvumo charakteristikos	Motorinių vienetų tipai		
		FF	FR	S
1.	Impulsacijos dažnis (Hz)	67–91	48–83	18–21
2.	Impulsacijos trukmė (sek.)	0,8–3,9	59–141	290–548
3.	Impulsacijos trukmė per 24 val.	0,5–3min.	23–72min.	5,3–8,4val.
4.	Impulsų skaičius per 24 val.	2600–11200	695000–243100	309500–495800

Motoriniai vienetai susitraukinėja didžiausiais dažniais ne tada, kai valinga jėga maksimali, bet staigaus („sprogstamojo“) judesio metu.

14. Pagal raumenų elektromiogramą galima spręsti apie raumenų nervinio aktyvavimo laipsnį ir formą bei apie raumenų nuovargį. Tačiau tą daryti reikia labai atsargiai, nes raumenų elektrinis aktyvumas priklauso nuo refleksų (pvz., tempimo refleksų), raumens kompozicijos, ilgio, elektrodų formos, jų padėties, raumens ir poodinio riebalinio audinio storio, raumens susitraukimo tipo ir t.t. (**Farina, 2006**). Įdūrus į raumenį adatinį elektrodą, galima užregistruoti atskirų motorinių vienetų raumeninių skaidulų suminį veikimo potencialą. Atskirų motorinių vienetų veikimo potencialai susilieja ir užregistruojama **interferencinė elektromiograma (EMG)**, kai didelėmis raumens pastangomis sutelkiama daug motorinių vienetų. Elektrinį raumens aktyvumą galima užregistruoti paviršiniais plokščiais elektrodais, uždėtais ant odos

tiesiai virš tiriamojo raumens ir gauta kreivė vadinama **paviršine EMG**. Pagal EMG dydį galima spręsti apie motorinių vienetų **aktyvavimo laipsnį**. Tačiau EMG nerodo motorinių vienetų aktyvavimo charakteristikų: impulsavimo dažnio, rekrutavimo ir sinchronizavimo. Dar labiau EMG, užregistruota paviršiniais elektrodais, nevienodai užregistruoja raumeninių skaidulų, esančių raumens gilumoje ir paviršiuje, EMG signalą. Dėl tos priežasties mokslininkų dėmesys labiau sutelktas į atskirų motorinių vienetų aktyvumo charakteristikų registravimą adatiniais (į raumenį įkištais) elektrodais.

15. Naujausių tyrimų duomenys rodo, kad maksimalus RS susitraukimo greitis priklauso nuo miofibrilių tankio – kuo tankiau suspaustos miofibrilės, tuo mažesnis greitis (**Gordon ir kt., 2000**).
16. Centrinė nervų sistema itin greitai reaguoja į raumenų pajėgumą ir visada siunčia tokį nervinių impulsų pluoštą, kuris optimaliai „apkrauna“ periferiją (raumenis). Jei raumenys nepajėgia atlaikyti nervinio krūvio, tada kinta arba raumuo, arba nervinė impulsacija, arba (tai labiausiai tikėtina) kinta abu.

Raumeninių verpsčių jautrumas ištempimui priklauso nuo jų aktyvavimo laipsnio: kai gama motoneuronai aktyvuoja raumenines verpstes, padidėja verpsčių atsako jautrumas.

1.2. Kaip centrinė nervų sistema valdo judesius?

1.2.1. Judesių valdymo bendrosios savybės

Judesius galima valdyti dviem būdais: valingai (sąmoningai) ir nevalingai. Pirmuoju atveju žmogaus smegenys dirba valingai, antruoju – automatiškai (Hastie ir Dawes, 2001). Išskirtinis valingo valdymo požymis yra tai, kad jo metu centrinė nervų sistema prognozuoja ir kuria naujus judesius. Automatiškas

valdymas (mąstymas) yra pagrįstas anksčiau išmuktų schemų, šablonų, situacijų automatišku atlikimu.

17. Atliekant judesių valdymo ir mokymo tyrimus konkuruoja dvi pagrindinės paradigmos (teorijos): statistinė (angl. „*computational approach*“) ir dinaminių sistemų (angl. „*dynamical system approach*“) (Wolpert ir Grahramani, 2000; Zatsiorsky, 2002; Todorov, 2004; Shadmehr ir Wise, 2005; Wolpert, 2007; Latash, 2008; Shadmehr ir Krakauer, 2008; Skurvydas, 2008; Orban ir Wolpert, 2011). Pagal statistinę paradigmą judesių valdymo ir mokymo pagrindinis mechanizmas – galvos smegenų gebėjimas „skaičiuoti“ (biologinis kompiuteris). Galvos smegenys skaičiuoja pagal daugelį principų ir dėsnių. Vienas populiariausių principų – Bayes statistika. Pagal dinaminių sistemų paradigmą judesių valdymo mechanizmas formuojasi laike. Kitaip tariant, jis kiekvieną kartą gali būti kitas. Tai priklauso nuo žmogaus organizmo būsenos, aplinkos specifikos ir žmogaus tikslų.

Žmogaus galvos smegenų „kompiuteris“, valdydamas judesius, skaičiuoja tūkstančius kartų greičiau nei patys tobuliausi žmogaus sukurti kompiuteriai. Taip yra ne dėl to, kad žmogaus nervai labai greitai siunčia signalus, bet dėl daugelio unikalių skaičiavimo būdų, iš kurių tik maža dalis ištirta.

18. Remiantis skaičiavimo logika, galvos smegenys, pvz., apskaičiuoja (nustato) motorinės sistemos būseną, būsimo judesio trajektoriją, raumenų išvystomą jėgą, amplitudę ir t.t. Pagrindinis skaičiavimo principas – sudėtingumo supaprastinimas. Kitaip tariant, galvos smegenys, valdydamos judesius, „ištiesina“ galvoje daugelį fenomenų, kurie yra netiesiniai periferijoje (pačiame judesyje). Skaičiavimai dažniausiai naudojami dviem pagrindiniais atvejais: a) prognozuojamam judesių atlikimui (iš anksto, be grįžtamojo ryšio-informacijos apskaičiuojamas judesio atlikimas); b) skaičiavimas su nuolatiniu patikslinimu (grįžtamuoju ryšiu). Pagal dinamines sistemas galvos smegenys negali spėti apskaičiuoti, pvz., visų galimų judesių trajektorijų, nes tai ne tik neįmanoma, bet ir neekonomiška. Todėl manoma, jei skaičiavimas, vyksta, tai jis vyksta daugeliu atveju spontaniškai ir su „sulūžusiais skaičiais“, t. y. daroma daug klaidų. Šiandien kol kas ginčą laimi statistinė paradigma.

19. Daug kartų kartojant tą patį judesį, stebime tam tikrą judesio atlikimo lauką, kuris vadinamas „judesio lauku“. Šį terminą pasiskolinome iš matematikos, kur sudėtingos sistemos būsenos dinamikai aprašyti yra taikoma būsenos erdvė (angl. *state space*).

Judesių valdymo pagrindinės problemos:

1. Kaip valdyti 700 raumenų (100 sąnarių), kurie yra labai dinamiški, t. y. dažnai keičia savo būseną?

2. Kaip nepasimesti informacijoje, nes, pavyzdžiui, einant iš vienos kojos raumenų į centrinę nervų sistemą siunčiama daugiau kaip pusė milijono impulsų per sekundę, signalizuojančių apie pokyčius raumenyse.

20. Pats sunkiausias klausimas apie motorinę sistemą – tai judesio atlikimo būdo pasirinkimas, nes priklausomai nuo kiekvieno išorinio arba vidinio stimulo gali kisti judesio atlikimo būdas. Kaip nebūtų keista, tačiau daugeliu atveju judesio atlikimo būdas pasirenkamas spontaniškai. Problema: kodėl spontaniški pasirinkimai dažnai yra tokie sėkmingi?

Žmonės dar negreitai sukurs robotą, kuris galėtų, pvz., rinkti miške uogas arba važiuoti dviračiu.

Labai įdomu!

Kuo sudėtingesnė (kompleksiškesnė) judesio užduotis, tuo mažiau sudėtinga judesio kinematika ir dinamika. Kuo sudėtingesnė aplinka, tuo paprastesnė užduotis, tačiau sudėtingesnis atlikimas.

Kai judesys valdomas sąmoningai, tada mobilizuojamos papildomos centrinės nervų sistemos dalys (pvz., daugiau aktyvuojama motorinė žievė).



Mes galime valdyti judesius tik dėl to, kad juos jaučiame. Tuo mes labiausiai ir skiriamės nuo tobuliausių robotų.

21. Kuo arčiau tikslo, tuo mažesnis yra judesio variabilumas, pvz., disko išmetimo galutinio taško kinematinų charakteristikų variabilumas yra mažesnis nei judesio pradžioje. Kitas pavyzdys, kai pacientas, persirgęs insultu, stengiasi paimti puodelikavos, jo rankos prieš liečiant puodelį pradeda labai drebėti.
22. Kiekvieną kartą per kambarį nešant ant delno pastatytą šluotą, sėkmingai pasiekiame tikslą, t. y. išlaikome šluotos pusiausvyrą, nepaisant to, kad ranka, atrodo, juda chaotiškai. Tačiau įdomu tai, jog kiekvieną kartą rankos judėjimo trajektorija bus kitokia. Nėra pasaulyje žmogaus, kuris galėtų išnešti ant delno pastatytą šluotą tokiu pat rankos judėjimo „parašu“. Taip pat nėra dviejų žmonių, gebančių visiškai vienodai atlikti tą patį judesį. Tai yra taip vadinamasis „šluotos fenomenas“, kuris gana tiksliai apibūdina judesių **dinamiškumą**. Tas pats tikslas kiekvieną kartą pasiekimas, bet skirtingomis judėjimo kinematinėmis (trajektorija, greičiu) ir dinaminėmis (jėga) charakteristikomis. Judesių dinamiškumas – neišvengiama ir būtina judesių atlikimo savybė (Zatsiorsky, 2002; van Beers ir kt., 2004; Schoner ir Scholz, 2007; Davids ir kt., 2008; Latash, 2008).

23. Jeigu judesiai nebūtų atliekami dinamiškai (kintamai), tai jie netektų dviejų labai svarbių judesiui savybių – stabilumo ir adaptyvumo (**Burdet ir kt., 2006; Davids ir kt., 2006; Davids ir kt., 2008**). Tačiau dinamiškumas turi būti optimalus, t. y. nei per didelis, nei per mažas.

Kokia yra motorinės sistemos variabilumo prasmė? Manoma, kad motorinės sistemos variabilumas sukelia raumenims mažesnę krūvį ir nuovargį (Skurvydas, 2008).

24. Nustatyta, kad, pvz., judesių variabilumas yra mažesnis judesį atliekant dviem pirštais nei vienu (**Latash, 2008**). Todėl teigiama, kad kuo daugiau būtinų motorinės sistemos (ir ne tik jos) dalių dalyvauja atliekant judesį, tuo judesys atliekamas stabiliau (t. y. nepaisant įvairių trikdžių, didesne tikimybe atliekamas judesys). Tačiau gana sudėtinga nustatyti, kokios motorinės sistemos dalys yra būtinos konkrečiam judesiui atlikti, pvz., centrinė nervų sistema valdydama judesius, vadovaujasi nereikalingų judesių mobilizavimo minimumo principu– tai reiškia, kad centrinė nervų sistema ieško optimalaus sprendimo judesiui atlikti (**Todorov, 2004**).
25. Motorinė sistema turi labai daug galimybių atlikti tą patį judesį (pvz., parašyti „A“, tą galima atlikti, pvz., atliekant judesį riešu, alkūne, visa ranka, kaire arba dešine ranka, koja, dantimis ir t.t.). Tada kalbama apie motorinės sistemos elgsenos įvairovę (angl. *redundancy*). Pastebėta, kad, pvz., vien per riešo sąnarį atliekant judesį, galima didelę atliekamų judesių įvairovę. Kam reikalingas toks begalinis motorinės sistemos dinamiškumas? Manoma, kad dinamiškumas – tai judesių stabilumo garantas. Dabar požiūriskinta: dinamiškumas nėra (kaip seniau buvo teigiama) problema centrinei nervų sistemai – jis greičiau rodo, kad centrinė nervų sistema turi labai daug galimybių rinktis.

Jei judesys būtų atliekamas visiškai taip pat, jis nebūtų stabilus. Nes optimalus (nei per didelis, nei per mažas) judesių dinamiškumas (variabilumas) yra judesio stabilumo garantas. Judesio variabilumas yra begalinis, nes kiekvieną kartą judesys atliekamas šiek tiek pasikeitusioje aplinkoje ir kiekvieną kartą motorinė sistema yra šiek tiek pakitusi, nepaisant to, kad akimi tai sunkiai pastebima. Ar žinote, jog kiekvienas žmogus turi sau būdingą judesių dinamiškumą

(variabilumą), tačiau mokslininkams iškyla pakankamai sunki užduotis – kaip jį nustatyti?

Ar žinote, kad, pvz., dėl galvos smegenų smegenėlių arba pamato mazgų (bazalinių ganglijų) pažeidimo pakinta normalus judesių variabilumas – jis arba labai padidėja, arba labai sumažėja.

26. Nustatyta, kad motorinė programa kiekvieną kartą susiformuoja spontaniškai, t. y. savaime (**Van Emmerik ir Van Wegen, 2000; Davids ir kt., 2008**). Todėl ir judesio kinematinės, ir dinaminės charakteristikos gali spontaniškai pakisti. Judesių spontaniškumas skiriasi nuo judesių dinamiškumo tik tuo, kad spontaniškumas labiau rodo neprognozuojamą (savaiminį) judesių charakteristikų kitimą, o dinamiškumas rodo judesių kintamumą. Mokslininkai teigia, kad, kintant judesių atlikimo greičiui (jėgai, amplitudei ir t.t.), spontaniškai gali pakisti judesių atlikimo kokybė (**Haken, 1996; Zelaznik, 1996; Davids ir kt., 2006**). Tai įvyksta taip vadinamuoju kritiniu laikotarpiu (pereinamuoju laikotarpiu). Kritinių laikotarpių metu centrinė nervų sistema gali priimti spontaniškai vienokį arba kitokį sprendimą, pvz., bėgti arba sustoti, perduoti kamuolį arba pačiam mesti į krepšį, pasukti mašiną į kairę ar į dešinę. Šis sprendimo priėmimas vyksta taip greitai ir nevalingai, kad žmogus tik vėliau supranta, ką ir kaip padarė. Sergantieji nervų sistemos ligomis, ypač blogai valdo judesius šiais kritiniais laikotarpiais.

Ar įmanoma taip išmokyti atlikti judesį, kad jis kiekvieną kartą būtų atliekamas tokia pat trajektorija? Ne. Jeigu būtų įmanoma, tai toks judesys būtų labai nestabilus. Todėl judesio variabilumas yra neišvengiamas ir pats svarbiausias jo stabilumo garantas.

27. Nustatyta, kad galūnės sąnarių kampų pokyčiai, atliekant judesius, yra labiau variabilūs nei distalinės galūnės dalis (angl. *end-effector*) (**Schaal, 2002; Davids ir kt., 2006; Latash, 2008**). Galvos smegenys labiau stebi ne visą galūnę, bet jos distalinę (galutinę) tašką, pvz., jei, norint ant delno išlaikyti lazdos pusiausvyrą, žmogus žiūri, kaip juda ranka, tada pusiausvyros neišlaikys. Lazdos pusiausvyrą galima išlaikyti tik žiūrint į labiausiai nutolusį lazdos galą.

28. Pastebėta, kad, nepaisant to, jog tas judesys kiekvieną kartą atliekamas vis kitaip, daugeliu atveju judėjimo tikslas yra pasiekiamas (**Bernstein, 1967; Zatsiorsky, 2002; Davids ir kt., 2003; Skurvydas, 2008**). Tai yra judesių atlikimo stabilumas. Pavyzdžiui, nepaisant, kad ranka juda chaotiškai, išlaikant ant delno pastatytos lazdos pusiausvyrą, tačiau tikslas pasiekiamas pakankamai stabiliai – pusiausvyra išlaikoma. Žmonės daugeliu atveju geba pasiekti tikslą, nepaisant to, kad pats judesių atlikimas yra kintamas, pvz., žmonės geba vairuoti dviratį važiuodami niekada nematytu keliu, rašyti ne tik dešine, bet ir kaireranka, taip pat koja. Kiekvienas žmogus kaip ir kiekvienas judesys turi tam tikrą specifinę stabilumo pasireiškimo tikimybę, pvz., jei ėjimas lygiu paviršiumi daugeliui žmonių yra gana stabilus judesys, tai ėjimas plonu lynu įmanomas tik nedaugeliui.

Motorinės sistemos stabilumas tai gebėjimas pasiekti tikslą po išorinio trikdžio (Burdet ir kt., 2006). Ši savybė ypač pablogėja sergantiems nervų sistemos ligomis.

Įdomu žinoti, kad judesių atlikimas nėra ir negali būti absoliučiai stabilus – jį kaip ir visas kitas sudėtingas organizmo sistemas išstingakatastrofos, t. y. neprognozuojamos ir spontaniškos klaidos, kurias gali sukelti smulkmena (Kelso, 1999). Šioms smulkmenoms labai jautrūs sergantieji nervų sistemos ligomis.

29. Viena svarbiausių motorinės sistemos savybių – adaptyvumas arba gebėjimas mokytis, t. y. motorinė sistema atsimena prieš tai buvusius judesius, ypač originalius, netikėtus, didelį įspūdį palikusius judesius. Motorinė atmintis nebūtinai yra valingas procesas, ji pasireiškia mums to nejaučiant. Taigi, motorinė sistema, atlikdama judesius, nuolatos mokosi, kaip geriau atlikti judesius.

1.2.2. Judesių valdymo principai

Galvos smegenys sukuria planą ir įgyvendina jį skirtingais raumenimis

30. Kodėl mokame rašyti koją, jei niekada to nesimokėme? Taip yra todėl, kad galvos smegenys geba valdyti judesius taip, kad tas **pats tikslas gali būti pasiektas skirtingais būdais**, skirtingais raumenimis, skirtinga trajektorija, skirtingu greičiu, jėga ir t.t. Kita vertus, toks pat judesys gali būti atliekamas dėl skirtingo tikslo, pvz., pakelti į viršų ranką galima dėl skirtingų tikslų: siekiant nuskinti obuolį, norint pagauti kamuolį, norint atkreipti į save dėmesį ir t. t. Galvos smegenys pirmiausia sukuria judesio tikslą (planą), kuris yra abstraktus, t. y. judesio planas nenurodo, kokiais „įrankiais“ (raumenimis) jis bus įgyvendintas (Zatsiorsky, 2002; Scott, 2003; Davidson ir Wolpert, 2005).

Jeį pažeista judesių planavimo struktūros, tada labai sutrinka judesių atlikimas. Tada judesys yra atliekamas su klaidomis.

31. Kokia tokio abstraktaus planavimo prasmė? Nors vienareikšmiško atsakymonėra, tačiau manoma, kad, norint atlikti sudėtingus ir dinamiškus judesius, būtina (kiek galima) pasirinkti lankstų valdymo mechanizmą (Wolpert, 2007). Todėl ir judesio planavimas (kaip pirmasis judesio valdymo etapas) yra pakankami lankstus, t. y. nenurodo konkrečių judėjimo parametrų (Rose, 1996; Kandel ir kt., 2000; Shadmehr ir Wise, 2005). Sergantieji nervų sistemos ligomis priešingai – planavimo metu dažnai stengiasi (netgi valingai) nurodyti plano detales, tada ypač sulėtėja judesių valdymas.

Judesių laisvės ribojimas. Sinergijos

Pagrindinė judesių valdymo problema – sumažinti valdymo parametrų kiekį. Kitaip tariant, valdyti ne kiekvieną smulkmeną, bet integruotus, svarbiausius parametrus, pvz., jei įvairių judesių realizavime dalyvauja apie 600 raumenų, tai gali susidaryti labai daug įvairių raumenų derinių judesiams atlikti. Tų derinių gali būti apie 2^{600} , t. y. daugiau nei visatoje yra atomų. Todėl galvos smegenys negali atmintinai išmokyti visų judesių valdymo būdų. Tačiau galvos smegenys gali išstobulinti daugybę nervinių judesių valdymo modelių, kurie gali būti saugomi ilgalaikėje motorinėje atmintyje (Magil, 2007).

32. Pagal šį judesių valdymo dėsningumą galvos smegenys stengiasi (kiek galima daugiau) riboti sąnarių judėjimo laisvę tam, kad su didesniu stabilumu galėtų pasiekti judėjimo tikslą (**Bernstein, 1967**). Kitaip tariant, jei reikėtų valdyti visus raumenis, tada būtų gana sunku (arba neįmanoma). Kuo mažiau valdomųjų, tuo geriau juos galima valdyti. Žinomi du pagrindiniai judesių laisvės ribojimo būdai: a) ribojant judėjimą sąnaryje (pvz., „užšaldant“ jų funkciją, t. y. aktyvuojant kartu agonistus ir antagonistus, tada sąnarys „sustingsta“); b) sujungiant daugelį raumenų (arba sąnarių) į vieną valdymo objektą (**sinergiją arba funkcinį-struktūrinį vienetą**). Abiem atvejais galvos smegenys sprendžia tą pačią problemą – per didelės judėjimo laisvės problemą (angl. *redundancy problem*) (**Bernstein, 1967**).

To paties judesio tikslui pasiekti yra daugybė būdų (alternatyvų), todėl galvos smegenims iškyla didelė problema – kaip pasirinkti geriausią iš jų. Neįmanoma, kad būtų pasirenkamas tai situacijai absoliučiai geriausias būdas, todėl teigiama, kad tai situacijai pasirenkamas vienas geriausių.

Sergantiesiems nervų sistemos ligomis ypač sutrinka judesių sinergijos, t. y. atskiri raumenys veikia nesuderintai. Tiesa, jiems susiformuoja kitos sinergijos.

33. Galvos smegenys kartu su nugaros smegenimis beveik niekada nevaldo vieno raumens izoliuotai, neatsižvelgiant į kitų raumenų esamą kinematinę arba dinaminę būseną. Galvos smegenys visada stengiasi sujungti atskirus raumenis, kurie dalyvauja atliekant tam tikrą judesį, į vieną mechanizmą-sistemą. Be to, galvos smegenys ilgiau atsimena visą judesį, o ne jo dalis.

Žmogaus judesiai tampa stabilesni tada, kai centrinė nervų sistema stabilizuoja (išjungia) nereikalingus judesius. Tačiau išjungimas turi būti plastiškas, t. y. prireikus išjungtas judesys gali būti labai reikalingas.

Vieno sąnario jėgos momentas gali turėti įtakos kito sąnario kinematinėms charakteristikoms (pvz., kampiniam greičiui).

Dviem rankomis kartu atliekant judesį, jos dirba kaip viena sistema, kaip vienas sinerginis mechanizmas, t.y. jei viena ranka padaro klaidą, kita ranka stengiasi ją ištaisyti. Nustatyta, kad dviejų rankų sinergija yra stipresnė nei vienos rankos skirtingų sąnarių sąveika (Latash, 2008).

34. Sinerginis judesių valdymo mechanizmas pagrįstas dviejų judesių valdymo procesų sujungimu į vientisą mechanizmą, kuris derina tuos procesus (jei vienam nepasiseka, kitas automatiškai ištaiso klaidą). Sinerginis judesių valdymo mechanizmas, t. y. kai vienas mechanizmas kompensuoja (ištaiso) kito mechanizmo klaidą (pvz., jei vieno sąnario kampinis greitis yra mažesnis, tai kito gali būti automatiškai greitesnis siekiant atlikti judesį). Be to, sinergijos pasižymi dinamiškumu ir plačiu veiklos pasiskirstymu tarp veikiančių elementų (Latash, 2008).

Minimalios sąveikos principas

35. Motorinės sistemos dalys – raumenys, nugaros ir galvos smegenys stengiasi (kiek galima) veikti nepriklausomai, t. y. kuo mažiau priklausyti nuo kitų (Bernstein, 1967; Todorov, 2004; Latash, 2008). Kitaip tariant, kiekviena dalis stengiasi būti nepriklausoma. Labai dažnai sergantiems nervų sistemos ligomis šis judesių valdymo principas yra labai išsiderinęs.

36. Minimalios intervencijos principas teigia, kad atskiros motorinės sistemos dalys kuo mažiau kišasi (sąveikauja) vienos į kitų veiklą. Pagal tą judesių valdymo principą dalys dirba kiek galima daugiau nepriklausomai, tačiau jos vieną kitą stebi. Jei suklysta viena dalis, jos klaidą stengiasi ištaisyti kitos. Jei to paties judesio valdymo (pvz., nugaros smegenys) dalys negali kompensuoti viena kitos klaidų, tada jos kreipiasi pagalbos į kitus judesių valdymo lygius (pvz., į galvos smegenų motorinę žievę) (Todorov, 2004).

Grižtamojo ryšio principas

Kuo informacija prieinamesnė, tuo motorinėje sistemoje mažiau konfliktų.

37. Galima sakyti, kad be nuolatinės informacijos apie judesio atlikimo eigą ir galutinį rezultatą neįmanomas tobulas judesio atlikimas. Tuo labiau be šios informacijos grįžtamojo ryšio (angl. *feedback*) neįmanomas joks judesių mokymosi procesas. Teigiama, kad judesio atlikimas kaip ir judesio mokymas – tai nuolatinis klaidų taisymas atsižvelgiant į informaciją apie judesį (Scott, 2003). Galvos smegenys vienu metu gauna labai daug informacijos iš periferijos, todėl ją reikia

apibendrinti, atsisakyti smulkmenų, trukdžių ir t.t. Motorinė sistema yra sukonstruotataip, kad kiekvienas jos lygmuo geba filtruoti nereikalingą informaciją (pvz., iš raumens į nugaros smegenis daugiau ateina informacijos nei nugaros smegenys jos siunčia į galvos smegenis (**Todorov, 2004**). Grįžtamojo ryšio šaltinių yra gana daug: a) galvos smegenys (eferentinė kopija); b) nugaros smegenys; c) raumenys; d) sausgyslės; e) sąnariai; f) oda; g) akys (**Kandel ir kt., 2000; Enoka, 2002; Latash, 2008**).

Tikslus judesių valdymas nebūtų įmanomas, jei centrinė nervų sistema negautų informacijos iš raumenų, sausgyslių, sąnarių.

Grįžtamoji informacija (ryšys) yra panaudojamas tam, kad galvos smegenys optimaliai valdytų judesius, t.y. tikslą pasiektų su minimaliomis energijos sąnaudomis.

Savireguliacijos principas

38. Judesių atlikimo savireguliacija priklauso nuo judesio tikslo, organizmo būsenos ir informacijos apie aplinką sąveikos. Be to, priklauso ir nuo duoto laiko, per kurį reikia atlikti arba išmokyti judesį. Kitaip tariant, judesys susiformuoja per tam tikrą laiką, esant tam tikrai specifinei aplinkai, specifinei organizmo būsenai ir specifiniam tikslui. Manoma, kad sergantiesiems nervų sistemos ligomis ypač sutrinka judesių valdymo savireguliacijos principas – jie geba atlikti judesį vienomis sąlygomis, bet sunkiai perneša (transformuoja) į kitas (nors labai panašias).

39. Motorinė sistema geba kažkaip stebuklingai išspręsti judėjimo problemą, t. y. net gana sudėtingose situacijose atlikti sudėtingą judesį, kurio anksčiau niekada neatliko. Manoma, kad šis gebėjimas priklauso nuo savireguliacijos principo (**Bernstein, 1967; Kelso, 1999; Davids ir kt., 2008; Latash, 2008**). Pavyzdžiui, jei, šokant į aukštį iš vietos, vienu metu dirba apie 50 raumenų ir milijonai nervų ląstelių, tai galvos smegenys jų negali valdyti pagal kažkokį šabloną (schema). Tada pagal savireguliacijos principą nervai ir raumenys dirba darniai (susireguliuoja). Nepaisant to, kad yra aiškus savireguliacijos principas, jo veikimo mechanizmas neištirtas.

Sudėtingų sistemų, kurioms neabejotinai priklauso motorinė sistema, tobulo valdymo idėja yra nepagrįsta.

To neįmanoma padaryti. Jei to primygtinai siekiama, tai žlunga pats valdymo aparatas. Jei tikslumas didesnis, sistemos valdymo neapibrėžtumas nemažėja, bet didėja. Labai dažnai atsitinka taip, kad kuo labiau pacientas stengiasi tiksliau atlikti judesį, tuo blogiau tą padaro.

Valdymo dinamiškumas

40. Kadangi judesio atlikimas pasižymi nuolatiniu dinamiškumu (kintamumu), tai galvos smegenims taip pat reikia būti labai dinamiškoms, t. y. gebėti adekvačiai (greitai ir tiksliai) reaguoti į motorinės sistemos ir aplinkos pokyčius. Todėl galima sakyti, kad judesių valdymas turi būti dinamiškas.

Judesio valdymo dinamiškumo testas, pvz., jei žmogus eina ir jį kas nors užkabina, jei judesio valdymas nedinamiškas, tai žmogus sustoja, nes nesugeba kartu atlikti dviejų darbų (eiti ir kalbėti). Paprastai šis fenomenas dažniau pasireiškia senyvo amžiaus žmonėms ir sergantiesiems nervų sistemos ligomis.

Judesių tikslo, motorinės sistemos būsenos ir aplinkos sąveika

41. Nuo trijų pagrindinių „žaidėjų“: tikslo, motorinės sistemos būsenos ir aplinkos sąveikos priklauso ne tik atliekamo judesio tikslas, bet ir būdas (**Bernstein, 1967; Kelso, 1999; Magil, 2007**). Pavyzdžiui, kai raumuo yra pavargęs, tada galvos smegenys gali parinkti kitokį judesių atlikimo būdą nei tada, kai raumuo nepavargęs. Kai pacientui sutrinka atmintis ir jis negali atsiminti ir imituoti, kaip reikia vairuoti automobilį, tada atsiminti gali padėti reali aplinka – automobilis.

Galvos smegenys motorinę programą sukuria ir sugriauna priklausomai nuo vidinio arba išorinio stimulo

42. Norint atlikti naują judesį, pirmiausia būtina sugriauti seno judesio programą ir sukurti naują (**Kelso, 1999**). Kasdienėje veikloje atliekant judesius, vyksta nuolatinis motorinių programų griovimo ir kūrimo procesas. Nustatyta, kad kas 2–3 sekundės galvos smegenys sugriauna seną ir sukuria naują motorinę programą.

Judesio atlikimo ir jo jutimo prognozavimas

Nesąmoningas matymas (angl. *blindsight*) yra primityvus matymas arba matymas nesuvokiant informacijos. Taikinio griebimas ranka jo neverbalizuoja.

43. Motorinė programa, kuri siunčiama iš galvos smegenų į nugaros smegenis, o vėliau į raumenis, ne tik valdo judesio atlikimą, bet reguliuoja ir judesio jutimą. Tuo galima paaiškinti vieną įdomiausių ir naujausių judesių valdymo fenomenų: pačiam atliekant judesį, jo jutimas dažnai yra kitoks nei pasyviai jaučiant tą patį judesį, pvz., kai žmogus pats aktyviai (dinamiškai rankomis liedsdamas kamuolį) stengiasi ranka pajusti kamuolio paviršiaus šiurkštumą, taspojętis yra žymiai adekvatesnis nei jis jaučia kamuolį, kai jo rankose jį sukinėja kitas. Kitas pavyzdys: jei tiriamojo prašoma ranka išvystyti 20 N jėgą, tai po neilgos treniruotės jis geba tą atlikti pakankamai gerai. Tačiau, kai jo prašoma pajusti, kokia jėga kitas tiriamasis spaudžia jo ranką (o kito tiriamojo prašoma išvystyti 20 N jėgą), tada pirmasis tiriamasis paprastai sako, kad jis jaučia apie 25–30 N jėgą. Kitaip tariant, kai pats „muši“ kitą, pačiam mažiau skauda nei kitam (tai viena muštinių traumų kilmės priežastis). Be to, kovos įkarštyje motorinė programa, siunčiama eferentais žemyn, dažniausiai prislopina tikrą „kumščių jutimą“ (skauda vėliau).
44. Vienas pagrindinių judesių valdymo mechanizmų – galvos smegenų **gebėjimas prognozuoti** (angl. *feedforward control*): a) motorinę programą atsižvelgiant į judesio tikslą, motorinės sistemos esamą būseną ir aplinką; b) būsimą motorinės sistemos būseną atsižvelgiant į motorinės programos specifiką (**Davidson ir Wolpert, 2005; Wolpert, 2007**). Motorinė programa (judesio planas) sukurama dėl aplinkos, judesio tikslo ir organizmo (motorinės sistemos) būsenos sąveikos. Per šimtus tūkstančių metų žmogaus (arba kitų gyvūnų) galvoje susiformavo daug **vidinių modelių** (angl. *internal model*), kuriuos galima suskirstyti į du pagrindinius tipus: a) atvirkštinius (prognozuoja motorinę programą); b) tiesioginius (prognozuoja motorinę būseną) (**Davidson ir Wolpert, 2005**). Abiem atvejais prognozė yra statistinė, t.y. tiesioginis modelis prognozuojamas kokia tikimybė, kad motorinė sistema atsidurs norimoje būsenoje, esant tam tikrai motorinei programai ir aplinkai. Viena didžiausių problemų, kylančių galvos smegenyse – kaip adekvačiai įvertinti motorinės sistemos būseną ir aplinkos poveikį. Tai galvos smegenys atlieka dviem pagrindiniais būdais: a) gauna aferentinę informaciją iš motorinės sistemos ir aplinkos; b) galvos smegenyse esantis modelis apibendrina informaciją.

Judesius galima prognozuoti tik tam tikrais lokaliais laiko etapais, tačiau jokiū būdu ne ilgą laikotarpį. Todėl galima sakyti, kad žmogaus motorinė elgsena dažnai yra spontaniška.

Ar žinote, kad viena motorinė programa siunčia savo komandą apie 200 000 motoneuronų.

Priprogramavimo principas

45. Prieš kiekvieno tikslo ir greito judesio atlikimą motorinė sistema šio modelio pagrindu yra parengiama, t. y. vyksta taip vadinamasis **priprogramavimas**. Taigi, priprogramavimas – „dirvos paruošimas“ būsimam judesiui atlikti, pvz., kai pamatome, kad puodelis yra pilnas karštos arbatos, tai puodelį nešame daug atsargiau nei tada, kai nešame tokį pat puodelį, kuriame, pvz., pripilta smėlio. Priprogramavimo mechanizmas nėra refleksas, nes priprogramavimo procesas priklauso nuo žmogaus valios pastangų. Priprogramavimo „meno“ motorinė sistema, manoma išmoko per labai ilgą laikotarpį. Todėl priprogramavimo mechanizmo nereikia specialiai mokytis – gali būti, kad šie yra duoti iš prigimties.

Manoma, kad priprogramavimo paskirtis – tai parengti motorinę sistemą greitai ir racionaliai atsakyti į nenumatytus dirgiklius (Latash, 2008). Jei nebūtų priprogramavimo mechanizmo, tai žmogaus motorinės sistemos atsakas būtų labai pavėluotas. Pavyzdžiui, kai įlaužtumėm ledą, tik tada pagalvotumėm, kad nereikėjo taip stipriai vaikščioti ant ledo. Priprogramavimo principas yra labai svarbus sergantiems nervų sistemos ligomis, nes, prieš pradėdami judesį jie turi būti tinkamai paruošę motorinę sistemą.

Valdymo decentralizavimas

46. Valdymo decentralizavimas – tai judesių valdymo mechanizmų paskirstymas į tam tikrus valdymo lygius (**Bernstein, 1967; Latash, 2008**). Pagrindinis decentralizavimo principas teigia, jog kiekvienas aukštesnis judesių valdymo lygis nustato žemesnio valdymo lygio funkcijas (3 pav.) ir tada mažai kišasi į jo (žemesnio lygio) veiklą. Centralizuotas valdymas priešingai

decentralizuotam valdymui yra pagrįstas tuo, kad yra vienas centras, kuris visiems nurodo, ką ir kaip reikia daryti. Decentralizuotas valdymas gali būti vadinamas kaip valdymas su „atsakomybės pasidalijimu“, pvz., jei premotorinė ir papildoma motorinė žievė yra labiau atsakingos už judesio idėjos (strategijos) suformavimą, o pirminė motorinė žievė – už motorinės programos sudarymą, tai nugaros smegenų kompetencija – įgyvendinti motorinę programą. Pavyzdžiui, insulto atveju šis judesių valdymo principas dažnai sutrinka.

47. Pradedant eiti, judesio (žingsnio) startas duodamas iš motorinės žievės, tačiau tolesnio ėjimo metu motorinė žievė gali dirbti minimaliai, nes ėjimui valdyti gali pakakti galvos smegenų kamieno ir nugaros smegenų kompetencijos. Svarbu suprasti kitą decentralizuoto valdymo bruožą – aukščiau esantis centras visada stengiasi mažinti nurodymų (komandų) kiekį, jei judesys atliekamas daugiau nei vieną kartą (**Bernstein, 1967**). Be to, žemiau esantis centras tik tada prašo aukščiau esančio centro pagalbos, jei pats nesugeba valdyti judesio. Štai kodėl galvos smegenys efektyviai neatsistato, jei kartojame tuos pačius ir tuos pačius judesius!



3 pav. Judesių valdymo lygiai

Hicko dėsnis

48. Pastebėta, kad judesio planavimo laikas, kurį rodo reakcijos laikas nuo dirgiklio pradžios iki judesio pradžios, yra tuo ilgesnis, kuo sudėtingesnę judesį reikia planuoti atlikti (**Schmidt ir**

Lee, 1999). Pavyzdžiui, jei reikia kiek galima greičiau sureaguoti ir suplanuoti pasakyti žodį „sustokite“, tai reakcijos laikas nuo reagavimo pradžios iki pirmos raidės („s“) ištarimo bus ilgesnis nei prireiks sureaguoti ir suplanuoti pasakyti žodį „stop“. Pirmuoju atveju ilgesnis žodis reikalauja daugiau laiko jo ištarimo programai sukurti. Sudėtingo judesio kriterijai yra šie: a) judesio ilgumas (kuo ilgesnis judesys, tuo ilgesnė programa; žinoma, jei judesys nėra automatiškas); b) judesio naujumas (naujo, niekada neatlikto judesio motorinei programai sukurti reikia daugiau laiko nei anksčiau darytam judesiui).

Reakcijos trukmė rodo (netiesiogiai) galvos smegenų „skaičiavimo“ greitį. Jei yra galvos smegenų nuovargis ar tam tikras pažeidimas, ypač sulėtėja reakcijos laikas (jis ypač lėtas, jei reikia atsirinkti vieną dirgiklį iš daugelio.

49. Reakcijos laiko priklausomybę nuo judesio sudėtingumo (dirgiklio sudėtingumo) aprašo **Hicko dėsnis**: kuo judesys sudėtingesnis, tuo ilgesnė reakcijos trukmė. Nustatyta, kad reagavimo trukmė (RT) priklauso nuo dirgiklio kiekio, iš kurių reikia pasirinkti pagrindinį dirgiklį (į kurį reikia reaguoti): kuo didesnis dirgiklių kiekis, tuo ilgesnė RT. Tai yra pasirinkimo efektas (angl. *choise effect*). Kai tik reikia rinktis, tada sulėtėja procesai centrinėje nervų sistemoje.

Reakcijos greitis į garsą yra greitesnis nei į šviesos signalą, bet lėtesnis nei į odos sudirginimą.

Kuo sudėtingesnis pasirinkimas, tuo daugiau prireikia laiko priimti sprendimą. Per daug skrupulingas rinkimasis gali užsitęsti visą gyvenimą. Kuo labiau žmogus gilinasi į problemą, tuo ilgiau užsitęsia jos išsprendimas.

50. Ar reagavimo laikas priklauso nuo dirgiklio „istorijos“? Jei dirgiklis pasirodo spontaniškai, tai teigiama, kad reagavimo laikas labai mažai priklauso nuo prieš tai buvusios reagavimo patirties. Jei dirgiklis yra žinomas ir tiksliai prognozuojama jo pasirodymas, tada reagavimo trukmė gali sumažėti.

51. Judesių mokslo laboratorijose reakcijos trukmė niekada nėra trumpesnė nei 100–105 ms (jei būtų trumpesnė, būtų manoma, kad buvo paskubėta reaguoti), tačiau pasitaiko atvejų, pvz.,

nešant pilną vyno taurelę, kai reakcijos trukmė yra apie 70–80 ms (**Schmidt ir Lee, 1999**). „Vyno taurelės“ fenomeno fiziologinis ir psichologinis paaiškinimas dar nepakankamai ištirtas. Be to, pastebėta, kad tais atvejais, kai reikia reaguoti į dirgiklį, kuris pasireiškė po 50–500 ms po prieš tai buvusio kito dirgiklio, tai reagavimo trukmė žymiai prailgėja, lyginant su reagavimo trukme, užregistruota reaguojant tik vieną dirgiklį. Tai yra taip vadinamasis „psichologinis nereagavimo laikotarpis“, kuris yra aiškinamas taip: kad reagavimo trukmė prailgėja dėl to, kad, norint reaguoti į antrąjį dirgiklį, reikia suardyti (sustabdyti) pirmojo judesio planavimo procesą (**Schmidt ir Lee, 1999**). Šis psichologinis nereagavimo fenomenas sporte pasitaiko labai dažnai, pvz., po apgaulingo judesio varžovo reagavimo trukmė sulėtėja, jei jis buvo pradėjęs reaguoti į pirmąjį (apgaulingą) dirgiklį. Išaiškinta, kad tais atvejais, kai reaguojama atliekamo judesio pradžioje ir pabaigoje, tada reakcijos trukmė yra žymiai ilgesnė nei judesio viduryje.

52. Nustatyta, kad netikėti (originalūs, anksčiau nematyti) dirgikliai dažnai patraukia mūsų dėmesį. Be to, mums reikšmingi dirgikliai krenta labiau į akis („baliaus fenomenas“), t. y. girdime tą, kurį norime girdėti). Be to, pastebėta (tai pastebėjo žymus fizikas Nobelio premijas laureatas N.Bohras), kad tas, kuris dvikovos metu pirmas pradeda judesį, tas ir pralaimi. Šis fenomenas buvo pavadintas Bohro fenomenu.

Motorinės žievės ta pati dalis gali aktyvuoti skirtingus raumenis arba jų dalis

53. Šis dėsniumas patikslina klasikinę **homunkulus** sampratą, kuri teigia, kad motorinėje žievėje yra kiekvieną raumenį aktyvuojanti fiksuota vieta.

Nustatyta, kad kūno atspindys motorinėje ir sensorinėje žievėje yra adaptyvus, pvz., jei ranka amputuota, buvusios rankos vietą sensorinėje žievėje gali užimti, pvz., veidas. Todėl, padirginus veidą, tam tikrą laikotarpį gali būti jaučiama ranka, kurios jau nebėra.

54. Jei stimuliuotumėm tam tikrą motorinės žievės dalį, tai visada turėtų būti aktyvuojamas tam tikras raumuo (arba jo dalis). Deja, pastebėta, kad ta pati motorinės žievės dalis gali aktyvuoti ne tik skirtingas raumens dalis, bet ir skirtingus raumenis (**Georgopoulos ir kt., 1993**). Taigi, galima kalbėti ne apie griežtą motorinės žievės homunkulą, bet apie dinamišką. Šiandien mokslininkams dar neaišku, nuo ko priklauso šis motorinės žievės multifunkcionalumas.

Spėjama, kad motorinė žievė organizuota ne tik struktūriškai, bet ir funkciškai (Scott, 2005; Sergio ir kt., 2005).

55. Kuo judesys vikresnis ir tikslesnis, tuo daugiau aktyvuojama motorinė žievė. Štai kodėl po insulto ypač sutrinka tikslių ir vikrių judesių atlikimas!
56. Naujausi mokslo pasiekimai rodo, kad ta pati motorinės žievės dalis gali aktyvuoti daugybę raumenų, reikalingų tam tikram judesiui atlikti. Kitaip tariant, motorinė žievė valdo ne raumenis, bet judesius.

Judesių atlikimo efektyvumas priklauso nuo motorinės žievės ląstelių „kolektyvinės“ veiklos

57. Pastebėta, kad, norint sulenkti ranką, šalia agonistų visada yra aktyvuojami ir raumenys antagonistai (tiesiantys ranką). Kaip besistengtumėme „išjungti“ antagonistus, to iš principo negalima pasiekti, nes motorinėje žievėje neįmanoma išskirtinai aktyvuoti tik tas nervų ląsteles, kurios siunčia signalus tik „reikalingiems“ raumenims (agonistams). Kiekvieną kartą yra aktyvuojamos ir „nereikalingos ląstelės“. Deja, šiandien mokslininkai nemano, kad antagonistus aktyvuojančios ląstelės yra nereikalingos, priešingai – jos suteikia judesiui stabilumo. Nustatyta, kad, pvz., kiekvieną kitą kartą atliekant judesius, gali būti aktyvuojamos kitos „nereikalingos“ nervų ląstelės, t. y. neįmanoma nuspėti, kuri iš milijonų nervų ląstelių bus aktyvuota kiekvienu konkrečiu atveju. Todėl kalbama, kad viso judesio atlikimas priklauso ne nuo pavienių, fiksuotų ląstelių, bet nuo tam tikro ląstelių visumos („kolektyvo“) elgsenos. Judesio priežastis – tai nervų ląstelių kolektyvinio veikimo vektorinė suma (angl. *neuronal population vectors*) (Georgopoulos ir kt., 1993; Scott, 2005). Taigi, kuo daugiau ląstelių „kolektyve“ nereikalingų, tuo mažesnė bus galutinė rankos lenkimo jėga arba greitis. Kaip perprasti ląstelių „kolektyvo“ elgsenos (ir jų valdymo) principus – tai vienas svarbiausių ir sunkiausių klausimų, kuriuos kelia mokslininkai.

Jei yra pažeista tik nedidelė motorinės žievės dalis, bet gali sutrikti viso „kolektyvo“ (visos motorinės žievės) darni veikla. Po pažeidimo „kolektyvas“ išmoksta veikti kitu būdu.

58. Nors ląstelių „kolektyvo“ dalis elgiasi gana kaprizingai, tačiau viso „kolektyvo“ veikla galima labiau pasitikėti. Be to, „kolektyvas“ išmoksta atlikti judesį greičiau ir ilgesniam laikotarpiui nei pavienės ląstelės.

Galva, valdydama judesį, ieško „ekologiškų partnerių“

59. Seniai pastebėta, kad žmonės geriau geba atlikti judesius, jei juos, pvz., atlieka su pažįstamais įrankiais ir žinomoje aplinkoje (**Bernstein, 1967**). Turbūt mažai kam kyla abejonių, kad neįmanoma žaisti krepšinio be kamuolio. Kitas pavyzdys: žmogui gana sunkus imituoti, pvz., ėjimą per smėlį arba vandenį, tačiau tai daro be priekaištų realioje aplinkoje. Taigi, galvos smegenims valdyti judesius padeda ir aplinka („ekologiški partneriai“). Taip yra todėl, kad galvos smegenys, kaip minėta, per šimtus tūkstančių metų pažino aplinką, kurioje žmonės judėjo (**Gibson, 1979**). Patirtis, manoma, užsifiksavo vidinių modelių forma. Todėl norint, kad modelis pradėtų tinkamai valdyti judesį, jam į pagalbą ateina „ekologiški partneriai“ (aplinka, pvz., kamuoliai, šaukštai, medžiai, žemės danga ir t.t.). Tinkamas „ekologiško partnerio“ parinkimas – tai efektyvi sąlyga judesiui atlikti.
60. Nustatyta, kad „ekologiški partneriai“ padeda galvos smegenims greičiau išmokti judesį. Tačiau išmoktas judesys užsifiksuoja galvoje kartu su „ekologišku partneriu“. Taigi, judesys ilgiau išlika mūsų atmintyje, jei mes jį surišame su „ekologišku partneriu“. Jei nėra tinkamos aplinkos (situacijos, „ekologiško partnerio“), tai gana sunku atsiminti netgi gerai išmoktą judesį. Žmonėms geriau išmokti judesius padeda „ekologiškų partnerių“ įvairovė ir patrauklumas. Tada galvos smegenys greičiau sukuria bendrą komandą su aplinka, nes žmogų traukia įdomūs, įvairūs, originalūs, pvz., įrankiai ir t.t. (**Kelso, 1999**). Sistemų valdymo moksle labai paplitęs reikalaujamos įvairovės dėsnis, kuris teigia, kad sistema yra efektyviau valdoma, jei ji savyje turi didelę įvairovės patirtį.

Pažeista motorinė arba sensorinė žievė negeba atlikti judesį tokiomis sąlygomis, tada ji pasirenka jai patogią aplinką. Tačiau kitos aplinkos parinkimas neleidžia visiškai atsikurti pažeistoms nervų ląstelėms.

Būtina žinoti, kad žmogus niekada negalės labai tiksliai įvertinti jį supančios aplinkos, negalės ir tiksliai jos prognozuoti. Jis visada privalės su tam tikra tikimybe spėti apie esamą ir būsimą aplinką.

Judesių koordinavimas

Daug mokslininkų kalba apie judesių koordinavimą, tačiau niekas aiškiai nežino, kaip tai vyksta. Pažangiausias judesių koordinavimo aiškinimas yra pagrįstas sudėtingųjų dinaminių sistemų teorija. Pagal šią teoriją koordinacijos mechanizmo esmė – sistemos elementų spontaniškas susiregulavimas, priklausomai nuo judėjimo užduoties, motorinės sistemos būsenos ir aplinkos specifikos. Nėra abejones, kad šis susiregulavimas vyksta pagal tam tikras fiziologines ir biomechanines taisykles arba principus, kurie šiuo metu yra intensyviai tyrinėjami.

61. Nustatyta, kad, valdant sudėtingus judesius (t. y. judesius, kuriuos realizuoja daug raumenų, tarp jų ne tik antagonistai, bet ir priešingos kūno dalies raumenys), būtina koordinuoti daugelio raumenų veiklą (**Bernstein, 1967; Latash, 2008; Skurvydas, 2008**). Tam tikslui gali susiformuoti laikinos koordinacinės (sinerginės) struktūros, kuris dirba kaip darni visuma. Įdomu, kad koordinacinių struktūrų veikla nėra vien tik jos dalių suma, pvz., kairė ir dešinė ranka atskirai dirba kitaip nei tada, kai jos dirba kartu. Pastebėta, kad dešiniarankis žmogus kaire ranka atskirai sureaguoja į šviesos dirgiklį, pvz., per 180 ms, dešinė ranka – per 160 ms. Kai reikia reaguoti į tą patį dirgiklį abiem rankomis iš karto, tai tiek kairė, tiek dešinė ranka reaguoja vienodai – per 170 ms. Taigi, kairė ir dešinė ranka antruoju atveju suformavo laikinę koordinacinę struktūrą, kuri kairės rankos darbą pagreitino, o dešinės sulėtino.
62. Koordinacinių struktūrų pavyzdžių kasdienėje veikloje yra labai daug, pvz., metant kamuolį į krepšį, ne tik rankų, bet ir kojų bei liemens raumenys suformuoja koordinacinę struktūrą tikslui pasiekti – įmesti kamuolį į krepšį. Įdomu, kad, atliekant judesius (pvz., komandinių žaidimų metu), atskiri žmonės koordinuoja savo veiksmus, tam tikslui suformuodami (dažniausiai spontaniškai) laikinas koordinacines struktūras. Galima teigti, kad tais atvejais, kai per treniruotes sportininkas atlieka individualius veiksmus, tai jis nesimoko suformuoti laikinų

koordinacinių struktūrų su kitais sportininkais. Tada maža tikimybe, kad tokio žaidėjo veiksmas derinsis su kitų. Kitaip tariant, koordinacinė struktūra – tai komandinės (kolektyvinės) veiklos pagrindas. Pastebėta, kad daugeliu atveju koordinacinės struktūros susiformuoja spontaniškai ir kiekvieną kartą kitaip. Todėl koordinacinių struktūrų formavimas yra labiau panašus į kūrybinį, paieškos kupiną procesą nei į mechanistinį pakartojimą arba atkartojimą. Dar daugiau, jei vienas koordinacinės struktūros elementas padaro klaidą, tada akimirksniu ją bando ištaisyti kiti.

Bimanualinių judesių koordinavimo HBK modelis – tai simetriškų galūnių (pvz., dešinės ir kairės rankos) koordinavimo modelis (kurį atrado žymūs mokslininkai Haken, Bunz, Kelso), kuris yra pagrįstas galūnių simetrišku (angl. *in-phase*) ir asimetrišku (angl. *anti-phase*) koordinavimu (Haken H. du kartus apdovanotas Nobelio premija). Simetriškas koordinavimas yra labiau stabilus nei asimetriškas. Nustatyta, kad, didinant galūnių judėjimo greitį, vyksta šuoliškas perėjimas nuo asimetriško koordinavimo (jei toks buvo pradžioje pasirinktas) į simetrišką (mažinant judesių greitį, nevyksta atgalinis perėjimas, t. y. nuo simetriško į asimetrišką koordinavimą (Haken ir kt., 1985; Kelso, 1999).

Judesių koordinavimas – tai ne judesio atlikimo tikslas, bet priemonė, pvz., jei raumuo nusilpęs, tada pakinta judesio koordinavimo struktūra (labiau mobilizuojami kiti raumenys), nors judesio atlikimo efektyvumas gali mažai pakisti.

Fittso dėsnis

Woodworth (1899) daugiau kaip prieš 100 metų pastebėjo, kad judesio atlikimo greitis ir tikslumas yra susiję: kuo didesnis tikslumas, tuo mažesnis greitis; kuo didesnis greitis, tuo mažesnis tikslumas.

63. **Fittso dėsnis** aprašo greito ir tikslaus judesio trukmės (MT) priklausomybę nuo atstumo (A) iki taikinio ir taikinio dydžio (W) (Fitts, 1954; Plamondon ir Alimi, 1997; Schmidt ir Lee, 1999;

Skurvydas, 2008). Taigi, kuo toliau yra taikinyis ir kuo jis mažesnis, tuo ilgiau trunka greitas ir tikslus judesys. Kodėl taip yra? Tai interpretuojama remiantis statistine (skaičiavimo) judesio valdymo paradigma: kuo atstumas ilgesnis ir kuo mažesnis taikinyis, tuo sunkiau apskaičiuoti greito ir tikslaus judesio atlikimą. Sudėtingesnis skaičiavimas, galima manyti, trunka ilgiau nei paprastas. Nesunku suprasti, kad judesių valdymo sudėtingumas priklauso nuo atstumo iki taikinio (A) ir taikinio dydžio (W): kuo atstumas ilgesnis ir taikinyis didesnis, tuo didesnis judesio **sudėtingumo indeksas (ID)** ($ID = \log_2(2A/W)$). Nustatyta, kad greito ir tikslaus judesio trukmė (MT) ypač pailgėja, kai didesnio sudėtingumo judesius atlieka „grubūs“ raumenys. **Pirštais atliekami judesiai yra labiau smulkūs (mažiau grubūs) nei atliekant riešu arba ranka.** Suprantama, kad, pvz., koja atliekami judesiai yra dar „grubesni“ nei atliekami ranka. Visa tai yra aiškinama tuo, kad pvz., galvos smegenų motorinė ir sensomotorinė žievė pirštų raumenis labiau kontroliuoja nei rankos ar kojų raumenis.

Klasikinis modelis, aiškinantis greitų ir tikslų judesių valdymą: judesio pradžia priklauso nuo motorinės programos tikslumo, o judesio pabaigoje– nuo grįžtamojo ryšio mechanizmų (Desmurget ir Grafton, 2000).

64. Pastebėta, kad žmogus pasirenka optimalų greitį atlikdamas kasdienius judesius. Kiekvienas žmogus turi savo judesių atlikimo tempą, pvz., vienas eina greičiau, kitas greičiau rašo, trečias gana greitai kalba ir t.t. Pasirodo, kad, atliekant kasdienius judesius, jų atlikimo greitis taip pat kaip atliekant kiek galima greičiau ir tiksliau judesius, priklauso nuo taikinio dydžio ir atstumo iki taikinio. Jei valgant šaukštas yra toliau nuo mūsų, tai jo siekiame didesniu greičiu nei tą atliktumėm, jei šaukštas būtų arti. Mokslininkai dar nežino pagrindinės priežasties, kodėl judesių valdyme žmonės mažiau keičia judesio atlikimo trukmę (ją stengiamasi išlaikyti stabilesnę), o labiau kinta judesio greitis. Pastebėta, kad, norėdami tiksliai atlikti judesius, žmonės paprastai pasirenka nei labai didelį, nei labai mažą greitį. Tai yra todėl, kad galvos smegenų modeliai negali tiksliai valdyti judesio nei jį atliekant labai greitai, nei labai lėtai, nes prie to nėra pripratę.

Trys pagrindiniai centrinės nervų sistemos „žaidėjai“ dalyvauja tikslų ir greitų judesių atlikime: judesio amplitudė, trukmė ir tikslumas (tikslų variacija). Jie vienas kitam turi įtakos, pvz., kuo trumpiau trunka judesys, tuo sunkiau

centrinei nervų sistemai jį planuoti ir koreguoti, tada centrinė nervų sistema daugiau daro klaidų, o tai pasireiškia didesne tikslo siekimo variacija. Pastebėta, kad kuo lėčiau atliekamas judesys, tuo mažiau klaidų daro centrinė nervų sistema. Įdomu, tai, jog kuo mažesnė atliekamo judesio kinematinų charakteristikų variacija (pvz., trajektorijos arba kampinio greičio), tuo mažesnis judesio galutinio tikslo stabilumas (t. y. mažesnė variacija). Tai labai svarus argumentas prieš seną požiūrį, jog kuo mažesnė atlikimo variacija, tuo mažesnė ir pasiekiamo tikslo variacija. Neseniai pastebėta, jog kartu aktyvuojant (koaktyvuojant) agonistą ir antagonistą, padidėja atliekamo judesio kinematinų charakteristikų (kampinio greičio, trajektorijos) variacija, bet padidėja ir judesio tikslumas (Osu ir kt., 2004).

Daugiau daroma atstumo nei judesio krypties klaidų. Kitaip tariant, lengviau teisingai pasirinkti judesio kryptį nei numatyti pastangas, reikalingas judesio amplitudei atlikti.

Kai turi būti atliekami greitai ir tiksliai sudėtingi judesiai, centrinė nervų sistema renkasi tikslumo strategiją – judesį stengiamasi atlikti tiksliai, bet lėtai. Atliekant buitinius judesius, pvz., geriant kavą, judesio trukmė priklauso nuo reikalaujamo tikslumo (pvz., kavos puodelis su mažesne ąsele yra paimamas lėčiau nei su didele). Be to, tuščią kavos puodelį kiekvienas žmogus paima greičiau nei pilną.

65. Greitų judesių metų yra dvi raumenų aktyvavimo fazės: agonisto ir antagonisto. Atliekant tikslus ir greitus judesius, nustatytos trys fazės: agonisto, antagonisto ir vėl agonisto. Kuo tikslesnis judesys, tuo anksčiau ir daugiau aktyvuojamas antagonistas. Jei judesys atliekamas tik greitai (nereikalaujant tikslumo), tada trečioji fazė gali visiškai išnykti.
66. Galvos smegenys stengiasi valdyti judesiustaip, kad mažiausia kaina (valdymo ir (ar) energijos sąnaudų) būtų pasiekiamas tikslas. Tam pasitelkia du pagrindinius būdus: a) judesys atliekamas

(ypač distalinis galūnės taškas) kiek galima plastiškiau (be trūkčiojimų); b) distalinis galūnės (efektoriaus) taškas juda kiek galima tiesiau, pvz., insultą išgyvenusių pacientų judesių atlikimas yra labai neekonomiškas t. y. karpytas.

Donder dėsnis

67. Nepriklausomai nuo galūnės pradinės padėties ji juda tiesiai link taikinio, nors atskirų sąnarių kampų pokytis tikrai yra netolygus (netiesiškas).

Minimalaus atliekamo darbo ir minimalus jėgos momento hipotezė (ekonomiško valdymo hipotezės)

68. Centrinė nervų sistema pasirenka (ieško) tokią judesių valdymo strategiją, kuri leistų tikslą pasiekti minimaliu jai atliekamu darbu arba minimaliu jėgos momentu. Deja, šios hipotezės ne visados pasiteisina, pvz., jei reikia atlikti kiek galima greičiau judesį, tada centrinė nervų sistema nesivadovauja ekonomiško kriterijumi – svarbiau greitai pasiekti tikslą.

Minimalaus nukrypimo (variacijos) hipotezė

69. Judesių valdymo strategija, kai siekiama kuo stabiliau, t. y. mažesniu nukrypimu (variacija) pasiekti tikslą (**Todorov, 2004**). Manoma, kad judesio atlikimo galutinis tikslas bus stabilesnis, kai stabilesnės (su mažesne variacija) bus kinematinės judesio atlikimo charakteristikos, pvz., trajektorija (**Haris ir Wolpert, 1998**). Deja, ši hipotezė dabar sukritikuota. Pvz., Latash (2008) teigia, kad judesio atlikimo variabilumas, jei jis yra optimalus, užtikrina galutinio tikslo stabilumą.

Minimalaus trūkčiojimo hipotezė

70. Centrinė nervų sistema, siekdama ekonomiškai ir stabiliai pasiekti judėjimo tikslą, dažnai pasirenka kuo plastiškesnį (be staigių trūkčiojimų) judesių atlikimą.

Kuo didesnis atliekamo judesio kreivumas, tuo mažesnis judesio greitis

71. Šis judesių valdymo dėsningumas rodo, kad, rašant skaičių „8“, judesio atlikimo greitis sumažėja tose fazėse, kur yra didesnis kreivumas.

1.2.3. Motorinės programos struktūra

72. Dabar vyrauja nuomonė, kad yra **generalinė (bendroji) ir specifinė motorinė programa (Schmidt ir Lee, 1999)**. Generalinės motorinės programos struktūrą sudaro: 1) judesių (arba jos dalių) seka; 2) judesių faziškumas; 3) įvykių galingumas. Generalinės motorinės programos pavyzdys: „A“ raidės parašymas, nenurodant, kokiais raumenimis, kokia amplitudė ir koku greičiu bus tai rašoma. Žinomi trys pagrindiniai **specifinės motorinės programos parametrai**: a) raumuo arba raumenų grupės (sinergijos); b) judesio amplitudė ir greitis (tempas); c) judesio erdvinė struktūra. Specifinė motorinės programos pavyzdys: „A“ raidės parašymas atsisėdus (judesio erdvinė struktūra) dešine ranka (sinergija) per visą lapą normaliu tempu (amplitudė greitis). „A“ raidės parašymo stilius bus panašus, nepaisant to, kad „A“ raidė bus parašoma su kaire ranka atsigulus ir vieno kvadratinio centimetro plotyje.
73. Motorinė programa – judesio (judesių) atlikimo idėja, bendras planas. Motorinės programos buvimą rodo du pagrindiniai faktai: 1) įprastus judesius galima atlikti be atgalinio ryšio (informacijos apie judesio eigą); 2) kuo sudėtingesnis judesys, tuo ilgiau prireikia laiko jam pasirengti ir jį nutraukti, nes ilgiau užtrunkama sukurti arba panaikinti motorinę programą.

Kuo sudėtingesnė (ilgesnė) motorinė programa, tuo daugiau joje įsivelia klaidų, pvz., motorinėje programoje, kuri valdo šuolį į aukštį iš vietos, yra mažiau klaidų nei programoje, valdančioje šuolį į tolį įsibėgėjus.

1.2.4. Refleksai ir judesių valdymas

Judesių valdymas labai priklauso nuo tikslios ir greitos informacijos apie žmogaus kūno judėjimo kinematiką ir dinamiką bei jį supančią aplinką. Žinomi trys pagrindiniai informacijos šaltiniai: a) mechanoreceptoriai (sąnarių, raumenų, odos); b) akys; c) vestibuliniai receptoriai.

74. Ketvirtame pav. pateikiami pagrindiniai refleksai, kurie dalyvauja judesių valdyme. Daugelis nugaros smegenų refleksų yra apsauginiai, pvz., skirti gintis nuo žalingos dirgiklio. **Tempimo**

refleksas –tai refleksas, kuris kyla dėl **raumeninių verpsčių** aktyvavimo ištempiant raumenis (Kandel ir kt., 2000; Enoka, 2002).

Refleksai



4 pav. Refleksai, dalyvaujantys judesių valdyme

Paprasti judesiai – tai nugaros smegenų refleksai. Reflekso lanką sudaro: a) sensoriniai receptoriai; b) aferentinės nervų skaidulos; c) nervinis centras, kuriame yra motoneuronai ir tarpiniai neuronai; d) eferentinės nervų skaidulos; e) efektoriai (griaučių raumenys).

Refleksus gali sukelti signalai iš eksteroreceptorių, reaguojančių į išorinės aplinkos poveikį, arba ir proprioceptorių, esančių raumenyse (raumeninės verpstės), sausgyslėse (Goldžio organai) ir sąnariuose.

75. Raumeninę verpstę sudaro plonos raumeninės skaidulos, kurios vadinamos intrafuzalinėmis skaidulomis. Šios skaidulos eina lygiagrečiai su pagrindinėmis raumens susitraukimą užtikrinančiomis skaidulomis, kurios vadinamos ektrafuzinėmis skaidulomis. Raumeninę verpstę inervuoja gama motoneuronai (eferentai), o iš verpsčių išeina aferentai (Ia ir II). Ia aferentų aktyvumą lemia raumens ilgio pokytis ir gama motoneuronų aktyvumas, o II aferentų aktyvumas priklauso nuo raumens ilgio (bet nepriklauso nuo raumens ilgio pokyčio). Yra dvi

intrafuzinių skaidulų rūšys: a) branduolių maišelių skaidulos (angl. *nuclear bag fiber*); b) branduolių grandinėlių skaidulos (ang. *nuclear chain fiber*).

Perpjovus nugaros smegenis, įvyksta spinalinis šokas, kuris pasireiškia tuo, kad žemiau pjūviuodingo visi refleksai. Vėliau jie atsinaujina ir netgi sustiprėja, bet valingi judesiai neįmanomi.

76. Dinaminis ir statinis raumeninės verpstės tempimas sukelia Ia ir II aferentinių skaidulų aktyvumą. Raumeninė verpstė, Ia aferentinės skaidulos ir monosinapsinis to paties raumens motoneuronų jaudinimas sudaro neigiamo grįžtamojo ryšio sistemą, kuri priešinasi raumens ištempimui. Žinomos dvi pagrindinės tempimo refleksų formos –**toninio ir fazinio tempimo** refleksai. Toninis refleksas, kuris nebūdingas sveikiems žmonėms, labiau aktyvus, kai raumuo ilgą laiką tempiamas, pvz., atliekant statinius tempimo pratimus. Fazinis tempimo refleksas veikia tik raumens ilgėjimo metu. Galima sakyti, kad tai yra vienas svarbiausių refleksų, dalyvaujančių judesių valdyme. Staigiai sudavus per sausgyslę, pvz., keturgalvio raumens, galima sukelti fazinį tempimo refleksą. Šis refleksas dar vadinamas girnelės pateliariniu (lot. *patella*) refleksu. Ia aferentai sudaro tiesiogines jaudinančias sinapses su tą raumenį inervuojančiais alfa motoneuronais. Latentinis laikotarpis, t. y. laikas nuo Ia aferentų veikimo potencialo susidarymo iki jaudinamojo postsinapsinio potencialo atsiradimo motoneuronuose, yra apie 0,6 ms. Ia aferentai aktyvina ir tarpinius neuronus, kurie slopina antagonistinių raumenų motoneuronus. Tada vyksta taip vadinamasis reciprokinis slopinimas. Šiuo atveju latentinis laikotarpis trunka apie 1,2 ms.

Tempimo refleksas yra gerai treniruojamas, kai raumuo tampomas vis skirtingu greičiu ir amplitude, t. y. kiekvieną kartą vis kitaip. Taigi, tempimo refleksas gerai treniruojamas, kai vaikščiojame nelygiu paviršiumi.

77. Kai sensorinis nervas, išeinantis iš raumeninių verpsčių, yra stimuliuojamas elektra, tai sukelia H-refleksą, kuris yra MV atsakas į sensorinio nervo elektros stimulą. H-reflekso dydis rodo motoneuronų, kurie yra nugaros smegenyse, jautrumą aktyvavimui. Kadangi sensorinis nervas yra jautresnis elektrai nei motorinis nervas, tai, stimuliuojant nervus elektra, pirmiausia aktyvuojami sensoriniai nervai (aferentai). Toliau didinant stimuliavimo srovę, pradeda

aktyvuotis motoriniai nervai ir tada raumuo aktyvuojamas tiesiogiai per eferentus. Tada kyla M-atsakas (banga). Kuo didesnė stimuliavimo srovė (arba įtampa), tuo didesnis M-atsakas, bet tada pradeda mažėti H-refleksas.

Kuo daugiau raumenyse yra raumeninių verpsčių, tuo tikslesnius judesius gali generuoti raumuo. Daugiausia raumeninių verpsčių yra distalinėse rankų galūnėse, t. y. pirštuose. Jei robotai turėtų tokius „protingus“ daviklius, kuriuos turi žmogaus pirštai, tai robotų galia padidėtų tūkstančius kartų. Nustatyta, kad žmogaus kūne (raumenyse) yra apie 25000–30000 raumeninių verpsčių.

78. Esant toms pačioms valios pastangoms, vertikalus šuolio aukštis yra apie 5–10 cm aukštesnis, kai šuolis yra atliekamas su amortizuojamuoju tūptelėjimu (kurio metu yra aktyvinamas tempimo refleksas) lyginant su šuoliu, atliekamu iš fiksuotos padėties. Kitas pavyzdys: einant arba bėgant taip pat veikia tempimo refleksas, kuris ne tik leidžia ekonomiškiau judėti, bet ir padidinti arba sumažinti raumenų jėgą priklausomai nuo raumens ilgio. Valingo raumens susitraukimo metu tempimo reflekso stiprumas didėja.

Kokie receptoriai ypač svarbūs judesių valdymui?

Raumeninės verpstės informuoja apie kūno padėtį ir raumenų susitraukimą arba ištempimą.

Goldžio receptoriai (sausgyslėse) perduoda informaciją apie raumens išvystomą jėgą.

Raiščiuose ir sąnariuose esantys receptoriai informuoja apie sąnarių kampinius pokyčius, galūnių erdvinę padėtį, iš dalies apie raumens išvystomą jėgą.

Odoje esantys receptoriai perduoda signalus apie kūno padėtį erdvėje.

Akies receptoriai informuoja apie kūno padėtį erdvėje ir jo pokyčius, apie aplinkos specifiką.

79. Trumpėjant raumeniui, trumpėja ir jo verpstės. Esant tokiai būsenai, receptoriai nebedirginami, aferentinė impulsacija iš raumenų verpstės nutrūksta. Norėdamos to išvengti, galvos smegenys

judesio metu kartu aktyvina ir alfa, ir gama motoneuronus, tai vadinama **alfa-gama koaktyvacija**.

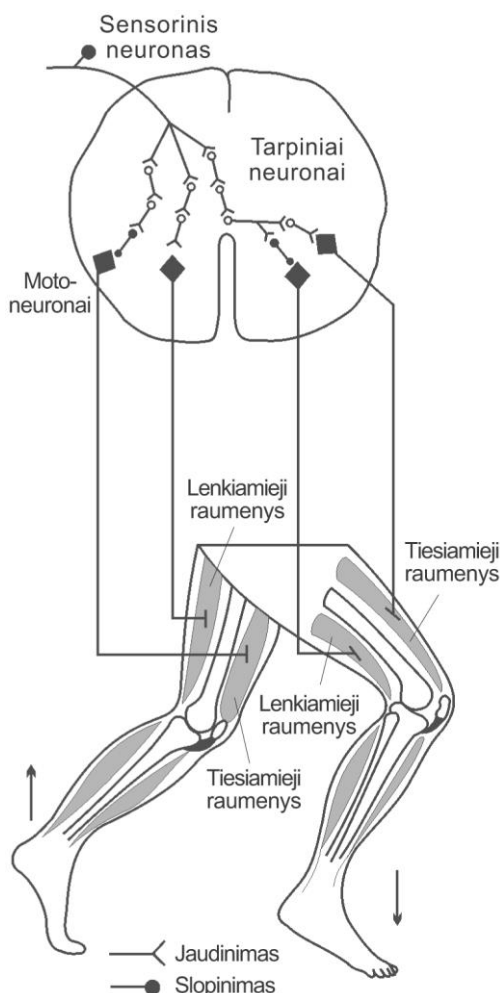
Po galvos smegenų insulto sutrinka ir alfa-gama koaktyvacija.

80. Dėmesio koncentravimas ir, pvz., kumščio suspaudimas padidina daugelio raumenų tonusą, nes tada yra aktyvuojamas tempimo refleksas. Taigi, tempimo refleksas, kaip ir daugelis kitų refleksų priklauso nuo žmogaus psichologinės būsenos. Pavyzdžiui, nustatyta, kad tempimo refleksas staigiai suintensyvėja, kai iš miego būsenos pereiname į budrumo būseną. Atsipalaidavusio žmogaus raumenų tonusas nepriklauso nuo tempimo reflekso. Spazmiškumas – raumens tonuso padidėjimas dėl tempimo reflekso suaktyvėjimo. **Lenktinio peilio fenomenas** (angl. *clasp-knife*), norint ištempti raumenį, kurio tonusas yra padidėjęs dėl spinalinio spazmiškumo, pirmiausia reikia tą raumenį įtempti (tada sumažėja tempimo reflekso aktyvumas). **Cerebralinis spazmiškumas**– raumens tonuso padidėjimas, kuris priklauso nuo pažeidimų, lokalizuotų aukščiau galvos smegenų kamieno.
81. Nervinė sausgyslinė verpstė, dar vadinama Goldžio organu, yra ekstrapuzinių RS galuose (toje vietoje, kur raumuo pereina į sausgyslę. Goldžio organą inervuoja Ib aferentai, kurių impulsavimo dažnis yra tiesiog proporcingas raumens jėgai. Ib aferentai per tarpinį neuroną slopina to paties raumens motoneuroną. Kuo daugiau aktyvuojamas Goldžio organas, tuo daugiau slopinama motoneuronų. Tai neigiamas grįžtamasis ryšys, kuris reguliuoja (sumažina) raumens jėgą.

Mes galime valdyti judesius tik dėl to, kad juos labai gerai jaučiame.

82. **Fleksoriaus refleksą** sukelia nociceptorių dirginimas, veikiant stipriam smūgiui, karščiui arba elektros srovei. Jei skausmo dirgiklis veikia kojos pėdą, koja sulenkiamą per čiurnos, kelio ir klubo sąnarius susitraukiant visiems lenkiamiesiems kojos raumenims (kaip vienam sinerginiui mechanizmui). Kai susitraukia kairės kojos lenkiamieji raumenys, vyksta tos pačios kojos antagonistų atsipalaidavimas, kurį sukelia **reciprokinis slopinimas**. Nors visi dirginamos kojos lenkiamieji raumenys aktyvinami, jų susitraukimo jėga priklauso nuo dirgiklio veikimo vietos. Taigi, egzistuoja **reflekso „topografija“**. Lenkiantis kairei kojai, dešinė koja palaiko kūno

padėti, todėl refleksiškai aktyvinami jos tiesiamųjų raumenų motoneuronai ir vyksta **kryžminis ekstensoriaus refleksas** (5 pav.). Fleksoriaus refleksė dalyvaujančius motoneuronus veikia aukštesnieji CNS centrai. Žmogus gali valingai slopinti šį refleksą, o ekstremalių situacijų metu šis refleksas yra slopinamas automatiškai.



5 pav. Fleksoriaus ir kryžminis ekstensoriaus refleksai bei jų keliai (modifikuota remiantis Crone ir kt., 1990)

Kryžminis ekstensoriaus refleksas yra atkuriamas, jei, pvz., insultą persirgę pacientai lengvesnėmis sąlygomis atlieka ėjimo pratimus.

83. **Odos (kutaninių) refleksų** yra daug (Kandel ir kt., 2000). Lengvas pilvo dirginimas sukelia apatinės pilvo dalies raumenų susitraukimą, t. y. abdominalinį refleksą. Braukiant pirmyn ir atgal per vidinę pėdos dalį, refleksiškai sukeliamas pėdos pirštų, ypač didžiojo lenkimas, tačiau po piramidinių laidų pažeidimo šie pirštai lenkiami į viršų – **Babinskio simptomas**. Kai žmogus delnais prisiliečia prie stalo krašto, sukeliamas **taktilinis galūnės statymo refleksas**: galūnė

tiksliai statoma ant stalo paviršiaus, nežiūrint į jį. Kūdikių delnų odos receptorių aktyvinimas gali sukelti **griebimo refleksą**, o pėdos gilesnių audinių receptorių dirginimas sukelia **atsirėmimo refleksą**, kuris apima lenkiamuosius ir tiesiamuosius kojų raumenis.

84. **Toninio kaklo refleksas**, kylančio dėl kaklo raumenų aktyvavimo pasukant galvą, paskirtis yra ne tik atstatyti galvos padėtį, bet ir reguliuoti galūnių raumenis („per galvą – kaklą link kojų“). **Asimetrinis toninis refleksas**– raumenų tonusas padidėja labiau, kai galva pasukama į kitą pusę. Galvos atlenkimas atgal aktyvina rankų ištiesimą; palenkimas į priekį – rankų sulenkimą per alkūnę. Šis refleksas yra labai svarbus sportininkams.
85. **Ėjimo refleksas** (lokomocinis) reguliuoja darnią raumenų veiklą, reikalingą žmogui eiti. Nugaros smegenų ėjimo centrą valdo vidurinėse smegenyse esantis **lokomocinis centras**, kurį savo ruožtu, reguliuoja galvos smegenų žievė (**Prochazka ir Yakovenko, 2001**). Be ėjimo refleksų didelę reikšmę turi **bėgimą ir šuoliavimą reguliuojantys refleksai**. Tik gimusiam kūdikiui ypač būnas išreikštas plaukimo refleksas.
86. **Kūno ištiesinimo refleksai** – tai refleksai, kurių pagrindinė paskirtis išlaikyti žmogaus kūną vertikalioje padėtyje.

Atliekamo judesio informacija, einanti iš motorinės sistemos periferijos (raumenų, sausgyslių, sąnarių, raiščių, odos) į stuburo smegenis, sudaro vientisą sistemą. Jei sutrinka vienas sistemos elementas, pvz., informacijos perdavimas iš sausgyslių, sutrinka ir visa judesio jautimo sistema. Tai neabejotinai sutrikdo viso judesio valdymą.

87. **Nustatyta, kad**,atliekant judesius, visada veikia ne vienas, bet daug refleksų. Visi kartu jie sudaro tam tikrą refleksų visumą, kuri yra reikalinga vienam ar kitam judesiui atlikti. Be to, nustatyta, kad refleksų visumos „kryptis“ ir intensyvumas priklauso nuo nervų sistemos būsenos. Taigi, tas pats dirgiklis gali sukelti skirtingo intensyvumo refleksinius atsakus priklausomai nuo centrinės nervų sistemos būsenos.

Žmogus gali valdyti informacinį signalą, ateinantį iš receptorių, pvz., kai pats save kuteni, silpniau jauti nei kitas tave kutena. Taip žmogus apsaugo nuo nereikalingų signalų (dirgiklių), trukdančių tiksliai ir greitai atlikti judesius.

Per sekundę įvairiais aferentais į nugaros smegenis siunčiama apie milijardas signalų, kurie nugaros smegenyse iš dalies yra apibendrinami (integruojami) ir mažesnis jų kiekis toliau siunčiamas į galvos smegenis. Įdomu tai, kad žmogus per sekundę sąmoningai geba pajusti ne daugiau kaip 1–3 pokyčius, ateinančius iš periferijos (o gauna šimtus tūkstančių).

Nugaros ir galvos smegenys integruoja ne tik informaciją, gaunamą iš motorinės sistemos. Jos vienu metu integruoja ir informaciją, pvz., gaunamą iš širdies ir kraujagyslių sistemos, pvz., III ir IV aferentai, ateinantys iš raumenų, informuoja centrinę nervų sistemą apie metabolinę raumenų būseną. Tada ši informacija panaudojama ne tik raumenų aktyvinimui, bet širdies susitraukimo bei kvėpavimo dažniui didinti.

Stuburo smegenys integruoja informaciją, gaunamą iš motorinės sistemos periferijos. Stuburo smegenyse sukurama atliekamo ir būsimo judesio sensorinė schema, pagreitina judesių valdymą kintamoje aplinkoje.

1.2.5. Pusiausvyros ir lokomocijų reguliavimo savitumai

Pusiausvyra

Taisyklinga kūno padėtis prieš judesį – tai sėkmingo judesio garantas. Tiesi žmogaus stovėseną, galvos ir liemens vertikali padėtis yra viena pagrindinių sąlygų efektyviai valdyti judesius.

88. Poza (padėtis) – tai **judesio „šešėlis“**. Judesio atlikimo strategija priklauso nuo pozos – tinkamai pasirinkta poza (pradinė padėtis) ypač palengvina judesio atlikimą. Pagal šiuolaikinę judesių valdymo sampratą tarp **pozos ir motorinės komandos yra abipusis ryšys**, t. y. motorinė programa parenka pozą, o ši koreguoja, netgi užsako naują motorinę programą. Taigi, galima sakyti, kad taisyklinga pradinė padėtis užtikrina pusę judesio sėkmės. Pusiausvyra dažniausiai valdoma **automatiškai – savireguliacijos principu**. Tai reiškia, kad staigiai pakitus aplinkai, spontaniškai susireguliuoja (prisiderina) poza. Spontaniško susireguliovimo mechanizmai yra refleksai. Pusiausvyra yra valdoma pagal du pagrindinius mechanizmus: a) **centrinio mechanizmu – eferentine kopija; b) periferiniu mechanizmu – atgaliniu ryšiu**, kylančiu iš raumenų, sąnarių, sausgyslių, odos, vestibulinių ir akių receptorių. Be to, pusiausvyros stabilumas priklauso ir nuo raumenų jėgos, jų elastingumo bei nuo gebėjimo koncentruoti dėmesį.

Neuroreabilitacijos pradžia dažnai sutampa su gebėjimo išlaikyti pusiausvyrą atkūrimu.

89. Pagal šiuolaikinį požiūrį pagrindinis pusiausvyros išlaikymo mechanizmas yra pagrįstas vidiniais modeliais, kurie susiformuoja galvos smegenyse. Jų veikimo esmė tokia: jie, įvertinę kūno padėtį, aplinką ir prieš tai buvusią patirtį bei iš anksto prognozavę norimą kūno būseną (pusiausvyrą), sukuria tokią motorinę programą, kuri leistų pasiekti norimą tikslą. Pagrindinis šio mechanizmo privalumas yra tai, kad pusiausvyra koreguojama labai greitai, nes vidiniai modeliai iš anksto yra pasirengę tik užfiksuoti, bet ir greitai ištaisyti klaidas.
90. Kūno ištiesinimo vertikalioje padėtyje reakcijos (jose intensyviai dalyvauja vestibulinis aparatas ir akys) yra vienos svarbiausių pozos valdyme. Pusiausvyros valdymas priklauso nuo atramos reakcijų, kurios pirmiausia kyla kojų pėdoms kontaktuojant su žeme (**„magneto reakcijos“**). Vaikščioti galima pradėti tik atitraukus vieną koją nuo „magneto“. Pusiausvyros valdymas yra gana dinamiškas (lanksčiai sukuriamos ir sugriaunamos motorinės programos).

Kai vaikai pradeda mokytis rašyti, nuo tada ir iškraipo taisyklingą kūno padėtį – liemens ir galvos tiesią (vertikalią) padėtį (Dimon, 2003). Kaip teigia

Dimon (2003), atliekant įvairius judesius, labai svarbus yra galvos ir liemens ryšys, nes, pvz., kaklas seka galvą, o liemuo – kaklą.

91. Pusiausvyros valdymo mechanizmai yra mobilizuojami tam tikra tvarka: nuo distalinių raumenų arba sąnarių link proksimalinių. Žinomos trys skirtingos pusiausvyros išlaikymo strategijos: a) blauzdos – pėdos, b) klubo, c) „žingsnio“. Antrąją ir trečiąją strategiją dažniau pasirenka vyresnio amžiaus žmonės. Sergant neurologinėmis ligomis, šie mechanizmai dažnai sutrinka.

Lokomocijos

92. Ėjimas ir bėgimas yra valdomas nugaros smegenų (centrinio regulatoriaus), galvos smegenų kamieno, smegenėlių (priklausomai nuo situacijų), retkarčiais netgi motorinės žievės (**Prochazka ir Yakovenko, 2001**). Ta pati motorinė programa valdo ėjimą (arba bėgimą), atliekamą skirtingu greičiu. Pastebėta, kad nėra fiksuoto aiškaus taško (pvz., ėjimo greičio), prie kurio ėjimas pereitų į bėgimą. Jei yra tas taškas, tačiau jis yra labai kintamas (dinamiškas) (**Kelso, 1999**). **Centrinio regulatoriaus generatorius** yra valdomas iš lokomocinių centrų, kurie yra galvos smegenų kamieno. Ėjimo ir bėgimo valdymo mechanizmas daugeliu atveju yra savireguliuojantis (**Prochazka ir Yakovenko, 2001**). Taigi, ėjimas ir bėgimas spontaniškai prisiderina ne tik prie aplinkos, bet ir žmogaus tikslų, motyvų, nuotaikos ir t.t. Taip lokomocijas aiškina dinaminių sistemų paradigma.

Yra dvi paradigmos, aiškinančios lokomocijas. Pagal pirmąją, ėjimas arba bėgimas yra valdomas centrinio mechanizmo, kuris yra vadinamas centrinio regulatoriaus generatoriumi. Pagal antrąją, lokomocijų valdymas priklauso nuo aplinkos, motorinės sistemos būsenos ir centrinio mechanizmo spontaniškos sąveikos.

93. Kiekvienas žmogus turi savo ėjimo ir bėgimo (kaip ir kitų lokomocinių judesių) atlikimo stilių, kurį labai lengvai matome, atpažįstame. Visiškai nesunku netgi iš toli žiūrint pagal ėjimo arba bėgimo stilių (būdą) atpažinti pažįstamą žmogų. Be to, ėjimo arba bėgimo stilius mažai kuo pasikeičia, kai pakinta aplinka arba tikslas. Taigi, nepriklausomai nuo to, ar eisi apsiavęs sunkiais batais, ar lengvais, ar esi pavargęs, ar žvalus, išliks savas ėjimo stilius.

94. Ėjimo metu dirba labai daug refleksų, todėl ėjimas yra labai gera priemonė refleksams atkurti. Einant refleksai dirba dar geriau, jei ėjimo paviršius nelygus arba kai kaitaliojamas ėjimo ritmas.

Nuo judesio pradinės padėties labai daug priklauso, kokią judesio trajektoriją pasirinks galvos smegenys.

Nugaros smegenys geba valdyti (koordinuoti) daugybę refleksų, atsakingų už kūno padėties palaikymą ir elementarių lokomocijų (kaip ėjimo) atlikimą. Tam nugaros smegenyse yra susiformavę reguliavimo centrai, kurios gali paleisti tiek galvos smegenys, tiek ir aferentiniai signalai, einantys iš raumenų, sausgyslių arba odos receptorių. Todėl dabar mokslininkai teigia, kad žmogaus nugaros smegenys dėl traumos negauna signalų iš galvos smegenų, tai elementariausius judesius (padėtį, lokomocijas) gali realizuoti nugaros smegenys, jei jos gauna tinkamus signalus iš periferijos ir jeigu yra išmokusios valdyti tokius judesius.

Vienas įdomiausių mokslo pasiekimų yra tai, kad nugaros smegenys geba mokytis valdyti judesius. Tačiau šitas išmokimas yra trumpalaikis. Jei nuolat nesimokysime, tai visa, kas išmokta, greitai bus užmiršta.

Kuo labiau išsivystęs gyvūnas, tuo labiau nugaros smegenų veikla priklauso nuo motorinės ir sensomotorinės žievės.

Motoneuronų jautrumas (tai rodo H-refleksas) priklauso nuo daugelio periferinių ir centrinių-nervinių veiksnių: nuovargio, potenciacijos, psichologinės būsenos, kūno padėties, treniruotumo. Pavyzdžiui, net vieno žingsnio metu kinta motoneuronų jautrumas. Be to, priklausomai nuo žingsnio fazės gali pasireikšti skirtingi refleksai, esant tam pačiam dirgikliui. Pavyzdžiui, kai koja yra pakelta nuo žemės, tada, padirginus kojos padus, pasireiškia kojos

lenkimo (atitraukimo nuo žemės) refleksas. Kai kojos padas dirginamas statant koją ant žemės, tada pasireiškia blauzdos tiesimo refleksas.

1.2.6. Motorinio signalo perdavimas iš galvos smegenų į nugaros smegenis

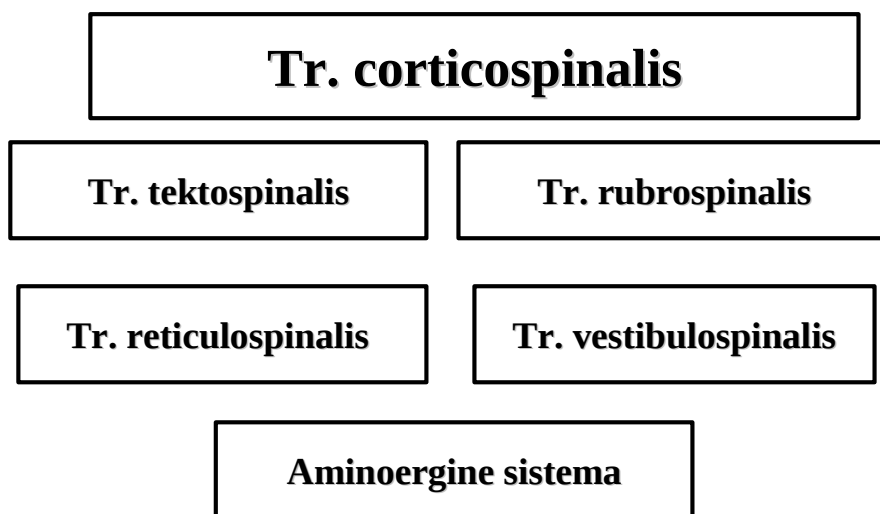
Motorinės žievės piramidinės ląstelės yra aktyvuojamos maždaug 100 ms prieš raumenims susitraukiant.

95. Nugaros smegenų veiklą reguliuoja **šeši aukščiau esantys mechanizmai (laidai)** (6 pav.) (**Kandel ir kt., 2000**). **Piramidinis laidas** (lot. *tractus pyramidalis*) (apie 1 mln. aksonų) arba žievės-nugaros smegenų laidas (lot. *tractus corticospinalis*) yra pats svarbiausias laidas, kurio perduodama informacija iš galvos smegenų į nugaros smegenis. Apie 40 proc. neuronų ateina iš **motorinės žievės**, 30 proc.– iš **sensorinės žievės**. Piramidinės ląstelės eina ir iš **premotorinės žievės**.

Nervinis impulsas nuo pirminės motorinės žievės iki rankos pirštų nueina per 20–30 ms, jei jis eina tiesiai, t.y. niekur „neužsukdamas“. Realiai nervinis impulsas beveik visada eina įvairiais „aplinkkeliais“. Be to, prieš, pradedant jam „kelionę“, jis atlieka labai daug parengiamųjų darbų. Štai kodėl net pačių greičiausių pasaulio atletų reakcijos į garsą trukmė yra ilgesnė nei 100 ms.

Kodėl impulsas „vaikšto aplinkkeliais“? Todėl, kad jis nori „paklausti“ daugelio „kaimynų“, ar jis teisingai atlieka darbą.

Nusileidžiamieji motoriniai laidai



6 pav. Nusileidžiamieji motoriniai laidai

Kortikospinalinių nervų (piramidinių ląstelių) iš premotorinės žievės išeina tiek pat ir net daugiau nei iš pirminės motorinės žievės.

96. Didžioji piramidinių ląstelių dalis (90 proc.) **kryžiuojasi** ir leidžiasi žemyn **šoniniu piramidiniu laidu** (lot. *tr.corticospinalis lateralis*) (Kandel ir kt., 2000; Martin, 2005; Tortora ir Derrickson, 2006). Taipgalima paaiškinti, kodėl dešinysis galvos smegenų pusrutulis inervuoja kairės pusės galūnių raumenis, o kairysis – dešinės pusės. Aksonai, kurie **nesikryžiuoja pailgosiose smegenyse**, sudaro nusileidžiamąjį priekinį piramidinį laidą (lot. *tr. corticospinalis ventralis*). **Piramidinio laido sutrikimus** žymiai sunkiau galima kompensuoti nei sutrikimus laidų, einančių iš kitų galvos smegenų vietų, taip pat ir iš galvos smegenų kamieno.

Ta pati motorinės žievės ląstelė gali perduoti informaciją net šešiams skirtingiems raumenims. Vienu metu (vienu signalu, siunčiamu arba iš premotorinės, arba iš pirminės motorinės žievės) piramidinė ląstelė gali arba aktyvuoti agonistinius raumenis, arba aktyvuoti agonistinius raumenis ir slopinti antagonistinius, arba slopintivisus.

97. Nugaros smegenyse yra šie piramidinio laido ryšiai: a) tiesioginiai ryšiai su **alfa motoneuronais**, ypač su tais, kurie kontroliuoja rankos ir pirštų judesius; b) **tarpinių neuronų kontrolė**; c) tarpinių neuronų, presinapsiškai **slopinančių pirminius aferentus**, einančius iš raumeninių verpsčių, kontrolė; d) **įcentrinų neuronų aktyvinimas** (pvz., priekinio nugarinio smegenėlių laido).

Premotorinė žievė neskiria kairės ir dešinės pusės galūnių valdymo, o pirminė motorinė žievė specializuoja kairės ir dešinės pusės valdymo programas.

98. Žinoma, nugaros smegenų **proksimalinė-distalinė taisyklė**: proksimalinius raumenis inervuoja medialiniai, o distalinius – proksimaliniai motoneuronai (**Kandel ir kt., 2000; Tortora ir Derrickson, 2006**). Nugaros smegenų lygmenyje daugiau sinapsių (labiau susieti) turi medialiniai motoneuronai nei lateraliniai. Todėl judesiai yra labiau stabilūs (mažiau lankstūs) nei rankų pirštai, o rankų pirštų valdymas yra labiau nepriklausomas.

Trys pagrindiniai lygiai valdo judesius: a) nugaros smegenys; b) galvos smegenų kamienas (ypač tinklinis darinys, vestibuliniai branduoliai); c) galvos smegenų žievė (ypač pirminė ir antrinė motorinė žievė, premotorinė žievė, prefrontalinė žievė, somatosensorinė žievė, parietalinė žievė). Galvos smegenų kamienas yra atsakingas už pusiausvyros valdymą, raumenų tonuso reguliavimą bei lokomocinių judesių atlikimą.

Nustatyta, kad galvos smegenys greičiau išmoksta valdyti agonistinius raumenis nei antagonistinius.

99. **Galvos smegenų kamiene prasideda** šie motorines funkcijas reguliuojantys nusileidžiamieji laidai: a) raudonbranduolis nugaros smegenų (lot. *tractus rubrospinalis*); b) dangtinis nugaros smegenų (lot. *tractus tectospinalis*); c) tinklinis nugaros smegenų (lot. *tractus reticulospinalis*); d) prieanginis nugaros smegenų (lot. *tractus vestibulospinalis*) (**Kandel ir kt., 2000; Tortora ir Derrickson, 2006; Latash, 2008**). Iš motorinės žievės impulsai siunčiami ne tik į nugaros smegenis ir galvinius nervus, bet į raudonąjį branduolį bei tinklinį darinį. Šie ryšiai padeda

motorinei žievei netiesiogiai reguliuoti nugaros smegenis per tr. rubrospinalis ir tr. reticulospinalis. Nupjovus selektyviai piramidinius laidus, iš pradžių pasireiškia dalinis valingų judesių išnykimas (parezė), labai lėti ir nepaslankūs judesiai. Praėjus keliems mėnesiams po pažeidimo, funkcijos atsikuria, tik dar išlieka nedidelis raumenų jėgos mažėjimas ir vienintelis aiškus simptomas – tai nesugebėjimas atlikti atskirų pirštų nepriklausomų judesių, t.y. visi pirštai lenkiasi ir tiesiasi kartu.

Jei galvos smegenys valdytų tiksliai kiekvieno raumens kinematiką ir dinamiką, tai, norint žengti žmogui vieną žengti, galvos smegenys „mąstyti“ kelias valandas. Kitaip tariant, galvos smegenys valdo judesius „grubiai“, o „smulkmenas“ palieka patiems judesiams susireguliuoti.

100. **Dorsolateralinė sistema** (7, 8 pav.). Raudonojo branduolio (lot. nucl. ruber) neuronai yra reguliuojami iš smegenėlių ir prečentrinio vingio. **Tractus rubrospinalis** turi svarbią įtaką netiesioginiam pirminės motorinės žievės poveikiui nugaros smegenims. Šis traktas valdo labiau distalinius, t.y. tikslesnius judesius ir raumenis. Dalis jo aksonų baigiasi ant motoneuronų (lateralinis pluoštas), o kita dalis ant tarpinių neuronų, esančių dorsaliau nuo motoneuronų. Pažeidus tik tr. rubrospinalis, ryškių simptomų nebūna. Jeigu šis pažeidimas įvyksta po piramidinių laidų pažeidimo normalizavimosi fazės, atsiranda daug simptomų. Nors joks raumuo neparalyžuotas, gyvūnai daugiau nebegali naudotis pirštu, delno ir rankos raumenimis atskirai.

Dorsolateraline sistema

Tr. rubrospinalis

Ventromedialine sistema

Tr. tectospinalis

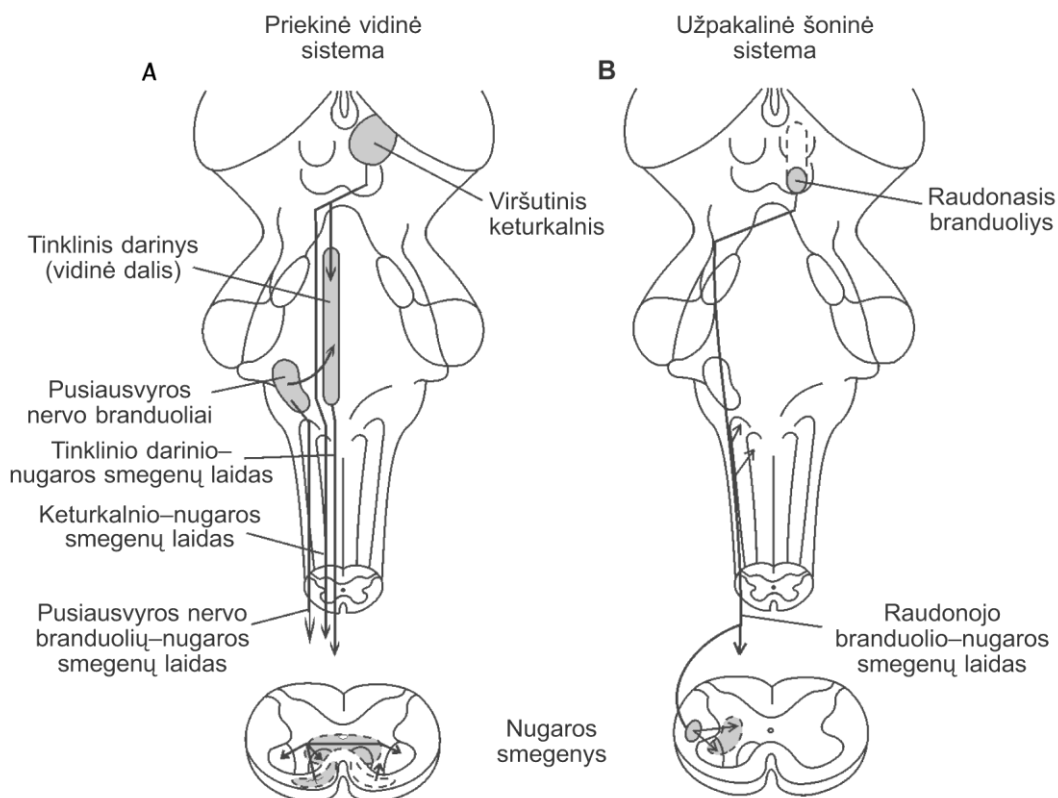
Tr. vestibulospinalis

Tr. reticulospinalis

Aminoergine sistema

Noradrenalinas,
serotinas

7 pav. Smegenų kamieno nusileidžiamieji motoriniai laidai



8 pav. Ventromedialinių (A) ir dorsolateralinių (B) nusileidžiamųjų smegenų kamieno sistemų schema(modifikuota remiantis Kandel ir Schwartz, 1991)

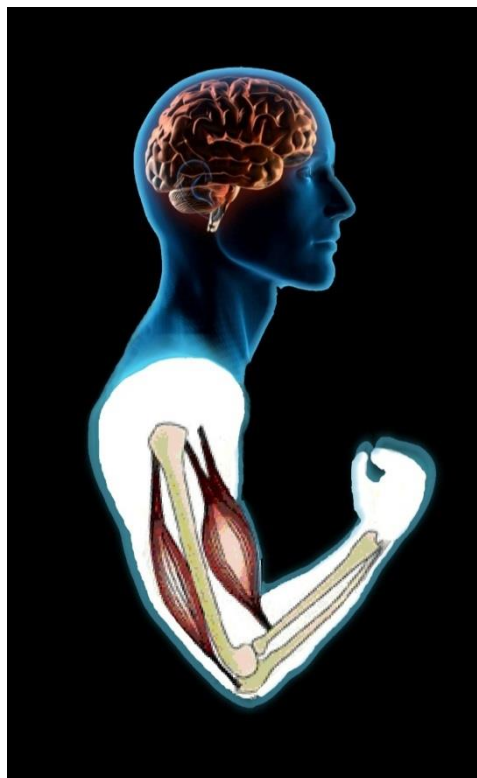
101. **Ventromedialinė sistema** (valdo labiau proksimalinius raumenis):

- a) **Tractus tectospinalis** eina tik į akių raumenų motoneuronus ir į nugaros smegenų kaklinę dalį. Ši sistema būtina „orientaciniam“ refleksams, kurie automatiškai atsuka žvilgsnį ir galvą į naują dirgiklį;
- b) **Tractus vestibulospinalis** aktyvumui svarbiausią įtaką turi pusiausvyros (vestibulinis) organas ir smegenėlės;
- c) **Tractus reticulospinalis kaip ir tractus vestibulospinalis** baigiasi nugaros smegenų priekinių ragų ventromedialinėje dalyje, iš kurios inervacija pasiekia liemens ir galūnių **proksimalinius raumenis**, todėl šie laidai turi svarbią reikšmę kūno padėčiai palaikyti. Viena dalis *tractus reticulospinalis* aktyvina, kita dalis slopina nugaros smegenyse esančius motoneuronus.

102. **Aminoerginė sistema** – tai trečioji nusileidžiamųjų smegenų kamieno laidų dalis. Visa nugaros smegenų pilkoji medžiaga, kartu ir patys motoneuronai yra intensyviai inervuojami iš melsvosios vietos ir siūlės branduolių. Tyrimai parodė, kad vienas šių branduolių neuronas inervuoja daugelį nugaros smegenų segmentų. Jų išskiriami neurotransmiteriai: noradrenalinas ir serotoninas veikia posinapsinius neuronus, todėl manoma, kad jų poveikis pakeičia nugaros smegenų nervų ląstelių atsaką į eferentinius (išcentrinius) ir aferentinius (įcentrinius) signalus.

Rubrospinalinis traktas yra atsakingas už raumenų agonistų-antagonistų koaktyvavimą.

Pagumburys labiausiai yra atsakingas už instinktyvių judesių valdymą.



1.2.7. Galvos smegenų žievės funkcijos

Įdomu!

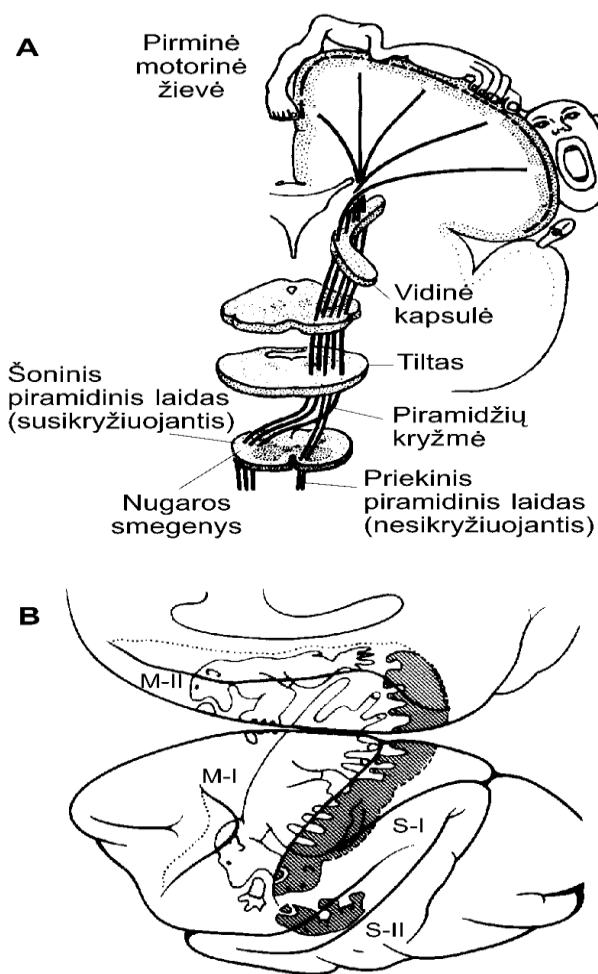
Žmogaus smegenys sudaro tik apie 2 proc. viso kūno masės, tačiau jos sunaudoja apie 20 proc. deguonies. Žmogaus smegenyse yra apie 10^{11} neuronų. Žmogaus smegenų žievė sudaro apie 600 cm^3 , paviršiaus plotas – apie 2200 cm^2 , o storis – apie 1,3–4,5 mm. Remdamasis tam tikrais vietos morfologiniais skirtumais, K.Brodmann suskirstė žievę į 52 laukelius.

103. Smegenų žievė skirstoma į **sensorinę, motorinę ir asociacinę**. Asociacinės žievės sritys sieja sensorines ir motorines sritis, atlieka aukščiausias integracines funkcijas (**Ghez ir Krakauer, 2000; Luppino ir Rizzolatti, 2000; Latash, 2008**). Yra **trys susijusios žievės sritys**: priekinė (kaktinė, frontalinė), atliekanti aukštesnes motorines funkcijas – planuoti judesį ir turi darbinę atmintį (verbalinę; regimąją); užpakalinė (parietotemporookcipitalinė) (posterior sritis, parietal; temporal, occipital skiltis), atliekanti aukštesnes sensorines ir kalbos funkcijas; limbinė, atliekanti atminties ir emocinio elgesio funkcijas.

Kortikospinaliniame laide yra apie 1 mil. ląstelių, iš kurių 3 proc. yra didelės Betz ląstelės, pastarosios dideliu greičiu (70 m/sek.) perduoda signalus į

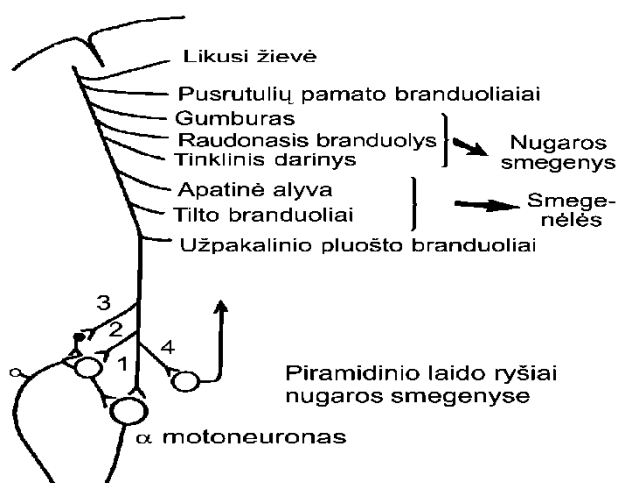
nugaros smegenis. Kitos (97 proc.) nervų ląstelių yra mažos ir lėtai perduoda signalą.

104. Motorinės žievės somatotopinė organizacija pateikiama 9 pav. Motorinės žievės kontaktų su požievinėmis struktūromis vaizdas ir piramidinio laido ryšiai nugaros smegenyse yra pateikiamas 10 pav. Ji rodo, kurios smegenų žievės sritys valdo veido, rankų, liemens ir kojų judesius. Pirminę motorinę žievę galima palyginti su fortepijono klaviatūra, kurioje, palietus tam tikrą klavišą, visada sukeliamas tam tikras garsas. Suaktyvinus motorinę žievę, susitraukia vienas arba kitas raumuo.



(maketuotojai: Šoninis piramidinis laidas (kryžminis) Priekinis piramidinis laidas (nekryžminis))

9 pav. Motorinės žievės somatotopinė organizacija: A. – Žmogaus priekinio centrinio vingio somatotopinė struktūra ir piramidinio laido eiga; B – Beždžionės pirminės motorinės žievės (M–I) ir antrinės motorinės žievės (M–II, papildoma motorinė žievė) somatotopinė organizacija. Pavaizduotos pirminė ir antrinė sensorinės sritys (S–I ir S–II) (modifikuota remiantis Crone ir kt., 1990)



(maketuotojai: Piramidinio laido ryšys nugaros smegenyse)

10 pav. Schemiškai motorinės žievės kontaktų su požievinėmis struktūromis vaizdas ir piramidinio laido ryšiai nugaros smegenyse (modifikuota remiantis Crone ir kt., 1990)

Gumburas praleidžia ne visą sensorinę informaciją, bet tik tą, kuri reikalinga tuo momentu judesiams valdyti.

Valdymo problemos!

Atliekant šuolį į aukštį iš vietos dalyvauja apie 50 pagrindinių raumenų. Šiuolaikinis kompiuteris užtruktų apie 1800 valandų, jei jis turėtų apskaičiuoti optimalų raumenų aktyvavimo būdą. Centrinė nervų sistema tai geba atlikti maždaug per 100 ms. Todėl „biologinis kompiuteris“ yra apie 650 mil. kartų greitesnis nei žmogaus sukurtas kompiuteris.



(maketuotojai: Atliekant šuolį į aukštį iš vietos, dalyvauja apie 50 pagrindinių raumenų. Šiuolaikinis kompiuteris užtruktų apie 1800 valandų, jei turėtų apskaičiuoti optimalų raumenų aktyvinimo būdą. Centrinė nervų sistema tai geba atlikti maždaug per 100 ms. Todėl „biologinis kompiuteris“ yra apie 650 mil. kartų greitesnis nei žmogaus sukurtas kompiuteris.)

105. Iš galvos smegenų žievės išeina šie eferentai: a) projekcinės skaidulos, einančios į požievines sritis; b) asociacinės skaidulos, einančios į kitas to paties pusrutulio žievės sritis; c) komisūrinės skaidulos. Motorinėje žievėje yra labai didelių piramidinių **Betzo ląstelių**, kurios ypač dominuoja V motorinės žievės sluoksnyje (kolonėlėje). V sluoksnio piramidinių ląstelių aksonai eina į smegenų pamato mazgus (bazalinius ganglijus), smegenų kamieną ir nugaros smegenis.

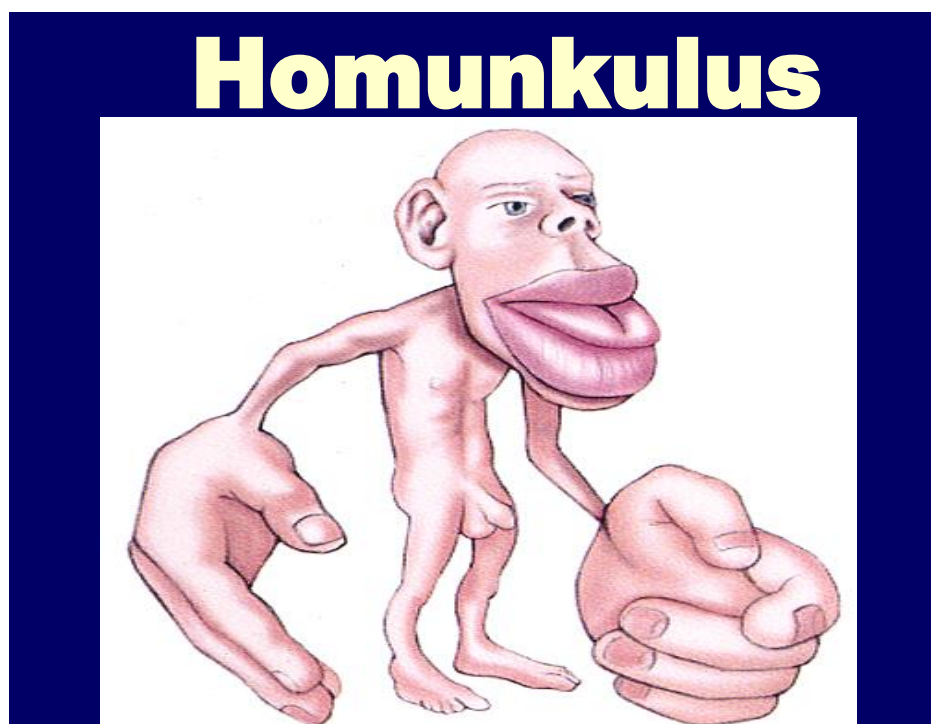
Motorinės žievės piramidinės Betzo ląstelės gauna informaciją iš visų šešių motorinės žievės sluoksnių (kolonėlių).

Motorinės žievės nervų ląstelės (ir jų grupės arba klasteriai) specializuojasi perteikti judesio valdymo informaciją – vienos ląstelės yra labiau aktyvios atliekant labai greitus judesius, kitos – didžiausią aktyvumą pasiekia, kai raumuo turi išvystyti maksimalias pastangas, dar kitos nurodo judesio kryptį ir t. t. Nėra abejonės, kad ląstelės yra ne tik specializuotos tam tikrai veiklai, daugelis jų (dar neaišku, kokios) yra universalios t.y. dirba visais atvejais.

106. Pirminė motorinė žievė, kuri yra ketvirtajame Brodmanno laukelyje, **gauna specifinę informaciją iš somatosensorinės žievės.**

Patyrusio muzikanto motorinė žievė yra aktyvuojama daugiau nei ne muzikanto pirštais atliekant tikslius judesius.

107. Neproporcingos kūno dalių projekcijos pirminėje motorinėje žievėje sudaro iškreiptą žmogaus kūno vaizdą, vadinamąjį žmogelį-homunkulą (lot. *homunculus*). „Toks pat žmogelis“ yra ir sensorinėje žievėje. Motorinės žievės „žmogelis“ siunčia motorinę programą raumenims, o sensorinis „žmogelis“ jaučia, kaip atliekamas judesys.

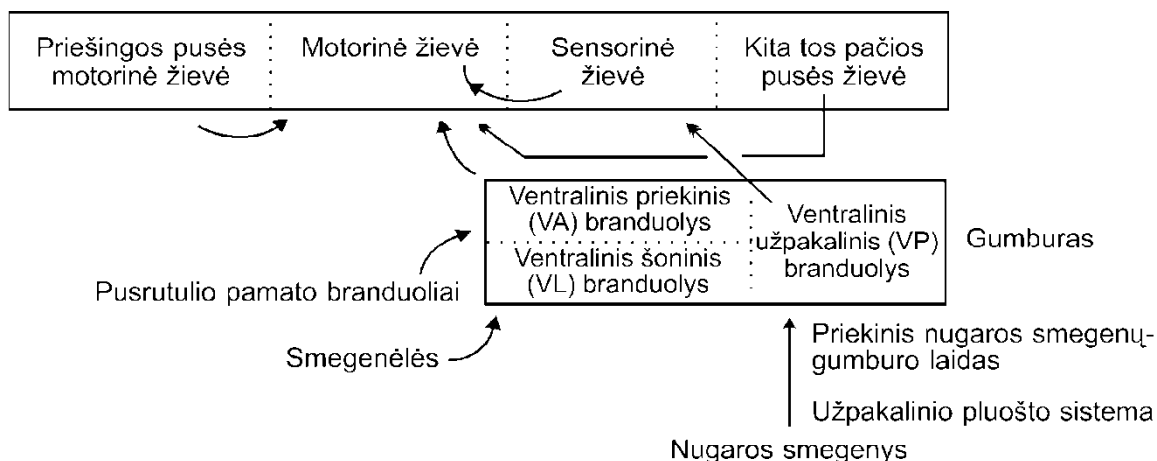


Dabartiniu metu motorinis ir sensorinis „žmogeliai“ (homunkulai, kuriuos pirmieji įvardijo Panfield ir Rasmussen, 1950) yra kritikuojami, nes manoma, kad ta pati motorinės žievės nervų ląstelė gali perduoti per nugaros smegenis informacija ne vienam motoriniam vienetui ir net ne vienam raumeniui (Schieber, 2004).

108. Pirminė motorinė žievė gauna informaciją iš posterior parietal penktojo laukelio. 5 ir 7–asis posterior parietal laukeliai integruoja sensorinę informaciją, kuri panaudojama judesių planavimui (nuo sensorinės informacijos integracijos ir prasideda judesių planavimas). Tačiau sensorinė informacija ne visada yra tiksli, žmogui dažnai kyla iliuzijos, kad jis mato judantį daiktą, bet taip nėra (**Backus ir Oruc, 2005**). Nustatyta, kad pirminė motorinė žievė gali aktyvuoti ne tik atskirus raumenis, bet ir tam tikras raumenų grupes – sinergijas, reikalingas konkrečiam tikslui pasiekti (**Kakei ir kt., 1999**).

Kai yra pažeista pirminė motorinė žievė, tada negalima valdyti atskirų rankų pirštų, bet tokiu atveju galima suspausti, pvz., stipriai kumštį.

109. Kas aktyvina piramidines ląsteles motorinėje žievėje? Nustatyta, kad motorinė žievė gauna signalus iš sensorinės žievės ir kitų smegenų struktūrų (**Ghez ir Krakauer, 2000**). Signalai iš smegenėlių ateina per ventralinį šoninį gumburo branduolį, o iš smegenų pusrutulio pamato branduolių – per ventralinį priekinį ir ventralinį šoninį gumburo branduolius (11 pav.).



11 pav. Pagrindinių pirminės motorinės žievės ryšių schema

Perpjovus smegenų kamieną žemiau raudonojo branduolio, padidėja raumenų (ypač tiesiamųjų) tonusas. Tai taip vadinamasis decerebrinis rigidiškumas, kurį sukelia sustiprėję tempimo refleksai, nes pašalinta aukštesniųjų centrų slopinamoji kontrolė nugaros smegenims. Nutraukus reflekso lanką, rigidiškumas dingsta.

Naujienos!

- A. Pirminė motorinės žievė yra jautresnė elektros stimulams nei kitos motorinės žievės dalys.**
- B. Sensorinis nervas yra jautresnis elektros stimulams nei motoriniai nervai.**
- C. Corpus Callosum (didžioji jungtis) turi apie 250 milijonų aksonų (Nolte, 2009).**

110. **Premotorinė žievė** (kuri yra šeštajame Brodmano laukelyje) gauna informaciją iš 5 ir 7-ojo laukelio bei iš **prefrontalinės žievės**, kuri atlieka darbinės atminties vaidmenį (pvz., išsaugo

atmintyje objekto padėtį erdvėje iki tol, kol atliekamas judesys). Prieš **motorinę žievę** yra **premotorinė žievė**– aukštesnioji motorinė žievė, o prieš premotorinę žievę yra prefrontalinė asociacinė žievė. Stimuliuojant premotorinę žievę, aktyvuojami kompleksiniai kelių sąnarių judesiai, o stimuliuojant **papildomą (antrinę) motorinę žievę** atliekami bilateraliniai judesiai.

Schwartz ir kt. (2004) įrodė, kad pirminė motorinė žievė yra atsakinga už motorinę programą, o premotorinė žievė – už judesio planavimą. Stimuliuojant pirminę motorinę žievę, aktyvuojami atskiri raumenys, o stimuliuojant premotorinę žievę – grupė raumenų. Premotorinė žievė gali valdyti rankų judesius nepriklausomai nuo pirminės žievės.

111. **Premotorinė žievė** gali kontroliuoti rankų judesius atskirai nuo pirminės motorinės žievės. Premotorinė žievė aktyviai dalyvauja judesių plano sudaryme. Kai judesys yra skatinamas iš vidaus, tada pirmiau aktyvuojama papildoma motorinė žievė; kai judesys skatinamas išorinio stimulo – premotorinė žievė. Judesio atlikimas-pakartojimas „mintyse“ vyksta premotorinėje ir posterior parietal žievėse. Kai judesys išstobulėja iki automatizmo, tada, atliekant judesį, padidėja premotorinės žievės aktyvumas. Premotorinė žievė atsakinga už asociacinį išmokimą.

Nustatyta, kad parietalinė žievė yra labai svarbi padedant nustatyti kūno koordinates prieš judesio pradžią (Krakauer ir Ghez, 2000).

112. **Papildoma (antrinė) motorinė žievė (angl. *supplementary motor area*)** turi didelę reikšmę kompleksinių judesių sekos mokymui. Prieš atliekant judesį (viena sekundė iki judesio pradžios), papildomoje motorinėje žievėje pasireiškia “**pasirengimo potencialas**” (neigiamas potencialas).

Antrinė motorinė žievė aktyvuoja abiejų pusių raumenis.

113. Nustatyta, kad motorinės žievės ta pati dalis gali aktyvuoti skirtingus raumenis kaip ir tas pats raumuo gali būti aktyvuojamas iš skirtingų vietų (**Capaday, 2005**). Pastabėta, kad žievės vietoje, kuri aktyvuoja distalinius raumenis, daugiau aktyvuojami proksimaliniai raumenys nei „grynai“ proksimalinės dalies vietoje.

Jei yra pažeista premotorinė žievė, tai žmogus negeba pradėti konstruoti judesio, atsižvelgiant į tam tikrus signalus (pvz., regėjimo). Jei yra pažeista antrinė motorinė žievė, tai sunku pradėti konstruoti judesį.

Nustatyta, kad to paties judesio tikslumą ir galingumą (arba jėgą) valdo skirtingos motorinės žievės nervų ląstelės.

1.2.8. Bendroji judesių valdymo schema

Klasikinis galvos smegenų darbo modelis – nuoseklus procesų valdymas dabartiniu metu užleidžia vietą lygiagrečiam procesų valdymo modeliui, kurio pagrindinis veikimo principas – vienu metu komunikuoja galvos smegenų skirtingos dalys (motorinė žievė, asociacinės žievės, bazaliniai ganglijai, smegenėlės, gumburas ir kt.). Šio komunikavimo tikslas – rasti tam tikrai situacijai optimalų būdą judesiui atlikti ir valdyti.

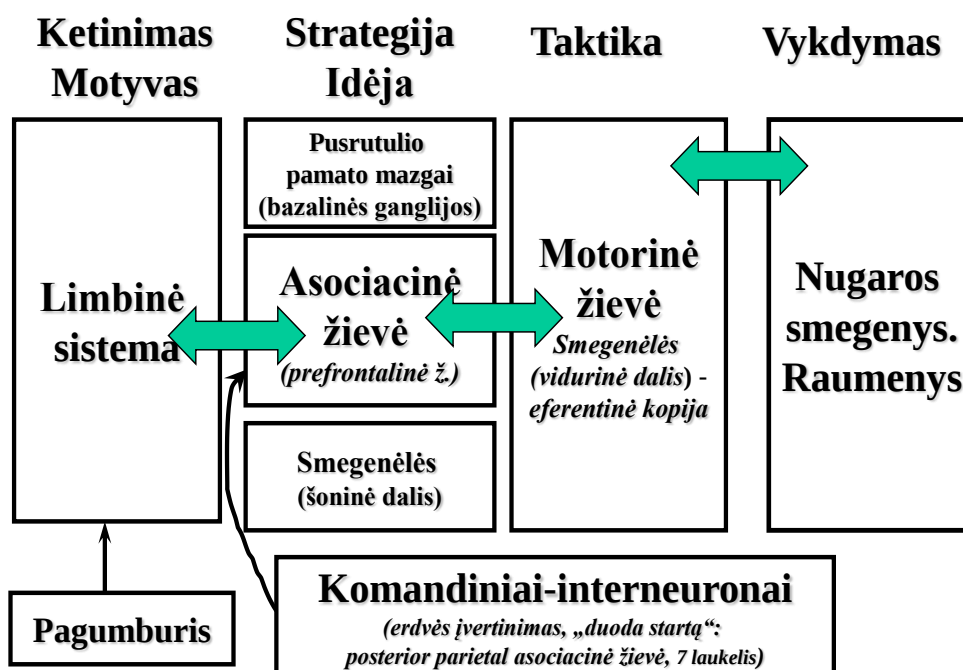
Pagal naująjį modelį yra labai daug būdų, kurie duoda pradžią judesio planui (programai) kurti. Pradžiai įtakos gali turėti ir rega, klausa, emocijos, spontaniškas prisiminimas, lytėjimas, refleksas ir sąmoningas, t.y. logiškas sprendimas.

114. Žinomos **trys pagrindinės savybės**, kurios leidžia valdyti sudėtingus judesius: a) valdymo hierarchija; b) lygiagretūs informacijos apdorojimo mechanizmai; c) valdymo modeliai.

Net 1,5 sek. iki judesio pradžios galvos smegenys pradeda ruošti valdyti judesį. Įdomu, kad pasirengimo procesas nėra deterministiškas, t.y. labai tvarkingas. Kitaip tariant, pasirengimas pradėti judesį yra gana chaotiškas ir tikrai nepagrįstas logika. Žmogaus motorinė elgsena, jei yra logiška, tai jos pradžia tikrai tokia nėra.

115. Pirminė motorinė žievė **turi du funkcinio valdymo lygius**: pirmasis – specifinis, antrasis – labiau globalus. Galima sakyti, kad komandiniai interneuronai, įvertindami aplinką, duoda startą judesio idėjos paieškai. Toliau asociacinė žievė, glaudžiai komunikuodama su limbine sistema, pusrutulio pamato mazgais (bazaliniais ganglijais) bei smegenėlėmis, suformuoja judesio atlikimo idėją, strategiją, kuri pasireiškia judesio tikslo nustatymu. Galima sakyti, kad judesių strategija (planas) susiformuoja smegenų pusrutulių asociacinėje srityje, o detali motorinė programos yra formuojama kelio per tilto branduolius, smegenėlių pusrutulius ir gumburą į pirminę motorinę žievę metu. Manoma, kad bazaliniai ganglijai yra ypač aktyvūs planuojant judesius, o smegenėlės – parenkant atliekamo judesio parametrus, pvz., greitį arba jėgą. Smegenėlės yra labai aktyvuojamos, kai informacija apie atliekamus judesius gauna iš akies receptorių. Įdomu, kad bazaliniai ganglijai yra aktyvūs tik aktyviai atliekant judesius, o smegenėlės – ir aktyviai, ir pasyviai. Nustatyta, kad smegenėlės ypač yra svarbios balistinių judesių atlikimui.

Judesių valdymo schema



12 pav. Judesių valdymo bendroji schema (Skurvydas, 2008)

Tikslingas, aukštesnis judesių planas yra smegenų pusrutulių asociacinėje srityje, o detali motorinė programa laipsniškai yra formuojama kelio per tilto branduolius, smegenėlių pusrutulius ir gumburą į pirminę motorinę žievę.

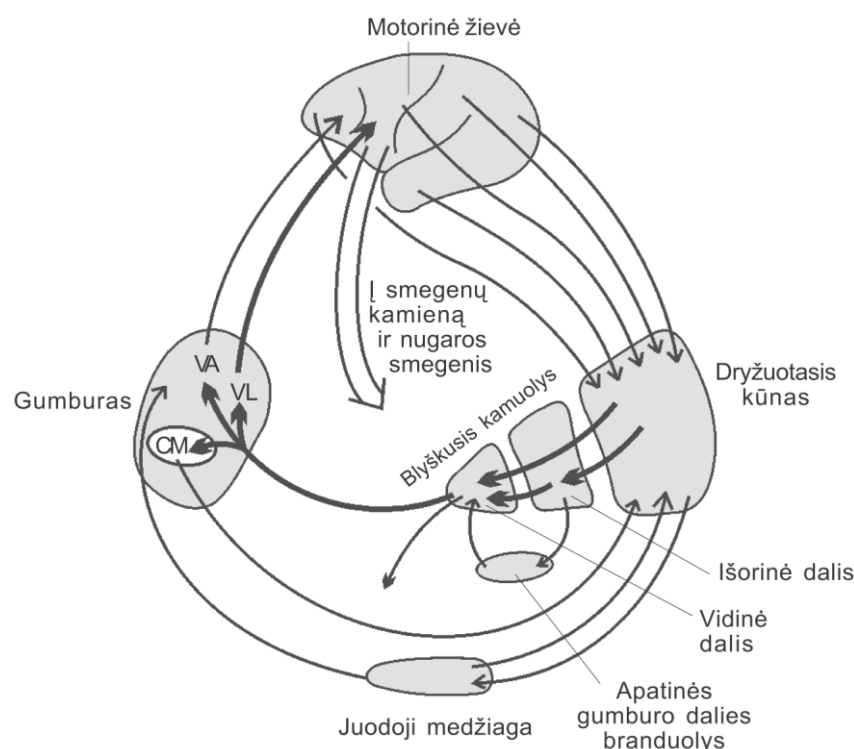
116. Galima sakyti, kad asociacinė žievė, padedant smegenėlėms, bazaliniams ganglijams, limbinei sistemai, gumburui bei komandiniam inteneuronams, pamato taikinį ir pasirenka kryptį bei trajektoriją jam pasiekti. Vėliau motorinė žievė (dalyvaujant visoms jos dalims) suformuoja judesio atlikimo taktiką, pastaroji numato raumenis, kurie padės pasiekti tikslą, judesio amplitudę bei greitį. Suformuotą motorinėje žievėje judesio atlikimo taktiką (motorinę programą) įgyvendina nugaros smegenys ir raumenys. Tačiau tai nereiškia, kad nugaros smegenys ir raumenys yra paklusnūs tik vykdytojui ir patys negali dalyvauti judesio valdyme. Taip nėra, nes tiek nugaros smegenys (žiūrėti refleksus), tiek raumenys turi labai daug mechanizmų, leidžiančių koreguoti arba interpretuoti motorinę programą. Kitaip tariant, ta pati motorinė programa gali atlikti skirtingus judesius, priklausomai nuo raumenų ir (ar) nugaros smegenų būsenos. Viena vertus tai sudaro nemažai keblumų, valdant judesius, kita vertus – tai padidina judesių mokymosi galimybes.

Rankų koordinacija yra geresnė nei kojų, nes rankų judesių valdyme daugiau dalyvauja motorinė žievė. Kuo daugiau motorinė žievė dalyvauja judesių valdyme, tuo judesys yra tikslesnis ir labiau koordinuotas.

Motorinė žievė gana greitai reaguoja į pokyčius, vykstančius raumenyse arba sąnariuose. Pirminės motorinės žievės nervų ląstelė gauna informaciją apie judesio kinematinės ir dinaminės charakteristikas. Bet kaip tą jaučia ir kiek jaučia – klausimas, į kurį mokslininkams dar reikės atsakyti.

Pagal galvos smegenų žievės aktyvumą negalima prognozuoti nei judesio kinematikos, nei dinamikos, nes judesį galvos smegenų žievė sukuria, sąveikaudama su galvos smegenų kamieniu, nugaros smegenimis bei aplinka. Todėl judesys nėra tiesioginis galvos smegenų motorinės programos atspindys.

Smegenėlių masė – 130 g, plotas – 50 000 mm², neuronų – 10¹¹. 1 mm² centrinės nervų sistemos yra apie 1 milijardas sinapsių. Nustatytas reikšmingas koreliacinis ryšys tarp rankų judesių koordinacijos ir galvos smegenų žievės tūrio. Nėra koreliacinio ryšio tarp smegenų žievės tūrio ir žmogaus intelekto.



13 pav. Pusrutulio pamato mazgų pagrindinių ryšių schema: CM – centromedianum; VA – nucl. Ventralis anterior; VL – nucl. Ventralis lateralis (modifikuota remiantis Kandel ir kt., 1991)

117. Pusrutulio pamato mazgai (bazaliniai ganglijai) yra sudaryti iš uodeguotojo branduolio, kiauto, kurie kartu yra vadinami dryžuotoju kūnu, ir blyškiojo kamuolio (13 pav.). Bazaliniai ganglijai sudaro požievinius ryšius tarp galvos smegenų žievės asociacinių sričių ir motorinės žievės. Tada susiformuoja kilpa, einanti iš asociacinės žievės į pusrutulio pamato mazgus ir į gumburą bei motorinę žievę. Nustatyta, kad pusrutulio pamato branduoliai transformuoja valingą judesių planą, kylantį asociacinėje žievėje, į judesių programą, kurią įgyvendina motorinė žievė. Šią funkciją pamato branduoliai atlieka per ryšių kilpą, kurioje yra jaudinantieji ir slopinantieji neuronai. Kilpą sudaro: asociacinė žievė – dryžuotasis kūnas – blyškasis kamuolys – gumburo ventralinis priekinis ir ventralinis šoninis branduoliai – motorinė žievė.

Įdomu!

Nepaisant iš pirmo žvilgsnio labai sudėtingų judesių valdymo mechanizmų, galvos smegenys visada stengiasi kiek įmanoma supaprastinti procesus. Kitaip tariant, jos stengiasi neviršyti tam tikros sudėtingumo ribos, kurią peržengus judesių valdymas ypač pablogėja, pvz., jei galvos smegenys turi labai daug skaičiuoti įvertinant realią aplinkos situaciją (labai sudėtinga ir pirmą kartą sutikta aplinka), tada jos (galvos smegenys) žymiai supaprastina paties judesio valdymą. Taigi, galvos smegenys dirba principu: „sudėtingas sprendimas, bet paprastas veikimas“ arba „paprastas sprendimas, bet sudėtingas veikimas“.

1.2.9. Vidiniai judesių valdymo modeliai

Judesių valdymas gali vykti su grįžtamoju ir be grįžtamojo ryšio (informacijos). Pirmuoju atveju centrinė nervų sistema judesius valdo remdamasi grįžtamoju ryšiu apie judesio rezultatą arba jo atlikimo eigą. Antruoju atveju centrinė nervų sistema judesius valdo dviem būdais: 1) tiesiogiai; 2) netiesiogiai, t.y. remdamasi vidiniais modeliais. Tiesioginis be grįžtamojo ryšio valdymas yra mažiau efektyvus nei vidiniais modeliais pagrįstas valdymas be grįžtamojo ryšio, nes tiesioginis valdymas negali įvertinti esamos motorinės sistemos ir aplinkos būsenos. Vidiniai modeliai taip pat remiasi grįžtamoju ryšiu, tačiau šis ryšys neišeina iš galvos smegenų (galima sakyti, kad tai yra vidinis ryšys). Pats tobuliausias judesių valdymas yra tas, kuris remiasi ir grįžtamoju ryšiu, ir vidiniais modeliais. Toks valdymas dažnai yra vadinamas lanksčiu strateginiu valdymu (Todorov, 2004).

118. Dabar labiau yra paplitęs požiūris, kad judesius valdo galvos smegenyse esantys vidiniai modeliai, kurie, remdamiesi ankstesne judesių atlikimo patirtimi ir motorinės sistemos ir aplinkos būsena, gana tiksliai iš anksto programuoja judesio atlikimo kinematiką ir dinamiką (Scott, 2005; Davidson ir Wolpert, 2005; Wolpert, 2007). Jei judesiai būtų valdomi tik remiantis atgaline informacija apie judesio atlikimą, pvz., kai nusidegintumėme ranką, keldami

pilną karštos kavos puodelį, tik tada pakoreguotumėm kėlimo greitį. Vidiniai judesių valdymo modeliai leidžia nustatyti optimalų, pvz., rankos judėjimo greitį ir trajektoriją, atsižvelgiant (pamačius) į aplinkos specifiką (pilną puodelį karštos kavos) ir motorinės sistemos būseną (pvz., jei ranka būtų pavargusi, tada rankos judėjimo greitis ir trajektorija būtų kitokia).

Vidinių modelių įrodymo pavydžiai. Kai kas nors į mus meta tuščią butelį, nors sako, kad butelis yra pilnas vandens ir sunkus, tada mes (padedant vidiniams modeliams) jį gaudome kaip pilną. Gaudymo rezultatas – dažnai butelį išmetame iš rankų dėl per didelės jėgos. Kitas pavyzdys: jei manome, kad puodelyje tik ant dugno yra likę kavos (nors mums aktyviai diskutuojant prie stalo ir nepastebėjus jis buvo pripiltas pilnas kavos), tai imdami puodelį, būtinai apsipilsime kava (tai rodo, kad senas modelis prognozavo mūsų rankos judesius, atžvelgiant į pustų kavos puodelį).

119. Visus judesių valdymo vidinius modelius, kurie susiformuoja galvos smegenyse, galima suskirstyti į **atvirkštinį** (angl. *inverse model*) ir **tiesioginį** (angl. *forward model*) **modelius (14 pav.) (Davidson ir Wolpert, 2005; Wolpert, 2007)**. Atvirkštinio modelio paskirtis – **atsižvelgiant į judesio tikslą (idėją) (pvz., trajektoriją), motorinės sistemos būseną ir aplinkos specifiką, sukurti kuo tikslesnę motorinę programą**. Tiesioginis modelis apskaičiuoja, kaip optimaliau realizuoti motorinę programą, atsižvelgiant į motorinės sistemos būseną ir aplinkos specifiką. Kuo tikslesnė motorinė programa, tuo su didesne tikimybe judesys bus atliekamas greitai ir tiksliai. Taigi, atvirkštinis modelis (modeliai) sudaro motorinę programą, o tiesioginis modelis (modeliai) ją realizuoja. Nustatyta, kad vienu metu veikia daug modelių, kurie tarpusavyje sąveikauja. Be to, dėl labai sudėtingų procesų, vykstančių galvos smegenyse, kiekvienas modelis daro gana daug klaidų. Šios klaidos sukelia judesio variabilumą, neprognozuojamumą. Ypač sudėtingą problemą sprendžia atvirkštinis modelis, pvz., remiantis planuojamo judesio trajektorijos kaita per tam tikrą laikotarpį ir motorinės sistemos ir aplinkos būseną, jis turi apskaičiuoti motorinės programos parametrus: jėgą, greitį ir amplitudę, kurie leistų atlikti planuojamą judesį. Tiesioginis modelis yra atsakingas už motorinės programos įgyvendinimą.

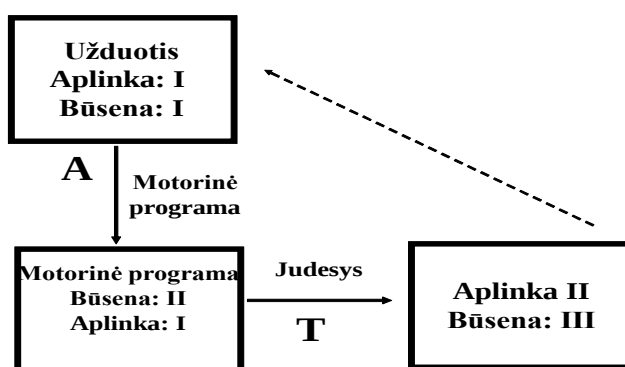
Judesio planavimas ir įgyvendinimas – tai du skirtingi procesai (Todorov, 2004).

Modeliai valdo judesius, pasitelkdami daugelį mechanizmų: a) sąnarių stabilizavimo; b) judesio koregavimo (kompensavimo); c) sinergijos (arba „partnerio“ klaidų ištaisymą).

120. Atvirkštinio (A) modelio signalas: judesio užduotis, aplinka (I, pradinė aplinka) ir motorinės sistemos būseną (I, pradinė būseną); tiesioginio (T) modelio signalas: motorinė programa, motorinės sistemos antroji (II, pakitusi) būseną, aplinka (14 pav.) Atvirkštinio modelio rezultatai yra tiesioginiam modeliui signalas (įėjimas), o tiesioginio modelio rezultatas – atliktas judesys, kurio dinaminės ir kinematinės charakteristikos kartu su pakitusia motorinės sistemos būseną ir aplinka yra „žaliava“ atvirkštiniam modeliui iš naujo tobuliau atlikti tą patį judesį.

Mokantis judesių, greičiau pakinta tiesioginis nei atvirkščias modelis.

Atvirkštinio modelio paskirtis – pagal prognozuojamą judesį sukurti motorinę programą realiam judesiui atlikti. Tiesioginis modelis valdo procesus, atsakingus už motorinės programos transformavimo (realizavimo) į realų judesį (Davidson ir Wolpert, 2005).



14 pav. Judesio valdymo vidiniai modeliai: atvirkštinis (A) (atvirkštinės transformacijos) transformacijos) ir tiesioginis (T) (su eferentine kopija). Atvirkštinio (A) modelio signalas: judesio užduotis, aplinka (I, pradinė aplinka) ir motorinės sistemos būseną (I, pradinė būseną); tiesioginio (T) modelio signalas: motorinė programa, motorinės sistemos antroji (II, pakitusi) būseną, aplinka

Pagal vieną populiariausių judesių valdymo „skaičiavimo“ teorijų, galvos smegenys, padedant stuburo smegenims, judesiui atlikti apskaičiuoja tai situacijai vieną iš optimaliausių motorinių programų (Shadmehr ir Wise, 2005).

Optimalus judesių valdymas – tai tam tikrai situacijai labiausiai tinkamas valdymas, pagrįstas informacija apie motorinės sistemos esamą būseną, buvusį ir prognozuojamą judesį. Optimalus valdymas su grįžtamuju ryšiu atlieka dvi pagrindines funkcijas: a) remdamasis informacija apie kūno padėtį ir apie buvusį judesį bei eferentinę kopiją (informacija apie būsimą judesį), nustato motorinės sistemos esamą būseną; b) nustačius motorinės sistemos būseną ir įvertinus judesio tikslą, prognozuoja būsimo judesio valdymo ekonomišką būdą.

Pastebėta, kad absoliučiai tiksliai nustatyti būsenos negalima, todėl tenka tenkintis labiausiai tikėtiniu esamos būsenos vaizdu. Optimalaus valdymo metu panaudojama tik reikalinga informacija, nereikalinga informacija atmetama.

Pirminė motorinė žievė dalyvauja ir tiesioginio, ir atvirkštinio modelių veikloje.

121. Vienas naujausių pasiekimų judesių valdyme yra siejamas su **eferentinės kopijos ir atvirkštinės transformacijos atradimais**. Eferentinė kopija suprantama kaip motorinės programos kopija, kuri padedant vidiniam tiesioginiam modeliui, prognozuoja būsimo judesio **sensorinį jausmą, kopiją (*angl. corollary discharge*)**. Remiantis eferentine kopija, vidinis tiesioginis modelis prognozuoja būsimo judesio jutimą. Todėl, atlikdami įprastus judesius, mes jaučiame ne tikrą (realų) judesį, bet tik prognozuojamą jutimą. Tai pagreitina judesio valdymą, bet kartu gali sukelti ir tam tikrų problemų. Pavyzdžiui, kai norime pakelti du įprastus vienodo svorio, bet skirtingo dydžio daiktus, galvos smegenys visada parenka tikslią programą, nors žmogui visada atrodo, kad mažesnis daiktas yra sunkesnis.
122. Taigi, eferentinė kopija viena iš pagrindinių paskirčių prognozuoti būsimo judesio jutimą. Jei judesys yra atliekamas be „jausmo“ (be eferentinės kopijos), tai galima sakyti, jis yra atliekamas „kaip miegant“ arba „kaip ne savo rankomis“. Pavyzdžiui, sportininkas atlieka judesį, tiksliai vadovaudamasis trenerio instrukcijomis, tai jis judesį atlieka labai mažai dalyvaujant eferentinei

kopijai. Tada sportininkas judesį valdo labai mažai dalyvaujant centriniam-prognozuojančiam mechanizmui, t. y. tuo daugiau eferentinė kopija dalyvauja judesių valdyme, kuo labiau pats žmogus ieško geriausio būdo judesiui atlikti. Tiesioginis modelis negalėtų veikti, jei nebūtų eferentinės kopijos, nes jis, remdamasis eferentine kopija, prognozuoja būsimo judesio jutimą.

Dominuojanti ranka yra labiau valdoma vidinių modelių, o nedominuojanti – grįžtamojo ryšio mechanizmo.

123. Žinoma keletas atvirkštinės transformacijos mechanizmų, kurių pats svarbiausias yra atvirkštinis modelis, nes jis derina visus atvirkštinius transformacijos mechanizmus. Atvirkštinio modelio pagrindinė paskirtis – sukurti motorinę programą, o tiesioginio modelio (valdymo su eferentine kopija) paskirtis – transformuoti motorinę programą į judesio atlikimą (**Davidson ir Wolpert, 2005**). Be to, manoma, kad judesių valdymas yra optimalus, t.y. šie du mechanizmai ieško tokio sprendimo, kad judesys būtų atliekamas kuo plastiškiau ir mažiausiomis pastangomis. Pažodžiui „atvirkštinis transformacijos mechanizmas“ gali būti suprantamas kaip būsimo judesio vaizdo (idėjos) transformavimas į tikslią motorinę programą. Kadangi šis transformavimo procesas vyksta ne nuo „dalies link visumos“ arba „nuo pradžios link pabaigos“ (pvz., ne nuo atskirų motorinių vienetų aktyvavimo link viso judesio atlikimo), bet nuo viso judesio „vaizdo“ sukūrimo link atskirų dalių parinkimo jo įgyvendinimui (kitais tariant, modeliavimas prasideda nuo pabaigos), todėl šis procesas ir yra vadinamas atvirkštiniu.

Galvos smegenys valdo judesius, besiremdamos „minimalios intervencijos principu“. Šis principas teigia, kad judesių valdymo mechanizmai yra gana stabilūs – jie nemėgsta įvairių nereikalingų nurodymų, nes tada daug energijos išsekvojama reaguojant į kiekvieną smulkmeną, o tai gali atsiliepti galutiniam judesio tikslui. Taigi, minimalios intervencijos principas numato, kad iki tol, kol yra pasiekiamas judesio tikslas, nėra prasmės keisti atliekamo judesio būdo, kurių tam pačiam judesio atlikimui yra didelė įvairovė (Todorov, 2004).

Atliekant naujus ir sudėtingos koordinacijos judesius, stabilizuojami sąnariai (kartu aktyvuojami – koaktyvuojami ir agonistai, ir antagonistai raumenys).

Kuo sudėtingesnės koordinacijos judesys ir kuo jis dinamiškesnis, tuo labiau koaktyvuojami raumenys. Tai daroma dėl pagrindinio tikslo – stabiliai įgyvendinti judesio užduotį (Burdet ir kt., 2006).

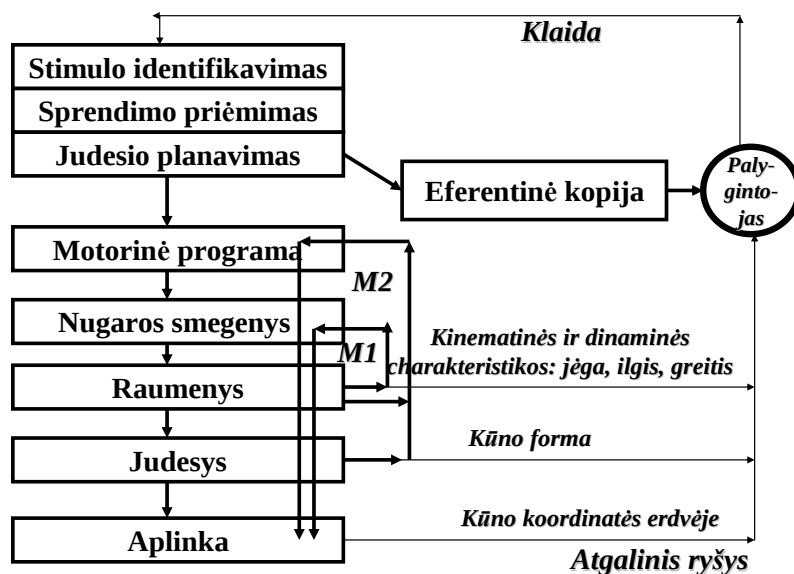
Iš judesio dinamikos (pvz., jėgos) tiesiogiai netransformuojama judesio kinematika (pvz., amplitudė, greitis).

1.2.10. Schmidt judesių valdymo modelis

124. Judesių valdymo teorijoje ir praktikoje gana populiari R.Schmidt parengta judesių valdymo schema (15 pav.) (Schmidt ir Lee, 1999). Šios judesių valdymo schemos pagrindiniai akcentai: a) galvos smegenys sukuria motorinę programą; b) motorinės programos realizavimo metu ir realizavimo pabaigoje (atlikus judesį) nuolatos tikslinamas ir koreguojamas judesių realizavimas (remiantis atgaliniu ryšiu); c) judesio atlikimas nuolat yra tobulinamas atsižvelgiant į judesio klaidas.

Vienas iš svarbiausių judesių valdymo etapų – tai teisingo sprendimo prėmimas (žinoma, absoliučiai teisingo sprendimo negalima niekada priimti). Norint priimti kuo teisingesnį sprendimą, būtina: 1) kuo tiksliau įvertinti motorinės sistemos ir aplinkos esamą būseną; 2) gebėti numatyti motorinės sistemos ir aplinkos pokyčius; 3) gebėti apskaičiuoti būsimo judesio naudą ir kainą (jei nauda neviršija kainos, tada sprendimas atlikti tam tikrą judesį gali būti visiškai nepriimtas).

Pasirodo, kad net ir priėmus sprendimą galvos smegenys judesio atlikimo pradžioje gali jį pakeisti (ang. *changes in mind*). Ir tai yra neišvengiamas procesas, kuris įgalina galvos smegenis išmokti efektyviau valdyti judesius.



15 pav. Judėsių valdymo schema: M1 ir M2 – reflektoriniai atsakai (pagal R.Schmidt, 1988).

Nustatyta, kad judesiai atliekami efektyviausiai, kai dėmesys yra koncentruojamas ne į judesio procesą, bet į galutinį judesio tikslą.

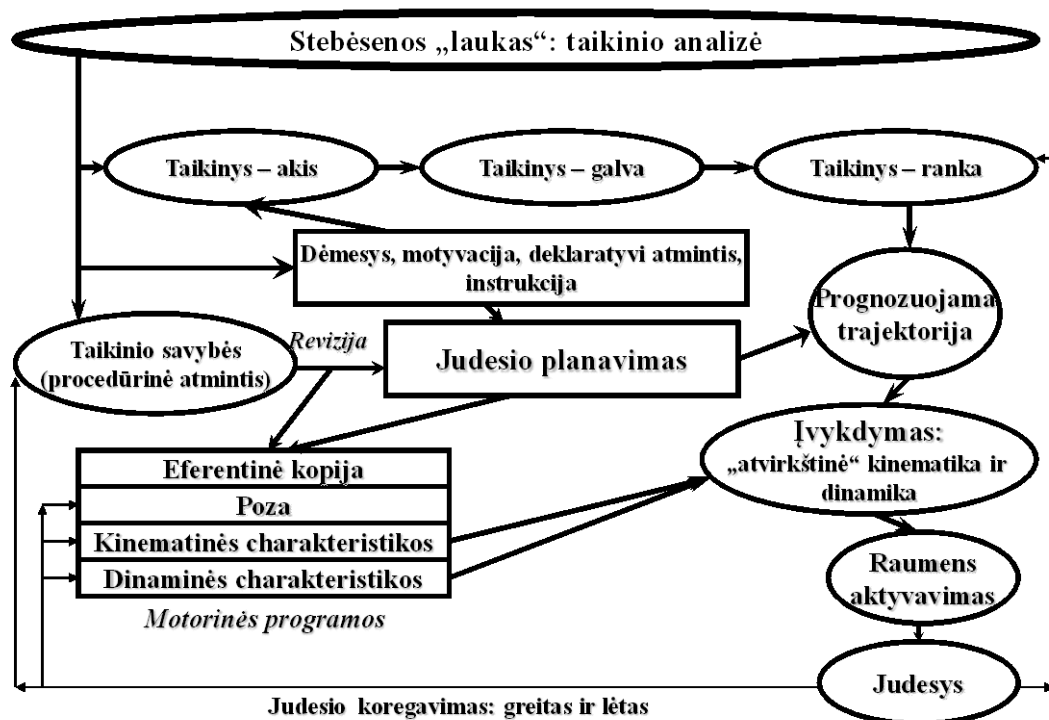
1.2.10. Integruotas judėsių valdymo modelis

Judėsio valdyme dalyvauja milijonai nervų ląstelių, kurios veikia ir atskirai, ir kaip vientisa sistema, kuri privalo ne tik prognozuoti judėsio tikslą ir atlikimo būdą, bet nuolatos jį koreguoti, t.y. taisyti klaidas.

125. Judėsių valdymo mechanizmas gana sudėtingas procesas – jis jungia visus šių dienų mokslo pasiekimus, susijusius su judėsių valdymu. Būtent, tiesioginį ir atvirkštinį modelius; eferentinę kopiją; procedūrinę ir deklaratyvią atmintį; dėmesį, motyvaciją ir judėsio tikslą; atgalinius ryšius; spontaniškumą-dinamiškumą, savireguliaciją ir kt.(16 pav.).

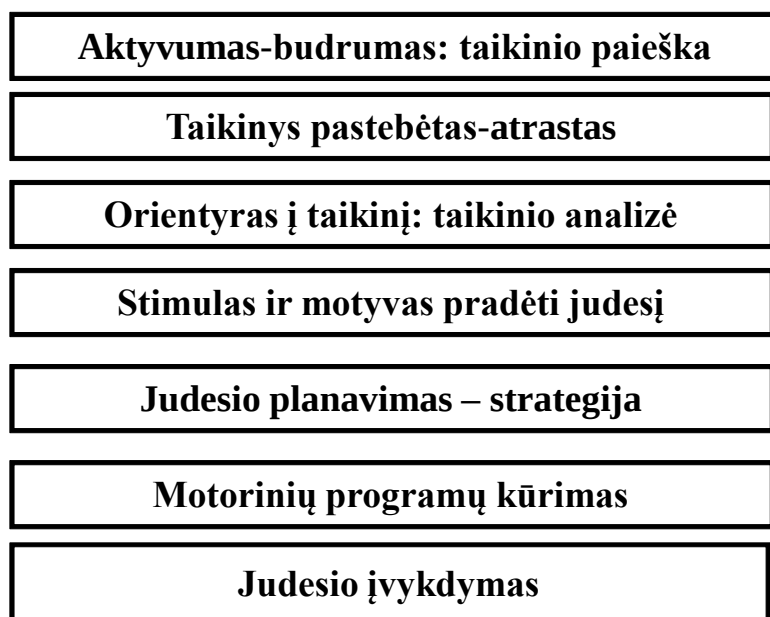
Svarbu žinoti, kad žmonės, atlikdami judesius, pirmiausia siekia informacijos akimis. Tačiau tai nereiškia, kad nereikia ilgai apžiūrinėti aplinką-objektą –

informacija gali būti gaunama spontaniškai. Dažnai vaikui pakanka tik parodyti judesį ir jo akys pačios jį „pagaus“.



16 pav. Integruotas judesių valdymo modelis (Skurvydas, 2008)

126. Remiantis šiuo modeliu, galima teigti, kad, atliekant tikslų judesį (dažnai ir greitą), judesių valdymas vyksta tam tikrais etapais (pradedant aktyvumu-budrumu ir baigiant judesio įvykdymu (17 pav.). Kai žmogus yra aktyvus (budrus), jis dažnai stebi ir tyrinėja aplinką ir, pastebėjęs aplinkoje taikinį, koncentruoja į jį dėmesį (tai gali trukti nuo 20–100 ms iki 2–10 sek. ir daugiau). Tada akys tyrinėja taikinį (nustato jo pagrindines savybes, pvz., koks yra jo atstumas nuo rankos, koks jo dydis ir t.t.); galvos smegenų didžiųjų pusrutulių žievė „pasirausia“ atminties lobyne siekdama išsiaiškinti, ar anksčiau nėra tekę susidurti su stebimu taikiniu ar kliūtimi. Po to dažniausiai ir vyksta spontaniškai, motyvas arba stimulus „atakuoti“ taikinį (arba įveikti kliūtį) paleidžia judesio planavimo procesą. Tada ypač aktyviai pasireiškia atvirkštiniai ir tiesioginiai vidiniai modeliai, kurie sukuria judesio atlikimo programą ir aktyviai dalyvauja ją įgyvendinant.



17 pav. Judesio atlikimo etapai

Nustatyta, kad žvilgsnis į taikinį ypač palengvina galvos smegenims sukurti tikslų judesio planą (Flanagan ir Johansson, 2003). Tuo galima paaiškinti, kodėl žmonės žymiai blogiau atlieka judesius užsimerkę. Kitaip tariant, jei, prieš atlikdamas judesį, nepažvelgsi nors labai trumpam į būsimą taikinį arba žiūrėsi į kitą (taikinį), tada, pasipils atliekamo judesio klaidos.

1.3. Centrinės nervų sistemos pažeidimai ir ligos

Smegenėlių pažeidimas

Visiems centrinės nervų sistemos pažeidimams, nuo kurių priklauso judesių valdymas, būdinga: sulėtėja reagavimo greitis, lėčiau atliekamas judesys, padidėja judesio atlikimo variabilumas, sumažėja judesio tikslumas, judesiai atliekami ne plastiškai, bet pertraukiamai („karpytai“).

127. Smegenėlių pažeidimai nesukelia paralyžiaus arba parėzės, tačiau judesiai tampa labai nekoordinuoti. Smegenėlės gauna informaciją iš visų jutimo organų ir žievės bei kamieno sričių,

o iš smegenėlių išeinantys signalai veikia visus nusileidžiančiuosius motorinius laidus (**todėl smegenėlės „žino“ apie motoneuronų būseną**). Didieji smegenėlių pusrutuliai dalyvauja planuojant motorines programas ir jas pradedant, o vidinės (medialinės) jų dalys koreguoja jau pradėtus judesius. **Smegenėlės yra svarbios naujiems judesiams išmokti**. Jos padeda susiformuoti **vidiniams modeliams**, kurie valdo judesius (**Wolpert, 2007**).

128. Pažeidus smegenėles, judesiai tampa labai nekoordinuoti (ataksija), sutrinka kūno padėties kontrolė (18 pav.). Ligonis, kuriam pažeistos smegenėlės, sunkiai išlaiko pusiausvyrą, eina plačiai statydamas kojas, dažnai sumažėja raumenų tonusas (hipotonija). Jis griebia daiktą trūkčiojamais judesiais, dažnai nepataiko paimti (**dismetrija**), todėl atsiranda priešingos krypties kompensuojamieji judesiai, perdėtas koregavimas, kuris pasireiškia drebėjimu, stiprėjančiu artėjant prie siekiamo daikto (**intencinis drebulys**). Tokiam ligoniui sutrinka kalba, jis negali sklandžiai ištarti ilgesnių žodžių, kalba skanduotai, pvz., „sme-ge-nė-lės“ (**ataksinė dizartrijs**).



18 pav. Motorinė funkcija esant smegenėlių pažeidimui

129. Tikslingas, aukštesnis judesių planas yra smegenų pusrutulių asociacinėje srityje, o detali motorinė programa yra laipsniškai formuojama kelio per tilto branduolius, smegenėlių pusrutulius ir gumburą į pirminę motorinę žievę (**Enoka, 2002; Latash, 2008**). Išmokta koordinuoto judesio programa yra užprogramuojama smegenėlių pusrutuliuose. Šią teoriją patvirtina eksperimentų su gyvūnais rezultatai: neuronai kilpoje nuo asociacinės žievės per smegenėlių pusrutulius iki motorinės žievės yra labai aktyvūs prieš judesį, o trumpam laikui sutrikdžius šių neuronų funkcijas, pvz., atšaldžius, prasideda nepaslankūs, nekoordinuoti ir labai pavėluoti judesiai. Judesių išmokimas užsifiksuoja galvos smegenų modeliuose.

Pusrutulių pamato mazgų (bazalinių ganglijų) pažeidimai

Parkinsono liga suserga 100–200 žmonių iš 100000.

Dėl bazalinių ganglijų pažeidimo (jį sukelia dofamino kiekio sumažėjimas) pasireiškia arba hipokinezija (sumažėjęs judėjimo aktyvumas), arba hiperkinezija (padidėjęs judėjimo aktyvumas).

130. Pusrutulių pamato mazgai **sudaro svarbius požievinis ryšius** tarp galvos smegenų žievės asociacinių sričių ir motorinės žievės, suformuodami dalį kilpos, einančios iš asociacinės žievės per pusrutulių pamato mazgus į gumburą ir motorinę žievę. Būdingas ir dažnas pusrutulio pamato mazgų **sutrikimas–Parkinsono liga** (19 pav.). Ligoniai ramybės metu matomas ryškus rankų ir jų pirštų drebėjimas (ramybės drebulys, raumenų sustingimas (**rigidiškumas**) ir pasipriešinimas net lėtam tempimui (**spazmiškumas** – padidėja tempimo reflekso jautrumas) (Latash, 2008). Būdingiausias šios ligos simptomas yra **hipokinezija**, t.y. ligoniui sunku pradėti judesį, šis vyksta lėčiau nei normaliai. Sunkiais ligos atvejais ligonis negali atsistoti iš sėdimos padėties arba negali pradėti eiti iš stovimos padėties, tačiau tai nėra paprastas paralyžius, nes stiprių emocijų metu judesiai gali būti normalūs. Sergant Parkinsono liga, prailgėja reakcijos laikas, sulėtėja judesio atlikimas, judesio atlikimas tampa labiau variabilus, netolygus, sunkiau išlaikyti pusiausvyrą, ėjimas yra panašus į „kojų vilkimą“. Be to, pablogėja judesio tikslumas. Taikydamas į taikinį, pacientas visada užbaigia judesį nepasiekęs taikinio. Sergant Parkinsono liga, sutrinka centrinės nervų sistemos gebėjimas pasirengti judesio atlikimui – priprogramavimo mechanizmas. Be to, norint atlikti tikslų judesį, ligoniai daugiau nei sveiki žmonės aktyvuoja antagonistus raumenis. Sergant Parkinsono liga (ją suserga 1 iš 1000 suaugusiųjų), sutrinka judesių prognozavimo (numatymo) mechanizmas (**Latash, 2008**). Judesių valdymas ypač pablogėja, kai judesiai atliekami kintamoje aplinkoje.

Bazaliniai ganglijai yra atsakingi už judesio įvertinimą, jei jie pažeisti, tai pacientui gana sunku atlikti judesį kintamoje aplinkoje.

131. **Huntingtono chorėja**, kuri dar vadinama Šv. Vito šokiu, yra reta liga (80 atvejų iš milijono), kurią sukelia pokyčiai pusrutulių pamato mazguose. Jai būdingi nevalingi, kintami, netvarkingi ir

trūkčiojantys galūnių bei veido judesiai. Sergant šia liga dryžuotajame kūne sumažėja gabaerginių ir cholinerginių tarpinių neuronų. **Hemichorėja** – tai chaotiški, nekontroliuojami vienos pusės galūnių judesiai, ypač peties ir klubo sąnarių.



19 pav. Pusrutulio pamato mazgų (bazalinių ganglijų) sutrikimas

Sergantieji Parkinsono liga negeba valingai prislopinti refleksą, kylantį iš raumeninių verpsčių (tą sėkmingai geba atlikti sveiki žmonės). Huntingtono ligos atveju priešingai – šis refleksas yra visiškai užslopintas.

Svarbi žinia kineziterapeutams!

Raumenų spazmas kyla, kai yra pažeisti eferentiniai laidai, inervuojantys nugaros smegenis; motoneuronų pažeidimas nesukelia raumenų spazmų.

Nugaros smegenų pažeidimas

132. Pažeidus nugaros smegenis (priklausomai nuo pažeidimo vietos ir dydžio), pasireiškia dalinis arba visiškas galūnių paralyžius. Paraplegijos atveju (abiejų kojų paralyžius) pasireiškia kojos raumenų spazmiškumas. Esant daliniam nugaros smegenų pažeidimui, rekomenduojama naudoti naujausią mokslo pasiekimą – **funkcinį raumens stimuliavimą** (angl. *functional electrical stimulation*). Funkcinis raumens stimuliavimas – tai tokia paralyžiuotų raumenų stimuliavimo sistema, leidžianti aktyvinti raumenis taip, kaip tai vyksta valingai.

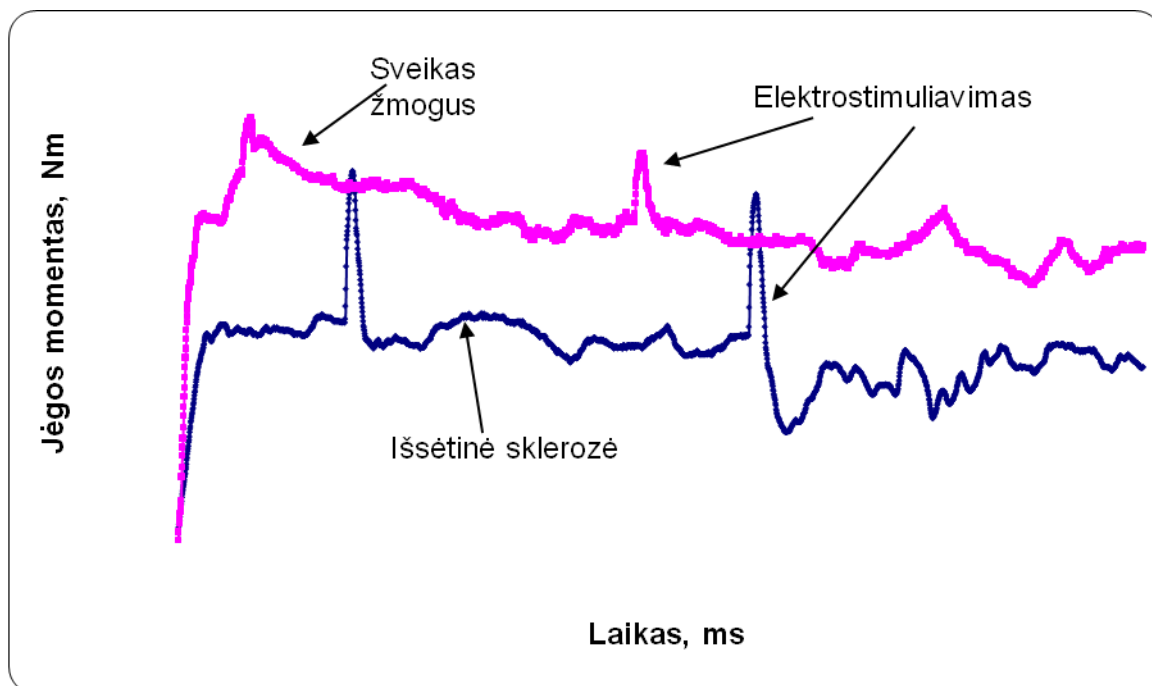
Kai pažeisti nugaros smegenų motoneuronai, sumažėja inervuojamų raumenų masė – raumenys atrofuojasi; kai pažeisti eferentiniai nerviniai laidai, aktyvuojantys motoneuronus, tada poveikis judesių valdymo pablogėjimui yra didesnis.

Išsėtinė sklerozė (angl. *multiple sclerosis*)

Išsėtinė sklerozė suserga 100 žmonių iš 100000.

133. Išsėtinė sklerozė pasireiškia dėl nervų dangalo (mielino) pažeidimo. Tada sutrinka signalo perdavimas nerviniais laidais. Sergant išsėtine skleroze, pasireiškia ilgai trunkantis centrinės nervų sistemos nuovargis. Tada žmogus jaučia bendrą organizmo silpnumą, kojos yra sunkios, jas sunku valdyti. Sergančiųjų mažesnė ne tik raumenų jėga, bet nervinis raumenų aktyvavimo laipsnis (20 pav.) (**Skurvydas ir kt., 2011**). Taigi, sergantieji išsėtine skleroze žymiai mažiau nei sveiki žmonės geba valingai aktyvuoti raumenis. Be to, sergančiųjų darbingumas ypač sumažėja, kai jie atlieka fizinį darbą karšto oro (hipertermijos) sąlygomis. Greitojo tipo motoneuronai, sergant išsėtine skleroze, degeneruoja anksčiau nei lėtojo tipo.

Nustatyta, kad sergančiųjų išsėtine skleroze raumenyse yra daugiau greitųjų raumeninių skaidulų nei sveikų žmonių raumenyse.



20 pav. Sveiko žmogaus ir sergančiojo išsėtinė sklerozė blauzdos tiesiamųjų raumenų jėgos momentas valingai įtempiant maksimaliomis pastangomis ir stimuliuojant elektra (Skurvydas ir kt., 2011)

Galvos smegenų insultas

134. Ištikus galvos smegenų insultui, sutrinka ne tik pažeisto pusrutulio judesių valdymas, bet ir nepažeisto. Todėl lyginant pvz., dešinės rankos (nepažeisto kairiojo pusrutulio) judesiai negali būti kaip kontroliniai, lyginant su pažeisto dešiniojo pusrutulio kairės rankos valdymo savybėmis. Priklausomai nuo pažeidimo laipsnio sutrinka ne tik dinaminės, bet kinematinės judesių savybės. Ypač pablogėja atliekamo judesio tikslumas, judesiai ne tolygūs, bet trūkčiojantys.

JAV dabar gyvena apie 4 mln. žmonių, kurie išgyveno po insulto.

135. Ypač pablogėja smulkiųjų judesių atlikimas, nes jie ypač priklauso nuo motorinės ir sensorinės žievės mechanizmų. Manoma, kad, esant dešiniojo galvos smegenų pusrutulio insultui, ypač pablogėja judesio kinematinės savybės (pvz., tikslaus judesio trajektorija), o pažeidus kairįjį pusrutulį, pablogėja atliekamo judesio dinaminės savybės bei rankų ir liemens judesių koordinavimas.

Cerebrinis paralyžius

136. Jis pasireiškia ne dėl raumenų arba nugaros smegenų pažeidimo, bet dėl pažeidimų galvos smegenyse. Ypač sutrinka tikslų judesių valdymas, padidėja raumenų spazmiškumas.

Alzheimerio liga (arba Alzheimerio liga)

137. Tai neurodegeneracinė liga, pasižyminti pažinimo funkcijų blogėjimu, kasdienės veiklos pasyvėjimu, elgsenos pokyčiais, neuropsichiatriniais simptomais. Labiausiai trukdantis ligos simptomas yra trumpalaikės atminties praradimas – nedidelis užmaršumas, kuris ilgainiui tampa nuolatiniu, daugiau pasireiškiančiu ligos progresavimu. Vėliau pažinimo funkcijų pablogėjimas apima kalbos sritį, gebėjimą atlikti tikslus judesius. Ši liga sutrikdo ryšius tarp priekinės ir galinės smegenų skilčių bei galūnių, dėl to pablogėja su ja susijusi protinė veikla, pvz., valingas judesių planavimas.

1.4. Naujausios mokslo žinios apie sveikų žmonių ir sergančiųjų nervų sistemos ligomis judesių valdymą

138. „Laisvės laipsnių problema“ nėra problema žmogui atlikti judesius, bet problema galvos smegenims (**Rosenbaum, 2000**), kurios valdo judesius, nes galvos smegenys turi skaičiuoti milijonus kartų greičiau nei šiuolaikiniai kompiuteriai, jei nori, kad žmogus paimtų nuo stalo kavos puodelį.

Įdomu!

- 1. Glialinės ląstelės sudaro mieliną (jis sudarytas iš riebalinio audinio). Mielinas dengia nervų ląsteles (neuronus). Be to, mieline esantys astrocitai aprūpina neuronus energija.**
- 2. Kuo labiau išsivystęs organizmas, tuo didesnis astrocitų skaičius tenka vienam neuronui (žmogui – 1,4; katėms – 1,1; varlėms – 0,1).**
- 3. Ta pati sinapsė gali išskirti du skirtingus mediatorius – slopinamąjį ir aktyvuojamąjį.**

4. Galvos smegenų II ir III žievės sluoksnis yra asociacinis; IV – sensorinis; V ir VI – motorinis. Žievės ląstelės susigrupuoja po 80–100 neuronų į kolonas.
5. Moterų žievės tūris nėra mažesnis nei vyrų.
6. Keturios žievės skiltys: kaktinė (frontal), sieninė (parietalinis), pakaušinė (occipital) ir smilkininė (temporal). Kiekviena skiltis turi asociacinę sritį (Garrett, 2011).

139. Proksimaliniai raumenys labiau valdomi bilateraliai, t.y. ta pati nervinė komanda vienu metu yra perduodama ir kairei, ir dešinei galūnei. Distaliniai raumenys, pvz., dešinės rankos pirštai gali būti valdomi atskirai, t. y. neaktyvuojant kairės rankos pirštų.

Viena iš didžiausių naujienų judesių valdyme yra ta, kad judesių valdymo efektyvumas priklauso nuo atliekamo judesio naudos ir kainos santykio. Kuo mažesnis šis santykis, tuo blogiau yra atliekamas judesys. Be to, to paties judesio atlikimas sveikam žmogui ir ligoniui gali turėti visiškai kitokią naudą (atpildą). Dar daugiau, judesio atlikimo nauda (atpildas) labai priklauso nuo laiko, t.y. pirmą kartą atliekant judesį atpildas gali būti žymiai didesnis nei jį atliekant tūkstantąjį kartą.

Judesio atlikimo naudos vertė yra subjektyvus matas, todėl jis kiekvienam žmogui gali būti skirtingas.

140. Manoma, kad bloga idėja užbaigti judesius „pakraščiuose“, t. y. prie didžiausio arba mažiausio raumens ilgio, nes tada ypač pablogėja raumenų valdymo tikslumas. Todėl judesių valdymui tinka principas: „pradėti nepatogioje, užbaigti patogioje padėtyje“.

Nustatyta, kad dešiniarankių žmonių kairės rankos valdymas labai priklauso ir nuo kairiojo galvos smegenų pusrutulio išsivystymo.

141. Ką jaučia žmogus, atlikdamas judesį? Jaučia tam tikras judesio kinematinės (pvz., greitį, amplitudę) ir dinamines (pvz., jėgą) charakteristikas, tačiau jis nejaučia motorinės programos.

Be to, žmogus geriau jaučia judesį nei atskiro raumens darbą. Motorinė programa moduliuoja judesio jutimą (tai daro pasitelkdama tiesioginį vidinį modelį). Pavyzdžiui, kai pats žmogus save kutena, tada jis mažiau jį jaučia, nes, manoma, motorinė programa užblokuoja aferentinę informaciją, kylančią iš periferijos (kutenimo vietos). Nustatyta, kad tais atvejais, kai norima geriau pajusti liečiamą daiktą, tą geriau padaryti aktyviai (o ne pasyviai) jį liečiant (tyrinėjant). Dar daugiau, jei aktyviai ranka tyrinėji tam tikrą daiktą, tai ir akys geriau jį mato. Kitaip tariant, galima sakyti, kad „ranka padeda akims geriau matyti“. Tačiau motorinė programa gali ir pabloginti matymą, pvz., kuo daugiau įdedi pastangų kopdamas į tą patį kalną, tuo tas kalnas atrodo statesnis (jei esi pavargęs, tai kalnas atrodo didesnis). Akys taip pat klaidina ir atliekamo judesio rezultatas, pvz., kai nesiseka, tada golfo skylutė atrodo mažesnė nei tada, kai sekasi.

142. Prieš aktyviai atliekant judesį, padidėja raumenstonusas, nes motorinė programa siunčia parengiamąją komandą gama motoneuronams, kurie aktyvuoja raumenines verpstes. Suaktyvintos raumeninės verpstės siunčia informaciją Ia ir II aferentais alfa motoneuronams, o pastarieji pradeda aktyvinti raumenines skaidulas. Nustatyta, kad įsivaizduojant, jog atlieki judesį, padidėja H-amplitudė (H-amplitudė rodo motoneuronų aktyvumo laipsnį).

Kai pacientui ar sveikajam reikia atlikti tiksliai ir greitai judesį, jie privalo rinktis tarp tikslumo ir greitumo. Jei renkasi greitumą, tai rizikuoja tikslumu, o jei renkasi tikslumą, tai rizikuoja per lėtai atlikti judesį (Nagengast ir kt., 2011).

143. Jei suplanuotą judesį sutrukdo atlikti, tada jo įgyvendinimą pagreitina refleksai. Kitaip tariant, refleksai dirba „vienoje komandoje“ su valingais judesių valdymo mechanizmais. Jei sutrinka refleksų veikla, juos kompensuoja valingi mechanizmai; kai sutrinka valingi mechanizmai, jiems „stengiasi padėti“ refleksai.

Dėl smegenėlių pažeidimo katės kojų tiesiamųjų raumenų tonusas padidėja, o žmogaus sumažėja. Tai rodo, kad reikia elgtis labai atsargiai taikant gyvūnų tyrimo rezultatus žmonėms.

144. Dėl smegenėlių pažeidimo sutrinka delno vartalojimo valdymas, padidėja rankų judesys, sutrinka trifazinis raumenų aktyvumas. Alkoholis ypač paveikia smegenėles. Nustatyta, kad viena smegenėlių dalis padeda planuoti, kita įgyvendinti judesius.

145. Dėl bazalinių ganglijų sutrikimų pasireiškia Huntingtono ir Parkinsono ligos. Sergant Huntingtono liga žmogus ypač mosikuoja rankomis. Sergant Parkinsono liga sumažėja dofamino kiekis galvos bazalinėse ganglijose. Dėl dofamino kiekio sumažėjimo ypač sumažėja motyvas (noras) atlikti judesius, nes ligoniams atrodo, kad reikės įdėti labai daug pastangų norinti atlikti paprastą judesį. Kai padidėja būsimo judesio pastangų ir planuojamo (laukiamo) atlygio santykis (jis padidėja sumažėjus dofamino kiekiui), tada žmonėms ypač sumažėja motyvas atlikti judesius. Dofamino ypač padidėja, kai prognozuojamas judesio rezultatas (atpildas, tikslas) nesutampa su realiu, ir tada, kai aktyviai prognozuojamas judesio „atpildas“. Atliekamo judesio strategija ir būdas priklauso nuo judesio atpildo ir judesio sąnaudų. Jei per greitai norėsi gerti kavos („atpildo“), tai gali apsipilti (nes greito judesio didesnės sąnaudos nei lėtesnio). Dofamino kiekį galvos smegenyse taip pat galima padidinti stimuliuojant galvos smegenis elektra (ypač bazalinius ganglijus, deja, tai sunku selektyviai padaryti).

- **Prefrontalinės žievės pagrindinės funkcijos: a) integruoja vaizdinę ir garsinę informaciją; b) atrenka taikinį (tam pasitelkia darbinę atmintį; c) planuoja judesio seką.**
- **Pirminės motorinės žievės ląstelės yra laisvos pasirinkti, kokius MV aktyvuoti.**

- **Bazaliniai ganglijai ir smegenėlės moduliuoja judesio atlikimą. Bazaliniai ganglijai informaciją gauna iš pirminės ir antrinės motorinės žievės bei pirminės sensorinės žievės ir ją integruoja, kad būtų atliekamas tikslus judesys (Garrett, 2011).**

146. Kai sutrinka galvos smegenų parietalinės žievės veikla, pasireiškia apraksija: pacientas aiškiai nesupranta judesio tikslo ir (ar) negeba imituoti judesio.

147. Generalinės motorinės programos paskirtis – kad reikėtų kurti kuo mažiau naujų motorinių (specifinių) programų kiekvienu konkrečiu atveju, pvz., ta pati ėjimo generalinė programa valdo skirtingais būdais arba skirtingomis sąlygomis atliekamus ėjimo judesius.
148. Galutinio kūno judėjimo taško (pvz., piršto) variabilumas priklauso nuo atstumo iki taikinio bei judėjimo trukmės: kuo toliau taikinytis ir kuo greičiau judama, tuo didesnis variabilumas. Kuo didesnė jėga, tuo didesnis variabilumas. Judesio amplitudės klaidos yra didesnės nei krypties. Apibendrinus galima teigti, kad kuo sudėtingesnė atliekamo judesio programa, tuo didesnis galutinio taško variabilumas (**Haris ir Wolpert, 1998**). Be to, galutinio (distalinio) judėjimo taško variabilumas yra nepalyginamai mažesnis nei proksimalinio (artimojo taško).
149. Nuovargio metu pirmiausia sulėtėja greito ir tikslaus judesio atlikimas, tačiau judesio atlikimo tikslumas mažai kinta. Galima teigti, kad centrinė nervų sistema pirmiausia siekia tikslo (dėl judesio atlikimo ir greičio mažėjimo nuovargio metu).
150. Daug kartų atliekant tikslius judesius, sumažėja judesio atlikimo kontrolė (angl. *executive control*), kuri pasireiškia „tikslo pametimu“ ir judesio atlikimo klaida, pvz., daug kartų kalant plaktuku vinį į sieną, dažnai atsiplaiduojama ir tada pataikoma ne į vinį, bet į ranką. Ypač dažnai „tikslą pametą“ sergantieji nervų sistemos ligomis, nes jiems sutrinka judesių atlikimo kontrolė. Mokslininkai ieško, kaip „nepamesti tikslo“ ir nenuvarginti centrinės nervų sistemos dėl nuolatinio dėmesio palaikymo.
151. **Simon efektas:** kairė ranka greičiau reaguoja, jei taikinytis yra kairėje pusėje, dešinė ranka – priešingai. **Stroop efektas:** reakcijos laikas yra trumpesnis, kai reikia reaguoti į raudonos spalvos mygtuką, kai ant jo užrašyta „raudona“.
152. Geriau valdoma apatinė veido dalis nei viršutinė. Kairė veido pusė yra geriau valdoma nei dešinė. Kairė ir dešinė veido dalis yra inervuotos kairiuoju ir dešiniuoju veido nervu, kuris išeina iš galvos smegenų kamieno.
153. Žmonės, gyvendami kartu ir žiūrėdami vienas į kitą, labai supanašėja, nes atspindžio („veidrodiniai“) neuronai pamėgdžioja aplinkos elgseną.

154. Atgalinis ryšis apie judesį gali būti: a) vidinis (pats); b) išorinis (kineziterapeutas). Kuo sudėtingesnis judesys, tuo daugiau reikia išorinės informacijos. Tiek vidinė, tiek išorinė informacija gali būti apie judesio atlikimą ir apie judesio rezultatą kuo greičiau pačiam įgyti informacijos ir kuo daugiau apie galutinį tikslą.
155. Judesių valdymas priklauso nuo emocinės žmogaus būsenos: dėl per stiprių emocijų gali sutrikti judesių valdymo efektyvumas.

Žmogaus judesių valdymas dažnai yra optimalus, nors sąmoninga žmogaus elgsena dažnai nėra racionali, greičiau ji iracionali. Taip yra todėl, kad judesių valdymo mechanizmai skaičiuoja žymiai greičiau nei kontroliuojantys žmogaus elgseną.

Judesiai padeda protui: skaičiuoti geriau sekasi rodant į skaičių pirštu.

156. Pagrindinė judesio atpildo struktūra – tai dofaminas, kuris gaminamas viduriniuosiose smegenyse. Yra trys pagrindinės dofamino projekcijos: a) bazaliniai ganglijai; b) hipokampus; c) prefrontalinė žievė. Kuo daugiau atpildo, tuo žmogus geresnės nuotaikos atlieka judesį.
157. Automatiškas judesys yra tada, kai, atliekant jį, galima be klaidų atlikti ir kitą užduotį. Kuo labiau automatiškas judesys, tuo mažiau dirba judesio planavimo struktūros, o daugiau – judesio įgyvendinimo struktūros (**Wu ir kt., 2004**).
158. Judesio atlikimo sėkmė priklauso nuo: a) taikinio identifikavimo; b) plano pasirinkimo; c) plano įgyvendinimo (**Shadmehr ir Krakauer, 2008**). Jei negebama koncentruoti dėmesio, tai sunku mokytis valdyti judesius, nes negebama nustatyti taikinio (arba judesio tikslo).
159. Jeigu judesiai atliekami stovint arba judant, tai viršutinių galūnių valdymas priklauso nuo apatinių galūnių pasirengimo.
160. Būsimo judesio sensorinio vaizdo prognozavimas priklauso nuo smegenėlių veiklos. Siekiama motorinės sistemos būseną priklauso nuo prognozuojamo judesio jutimo ir

realaus jutimo sąveikos (tą apskaičiuoja parietalinė žievė); siekiamos motorinės sistemos būsenos transformavimas į motorinę programą vyksta pirminėje motorinėje ir premotorinėje žievėje (**Shadmehr ir Krakauer, 2008**).

161. Galvos smegenys stengiasi valdyti judesiustaip, kad jie būtų atliekami (pasiekiamas tikslas, rezultatas) su mažiausiomis sąnaudomis. Todėl dažniausiai judesiai atliekami plastiškai, t. y. su mažiausiais trūkčiojimais. Tačiau trūkčiojimai gali gerokai sustiprėti, jei aplinka trukdo atlikti judesius.

Akys visada žiūri ten, ką nori matyti. Nuo noro matyti priklauso ir tai, ką ir kaip matai.

162. Galvos smegenys planuoja ir įgyvendina judesius, atsižvelgdamos į būsimo judesio atpildą (rezultatą) ir sąnaudas. Pasirodo, kai reikia atlikti labai sudėtingus judesius (su didelėmis sąnaudomis), tada galvos smegenys pirmiausia renka, kad būtų pasiektas tikslas ir tik tada prie jo derina sąnaudas. Todėl tokių judesių atlikimo sąnaudos gali būti labai didelės (**Nagengast ir kt., 2010**).

163. Alocentriniai judesiai, pvz., kai koja ir ranka koordinuojamos judant ta pačia kryptimi. Egocentriniai judesiai, kai rankos juda simetriškai.

164. Yra trys pagrindiniai judesio valdymo lygmenys: a) nugaros smegenų refleksai (trunka 30–50 ms); b) galvos smegenų kamienas (50–80 ms); c) valingas judesio planavimas ir valdymas (motorinė žievė, smegenėlės ir bazaliniai ganglijai) (120–180 ms). Nugaros smegenų refleksai gerai dirba išlaikant pusiausvyrą stabilioje atramoje (statinis stabilumas). Galvos smegenų kamienas ypač efektyviai dirba atliekant pereinamuosius judesius (pvz., įtūpstus). Motorinė žievė, bazaliniai ganglijai ir smegenėlės gerai treniruojami atliekant judesius nestabilioje erdvėje (dinaminis stabilumas). Pratimų programos įgyvendinimo etapai: a) statinis stabilumas (uždara sistema); b) pereinamasis stabilumas (įtūpstai); c) dinaminis stabilumas. (**Voight ir Cook, 2001**).

Valdymo mechanizmas su atgaliniu ryšiu pirmiausia atrenka, kada ir kokią informaciją reikia panaudoti. Valdymo su atgaliniu ryšiu principas – ieškoti tokio judesio atlikimo būdo, kuris duotų didžiausią atpildą (rezultatą)

mažiausiomis sąnaudomis. Judesio sąnaudų funkcija (angl. *cost function*) (tai apskaičiuoja bazaliniai ganglijai) yra apskaičiuoti atliekamo judesio didžiausią santykį: nauda/motorinės sąnaudos.

165. Vizualinis signalas eina į parietalinę žievę, o vėliau į premotorinę; proprio signalas – į gumburą, o vėliau į sensorinę bei motorinę pirminę žievę.

Įdomu!

Ekologinė psichologija apima ir dinaminių sistemų teoriją. Be to, su jomis konkuruoja ir informacinių sistemų teorija. Ekologinės psichologijos teorija akcentuoja aplinkos, organizmo ir judesio tikslo sąveiką. Pagal ją žmogus gali iš karto „pagauti situaciją“, ką daryti. Norint greičiau ir geriau suprasti situaciją, ją reikia aktyviai tyrinėti akimis (judėti). Be to, suvokimas priklauso nuo atminties. Galvos smegenys geba pasirinkti tinkamą informaciją ir užblokuoti netinkamą. Galvos smegenys geba pagal visumos dalį atpažinti visą vaizdą. Pagal dinaminių sistemų teoriją pacientai ieško „geriausios aplinkos“ tikslui pasiekti (McMorris, 2009)

166. Bazaliniai ganglijai, manoma, labiau dalyvauja greitesnių nei 100 ms judesių valdyme; smegenėlės – ilgesnių nei 100 ms.

Iki 2–7 metų vaikai judesiais tyrinėja aplinką; 7–11 metų vaikai geba pasyviai reaguoti į penkis aplinkos pokyčius; vyresni nei 11 metų vaikai geba aktyviai reaguoti į aplinkos pokyčius.

Neintensyvūs fiziniai pratimai sumažina Alzheimerio ligos simptomų pareiškimą.

167. Pažeista motorinė žievė ne tik blogina pažeistos žievės veiklą, bet ir kaimyninių dalių. Kuo sudėtingesnis judesys, tuo labiau pažeidžiami jo valdymo mechanizmai.

Jei ištikus insultui pažeidžiami vestibulospinaliniai ir retikulospinaliniai laidai, tai sutrinka viršutinių ir apatinių galūnių judesių koordinavimas, pvz., pacientai eidami sulenkia rankas ar suspaudžia kumštį (Kline ir kt., 2007).

168. Ta pati smegenėlių dalis gali dalyvauti paprasto ir sudėtingo judesio valdyme, todėl, pažeidus tam tikrą smegenėlių dalį, gali sutrikti ir paprastų, ir sudėtingų judesių valdymas. Kai smegenėlės pažeistos, sunku išmokyti dirbti su nauju įrankiu.
169. Pažeistas gumburas didina judesių variabilumą. Pažeistos bazalinės ganglijos leidžia mokytis judesių, tačiau sulėtėja mokymosi greitis.
170. Kai pažeista parietalinės žievės penktasis laukelis, tada pacientas negali tamsoje pataikyti į matomą taikinį, nes negali tiksliai nustatyti galūnės padėties; penktasis laukelis gauna informaciją iš proprioceptorų. Kai pažeista septintasis laukelis, tada pacientas negali pataikyti šviesoje į taikinį, nes septintasis laukelis gauna informaciją iš akies receptorių. Kai pažeista parietalinė žievė, tada pacientui sunku atlikti tokį judesį – paridenti rašiklį ir paimti jį nuo stalo (Shadmehr ir Krakauer, 2008).
171. Sveikas žmogus pusiausvyros palaikymui pirmiausia panaudoja distalinius, vėliau proksimalinius raumenis, po insulto – priešingai. Galima sakyti, kad po insulto visiškai pakinta pusiausvyros palaikymo strategija.
172. Jei sutrinka ryšys taro kairiojo ir dešinio galvos smegenų didžiųjų pusrutulių, galima sakyti, kad žmogus „susidvejina“, pvz., viena ranka jis glosto, kita ranka tuo pačiu metu muša. Kitas pavyzdys: jei rožė yra kairėje pusėje, tai toks pacientas jaučia jos kvapą, jei rožė yra dešinėje pusėje, jis jaučia jos kvapą, nors negali pasakyti (verbalizuoti), kas tai yra.

Įdomu!

- 1. Nervinė integracija – tai procesas, kuris integruoja slopinamuosius ir aktyvinamuosius procesus.**

2. **Asociacinės žievės integruoja informaciją. Sensorinės asociacinės žievės: somatosensorinė, regos ir klausos. Pakraščiai tarp šių asociacinių žievių labai persidengia. Motorinė asociacinė žievė – premotorinė žievė. Priekyje jos yra prefrontalinė žievė.**
3. **Glutamatas slopina nervų sistemą. Noradrenalinas didina budrumą. Dofaminas aktyvuoja judesių valdymą, o serotoninas slopina. Botulinum toxin yra acetilcholino antagonistas.**
4. **Jei yra pažeista somatosensorinė asociacinė žievė, tada pacientas negeba įvertinti lytėjimu, koks yra daiktas, nors jis aiškiai gali jausti jo detales. Tai yra taktilinė agnosia.**
5. **Premotorinė ir antrinės motorinės žievės – tai asociacinės motorinės žievės dalys.**
6. **Kortikospinalinis, kortikobulbarinis ir rubrospinalinis traktai sudaro grupę lateralinę laidų, kurie kontroliuoja tikslus distalinių galūnių judesius, ypač rankų.**
7. **Vestibulospinalinis, retikulospinalinis ir ventralinis kortikospinalinis traktai kontroliuoja grubesnius netikslius judesius.**
8. **Asociacinė motorinė žievė geba imituoti (atspindėti) kitus judesius.**
9. **Premotorinėje žievėje yra atspindžio neuronai, kurie atspindi ne tik veiklą, bet ir ketinimus. Kitaip tariant, premotorinė žievė prognozuoja kito žmogaus veiklą.**
10. **Bazaliniai ganglijai kontroliuoja lėtus, o smegenėlės greitus judesius (Carlson, 2010)**

173. Pažeistos motorinės žievės jaudrumas elektros stimuliacijai sumažėja. Kai jaudrumas sunormalėja, tada galima teigti, kad atsikuria ir motorinės žievės funkcija.

Kuo daugiau pažeista pirminės motorinės žievės nervų ląstelių, tuo daugiau jų funkciją kompensuoja kitos (sveikos) motorinės žievės dalys. Todėl kuo daugiau įjungiami pašalinių judesių, tuo labiau yra pažeista motorinė žievė.

174. Pacientai dažnai krenta judesio pradžioje, pvz., atsistodami, ir pabaigoje, pvz., sėsdamiesi. Be to, krenta dėl to, kad sumažėja „suvokta kūno stabilumo riba“ (*angl., the perceived limit of body stability*).

Schemas – tai ne atskiri judesiai, bet jų grupės (tipai).

175. Kai yra pažeistas kairysis pusrutulis, tada ypač pablogėja judesio planavimas.

Kai judesys atliekamas nedominuojančia (kaire) ranka, tada labiau aktyvuojami ipislateraliniai laidai nei judesį atliekant dominuojančia ranka (Singh ir kt., 1998).

Sveikas žmogus atlieka judesio dalis automatiškai viena po kitos, pacientas jaučia, kad negali atlikti automatiškai, todėl jis pradeda galvoti, nors tas galvojimas dažnai tik pablogina judesio atlikimą.

176. Kairiojo pusrutulio išskirtiniai judesių valdymo požymiai: a) dominuoja judesio valdymo centrai; b) valdo greitus ir labai tikslius judesius; c) judesio valdymas priklauso nuo tikslios ir logiškos žodinės instrukcijos. Dešiniojo pusrutulio išskirtiniai požymiai: a) valdo erdvinius (visuminius) judesius; b) judesių valdymas reikalauja vaizdinės instrukcijos. Be to, kairysis pusrutulis yra atsakingas už logišką ir analitinį faktais pagrįsta mąstymą, dešinysis – už holistinę ir intuiciją grįstą mąstymą. Kairysis pusrutulis – tai „mokslininkų pusrutulis“, dešinysis – „menininkų“. Žinoma, abu pusrutuliai tarpusavyje labai komunikuoja per didžiąją jungtį (lot. *corpus callosum*).

Judesių valdyje dominuoja kairysis pusrutulis prieš dešinįjį. Taigi, dešinysis pusrutulis gali prireikus ir prislopinti, ir aktyvinti kairįjį. Manoma, kad

judesio kodai geriau užsifiksuoja kairiajame pusrutulyje, nors judesį atkoduoti labai padeda dešinysis pusrutulis. Be to, startą bet kokios pusės judesiams duoda dominuojantis pusrutulis, t. y. kairysis. Atliekant bilateralius judesius (abiem rankomis iš karto), dominuojanti ranka valdo judesio trajektoriją, nedominuojanti – stabilizuoja.

177. Du pusrutuliai turi daug tarpusavyje ryšių ir dažniausiai vienas kitą slopinamųjų. Tačiau kairysis labiau slopina dešinįjį pusrutulį.
178. Kai pažeistas dešinysis pusrutulis, tada ypač sutrinka erdvės suvokimas (ang., *spatial neglect*).
179. Kai pažeistas dešinysis pusrutulis, tada pacientai dažnai renkasi „impulsyvią“ (dažnai ir pavojingą) judesių valdymo strategiją, o kai pažeistas kairysis pusrutulis, strategija yra labiau „sulėtinta“.

Spazmiškumas – tai nuo greičio priklausomas toninis tempimo refleksas (aktyvus priešinimas ištempimui). Rigidiškumas – raumens pasyvus priešinimas ištempimui (Pendulum testas: jei blauzda, laisvai krisdama, nesvyruoja, tada raumuo yra rigidiškas). Raumens elastingumas – priešinga savybė rigidiškumui. Raumens tonusas – raumens standumas.

180. Jei pažeista premotorinė žievė, tai žmogus negeba pradėti konstruoti judesio, atsižvelgdamas į tam tikrus signalus (pvz., regos). Jei yra pažeista antrinė motorinė žievė, tai sunku pradėti konstruoti judesį. Perpjovus galvos smegenų kamieną žemiau raudonojo branduolio, padidėja raumenų (ypač tiesiamųjų) tonusas. Tai yra taip vadinamasis decerebrinis rigidiškumas, kurį sukelia sustiprėję tempimo refleksai, nes pašalinta aukštesniųjų centrų slopinamoji kontrolė nugaros smegenims. Nutraukus reflekso lanką, rigidiškumas dingsta.
181. Pirminė motorinė žievė yra atsakinga už motorinę programą, o premotorinė žievė – už judesio planavimą. Stimuliuojant pirminę motorinę žievę, aktyvuojami atskiri raumenys, o

stimuliuojant premotorinę žievę – grupę raumenų. Premotorinė žievė gali valdyti rankų judesius nepriklausomai nuo pirminės žievės.

Net 1,5 sek. iki judesio pradžios galvos smegenys pradeda ruošti valdyti judesį. Įdomu, kad pasiruošimo procesas nėra deterministiškas, t.y. labai tvarkingas. Kitaip tariant, pasirengimas pradėti judesį gana chaotiškas ir tikrai nepagrįstas logika. Žmogaus motorinė elgsena, jei yra logiška, tai jos pradžia tikrai tokia nėra.

182. Motorinės žievės aktyvumas sumažėja dėl serotonino kiekio padidėjimo bei dofamino ir energinių medžiagų (pvz., glikogeno) sumažėjimo. Be to, judesių valdymas gali pablogėti ir dėl perdidelio informacijos kiekio, einančio iš periferijos (I–IV aferentų) (pvz., dėl raumenų skausmo).

Nutukimas ir depresija mažina motorinės žievės aktyvumą. Taigi, nutukimas ir depresija neskatina motorinės žievės aktyvinti griaučių raumenis, t. y. judėti.

Judesių valdymo efektyvumas labai priklauso ir nuo emocinio intelekto, t.y. gebėjimo valdyti emocijas.

183. Išskirtinis insulto pažeistos galūnės valdymo požymis – tai trūkčiojantys judesiai. Tada galvos smegenys judesius valdo tam tikromis dalimis, pvz., ėjimas tampa panašus į „žirkliuojantį“ ėjimą (Latash, 2008).

184. Galvos smegenys apie 2 sek. atsimena taikinį. Kokia taikinio informacija reikia pasinaudoti, nusprendžia galvos smegenys (tai leidžia padaryti dėmesio koncentravimas). Galvos smegenys geba matyti tai, ką nori, o nematyti to, ko nenori (angl. *inattentional blindness*). Informacijos apdorojimas priklauso nuo buvusios patirties (atminties) ir esamos informacijos santykio.

185. „Atspindžio“ (veidrodiniai) neuronai aktyvuojasi premotorinėje ir parietalinėje žievėje. Labiausiai atspindžio neuronai dirba stebint savo paties judesius (pvz., stebint nufilmuotus judesius).
186. Akys žiūri greičiau ir tiksliau, kai turi tikslą. Tik aktyvus judesio atlikimas leidžia galvos smegenims prognozuoti būsimo judesio jausmą.

Žmogus daug geriau jaučia ir įsivaizduoja būsimą judesį, jei tą atlieka savo noru, turėdamas aiškų tikslą

Distonija – raumenų agonistų ir antagonistų nereikalinga koaktyvacija esant bazalinių ganglijų pažeidimui.

Drebulys: a) ramybės būsenoje; b) judesyje; c) pusiausvyros palaikyme; d) ketinimo atlikti judesį.

Viename kubiniame centimetre galvos smegenų pilkosios medžiagos yra apie 3 km ilgio aksonų, baltojoje medžiagoje – 9 metrai (Dobkin, 2003).

187. Skirtingus rankos pirštus aktyvuojantys neuronai persidengia motorinėje žievėje. Ta pati motorinės žievės dalis gali dalyvauti paprasto ir sudėtingo judesio atlikime, tačiau nervų ląstelių mobilizavimo laipsnis priklauso nuo užduoties sudėtingumo: kuo ji sudėtingesnė, tuo daugiau aktyvuojama nervų ląstelių. Pavyzdžiui, labai daug motorinės žievės ląstelių mobilizuoja (aktyvuojama), kai žingsnio metu prašome viena koja nuvalyti kitą. Kai atliekame įprastus judesius, tada somatosensorinė žievė labai mažai aktyvuojama.
188. Betz ląstelės labiau inervuoja stambius antigravitacinius raumenis.
189. Kojas tiesiančių raumenų H-refleksas ypač aktyvus stovint, mažiau aktyvus vaikščiojant, o mažiausiai aktyvus bėgant.
190. Sensoriniai signalai stimuliuoja ėjimo refleksus. Štai kodėl būtina insultą patyrusiems pacientams aktyvinti (ritmiškai) pėdos receptorius (pvz., stimuliuoti elektra).

191. Kuo daugiau galvos smegenų nervų ląstelių įtraukiama į judesio atlikimą, tuo stabilesnis judesys, tačiau jis yra sunkiau valdomas.
- 192.** Kuo didesnis judesio tikslumas, tuo labiau mobilizuojami ipsilateraliniai laidai, kurie labiau aktyvuoja proksimalinius (parengiamuosius raumenis) **(Seidler ir kt., 2004).**
193. Jei paslėpta kairė ranka sinchroniškai judinama su netikra matoma dešine ranka, tai žmogus iš tikrųjų jaučia, kad juda dešinė ranka (nors ji paslėpta ir nejudinama).

2. JUDESIŲ MOKYMOSIŲ JŲ ATSIKŪRIMO NEUROBIOLOGIJA

2.1. Judesių mokymosi samprata

Įdomu!

Kas valandą žmogaus organizme miršta apie 200 milijardų ląstelių!

194. Vyksmas, kurio metu išmokstama naujų judėjimo (motorinių) įgūdžių, vadinamas judesių mokymusi (motoriniu mokymusi, angl. *motor learning*) (Rose, 1996; Zelaznik, 1996; Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007; Davids ir kt., 2008; Skurvydas, 2008).

Galvos smegenys yra labai plastiškos, t.y. kinta jų nerviniai tinklai, mokantys įvairių judesių (pvz., nuo bato raištelio užsirišimo iki grojimo smuiku).

195. Po įvairių galvos smegenų pažeidimų dažnai tenka pakartotinai mokytis (angl. *relearning*) atlikti judesį. Tada, galima sakyti, vyksta judesio atsikūrimas arba rehabilitacija.

Noras mokytis – tai talento bruožas.

196. Vienas pagrindinių moderniosios neuroreabilitacijos tikslų – atkurti galvos smegenų funkciją.

Kas rodo judesio išmokimą?

Pirmiausia, išmoktas judesys ilgai atsimenamas.

Antra, judesys gali būti plačiai pritaikomas daugelyje situacijų, kurių nesimokyta.

Trečia, judesys atliekamas sklandžiai (ekonomiškai), mažiau reikalaujant dėmesio koncentracijos viso judesio metu.

Ketvirta, judesys yra stabilus vidiniams ir išoriniams trukdžiams.

Penkta, išmokęs tobulai atlikti judesį, mokinys geba savarankiškai aptikti judesių atlikimo klaidas ir jas ištaisyti.

Šešta, mokinys geba selektyviai koncentruoti dėmesį į svarbiausias judesio detales (Magill, 2007).

197. Taigi, galima sakyti, kad judesių mokymasis – tai procesas, kurio metu išmokstama tobuliau valdyti judesius (dažniausiai visam gyvenimui). Motorinis įgūdis – tai gebėjimas planuoti ir įgyvendinti judėjimo tikslą (užduotį).

Vieną kartą sukeltas pasibjaurėjimas maistu, palieka pėdsaką visą gyvenimą.

198. Motorinės sistemos adaptacija prie aplinkos nėra tikras judesių mokymasis. Kitaip tariant, adaptacija – tai greitas motorinės sistemos prisitaikymas prie aplinkos. Tačiau tais atvejais, kai aplinka vėl pakinta, tada tam tikrą laikotarpį (nuo kelių minučių iki valandos) išlieka motorinės sistemos adaptacija (angl. *after-effect*). Tiek sveiki žmonės, tiek patyrusieji insultą geba sėkmingai adaptuotis prie kintamos aplinkos, tačiau pacientai tą daro žymiai lėčiau. Adaptacija nėra tikras judesių mokymasis, nes tai trumpalaikis procesas.

Sensorinė informacija prarandama net per 0,5 sek., jei ji nekartojama. Visa informacija prarandama per 10 sek., jei ji nekartojama. Jei negebame panaudoti sensorinės informacijos, tai negebame ir mokytis.

199. Motorinis įgūdis – tai visam gyvenimui išmoktas judesys (žinoma, jei jis „neišsitrynė“, pvz., dėl ligos). Automatiškai, t.y. be sąmoningos kontrolės atliekami judesiai vadinami **judėjimo (motoriniais) įgūdžiais**, kurie pasižymi **įvairove**, o tai išminktą judesį leidžia atlikti įvairiomis sąlygomis, **pastovumu**, rodančiu jo patvarumą įvairiems jį trukdantiems dirgikliams (Rose, 1996; Zelaznik, 1996; Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007; Davids ir kt., 2008; Skurvydas, 2008).

200. Centrinė nervų sistemoje vyksta dvi pagrindinės adaptacinių pokyčių kryptys: 1) augant; b) mokantis. Mokslininkai pastebėjo, kad šie pokyčiai perduodami kitoms kartoms.

Nėra motorinių įgūdžių formavimosi centrų – mokymasis vyksta daugelyje sistemų vienu metu. Judesių valdymas vyksta ne tik galvos smegenyse, bet visoje centrinėje nervų sistemoje (Kelso, 1999).

Vienas įdomiausių dalykų judesių mokymosi procese yra tai, kad pratybų metu mes negalime tiesiogiai suprasti, ar gerai mokomės, ar ne. Taip yra todėl, kad nėra tiesioginio ryšio tarp judesio atlikimo pratybų metu efektyvumo ir mokymosi efektyvumo. Mums gali atrodyti, kad pratybos buvo neefektyvios, nes jų metu darėme daug klaidų, tačiau vėliau gali paaiškėti, kad ši pamoka ir buvo viena geriausių.

201. Yra trys pagrindiniai judesių mokymo, pagrįsto nerviniu skaičiavimo mechanizmu, būdai: a) **vadovaujamas mokymasis** (angl. *supervised learning*) (arba mokymas prižiūrint, taisant klaidas, mokymasis pagal pavyzdį, sąlyginiais refleksais pagrįstas mokymas); b) **mokymasis be priežiūros (mokymasis be trenerio)** (angl. *unsupervised learning*); c) **skatinamas mokymasis** (pastiprinimu, padrąsinimu, kritika) arba **baudimu** (angl. *reinforced learning*) (Wolpert ir kt., 2001). Vadovaujamas mokymasis vyksta pagrindinai dėl nuolatinio klaidų, kurias gali pastebėti pats mokinys ir gali nurodyti mokytojas, taisymo.

202. Remiantis šiuolaikiniais mokslo pasiekimais, vadovaujamas mokymasis, mokymasis be priežiūros ir skatinamas mokymasis pagrįsti **vidinių modelių** (tiesioginio ir atvirkštinio) tobulinimu (Wolpert ir kt., 2001; Davidson ir Wolpert, 2003). Tiesioginis modelis moko, kiek galima tiksliau suformuoti būsimo judesio jausmą, kuris atitiktų motorinę programą.

Abu modeliai – tiesioginis ir atvirkštinis – kartu mokosi valdyti judesius. Smegenėlės ir motorinė žievė yra tos vietos, kuriose šie modeliai mokosi (Wolpert ir kt., 2001).

203. Atvirkštinis modelis mokosi suformuluoti kuo tikslesnę motorinę programą, kuri atitiktų esamą motorinės sistemos ir aplinkos būseną bei judesio tikslą. Atvirkštiniam modeliui

tobulėti būtinas labai svarbus mechanizmas, leidžiantis nustatyti prieš tai buvusio judesio klaidą. Tą patiekia **grįžamojo ryšio reguliatorius**, kuris nustato skirtumą tarp siektino judesio tikslo ir pasiektorealaus, t.y. judesio klaidos. Judesio klaidą reguliatorius perduoda atvirkštiniam modeliui, kuris, ją įvertinęs (žinoma, procesas nėra sąmoningas) ir įvertinęs esamą motorinės sistemos ir aplinkos būseną, sukuria motorinę programą, kuri atitiktų judesio užduočiai.

204. Greitas judesių išmokimas ypač yra jautrus klaidų šalinimui, tačiau šis išmokimas yra neilgalaikis. Greitas išmokimas ypač priklauso nuo smegenėlių. Lėtas išmokimas yra mažai jautrus klaidų šalinimui, tačiau jis išlieka ilgai. Taigi, ilgalaikis mokymasis yra tada, kai nedaroma labai daug klaidų. Lėtas išmokimas labiau priklauso nuo motorinės žievės veiklos (Smith ir kt., 2006).

Kuo skiriasi judesių išmokimas nuo matematikos uždavinio išsprendimo?
Motorinio įgūdžio susiformavimui reikia žymiai mažiau proto ir sąmonės nei matematikai išmokti. Labai daug motorinių įgūdžių įgyjama nesąmoningai, iš patirties.

Mokslininkai nustatė, kad, mokantis valdyti judesius, galvos smegenų struktūra nėra statiška, t.y. nekintama – priešingai galvos smegenų struktūra ir funkcija kinta įvairiuose lygmenyse (Hikosaka ir kt., 2002; Magill, 2007):

- 1) smegenų lygmenyje (pvz., kinta galvos smegenų kapiliarizacija, nuo kurios priklauso smegenų aprūpinimas krauju);**
- 2) nervinių tinklų lygmenyje (pvz., pakinta nervų ląstelių ryšiai, susiformuoja nauji ląstelių tinklai, klasteriai);**
- 3) tarpląsteliniam lygmenyje (pvz., ląstelėje susiformuoja naujos sinapsės, o tai užtikrina geresnį signalo perdavimą tarp ląstelių);**
- 4) nervų ląstelių lygmenyje (pvz., padidėja mitochondrijų kiekis ląstelėje);**
- 5) biocheminiame lygmenyje (pvz., padidėja fermentų kiekis ir aktyvumas);**

6) genetiniame lygmenyje (pvz., modifikuojami transkripcijos, transliacijos ir postransliacijos procesai, nuo kurių priklauso baltymo sintezės kiekis ir greitis).

205. Dėl nuolatinio klaidų taisymo, lyginant realų judesio atlikimą su prognozuojamu, tobulinami judesių valdymo nerviniai modeliai. Šis mokymasis, manoma, labiausiai lokalizuojasi **smegenėlėse. Skatinamas mokymasis** (stiprinimas) arba baudimas (bazaliniai ganglijai turi didžiausią įtaką šiai mokymosi strategijai) yra pagrįstas dinaminių sistemų optimalaus valdymo teorija (modeliu).

Smegenėlės ir bazaliniai ganglijai daugiausia mokosi iš klaidų.

206. Būtent optimalaus valdymo modelis vertina atliekamo judesio vertę, „kainą“. Jei judesys pasisekė (tikslas pasiektas pakankamai maža kaina), tada tai labiau skatina atlikti panašų arba geresnį nei prieš tai buvusį judesį. **Mokymasis be priežiūros, kuris daugiausia vyksta galvos smegenų žievėje**, yra pagrįstas nervinių tinklų mokymosi principu, kuris rodo, kad dėl nervų aktyvumo sinchronizavimo nerviniuose tinkluose susiformuoja motorinė atmintis. Šios trys judesių mokymosi teorijos yra pagrįstos **Bayes skaičiavimo taisykle**.

Nustatyta, kad nuo acetilcholino priklauso judesių išmokimo greitis ir motorinė atmintis, nuo noradrenalino – judesių tikslumas, o serotoninas mažina norą judėti.

Mokantis naujų judesių, motorinėje žievėje formuojasi nauja motorinė atmintis, tačiau tuo pačiu metu ardoma sena atmintis. Kitaip tariant, mokantis naujų judesių, galvos smegenys „ištrina“ kai kuriuos nereikalingus judesius.

2.2. Judesių mokymosi fazės

Judesių mokymasis priklauso nuo dviejų skirtingų procesų – greitojo ir lėtojo išmokimo. Greitasis išmokimo procesas pasižymi greitu išmokimu ir greitu

**užmiršimu. Lėtajam procesui būdingas lėtas išmokimas bei lėtas užmiršimas
(Ethier ir kt., 2008).**

207. Yra kelios įgūdžių formavimosi fazės: **pažinimo**(angl. *cognitive*), **asociacinė** (angl. *associative*) ir **automatizavimo** (angl. *automatic*) (21 pav.)(Schmidt ir Wrisberg, 2004; Halsband ir Lange, 2006; Magill, 2007). Jų metu vyksta tam tikri smegenų žievės sričių (motorinės, premotorinės, sensorinės ir kt.), bazalinių ganglijų, smegenėlių funkciniai ir struktūriniai pokyčiai (manoma, kad didžiausi pokyčiai vyksta sinapsėse) (Karni ir kt., 1998; Sanes, 2003; Luft ir Buitrago, 2005; Ungerleider ir kt., 2007).

208. Pirmosios įgūdžių formavimosi fazės metu judesiai atliekami neveiksmingai, prireikia daug nervinių pastangų, antroje fazėje – veiksmingiau ir mažiau apie jį galvojant, nes susidaro ryšiai (asociacijos) tarp atskirų centrinės nervų sistemos dalių, o trečioje fazėje – beveik automatiškai ir stabiliai.

Judesių mokymo pažinimo fazė sutampa su deklaratyviu mokymusi, o automatizavimo fazė – su procedūriniu. Deklaratyvūs mokymasis yra sąmoningas, o procedūrinis – tai mokymasis, kai aiškiai nesuvokiame kaip atliekame judesius.

209. Manoma, kad pirmojoje judesių mokymosi fazėje (dar kiti mokslininkai ją vadina susipažinimo su judesiu faze) galvos smegenys negeba ekonomiškai valdyti judesį, tam panaudojant aplinkos specifiką (Bernstein, 1967; Liu ir kt., 2006). Centrinė nervų sistema pirmosios motorinių įgūdžių formavimosi fazės metu negeba efektyviai koordinuoti (valdyti) raumenų. Vieni mokslininkai (Bernstein, 1967) mano, kad tada centrinė nervų sistema fiksuoja (išjungia, „užšaldo“) dalį raumenų arba jų grupių (sinergijų), nes tai, jų manymu, yra vienintelis būdas, leidžiantis valdyti nors ir nevisus raumenis. Kiti mokslininkai (Latash, 2008) mano, kad centrinė nervų sistema valdo (nors ir grubiai) visus raumenis.

Nustatyta, kad, mokantis judesių, pirmiausia tobulėja kinematinės judesio charakteristikos (amplitudė, kryptis, trajektorija, greitis), o vėliau ir dinaminės (jėga).

210. Pagrindinis požymis, skiriantis antrąją judesių mokymosi fazę nuo pirmosios, yra tai, kad antrojoje fazėje mokinyss pradeda suprasti, kaip reikia atlikti judesį. Todėl gana dažnai ši judesių mokymosi fazė dar vadinama **judesio supratimo** faze. Tai rodo, kad mokinyss arba pacientas supranta, kaip reikia atlikti judesį. Paprastai tariant, tai rodo mokinio arba paciento gebėjimą ne tik atlikti tą patį judesį skirtingomis situacijomis, bet ir gebėjimą žodžiais nusakyti, kaip reikia atlikti judesį.

N.Bernstein (1967) teigia, kad yra trys judesių mokymosi fazės: 1) judesių laisvės laipsnių apribojimo („užšaldymo“); 2) judesių „išlaisvinimo“; 3) aplinkos panaudojimo ekonomiškam judesio atlikimui.

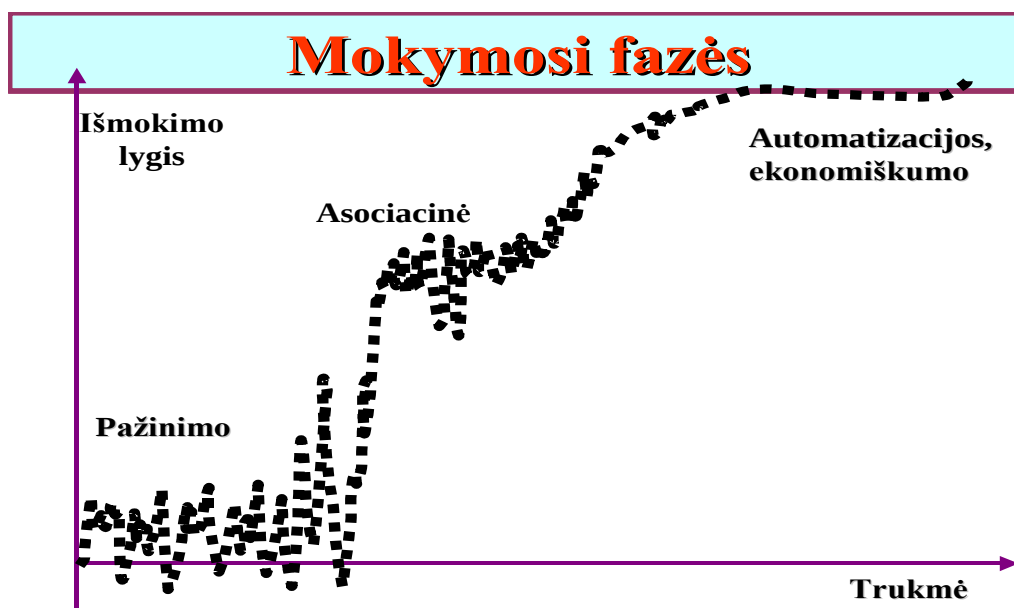
Pirmojoje judesių mokymosi fazėje judesio atlikimas nėra stabilus, t.y. lengvai pažeidžiamas išorinių arba vidinių trukdžių. Pavyzdžiui, „naujokas“ vairuoja mašiną ir nutaria perjungti pavarą arba paskambinti draugui, tuo metu jis nežiūri į kelią. Šios fazės metu labiausiai aktyvuojama prefrontalinė ir parietalinė žievė (ypač dešiniajame pusrutulyje). Be to, tada formuojasi deklaratyvinė atmintis.

Asociacinėje (antrojoje) judesių mokymosi fazėje ypač aktyvuojamas kairiojo pusrutulio smegenys. Tada yra mobilizuojami bazaliniai ganglijai ir asociacinė žievė.

Automatizacijos fazės metu vyksta intensyvūs procesai premotorinėje, antrinėje ir pirminėje žievėje (ypač kairiajame pusrutulyje, tada formuojasi ir tobulinama procedūrinė atmintis). Be to, šios fazės metu toliau tobulinama deklaratyvinė atmintis (daugiausia tai vyksta dešiniojo pusrutulio bazaliniuose ganglijuose).

Automatizacijos fazėje centrinė nervų sistema geba panaudoti aplinkos ir kūno dinamines savybes stabilesniam ir tikslesniam judesiui atlikti, pvz., geras šaulys gaiduką nuspaudžia tada, kai svyruojantis kūnas akimirksniu nustoja judėti. Geras šaulys nesistengia sustabdyti kūno svyravimo, bet stengiasi perprasti

svyravimo savybes, kad tą galėtų panaudoti stabilesniam gaiduko nuspaudimui.



21 pav. Judesių mokymosi fazės

Pagal judesio atlikimo efektyvumą pirmojoje judesių mokymosi fazėje negalima suprasti apie mokymosi efektyvumą.

211. Judesių atlikimo variabilumas yra didžiausias pirmojoje fazėje, o mažiausias automatizacijos fazėje (Handford ir kt., 1997; Newell ir kt., 2001; Davids ir kt., 2003; Liu ir kt., 2006). Pastebėta, kad, prieš pereinant į antrąją (asociacinę ar supratimo) fazę, judesių variabilumas gali netgi padidėti (21 pav.). Kitaip tariant, pirmosios mokymosi fazės metu, atlikdamas judesius, mokinys vieną dieną atlieka judesį gerai, kitą – labai blogai. Pažinimo fazės metu judesių atlikimo stabilumas labai menkas. Pastebėta, kad negalima tiksliai prognozuoti perėjimo iš pažinimo fazės į asociacinę tašką (momentą). Vienodo gabumo iš pirmo žvilgsnio mokiniai gali skirtingu laiku (taip ir yra) pasiekti to paties judesio antrosios fazės pradžią. Galima teigti, kad nėra pagrindo tikėti, jog kuo greičiau „pagauni“ judesį (t.y. pasiekti supratimo fazę), tuo geresnis mokytis judesio.

Pirmosios įgūdžių formavimosi fazės metu judesiai atliekami neefektyviai, prireikia daug pastangų (dėmesio koncentracijos), antrosios fazės metu – efektyviau, mažiau apie jį galvojant, nes susidaro ryšiai (asociacijos) tarp

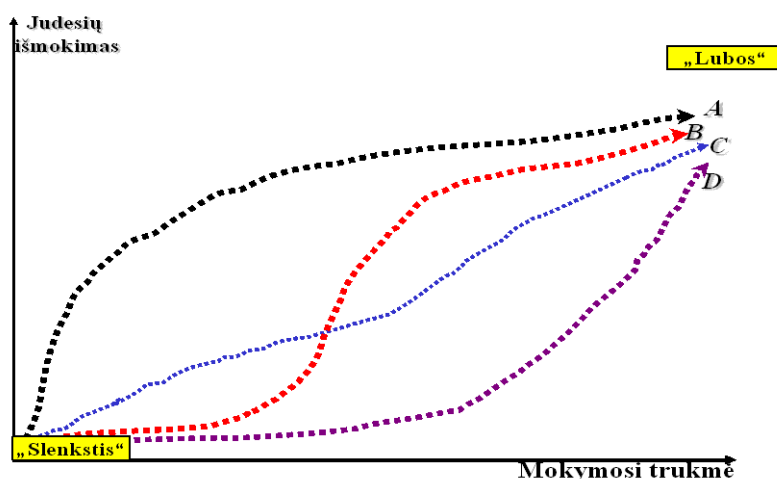
atskirų centrinės nervų sistemos dalių, o trečiosios fazės metu– beveik automatiškai ir stabiliai.

212. Kiekvienas žmogus turi tik jam būdingus (ir pats niekada negalėtų to atkartoti) judesių **išmokimo arba atstatymo trajektorijas** (22 pav.). Dažniausia A trajektorija, kuri aprašo pagrindinį judesių **mokymosi dėsni**: „kuo mažiau pradžioje moki (kuo žemiau „**slenkstis**“), tuo daugiau išmoksti kiekvienos pamokos metu“, o „kuo stabiliau atlieki judesį (kuo arčiau „**lubų**“), tuo mažiau išmoksti per kiekvieną pamoką“.

Kiekvieno žmogaus judesių išmokimo laikas yra skirtingas ir tai daugeliu atveju priklauso tiek nuo vidinių žmogaus fiziologinių arba psichologinių veiksnių, tiek nuo išorinių, kurie nėra tiksliai prognozuojami. Kitaip tariant, galima teigti, kad sveikam žmogui ar pacientui pasisekė greitai perprasti judesio būdus, jei jis (vaikas) greičiau už kitus išmoko atlikti judesį.

Kiekvieno žmogaus tokio paties judesio mokymasis gali būti skirtingas, todėl didžiausia klaida būtų, jei nuspręstumėme suvidurkinti daugelio žmonių judesių mokymąsi ir pagal tai prognozuotumėme atskiro žmogaus judesio mokymąsi (Newell ir kt., 2001).

Žmogus mokosi valdyti judesius nuo „psichologijos link fiziologijos“: greičiau išmokstame koncentruoti dėmesį bei suprasti, ką reikia daryti, nei išmokstame tiksliai aktyvuoti reikalingus raumenis. Jei pacientas negeba koncentruoti dėmesio, tada jam labai sunkiai sekasi atkurti judesius.



21 pav. Judėsių mokymosi trajektorijos, „slenkstis“ ir „lubos“ (Skurvydas, 2008)

2.3. Procedūrinis ir deklaratyvus judėsių mokymasis: procedūrinė ir deklaratyvi atmintis

Yra trys motorinės atminties paradigmos. Pagal pirmąją paradigmą motorinė atmintis yra žmogaus proto rezultatas, kuris visiškai nepriklauso nuo žmogaus kūno (pvz., smegenų sudėties, ryšių ir t.t.). Ši paradigma vadinama dualistine (pagal R.Dekartą), atskirianti žmogaus protą nuo kūno. Antroji paradigma – redukcionistinė, ji teigia, kad motorinė atmintis priklauso tik nuo atskirų kuo smulkesnių dalelių struktūros ir funkcijos (pvz., nervų ląstelių). Šių dienų paradigma – kompleksinių sistemų paradigma motorinę atmintį aiškina kaip dinamišką procesą, kuris kyla dėl nervų ląstelių sąveikos.

213. Nervų fiziologijoje yra du motorinės atminties susiformavimo tipai: a) procedūrinė; b) deklaratyvi atmintis (Kandel ir kt., 2000; Krakauer ir Shadmehr, 2006; Halsband ir Lange, 2006). Pagrindiniai jų požymiai ir deklaratyvios atminties formavimosi etapai pateikiami 23, 24 pav. Pagrindinis požymis, skiriantis procedūrinį mokymąsi nuo deklaratyvinio, yra tai, kad procedūrinis mokymasis (kaip ir jo rezultatas – procedūrinė atmintis, išmokimas) nepriklauso nuo psichologinės paciento būsenos. Be to, deklaratyvios atminties talpa yra nepalyginamai didesnė nei procedūrinės.

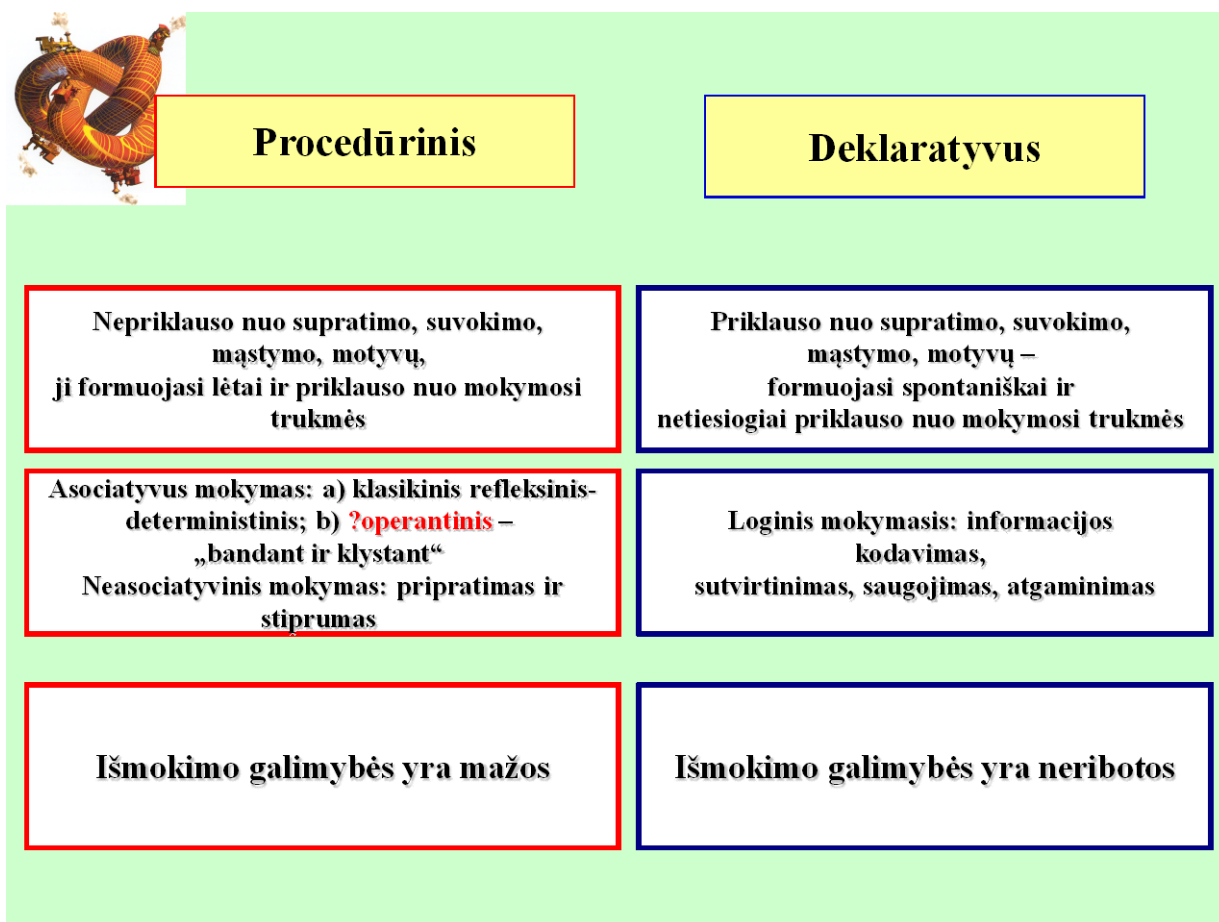
Optimalios emocijos mokantis sąlygoja išmokimą ilgesniam laikotarpiui, t.y. ilgiau išlieka motorinė atmintis.

Deklaratyvi ir procedūrinė atmintis yra koduojamos vienoje vietoje (mokymosi pradžioje), o saugomos kitoje (Halsband ir Lange, 2006).

214. Galima sakyti, kad procedūrinis mokymasis – tai „aklas“ mokymasis, pagrįstas teiginiu: „kuo daugiau, tuo geriau“. Procedūrinė atmintis – tai gebėjimas atlikti seniai išmoktą judesį, nors negalint paaiškinti (žodžiu), kaip tą reikia daryti. Deklaratyvinė atmintis – tai žinojimas ir supratimas, ką ir kaip reikia daryti. Deklaratyvinė atmintis susiformuoja greičiau nei procedūrinė, tačiau procedūrinė atmintis išlieka ilgiau. Deklaratyvinė atmintis neturi įtakos (arba labai mažą įtaką) procedūrinei atminčiai.

Deklaratyvi atmintis pradeda formuotis prefrontalinėje ir motorinėje žievėje, o procedūrinė atmintis – antrinėje motorinėje žievėje. Tačiau deklaratyvi atmintis daugiausia yra saugoma hipokampe, o procedūrinė – dryžuotajame kūne (lot. *corpus striatum*), kurį sudaro kiautas (lot. *putamen*) ir uodeguotasis branduolys (lot. *nucl. caudatus*).

215. Pagrindinis būdas, leidžiantis formuotis procedūrinei atminčiai – tai sąlyginių refleksų, kuriuos atrado ir pagrindinė rusų fiziologas I. Pavlovas, atsiradimas. Tai, galima sakyti yra deterministinis (priežastinis) „jei...tai“ taisykle pagrįstas mokymas, pvz., kai daug kartų žmonės stebėjo, kad, apsiniaukus dangui, netrukus pradeda lyti. Kitas pavyzdys. Jei kamuolys skrieja tiesiai į veidą, tai žmogus staigiai pasilenkia, (kad išvengtų skausmo). Jei situacijoje S1 (žaidžiant krepšinį) sėkmingai daug kartų buvo atlikta K1 kombinacija, tai susiformavo sąlyginis refleksas: esant S1 situacijai, galvos smegenys stengiasi (reflektoriškai) atlikti K1 judesį. Šis mokymosi būdas vadinamas asociaciniu. Dar žinomas kitas procedūrinės atminties susiformavimo būdas – neasociacinis mokymas, kuris pagrįstas įvairių refleksų pripratimu ir stiprinimu. Pripratimo atveju CNS sistema atsimeina tą patį dirgiklį mažiau reaguodama į jį. Stiprinimo atveju CNS į tą patį prieš tai buvusį dirgiklį reaguoja jautriau.



23 pav. Procedūrinis ir deklaratyvus judesių išmokimas (procedūrinis ir deklaratyvus išmokimas pagrįsti atitinkamai procedūrinės ir deklaratyvios atminties susiformavimu)

Miego sutrikimas gali būti labai svarbi priežastis neleisti įsitvirtinti dieną atlikto judesio motorinei atminčiai. Pastebėta, kad miego metu deklaratyvi atmintis (t.y. atmintis, kuri labiau priklauso nuo mąstymo, dėmesio koncentracijos, emocijų) labiau įsitvirtina nei procedūrinė (Krakauer ir Shadmehr, 2006). Nakties miego metu labiau „treniruojami“ judesiai, kurie nepriklauso nuo raumenų specifikos; dienos poilsio metu labiau užsifiksuoja nuo raumenų specifikos priklausomi judesiai (Cohen ir kt., 2006).

216. Deklaratyvi atmintis susiformuoja greičiau (greičiau ir išnyksta) nei procedūrinė. Judesių procedūrinis mokymas gali būti lėtas ir greitas: kai greitas mokymas nesutvirtinamas, tada vietoje jo formuojasi lėtas mokymasis. Greitą procedūrinį išmokimą blokuoja deklaratyvinis mokymasis (Keisler ir Shadmehr, 2010).

Nustatyta, kad: 1) ilgiau atsimename nepertraukiamus judesius, kurie atliekami pertraukiamai, ir nepertraukiamai atliekamus judesius; 2) kai judesiai atlikėjui labai reikšmingi ir svarbūs, jie žymiai ilgiau išlieka atmintyje nei nesvarbūs; 3) pozą žymiai ilgiau atsimename nei judesio kryptį arba atstumą; 4) ilgiau atmintyje išlieka judesio visuma, kuri susijusi su kontekstu, nei atskira dažnai su kontekstunesusijusi judesio dalis; 5) keisti, netikėti, nekasdieniai judesiai išlieka atmintyje ilgiau ne įprastiniai (Magill, 2007).

217. Labai svarbus deklaratyvaus mokymosi (deklaratyvios atminties formavimosi) etapas (24 pav.) yra informacijos kodavimas, kuris priklauso nuo informacijos prasmės ir jos ryšio su ankstesne ir tvirtesne informacija (**Kandel ir kt., 2000; Robertson ir kt., 2004; Krakauer ir Shadmehr, 2006**). Be to, pastebėta, kad informacijos kodavimas yra aktyvus procesas, kuris priklauso nuo motyvacijos. Gana mažai judesio valdymo ir mokymo srityje nagrinėta, kaip koduojama informacija apie judesį. Kodas dažniausiai yra abstraktus, pvz., pratimą „bėgant aukštai keliant kelius“ galima koduoti „bėgti kaip per vandenį“. Geriausiai suprantamas informacijos kodavimo pavyzdys yra, pvz., skaičių sekos atsiminimas. Norint atsiminti skaičių seką „12361236“, kiekvienas žmogus ieško jam tvirčiausio kodo. Vienas žmogus gali sakyti, kad „12“ – tai gimimo mėnuo, „3“ – gimimo diena; „6“ mamos gimimo diena. Ir ši skaičių seka kartoja du kartus. Galimi ir kiti kodai. Nustatyta, kad informacijos kodavimas ypač priklauso nuo **darbinės atminties** (operatyvios) pajėgumo. Darbinė atmintis yra labai trumpa (ji išlieka nuo kelių iki kelių dešimčių sekundžių). Be to, darbinė atmintis gali atsiminti net daugiau septynių skirtingų procesų.

Žmogaus darbinė atmintis vienu momentu geba analizuoti apie 5–7 skirtingas informacijas. Jei sutrikusi darbinė atmintis, tada labai sunku atkurti judesius.

218. Vienas labiausiai dabar tiriamų deklaratyvios atminties formavimosi etapų – **informacijos sutvirtinimas** (angl. *consolidation*) (24 pav.). Įdomu tai, kad tada, kai po vieno tipo judesių mokymosi seka kito tipo judesių mokymasis, tai antrasis judesys gali prislopinti pirmojo judesio išmokimą. Tai **retroaktyvus** (nukreiptas atgal) judesių slopinimas. Be to, pasitaiko, kad pirmojo judesio išmokimas gali trukdyti kito judesio išmokimui. Tai į priekį nukreiptas slopinimas

(**proaktyvus**). Kad nebūtų retroaktyvaus slopinimo, būtina pakankamai ilga (optimali) pertrauka po pirmojo judesio mokymosi. Mokslininkai pastebėjo, kad tai tęsiasi apie 4 val. (**Robertson ir kt., 2004; Krakauer ir Shadmehr, 2006**) Pastebėta, kad į priekį nukreiptas ir retroaktyvus judesių slopinimas ypač pasireiškia, kai atliekami judesiai, turintys labai daug panašių elementų, pvz., stalo teniso ir lauko teniso žaidimas.

Pastebėta, kad informacijos sutvirtinimas vyksta dviejose fazėse: a) pirmosios fazės metu, kuri tęsiasi 4–12 val. po mokymosi pabaigos (tačiau ne po miego), informacija yra sutvirtinama, bet judesių atlikimas nepagerėja lyginant su pamokos pabaiga; b) antroji fazė, kuri būtinai pasireiškia po miego (miegant 4–8 val.), informacija yra sutvirtinama, bet vienu metu pagerėja ir judesio atlikimas (greitis ir tikslumas). Po informacijos sutvirtinimo žmogaus atmintis pereina labai trapią fazę. Jei šios fazės metu judesys nebus kartojamas, tai bet kokia kita veikla gali „ištrinti“ dar labai trapią informaciją. Kitaip tariant, judesio kartojimas – būtina sąlyga norint ilgam išmokti judesį (Walker ir kt., 2003).

Norint, kad atliktas judesys centrinėje nervų sistemoje sukeltų ilgai išliekančią motorinę atmintį, labai svarbu tai, kas daroma iškart po judesio mokymosi. Šis mokymosi etapas yra kritiškas motorinei atminčiai sutvirtinti.

219. Trečiasis deklaratyvios atminties formavimosi etapas yra susijęs su ilgalaikės atminties formavimusi. Geriausias būdas deklaratyvios atminties ilgalaikiam sutvirtinimui – judesio kartojimas (prisiminimas).

Labai įdomu!

Nustatyta, kad žmogus geriau įsimena išmoktą medžiagą, jei po mokymosi prieš miegą suvartoja nedidelį kiekį alkoholio (Wixted, 2005).

Nustatyta, kad žmogaus galvos smegenų kairysis pusrutulis specializuojasi koduodamas informaciją, o dešinysis – atgamindamas informaciją. Be to,

kairysis pusrutulis valdo judesius tobuliau nei dešinysis (Halsband Lange, 2006).

220. Žmogaus atmintyje gali būti sukaupta daug informacijos, tačiau jis gali negebėti jos panaudoti (ištraukti iš „atminties lobyno“) (informacijos atgaminimo etapas, 24 pav.). Dažniausiai taip yra todėl, kad nėra pirmojo stimulo („užuominos“), leidžiančio pradėti atsiminti. Pavyzdžiui, jei užkodavome skaičių seką pagal tam tikrą logiką, tai, norint pradėti tą atsiminti, būtina aktyvi užuomina apie kodavimo logiką, pvz., ar kodas yra susijęs su gimimo datomis, arba algebros veiksmams ir t.t.

221. Jei pacientas praranda atmintį ir negali prisiminti vieno arba kito įvykio, jam atsiminti gali padėti labai gera užuomina, pvz., kažkokia melodija, aplinka.

Judesiui atgaminti reikia žymiai mažiau laiko nei išmokti naują, tačiau ši taisyklė tinka tik sveikam žmogui.

Deklaratyvus mokymasis labiau moko judesių tikslumo, o procedūrinis – moko judesio atlikimo greitumo. Deklaratyvus išmokymas mažiau nei procedūrinis priklauso nuo raumenų specifikos. Taigi, judesių mokymosi pradžioje (kai vyrauja deklaratyvus išmokymas) greičiausiai pagerėja judesių tikslumas nepriklausomai nuo to, kokie raumenys atlieka judesį.



Keturi etapai deklaratyvaus mokymosi

1. Informacijos kodavimas:

kodavimo efektyvumas priklauso nuo informacijos prasmės ir ryšio su kita, ankstesne pagrįsta informacija bei nuo motyvacijos

2. Informacijos sutvirtinimas:

procesas, kuris sutvirtina naują, labilų, nepagrįstą informaciją. Įtvirtinimo mechanizmas – baltymų sintezė, kuris remiasi aktyviu judesio atlikimu

3. Informacijos išsaugojimas:

ilgalaikės atminties mechanizmas, kuris labiausiai priklauso nuo nuolatinio mokymosi kartojimo

4. Informacijos atgaminimas:

priklauso nuo kodo-užuominos, kuria buvo užkoduota informacija. Be to, priklauso nuo darbinės atminties aktyvumo ieškant kodo

24 pav. Deklaratyvaus mokymosi etapai

Dėl senėjimo proceso daugiau nyksta deklaratyvi atmintis. Tačiau, treniruojant ją, šį senėjimo procesą galima gerokai atitolinti.

Motorinėje atmintyje ilgiau išlieka judesio padėties (pozos, pradinės arba galutinės) nei judesio atlikimo kinematinų arba dinaminų charakteristikų pėdsakas. Todėl, norint ilgiau atsiminti judesį, rekomenduojama pajusti kuo daugiau įvairių pradinių ir galutinių judesių atlikimo būsenų (pozą). Šiandien viena populiariausių judesių mokymo teorijų teigia, kad nuo pradinės ir galutinės būsenos dinamiškumo (įvairovės) priklauso judesio atlikimo sėkmė kintamoje (dinamiškoje) aplinkoje.

Judesių mokymosi galimybės sutampa su motorinės sistemos dinamišku: kuo dinamiškesnė (t.y. turinti daugiau galimybių judesiui atlikti) motorinė sistema, tuo didesnės jos mokymosi galimybės.

Problema!

Judesių mokymosi procese labai sudėtinga išskirti, kur yra procedūrinis, o kur deklaratyvus mokymasis –dažniausiai jievyksta kartu.

Judesio mokymosi pradžioje vyrauja deklaratyvi atmintis, vėliau labiau procedūrinė. Kai judesys atliekamas automatiškai daugiau dirba smegenėlės nei motorinė žievė. Tai yra viena tolesnio tobulėjimo problemų – kuo tobulesnis esi, tuo sunkiau ką nors naujo išmokti, todėl mažiau dirba motorinė žievė (Halsband ir Lange, 2006).

222. Taigi, jei susiformuoja motorinis įgūdis, tai jis išlieka jei ne visą gyvenimą, tai ilgą laikotarpį. Tai užsifiksuoja ilgalaikėje motorinėje atmintyje. Tokį išmokimą galima vadinti **ilgalaikiu arba tikruoju išmokimu (Schmidt ir Lee, 1999)**. Tačiau seniai pastebėta, kad yra taip vadinamasis **netikras trumpalaikis išmokimas**, kuris pasireiškia per vieną pamoką ir po kelių valandų arba dienų išnyksta. Taigi, netikras arba trumpalaikis „išmokimas“ nėra išmokimas, bet tik judesio **atlikimas** (angl. *performance*). Pagrindinis požymis, skiriantis judesio atlikimo efektyvumą nuo tikrojo išmokimo yra tai, kad judesio atlikimo efektyvumas gali greitai pagerėti (pvz., dėl tinkamos pramankštos), bet kartu jis greitai sumažėja, o tikrasis išmokimas išlieka labai ilgai.

2.4. Judesių mokymosi strategijos

223. Žinomos keturios nepriklausomos judesių mokymosi strategijos (25 pav.):

1. Orientuota į **išmokimo greitį**.
2. Orientuota į **atsiminimo trukmę**.
3. Orientuota į **pritaikymo plotį**.
4. Orientuota į **naujų judesių kūrybą**.

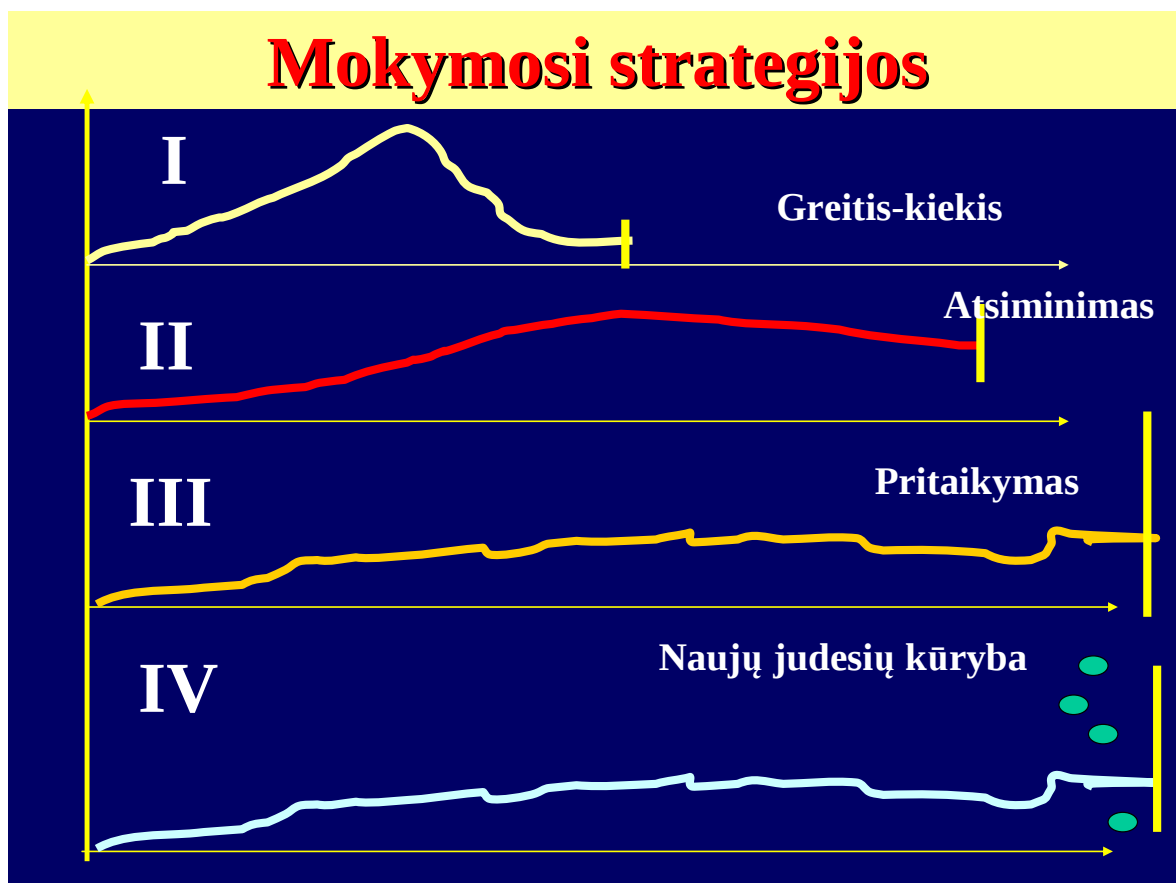
224. Pastebėta, kad nėra tiesioginės priklausomybės tarp šių strategijų (jų tikslų): motorinio įgūdžio išmokimo greičio, atsiminimo trukmės, pritaikymo, ypač naujo sukūrimo (**Schmidt ir Lee, 1999; Magill, 2007**). Dažnai pastebima net atvirkštinė priklausomybė, pvz., kuo greičiau

suformuojamas motorinis įgūdis (išmokstama), tuo blogiau pritaikomas judesys įvairiose situacijose ir tuo greičiau užmiršamas.

225. Pirmoji motorinių įgūdžių formavimosi strategija akcentuoja išmokimo greitį: kuo greičiau išmokstama efektyviai atlikti judesį, tuo teigiama, kad, pvz., geresnė mokymosi metodika. Galima sakyti, kad ši strategija yra seniausia (klasikinė), nes jau seniai ieškoma (įvairiose srityse) tokių mokymosi būdų, kad kuo per trumpesnę laiką būtų galima daugiausia išmokyti. Pastebėta, kad geriausias būdas greitai išmokyti – mokytis vienu metu ne daug dalykų, bet kuo galima mažiau. Tai specializuotas (siauras) mokymasis, kuris (kaip pastebėta vėliau) labai sunkiai pritaikomas kitomis nei mokymosi sąlygomis, pvz., norint sėkmingai dalyvauti baudų metimo į krepšį varžybose, pratybų tikslas aiškus – kuo daugiau atlikti metimų nuo baudos linijos (žinoma, jei bus metimų per daug, tada treniruotės veiksmingumas gali sumažėti). Tačiau tokios treniruotės neužtikrins, kad išmoktas judesys išliks labai ilgai ir tuo labiau bus pritaikomas kitose situacijose (pvz., metant kamuolį į krepšį iš įvairių atstumų).
226. Norint ilgam suformuoti motorinius įgūdžius, dažnai pasirenkama kita mokymosi strategija – didinamas pratybų skaičius. Tada nėra ypač akcentuojamas koncentruotas (smūginis) mokymasis, o mokymasis vyksta sistemiškai, tolygiai. Pavyzdžiui, studentai, kurie rengiasi egzaminui paskutinę naktį, naudoja pirmąją (smūginę) strategiją, o tie, kurie mokosi sistemingai viso semestro metu, pritaiko antrąją, ilgo atsiminimo strategiją.
227. Visiškai neseniai mokslininkai ir praktikai atkreipė dėmesį į motorinių įgūdžio formavimosi strategiją, kuri akcentuoja išmokto judesio efektyvų pritaikymą (**transformavimą**) kitomis sąlygomis, pvz., mokinys mokėsi vairuoti „Opel“ markės automobilį ir tą darė kieme, o egzaminą (vairavimo) laiko su „Volvo“ mašina ir judrioje gatvėje. Žinoma, pateiktas pavyzdys greičiausiai nerodo, kad mokinys mokėsi vairuoti pagal plataus pritaikymo strategiją, nes šios mokymosi strategijos išskirtinis požymis yra tai, kad motorinis įgūdis (pvz., vairavimas) turi būti formuojamas atliekant judesius nestandartinėse, nuolat kintamosiose situacijose (pvz., didžiausio eismo metu vairuojant automobilį judrioje gatvėje). Taigi, trečioji mokymosi strategija, priešingai pirmajai, akcentuoja mokymosi įvairovę.
228. Netiesinių dinaminų sistemų tyrimo pasiekimai sudarė sąlygas sukurti pačią naujausią motorinių įgūdžių formavimosi strategiją, kurios pagrindinis tikslas – mokytis taip, kad ne tik galėtum pritaikyti išmoktą judesį įvairiose situacijose (pagal trečiąją strategiją), bet sėkmingai

galėtum atlikti judesį, kuris per treniruotes niekada nebuvo atliekamas. Galima teigti, kad ši strategija yra **kūrybiško mokymosi strategija** (Kelso, 1999; Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004). Norint ją sėkmingai įgyvendinti, rekomenduojama per pamokas (pratybas) atlikti naujus, niekada nebandytus judesius, ypač kebliose situacijoje. Šio judesių mokymosi strategijos metu galvos smegenys privalo spręsti problemą – kaip valdyti judesį, jei niekada nėra tekę to daryti. Todėl ši judesių mokymosi strategija gali būti vadinama ir **probleminio mokymosi** strategija. Formuojant motorinius įgūdžius pagal šią strategiją, labiausiai dirba galvos smegenys, o tai yra pagrindinė priežastis, kodėl išmokstama ilgam.

Probleminio (kūrybiško) mokymosi strategija yra plačiausiai pritaikoma įvairiose situacijose, nes jos metu išmokstama to, ko reikia daugelyje veiklų: gebėti koncentruoti dėmesį, adekvačiai ir greitai įvertinti situaciją ir priimti sprendimą. Plačiausiai pritaikoma tai, kad mokymosi metu daugiau reikalauja „proto“ (Bernstein, 1967; Kelso, 1999; Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004).



25. pav. Judesių mokymosi strategijos (Skurvydas, 2008)

Mokinys privalo suprast, ką ir kodėl jis daro.

2.5. Motorinių įgūdžių formavimosi moderniosios teorijos**Schemas teorija**

229. Dabar viena labiausiai paplitusi motorinių įgūdžių formavimosi teorija yra **schemas teorija** (Schmidt ir Lee, 1999; Newell, 2003; Schmidt ir Wrisberg, 2004), kuri pasižymi šiais savitumais:

- A. Kai susiformuoja motorinis įgūdis, CNS susidaro **judesių atlikimo schema**. Schema – tai judesio atlikimo lankstus planas, kuris gali būti koreguojamas priklausomai nuo judesių atlikimo sąlygų. Kuo lankstesnė schema, tuo vienoje situacijose išmoktas judesys lengviau **perkeliamas (transformuojamas)** į kitas. Tačiau prieš suformuojant judesio schemą, būtina sukurti **generalinę (bendrąją) motorinę programą** (ang. *generalized motor program*), kuri yra labiau panaši į judesio atlikimo idėją ar bendrą strategiją.
- B. Kuo daugiau susiformuoja judesių atlikimo schemų, tuo lengviau galima išmokti naują judesį.
- C. Kuo geresni ir tikslingesni ryšiai tarp atskirų schemų, tuo ilgiau **motorinėje atmintyje** išlieka motorinis įgūdis. Norint efektyviau išmokti sudėtingų judesių arba jų derinį, dažnai bandoma tam tikrus judesio elementus pagal tikslą arba panašumą sujungti į tam tikrą sistemą. Pavyzdžiui, nustatyta, kad žymiai greičiau įsimename raides, kai bandome iš jų sudaryti žodžius. Jei pasiseka rasti prasmingų žodžių, tai per trumpą laikotarpį galime parodyti geras įsiminimo savybes. Tas pats principas taikomas ir judesiams išmokti. **Iš gerai žinomų judesių elementų galima konstruoti sudėtingus judesių derinius**. Norint efektyviai susiformuoti įgūdį, pirmiausia būtina ieškoti ryšio su anksčiau išmoktais judesiais, remiantis ankstesne patirtimi, kurti naujus judesius. Būtina mokytis **judesių kūrybos**.
- D. Norint, kad greitai ir stabiliai susiformuotų motorinis įgūdis, mokymasis turi būti aktyvus, t.y. žmogus turi aktyviai planuoti judesio atlikimą ir stengtis įgyvendinti planą. Taigi, prieš atliekant judesį, CNS turi būti būsimo judesio vaizdas, kuris vadinamas **eferentine kopija**.
- E. Tarp atliekamų judesių efektyvumo ir jų išmokimo lygio nėra tiesioginio ryšio. Jei per užsiėmimą atrodo, kad medžiaga efektyviai išmokta, tai neužtikrina ilgalaikio įgūdžio susiformavimo.

- F. Judesių mokymasis: nuo generalinės (bendrosios) motorinės programos struktūros (schemos) link specifinės motorinės programos parametrų parinkimo.
- G. Ne programų, bet jų sudarymo taisyklių, pagal kurias gali parinkti specifinės motorinės programos parametrus, mokymas. Judesių kūrybos mokymasis.
- H. Po judesio, atlikimo atmintyje išlieka: a) pradinė judesio padėtis; b) motorinės programos parametrai; c) pasiektas rezultatas; judesio sensorinis pėdsakas. Ši informacija paverčiama motorine (angl. *recall*) ir sensorine (angl. *recognition*) schemomis.

Dinaminė-ekologinė teorija

230. Šiandien pati naujausia yra **dinaminė-ekologinė** judesių mokymo teorija, kuri priklauso prie atvirųjų dinaminių susireguliuojančiųjų sistemų teorijų (**Zelaznik, 1996; Kelso, 1999; Burdet, 2001; Davidson, 2003; Davids ir kt., 2008**). Pagal šią teoriją judesių mokymasis – tai nuolatinė geresnio būdo judesiui atlikti paieška. Nustatyti šie pagrindiniai dinaminės – ekologinės judesių mokymosi teorijos požymiai:
- A. Judesio išmokimas – tai judesio tikslo (idėjos), motorinės sistemos būsenos ir aplinkos dinamiškas (dažnai netgi spontaniškas) koordinavimas. Tai netgi judesio idėjos ir motorinės programos dinamiškas koordinavimas.
 - B. Judesys prasideda dažnai dėl spontaniško aplinkos stimulo.
 - C. Judesys išmokstamas geriau, jei mokinio „galva“ sudaro su aplinka darnią sistemą. Kitaip tariant, judesiai yra lengviau atsimenami, jei jie atliekami įsimintinoje aplinkoje. Kai pamatai buvusią situaciją (užuominą), tada geriau prisimeni, kaip reikia atlikti judesį.
 - D. Du **skirtingi ketinimai**: a) gerai **atlikti** judesį; b) gerai **išmokti** judesį. Nustatyta, kad motorinių įgūdžių susiformavimo efektyvumas labiausiai priklauso nuo ketinimo „gerai išmokti“ nei nuo ketinimo „gerai atlikti“. Kai ketinimas yra adekvatus užduočiai, tada yra **aktyvus mokymasis**, kurio pagrindinis požymis yra tai, kad mokinyš pats, nieko nekopijuodamas, ieško geriausio būdų judesiui atlikti.
 - E. Judesių variabilumas – vienas svarbiausių judesių mokymosi parametrų.

Moderni šių dienų judesių mokymo teorija teigia, kad motorinių įgūdžių formavimasis – tai motorinio raštingumo mokymasis, kuris prasideda nuo išmokimo rašyti raides, o vėliau iš jų sudėti žodžius, sakinius arba romanus. Ar žinote, kad negalima atmintinai išmokti visų judesių, todėl būtina lavinti

**judesių kūrybą, t.y. priklausomai nuo situacijos, konteksto tą pačią mintį
(judesį) „išreikšti kitais žodžiais“ (atlikti kitu būdu).**

Vidinių modelių teorija

231. Ši teorija yra viena moderniausių šių dienų judesių mokymo teorijų, kurios esmė – atliekant judesius, galvos smegenyse susiformuoja modeliai (vidiniai modeliai: atvirkštinis ir tiesioginis), kurie leidžia tiksliau, greičiau ir ekonomiškiau valdyti judesius (**Dauids ir kt., 2008**). Pagal šią teoriją galvos smegenys „skaičiuoja“ kaip labai greitas kompiuteris. Galvos smegenys įvertina ne tik organizmo esamą būseną, bet ir žmogų supančią aplinką. Tada sukuriamas (vidinių modelių apskaičiuojamas) planas norimam tikslui pasiekti. Vidiniai modeliai leidžia labai greitai koreguoti judesio planą.

Penkiolika išskirtinių judesių mokymosi teorijų požymių

232. Galvos smegenys vidinių modelių pagalba geba numatyti (apskaičiuoti) optimalų judesio atlikimo planą (tikslą siekimo planą) atsižvelgiant į esamą aplinkos situaciją, organizmo būseną ir judesio tikslą.
233. Motorinių įgūdžių formavimasis vyksta, kaip galvos smegenyse vyksta ir nuoseklus, ir lygiagretus skaičiavimas. Nepaisant to, vykstant judesių valdymo, ir judesių išmokimo procesui galvos smegenyse yra tam tikra „tvarka“ – hierarchija, pvz., motorinė ir sensorinė žievė „įsakinėja“ galvos smegenų kamienui, o ne atvirkščiai.
234. Judesių valdymo ir judesių išmokimo procese galvos smegenys turi tam tikras ribas informacijai sukaupti, t. y. vienu metu negalima sąmoningai mokytis kelių dalykų.
235. Vienu metu vyksta sąmoningas (valingas) ir nesąmoningas (nevalingas) judesių mokymasis. Lengviau kontroliuoti valingą nei nevalingą judesį. Nepaisant to, kad nevalingą mokymosi procesą yra gana sudėtinga kontroliuoti, jis yra labai svarbus ir ypač pasireiškia atliekant dinamiškus judesius (kai sąmoningai nebespėjama kontroliuoti judesių).
236. Kuo daugiau dinamikos ir įvairovės atliekant judesius, tuo daugiau galvos smegenys mokosi valdyti judesius. Net patys geriausi pasaulio atletai negali to paties judesio atkartoti visiškai taip pat. Todėl judesių mokymas yra dinamiškas procesas, t.y. „netiesinė pedagogika“.

237. Norint išmokyti plastiškai, greitai, tiksliai ir ekonomiškai atlikti judesius, būtina išmokyti jausti būsimą ir atliktą judesį. Vėliau šis jausmas yra automatizuojamas ir žmonės „jaučia valingai nejausdami“. Tada, jei esame išmokyti automatiškai jausti, bet koks valingas (sąmoningas) judesio atlikimo jautimas gali net pabloginti judesio valdymą. Pavyzdžiui, jei nori padaryti klaidą, tai būtinai pradėk galvoti apie judesio atlikimo detales, atlikdamas judesį.
238. Negalima išmokyti judesių nedarant klaidų. Todėl klaida yra ne blogo mokymosi pasekmė, bet gero mokymosi priežastis (stimulas).
239. Judesių išmokimas priklauso nuo išmokymo koordinuoti įvairias žmogaus kūno dalis erdvėje ir laike. Kadangi žmogaus kūno dalys turi labai daug laisvės judėti įvairiomis kryptimis, todėl dabar vyrauja du požiūriai dėl tos judėjimo laisvės. Pirmasis požiūris. Norint geriau koordinuoti įvairias kūno dalis, būtina riboti kai kurių kūno dalių veikimo laisvę. Antrasis požiūris teigia, kad neįmanoma visiškai riboti („užšaldyti“) tam tikrų kūno dalių veikimo laisvės, tačiau to daryti nereikia, nes veikimo laisvė yra būtina sąlyga judesiams koordinuoti.
240. Norint, kad išmokyti judesiai būtų plačiai pritaikomi kitojose sistemose, mokantis judesių būtina sukurti kuo įvairesnį aplinkos kontekstą.
241. Per dažną informaciją apie judesio atlikimą neleidžia efektyviai išmokyti valdyti judesį. Todėl pagal naują judesių mokymo požiūrį rekomenduojama pačiam mokiniui kuo daugiau ieškoti jam optimalaus būdo judesiui atlikti. Geras mokytojas arba treneris yra tas, kuris sukuria sąlygas pačiam mokiniui atskleisti save (tai mokytojas „daržininkas“). Blogas mokytojas yra labiau panašus į skulptorių, kuris pagal savo schemą iš „molio“ (sportininko savybių) lipdo sportininką.
242. Jei nori, kad neišmoktumei efektyviai valdyti judesį, tai pamėgdžiodamas kitą, bet ne pats ieškok tau tinkamiausio būdo judesiui atlikti. Be supratimo nebus ir tinkamo mokymosi. Tačiau supratimas turi būti labiau orientuotas į taktikos supratimą nei atskirų judesio elementų supratimą. Pažangiausios sportinių žaidimų judesių mokymo teorijos ypač akcentuoja taktikos veiksmų supratimą.
243. Jei nori „neišmokyti vaikščioti“, tai mokyk atskirai kiekvieną raumenį, kuris dalyvauja šiame procese.

244. Jei galvoji, kad pagal tai, kaip per pirmąsias dienas tobulėja tavo mokinys, gali numatyti jo perspektyvą, tai darai didžiulę klaidą – tikrasis mokymosi procesas dažnai yra lėtesnis ir iš pirmo žvilgsniosunkiai pastebimas.
245. Nereikia stebėtis, jei ne kiekvieną dieną žmogus yra reikiamos „formos“ plastiškai, greitai ir tiksliai atlikti judesius. Tuo labiau nereikia stebėtis, kad iš anksto negalima tiksliai numatyti, kada, pvz., sportininkas bus aukščiausios judesių valdymo formos, nes net per kelias minutes gali įvykti ryškių pokyčių, nekalbant apie kelias valandas arba dienas.
246. Jei judesio atlikimas ir tuo labiau judesių mokymosi procesas yra dinamiškas ir labai sudėtingas procesas, tai jo pažinimas tikrai nėra paprastas, „aritmetiniais vidurkiais“ arba „vidutiniais standartiniais nuokrypiais“ pagrįstas. Nėra abejonės, jų pažinimui reikia matematikos, logikos, faktų, bet reikia ir sveiko proto ir praktinio žinojimo (kuris dažniausiai yra sunkiai aprašomas– tai dažniausiai yra „tylus žinojimas“.

Šiuolaikinės judesių reabilitacijos negalima įsivaizduoti be šiuolaikinių judesių mokymosi principų, nes judesių atkūrimas yra pakartotinis judesių išmokimas.

2.6. Motorinių įgūdžių mokymo metodai

247. **Dalinis metodas** (angl. *part-method of learning*): judesių mokymas dalimis, vėliau jas sujungiant į visumą. Manoma, kad visas judesys gali būti suskirstytas į atskiras dalis, o kiekvienos išmokimas užtikrina sėkmingą visą judesio atlikimą. Deja, labai retai gerai išmokus atlikti atskirai kiekvieną dalį, sėkmingai atliekamas visas judesys, nes visas judesys yra žymiai daugiau nei jo dalių suma.
248. **Dalinis atgalinis** (angl. *backward chaining method*) – tai dalinio mokymo metodo modifikacija, kai pradedama mokyti judesio nuo finalinės dalies link pradinės. Tai pasiteisina tuo atveju, kai finalinė judesio atlikimo dalis (etapas arba fazė) yra svarbiausi, pvz., galima

pradedant mokytis mesti diską iš vietos neatliekant posūkių, nes pati metimo technika yra labai svarbi.

249. **Dalies-visumos mokymasis** (angl. *part-whole method of learning*) – tai mokymas nuo atskirų dalių link visumos.

250. **Progresyvus dalinio mokymo metodas** (angl. *progresive part method*): judesių dalių mokymas, įtraukiant vis naujas dalis į išminktų dalių derinį.

251. **Pakartojimo metodas** (angl. *repetitive method*): progresyvaus dalinio mokymo metodo modifikacija, kai „įtraukiama“ nauja dalis tik tada, kai išmokstama ankstesnė dalis (daug kartų ją kartojant).

252. **Visuminis metodas** (angl. *whole method*): viso judesio mokymo metodas (paprastai tas metodas taikomas mokant nesudėtingų judesių).

253. **Visumos-dalies mokymo metodas** (angl. *whole-part method*): pirmiausia mokomas visas judesys, tik vėliau – jo dalys.

Šiuolaikinė judesių rehabilitacija jungia visus mokymosi metodus ir juos kūrybiškai pritaiko.

2.7. Pasirengimas mokytis

254. Norint efektyviai suformuoti motorinį įgūdį, būtina įveikti tris pagrindinius etapus: **pasirengimo, judesių atlikimo ir judesių vertinimo (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004)**. Kiekvienas iš šių etapų turi įtakos judesių mokymo efektyvumui. Pavyzdžiui, kai vaikas pamato, kad jam sekasi, tai jį stimuliuoja dar labiau mokytis. Šis dėsnis vadinamas **efekto dėsniu**. Šiandien niekas neabejoja, kad judesių mokymo veiksmingumas priklauso nuo vaiko nusiteikimo, motyvacijos bei supratimo, ką ir kaip reikės atlikti. Jei vaikas pats nori išmokti judesį, to siekia ir žino, kaip tą atlikti, tai jis žymiai greičiau išmoks judesį.

255. **Nusiteikimo ir motyvacijos principai:**

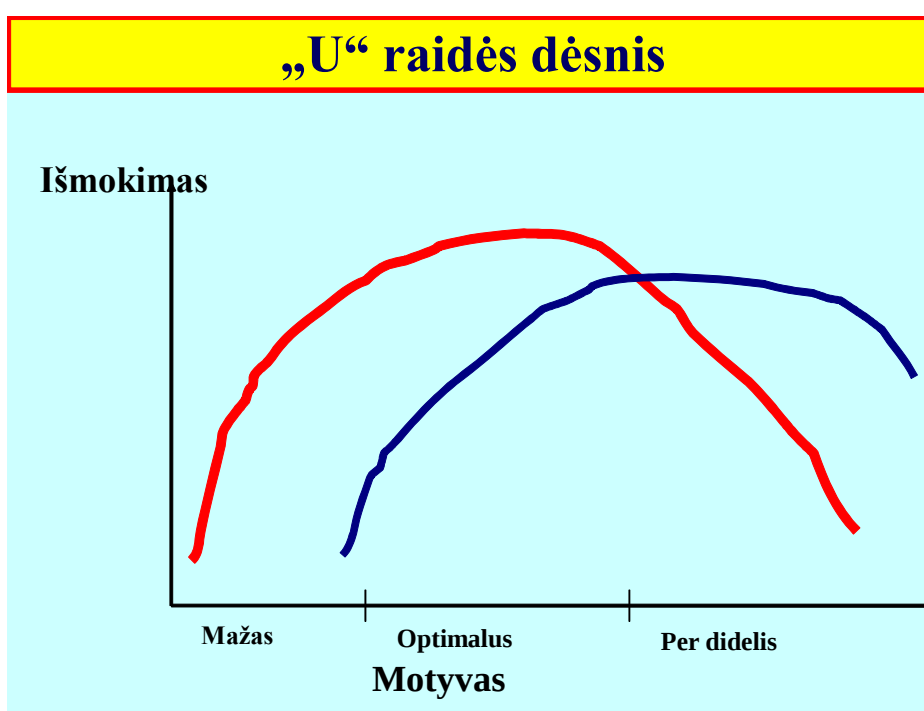
A. Darbo prasmės, svarbos bei tikslingumo principas. Jei žmogus nežino, kodėl jis turi tą darbą

atlikti, jei visiškai nesupranta jo prasmės, tai jis atliks judesius „svetimomis rankomis“. Pacientas pats turi gebėti suprasti darbo prasmę. Nustatyta, kad šiek tiek didesni tikslai mobilizuoja pacientą geriau atlikti judesius. Kitaip tariant, optimalus tikslas mobilizuoja mokinį.

B. Įdomumo-nustebimo principas. Jei atliekamas darbas yra įdomus, tai žmogus paprastai jį atlieka su dideliu įkvėpimu. Kad darbas būtų įdomus, būtina nustebinti pacientą, kuris dažniau susidomi, kai atlieka naują darbą, kurio jis dar nebuvo daręs. Jei kineziterapeutams to pasiseka, tai pamokos arba pratybių poreikis žymiai pagerėja.

C. Optimalaus nusiteikimo principai. Tiek per didelė, tiek per maža motyvacija neleidžia mokytis naujų judesių arba atlikti anksčiau išmoktų sudėtingų judesių (Wulf, 2007). Įdomu tai, kad kuo didesnė psichikos mobilizacija, tuo veiksmingiau galima lavinti išmoktus, bet nesudėtingus judesius. Judesių mokymo bei lavinimo žinovai atskleidė keletą dėsnių, susijusių su mokymo bei lavinimo efektyvumo priklausomybe nuo motyvacijos laipsnio. Pirmasis jų – tai atvirkščios **U** raidės dėsnis, kuris rodo, kad mokymo efektyvumas pats didžiausias esant optimaliai motyvacijai, t. y. nei mažai, nei labai didelei (26 pav.).

Jei, atlikdamas judesį, sportininkas pradeda galvoti apie jo atlikimą, tada pradeda daugiau klysti. Kitaip tariant, galvoti apie judesį reikia ne atliekant judesį, bet prieš jį atliekant. Tačiau, atliekant judesį, galima ir netgi būtina galvoti apie tai, kad bus toliau (Wulf, 2007).



26 pav. Apverstos „U“ raidės dėsnis

Norint, kad pacientas darytų daug klaidų, tai nesunku – tam būtina per daug jį motyvuoti. Būtina sukurti palankią, be didelės įtampos aplinką.

Įdomu, kad ryšys tarp judesio atlikimo tikslo ir motyvacijos nėra tiesinis, vienpusis bei pastovus. Dažnai didelis tikslas yra motyvo priežastis, tačiau būna ir priešingai – motyvacija formuoja tikslą.

256. **„Vyno taurės“ fenomenas.** Jo esmė – nešdamas vyno taurę, žmogus save mobilizuoja taip, kad jis geba daug greičiau sureaguoti nei paprastomis sąlygomis, kai taurė jam pradeda slysti iš rankų. Šis dėsnis rodo, kad žmogaus reakcijos greitis gali labai padidėti, jei jis pakankamai mobilizuojasi. Panašus yra **„šūvio“ dėsnis**. Jis rodo, kad tada, kai sportininkas mobilizuoja visas savo psichines galias ir atrodo, kad judesio geriau atlikti nebegali. Jis klysta, nes sportininkas turi dar daug rezervų, tik juos reikia gebėti mobilizuoti. Kaip tą atlikti? Vienas iš būdų – atsikratyti emocinės įtampos. Tam gali padėti tik labai stiprus kitas išorės dirgiklis, pvz., šūvio garsas. Tokius eksperimentus atliekantys mokslininkai yra pastebėję, kad po tokio „streso“ sportininkai geba efektyviau atlikti judesius.

Dėmesį galima koncentruoti „į vidų“ ir „į išorę“. „Į vidų“ nukreiptas dėmesys – tai dėmesys į atliekamo judesio detales, pvz., rankų amplitudę, greitį; „į išorę“ orientuotas dėmesys – tai dėmesys į galutinį judesio tikslą ir (ar) supančią aplinką. Mokslininkai vis labiau rekomenduoja koncentruoti dėmesį judesio „išorę“. Visais atvejais mokinys kuo anksčiau privalo pajusti ir suprasti judesio visumą (Skurvydas, 2008).

257. Manome, kad pasirengimo etape galima išskirti **principus**, kurie lemia tolesnį judesių mokymąsi. **Mokymo ir lavinimo būsimąjo vyksmo supratimo principai:**

A. Tikslo suvokimo: pacientas privalo suvokti, ką reikia jam atlikti nekreipiant dėmesio į detales.

B. Būdo supratimo: pacientas privalo žinoti, kaip reikia atlikti judesį.

C. Judesio prognozavimo, įsivaizdavimo: kai vaikas įsivaizduoja, kaip reikės atlikti būsimą

judesį, pagerėja atliekamo judesio veiksmingumas.

Judesių reabilitacijos pradžioje rekomenduojama dėmesį labiau koncentruoti į judesio tikslumą ir greitumą.

Tas, kuris geba formuluoti problemą, moka ir išspręsti ją.

258. Kai pacientas geba pats pasakyti, ką ir kaip jam reikės atlikti, galima sakyti, kad jis suprato, ko iš jo reikalaujama. Aiškus atliekamo judesio tikslo ir būdo supratimas įmanomas, kai vaikas gauna optimalią informaciją apie tikslą ir būdą. Įdomu tai, kad tais atvejais, kai pacientas gauna per daug informacijos, jis negeba išskirti pagrindinės, tada pablogėja ir judesio atlikimo veiksmingumas. Šis principas vadinamas **Bliss-Boderio principu** (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004).

Jei mokinys visiškai nesupranta to, ko mokosi, toks mokymasis yra netikslus. Kaip teigia Langer (1997), nėra nieko blogiau mokymosi metu, kai mokinys akiai laikosi principo, kurio visiškai nesupranta.

259. Galima pateikti tokį pavyzdį. Aštuonkojis nesugebėtų žengti nė vieno žingsnio, jei jis galvotų apie tai, kaip turi dirbti kiekviena koja. Jei vaikas pradėtų gilintis į atliekamo judesio detales, tai pablogėtų judesio atlikimo visuma. Dažnai dėl per didelio susijaudinimo vaikas seniai išmoktą judesį atlieka kaip pirmą kartą, t.y. galvoja apie atskiras detales. Toks grįžimas į „praeitį“ vadinamas **progreso-regreso principu**.

Pirmojoje judesių mokymosi fazėje mokinys dažnai negali paaiškinti, kaip reikia atlikti judesį, tačiau jis gali atlikti judesį, nors labai neefektyviai.

260. **Kuo labiau ištobulintas judesys, tuo mažiau reikia kreipti dėmesį į detalesį atliekant.** Pagal šiuolaikinę judesių mokymosi sampratą išmokto judesio programa (schema) padedama galvos smegenyse į „duomenų banką“ ir prireikus gali būti iš ten ištraukiama. Kuo daugiau vaikas turi schemų, tuo lengviau jam atlikti išmoktus judesius bei išmokti naujų, nes kiekvienoje schemoje yra labai daug panašumo.

Kuo labiau mokinys yra ištobulinęs judesį, tuo greičiau jis („iš pusės žodžio“) supranta, ką ir kaip reikia daryti.

261. Norint sėkmingai atlikti ir išmokyti judesį, būtina sumaniai iš „duomenų banko“ ištraukti judesių atlikimo schemas. Todėl būtina žinoti, kur jos yra padėtos bei koks yra „duomenų banko“ kodas. Taigi, vaikas gali mokėti atlikti judesį, tačiau mokytojas arba jis pats nežino judesių schemas kodo. N. Bernšteinas (1967) pateikia tokių pavyzdžių, kai ligonio, kuriam pažeista tam tikra motorinės sistemos dalis, prašo pakelti ranką kiek galima aukščiau, bet šis nesugeba to efektyviai atlikti. Tačiau, kai prašoma nusiimti kepurę (tai gerai išmoktas judesys), tada jis sėkmingai pakelia ranką į viršų.

Svarbu žinoti, kad dėmesį galima koncentruoti ne ilgiau kaip 2–4 sek. Tai rodo, kad dėmesys yra tik momentinis. Judesių galima išmokyti iš anksto nekoncentruojant dėmesio. Toks mokymas yra spontaniškas, tačiau tai nereiškia, kad jis beprasmis. Spontaniškų judesių atlikimas labai aktyvina galvos smegenų nervų ląsteles.

262. Kuo aiškesnis judesio atlikimo tikslas, tuo veiksmingesnis judesių mokymasis? Niekam nekylo abejonių, kad judesių atlikimo veiksmingumas tiesiogiai priklauso nuo aiškesnio supratimo, ką ir kaip reikia daryti, tačiau tai nereiškia, kad taip išmokstama veiksmingiau ir ilgesniam laikotarpiui.

Viena didžiausių judesių mokymo klaidų yra ta, kad mokytojas arba kineziterapautas per daug detalizuoja judesio atlikimo užduotį.

263. Todėl būtina ieškoti vidurio tarp aiškumo ir neaiškumo. Be to, pastebėta, kad tais atvejais, kai žmogus visiškai nemoka atlikti judesio, tai geresnio būdo už praktinį judesio atlikimą nėra. Tada mažai ką padės instruktavimas arba demonstravimas, nes pacientas gana sunkiai supranta, ko iš jo norima. Todėl nereikia bijoti leisti pačiam pacientui pradėti atlikti judesius ir mokytis taip, kaip jis supranta.

264. **Demonstravimas arba žodinis instruktavimas: kuris būdas geresnis informuoti mokinį apie tai, ką ir kaip reikės daryti?** Manoma, kad demonstravimas labiau tinkamas, kai reikia mokytis atlikti naują judesį (pvz., kamuolio metimas į krepšį iš vietos pašokus, arba kėlimasis iš lovos). Žodinis instruktavimas efektyvesnis už demonstravimą, kai reikia mokytis atlikti žinomą (šiek tiek išmoktą) judesį, pvz., greičiau arba tiksliau (pvz., kamuolio metimas į krepšį kiek galima aukščiau pašokus iš vietos, arba atsikelti iš lovos per dvi sekundes) (**Magill, 2007**). Taigi, demonstravimas labiau tinka, kai norima parodyti visą judesį; žodinis instruktavimas labiau taikomas, kai norima akcentuoti tam tikrą judesio detalę.

Ne visada galima viską paaiškinti žodžiu. Ko negalima paaiškinti žodžiu, būtina pademonstruoti.

Kai žmogus nori nueiti iki tam tikros vietos (tikslas, taikinys), jis negalvoja, kaip turi dirbti jo kojos ir rankos.

Svarbu žinoti!

Jeigu prieš pradėdamas judesį, žiūrėsi po kojomis, tada tikrai ištiks nesėkmė. Jei pradėsi giliai analizuoti būsimą judesį, tai neišvengiamai suklysi. Jei visą judesį suskaldysi į aiškias dalis ir tas dalis stabiliai atliksi, tai nedaryk klaidos – nemanyk, kad visą judesį, surinktą iš stabilių dalių, atliksi stabiliai. Greičiau priešingai – iš stabilių dalių formuojasi nestabili visuma, nes stabili visuma formuojasi iš variabilių-dinamiškų dalių (Skurvydas, 2008).

Būtina žinoti!

Jei žmogus gauna per daug informacijos, ką ir kaip reikia daryti, jam tai trukdo efektyviai atlikti judesį.

Jei žmogus nežino, kodėl jis turi tą darbą atlikti, jei visiškai nesupranta jo prasmės (atpildo), tai jis atliks judesius „svetimomis rankomis“. Tada ypač sumažėja judesių mokymosi veiksmingumas.

Jei atliekamas darbas yra įdomus, tai žmonės paprastai jį atlieka su dideliu įkvėpimu, o tai yra viena svariausių sąlygų norint išmokti judesius ilgam ir pritaikyti įvairiose situacijose.

Tiek per didelė, tiek per maža motyvacija neleidžia mokytis naujų judesių ar atlikti anksčiau išmoktų judesių.

2.8. Judesių mokymosi ir jų atkūrimo principai

Ne mokymosi kiekis yra svarbiausias išmokimo veiksnys. Geras mokymasis yra gero mokymosi sąlyga. Tačiau visi labiausiai diskutuoja, kas yra geras mokymasis?

Mokymosi ir treniravimo skirtumai

265. Judesių mokymas skiriasi nuo judesių treniravimo keletu psichofiziologinių aspektų (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004). Pagrindinis skirtumas: judesių mokymasis reikalauja daugiau „protavimo“ nei judesių treniravimas (tobulinimas). Taip yra todėl, kad išmokto judesio atlikimas labiau vyksta automatiškai.

Judesio mokymosi rezultatai išlieka žymiai ilgiau nei judesių treniravimo (lavinimo). Be to, išmokimo efektas po mokymosi krūvio vėluoja žymiai daugiau nei treniruotės efektas po treniruotės krūvio.

Mokymo ir lavinimo (treniravimo) specifiškumas

266. Tai vienas labiausiai aptariamų sporto fiziologijos principų. Jo esmė tokia: **kurias žmogaus motorikos savybes labiau laviname, tos labiau pagerėja**. Jei norime išlavinti vienas arba kitas motorikos savybes, būtina atsižvelgti į šiuos lavinimo specifiškumo komponentus:

- Atliekamų judesių valdymo programą, t.y. į atliekamų judesių tikslus, motyvaciją ir būdus.
- Psichikos mobilizavimo laipsnį, emocinio streso lygį (per varžybas sportininkai dažnai daugiau mobilizuoti nei treniruočių metu).

- Socialinę aplinką (kas yra žiūrovai, ko jie laukia iš sportininkų, koks yra trenerio arba mokytojo elgesys, kokie jo tikslai ir t. t.).
- Fizinę aplinką (varžybų įranga, apšvietimas, temperatūra, slėgis, laikas ir kt.).
- Dirbančių raumenų grupių specifiką, kiekį bei jų darbo režimus.
- Atliekamų judesių jėgą, greitį, galingumą, amplitudę, trajektoriją bei jėgos paskirstymą.
- Atliekamo darbo bei poilsio trukmę.

Kuo didesnis judesio specifiškumas, tuo blogesnis jo atlikimas kitomis sąlygomis.

Mokymosi ir lavinimo (treniravimo) įvairovė

Centrinė nervų sistema pasižymi dviem skirtingomis judesių valdymo strategijomis. Pirmąją strategiją pasirenka tada, kai reikia atlikti judesius nekintamoje aplinkoje, antrąją – kai judesiai atliekami dinamiškoje aplinkoje. Nustatyta, kad antroji strategija ypač sukausto raumenis – aktyvuoja kartu ir agonistus, ir antagonistus. Nervų sistemos ligomis sergantys pacientai pradžioje dažniausiai renkasi antrąją strategiją.

267. Labai daug judesių yra savarankiškų, todėl išmokę kelis judesius, negalime tikėtis, kad mokėsime efektyviai atlikti ir kitus. Tai rodo judesių mokymo ir lavinimo specifiškumo principus. Tačiau dažnai vienomis sąlygomis išlavinta jėga arba greitumas labai gerai **transformuojama (perkeliamą)** į kitas, atrodo, nepanašias sąlygas. Toks vienu judesių transformavimas į kitus principus dažnai pasitaiko kasdienėje veikloje, pvz., išmokęs rašyti dešine ranka, vaikas sėkmingai tą atlieka ir kaire.

Pastebėta, kad mokiniai, kurie mokosi atlikti judesius standartiniu būdu tokiomis pačiomis sąlygomis, pervertina savo išmokimą, o tiems, kurie mokosi variabiliu būdu, atrodo, kad išmoko mažiau nei iš tikrųjų išmoko (Magill, 2007).

268. Pagal šių laikų judesių mokymo bei lavinimo psichobiologinę sampratą **kuo didesnė**

atliekamų judesių įvairovė, tuo blogesnis jų atlikimo efektyvumas, bet tuo ilgesniam laikui išmokstama, išmokti judesiai efektyviau transformuojami į įvairias situacijas (**Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Davids ir kt., 2008**). Ypač tai būdinga vaikams ir paaugliams, todėl vaikus būtina išmokyti daug judesių, kad vėliau tų judesių pagrindu būtų galima konstruoti įvairių judesių derinius. Rekomenduojame vaikus mokyti įvairių judesių parametrų, o ne atlikti judesius fiksuotose situacijose. Specializuotas mokymas akcentuoja to paties motorinio įgūdžio formavimą jį atliekant toje pačioje situacijoje, o parametrinio mokymo metu tas pats judesys gali būti atliekamas kiekvieną kartą kiek kitaip, t. y. esant skirtingiems parametrams (**Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004**).

Variabilus judesių atlikimas vis labiau taikomas šiuolaikinėje neuroreabilitacijoje.

Nustatyta, kad judesio atlikimo stabilumas fiksuotoje situacijoje pagerėja labiau mokantis variabiliu būdu nei mokantis tik fiksuotoje situacijoje.

269. Judesio atlikimo parametrai: a) judesio amplitudė ir trajektorija; b) greitis, pagreitis ir jėga; c) paciento motorinės sistemos būseną: nuovargis, potenciacija, pritūpus, atsistojus; d) aplinka: prognozuojama arba dinamiška; e) taikinio dydis. Vienu metu gali būti pakeičiami net keli parametrai, pvz., nuovargis, greitis, judesį atlikti trukdanti aplinka. Kuo daugiau mokymosi metu kinta judesių atlikimo parametrų, tuo sunkesnę problemą turi išspręsti galvos smegenys. Todėl, mokantis su „įvairove“, t. y. atliekant tą patį judesį skirtingose situacijose, yra blogesnis atlikimo efektyvumas pratybų metu, bet išmokstama daugiau ir suformuotas motorinis įgūdis ne tik išlieka ilgiau, bet jis lanksčiau pritaikomas skirtingomis sąlygomis. Galima sakyti, kad parametrinis motorinių įgūdžių formavimas skatina judesių kūrybą.

**Judesių valdymo
dinamiškumo negali „iškaliti“.
Žymiai lengviau išmokti vieną
ar kitą judesį ar jų derinį tam
tikrose fiksuotose sąlygose, nei
išmokyti atlikti judesį
kintančioje (dinamiškoje)
aplinkoje.**

(Davidson 2003).

Nustatyta, jog kuo didesnė atliekamų judesių įvairovė, tuo blogesnis jų atlikimo efektyvumas per pratybas, bet tuo ilgesniam laikui išmokstama, o išmokti judesiai efektyviau transformuojami įvairiose situacijose (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004).

Judesių valdymas kintamose situacijose nepagerėja (dažnai net pablogėja), jei judesiai treniruojami standartinėse situacijose ar atskirais „blokais“, pvz., vieną treniruotę (ar vieną savaitę) treniruojamas vienas judesys, kitą dieną (ar savaitę) treniruojamas kitas.

Būtina išskirti išorinį ir vidinį fizinį krūvį. Išorinis fizinis krūvis – tai fizinis darbas, kurį atlieka žmogaus motorinė sistema. Vidinis (organizmo) krūvis – tai organizmo atsakas į išorinį krūvį. Didelis išorinis krūvis ne visados užtikrina didelį vidinį krūvį. Pavyzdžiui, jei organizmas yra pripratęs prie fizinio krūvio, tada jo atsakas į didelį išorinį krūvį bus mažas. Jei daug kartų kartosime tą patį pratimą, tai, nepaisant didelio krūvio raumenims, galvos smegenims jis bus minimalus.

270. Pavyzdžiui, galimi šie gamtiniai krūviai: temperatūra, slėgis, drėgnumas ir kt. Jei fizinis krūvis mažas, tačiau kiti krūviai dideli, tai bendra organizmo apkrova gali būti labai didelė. Manome, kad tikslinga išskirti šiuos fizinius judėjimo krūvio komponentus:

- A. Atliekamo darbo intensyvumą.
- B. Atliekamo darbo trukmę.
- C. Poilsio intervalų tarp atskirų pratimų arba serijų trukmę.
- D. Krūvio kitimo greitį per vieną treniruotę, savaitę, mėnesį arba metus. To paties intensyvumo ir trukmės krūvis bus didesnis, jei padidinsime jo kitimo greitį.
- E. Užsiėmimų kiekį, reikalingą vienai ar kitai savybei lavinti.
- F. Užsiėmimų dažnį.
- G. Psichikos mobilizavimo laipsnį. Žmogaus reakcija į krūvį priklauso nuo jo nusistatymo krūvio atžvilgiu. Todėl psichikos mobilizavimo laipsnis priklauso nuo jo krūvio prasmingumo bei įdomumo.
- H. Atliekamo darbo naujumas. Per daug informacijos – tai per didelis krūvis sportininkui, per mažai – verčia jį nuobodžiauti, o optimalus kiekis jį mobilizuoja.

Naujas, nepažįstamas ir netikėtas išorinis fizinis krūvis dažnai sukelia neproporcingai didelį vidinį organizmo atsaką (krūvį).

„Slenkstiniai“ judesių mokymo ir atkūrimo krūviai

271. Tai tokie krūviai, kurie pradeda lavinti vieną ar kitą motorinės sistemos charakteristiką (Skurvydas, 2008). Pavyzdžiui, norint, kad pradėtų lavėti suaugusių vyrų maksimali jėga, būtina dirbti su sunkmenomis, kurių svoris ne mažiau 50–60 proc., o aukštos klasės sunkiaatlečiams – 80 proc. sunkesnėmis sunkmenomis nuo maksimalaus galimo pakelti svorio. Kitas pavyzdys. Norint, kad lavėtų aerobinę ištvermę, ją būtina lavinti ne mažiau kaip tris kartus per savaitę. Arba norint, kad pradėtų lavėti bėgimo greitis, būtina atlikti bėgimo pratimus ne mažesniu kaip 70–80 proc. greičiu nuo maksimalaus galimo. Dažnai būna, kad, pradėjus mokytis „slenkstiniais“ krūviais vienų ar kitų judesių, išmokimo efektyvumas labai greitai padidėja. Įdomu tai, kad lavinant sudėtingus judesius, „slenkstis“ gali pasireikšti net po kelerių metų. Todėl nereikia nusiminti, jei blogai sekasi pirmuosius metus.

Judesių mokymosi ir lavinimo (treniravimo) vertė

272. Mūsų organizmui svarbu, kokiomis pastangomis (t. y. kiek įdėtarbo) išmokome arba

ištobulinome judesius. Jei mokymo ar lavinimo pastangos labai didelės, tai gali pritrūkti vidinės energijos siekti aukščiausių rezultatų. Labai svarbu žinoti, kad tie judesių mokymo arba lavinimo krūviai, kurie per greitą laikotarpį leidžia pasiekti gerų rezultatų, dar nereiškia, kad jie yra optimalūs siekiant geriausių rezultatų ateityje. **Forsuotas mokymas bei lavinimas reikalauja didžiausių pastangų. Judesių mokymosi ir lavinimo kaina – tai mokymosi arba lavinimo krūvių ir jų rezultato santykis.**

Kiekvieno bandymo vertė judesių išmokimui nevienoda daug kartų atliekant judesius. Dabar manoma, kad didžiausia mokymosi vertė yra mokymosi (arba jų atkūrimo) pradžioje.

Ugdomieji, palaikomieji arba atkuriamieji organizmo darbingumą krūviai

273. Šių krūvių poveikis žmogaus darbingumui yra skirtingas. Paciento organizmo darbingumas gali būti trijų skirtingų būsenų: ugdymo, palaikymo bei atsigavimo (**Skurvydas, 2008**). Daugiausia pastangų reikia lavinimui-ugdymui, o mažiausiai – organizmo darbingumui palaikyti.

Priklausomybė tarp judesių mokymo arba lavinimo krūvių dydžio ir mokymosi bei lavėjimo tempų

274. Ši priklausomybė nėra tiesioginė, t. y. kuo didesnis krūvis, tuo didesnis efektas. Per dideli krūviai gali sumažinti judesių mokymo arba lavinimo efektyvumą.

Kaip priklauso judesių lavinimo tempai nuo judesio išlavavimo laipsnio?

Judesių mokymosi dėsnis („Power function“ dėsnis)

275. Šis dėsnis rodo, jog kuo labiau ištobulintas judesys, tuo mažesni tolesnio jo lavinimo tempai (**Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004**). Kai pradedame ko nors mokytis, tai labai greitai įsigyjame tam tikrą įgūdžių, tačiau tolesnis jų tobulinimas gali tęstis visą gyvenimą. Išlavinti judesio iki visiško tobulumo neįmanoma – tai begalinis vyksmas.

Mokymosi proceso ir rezultato neadekvatumo principas

276. Tarp atliekamų judesių efektyvumo ir išmokimo lygio nėra tiesioginio ryšio (**Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004**). Jei per užsiėmimą jūs, atrodo, efektyviai perpratote

medžiagą (gebate atkartoti judesius), tai dar nereiškia, kad taip mokydami pasieksite geriausių rezultatų. Be to, šis principas rodo, kad greitas išmokimas dar neužtikrina ilgo atsiminimo.

Pacientai, kurie, atrodo, blogai išmoka medžiagą per pratimus, negali būti laikomi neperspektyviais, nes jie gali išmokyti lėtai, o kai išmoks, tai ilgai nepamirš.

Vienas iš įdomiausių dalykų judesių mokymosi procese yra tai, kad pamokos metu mes negalima suprasti ar gerai mokomės. Tai yra todėl, kad nėra tiesioginio ryšio tarp judesio atlikimo pamokos metu efektyvumo ir mokymosi efektyvumo.

Pagal judesio atlikimo efektyvumą pirmojoje judesių mokymosi fazėje negalima suprasti apie mokinio talentingumą.

Maketuotojai: Vienas įdomiausių dalykų judesių mokymosi procese yra tai, kad pamokos metu mes negalime suprasti, ar gerai mokomės. Taip yra todėl, kad nėra tiesioginio ryšio tarp judesio atlikimo pamokos metu efektyvumo ir mokymosi efektyvumo.

Pagal judesio atlikimo efektyvumą pirmojoje judesių mokymosi fazėje negalima suprasti apie mokinio talentingumą.

Mokymosi ir lavinimo kūrybiškumas

277. Judesių mokymo ir lavinimo specialistai supranta, kad labai svarbu ne tik išmokyti daug judesių, bet išmokyti kurti įvairius judesių derinius. Kaip tą geriau atlikti? Yra keletas veiksmų, skatinančių judesių kūrybą:

- Atliekamų judesių įvairovė (atliekama daug nestandartinių judesių).
- Judesių atlikimas kiek galima savarankiškiau.
- Nenuoseklus, nesistemiškas judesių atlikimas (jei žmogus kelis kartus iš eilės atlieka tą patį judesį, tai jam mažiau reikia emocinių pastangų judesiams atlikti. Tačiau tuomet jis pradeda labiau lavinti „raumenis“, bet ne „galvą“ ir mažiau turi problemų, kaip atlikti judesį. Jei nežinome, koks

bus kitas judesys, tada pradedame lavinti judesių kūrybą).

Vienas didžiausių judesių kūrybos priešų – per didelė mokinio priklausomybė nuo mokytojo patarimų ir baimė suklysti.

278. Nagrinėjant judesių mokymo ir lavinimo kūrybiškumą, būtina prisiminti, kad „užmiršimas skatina kūrybą“. Kitaip tariant, kai primirštame, kaip atlikti judesį, tada esame priversti galvoti, t. y. spręsti problemą (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Skurvydas, 2008).

Būtina žinoti!

Judesių kūrybą skatina tik toks judesių mokymas, kai, atliekant judesius, kiekvieną kartą reikia „spręsti problemą“, kaip geriau atlikti judesį, t. y. kai judesiai atliekami netikėtose, vis naujose ir pakankamai sudėtingose situacijose. Jei žmogus greitai išmoko atlikti judesį, tai dar nereiškia, kad jis išmoko judesį taip, kad jį galės pritaikyti netikėtose ir pakankamai sudėtingose situacijose.

Dominuojanti ranka greičiau išmoksta judesius.

Vienas svarbiausių judesių kūrybiškumo mokymo veiksnių – mokytis įvairiose situacijose priimti greitus ir teisingus sprendimus. To privalo mokytis visi.

Ar būtinos klaidos mokantis?

279. Pagal šiuolaikinę judesių mokymo sampratą žmogus **pats privalo šalinti klaidas**, nes tai skatina užsiėmimų efektyvumą (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007). Kai kineziterapeutas šalina atliekamo judesio klaidas to **nesuprantant pacientui**, tada pacientas geba judesį atlikti efektyviau, bet taip išmoktas judesys bus sunkiau perkeliamas į įvairias kitas situacijas. **Geriausiai, kai pacientas pats sugeba rasti atliekamo judesio klaidas.** Deja, dažnai tai yra labai sunku judesių reabilitacijos pradžioje.

280. Pagal **Suzuki** metodą būsimieji muzikantai daug kartų klausosi tiksliai atliekamos muzikos,

kad po to patys galėtų koreguoti savo grojimą.

Sudėtingose sistemose, kurios neabejotinai priklauso nuo žmogaus, vyksta nuolatinė kova tarp stabilumo ir nepastovumo. Kovos buvimas rodo sistemos tobulėjimą.

Kas geba greitai ištaisyti klaidas, dar nereiškia, kad jis mokosi gerai. Priešingai, tai gali rodyti, kad mokymasis yra paviršutinis. Todėl gana sunku suprasti, ar mokymasis yra paviršutinis, ar giluminis. Greitas klaidų ištaisymas gali būti tik mokymosi imitacija, bet gali būti ir tikro mokymosi rezultatas.

Pagal judesių mokymo bei tobulinimo sampratą žmogus privalo daryti klaidas, jei iš tikrųjų nori kažko išmokti ilgam ir pakankamai stabiliai. Tačiau dirbtinai klaidų nereikia daryti, geriau reikia parinkti sudėtingesnes judesių atlikimo sąlygas, kai, atliekant judesius, daromos klaidos.

Didesnes judesių klaidas galvos smegenys ištaiso mažesne kaina nei labai mažas, kurias dažnai sunku pastebėti. Kitaip tariant, kuo mažesnes klaidas daro pacientas, tuo joms ištaisyti reikia daugiau laiko nei taisant aiškiai matomągrubią klaidą. Manoma, kad yra tam tikras klaidų dydžio slenkstis, kurį peržengus (klaidos didėjimo kryptimi) galvos smegenys geba ištaisyti klaidas (Davids ir kt., 2003).

Aktyvaus mokymosi principas

281. Įdomu tai, kad žmogus kiekvieno judesio atlikimą jaučia dviem būdais – **centrinio ir periferinio jutimu**. Periferinis jutimas – tai atliekamo judesio jutimas, kuris kildinamas iš raumenyse, sąnariuose, sausgyslėse ir raiščiųuose esančių receptorių. Tai tikrasis judesio jutimas, tačiau greta to, prieš atlikdamas judesį, žmogus sukuria ir būsimo judesio jutimą, kuris padeda geriau atlikti judesį. Tas centrinis jutimas dar vadinamas **eferentine kopija**. Kai žmogus iš anksto planuoja, kaip reikia atlikti judesį ir to aktyviai siekia, tada pagerėja atliekamo

judesio kokybė. Visiškai ne taip mes jaučiame, pvz., kamuolio šiurkštumą, kai patys savo noru jį tyrinėjame, palyginus su jutimu, kai kitas brūžina mums kamuoliu per rankas. Taigi, atliekamo judesio aktyvumas yra siejamas su aktyviu būsimą judesio prognozavimu.

Žmogus žymiai geriau jaučia ir įsivaizduoja būsimą judesį, jei jis tą atlieka savo noru ir turi aiškų tikslą.

Judesių mokymosi konteksto principas

282. Norint efektyviau išmokti sudėtingų judesių arba jų derinių, dažnai bandoma sujungti tam tikrus judesio elementus pagal prasmę ar panašumą į tam tikrą sistemą (Kelso, 1999).

Kai motorinė sistema adaptuojasi prie aplinkos ar (ir) vidaus pokyčių, ji tampa sudėtingesnė ir kartu stabilesnė.

283. Nustatyta, kad žymiai greičiau įsimename raides, kai bandome iš jų sudėlioti žodžius. Jei pasiseka rasti prasmingų žodžių, tai per trumpą laikotarpį galime pademonstruoti gerą įsiminimą. Tas pats principas taikomas ir judesiams išmokti: **iš gerai žinomų judesių elementų galima konstruoti sudėtingus judesių derinius.** Judesių atlikimo ir išmokymo efektyvumas labai priklauso nuo aplinkos (konteksto), kurioje jis atliekamas.

Nustatyta, kad, išmokus atlikti judesį žiūrint į veidrodį (pvz., šokėjai taip tobulina judesio atlikimo techniką), judesio atlikimo efektyvumas žymiai sumažėja, kai tą patį judesį reikia atlikti be veidrodžio. Taigi, jei suformavai motorinį įgūdį kažkam padedant (pvz., mokytojai, veidrodžiui), tai be jų pagalbos sunkiai išsiversi, kai norėsi pademonstruoti savo išmokus gebėjimus (Magill, 2007).

Įtikinėjimo principas

284. Kai žmogus patiki, kad jis gerai atlieka arba atliks judesį, tai iš tikrųjų jam padeda jį atlikti.

Persistengimo principas

285. Labai dažnai mokytojai moko mokinį to, ko patys išmoko per daugelį metų. Todėl dažnai iš mokinių reikalaujama per daug. Dažniausiai mokytojas užmiršta, kaip pats mokėsi. Tą atsimena tik patys talentingiausi. Būtina atsiminti, kad „žingsnis po žingsnio“ principas mokantis judesių dar nepaneigtas.

Baimės suklysti principas

286. Dažniausiai mokytojai sukuria tokią mokymosi aplinką, kad mokiniai bijo suklysti atlikdami judesius. Kuo labiau jie bijo, tuo blogiau atlieka judesius.

Kiekvienas iš mūsų turi teisę suklysti, kai pradeda mokytis naujų judesių ir ne tik judesių (Dimon, 2003).

Reagavimo į nesėkmę principas

287. Kiekvienas, kuris ko nors mokosi, beveik visada padaro klaidų. Galima sakyti, kad daugeliui dažnai nesiseka gerai atlikti vienus ar kitus judesius ir ne tik judesius. Tačiau žmonės nevienodai reaguoja į nesėkmes. Vieni bando atlikti judesius visiškai kitaip, kiti kantriai kartoja tuo pačiu būdu, dar kiti visiškai nustoja mokytis, nes jie nusivylė ne savimi, bet mokytoju. Tai problema, kurią kineziterapeutai privalo išspręsti taip, kad pacientas neliktų nusivylęs savimi. Viena didžiausių pacientų judesių reabilitacijos problemų yra tai, kad pacientas dažnai neturi arba praranda motyvaciją atsigauti.

Išmaniojo mokymosi principas

288. Tai toks mokymasis (mokymas), kai analizuojamas judesio atlikimas, nustatomos ir taisomos klaidos. Nuosekliai besimokantis mokinyš negalvoja, jog kuo daugiau mokysiuosi, tuo bus geriau. Priešingai, jis ieško tokios mokymosi strategijos, kuri leistų pasiekti geriausią rezultatą su mažiausiomis pastangomis.

Tas, kuris mokosi nuosekliai, ieško, kaip geriau reikia mokytis. Ir dažniausiai jam pasiseka – jis sužino, kaip reikia mokytis.

Mokymosi proceso ir efekto asinchronizavimo dėsnis

289. Judesių išmokimo arba išlavėjimo rezultatai visada vėluoja darbo (krūvio) atžvilgiu, nes tik poilsio metu „išlenda“ tai, ką išmokome per užsiėmimus. Efektas gali vėluoti nuo 1 sek. iki kelių savaičių. Tai priklauso nuo krūvio tipo bei jo dydžio. Pavyzdžiui, po intensyvių jėgą lavinamųjų

treniruočių raumens baltymų sintezė ypač padidėja praėjus 24–48 val. (Skurvydas, 2008).

Judesių išmokimo rezultatai visada vėluoja darbo (krūvių) atžvilgiu, nes tik poilsio metu „išlenda“ tai, ką išmokome per užsiėmimus.

Judesių mokymosi krūvių efektų sumavimas

290. Tais atvejais, kai kuri nors organizmo funkcija arba elementas yra labiau apkraunami užsiėmimų metu, tai tas ir lemia kovą dėl galutinio efekto. Dažnai būna, kad vyraujantys krūviai pasiglemžia kitų nedidelių krūvių efektą (Skurvydas, 2008). Todėl vyraujantis krūvis turi didžiausią efektą kitų krūvių sąskaita. Pavyzdžiui, jei didžiausias dėmesys skiriasi jėgos ištvermei lavinti, tai galutinis treniruotės efektas – jėgos ištvermės pagerėjimas. O greitumas gali ne tik nepadidėti, bet ir sumažėti. Vyraujantys krūviai „nuskriaudžia“ kitus krūvius ne tik per vienos dienos, bet ilgiau kaip mėnesį trunkančius užsiėmimus.

Mokymosi krūviai sumuojasi pagal kitą taisyklę nei sumuojasi treniravimo krūviai. Pavyzdžiui, mokymosi procese didžiausias efektas dažnai pasiekiamas to krūvio, kuris buvo per pamoką paskutinis. Treniruotės krūvio sumavimuisi nesvarbu (arba labai mažai yra svarbu), kokia yra krūvių išdėstymo seka.

Judesių mokymasis labiausiai nukenčia, jei tą pačią pamoką mokomi skirtingi, bet kai kurių panašumų (dažniausia psichologinių) turintys judesiai. Pavyzdžiui, žaidimas badmintonu trukdo tą pačią dieną efektyviai mokytis žaisti lauko tenisą, nes judesiai „maišosi“.

Judesių mokymosi ir lavinimo individualizavimas

291. Atliekamų judesių įvairovė yra labai didelė, todėl tai kiekvienam žmogui būdingi savi motoriniai gebėjimai, kuriuos jis galėtų ypač tobulinti. Todėl kiekvienas žmogus privalo akcentuoti savo privalumus, bet ne neišlavintas savybes.

Nereikia pamėgdžioti kitų judesių – tai nepadės, nes kiekvieno žmogaus judesių atlikimas ir jų atkūrimas yra unikalūs.

Mokymosi ir lavinimo laipsniškumo ir šuoliškumo principai

292. Tiek labai lėtas, tiek per greitas krūvių išdėstymas gali lemti (veikti) mokymo ir lavinimo efektyvumą. Staigus krūvio išdėstymas gali sukelti per didelį stresą, o per lėtas treniruočių krūvis gali būti mažesnis už slenkstinį. Juk negalima išmokti anglų kalbos, jei mokomės 100 pamokų, kai tarp kiekvienos iš jų yra 100 dienų intervalas.

Mokymosi ir lavinimo nutrūkstamumo principas

293. Norint išmokyti arba ištobulinti judesius, tą negalima daryti ištisai: tik derinant poilsį ir krūvį, galima pasiekti reikiamų rezultatų. Poilsis reikalingas pratybų metų sukeltam efektui užfiksuoti. Jei nebūtų poilsio, žmogus negalėtų nieko išmokti.

**Pastebėta, kad norint
išmokyti ilgam laiko
tarpui, būtina mokytis
apie 50-100% ilgiau nei
reikia, kad susiformuotų
motorinis įgūdis.**

(Magill 2007).

Maketuotojai: Pastebėta, kad norint išmokyti ilgam, būtina mokytis apie 50–100 proc. ilgiau nei reikia, kad susiformuotų motorinis įgūdis. (Magill, 2007).

Koncentruoto mokymosi bei lavinimo principas

294. Negalima atstatyti viso miesto iš karto, nes tam pritrūktų ir statybininkų, ir medžiagų. Taip negalima mokyti visų judesių iš karto, nes tada nieko neišmokysime. Judesių mokymo bei lavinimo žinovai teigia, kad kelių darbų imtis iš karto neverta (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007). Koncentruoto mokymosi metu užfiksuotas didesnis motorinės sistemos nuovargio laipsnis nei mokantis ištęstai. Dėl didesnio nuovargio koncentruoto mokymosi metu judesių atlikimo efektyvumas yra mažesnis nei ištęsto mokymosi metu, tačiau, praėjus nuovargiui po koncentruoto judesių atlikimo, išmokimo laipsnis yra didesnis.

Nustatyta, jog koncentruotas mokymasis labiau tinka mokantis judesių nei nepertraukiamų, o ištemptas mokymas labiau tinka mokantis nepertraukiamų judesių, pvz., mokytis vairuoti automobilį (nepertraukiami judesiai) labiau rekomenduojama trumpomis daugkartinėmis pamokėlėmis. Kitas pavyzdys. Mokytis mesti kamuolį į krepšį geriau koncentruotu būdu (ilgesnės ir retesnės pratybos, kurių metu galima nebijoti net nuovargio).

Pradedantiesiems rekomenduojama vengti nuovargio mokantis naujų judesių, nes tai gali iškreipti judesio atlikimo kokybę. Labiau patyrusiems mokiniams nuovargis gali būti vienas papildomų stimulų (parametrų), didinančių mokymosi efektyvumą. Todėl pradedantiesiems būtina mokytis trumpiau (pratybų trukmė), bet dažniau, o labiau patyrusiems – rečiau, bet pratybų trukmė gali būti ilgesnė. Visais atvejais, jei pratybų dažnis mažiau nei du kartai per savaitę, ypač pablogėja mokymosi efektyvumas (optimalu – 3–4 kartai per savaitę).

Judesių mokymo bei tobulinimo žinovai teigia, kad imtis kelių darbų iš karto neverta: vienu metu galima mokytis ne daugiau kaip 1–2 naujų judesių ir tobulinti 1–3 judesius.

Pastebėta, kad mokiniai psichologiškai yra labiau linkę rinktis koncentruotą, bet neištemptą mokymosi būdą, nes koncentruotas mokymas užima mažiau laiko. Mokinių mąstymas dažnai yra toks: „kuo greičiau viską baigti“. Tai galima sakyti „vaikystės liga“, kuria dažnai serga ir suaugusieji.

Dalinio ir visuminio mokymosi ir lavinimo proceso principai

295. Ar atskiros judesio dalies išmokimas gali sąlygoti efektyviau atlikti visą judesį? Jei

tam tikro judesio dalies programa yra viso judesio programos dalis, tai judesio dalies išmokymas nestimuliuoja atlikti visą judesį (**Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007**). Greitų ir tikslų vienkartinį judesių mokymas turi būti atliekamas visumos principu. Tokių judesių atskirų dalių mokymas gali būti visiškai neefektyvus. Teigiama, kad judesių galima mokytis atskiromis dalimis tik tada, kai judesių dalys yra išdėstytos nuosekliai, pvz., taip galima mokytis šuolio į tolį išibėgėjus: pirmoji dalis – išibėgėjimas, antroji – atsispyrimas, trečioji – pritūpimas. Tačiau dalims negalima mokytis judesio, kurio visos dalys dirba kartu, pvz., šuolis į aukštį iš vietos – rankų mostas ir atsispyrimas turi būti mokomi kartu, o ne dalimis, nes vienai be kitos nesudaro visumos.

Labai populiarius visuminio mokymosi būdos yra toks, kuris skatina pacientą atlikti visą judesį, nors jis raginamas koncentruoti dėmesį į pagrindines judesio detales.

296. Žinomi šie pagrindiniai dalinio judesių mokymo būdai: **frakcionizavimas, segmentavimas ir supaprastinimas (Magill, 2007)**. **Frakcionizavimas** – tai dalinio mokymosi būdas, kuris visą judesį suskaido į dalis pagal tai, kokių kūno dalių raumenys dirba, pvz., pirmiausia mokoma atlikti rankų judesius, vėliau – kojų ir t. t. **Segmentavimas** – tai vadinamasis progresyvinis dalinis metodas, kuris skatina įtraukti į mokymąsi vis naujas judesio dalis (pvz., jei pirmąją savaitę mokomės A dalies, tai kitą – A ir B, trečią – A, B ir C ir t.t. **Supaprastinimo** būdas ragina atlikti supaprastintą, bet visą judesį, pradžioje atsisakant tam tikrų mažiau reikšmingų dalių arba atliekamo judesio parametrų (pvz., judesio greičio, tikslumo, įrankio svorio ir t. t.).

Moderni judesių mokymo teorija skatina kuo daugiau atlikti judesių kartu, neskaidant (jei galima) į atskiras dalis. Deja, dažnai tai yra sudėtinga, nes sudėtingą judesį, kurį galima suskaidyti į atskiras dalis, geriau mokytis „nuo dalies link visumos“. Ką galima atlikti gerai kartu, tą ir būtina daryti, o ko negalima atlikti kartu, tą būtina skaidyti į dalis.

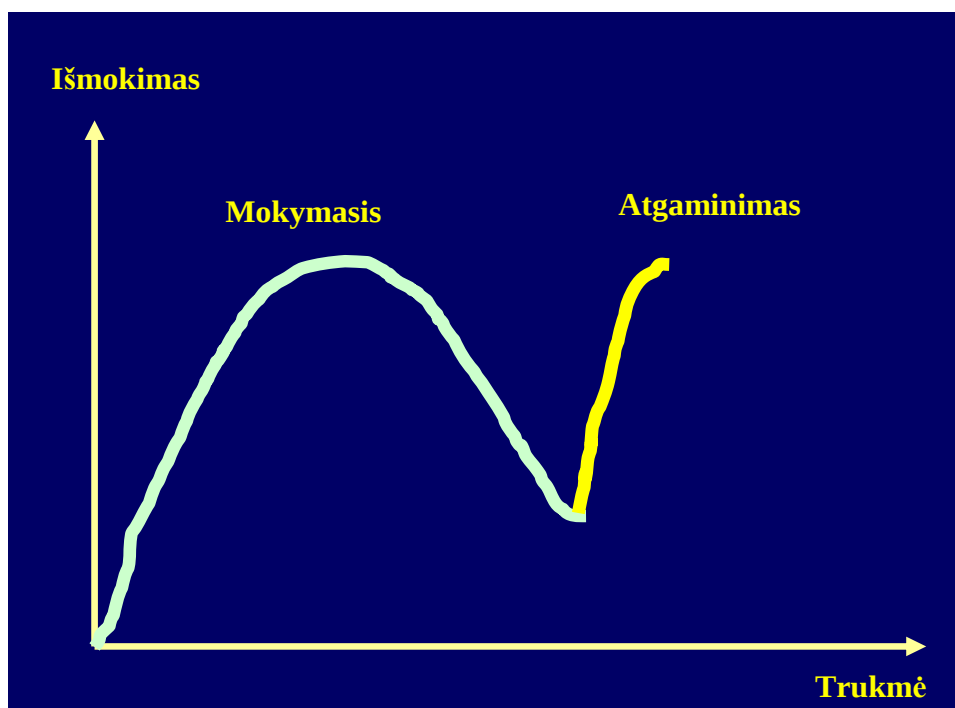
Mokymosi ir lavinimo proceso antkrūvio principas

297. Kodėl reikalingas judesio tobulinimas, jei atrodo, kad jį išmokome tobulai atlikti?

Paprastai judesys tobulinamas todėl, kad pagerėja atliekamo judesio stabilumas sudėtingų situacijų metu.

Kartojimo ir atgaminimo principai

298. Judesį išstobulinti įmanoma tik tada, kai jį nuolat kartojame, t. y. atgaminame. Tik nuolat kartojant ir atgaminant susiformuoja ilgalaikė ir stabili motorinė atmintis. Nustatyta, kad, atgaminant judesį (tačiau tai galioja tik sveikam žmogui), užtrunkama trumpiau nei mokantis pirmą kartą (27 pav.).



27 pav. Judesio mokymosi ir atgaminimo greitis

Socialinio mokymosi principas (Wolpert ir kt., 2003)

299. Socialinio mokymo principas yra labai panašus į kontekstinio mokymosi principą. Mokinys paprastai tariant, išmoka atlikti judesius, koordinuodamas juos su kitais mokiniais, pvz., krepšininkas geba atlikti labai techniškai vienus veiksmus, tačiau kai juos reikia derinti su kitais, tai jam gali sektis sunkiai. Todėl individualus pasirengimas neužtikrina sportininko efektyvios motorinės elgsenos komandoje. Jei pacientai kartu atlieka tam tikrą darbą, tada problemą jie sprendžia kartu – mokosi vienas iš kito.

Mokymosi ir lavinimo rezultato išnykimo, užmiršimo principas

300. Judesio užmiršimo sąlygos: laikas bei kiti įdomesni judesiai. Reiktų žinoti, kad greičiau

galima išmokti naują judesį, neiatkurti sutrikusį. Todėl, norint mokyti naujų judesių, būtina užmiršti senus. Greičiau užmirštami tie judesiai, kurie nepriklausė tam tikrai sistemai. Pavyzdžiui, teksto rinkėja labiau užmiršta vienos „a“ raidės vietą, bet ne gebėjimą išspausdinti žodį, kuriame yra raidė „a“ (pvz., namas).

Būtina žinoti, kad žymiai sunkiau užmirštami prasmingi ir įdomūs (emocionalūs) judesiai. Jei norime užmiršti, tai privalome laikytis dviejų taisyklių: a) laikas leis užmiršti; b) kiti įdomesni ir prasmingesni judesiai leis užmiršti ankstesnius judesius.

Mokymas su nuolatine paieška arba su atradimu?

301. Naujausi mokslo pasiekimai teigia, kad niekada neįmanoma išmokti labai tobulai atlikti judesį. Kitaip tariant, judesių mokymasis – tai nuolatinis procesas, kuris niekada neturi pabaigos (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007). Mokymasis – tai nuolatinis chaoso mažinimas, neaiškumo mažinimas, nors viskas būtų aišku to negali būti. Neaiškumo mažinimo „mechanizmas“ – tai nuolatinis kartojimas ir apibendrinimas.

Linksmas arba nuobodus mokymasis?

302. Išmokstame geriau kai mokomės dinamiškai, spontaniškai, „žaidžiant“ nei tada, kai mokymasis yra nuobodus ir varginantis procesas. **Pastebėta, kad per didelis noras išmokti duoda tiek pat naudos, kiek ir per mažas. Gera nuotaika – geros reabilitacijos pagrindas.**

Mokymosi su aktyvia kineziterapeuto intervencija principas

303. Nustatyta, kad per dažnas klaidų taisymas yra toks pats neveiksmingas kaip ir tais atvejais, kai iš viso nenurodomos klaidos. Kineziterapeutas tik tada pacientui turi perduoti papildomą informaciją, kai informacija yra labai svarbi ir kai jos pacientas pats negali atrasti. Visais kitais atvejais kineziterapeuto aktyvi intervencija gali trukdyti pacientui efektyviai mokytis (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007).

Geras mokytojas suteikia mokiniui labai daug įvairios ir naudingos informacijos, labai geras mokytojas moko, kaip pačiam mokiniui gauti informacijos.

Protinis (mintinis) mokymasis

304. Protinis (mintinis) mokymasis vis labiau populiarėja mokantis judesį. Pastebėta, kad šalia praktiško judesio atlikimo taikant mintinį mokymą, galima pasiekti geresnių rezultatų, nei mokantis tik atlikti judesius. Rekomenduojama mintiniam mokymui skirti apie 10–25 proc. viso mokymosi laiko. Šis mokymosi būdas ypač veiksmingas neuroreabilitacijoje (**Shumway-Cook ir Woollacott, 2007**).

Ekonomiško mokymosi principas

305. Manoma, kad norint tinkamai atlikti judesius, būtina stengtis tą atlikti kiek galima labiau atsipalaidavus. Taigi, reikia ieškoti būdo atlikti judesį su mažiausiomis pastangomis.

Judesys seka mintį

306. Kai atlieki judesį, tada jau galvoji apie kitą judesį. Jei mintis ir judesys veiktų kartu, tada žmogus labai greitai suklyptų, pvz., eidamas.

Judesių transformavimo savitumai

307. Norint, kad išmoktas judesys būtų sėkmingai atliekamas (transformuojamas) įvairiomis (net ir tomis, kuriomis nebuvo mokomasi) sąlygomis, būtina atkreipti dėmesį į šiuos pagrindinius veiksnius:

- A. **Judesių „kūrybos“ mokymą** – kuo geresnis gebėjimas „kurti“ judesius, tuo plačiau jie bus pritaikomi (**Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007**).
- B. **Judesių išmokimo laipsnį** – kuo tvirtesnis motorinis įgūdis, tuo geresnis jo pritaikymas kintamomis sąlygomis.
- C. **Motyvaciją ir dėmesio koncentravimą** – kuo labiau gebama koncentruoti dėmesį atliekant tam tikrą judesį, tuo didesnė tikimybė, kad judesys bus atliekamas stabiliau ir kintamomis sąlygomis.
- D. **Judesio visumos, o ne dalies mokymą** (ypač akcentuojant dėmesį į aplinką) – judesio visumos išmokimas užtikrina stabilesnį jo perkėlimą į kitas sąlygas (**Magill, 2007**).

Tarp dviejų skirtingų judesių mokymosi pratybių turi praeiti apie 3–5 val., jei norime, kad pirmas judesys pakankamai užsifikuotų centrinėje nervų sistemoje.

Judesių užmiršimo principas: Kodėl užmirštame judesius?

308. Manoma, kad pagrindinės judesių užmiršimo teorijos yra:
- A. Laikas panaikina „pėdsakus“ – kuo ilgiau nesimokome, tuo daugiau užmirštame.
 - B. Kiti įvykiai (ypač įdomūs) sąlygoja ankstesnių užmiršimą.
 - C. Panašūs įvykiai leidžia užmiršti ankstesnius.
 - D. Įvairios ligos.

2.9. Judesių mokymosi vyksmo ir rezultato vertinimas

Kodėl reikia vertinti?

Jei mokinys nesupranta savo klaidų, jis negali tobulėti. Tačiau didžioji dalis mokinių nejaučia savo klaidų, o kai kurie net jausdami jų nepripažįsta. Tai pats sudėtingiausias atvejis, nes tada mokiniui sunkiai gali padėti ir mokytojas, ir, kas blogiausia, jis pats (Dimon, 1999).

309. Nežinant, kaip buvo atliekamas judesys ir koks jo galutinis rezultatas, judesių neįmanoma nei lavinti, nei mokyti naujų (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007). Taigi, neįmanoma išmokyti, jei nematai ką padarei (išmokai). Pastebėta, kad pats rezultatas skatina mokinį judesį atlikti geriau, t. y. pagreitina jo išmokimą – tai **efekto dėsnis**.

Mokymosi sėkmė dar labiau skatina mokytis (efekto dėsnis).

Ką reikia vertinti?

310. Norint efektyviai mokyti arba lavinti judesius, būtina vertinti jų **rezultatus ir vyksmą (procesą)** (Skurvydas, 2008). Be to, judesių mokymo vyksmo vertinimas skiriasi nuo rezultatų vertinimo. Manoma, kad labiau reikėtų akcentuoti ne vyksmo (būdo), bet rezultatų vertinimą. Kadangi tikslas kiekvieną kartą gali būti pasiekiamas vis kitaip (skirtingu vyksmu, procesu), todėl daug patikimiau vertinti judesio rezultatus (pvz., ar kamuolys įkrito į krepšį) nei atlikimo būdą (vyksmą). Deja, labai dažnai treneriai renkasi judesio atlikimo vyksmo (būdo) vertinimo

strategiją, argumentuodami, taip svarbiau atlikti judesį tinkamai (techniškai) nei nepataikyti į vartus arba į krepšį. Taip daroma klaida, manant, kad yra viena idealiausių judesio atlikimo technika.

Labai svarbu netapti visiškai priklausomu nuo kitų vertinimo, nes tada pats negali vertinti savęs.

Svarbu žinoti, kad, perteikiant informaciją apie būsimą judesį, būtina atkreipti dėmesį į reikšmingiausias judesio detales. Todėl nebūtina labai galvoti apie judesį prieš jį atliekant arba judesio metu. Nėra aiškos nuomonės dėl judesių vertinimo dažnio naudos. Pirmiausia reikėtų perteikti kokybinę, o tik vėliau kiekybinę informaciją. Informacijos apie judesio atlikimą vėlavimas gali būti net šiek tiek naudingas (ne per ilgas vėlavimas).

311. Žinoma labai daug judesių vyksmo ir rezultatų vertinimo (informavimo) būdų. Tačiau visiems (jei vertinimas yra tinkamas) būdingas pagrindinis požymis – vertinimas turi būti suprantamas mokiniui. Jei mokinys nesupranta, ko nori iš jo mokytojas, tai vertinimo pastangos bus netikslingos.

Vertinimas gali būti kiekybinis (pvz., „10 cm į kairę pusę nuo taikinio“) ir kokybinis („truputį į dešinę“, „šaunuolis!“).

Per smulkus vertinimas (pvz., „atsispyrimo kampas yra trimis laipsniais didesnis nei optimalus“) yra toks pat neefektyvus kaip ir per grubus vertinimas (pvz., jei sakoma, kad „gerai metei kamuolį į krepšį“, kai iš tikrųjų kamuolys pataikė į lentą).

Pastebėta, kad per smulkus vertinimas yra tada, jei nurodomos klaidos yra smulkesnės nei 10 proc. taikinio dydžio.

Kada reikia vertinti?

312. Labai svarbu, kad būtų vertinama **tinkamu laiku ir tinkamu dažnumu**. Jei bus taisoma atliekamo judesio technika jam tik prasidėjus, tai bus skubotai, pvz., kaip galima vertinti šuolio į aukštį iš vietos atlikimo techniką vien pagal rankų mostą. Taip pat klaidinga, jei judesio atlikimas (būdas arba rezultatai) vertinamas ne tada, kai judesys buvo atliktas, bet po kito judesio atlikimo (arba kitą dieną).

Per dažnas vertinimas yra toks pat blogas kaip ir per retas (Schmidt ir Lee, 1999; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Magill, 2007).

313. Taigi, per dažnas vertinimas toks pat yra blogas kaip ir per retas. Kaip rasti „auksinį vidurį“? Tai labai sudėtinga, tačiau šiandien judesių mokymo žinovai teigia, kad būtina gebėti šiek tiek palaukti ir neskubėti „taisyti klaidų“, nes tai gal nėra klaida, bet kitoks judesio atlikimo būdas. Manoma, kad nėra prasmės teikti informaciją apie judesio atlikimą ar jo rezultatus dažniau nei 1–2 kartus per minutę.

Jei judesys yra vertinamas iškart po jo atlikimo, tada toks vertinimas neveiksmingas. Po judesio atlikimo turi praeiti ne mažiau 5–10 sek. – tik tada informacija yra apie judesio koregavimąveiksminga.

Pagrindinis vertintojas

314. Būtų idealu, kad savo klaidą pirmiausia suprastų pats pacientas, nes, kaip minėta, tik suprastą klaidą galima ištaisyti. Deja dažniausiai yra taip, kad kineziterapeutas yra pagrindinis vertintojas (taip yra įprasta). Kineziterapeuto „žodis“ ypač svarbus vertinant judesio atlikimo būdą ar barezultatus.

Klaidos ir sėkmė?

Didžiausia klaida – bijoti klaidos, ne ką mažesnė klaida – padarius klaidą, sustoti ir „dejuoti“, o nebaigti daryti judesius ir ištaisyti klaidas.

315. Vertinant judesių atlikimą, iškyla dar viena problema: **ką labiau akcentuoti – klaidas ar pasiekimus?** Pastebėta, kad mokymasis yra efektyvesnis, jei didesnis dėmesys skiriamas ne pasiekimų, bet klaidų vertinimui. Pavyzdžiui, teigiama, kad geriausiai naudoti metodiką „4:1“, t.

y. klaidų ir pasiekimų santykis vertinant turi būti 4:1. Atliekant judesius, daromos klaidos dėl trijų pagrindinių priežasčių: a) neteisingo situacijos įvertinimo (identifikavimo); b) netikslios judesio atlikimo programos sudarymo; c) motorinės programos įgyvendinimo netikslumų.

Nustatyta, kad judesių mokymosi pradžioje svarbu ne tik nurodyti judesio klaidą, bet informuoti, kaip tą klaidą reikia ištaisyti. Labiau patyrusiems mokiniams pakanka tik nurodyti klaidą, nes jie patys sugeba ją ištaisyti.

Pats geriausias būdas yra tas, kai pats žmogus įvertina savo mokymosi efektyvumą. Jei pacientas negali paprastai ir aiškiai pasakyti, ko jis išmoko perpratybas, tai rodo, kad mokymosi veiksmingumas buvo gana menkas, nors kineziterapeutas ir mato pažangą.

Aprašomasis, nurodomasis, apibendrinamasis vertinimas

316. Aprašomasis vertinimas – tai išsamios informacijos apie atliekamą judesį suteikimas. Nurodomasis vertinimas– tai informacijos suteikimas, kaip reikia ištaisyti atliekamo judesio klaidą. Nurodomasis vertinimas yra žymiai efektyvesnis nei aprašomasis. Apibendrinamasis vertinimas – tai daug kartų atliekamo judesio apibendrintas vertinimas. Tačiau jis skiriasi nuo vertinimo, kuris akcentuoja daug kartų atliekamo judesio vidutinį atlikimą.

Absoliutus, santykinis ir nykstantis vertinimas

317. Absoliutus vertinimas rodo, kiek informacijos mokinys gauna per tam tikrą laikotarpį, pvz., per pamoką. Tarkime, per pamoką mokytojas septynis kartus parodė, kaip reikia ištaisyti atliekamo judesio klaidą. Santykinis vertinimas akcentuoja, kaip dažnai yra vertinamas atliekamas judesys, pvz., kas trečią ar kas penktą bandymą. Nykstantis vertinimas – tai atliekamų judesių vertinimo būdas, kuris rodo, kad mokymosi metu vertinimo dažnis vis mažėja.

Idealus vertinimas – daug pasakytikeliais žodžiais.

2.10. Judesių mokymosi ir jų atkūrimo mokslo naujovės

318. Išmoktas judesys viena kryptimi sėkmingai persikelia į kitą kryptį tik tada, kad kita kryptis nesiskiria daugiau nei 45 laipsniai. Tačiau rankos pradinė padėtis žymiai geriau persikelia į kitą konfigūraciją. Be to, vedančiąją ranka išmoktas judesys labiau persikelia į antrąją nei priešingai. Lengviau persikelia proksimalinės galūnės išmoktas judesys link distalinės nei priešingai.

Tik 1,5 proc. genų koduoja baltymų sintezę, o nuo jos priklauso ilgalaikis judesio išmokimas.

319. Kūno erdvės suvokimo išmokimas vyksta hipokampe, kuriame yra erdvės suvokimo nervų ląstelės (Shadmehr, 2009). Įdomu tai, kad hipokampe tvirtinasi ir deklaratyvi (protinga) atmintis.

320. Judesio atlikimo triukšmas (angl. *exucution noise*) yra judesio variabilumas, kuris nepriklauso nuo motorinės programos triukšmo. Kitaip tariant, tobulas gali būti judesio planas, bet labai blogas jo įgyvendinimas.

321. Sprendimo priėmimas (ką daryti) ir judesio planavimas tarpusavyje yra susiję procesai (dažnai vykstantys kartu) (Yarrow ir kt., 2009). Sprendimas dažnai priklauso nuo plano sudėtingumo.

Galvos smegenų motorinėje žievėje yra „atspindėjimo“ neuronų, kurie automatiškai aktyvuojasi („atspindi“) stebint kito žmogaus judesius, pvz., vaikui lengviau atlikti judesį, kai jis mato, kaip jį atlieka mokytojas arba kiti vaikai, nes jo neuronai automatiškai aktyvuojasi stebint kitų judesius.

Kuo labiau patyręs mokinys, tuo daugiau jis geba aktyvuoti „atspindėjimo“ neuronų.

Taip ir pacientai, jei dirba kartu, gali mokytis vienas iš kito. Arba pažeista paciento ranka mokosi iš sveikos rankos, kurią jis mato veidrodyje atlikdamas judesį.

322. Procedūrinio mokymosi būdai: pripratimas (angl. *habituation*), potenciacija (angl. *sensitization*), greitas užfiksavimas (angl. *priming*), asociatyvusis (angl. *asociative learning*) (klasikinis ir instrumentinis) ir reflektorinis (angl. *reflex*) įgūdžiai (angl. *skills*).
323. Didelio meistriškumo koordinacinių sporto šakų sportininkų motorinis homunkulus yra didesnis, t. y. į judesių valdymą gali būti įtraukiamas didesnis galvos smegenų tūris. Tačiau, atlikdamas tą patį judesį, labiau patyręs atletas aktyvuoja mažiau nervų ląstelių nei nepatyręs. Viena vertus, tai yra labai gerai, nes judesys atliekamas ekonomiškiau, kita vertus, patyrusio atleto galvos smegenys mažiau mokosi.

Patyrę atletai geriau geba suvokti, atpažinti ir valdyti judesius. Jie nesiekia minimalaus maksimumo, bet maksimalaus. Jie niekada neapsiriboja mažomis pergalėmis. Kai patyrę tenisininkai stebi teniso rungtynes, jų galvos smegenyse sumažėja sužadavimo slenkstis. Treniruotos smegenys valdo judesius pertraukiamais impulsais. Kuo labiau išlavintos galvos smegenys, tuo mažiau dirba „kompensacinių/papildomų“ struktūrų ir tuo mažesnė dalis aktyvuojama pagrindinių struktūrų – smegenėlių ir pirminės motorinės žievės. Nepatyrę atletai ypač aktyvuoja bazalinius ganglijus ir limbinę žievę. Tačiau mokymosi metu padidėja motorinės žievės plotas, kuris prireikus gali būti potencialiai aktyvuojamas. Šie principai gali būti pritaikomi ir pacientams.

324. Manoma, kad organizmas tik tada ką nors naujo išmoksta, kai planuojami judesiai nepasiseka. Tuo atveju teigiama, kad daugiau mokomės iš klaidų, o ne iš sėkmingų bandymų. Tačiau iš klaidų mokomės tik tada, jei iš anksto žinome, kas yra neklaida.
325. Vienu metu gana sudėtinga mokytis dviejų judesių, nes gana sunkiai formuojasi motorinė atmintis: abu judesiai konkuruoja dėl motorinės atminties tvirtumo. Jei, atliekant naują judesį, prašoma judesio tikslumo ir greitumo, tada gana sunku užfiksuoti tikslumo ir greitumo parametrus motorinėje atmintyje. Žinoma, kad visada centrinė nervų sistema (optimaliai skaičiuodama) neišvengia kompromisų, t. y. atlikdama judesį ir greitai, ir tiksliai, vienu atveju labiau koncentruojasi į tikslumą, kitu – į greitumą. Tik vėliau išmokstama atlikti judesį ir greitai,

ir tiksliai.

Senyvo mažiaus žmonėms labiau reikia parodyti, ką ir kaip reikia atlikti, o ne kalbėti. Vaizdinė instrukcija geriau suprantama dešiniajame pusrutulyje; žodinė – kairiajame. Galimas „kelias“ – nuo žodžio link vaizdinio, ir atvirkščiai.

Naujausi mokslo pasiekimai.

Nepaisant dinamiško mokymosi naudos, judesys negali būti per daug variabilus arba dinamiškas, nes tada sumažės mokymosi kokybė (Davids ir kt., 2008). Kaip nustatyti mokymosi metu optimalų variabilumo laipsnį – tai sudėtinga užduotis mokslininkams.

Judesių mokymosi pradžioje informaciją apie judesį geriau pateikti vizualiai, o vėliau – žodžiais. Be to, procedūrinių žinių negalima verbalizuoti (perteikti žodžiais). Štai kodėl kineziterapeutas privalo mokėti parodyti, kaip reikia teisingai atlikti pacientui judesį.

Judesio padėtis (pradinė ir galutinė) ir atstumas turi skirtingus kodus. Padėtis geriau prisimenama nei pats judesys. Todėl, mokantis judesių, labai svarbu fiksuoti teisingas padėtis.

326. Labai gerai treniruoja galvos ir stuburo smegenis pratimai, kurie atliekami kintamoje aplinkoje (28, 29 pav.). Tai labai gerai tinka ir pacientams.



28 pav. „Paukštis ant šakelės“



29 pav. „Per lieptelį“

327. Bazaliniai ganglijai yra atsakingi už judesio įvertinimą. Jei jie pažeisti, tada pacientui gana sunku atlikti judesį kintamoje aplinkoje.
328. Automatiškas judesys yra tada, kai, jį atliekant, galima be klaidų atlikti kitą užduotį. Kuo labiau automatiškas judesys, tuo mažiau dirba judesio planavimo struktūros ir daugiau dirba judesio įgyvendinimo struktūros (**Wu ir kt., 2004**). Tai labai svarbus ir praktiškas principas kineziterapeutams, kurie parenka judesių atlikimo strategijas.
329. Pagrindinė naujausia judesių mokymo ir lavinimo idėja yra susijusi su mokymo dinamika (variabilumu) (**Kelso, 1999; Schmidt ir Lee, 1999; Wolpert ir kt., 2001; Davidson, 2003; Schmidt ir Wrisberg, 2004; Skurvydas, 2008**) (29 pav.).
330. Judesių mokyti reikia pradėti nuo uždaros kinematinės grandinės, tik vėliau – nuo atvirosios kinematinės grandinės judesių. Ypač gerai treniruojami įvairūs refleksai, kai judesys atliekamas uždaroje grandyje.
331. Procedūrinio mokymosi pradžioje labiau dirba aktyvuota ir lateralinė žievė, tada kontralateralinė žievė yra labai mažai aktyvuota. Tik vėlesniame mokymosi etape labiau aktyvuojama kontralateralinė žievė (ypač premotorinė, pirminė motorinė ir pirminė sensorinė). Tai yra neįprasta, tačiau labai praktiška.

Motorinių įgūdžių evoliucija yra senesnė nei kognityvių (intelektualių).

Galvos smegenys yra labai plastiškos – kinta jų struktūra ir funkcija ir tai priklauso nuo jų aktyvumo. Kuo labiau aktyvuotos galvos smegenys, tuo labiau kinta jų struktūra (Kolb ir Whishaw, 1998).

332. **Hipokampus** – tai seniausia ir giliausiai nugrimzdusi į galvos smegenų vidų smegenų žievės–dangalo (lot.*pallium*) dalis. Hipokampus ypač aktyvus deklaratyvos atminties formavimosi procese. Manoma, kad dėl mokymosi proceso didėja nervinių tinklų skaičius hipokampe (**Leuner ir Gould, 2010**).

333. Kuo ilgesnis aplinkos poveikis motorinei sistemai, tuo ilgiau išlieka motorinės sistemos adaptacija, pvz., kai žmogus paima plaktuką, tai judesio valdymo mechanizmai greitai prie to prisitaiko. Kai kitą kartą plaktuką paima kitoje padėtyje, prieš tai buvusi adaptacija išnyksta (tuo lėčiau išnyksta, kuo ilgiau buvo prie to prisitaikiusi).
334. Netikrumo hipotezė (angl. *uncertainty hypothesis*): žmogus mokosi dėl to, kad mažėtų netikrumas ir didėtų aiškumas.
335. Kai treniruojama viena ranka, tada prislopinama kito pusrutulio motorinė žievė. Nepaisant šio fenomeno, mokantis viena ranka, šiek tiek išmoksta ir antroji.

Įdomu!

- **Atsiminimas be pastangų (lengvas atsiminimas) vyksta per hipokampą, o sunkus (reikalaujantis pastangų) atsiminimas vyksta ypač aktyvuojant prefrontalinę žievę.**
- **Mokantis judesių, pirmiausia hipokampe, o tik vėliau žievėje užsifiksuoja atmintis. Hipokampus neišsaugo ilgalaikės atminties. Nėra vienos žievės vietos, kur būtų saugoma atmintis – ji gali būti saugoma ir prefrontalinė, ir smilkininėje, ir parietalinėje žievės srityse. Kiekvienas atminties tipas turi savo vietą.**
- **Hipokampe yra erdvės fiksavimo ląstelės (angl. *place cells*).**
- **Procedūrinė atmintis susiformuoja iš įgūdžių mokymo, emocinio mokymo, stimulo-atsako mokymo.**
- **Kai pažeisti bazaliniai ganglijai, negali susiformuoti procedūrinė atmintis.**
- **Hipokampe susiformuoja nauji neuronai, tačiau jų išgyvenimas priklauso nuo tolesnio mokymosi sudėtingumo.**
- **Deklaratyvi atmintis geriausiai formuojasi hipokampe.**
- **Miego metu aktyvuojama apie 100 genų– jie reikalingi atminčiai konsultuoti.**

- **PP1 genas yra atminties ištrynimo genas, kuris ypač aktyvus labai ilgai mokantis.**
- **Užmiršimui įtakos turi ir Drac1 genas (Garrett, 2011).**

336. Dėl rekonsolidavimo (pakartotino sutvirtinimo) galima užmiršti išmoktą dalyką. Taigi, jei nutarei ką nors pakartoti, tai pakartok, nes kitaip užmirši ir tai, ką žinojai.

337. Nauja judesių mokymosi moksle yra tai, kad motorinė (deklaratyvi) atmintis nėra užkoduota tam tikroje vienoje konkrečioje vietoje (**Robertson ir kt., 2004; Krakauer ir Shadmehr, 2006**). Motorinė atmintis – tai dinamiški bei spontaniški ryšiai tarp centrinės nervų sistemos įvairių dalių bei centrinės nervų sistemos ir aplinkos. Pastebėta, kad atkoduoti (atsiminti) informaciją galima įvairiais būdais ir iš įvairių centrinės nervų sistemos vietų. Svarbiausia – aktyviai ieškoti „kodo“ (užuominos), kuriuo yra užkoduota informacija. Ši paieška dažnai yra spontaniškai, t. y. kiekvieną kartą ta pati informacija gali būti atgaminama kitaip (kitoje situacijoje).

338. Geriausiai žmonės atsimena, jei užuomina buvo pagrįsta stipriomis emocijomis.

339. Mokantis naujų judesių, motorinėje žievėje formuojasi nauja motorinė atmintis, tačiau tuo pačiu metu ardoma sena atmintis. Kitaip tariant, mokantis naujų judesių, galvos smegenys „ištrina“ kai kuriuos nereikalingus judesius.

340. Abu modeliai – tiesioginis ir atvirkštinis kartu mokosi valdyti judesius. Smegenėlės ir motorinė žievė yra tos vietos, kuriose šie modeliai mokosi (**Wolpert ir kt., 2001**).

341. Atliekant balistinius (labai greitus) ir tikslius judesius nekintamoje aplinkoje, judesių išmokimas ypač priklauso nuo vidinių modelių. Tačiau greitai ir tiksliai atliekant judesius kintamoje aplinkoje, pagrindinis judesių valdymo mechanizmas yra agonistų ir antagonistų koaktyvavimas (**Osui ir kt., 2003**).

342. Nustatyta, kad, mokantis judesių, pirmiausia tobulėja kinematinės judesio charakteristikos (amplitudė, kryptis, trajektorija, greitis), o vėliau dinaminės (jėga).

343. Mokymasis „su treneriu“ (angl. *supervised learning*), t. y. judesių mokomės taip, kad iš anksto žinome judesio siekiamą rezultatą. Galima sakyti, kad toks mokymasis yra iš klaidų (angl. *error driven learning*). Tokio mokymosi metu susiformuoja deklaratyvi atmintis. Tada ypač svarbios smegenėlės.

344. Skatinamasis mokymasis (angl. *reinforcement learning*) daugiausia priklauso nuo bazalinių ganglijų.

Motorinė žievė greičiau ir daugiau pavargsta, kai, atliekant fizinius krūvius, dėmesio koncentracija labai didelė. Todėl, norint mažiau nuvarginti galvos smegenis, būtina kartas nuo karto atitraukti dėmesį.

Kuo daugiau serotonino išsiskiria į centrinę nervų sistemą, tuo greičiau ji pavargsta.

345. Mokymasis „be trenerio“ (angl. *unsupervised learning*), kai mokomės, nežinodami judesio rezultato/siekiamybės, todėl toks mokymasis yra ne iš klaidų, bet pagrįstas kuo didesniu judesių atlikimo skaičiumi (angl. *used driven learning*). Tokio mokymosi metu susiformuoja procedūrinė atmintis, ji pagrindinai formuojasi galvos smegenų didžiųjų pusrutulių žievėje.

346. Deklaratyvi atmintis pradeda formotis priefrontalinėje ir motorinėje žievėje, o procedūrinė – antrinėje motorinėje žievėje. Tačiau deklaratyvi atmintis saugoma hipokampe, o procedūrinė – dryžuotajame kūne (lot. *corpus striatum*), kurį sudaro kiautas (lot. *putamen*), uodeguotasis branduolys (lot. *nucl. caudatus*).

Dofaminas labiau stimuliuoja procedūrinės nei deklaratyvios atminties formavimąsi.

347. Deklaratyvus mokymasis labiau moko judesių tikslumo, procedūrinis – judesio atlikimo greičio. Deklaratyvus išmokimas mažiau nei procedūrinis priklauso nuo raumenų specifikos. Kitaip tariant, judesių mokymosi pradžioje (kai vyrauja deklaratyvus išmokimas) greičiausiai pagerėja judesių tikslumas nepriklausomai nuo to kokie raumenys atlieka judesį.

348. Miego sutrikimas gali būti labai svarbi priežastis neleisti įsitvirtinti dienos metu atlikto judesio motorinei atminčiai. Pastebėta, kad miego metu deklaratyvi atmintis (atmintis, kuri labiau priklauso nuo mąstymo, dėmesio koncentracijos, emocijų) geriau įsitvirtina nei procedūrinė (**Krakauer ir Shadmehr, 2006**). Nakties miego metu labiau „treniruojami“ judesiai, kurie nepriklauso nuo raumenų specifikos (deklaratyvi atmintis); dienos poilsio metu labiau užsifiksuoja nuo raumenų specifikos priklausomi judesiai (procedūrinė atmintis) (**Cohen ir kt., 2006**).

Žmogus geriau atsimena, jei mokymasis pagrįstas emocijomis, ypač pozityviomis. Tačiau neigiamos emocijos užsifiksuoja ilgesniam laikotarpiui nei teigiamos.

349. Naktinis mokymasis ypač efektyvus jauniems žmonėms ir ligoniams, o mažiau efektyvus pagyvenusio amžiaus žmonėms.

Labai įdomu!

- 1. REM miego fazė – paviršutiniškas, labiau sąmoningas miegas, sapna atsimenamas, vaikai geriau miega šios fazės metu. Ši miego fazė gerai konsoliduoja procedūrinę atmintį.**
- 2. Įdomu tai, kad snūstelėjimas (angl. *nap*) turi teigiamą poveikį tik deklaratyviai atminčiai.**
- 3. Mokymosi tipai: a) suvokimas (sensorinis); b) stimulus-atsakas; c) motorinis; d) sąveikos.**
- 4. Sensorinis suvokimas – mokymasis atpažinti tam tikrus stimulus.**
- 5. Stimulo-atsako mokymasis: a) sąlyginių refleksų formavimasis (klasikinis mokymasis); b) instrumentinismokymasis.**
- 6. Hebbo taisyklė – neuronai, kurie aktyvuojami kartu, tampa viena sistema.**
- 7. Instrumentinis mokymasis– tai mokymasis, kurio metu judesio atlikimas (elgesys) skatina arba slopina tolesnį mokymąsi.**
- 8. Dofaminas turi įtakos ilgalaikiai neuronų potenciacijai.**

9. Kai judesys tampa labiau automatiškas, tada daugiau dirba bazaliniai ganglijai.

10. Procedūrinė atmintis formuojasi: a) mokantis atpažinti žmones, paveikslus, objektus, melodijas; b) klasikinis ir instrumentinis mokymasis; c) įvykių sekos mokymasis (Carlson, 2010).

350. Miegas procedūrinę atmintį vaikams užfiksuoja (sutvirtina) blogiau nei suaugusiesiems.

Miegas geriau konsoliduoja (sutvirtina) atmintį, jei žmonės matė didelį atpildą mokydami prieš miegą.

351. Judesių mokymosi efektyvumas priklauso nuo to, ar žmogus gerai išmiegojęs prieš mokymąsi.

Protinė veikla gali prislopinti motorinės atminties formavimąsi, o motorinė veikla – deklaratyvios atminties formavimąsi. Jei prieš miegą pakartosi mąstymo ir judėjimo užduotis (nors mintyse), tada jos viena kitos neslopins.

352. Deklaratyvi atmintis blokuoja procedūrinę, o procedūrinė deklaratyvią atmintį slopina dienos poilsio metu, bet ne nakties miego metu. Nakties miego metu galvos smegenyse vyksta integraciniai pokyčiai, t. y. galvos smegenys integruoja tai, kas buvo išblaškyta dienos metu (Robertson, 2009).

353. Insultą patyrusiems senyvo amžiaus pacientus miegas moko (apdoroja ir užfiksuoja/stabilizuoja informaciją) geriau nei sveikus to paties amžiaus žmones.

354. Automatiškas judesys nėra visiškai gerai, nes jis uždeda „lubas“ judesiui tobulėti.

355. Pirmiausia galvos smegenys išmoko „atramines“ struktūras, tik vėliau pagrindines. Jei atraminės struktūros mokomos per ilgai, tada nelieta laiko mokyti pagrindines struktūras.

Kas geba greitai ištaisyti klaidas, tai dar nereiškia, kad jis mokosi gerai. Priešingai, tai gali rodyti, kad mokymasis yra paviršutinis. Todėl gana sunku suprasti, ar mokymasis yra paviršutinis ar giluminis. Greitas klaidų ištaisymas gali būti tik mokymosi imitacija, bet gali būti ir tikro mokymosi rezultatas.

356. Hipokampus aktyvuojamas, kai norime išmokyti „suprantamai“; bazaliniai ganglijai – mokantis „papūgiškai“. Pasirodo, kad hipokampo aktyvinimui informacijai turi būti visiškai originali. Kitaip tariant, hipokampus „mokosi“ tik iš originalių šaltinių.

2.11. Keletas teiginių apie motorikos ontogenezę

357. Vaiko augimas ir brendimas yra sudėtingas procesas, kuris pereina skirtingas fazes. Šio proceso metu vaikas nagrinėja save, aplinką, konstruoja savyje aplinkos ir savo vaizdą, kurią jis ir laiko realybe (**Piaget, 1999**).

358. Augimo metu pasikeičia motorikos judesio atlikimo kokybė.

359. Pastaruoju metu pateikiama nemažai ontogenezės periodizacijos pavyzdžių. Tai natūralu, nes organizmo augimą, brendimą bei senėjimą nevienareikšmiškai charakterizuoja daugelis rodiklių. Ir neaišku, kuris iš jų svarbesnis. Galima ši žmogaus ontogenezės (nuo gimimo iki mirties) periodizacijos schema (3 lentelė). Kiekvienam ontogenezės periodui būdingi šie anatomiciniai bei psichofiziologiniai savitumai.

3 lentelė. Ontogenezės periodizacijos schema

1. Naujagimystė	iki 10 dienų
2. Kūdikiystė	iki 1 metų
3. Ankstyvoji vaikystė	1–3 metai
4. Pirmoji vaikystė	4–7 metai
5. Antroji vaikystė	8–12 metų berniukams, 8–11 metų mergaitėms
6. Paauglystė	13–16 metų berniukams, 12–15 metų mergaitėms

7. Jaunystė	17–21 metai jaunuoliams, 16–20 metų merginoms
8. Branda: I tarpsnis	22–35 metai vyrams, 21–35 metai moterims
II tarpsnis	36–60 metų vyrams, 36–55 metai moterims
9. Senyvas amžius	61–74 metai vyrams, 66–74 metai moterims
10. Senatvė	75–89 metai vyrams ir moterims
11. Ilgaamžystė	90 metų ir daugiau

360. Judesių išmokimas ir judesių brendimas, žmogui augant, yra du skirtingi procesai. Pagrindinis išskirtinis bruožas, skiriantis judesių išmokimą nuo brendimo yra tai, kad judesių mokymas priklauso nuo aplinkos ir organizmo sąveikos, o judesių brendimas priklauso tik nuo organizmo pokyčių. Taigi, judesių mokymasis – tai procesas, kurio metu tobulėja nerviniai judesių valdymo mechanizmai.

361. Viena naujausių motorikos ontogenezės teorijų – dinaminių sistemų teorija teigia, kad vaikų judesių išmokimas ontogenezėje dažnai yra savireguliuojamasis procesas, kuris priklauso nuo individualių vaiko savybių, judesio užduočių ir aplinkos sąveikos (**Kelso, 1999**).

362. Galima sakyti, kad dauguma organizmo augimo bei brendimo teorijų teigia, jog organizmo fenotipui formuotis reikalingi tam tikri stimulai. Taigi, organizmas negali optimaliai augti ir bręsti „šiltnamio“ sąlygomis.

363. Dabar beveik visi tyrėjai teigia, kad nėra geresnio organizmo augimo bei tobulėjimo stimulatoriaus kaip judėjimo aktyvumas. Sportas ir kiekviena kita judėjimo aktyvumo forma optimizuoja ne tik žmogaus motorikos, bet psichinės bei socialinės brandos vyksmą.

364. Tam tikros organizmo funkcijos augimo ir brandos tempai laiko atžvilgiu yra skirtingi. Taigi, tokie amžiaus tarpsniai, kai ypač suintensyvėja augimas arba branda (tie amžiaus periodai vadinami sensitivityviais).

Vaikų judesių mokymasis priklauso nuo trijų pagrindinių parametų: a) vaikų įgimtų savybių; b) judesio atlikimo tikslų; c) vaiką supančios aplinkos.

365. Bręstant motorikai, didėja vaikų greitumas, jėga, tikslumas, koordinacija bei ištvermė. Įdomu

tai, kad ypač padidėja gebėjimas greitai priimti sprendimą, o tai labai reikalinga atliekant sudėtingos koordinacijos judesius. Didžiausi jėgos bei greičių prieaugio tempai – nuo 12–14 metų, o didžiausios jų reikšmės vyrams apie 20–25, moterims – apie 18–20 metus. Tai priklauso ne tik nuo raumenų masės prieaugio, bet ir centrinės nervų sistemos brandos laipsnio. Įdomu tai, kad motorika bręsta tokia seka: „nuo galvos link kojų“, t. y. pirmiausia išmokstama mesti kamuolį nei jį spirti; „nuo centro – periferijos link“, t. y. pirmiau subręsta raumenys, esantys arčiau kūno ašies, centro nei galūnių raumenys; „nuo visumos – prie dalies“, t. y. pirmiau bręsta visumos judesiai nei atskiros jų dalys.

366. Įdomu tai, kad berniukų ir mergaičių ūgis bei svoris iki lytinės brandos pradžios beveik nesiskiria, tačiau berniukai išugdo didesnę jėgą. Nustatyta, kad 11–12, 13–14 ir 15–16 metų mergaičių raumenų jėga yra atitinkamai – 90, 85 ir 75 proc. to paties amžiaus berniukų jėgos.

Vaikų intelektas priklauso ne nuo galvos smegenų tūrio, bet nuo smegenų plastiškumo potencialo mokantis (Johnston, 2009).

367. Motorikos kitimo amžiaus tempai priklauso nuo fizinio krūvio kiekio bei specifikos. Manome, kad, norint efektyviai lavinti skirtingo amžiaus vaikų įvairias motorines savybes, būtina atsiminti, kad:

- optimalūs fiziniai krūviai, taikyti jaunesniame amžiuje, gali sąlygoti teigiamą efektą vėlesniais amžiaus tarpsniais;
- optimalūs fiziniai krūviai neiškraipo, bet efektyvina bei optimizuoja organizmo augimą ir brandą (žinoma, per dideli treniruočių krūviai gali prislopinti organizmo augimą ir brandą tam tikram laikotarpiui);
- augimo ir brandos metu organizmas pasižymi mažesniais adaptacijos rezervais nei subrendęs organizmas (vaikas negali pakelti labai intensyvių bei didelių krūvių);
- paauglystės pradžioje negalima perkrauti organizmo dideliais fiziniais krūviais, nes neleisime susiformuoti FF ir FR tipo MV raumeninėms skaiduloms; šio periodo pradžioje būtina daryti labiau greičio, o ne jėgos reikalaujančius pratimus;
- kuo jaunesni paaugliai, tuo labiau reikėtų vengti maksimalių pastangų reikalaujančio fizinio darbo;
- berniukams ir mergaitėms iki paauglystės nerekomenduojama dalyvauti varžybose, kur reikalinga maksimali jėga ir kur reikia bėgti daugiau nei 1000 metrų;

– iki paauglystės raumenų jėga labiau lavėja, gerėjant nervų bei refleksų mechanizmams, o ne hipertrofuojantis raumenims; (paauglystėje labai intensyviai hipertrofuojasi raumenys lavinant jų jėgą);

– vaikystėje ir paauglystėje būtina išmokyti daug įvairių judesių, nes vėliau juos galima labiau tobulinti bei pritaikyti įvairiose situacijose; šiais amžiaus tarpsniais labiau reikia akcentuoti visuminį judesių atlikimą, o neatskirų jų dalių tobulinimą;

– vaikystėje ir paauglystėje akcentuoti dažnas, bet neilgas judesių mokymo pratybas; geriau kai mokomasi vieno ar kito judesio ir jis lavinamas ne ilgiau kaip vienas pratybas, bet dažniau; per metus būtina nuolat kartoti arba priminti išmoktą judesį;

– vaikystėje bei paauglystėje mokantis naujų judesių, juos būtina atlikti į abi puses, pvz., į kairę ir į dešinę.

Antraisiais gyvenimo metais visiškai susiformuoja galvos smegenų motorinė žievė.

Įdomu tai, kad motorika bręsta tokia seka: „nuo galvos – link kojų“, t. y. pirmiausia išmokstama mesti kamuolį, nei jį spirti; „nuo centro – periferijos link“, t. y. pirmiau subręsta raumenys, esantys arčiau kūno ašies, centro nei galūnių raumenys; „nuo visumos prie dalies“, t. y. pirmiau bręsta visumos judesiai nei atskiros jų dalys.

368. Senyvo amžiaus žmonės blogiau atlieka dinamiškus judesius nei jauni. Be to, senyvo amžiaus žmonės, valdydami judesius, negeba kaip jauni paskirstyti dėmesio į daugelį aplinkos stimulų – senyvo amžiaus žmonės dėmesį dažniausiai koncentruoja tik vieną svarbiausią taikinį, taip tuo sumažindami galimybes greitai reaguoti į kitus ir netikėtus stimulus. Todėl galima teigti, kad senyvo amžiaus žmonės labiau rūpinasi statiniu nei dinaminiu stabilumu.

369. Senyvo amžiaus žmonės įdeda daugiau emocinių pastangų nei jauni, atlikdami tokio paties sudėtingumo judesį. O kuo daugiau emocinių pastangų, tuo dažniau senyvo mažiau žmonių krenta, kai atlieka judesius kintamoje aplinkoje.

370. Išskirtinis vaikų judesių valdymo požymis – tai judesių didesnis atlikimo variabilumas nei suaugusiųjų. Pasirodo, kad vaikai variabiliu ne tik planuoja, bet ir įgyvendina judesio planą. Taip yra todėl, kad galvos smegenys dar nepakankamai treniruotas valdyti judesius optimaliai stabiliai (**Hadders-Algra, 2010**).
371. Nustatytas tiesioginis ryšys tarp vaikų fizinio aktyvumo ir jų pažinimo funkcijų atlikimo efektyvumo (**Scherder ir kt., 2010**).
372. Vaikai žymiai sunkiau geba sudaryti vidinius judesių valdymo modelius nei suaugusieji. Ypač sunkiai vaikams sekasi prognozuoti judesio atlikimą.
373. Vaikai žymiai sunkiai geba koncentruoti dėmesį į pagrindines judesių valdymo elementus nei suaugusieji.
374. Vaikai žymiai mažiau geba valingai aktyvuoti raumenis nei suaugusieji.
375. Vaikų raumenys yra atsparesni nuovargiui nei suaugusiųjų, tačiau vaikų centrinė nervų sistema greičiau pavargsta nei suaugusiųjų. Kai pavargsta vaikų galvos smegenys, jie žymiai mažiau aktyvuoja valingai raumenis.
376. Valdant judesius hipertermijos sąlygomis vaikų judesių valdymas ypač sutrinka.
377. Nėra pagrįstų įrodymų, kad vaikai greičiau išmoksta valdyti visiškai naujus judesius nei suaugusieji.
378. Net iki 5–8 metų motorinėje ir sensorinėje žievėse susiformuoja nerviniai tinklai labai panašūs į suaugusiųjų, nors pažinimo funkcijos struktūros dar nesusiformavusios (**Zielinski ir kt., 2010**).

3. MODERNIOSIOS NEUROREABILITACIJOS PRINCIPAI

3.1. Judesių atkūrimo (reabilitacijos) principai

Šiuolaikinė reabilitacija – pagrįsta labiau intuicija ir praktika nei moksliniais tyrinėjimais. Tai yra visų „sudėtingų“ mokslų ir sudėtingų „praktikų“ rezultatas.

379. Judesių atkūrimas (reabilitacija) yra procesas, kurio metu judesiai išmokstami iš naujo (arba pakartotinai) (**Krakauer, 2006**).

„Top-down“ paradigma: pirmiau socialinis mobilumas (aktyvumas), o vėliau organizmo pažeistų funkcijų ir struktūrų („dalių“) atkūrimas. Kitaip tariant, atkūrimas pagal šią paradigmą vyksta „nuo visumos – link dalių“.
O „bottom-up“ paradigma: „nuo dalių – link visumos atkūrimo paradigma“. Ši paradigma yra klasikinė (senoji). Deja, ji vis labiau užleidžia pozicijas paradigmai „nuo visumos – link dalių (Winstein ir Wolf, 2009).

380. Pagrindinė motorinės sistemos traumų priežastis – blogas judesių valdymas, kurį sąlygoja žmogaus motorinis „neraštingumas“ arba nenuspėjamos situacijos. Dažnai žmonės patiria traumą dėl nepatogios darbo vietos, monotoniško darbo arba nepatogių darbo instrumentų.

Bendrieji judesių reabilitacijos principai.

- **Būtina atsižvelgti į individualią paciento būseną.**
- **Minimalios intervencijos: leisti gyti pačiam organizmui (daugiau fizinių pratimų nebūtinai reiškia geriau).**
- **Taikyti daug poveikio priemonių kaip vieningą sistemą.**

- **Griežtai kontroliuoti poveikio trukmę.**
- **Suderinti poveikio priemones taip, kad būtų galima pasiekti sinerginio poveikio.**
 - **Poveikio priemonės turi būti pertraukiamos (baigtinės).**
 - **Atlikti dinamiškų judesių kuo daugiau.**
- **Kuo daugiau atlikti tikslių judesių, kurių metu ypač dirba centrinė nervų sistema.**
 - **Poveikio priemonės turi būti pagrįstos moksliniais tyrimais.**
 - **Pacientas ir kineziterapeutas turi tikėti poveikio priemonėmis.**

381. Norint, kad judesių mokymasis paliktų ryškų ir ilgalaikį poveikį galvos smegenų žievėje, tą patį judesį būtina atlikti ne mažiau kaip 300–1500 kartų. Tai yra orientyras, per kokį laikotarpį struktūriškai pakinta motorinė žievė, t. y. prisigamina naujų sinapsių (naujų kontaktų tarp neuronų).

382. Jei pagerėja ipsilateralinės žievės aktyvumas (jautrumas), tada pagreitėja ir pažeistos žievės (kontralateralinės) atsikūrimas.

Judesių atsikūrimo teorija: judesių atsikūrimas priklauso nuo raumenų jėgos ir išvermės atsikūrimo. Naujas požiūris – judesių atsikūrimas daugiausia priklauso nuo jų valdymo mechanizmų atsikūrimo.

Naujas požiūris ragino vengti senojo požiūrio pagrindinės klaidos –per daug fizinio krūvio, atlikti tiek, kiek reikia. Tuo labiau naujas požiūris akcentuoja judesių valdymo mechanizmų atsikūrimą, o ne vien raumenų funkcijos atsikūrimą.

383. Ligų (pvz., Parkinsono), traumų (nugaros smegenų pažeidimo), senėjimo arba įgimtų negalių (pvz., **Dauno** sindromo) atveju sumažėja atliekamų judesių efektyvumas. Todėl juos būtina atkurti. Galimi du judesių atkūrimo būdai. Pirmas būdas susijęs su visišku pažeistos funkcijos atkūrimu. Tai yra tikras atkūrimas. Antruoju būdu nors ir atkuriamas judesys, tačiau

atkuriamasne tas pats mechanizmas, bet kitas labiau ištreniruojamas. Tada galima teigti, kad įvyko kompensacinis judesių atkūrimas.

Kompensacinis atkūrimas pagrįstas naujos judesio atlikimo strategijos pasirinkimu. Dažniausiai tai būdinga galūnės amputacijos, Parkinsono ligos, nugaros smegenų pažeidimo ir Dauno sindromo atveju.

384. Kompensacinis judesių atkūrimas yra labiau paplitęs nei tikrasis atkūrimas. Kompensaciniai pokyčiai daugiausia vyksta galvos smegenų motorinėje žievėje, kuri plastiškai kinta priklausomai nuo funkcinių ir (ar) struktūrinių stimulų (**Sanes ir Donoghue, 2000; Langhorne ir kt. 2011**). Abiem būdais atkuriant judesius, būtinas atlikimas judesių, kurie pagreitina reabilitacijos procesą.

385. Judesių atkūrimo efektyvumas priklauso nuo to, kokiame organizmo ontogenezės etape jis buvo pažeistas (**Krakauer, 2006; Shumway-Cook ir Woollacott, 2007**). Pavyzdžiui, naujagimių motorinės žievės pažeidimai gali žymiai greičiau išnykti nei suaugusiems, kuriems pažeidimai gali būti negrįžtami. Be to, pažeidus vieną motorinės žievės dalį, gali susilpnėti kitų galvos smegenų žievės dalių funkcija (**Sanes ir Donoghue, 2000; Lundy-Ekman, 2007**). Tai ypač būdinga jaunesniame amžiuje.

386. Netekęs atminties, pacientas geriausiai atsimena judesio atpildo (apdovanojimo) būseną (tai dažniausiai susiję su emocijomis).

Nustatyta, kad po periferinio nervo pažeidimo dažnai pakinta galvos smegenų nerviniai tinklai-klasteriai, pvz., po viršutinės galūnės amputacijos rankos somatosensorinę dalį užima veidas. Jei labiau pažeista pirminė motorinė žievė, tai dalį jos funkcijos perima premotorinė ir antrinė motorinė žievė.

387. Motorikos atkūrimo tempai priklauso nuo jos pažeidimo laipsnio bei greičio. Kuo didesnis pažeidimas ir kuo staigiau pažeidžiama, tuo lėčiau atsikuria motorinė funkcija. Be to, jei motorinė žievė pažeidžiama gyvūnui esant hipokinezijos sąlygomis, tai jos atkūrimas žymiai

sulėtėja, lyginant su jos atsikūrimu po tokio pat pažeidimo, tačiau normalaus judėjimo aktyvumo būsenos.

388. Tyrimai su gyvūnais parodė, kad greičiau atsikuria ta motorinė sistema, kuri labiau ištreniruota atlikti įvairius („vikrius“) judesius. Be to, tuo intensyviau, vyksta atsikūrimas kuo anksčiau tai pradedama daryti ir kuo daugiau atliekama judesių, kurie yra susiję su pažeista funkcija (**Shumway-Cook ir Woollacott, 2007; Lundy-Ekman, 2007**).

389. Dabar reabilitacijoje vis didesnis dėmesys kreipiamas į judesių atlikimo variabilumą (**Krakauer, 2006; Latash ir Anson, 2006**). Tada žmogus ne tik greičiau iš naujo išmoksta (reabilituojasi) atlikti judesius, bet geba juos plačiau pritaikyti įvairiose situacijose. Ypač svarbu, kad, atliekant judesius, būtų keičiamas kontekstas – aplinka, kuri, būtų kuo labiau panaši į realią, kasdienę. Be to, reabilitacijos proceso metu gana svarbu atlikti judesius taip, kad galvos smegenys dirbtų kuo daugiau. Tam nereikėtų daryti iš eilės daug panašių judesių, o stengtis, kad naujus judesius pacientas turėtų atlikti gana netikėtai (t. y. netikėtai, bet aktyviai spręstų problemą).

Šiuolaikinė neuroreabilitacija pagrįsta: a) judesių mokymosi pasiekimais; b) pacientų motyvacija; c) svarbiausių pažeidimo vietų greitu šalinimu/mažinimu (pvz., norint išmokti valdyti judesius, reikia sumažinti spazmiškumą, padidinti rankų jėgą bei amplitudę).

390. Jei pažeisti bazaliniai ganglijai (judesio planavimo struktūra), tai labai lėtai atsikuria judesių valdymo mechanizmai pirmosios fazės metu. Jei pažeistos judesio įgyvendinimo struktūros (pirminė motorinė žievė, smegenėlės), tada ypač lėtai vyksta atsikūrimas antrosios fazės metu. Labai svarbus greito atsikūrimo komponentas – mažai pažeista arba visiškai nepažeista premotorinė žievė. Manoma, kad pirmojoje atsikūrimo fazėje atsikuria judesio planavimas, kitoje fazėje – judesio įgyvendinimo mechanizmai. Be to, kuo labiau pažeisti bazaliniai ganglijai, tuo ilgesnis judesio atsikūrimo periodas (atsikuria ilgiau nei tada, kai pažeista pirminė motorinė ir sensorinė žievė (**Miyai ir kt., 1997**)).

Žmogus gali greitai patirti traumą, atlikdamas judesius dinamiškoje aplinkoje, nepaisant to, kad jo raumenų jėga yra labai didelė. Traumą jis gali patirti dėl blogo raumenų valdymo. Pirmiausia – dėl neefektyviai veikiančių refleksų (Prentice ir Voight, 2001).

391. Apibendrinus naujausius mokslo pasiekimus, galima suformuoti modernius motorinės sistemos reabilitacijos principus. Šie principai ištaisant klasikinio redukcionistinio požiūrio medicinoje klaidas. Tos klaidos dažniausiai pasireiškė tuo, kad žmogaus gydymas buvo suprantamas ne kaip visos sistemos atstatymas, bet jos atskirų dalių „suremontavimas“ (**Ahn ir kt., 2006**). Minimalios intervencijos principas rodo, kad pacientas turi pradėti gyti „iš vidaus“, nes dažnai dėl per intensyvių poveikio priemonių prislopinama vidinė gijimo „jėga“. Norint, kad gijimas būtų optimalus, būtina taikyti ne vieną, bet daugelį poveikio priemonių, pvz., fiziniai pratimai derinami su masažu, šildymu ir t.t. Būtina parinkti tokias poveikio priemones (poveikio priemonių sistemą), kad kartu jos sukeltų efektą, t. y. didesnę nei jų atskiro poveikio suma. Ir visais atvejais gijimo metu galvos smegenys turi būti aktyvios (ne viena galvos smegenų dalis, bet kuo didesnis jų tūris).

Deja, šiuolaikinė medicina vis dar yra redukcionistinio požiūrio, t. y. manoma, kad žmogaus organizmas – tai atskirų jo dalių tiksli suma.

392. Šiuolaikinis požiūris į reabilitaciją, t. y. reabilitacija ypač pagreitina funkcijų atsikūrimo tempus reabilitacijos pradžioje. Kuo anksčiau pradedama reabilitacija, tuo didesnė jos nauda. Patys didžiausi funkcijų atsikūrimo tempai yra per pirmuosius tris mėnesius. Apie trečią mėnesį reabilitacijos tempai dažnai stabilizuojasi.

393. Reabilitacija priklauso nuo kineziterapeutų ir slaugytojų darbo, elgesio kultūros. 60 proc. pacientų negauna jokios reabilitacijos po gydymo ligoninėje. Jei 10 proc. pagerėja motorinės sistemos darbingumas dėl reabilitacijos, tai reabilitacija yra reikšminga. Reabilitacijos sėkmė ypač priklauso nuo pratimų atlikimo intensyvumo ir specifiškumo.

Kalba atsikuria lėčiau nei judesiai.

394. Labai svarbu, kad pacientai suvoktų užuominą, ką reikia daryti. Pradžioje reikia skatinti koncentruotis į svarbiausių funkcijų reabilitaciją.

Šiuolaikinės mokslu pagrastos reabilitacijos strategijos

- **Technologijos** (*robotai, neuroprotezai, kompiuteriniai žaidimai, vizualinis grįžtamasis ryšys, kamieninių ląstelių auginimas, genų terapija*).
- **Funkcinis nervų ir raumenų elektrostimuliavimas** (tai ypač efektyvuatkuriant vaikščiojimo įgūdžius).
- **Farmakologinės priemonės.**
- **Judesių mokymo strategijos** (*tikslų, realių, dinamiškų ir tikslingų judesių atlikimas, judesių apribojimo metodika, PNF metodikos, raumenų potenciacija, sensorinio stimulo didinimas*).
- **Pasyvūs judesiai, ideomotorinė treniruotė, akupunktūra, galvos smegenų elektromagnetinis stimuliavimas (TMS) ir t. t.**
- **Visų šių metodikų optimalus derinimas** (Langhorne ir kt., 2009).

395. Judesių reabilitacija prasideda nuo svarbiausio pažeisto mechanizmo atkūrimo ir tik vėliau atkurama visa judėjimo funkcija – funkcinių judesių atkūrimas. Labai svarbu kuo anksčiau atlikti judesį realiame kontekste.

Motorinis neigimas (angl. *motor neglect*) yra negebėjimas spontaniškai atlikti judesius. Jei negalima spontaniškai atlikti judesių, tada labai sunkiai atsigauna galvos smegenų neuronai.

Galvos smegenys geriau atsigauna, kai pacientas mokosi atlikti judesius, o ne vien kartoja juos (Plautz ir kt., 2000).

396. Judesių kompensavimo ir treniravimo paradigmos yra klasikinės (senosios), o judesių mokymo ir funkcinės treniruotės paradigmos priklauso prie modernių (naujųjų). Senosios paradigmos nebūtinai yra blogos –daugeliu atveju jos tinka, tačiau naujosios paradigmos

atskleidė visiškai naujas motorinės sistemos reabilitacijos galimybes. Naujosios paradigmos yra pagrįstos nervų sistemos adaptacijos plastiškumu, apie kurį anksčiau nežinota, pvz., galvos smegenyse kinta nerviniai tinklai, kai galvos smegenys aktyviai dirba (Nudo, 2007; Carmichael, 2008; Cramer 2008; Butz ir kt., 2009; Johnston 2009; Murphy ir Corbett, 2009; Carmichael, 2010; Cramer ir kt., 2011; Langhorne ir kt., 2011; Savitz ir kt., 2011).

Trys reabilitacijos strategijos, pagrįstos judesių kompensavimu

- **Visiškai kompensuojama: pažeistai galūnei atlikti judesius padeda kita galūnė (labai sena reabilitacijos paradigma).**
- **Iš dalies kompensuojama: pažeista galūnė atlieka tą patį judesį šiek tiek kitokiu būdu.**
- **Jokio kompensavimo: pažeista galūnė atlieka judesius visiškai taip pat kaip iki pažeidimo (tai yra moderniosios neuroreabilitacijos esmė).**

397. Sėkmingos neuroreabilitacijos principai (Kleim ir Jones, 2008):

- Naudoti ir prarasti (angl. „use it or lose it“): norint atkurti nervų sistemą, reikia, kad nervų sistema būtų aktyvi, t. y. aktyviai valdytų judesius.
- Naudoti ir tobulinti: optimalus judesių atlikimas pagerina nervų sistemos atkūrimą.
- Specifiškumo: kiekvienas pratimas atkuria tam tikras nervų ląsteles; nėra universalaus pratimo, kuris atkurtų visas nervų ląsteles.
- Optimalaus kartojimo ir optimalaus intensyvumo.
- Dominavimo: kurios nervų ląstelės labiau yra aktyvios pratybų metu, tos geriau ir atkuria.
- Amžiaus.
- Pernešimo/transformavimo: reikia parinkti tokius pratimus, kurių išmokymas gerai persikeltų į kitas sąlygas.
- Trukdymo/slopinimo: reikia šalinti reabilitacijos trukdžius, pvz., raumenų spazmiškumą.

Dėl galvos smegenų pažeidimo dažnai sutrinka kūno schemas suvokimas (angl. *body scheme disorder*). Tada padidėja baimė nuskristi. Kuo didesnė baimė, tuo didesnė tikimybė nukristi.

Kai pažeistas kairysis pusrutulis, dažnai pasireiškia stūmimo sindromas (angl. *pusher syndrome*).

Kuo labiau jis išreikštas, tuo ilgiau trunka galvos smegenų atsikūrimas.

Judesių atkūrimas – tai nugaros smegenų refleksų, galvos smegenų kamieno ir galvos smegenų žievės mechanizmų atkūrimas. Manome, kad, norint pagreitinti atsikūrimą, pirmiausia būtina padėti atsikurti nugaros smegenų refleksams (pvz., tempimo refleksui), vėliau – galvos smegenų mechanizmams (pvz., kurie valdo pusiausvyrą) ir galiausiai valingiesiems mechanizmams. Jei pažeisti raumenys ir raiščiai, būtina ne tik raumenų, bet ir jų valdymo mechanizmų atkūrimas.

398. Pacientai pačioje reabilitacijos pradžioje mokosi atlikti judesius procedūriniu būdu, t. y. jie supranta, ką reikia padaryti, bet nežino, kaip tą padaryti.

Trumpai!

- **Netgi po aferentacijos sumažėjimo (pvz., žmogaus sensorinė sistema gauna mažiau signalų iš aplinkos) randasi pokyčių galvos smegenų žievėje.**
- **Piramidinių laidų pažeidimas didina raumenų spazmiškumą (padidėja tempimo reflekso jautrumas), nes jų pažeidimas šalina nugaros smegenų slopinimą.**

3.2. Kas naujo neuroreabilitacijos moksle?

Nuo 20 iki 60 metų žmogus kasmet netenka 1–3 g smegenų!

399. Motorinės ir sensorinės žievės ląstelės pasižymi adaptaciniu plastiškumu, pvz., po insulto atsigauna pažeistos ląstelės, susidaro nauji ląstelių tinklai, nes padidėja sinapsių kiekis. Galima sakyti, kad galvos smegenys reorganizuojasi. Fizinis aktyvumas (optimalus) pagreitina ląstelių

atsigavimą, nes fizinis aktyvumas skatina baltymų sintezės procesus, vykstančius nervų ląstelėse. Tada susiformuoja naujos sinapsės ir auga aksonai (Nudo, 2007; Carmichael, 2008; Cirillo ir kt., 2009; Butz ir kt., 2009; Murphy ir Corbett, 2009; Carmichael, 2010; Cramer ir kt., 2011).

Svarbiausias modernios neuroreabilitacijos principas!

Pažeistų galvos smegenų atsigavimas gerokai sulėtėja, jei sveikos nervų ląstelės perima jų funkciją. Pažeistų nervų ląstelių atsigavimą stimuliuoja dofamino išsiskyrimas, o jo aktyvumas daugiausia priklauso nuo paciento motyvacijos, dėmesio koncentracijos ir atliekamų pratimų naudos (atpildo). Norint, kad efektyviau atsigautų pažeistos nervų ląstelės, būtina atlikti daugiau pratimų, kurie suteikia džiaugsmo ir prasmės. Be to, pratimai turi būti atliekami kiek galima tiksliau ir kuo įvairesnėje bei įdomesnėje aplinkoje.

400. Galvos smegenys aktyviai dirba ir gerai atsigauna, kai mokosi atlikti naujų, tikslių, sudėtingų, spontaniškų, dinamiškų, įdomių ir tikslingų judesių (Winstein ir Wolf, 2009).

Dabar vyksta intensyvūs neuroreabilitacijos paradigmos pokyčiai. Naujoji paradigma grįsta nervų ląstelių plastiškumo tyrimais. Nustatyta, kad nervų ląstelių plastiškumas priklauso nuo jų aktyvumo. Todėl mokslininkai ir praktikai pradėjo ieškoti naujų būdų, kaip suaktyvinti pažeistas nervų ląsteles, nes tada pagerėja jų atsigavimas (Nadeau ir kt., 2006; Nudo, 2007).

401. Galvos smegenų nervų ląstelių atsigavimas ypač efektyviai vyksta miego metu. Manoma, kad netgi trumpalaikis snūstelėjimas (5–60 min.) ypač pagerina nervų ląstelių regeneracijos procesus.

402. Judesių valdymo mechanizmų atsikūrimas sulėtėja, jei nėra pusiausvyros tarp kairiojo ir dešiniojo pusrutulio, pvz., jei dešinysis pusrutulis yra labai aktyvus, tada gali pasireikšti depresija, o tai gali sulėtinti visą neuroreabilitacijos procesą. Todėl rekomenduojama atlikti pratimus siekiant suderinti abiejų pusrutulių pusiausvyrą.

Spontaniškas nervų sistemos atsikūrimas po pažeidimo dažniausiai atstato bendrą galvos smegenų funkciją (darbingumą), o nuo mokymosi (elgsenos) priklausantis atsikūrimas dažniausiai yra specifinis, t.y. atsigauna tik tos nervinės ląstelės, kurios aktyviai dalyvauja mokymosi procese.

403. Judesių atsikūrimo po galvos smegenų pažeidimų naujausios metodikos remiasi judesių valdymo vidinių modelių ir optimalaus valdymo su atgaliniu ryšiu mechanizmų normalizavimusi (The Academy of Medical Sciences, 2004. <http://www.acmedsci.ac.uk/>). Pavyzdžiui, esant galvos smegenų pažeidimui, judesių valdymas pablogėja ne dėl raumenų funkcijos sutrikimo, bet dėl galvos smegenų negebėjimo adaptuotis prie raumenų pokyčių (Pollock ir kt., 2007).

Jei atsigavimo periodo metu neatliekami judesiai pažeista galūne, tai neatsigauna ne tik pažeistos motorinės žievės nervų ląstelės, bet pažeidimo procesas paplinta į kitas (sveikas) motorinės žievės dalis.

Be to, kai pažeista motorinė žievė valdo tam tikrą judesį, pvz., atrakina duris, tada dirba daugiau motorinės žievės ląstelių nei tada kai buvo atliekamas tas pats judesys prieš insultą. Nustatyta, kad šie pažeistos motorinės žievės adaptaciniai procesai po insulto labai greitai atsinaujina. Pavyzdžiui, jei pažeistas distalinių raumenų valdymas, tada motorinė žievė labai greitai įjungia kompensavimo mechanizmą – daugiau aktyvuoja proksimalinius raumenis. Taigi, motorinė žievė stengiasi valdyti judesiustaip, kad būtų pasiektas galutinis tikslas, pvz., durų atrakinimas. Tačiau tą ji daro sveikomis motorinės žievės dalimis, palikdama pažeistas dalis savaiminiam gijimui (reabilitacijos specialistų tikslas – padėti pažeistoms ir paliktoms „likimo valiai“ motorinės žievės dalims.

404. Jei, atliekant fizinius pratimus, pacientai yra giriami (o nerodomas jų klaidos), tada judesio atsikūrimas yra ilgalaikis. Jei akcentuojama tik į klaidų rodymą, tada reabilitacijos procesas yra labai neefektyvus (**Abe ir kt., 2011**).
405. Po galvos smegenų (nervų) pažeidimo ypač padidėja glutamato ir Ca jonų kiekis neuronuose. Ca jonai sukelia neuronų mirtį, po neuronų mirties prasideda uždegiminiai procesai. Greičiausiai atsigauna vidutiniškai pažeistos motorinės žievės – per daug pažeista motorinė žievė gali ir neatsigauti (**Teskey ir Kolb, 2010**).
406. Vaikščiojimas po insulto palengvintomis sąlygomis pagreitina judesių atsigavimą. Deja, vėliau namuose toks pagreitintas atsigavimas neturi jokių privalumų lyginant su tais pacientais, kurie tai netaikytą (**Duncan ir kt., 2011**).
407. Aerobiniai pratimai skatina kraujotakos pagerėjimą galvos smegenyse ir tai sudaro prielaidas neuronų regeneracijai.
408. Naujausios fizinio aktyvumo rekomendacijos pacientams, patyrusiems nugaros smegenų pažeidimą (**Ginis ir kt., 2011**): a) du kartus per savaitę po 20 min. daryti aerobinius pratimus; b) du kartus per savaitę daryti pratimus su svarmenimis (2–3 pagrindines raumenų grupes, po tris serijas, po 8–10 kartojimų kiekvienos serijos metu).
409. Naujausių mokslinių tyrimų duomenimis, fiziniai pratimai pagreitina pažeistų nugaros smegenų atsigavimą. Be to, nustatyta, kad lazerio spinduliai stimuliuoja aksonų regeneraciją.
410. Nustatyta, kad, taikant aktyvias sensorimotorines treniruotes, po insulto praėjus penkioms dienoms, galvos smegenų žievės regeneracija yra žymiai efektyvesnė nei tai daroma po 14 dienų. Taigi, kuo anksčiau po insulto galvos smegenys pradeda gauti sensorinius arba motorinius stimulus, tuo efektyvesnė yra neuroreabilitacija (**Biernaskie ir kt., 2004**).

Dėl senėjimo sumažėja dofamino receptorių, galvos smegenų tūris, tačiau padidėja kompensuojamųjų struktūrų aktyvumas. Kuo anksčiau mobilizuojamos kompensuojamosios struktūros, tuo anksčiau sensta galvos smegenys (Park and Reuter-Lorenz, 2009).

Norint, kad galvos smegenys nepradėtų senti anksčiau laiko, būtina stengtis taip atlikti pratimus kaip jaunystėje, t. y. kuo mažiau ieškoti lengvinančių arba kompensuojamųjų sąlygų.

Nukirptas motoneuronas gali pakartotinai prisijungti RS, t. y. gali regeneruotis. Tai pagreitina raumens ir nervo stimuliavimas elektra.

4. INSULTĄ PATYRUSIŲ PACIENTŲ MODERNIOJI NEUROREABILITACIJA

Jei gali nuo skausmo pabėgti, tada skausmas atrodo stipresnis. Jei negali pabėgti, tada susitaikai ir skausmas atrodo silpnesnis (Garrett, 2011).

Rekomenduoju susipažinti su patyrusiųjų insultą reabilitacijos pasauline patirtimi: www.strokefoundation.com.au/clinical-guidelines;
www.rcplondon.ac.uk/resources/stroke-guidelines.

Įdomu!

Norint, kad galvos smegenų žievės reabilitacija per pratybas būtų efektyvi, rekomenduojama per 60 min. atlikti ne mažiau kaip 300 judesio pakartojimų.

Būtina parinkti tokias judesio atlikimo sąlygas, kad pacientas galėtų, pvz., pataikyti į taikinį kuo tiksliau, t. y. sėkmė turi būti ne mažesnė nei su 70–80 proc. Jei užduotis bus sudėtingesnė, tai klaidų bus daugiau nei sėkmingų bandymų, o neuroreabilitacija pablogės.

4.1. Neuroreabilitacijos bendrieji dėsningumai

Praėjus 2–6 savaitėms po insulto, apie 50 proc. sumažėja motoneuronų, jų impulsavimo dažnumas, pablogėja tarpraumeninė koordinacija (sunku aktyvuoti vien raumenį agonistą, nes kartu aktyvuojamas ir antagonistas). Be to, nesant normalaus aktyvavimo atrofuojasi raumuo, jis sutrumpėja, jame susikaupia daugiau jungiamojo audinio, jis tampa mažiau plastiškas. Tai yra pagrindinės priežastys, kodėl po insulto sumažėja raumenų valingo susitraukimo jėga, jėgos greitis, ypač esant mažam raumens ilgiui. Judesiai

atliekami „karpytai“ (neplastiškai) ir netiksliai. Be to, kai atliekami judesiai rankomis, tai aktyvuojama daug nereikalingų kitų raumenų, netgi kojų.

JAV patyrusiųjų insultą reabilitacija kainuoja apie 43,3 milijardo dolerių per metus.

411. Dėl galvos smegenų pažeidimo po insulto ypač sutrinka šios pažinimo funkcijos: a) deklaratyvi atmintis; b) darbinė atmintis; c) erdvės suvokimas; d) kalba; f) objektų atpažinimas. Daugumos šių funkcijų sutrikimas trukdo efektyviai atlikti judesius.

Statistika!

Europos Sąjungos šalyse per metus įvyksta apie milijoną insultų. 10 proc. ligonių visiškai pasveiksta, 25 proc. – turi nežymų neįgalumą. 40 proc. – nuo vidutinių iki didelių pažeidimų; 10 proc. patyrusiųjų insultą prireikia pagalbos namuose. 15 proc. miršta greitai po insulto. 3 iš 100 tūkst. vaikų ištinka insultas.

412. Reabilitacijos mokslas žengia tik pirmuosius žingsnius, nepaisant, to kad milijonai žmonių miršta arba negali integruotis į visuomenę dėl „blogo mokslo“ arba „blogos praktikos“. Problema yra ta, kad patyręs insultą žmogus žymiai mažiau juda nei reikėtų. O pagrindinė mažo judėjimo priežastis – motyvacijos judėti stoka.

Insultas dažniausiai ištinka rytą: nuo 8 iki 10 val. Hemoraginis insultas dažniausiai ištinka intensyvaus darbo arba lytinio akto metu.

413. Vienas svarbiausių motorinės ir sensorinės žievės atsigavimo po insulto metodikos savitumų yra geras miegas tarp fizinių pratimų (Siengsukon ir Boyd, 2008).

Nustatyta, kad tik 10 proc. patyrusiųjų insultą, visiškai pasveiko ir sėkmingai grįžo į darbą; 40 proc. grįžo į darbą, nors motorinė funkcija ne visiškai atsikūrė; kiti 40 proc. liko su motorinės sistemos negalia ir negalėjo atlikti prieš tai buvusio darbo; 10 proc. patyrusiųjų insultą mažai pagerėjo, todėl jiems buvo reikalinga nuolatinė pagalba ir aktyvi rehabilitacija.

414. Dažniausiai galvos smegenų insultą sukelia vidurinės smegenų arterijos infarktas. Galvos smegenų insulto atveju labiausi pažeidžiami smulkieji judesiai (30 pav.). Dažniausiai pažeidimų randasi ir motorinėje, ir sensorinėje žievėje (dažnai ir kitose galvos smegenų vietose) (**Dobkin, 2005, 2008**). Labai retai pažeidžiama tik vien motorinė žievė. Nepavyko nustatyti atvejų, kad būtų pažeista, pvz., tam tikra pirminės motorinės žievės dalis, kuri aktyvuoja vieną rankos pirštą. Kitaip tariant, jei įvyksta insultas ir jo vieta labai lokali, tai atsiliepia ne vienam, bet daugeliui judesių. Taip vyksta todėl, kad galvos smegenys kaip visuma reaguoja į pažeidimą. Pažeidimo vieta po insulto plečiasi, jei netaikoma rehabilitacija, pažeidimas gali būti negrįžtamas.

Europoje, Amerikoje ir Australijoje apie 400 žmonių iš 100000 (0,4 proc.) vyresnių nei 45 metų patiria pirmąjį galvos smegenų insultą (Dobkin, 2005).

415. Labiausiai pažeidžiamas šoninis piramidinis laidas (lot. *tr. corticospinalis lateralis*) (jis yra pagrindinis laidas), kuris perduoda signalą iš motorinės žievės piramidinių ląstelių į nugaros smegenims (**Selzer ir kt., 2006**). Kadangi šis laidas kryžiuojasi pailgosiose smegenyse ir leidžiasi žemyn, todėl yra labiausiai pažeidžiamas priešingos pusės judesių valdymas (**Dobkin, 2008**). Aksonai, kurie nesikryžiuoja pailgosiose smegenyse, sudaro nusileidžiamąjį priekinį piramidinį laidą (lot. *tr. corticospinalis ventralis*). Kadangi priekinis piramidinis laidas insulto yra mažiau pažeidžiamas, todėl po insulto iš dalies jis kompensuoja šoninio piramidinio laido funkciją. Priekinis piramidinis laidas inervuoja tas nugaros smegenų vietas, kuriuose yra motoneuronų, inervuojančių proksimalinius raumenis. Be to, šoninio piramidinio laido funkcijos pažeidimą kompensuoja dar du laidai – retikulospinalis ir rubrospinalinis. Šie laidai geriau perduoda informaciją proksimaliniams viršutinių galūnių raumenims. Taigi, suprantama, kodėl po insulto judesiai būna trūkčiojantys ir netikslūs, nes tada labiau dirba grubūs, t. y. proksimaliniai raumenys.

416. Tais atvejais, kai motorinės žievės pažeidimas nedidelis, gana greitai atsinaujina pažeistos nervų ląstelės. Jei pažeidimas motorinėje žievėje yra vidutinio dydžio, tada judesio valdymas kompensuojamas pasitelkiant priekinį piramidinį, retikulospinalinį ir rubrospinalinį laidus. Jei pažeidimas yra didelis, tada ypač suintensyvėja priešingo pusrutulio motorinė žievė. Kuo labiau suaktyvėja nepažeistas (sveikas) pusrutulis, tuo labiau slopinamas pažeisto galvos smegenų didžiojo pusrutulio funkcijos normalizavimasis.

417. Per kiekvieną minutę po insulto miršta apie du milijonus neuronų (Levine, 2009).



30 pav. Insulto poveikio motorinei sistemos funkcijai pavyzdžiai

Po galvos smegenų insulto rankų jėga sumažėja daugiau nei kojų, distalinių raumenų jėga labiau nei proksimalinių, rankų tiesimo jėga labiau nei lenkimo, o kojų lenkimo jėga labiau nei tiesimo.

418. Jei pažeista kairiojo pusrutulio vidurinė smegenų arterija, tada greta judesių valdymo pablogėjimo sutrinka paciento kalba. Norint, kad atsistatytų motorinė ir sensorinė žievė (ypač pirminė ir antrinė motorinė žievė), pirmiausia reikia taikyti judesius, kurių metu dirba smulkieji raumenys (pirštai, riešas, ranka), o judesiai kiek galima turi būti atliekami realioje aplinkoje. Tačiau, ištikus galvos smegenų insultui, sutrinka ne tik distalinių (pvz., rankos), bet ir

proksimalinių (pvz., liemens) judesių valdymas (**Dobkin, 2008**). Po insulto gali padidėti raumenų spazmiškumas, t. y. raumenys priešinasi netgi lėtam ištempimui. Išskirtinis pažeistos galūnės valdymo požymis – trūkčiojantys judesiai. Tada galvos smegenys judesius valdo tam tikromis dalimis, pvz., ėjimas tampa panašus į „žirkliuojantį“ (**Latash, 2008**).

419. Vienos galūnės neigimas (nepaisymas) (ang. *unilateral neglect*) dažniausiaipasireiškia, kai pažeistas dešinysis pusrutulis (parietalinė sritis, kuri gauna informaciją apie judesius, kūną, garsą ir vaizdą). Pacientai gali jausti kairėje pusėje pasaulį, tačiau dažniausiai jį ignoruoja. Be to, pacientai tą patį daiktą padalija į kairę ir dešinę pusę (kairę ignoruoja).

Insulto bendrieji požymiai:

- **Hemiplegija ir raumenų silpnumas (ir veido); galūnių sustingimas; sensorinio jausmo susilpnėjimas.**
- **Uoslės, skonio, klausos ir regos pokyčiai.**
- **Nusilpsta raumenys, blogėja jų valdymas.**
- **Pakinta kvėpavimas ir širdies darbas.**
- **Nusilpsta liežuvis.**
- **Afazija (kalbos sutrikimas).**
- **Apraksija (judesių valdymo sutrikimas).**
- **Regėjimo laukas sutrinka.**
- **Atmintis sutrinka.**
- **Neigimo sindromas.**
- **Sutrinka mąstymas.**
- **Sutrinka vaikščiojimas, judesių koordinacija, pusiausvyra.**

Pagrindiniai galvos smegenų insulto rizikos veiksniai:

a) padidėjęs kraujospūdis;

b) rūkymas;

c) atsavoris ar nutukimas;

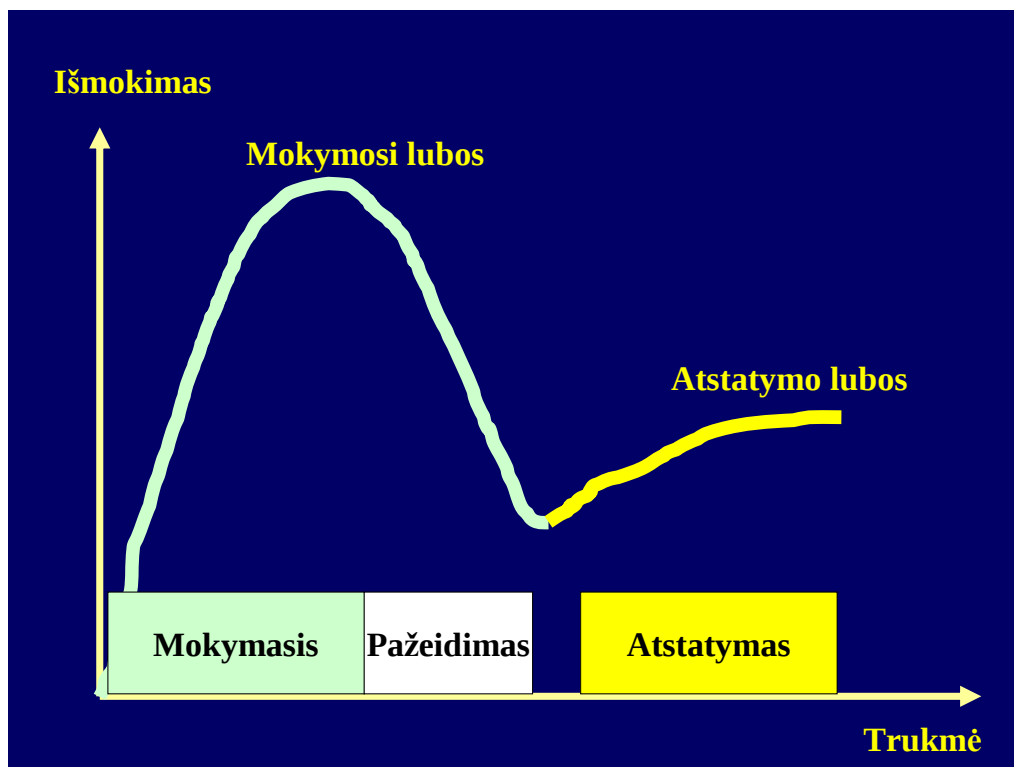
d) mažo tankio cholesterolio kiekio padidėjimas kraujyje;

e) judėjimo deficitas (mažas fizinis aktyvumas).

420. Po insulto pablogėja judesių valdymas ne tik pažeistos galūnės, bet ir priešingos. Taip yra todėl, kad pažeistam galvos smegenų pusrutuliu valdyti judesius padeda nepažeistos (arba mažiau pažeistos) priešingo pusrutulio smegenys. Pastebėta, jog kuo labiau padeda nepažeistas pusrutulis, tuo blogiau normalizuojasi motorinė ir sensorinė žievė pažeisto pusrutulio.
421. Norint pagreitinoti reabilitaciją ir padaryti ją saugesnę reabilitacijos metu reikalingi įvairūs įtvarai, pvz., kelio ir peties sąnarių. Kelio sąnario įtvaras neleidžia per daug išsitiesti kojai per kelius, peties sąnario įtvaras apsaugo peties sąnarį nuo dalinio jo išnirimo. Įtvarai sudaro panašias judesio valdymo sąlygas lyginant su sveika būseną.
422. Dėl insulto ypač pablogėja raumenų valdymas prie mažojo raumens ilgio, pvz., kai kavos puodelį pakeliame prie lūpų.
423. Centrinės nervų sistemos labai svarbu normalizavimuisi somatosensorinio jutimo atsikūrimas. Taikant įvairius dirgiklius, pvz., šildymą, šaldymą, lietimą, odos suspaudimą arba elektrostimuliavimą, aktyvinama somatosensorinė pirminė ir antrinė žievė. Be to, somatosensorinė žievė aktyvinama, kai atliekami judesiai užmerktomis akimis arba apribota klausa.
424. Išskirtinis insultą patyrusio paciento ėjimo požymis: a) kojos vilkimas; b) per didelis kojos išsitiesimas per kelio sąnarį. Labai svarbu skatinti pacientą savarankiškai žengti pirmą žingsnį po insulto. Kai tik galima, būtina raginti pacientą eiti greičiau. Ypač rekomenduotina pradėti vaikščioti palengvintomis sąlygomis (apie 30 proc.). Ėjimas labai skatina motorinės sistemos reabilitaciją, ypač refleksų, kurie dalyvauja ėjimo metu.
425. Paciento atsistojimas prasideda nuo keturgalvio šlaunies raumens susitraukimo, todėl jį svarbu sustiprinti prieš raginant pacientą atsistoti. Paciento kojos turi būti apie 10 cm patrauktos į save. Jis turi žiūrėti apie 2–3 metrus į priekį. Jei gali atsistoti nesiremdamas ranka ir nereikia raginti tą daryti. Kuo įvairesnėmis sąlygomis pacientas bus raginamas stotis ir sėstis, tuo labiau

bus aktyvuojama motorinė ir sensorinė žievės. Be to, jei pacientą raginsite skaičiuoti kojos padėties centimetrus, tada jis tikrai negebės stotis.

426. Kol kas nėra aiškos nuomonės dėl raumenų jėgos ugdymo naudos reabilituojantis po galvos smegenų insulto. Vyrauja nuomonė, kad jėgos pratimus galima daryti tik vėlesniu reabilitacijos laikotarpiu, pvz., po 2–6 mėn. nuo insulto pradžios (**Dobkin, 2008**). Nepaisant didelio atsargumo taikant jėgą ugdančius pratimus, negalima užmiršti, kad, praėjus 4–8 savaitėms po insulto, dėl mažo judėjimo aktyvumo atrofuojasi raumenys. Norint, kad raumuo visiškai neprarastų susitraukimo funkcijos, neabejotinai būtina stimuliuoti raumenų baltymų sintezės mechanizmus. Tą galima atlikti, pvz., elektra stimuliuojant raumenį, jį masažuojant, atliekant tempimo pratimus. Po galvos smegenų insulto pacientams rekomenduojami atlikti ir aerobiniai pratimai, kurie kartu stiprina ir motorinę sistemą, ir širdies kraujagyslių sistemą.
427. Didesnis pažeidimas dažnai pasireškia greitesniu atsistatymu pradžioje, bet lėtesniu vėlesniais etapais. Todėl greitas pagerėjimas pradžioje tikrai neužtikrina geros galutinės reabilitacijos. Be to, didesnis pažeidimo plotas nereiškia (sena paradigma), kad bus lėtesnė reabilitacija per pirmąsias 12 savaitių.
428. Paaiškėjo, kad po insulto judesių normalizavimosi lubos yra daug žemiau nei sveiko žmogaus judesių mokymosi lubos (31 pav.). Tai gana gerai žinomas reabilitacijose teorijoje ir praktikoje fenomenas. Tačiau iki šiol ir mokslininkai, ir praktikai, dirbantys reabilitacijos srityje, susidūrė su dideliais sunkumais, norėdami pakelti reabilitacijos lubas. Visai neseniai pastebėta, kad reabilitacijos lubos gali būti aukščiau, jei reabilitacijos metu judesiai atliekami dinamiškoje aplinkoje (**Page ir kt., 2004**).



31 pav. Judesių mokymosi ir reabilitacijos „lubų“ pavyzdys

Maketuotojai: Išmokimas Mokymosi lubos Reabilitacijos lubos

Mokymasis Pažeidimas Reabilitacija

Rekomenduojame susipažinti su įvairių šalių reabilitacijos lyderių patirtimi!

•National clinical guidelines for stroke: Royal College of Physicians of London,
www.rcplondon.ac.uk/resources/stroke-guidelines

•Canadian Stroke Network Guidelines: evidencedbased review of stroke
 rehabilitation, www.ebrsr.com/resources.php

•Clinical guidelines for stroke rehabilitation and recovery:
www.strokefoundation.com.au/clinical-guidelines

•Guidelines on Cognitive Rehabilitation: www.guideline.gov/browse/by-topic.aspx

4.2. Penkios judesių atkūrimo po insulto paradigmos

Moderniosios neuroreabilitacijos esmė – nenaudojamos pažeistos nervų ląstelės žūva (Di Filippo ir kt., 2008).

429. **Judesių kompensavimo paradigma** – klasikinė (Bobath - neurovystymosi teorija; Rood – sensomotorinė teorija; Brunnstrom – judesių terapija; Knott ir Voss – PNF teorija (paradigma), kurios esmė: po pažeidimo judesio tikslas (pvz., paimti nuo stalo kavos puodelį) yra pasiekiamas kitu (kompensuojamuoju) būdu. Išskirtiniai šios paradigmos požymiai: centrinė nervų sistema yra organizuota hierarchiškai (pirmiausia reikia atkurti aukščiausius lygius; sensoriniai stimulai pagreitina reabilitaciją; reabilitacija primena natūralų augimą; didelis dėmesys skiriamas refleksų atkūrimui. Pagrindinis judesio kompensavimo paradigmos trūkumas – po galvos smegenų pažeidimo yra aktyvuojamos kitos (nepažeistos) galvos smegenų dalys (neuronai ir (ar) nerviniai tinklai), tada yra prislopinamas pažeistų nervų ląstelių aktyvumas (**Levin ir kt., 2009**). Manoma, kad tada pažeistos nervų ląstelės paliekamos likimo valiai, nes pagrindinis galvos smegenų veiklos principas: jei galvos smegenys nedirba, tai jas prarandi. Pagrindinis judesių kompensavimo paradigmos privalumas – judesio tikslą galima pasiekti jei ne vienu, tai kitu būdu.

Jei po galvos smegenų insulto atliekant judesius aktyvuojamos papildomos (nepažeistos) galvos smegenų žievės dalys, tai yra požymis, kad judesių reabilitacija užsitęs (Dobkin, 2008).

430. **Judesių treniravimo paradigma** – daug kartų atlikti (kartoti) tą patį judesį, nes tada susiformuos tvirtesnis sąlyginis refleksas. Pagrindinis paradigmos privalumas – tam tikro specifinio judesio atlikimo stabilizavimas; trūkumas – blogas treniruoto judesio nukėlimas į kitas sąlygas ir bloga nervų ląstelių regeneracija, nes judesiai kartojami standartiškai (**French ir kt., 2010**).

Nustatyta, kad po insulto pažeista motorinė žievė geba išmokti kitomis sąlygomis valdyti raumenis (Kwakkel, 2006; Mark ir kt., 2006; Richards ir

kt., 2008; Cramer, 2008). Motorinė žievė geriaudirba, kai atliekami didelio tikslumo ir koordinacijos reikalaujantys pratimai.

431. **Judesių mokymosi paradigma** – įvairiais būdais ir įvairiomis sąlygomis atlikti judesius, skatinant pacientus ieškoti geriausio būdo tikslui pasiekti; pacientai mokomi ir skatinami spręsti problemas. Pagrindinis privalumas – geras nervų ląstelių aktyvumo atsikūrimas ir judesių perkėlimas į kitas sąlygas. Ši paradigma jungia modernias judesių mokymo technologijas. Pagrindinis trūkumas – sunku motyvuoti pacientus efektyviai atlikti judesius.
432. **Funkcinės treniruotės paradigma** – atlikti judesius realiose anksčiau išmoktose sąlygose (pvz., automobilio vairavimas, darbas su kompiuterių bulvių skutimas, telefono ragelio paėmimas, ėjimas, apsirengimas ir t. t.). Paradigmos privalumas – realių judesių atkūrimas ir gera nervų ląstelių regeneracija. Ši paradigma remiasi ekologine ir dinamine judesių valdymo bei mokymo teorija. Paradigmos trūkumas – mažas stimulus konkrečių judesių valdymo mechanizmų normalizavimui, nes tas pats judesys nekartojamas daug kartų (kaip rekomenduojama treniravimo paradigmoje).

Pagrindinis judesio valdymo atkūrimo principas – centrinei nervų sistemai suteikti galimybę pačiai atrasti optimalų judesio atlikimo kitomis sąlygomis (pvz., ligos, traumos) būdą.

433. **Integruota paradigma** – ji jungia kompensavimo, treniravimo, judesių mokymo ir funkcinės treniruotės paradigmas geriausius požymius, siekiant geresnės rehabilitacijos.

Šiuolaikiniame reabilitacijos moksle ir praktikoje konkuruoja dvi skirtingos idėjos. Pirmoji idėja: judesių atsikūrimas privalo vykti nuosekliai ir reguliariai kartojant judesius (jai priklauso treniravimo ir kompensavimo paradigmos). Antroji idėja: judesiai turi būti atliekami nereguliariai, spontaniškai, t. y. „kartojami nekartojant“ (tai judesių mokymo ir funkcinės treniruotės paradigmos). Kuri idėja laimi? Nuo seno daugiau šalininkų turi pirmoji idėja, tačiau dabar auga antrosios idėjos

šalininkų gretos. Antroji idėja remia trečiąją ir ketvirtąją judesių atsigavimo paradigmas.

434. Judesių atsigavimo sėkmė po insulto labai priklauso nuo kineziterapijos metodų (ir paradigmu) taikymo per pirmąsias savaites efektyvumo. Po mėnesio gali būti vėlu. Pagal tai, kaip greitai normalizuojasi judesių valdymas per pirmąsias 1–3 savaites, galima prognozuoti reabilitacijos sėkmę (Kwakkel, 2007; Woldagir kt., 2007; Bernhardt ir kt., 2008).
435. Pačioje reabilitacijos pradžioje galima padėti pacientui atsisėsti, tiesti ranką, atsistoti, tačiau, kai tik pacientas tą gali padaryti pats, būtina skatinti tą daryti pačiam. Bendras principas – negalima padėti, pvz., traukiant paciento ranką link taikinio, geriau ranką stumti link taikinio.
436. Kuo daugiau padedame pacientui atlikti judesius, tuo mažiau aktyvios jo galvos smegenys ir tuo sunkiau normalizuojasi jų funkcija.
437. Jei pacientas stengiasi paimti nuo grindų kavos puodelį, tai nereikia jo padėti taip, kad pacientui tereikėtų tik pasyviai nuleisti ranką. Jei taip bus, tada galvos smegenys bus labai mažai aktyvios.

Jei pacientas geba nueiti be sustojimo apie 500 metrų 1,1–1,5 metrų per sekundę greičiu, tai reabilitacija visiškai sėkminga. Jei pacientas, po insulto praėjus keliems reabilitacijos mėnesiams, geba nueiti apie 200 metrų vidutiniu greičiu 80 cm/sek., tai reabilitacija buvo sėkminga.

Nustatyta, kad pažeistos galūnės funkcijos atkūrimui reikalingas tam tikras minimalus fizinis aktyvumas, kuris skatintų nervų sistemos normalizavimąsi. Mokslininkai dėl jonesutaria, tačiau jis varijuoja nuo 16 iki 100 val. (Kwakkel, 2006).

Svarbu!

- **Pirmoji savaitė po insulto:** labai svarbu tiksliai įvertinti paciento būseną, pvz., ar nėra pažeistas rijimo mechanizmas.
- **2–6 savaitės po insulto:** a) mokyti apsirengti viena ranka ir naudotis tualetu, valgyti, apsiversti lovoje, atsisėsti; v) paimti smulkius daiktus; c) atsistoti, vaikščioti.
- **1–6 mėn.:** a) vaikščioti apie 5 min.; b) pakartotiniai judesiai: aerobika, jėga, lankstumas; c) tikslūs judesiai; d) 3–4 kartus per savaitę
- **Slenkstinis judėjimas** – apie 20 val., kai įvykta ryškūs pokyčiai galvos smegenyse.
- **Apie 25–40 proc. pacientų** pasireiškia depresiją. Tai yra pagrindinė priežastis, dėl kurios jie nenori savarankiškai daryti įvairius fizinius pratimus.
- **Yra pacientų, kuriems judesių atlikimas** reabilitacijos metu beveik negerėja.

4.3. Naujausi mokslo pasiekimai nervų ir raumenų reabilitacijoje

Jei pacientai nedarys judesių, tai pažeidimas motorinėje ir sensorinėje žievėje gali toliau plisti į nepažeistas „kaimynines“ dalis.

438. Svarbiausi kasdieniai pratimai po insulto: ėjimas, tempimo, pusiausvyros ir koordinacijos, funkcinės ir dinaminės jėgos, smulkiosios motorikos ir tikslūs pratimai (**Dobkin, 2005**).

439. Po insulto sumažėja ne tik raumens susitraukimo jėga, bet ir jo atsipalaidavimo greitis.

Raumenų spazmiškumo kilmės priežastys:

- 1. Motoneuronų aktyvumo padidėjimas** (dėl sumažėjusio slopinimo iš galvos smegenų eferentų) (rodo H-reflekso amplitudės padidėjimas)

2. Interneuronų (nugaros smegenyse) aktyvumo padidėjimas

3. Aksonų atsišakojimas

4. Sumažėjusi poaktyvacinė depresija (pvz., po raumens susitraukimo jis negali visiškai atsipalaiduoti)

5) Sumažėjęs Ia aferentų reciprokinis slopinimas (dėl šio veiksnio dar labai abejojama) (Elbasiouny ir kt., 2010).

440. Raumenų spazmiškumui, kylančiam dėl motorinės žievės pažeidimo, mažinti dabar siūlomi šie efektyvūs būdai: a) nervų ir raumenų elektrostimuliacija; b) vaikščiojimas palengvintomis sąlygomis; c) judesių ribojimo metodika (CIT, apie ją rasite plačiau 4.4. skirsnyje); d) raumenų jėgos ir ištvermės ugdymas; e) galūnių imobilizavimas; f) botulio toksino vartojimas; g) ortezų taikymas (**Logan LR, 2011**). Raumenų spazmiškumas ypač pasireiškia antigravitaciniams raumenims.

441. Ortezai ypač efektyviai sumažina pirštų ir riešo raumenų spazmus.

442. Kai yra pažeistos galvos smegenys labai svarbu pažinimo, emocinių ir psichosocialinių funkcijų atsikūrimas. Todėl rekomenduojama atlikti galvos smegenų treniruotės realiame kontekste, pvz., mokantis, poilsiaujant, dirbant ir t. t. Be to, reabilitacijos efektyvumas priklauso nuo: a) tinkamos socialinės aplinkos sudarymo; b) prasmingų ir praktiškų tikslų; c) paciento ir jo šeimos narių įsipareigojimo (atsakomybės) pasidalijimo; d) kompensatorinių, jei to neišvengiamai reikia, strategijų taikymas (**Wilson, 2008**).

Parezė – tai sumažėjęs gebėjimas valingai aktyvuoti motoneuronus. Tada nusilpsta raumuo, jame atsiranda spazmų, pacientas negeba tiksliai atlikti judesių, ypač blogai atlieka judesius, kai reikia tiesti ranką link tam tikro daikto (pvz., link kavos puodelio) (rankos pritraukimas prie kūno atliekamas geriau).

443. Nustatyta, kad mokymasis atlikti judesį dešine ranka nemažai persikelia ir į kairę ranką, pvz., išmokus rašyti dešine ranka, mokame rašyti ir kaire. Reabilitacijoje tai labai svarbu – sveika ranka „treniruoja“ pažeistą. Pastebėta, kad pažeistą ranką labiausiai treniruoja vyraujanti ranka –

dešiniarankio dešinė ranka geriausiai padeda kairei, bet ne priešingai. Tačiau šį principą reikia taikyti labai atsargiai, t. y. jei judesiai bus atliekami tik sveika galūne, tada ypač pablogės pažeistos galūnės judesių valdymo atsikūrimas.

Galvos smegenų reabilitacija vyksta: a) dėl nervinių tinklų reorganizavimo; b) naujų nervų formavimosi; c) dėl pažeistų nervų regeneravimo (Stuss ir kt., 2008).

444. Manoma, kad reabilitacijos metu pacientams turėtų būti skiriamos neilgai truncančios, bet dažnos pratybos, siekiant išvengti nuovargio mokymosi metu. Nuovargis mažina pratimų atlikimo džiaugsmą, atpildą, kuris yra labai svarbus nervų ląstelių regeneracijai.

Jei norime greitų ir pigių patarimų, kaip atsigauti po insulto, tai greitai galima jų gauti, bet jie nebus nei tikslūs, nei saugūs (Cramer, 2003).

445. Bilaterali treniruotė (t. y. abiem rankomis atliekami judesiai) nėra geresnė nei judesiai atliekami vien pažeista ranka (Coupar ir kt., 2010).

Net vienkartinė galvos smegenų stimuliavimo elektra serija reikšmingai padidina kojų raumenų jėgą, tačiau ji išlieka trumpai (iki 1 val.).

446. Nustatyta, kad NOGO geno blokavimas (arba slopinimas) pagreitina neuronų regeneraciją po insulto (Garrett, 2011).

447. Šiuolaikinės judesių reabilitacijos technologijos po insulto: robotai, judesių ribojimo metodika, funkcinis stimuliavimas (Alex ir kt., 2010).

Depresija yra labai blogos reabilitacijos veiksnys.

448. Trys procesai, vykstantys kartu po insulto: a) ipsilateralinių laidų aktyvavimo padidėjimas; b) rekrutuojamos papildomos nepažeistos galvos smegenų žievės dalys; c) rekrutuojama daugiau nervų ląstelių (**Cramer, 2003**). Visa tai sunkina įprastų judesių valdymą ir jų mechanizmų normalizavimą.

Jei po insulto sumažėja pažeistų nervų ląstelių aktyvumas, tai labai greitai padidėja „kaimyninių: (nepažeistų) ląstelių aktyvumas. Kaimyninės nervų ląstelės savo ruožtu dar labiau slopina pažeistų nervų ląstelių aktyvumą (Di Filippo ir kt., 2008).

449. Rankos sulenkimas per alkūnę (dėl spazmiškumo padidėjimo) yra apsauginis mechanizmas. Jei būtų priešingai (ranka nukritusi), tada ranka būtų dar labiau atvira išoriniams sužalojimams.

40 proc. pacientų išeminio insulto priežastis nenustatoma.

450. Po insulto pažeistas galvos smegenų pusrutulio mažiau slopina kitą pusrutulį. Kitaip tariant, kuo didesnis motorinės žievės pažeidimas (pvz., kairiojo pusrutulio), tuo labiau padidėja dešiniojo pusrutulio ipsilateralinių nervinių laidų aktyvumas. Kadangi ipsilateraliniai laidai aktyvuoja labiau proksimalinius raumenis, tai po insulto distalinių raumenų funkcijos sutrikimą kompensuoja lengviau aktyvuojami proksimaliniai raumenys. Norint pagreitinti pažeistos motorinės žievės atsigavimą, būtina prislopinti priešingo pusrutulio motorinės ir sensorinės žievės aktyvumą (**Hang, 2009**).

451. Jei po insultoraumens neišstampysime, tai jis gali likti sutrumpėjęs visam gyvenimui, nes sutrumpėja ne tik pats raumuo, bet ir jį rišantys audiniai (ypač karkasiniai baltymai).

Astroцитai – *glial* ląstelės, kurios supa neuronus ir juos maitina. Astroцитai gauna gliukozės iš kapiliarų ir ją paverčia laktatu, kuris yra pagrindinis smegenų energijos šaltinis. Be to, astroцитai gali kaupti glikogeną. Astroцитai reguliuoja fagocitozę bei nervų ląstelių regeneraciją (Carlson, 2010).

452. Dešinysis pusrutulius yra atsakingas už muzikavimą (melodijas), tai, norint padėti atsigauti kairiojo pusrutulio kalbos centrams po insulto, reikia kalbėti dainuojant.

453. Atliekant judesius pagal tam tikrą ritmą, taip pat palankiai veikia galvos smegenis po insulto.

Motorinėje žievėje po insulto įvyksta reorganizacija: skyla aksonai ir dendritai ipsilateralinėse ir kontralateralinėse dalyse. Reorganizacijai būdingas kritinis laikotarpis – jis pasireiškia gana anksti po pažeidimo. Reorganizacijai didelę įtaką turi astroцитai, imuninė sistema, neuroblastai, kraujagyslių (kapiliarų) genezė ir kt. (Carmichael, 2010).

454. Jei atliekame bilateralų judesį, tada sveika ranka „ragina“ judesį greičiau atlikti pažeistąją. Tačiau tokiais pratimais piktnaudžiautinegalima, nes raginimas prislopina tikrą pažeistų nervų ląstelių regeneraciją.

455. Jei yra didelis pažeidimas, tik tada galima naudoti kompensatorinę strategiją (Bobath) (Foley ir kt., 2009).

Galvos smegenų stimuliavimas mažais dažniais (1 Hz) sumažina nervų ląstelių aktyvumą, o stimuliuojant dideliais dažniais (5 Hz), didina. Tai labai svarbu,

pvz., norint prislopinti sveiko pusrutulio motorinės žievės aktyvumą, nes tada padidėja pažeisto pusrutulio aktyvumas.

456. Robotai nepagerina pirštų ir riešo valdymo, bet pagerina alkūnės ir peties sąnarių judesius. Robotai nuolat tobulinami ir gali būti, kad jie padės normalizuotis ir pirštų valdymui.

457. Botulino toksinas (*Botulinum Toxin*) mažina raumenų spazmus, tačiau neaišku, ar tai pagerina raumenų funkciją. Tačiau jų taikymas su elektrostimuliacija mažina raumenų tonusą. Dar reikia tirti, ar nervų blokas gali sumažinti raumenų spazmus.

Greičiausiai po insulto atsigauna jauni, inteligentiški ir optimistiški vyrai ir moterys. Ypač greitai atsigauna kairiarankės moterys.

Miego metu galvos smegenys sutvirtina pacientų (po insulto) motorinę atmintį nepriklausomai nuo amžiaus ir lyties. Labai svarbu, kad miegas būtų visavertis ir neilgai trukus po judesių atlikimo (Siengsukon ir Boyd, 2009).

458. Grįžtamojo ryšio metodika (pagrįsta EMG) nieko nėra geresnė už įprastines reabilitacijos metodus.

459. Rankos kompresija nesumažina rankos edemos. Tačiau rankos edemą gali sumažinti rankos stimuliavimas ir pasyvūs judesiai, kuriuos efektyviai galima atlikti naudojant izokinetinius dinamometrus.

460. Pusiausvyros lavinimas yra naudingas lokomocinių judesių atkūrimui. Žinoma, būtina pradėti nuo pusiausvyros.

461. Ritmiški sensoriniai stimulai pagreitina lokomocijų reabilitaciją. Ypač efektyvūs kontrastiniai sensoriniai stimulai.
462. Robotai neturi privalumų prieš kitas lokomocijų atstatymo priemones. Tačiau tai nereiškia, kad mokslininkai nesukurs dar efektyvesnių robotų.
463. Jėgos ir ištvermės lavinimas naudingas lokomocijų reabilitacijai. Labai svarbu stiprinti raumenų jėgą atliekant funkcinis pratimus, pvz., lipant laiptais.
464. Lazdos panaudojimas vaikščiojant pagreitina lokomocijų reabilitaciją. Kai tik lazdos nebereikia, jos reikia kuo greičiau atsisakyti, nes kitaip „negalėsite vaikščioti be lazdos“.
465. Raumens elektrostimuliavimas sumažina blauzdos raumenų spazmus. Be to, raumens stimuliavimas neleidžia atrofuotis raumenims ir pagerina raumenų kraujotaką. Insultą patyrusiems pacientams turėtų būti taikoma raumenų elektrostimuliacijos metodika (**Sheffler ir Chae, 2007**).

Po insulto būtina normalizuoti raumenų tonusą. Lėtas raumens ištempimas atpalaiduoja raumenį, o greitas padidina raumenų tonusą.

Baimė nukristi, raumenų spazmai ir skausmas – triada, kurią reikia šalinti neuroreabilitacijos pradžioje.

466. Čiurnos imobilizavimas nakties metu gali sumažinti blauzdos raumenų spazmus.

Pacientams po insulto efektyviau formuojasi procedūrinė nei deklaratyvi motorinė atmintis. Todėl po insulto vis daugiau rekomenduojama atlikti dinamiškus judesius kintamose sąlygose, kai mokomasi atlikti judesius tiksliai nesuprantant, kaip tą reikia daryti (Orrell ir kt., 2006). Be to, pacientams reikia parodyti, kaip atlikti judesį, o ne aiškinti žodžiais.

467. Antidepresantai yra efektyvesnė depresijos mažinimo po insulto priemonė nei judėjimas. Taip yra todėl, kad pacientai nepajėgus vaikščioti apie 60 min., t. y. tokį laikotarpį, kai vaikščiojimas labai efektyviai mažina depresiją.

468. Neįrodyta akupunktūros nauda reabilitacijos po insulto efektyvumui.

469. Masažas gali sumažinti skausmo pojūtį, bet negali pašalinti skausmo kilmės priežasčių.

470. Deguonies terapija neveiksminga motorinės sistemos reabilitavimo priemonė po insulto.

Naujiena!

- 1. Keturi pagrindiniai motorinės žievės organizavimo principai: a) tas pats individualus judesys aktyvuojamas daugelyje skirtingų motorinės žievės vietų; b) skirtingų motorinės žievės vietų kortikospinaliniai nervai yra reciprokiškai susiję, t. y. vienas kitą slopina; c) kuo judesys vikresnis, tuo didesnis motorinės žievės plotas už jį atsakingas; d) motorinė žievė yra labai plastiška išoriniam ir vidiniam stimului.**

2. Jei iš karto pažeista apie 30 proc. neuronų, tai kiti 70 proc. neuronų yra pažeisti per 24 val. nuo insulto pradžios.
3. Nepažeistų neuronų arba kitų treniravimas – tai judesių kompensavimo strategijos pagrindiniai mechanizmai, kurie, jei ir leidžia pasiekti tikslą, tačiau ne tuo pačiu judėjimu būdu, t. y. kompensatorinė strategija sulėtina pažeistų neuronų regeneraciją.
4. Jei labiau pažeista pirminė motorinė žievė, tada jos funkciją iš dalies gali perimti premotorinė žievė (Kleim ir Schwerin, 2010).

471. Transkranialinis magnetinis galvos smegenų stimuliavimas (TMS) sumažina neuropatinius skausmus. Tai efektyvi neureabilitacijos strategija, kartu taikoma su judesių mokymo ir funkinių judesių atlikimo strategijomis (paradigmomis).

472. Miego metu vyksta intensyvus galvos smegenų judesių valdymo mechanizmų atsistatymas ir mokymasis. Manoma, kad tam pakanka ir trumpo miego (nuo 6 iki 90 min.). Tačiau senyvo amžiaus žmonėms nervų ląstelės blogai mokosi miego metu, nors to amžiaus pacientų (po insulto) smegenys mokosi gerai (Diekelmann ir Born, 2010). Deja, šis fenomenas dar nėra tinkamai panaudojamas efektyvinant pacientų neuroreabilitaciją.

Kineziterapeutai tai privalo žinoti!

1. Visi žmonės turi judėjimo potencialo, kurį nepakankamai panaudoja. Todėl, atliekant pratimus, šį potencialą galima mobilizuoti.
2. Normalus žmogaus vystymasis prasideda nuo galvos link kojų ir nuo proksimalinių link distalinių galūnių.
3. Vystymosi pradžioje vyrauja refleksų tobulėjimas, vėliau svarbų vaidmenį atlieka parengiamieji refleksai – toniniai.
4. Vystymosi pradžioje vyksta ritmiški galūnių lenkėjų ir tiesėjų judesiai.

5. Vystymasis vyksta tam tikra seka, t. y. „žingsnis po žingsnio“.
6. Lokomocijos priklauso nuo parengiamojo tonuso ir reciprokinių refleksų.
7. Judesių tobulėjimas labai priklauso nuo mokymosi efektyvumo.
8. Tikslių judesių atlikimas skatina judesių valdymo mechanizmų tobulinimą.
9. Sensorinė stimuliacija skatina motorinės sistemos vystymąsi.
10. Judesio amplitudės normalizavimasis – tai pažeistų sarkomerų regeneracija. Tai vienas iš pirminių uždavinių po insulto (Pedetri, 1996).

473. Pratimų kartojimas (treniravimo paradigma) labiau pagerina kojų nei rankų reabilitaciją (French ir kt., 2007). Rankų judesiams atkurti daugiau rekomenduojami taikyti judesių mokymosi ir funkcinės treniruotės paradigmas.
474. Judesių valdymo mechanizmų normalizavimosi po insulto seka: a) refleksų atsigavimas; b) normalizuojasi raumenų tonusas; c) valingų judesių atsigavimas – nuo pečių, alkūnės link riešo ir pirštų. Greičiau atsigauna raumenys lenkėjai nei tiesėjai (Kolb ir Whishaw, 2009).
475. Kuo sudėtingesnę veiklą atlieka tam tikra galvos smegenų žievės dalis, tuo daugiau dendritų turi jų nervų ląstelės.

Kai du pirštai daug kartų atlieka tą patį judesį, tada jų valdymas motorinėje žievėje susijungia į vieną sritį.

476. Kuo labiau pažeistas kortikospinalinis traktas, tuo ilgiau užsitęsia motorinės funkcijos normalizavimasis. Jei pažeista motorinė žievė, tada, atliekant tą patį judesį, labiau įtraukiamos nervų ląstelės iš premotorinės ir papildomos motorinės žievės.

Reabilitacija pagreitėja, jei sergantieji stengiasi bendrauti su kitais žmonėmis, klausosi ir patys pasakoja įvairias istorijas, juokauja.

477. Kai sumažėja sveikos rankos aferentacija, tada suaktyvėja pažeistos rankos funkcijos normalizavimas. Tuo pagrįsta judesių ribojimo (CIT) metodika.

Geri testai!

- **10 metrų ėjimo testas (matuojamas maksimalus greitis).**
- **6 arba 12 min. ėjimo testas (matuojamas atstumas).**
- **3 metrų ėjimo testas (atsistoti-eiti-sėstis) (matuojamas laikas).**

478. Svarbus neuroreabilitacijos principas – pacientas turi koncentruoti dėmesį tikslui pasiekti, bet ne judesiui atlikti. Labai svarbu, kad pacientas nepradėtų galvoti apie judesio atlikimo neesmines detales.

Atsigavimas po požievinų struktūrų insulto užsitęsia ilgiau nei po žievės insulto. Žievės insultas sumažina priešingo pusrutulio slopinimą, tačiau to neįvyksta po požievinio insulto.

479. Tikslus judesius reikia mokytis atlikti ne tik viena (pažeista) ranka, bet abiem rankomis iš karto. Dvi rankos dirba kaip vienas sinerginis vienetas – to negalima išmokyti atskirai rankomis atliekant judesius. Tą geriausiai daryti parenkant natūralius judesius, pvz., atsipjauti duonos (viena ranka laiko, kita pjauna).

Vien kavos puodelio paėmimo būdų yra labai daug. Visų neįmanoma išmokti atmintinai. Todėl galvos smegenys privalo būti „kūrybingos“ – pagal situaciją pasirinkti optimalų būdą. Po insulto ypač sutrinka judesių kūryba.

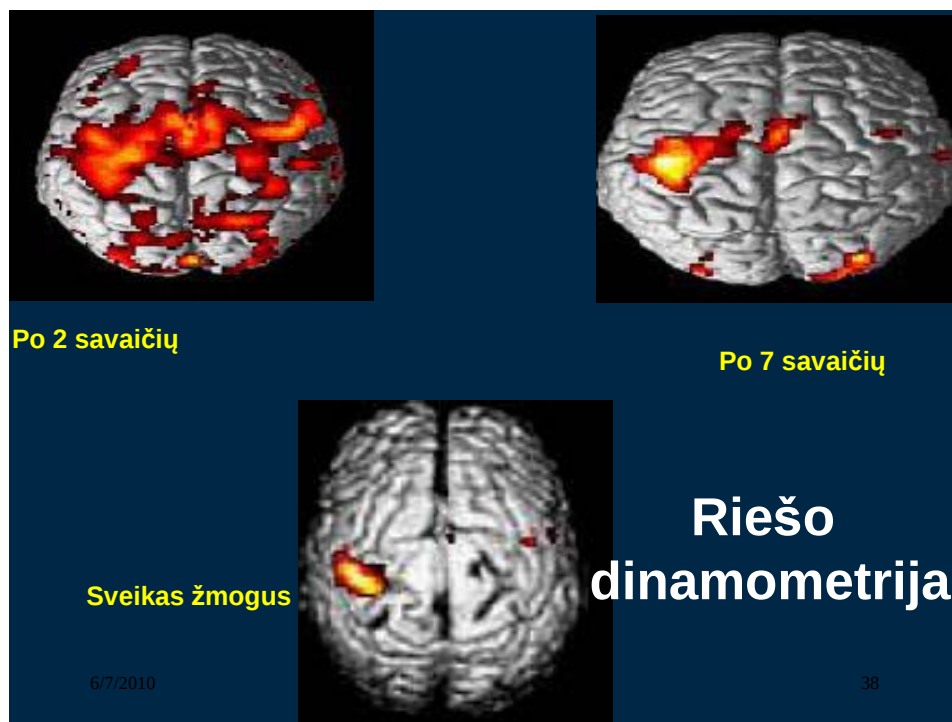
480. Nėra taisyklės, kad atsigavimas po insulto prasideda nuo proksimalinių link distalinių judesių, taip pat nėra taisyklės, kuris raumuo yra labiau pažeidžiamas. Tačiau manoma, kad labiau pažeidžiami greitieji kortikospinaliniai laidai, mažiausiai – liemens raumenys.

Naujiena!

Insultas sukelia oksidacinį stresą, mitochondrijų pažeidimą, uždegimą, apoptozę. Žievės plastiškumo pagrindas: glialinių ląstelių aktyvumas, dendritų ir aksono augimas ir skilimas, naujų sinapsių formavimasis,

kraujagyslių formavimasis, naujų ląstelių mobilizavimas į pažeistą vietą. Ypač prasiplečia ipsilateralinė premotorinė žievė. Įdomu tai, kad nepažeista motorinė žievė dėl kitos žievės pažeidimo geba dar geriau išmokti koordinacinius judesius nei iki pažeidimo. Tačiau kuo daugiau išmokai nepažeistą, tuo labiau apleidi pažeistą motorinę žievę. Kuo įvairesnė aplinka, tuo daugiau susidaro nervinių kontaktų ir kapiliarų. Tačiau tai geriau susiformuoja nepažeistoje žievėje. Per didelis krūvis pažeistai motorinei žievei gali sulėtinti jos atsigavimą (Jones ir Adkins, 2010).

481. Atliekant siekimo judesius, rankų judesius dažnai kompensuoja liemens darbas. To negalima raginti daryti, nes tada pablogės pažeistos motorinės žievės atsigavimas.
482. Šalia jėgos ir judesių valdymą gerinančių pratimų būtina atlikti ir tempimo pratimus, kurie neleidžia sutrumpėti raumenims, didėti jų kietumui. Tempimus būtina atlikti lėtai. Ypač rekomenduojama prieš raumens ištempimą aktyvuoti raumenį. Be to, prieš tempimą galima aktyvuoti ir antagonistus.
483. Raumenų stimuliavimas yra reikalingas, jei norime suaktyvinti labai nusilpusius raumenis, t. y. padidinti jų jėgą ir pagerinti jų propriocepciją.
484. Mentalinė treniruotė taip pat reikalinga po insulto.
485. Iliuzija, kad jėgos pratimai didina raumenų spazmus. Priešingai – jie dažnai sumažina spazmus. Raumenų spazmai ir raumenų tonusas (kietumas) nėra sinonimai. Spazmiškumas labiausiai priklauso nuo tempimo reflekso jautrumo padidėjimo.



Raumenų vibracija didina patyrusiųjų insultą pažeistos motorinės žievės ląstelių aktyvumą (Marconi ir kt., 2011). Raumenų vibracija (nuo 100 iki 200 Hz) ypač gerai aktyvina Ia aferentus, kurie perduoda signalą nugaros smegenims ir vėliau šis signalas pasiekia galvos smegenų sensorinę žievę. Įdomu tai, kad raumenų vibracija didina ir raumenų susitraukimo maksimalią jėgą (ypač gerai šis mechanizmas veikia nuovargio metu).

486. Tempimo pratimus pacientams rekomenduojama daryti kasdien po 20–30 min.

487. Reabilitacijos sėkmę prognozuoti labai sudėtinga, tačiau reabilitacijos pažanga per pirmąsias 2–3 savaites yra vienas patikimiausių prognozės determinantų.

Taigi, gera reabilitacijos praktika pasireiškia, jei: a) atliekami tikslūs ir funkciniai judesiai įvairiose sąlygose (kuo anksčiau, tuo geriau); b) reabilitacijos planas; c) kartu taikomi jėgos, tempimo, judesių valdymo gerinimo ir ištvermės lavinimo pratimai; d) tinkamai taikoma raumenų elektrostimuliacija ir

funkcinis stimuliavimas; e) registruojamas užsiėmimų turinys; f) nuolatinis pasiekimų testavimas, pacientų motyvacija ir reabilitacijos programos tobulinimas.

488. Reabilitacijos krūvis JAV (judėjimo standartas) – 600 min/sav.
489. Jau įrodyta, kad Bobath neuroreabilitacijos koncepcija neturi pranašumų prieš kitas koncepcijas (**Kollen ir kt., 2009**). Be to, ji turi ir labai daug trūkumų.
490. Reabilitacijos po insulto etapai (pagal Brunnstrom): a) suglebę raumenys; negalima atlikti valingų judesių (tada raumenis būtina aktyvuoti elektros stimulais); b) padidėja raumenų spazmiškumas; galima atlikti tik grubius sinerginius judesius; c) spazmiškumas didėja, tačiau vis mažiau aktyvuojama šalutinių raumenų; d) spazmiškumas ir sinerginis/grubus judesių atlikimas pradeda mažėti; e) judesiai atliekami normaliai, tačiau nuovargio metu vėl atsiranda spazmiškumas.
491. Manoma, kad raumenų vibracija mažina raumenų spazmus. Atsiradus spazmams, raumenyje padidėja karkasinių baltymų, kurie trukdo raumens susitraukti ir greitai atsipalaiduoti (Patton ir kt., 2008).
492. Po insulto vaikščiojant dirba abi kojos, tai kojų funkcija natūraliai greičiau atsigauna nei rankų, nes paprastai pažeista ranka mažiau dirba (nes ją kompensuoja nepažeista ranka).
493. Jei reabilitacijos metu neatliekami judesiai pažeista galūne, tai neregeneruoja ne tik pažeistos motorinės žievės nervų ląstelės, bet pažeidimo procesas plinta į kitas (sveikas) motorinės žievės dalis. Be to, kai pažeista motorinė žievė valdo tam tikrą judesį, pvz., atrakinant duris daugiau dirba motorinės žievės ląstelių nei tais atvejais, kai buvo atliekamas tas pats judesys iki insulto.
494. Jeigu pažeistas distalinių raumenų valdymas, motorinė žievė labai greitai įjungia kompensavimo mechanizmą – daugiau aktyvuoja proksimalinius raumenis. Kitaip tariant, motorinė žievė stengiasi valdyti judesius taip, kad būtų pasiektas galutinis tikslas, pvz., durų atrakinimas. Tačiau tą ji daro sveikesnėmis motorinės žievės dalimis, pažeistas dalis palikdama

savaiminiam gijimui. Reabilitacijos specialistų tikslas – padėti pažeistoms ir paliktoms likimo valiai motorinės žievės dalims.

- 495.** Jei pacientai nedarys judesių pažeista galūne, tai pažeidimas motorinėje ir sensorinėje žievėje gali toliau plisti į nepažeistas „kaimynines“ dalis. Judesių atsigavimo sėkmė po insulto labai priklauso nuo kineziterapijos metodų taikymo per pirmąsias savaites efektyvumo, nes po mėnesio gali būti vėlu. Pagal tai, kaip greitai normalizuojasi judesių valdymas per pirmąsias tris savaites, galima prognozuoti reabilitacijos sėkmę (**Kwakkel, 2006; Woldagir kt., 2007; Bernhardt ir kt., 2008**).

Labai svarbu po insulto atkurti ne tik smulkiosios motorikos judesius, bet ir liemens valdymo judesius, nes tai labai svarbu valgant, rengiantis, apsiaunant batus, sėdint siekti įvairių daiktų ir t. t.

496. Nustatyta, kad pažeistos galūnės atsigavimui reikalingas tam tikras minimalus fizinis aktyvumas, kuris skatintų nervų sistemos atsigavimą. Nors mokslininkai dėl jonesutaria, tačiau jis varijuoja nuo 16 iki 100 val. (**Kwakkel, 2006**). Dabar vyrauja nuomonė, kad geriau pratimus atlikti koncentruotai (pvz., CIT metodika).
497. Šiuolaikiniai mokslo pasiekimai rodo, kad, norint optimizuoti judesių valdymo atkūrimą, būtina varijuoti judėjimo užduotis, aplinką ir motorinės sistemos būseną. Tai aktyvina centrinės nervų sistemos veiklą. Be to, dabar didelis dėmesys skiriamas paieškai, kaip sukurti optimalius robotus, padedančius pacientui atlikti judesį pagal jo mintį (**Scott, 2006**). Tai būtų neuroprotezai.
498. Po insulto nepažeista motorinė arba sensorinė žievė siunčia slopinamąjį signalą kito pusrutulio motorinei arba sensorinei žievei. Jei po insulto judesiai bus atliekami vien sveika ranka, tada sulėtės pažeistos galvos smegenų žievės atsigavimas.
499. Po insulto atkuriant motorinės ir sensorinės žievės funkciją, labai svarbu spontaniškas atsigavimas, per dideli fiziniai krūviai jį gali prislopinti. Insultą patyrę pacientai mokosi iš naujo valdyti judesius, išmokymo tempai yra labai panašūs į sveikų žmonių.

500. Bilaterali (abiejų rankų arba kojų) galūnių valdymo treniruotė nėra efektyvesnė nei judesiai, atliekami vien tik pažeista galūne (**Coupar ir kt., 2010**).
501. Nustatyta, kad sveika ranka, atliekant judesius prieš veidrodį, gerėja pažeistos rankos judesių valdymo mechanizmai (**Dohle ir kt., 2009**). Tai vyksta dėl atspindžio („veidrodinių“) neuronų aktyvavimo.
502. Paciento motyvacija ir jo pasiekimų rodymas yra vienas iš efektyvios neuroreabilitacijos veiksnių (**Subramanian ir kt., 2010**).

Po insulto apie 20 proc. pacientų skundžiasi, kad svaigsta galva, nes, pažeidus vidurinę arteriją, sutrinka vestibulinė funkcija.

503. Labai svarbus pratimų atlikimo parametras – judesių atlikimas pagal konkrečias užduotis. Labai svarbu, kad pacientai suvoktų užuominą, ką reikia daryti. Užuomina nebūtinai turi būti suprantama sąmoningai – ji gali būti ir nesąmoninga, pvz., judesio, kurį rodo kineziterapeutas, stebėjimas. Pradžioje reikia skatinti tobulinti ir koncentruotis į svarbiausių dalių reabilitaciją.
504. Reabilitacijoje labai tinka „ratų sistema“, kurios metu kartu tobulinimas judesių valdymas, atsigauja raumenys, sausgyslės, sąnariai, gerėja raumenų ištvermė.
505. Pacientai dažnai judesio pradžioje griūva, pvz., stodami ir pabaigoje, pvz., sėsdami. Be to, pacientai griūva dėl to, kad sumažėja „suvokta kūno stabilumo riba“ (angl., *the perceived limit of body stability*).
506. Išskirtinis pažeistos rankos požymis – negalėjimas atlikti izoliuotai vieno sąnario (peties ar alkūnės) judesius. Galima sakyti, kad po insulto labai greitai susidaro grubios judesių atlikimo sinergijos (arba funkcinės struktūros).
507. Vitaminai (K, D) stiprina kaulus po insulto (**Levine, 2009**).

508. Motorinės žievės atsigavimas priklauso ne tik nuo pažeidimo laipsnio, bet ir nuo to, kiek yra pažeisti ryšiai su sveika žieve.
509. Atsigavimo pikas – 3 mėn., tačiau atsigavimas gali užsitęsti net iki kelerių metų.
510. Kuo didesniolaipsnio galvos smegenų didžiųjų pusrutulių žievės pažeidimas, tuo greičiau adaptuojasi kaimyninės nervų ląstelės.
511. Motorinės ir sensorinės žievės atsigavimo mechanizmai: edemos (per dvi savaites) pašalinimas ir „apmirusių“ (penumbros) ląstelių aprūpinimas krauju, pašalinimas/neutralizavimas (nuo 1 val. iki kelių savaičių); depresijos pašalinimas; naujų sinapsių formavimasis. Funkcijų atsikūrimas prasideda po struktūros reorganizavimo. Todėl ir pacientui, ir kineziterapeutui reikia didelės kantrybės laukiant judesio valdymo pagerėjimo.
- 512.** Jei yra didelio laipsnio rankos pažeidimas, tai pradžioje kineziterapija mažai ką gali padėti, ji labiau efektyvi esant vidutiniamir mažam rankos pažeidimui (**Foley ir kt., 2009**).
513. Greitas motorinės funkcijos atsigavimas dar nereiškia, kad tai išliks ilgai.
514. Neaišku, ar rankos imobilizavimas sumažina kontraktūrą. Tempimo pratimai didina judesio amplitudę, mažina skausmą.
515. Depresija mažina pažinimo funkcijas po insulto.

516. Mirtingumas nuo insulto apie 2–6 kartus didesnis pacientų, kuriems pasireiškė demencija (silpnaprotystė).
517. Muzikos klausymas gerina pažinimo funkcijų atsikūrimą.
518. Dėmesio koncentravimo treniravimas gerina pažinimo funkcijas, nes nuo dėmesio koncentravimo priklauso judesio planavimo ir įgyvendinimo (atlikimo) sėkmė.
519. Raumenų spazmiškumas ypač pasireiškia: a) viršutinių galūnių lenkėjuose; b) apatinių galūnių tiesėjuose.
520. Jėgos ugdymas pagerina paciento raumenų jėgą, bet nepašalina raumenų spazmų (**Harris ir Eng, 2010**). Ypač gerai, kai jėgos ugdymas derinamas su tempimo pratimais ir su pratimais, kurie gerina raumenų atsipalaidavimą.
521. Labai efektyvi neuroreabilitacijos priemonė – įvairių užduočių atlikimas (angl. *task-oriented training, TOT*) (**Winstein ir Wolf, 2009**). Pagrindinis tikslas – aktyvus problemų sprendimas ir motorinių įgūdžių mokymasis. Motorinis įgūdis turi būti: a) patikimas; b) lankstus/dinamiškas; c) ekonomiškas/efektyvus. Pagrindiniai TOT principai: aktyvus mokymasis (naujų dalykų) sprendžiant motorines problemas; optimalus (nei per didelis, nei per mažas) krūvio, aplinkos sudėtingumo didinimas; aktyvus ir tikslingas „dalyvavimas“ (judesių atlikimas); progresyvus/didėjantis krūvis; į tikslą nukreiptas procesas siekiant fizinio, pažintinio, emocinio, bendravimo ir socialinio tobulumo.



Galvos smegenys labiausiai kinta atliekant tokius judesius:

- a) tikslus ir greitus;
- b) spontaniškus, t. y. be išankstinio tikslo;
- c) nesikartojančius, t. y. kiekvienas judesys atliekas vis kitaip;
- d) įdomius ir tikslingus, kurių atpildas (apdovanojimas) yra didesnis už atlikimo kainą;
- e) kintamoje, dinamiškoje erdvėje – tada galvos smegenims sunkiau valdyti judesius;
- f) sudėtingos koordinacijos;
- g) su optimalia grįžtama informacija apie judesio atlikimo ir tikslo pasiekimą (per daug informacijos sunkina judesių valdymą, taip pat ir per mažai).

Sėkmingos reabilitacijos po insulto determinantai:

- Padėti pacientams suprasti atliekamų judesių tikslą ir prasmę.
- Parinkti judesius, kurie būtų labai panašūs į atliekamus kasdienėje veikloje.
- Skatinti pacientus ieškoti jiems labiausiai tinkamo būdo tikslui pasiekti.
- Skatinti savarankiškai (be kineziterapeuto arba ergoterapeuto) atlikti pratimus.
- Šalinti neefektyvų pratimų atlikimą.

522. Moderniosios neuroreabilitacijos pagrindiniai veiksniai: a) pacientų motyvacija; b) funkcinių judesių koncentruotas atlikimas; c) dinamiškų judesių taikymas; d) funkcinės ir raumenų stimuliacijos derinimas su valingų judesių atlikimu; d) robotų taikymas; e) galvos smegenų elektrostimuliacija; f) farmakologinių priemonių derinimas su judesių atlikimu. Visa tai turi skatinti nervų sistemos adaptacinius procesus.

523. Naujausi mokslo darbai rodo, kad, norint atkurti neurologinių pacientų judesių valdymo mechanizmus, rekomenduojama laikytis tokių metodikų sekos: a) motorinės žievės suaktyvinimas elektros stimulais; b) sensorinių ryšių suaktyvinimas tiek stimuliuojant elektra aferentus, tiek liečiant įvairaus šiurkštumo ir formos daiktus; c) galvos smegenų vidinių judesių valdymo modelių suaktyvinimas, taikant įvairias mentalines treniruotes, stebint įvairius judesius ir juos imituojant, įsivaizduojant, ką ir kaip reikia daryti (**Pomeroy ir kt., 2011**).

524. Dabartiniu metu daug vilčių teikia labai nauja reabilitacijos po insulto technologija: kamieninių ląstelių implantavimas ir auginimas (Savitz et al., 2011).

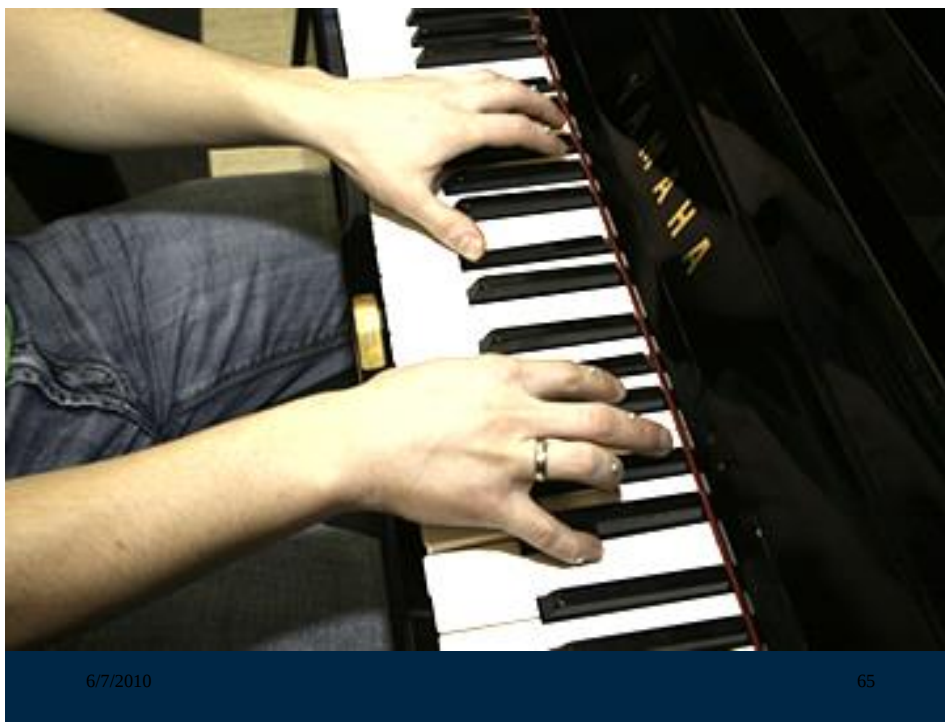
525. Gebėjimas ištiesi rankos pirštus po insulto praėjus 3 dienoms yra labai rimtas efektyvaus atsigavimo po insulto prognozės rodiklis.

526. Dofamino ypač išskiriama, kai yra aktyvuojamas kairysis pusrutulis ir judesys yra atliekamas su atpildu. Dofaminas stimuliuoja motorinės atminties susidarymą. Kai yra pažeistas kairysis pusrutulis, tai sutrinka sprendimo priėmimo kokybė. O kai yra pažeistas dešinysis pusrutulis. Tada sutrinka emocinė būseną (dažniau pasireiškia depresija).

4.4. Judesių ribojimo metodika (CIT)

Po insulto nepažeista motorinė arba sensorinė žievė siunčia slopinamąjį signalą kito pusrutulio motorinei ar sensorinei žievei. Todėl, jei po insulto judesiai bus atliekami vien nepažeista, pvz., ranka, tada sulėtės pažeistos galvos smegenų žievės atsigavimas.

527. Viena populiariausių judesių atkūrimo po insulto metodikų yra judesių ribojimo metodika (angl. *constraint-induced movement therapy, CIT*); jos esmė – ribojami nepažeistos galūnės judesiai ir koncentruotai (pvz., 3–6 val. per dieną) atliekami pažeistos galūnės judesiai. Norint, kad pacientas nedarytų judesių nepažeista galūne, dažniausiai prie nepažeistos galūnės pritvirtinamas svarmuo, kuris sukelia nepatogumų judesiui atlikti. Dar vienas išskirtinis CIT požymis – judesiai, atliekami pažeista galūne (pvz., ranka), yra spontaniški, t. y. priklausomi nuo situacijos (**Kwakkel, 2006**). Kai pacientas atlieka įvairius buitinius judesius, pvz., nuo stalo paima kavos puodelį, jis tai atlieka ne pagal iš anksto sukurtą motorinę programą ir beveik niekada iš eilės neatlieka keleto tokių pačių judesių. Pasirodo, kad spontaniškas judesių atlikimas labiau skatina galvos smegenų reabilitaciją nei daug kartų kartojant standartinius judesius.
528. CIT prasidėjo nuo Pons ir kt., (1991), Taub ir kt., (1994) tyrimų. Jie atliko tyrimus su beždžionėmis. Kai beždžionių galūnę deaferentavo, beždžionės nustojo ją naudoti. Jei sveika galūnė yra ribojama naudoti, tai po valandos beždžionės pradeda naudoti deaferentuotą galūnę. Kai tik sveikos galūnės ribojimas pašalinamas, tuoj pat pradeda naudoti sveiką galūnę, nors ir pažeista galūnė visiškai gerai atliko judesius. Taub ir kt. (1994) padarė išvadą: norint, kad beždžionės naudotų deaferentuotą galūnę, reikia pakankamai ilgai leisti jai mokytis atlikti judesius šia galūne. Todėl šiuolaikinė CIT metodika yra koncentruotai taikomų fizinių pratimų metodika (net 3–6 val. per dieną).
529. Po insulto atkuriant motorinės ir sensorinės žievės funkciją, labai svarbus spontaniškas atsigavimas, o per dideli fiziniai krūviai jį gali prislopinti. Po insulto pacientai mokosi iš naujo valdyti judesius, išmokymo tempai yra labai panašūs į sveikų žmonių.



530. CIT „klasika“: 6 val. per dieną, tačiau kiti bando ir 1–3 val. Labai svarbu, kad CIT gali taikyti tik tie pacientai, kurie geba pirštais ir rankomis atlikti nors minimalius judesius. Pacientai privalo patys mokytis spręsti įvairias buitines problemas, pvz., valgio gaminimas, apsirengimas, kambario tvarkymas. Labai svarbus yra socialinis kontaktas, nes galima mokėti atlikti judesį, tačiau judesys nebus efektyviai atliekamas, jei tą reikės daryti socialiniame kontekste. Insultas – tai „šeimos liga“. Labai svarbu taip atlikti pratimus, kad jie transformuotųsi į įvairias kasdienes veiklas (tam taikomi specialūs judesių perkėlimo į kitas sąlygas pratimai, (angl. *transfer package*)).
531. Telereabilitacija – tai per internetą pateikiami nurodymai, ką reikia daryti. Virtuali reabilitacija – tai įvairūs virtualūs žaidimai. Mentalinė treniruotė. Žievės TMS stimuliavimas: 10 dienų iš eilės, kartą per dieną. Tai taikoma kartu su CIT (**Blanton ir kt., 2008**).
532. CIT pratimai privalo būti labai funkciniai, t. y. tie, kuriuos pacientai mokėjo anksčiau atlikti. Todėl, norint, kad vyktų pažeistų nervų ląstelių regeneracija, rekomenduojama atlikti anksčiau taikomus ir tikslingus pratimus (32, 33 pav.).



32 pav. Motorinės žievės atsigavimo pavyzdžiai atliekant smulkiausius ir realius judesius



33 pav. Smulkiojo judesio pavyzdys

Po insulto pažeista ranka mažiau naudojama. Tada gali atsirasti „išmokto bejėgiškumo“ (angl. *learned helplessness*) simptomai.

Beždžionių rankos deaferentacija mažina natūralų rankos naudojimą. Tai pakeičia motorinę ir sensorinę žievę, o tai savo ruožtu „išmoko“ nenaudoti pažeistos rankos (Taub ir Uswatte, 2006).

533. Judesių ribojimo metodika yra tik tada efektyvi, jei galima atlikti natūralius judesius pirštais ir riešu.

Motorinis neigimas (angl. *motor neglect*) – negebėjimas spontaniškai atlikti judesius. Dažniausiai tai yra dėl to, kad atliekamo judesio kaina yra didesnė nei atpildas.

534. Labai svarbus reabilitacijos programos veiksnys – spontaniškas rankos naudojimas atliekant įvairias užduotis. Manoma, kad kontroliuojama reabilitacijos programa reikalinga iki tol, kol pati ranka galės spontaniškai atlikti judesius. Greičiau normalizuojasi judesių tikslumas nei judesių variabilumas. Po kompensatorinio atsigavimo kompensatoriniai judesiai tampa mažiau variabilūs (tai gali skatinti naudoti kompensatorinę strategiją). Autoriai siūlo po „treniruočių“, kurios turėtų peržengti spontaniško judesių naudojimo slenkstį, nutraukti treniruotę ir naudoti kelias savaites tik spontaniškus judesius pažeista galūne (**Han ir kt., 2008**).



Kai pažeista ranka pasiekia tam tikrą funkcijos slenkstį, nuo tada labai gerai tinka CIT, nes tada ranka pati save pradeda reabilituoti.

535. Kodėl sunku pradėti naudoti pažeistą galūnę: a) nėra motyvo, nes atliekamo judesio kaina dažnai yra žymiai didesnė nei atpildas; b) tarpžievinis slopinimas; c) išmokto nenaudojimas, t. y. galva išmoksta nenaudoti pažeistos galūnės.

CIT esmė!

Kai sumažėja sveikos rankos aferentacija, tada suaktyvėja pažeistos žievės atsigavimas.

Išskirtiniai CIT požymiai:

- **Koncentruota praktika (treniravimas/ angl. *shaping*).**
 - **Judesiai atliekami realiose situacijose.**
 - **Pažeistos galūnės spontaniškas naudojimas.**

- Pažeistos galūnės priverstinis naudojimas (angl. *forced used*).
- Judesių perkėlimo (transformavimo) į kitas sąlygas „paketas“.
- Informacija apie judesių reabilitacijos procesą ir rezultatus.

536. Vieno CIT pritaikymo pavyzdys (**Wolf ir kt., 2006**). Krūvis: dvi savaitės, 6 val. per dieną aktyviausio natūralaus judėjimo metu nešiojant kumštinę pirštinę. Rezultatai – reikšmingas motorinės funkcijos pagerėjimas po 12 mėn.

Viena didžiausių reabilitacijos problemų yra ta, kad pacientai nenori savarankiškai mankštintis.

537. Pagrindiniai CIT metodikos komponentai pateikiami 34 pav.



34 pav. Pagrindiniai CIT metodikos komponentai

538. Tikslių judesių atlikimas arba į tikslą orientuotų judesių atlikimas – tai pagrindiniai pratimai taikomi pagal CIT metodiką. Tokie judesiai gali būti atliekami dviem būdais: a) pakartotinis to paties judesio atlikimas (treniravimas) su nuolatiniu skatinimu (su grįžtamąją informacija) (angl. *shaping*) (pvz., pupelių dėliojimas pirštais iš vieno indo į kitą); b) skirtingų užduočių atlikimas

(angl. *task practice*) (pvz., žiedų užkabinimas ant skirtingų stulpelių, bulvių skutimas, laikrodžio taisymas ir t. t.). Užduočių atlikimas yra mažiau struktūrizuotas nei treniravimas, todėl jis labiau aktyvuoja galvos smegenis. Treniravimas labiau stabilizuoja judesio atlikimą, o užduočių atlikimas praplečia jo pritaikymo galimybes.

539. Praktinio CIT naudojimo per dieną pavyzdys. CIT atveju sveika ranka gali būti ribojama rytą, per pietus ir vakare, kai reikia atlikti natūralius buitinius pratimus (pvz., praustis, valgyti, pasikloti lovą ir kt.). Viena valanda turi būti skiriama užduočių atlikimui, viena valanda – treniravimui su skatinimu. Be to, būtina atlikti (apie vieną valandą) pratimus, kurių prireiks norint sėkmingai sugrįžti į profesinę veiklą (pvz., vairuoti automobilį arba dirbti kompiuteriu – tai judesių transformavimo „paketas“.

Sveikos galūnės judesius galima riboti užsimovus kumštinę pirštinę.

540. Judesių transformavimo „paketas“:

- Įsipareigojimas savarankiškai atlikti įvairius judesius, užduotis.
- Pagalbininkų (šeimos narių) įsipareigojimas padėti pacientui atsigauti (svarbiausia – paraginti pacientą, kad jis pats atliktų kuo daugiau įvairių užduočių).
- Savarankiška praktika (pacientai skatinami savarankiškai atlikti pratimus: kas dieną po 1–2 pratimus, kurie yra labai panašūs į jo judesius, naudojamus atsižvelgiant į profesiją, pvz., vairuotojas vairuoja).



- Pacientas privalo analizuoti, kas trukdo reabilitacijai.
- Paciento būklės testavimas, nes pažanga dar labiau skatina atlikti įvairias užduotis.
- Dienoraščio rašymas ir pasiekimų registravimas bei jų analizavimas.

Darbas virtuvėje geriau padeda atsigauti galvos smegenims nei figūrėlių dėliojimas.

Kita CIT praktika: penkias dienas per savaitę po 5 val. Po tokio krūvio jau po 3–5 savačių matosi ryškus motorinės funkcijos pagerėjimas (Pierce ir kt., 2003).

CIT gali būti taikomas ir išsėtine skleroze bei kitomis neurologinėmis ligomis sergantiems pacientams.

541. Manoma, kad per metus galima taikyti ne vieną, bet du, tris CIT paketus, t. y. 2–3 kartus per metus po dvi savaites koncentruoto krūvio.

542. Naujausi tyrimai rodo, kad tais atvejais, jei CIT bus taikomas per anksti po insulto, tai jo nauda gali būti minimali (gali būti net žalingas). Be to, vėlesniais reabilitacijos po insulto etapais CIT yra efektyvi, jei taikoma ne 6 val., bet 2–3 val. per dieną.
543. Modifikuota CIT metodika: 2 val. per dieną, tris kartus per savaitę, 3 mėn. Ši metodika labiau priimtina pacientams nei klasikinė, t. y. 6 val. per dieną (**Page ir kt., 2009**).
544. CIT metodika mažiau efektyvi plaštakos reabilitacijai palyginus su visos rankos (**Langhorneir kt., 2009**).

4.5. Pusiausvyros atstatymo savitumai

545. **Pusiausvyros stabilumo atstatymo metodikų esmė – treniruojantis išlaikyti pusiausvyrą, esant** tam tikriems išoriniams trukdžiams (pvz., kai pacientas daro lėtą įtūpstą, kineziterapeutas rankomis arba guma bando sutrukdyti jo pusiausvyrą). Pusiausvyros stabilumui atstatyti labai gerai tinka kiniečių *Tai Chi* pratimų sistema, kuri akcentuoja lėtą pratimų atlikimą stabiliai išlaikant pusiausvyrą (**Selzer ir kt., 2006**). Atliekant vien aerobinę ištvermę arba raumenų jėgą ugdančius pratimus, pusiausvyros stabilumas negerėja. Todėl juos būtina derinti su pusiausvyrai stabilizuoti pratimais. Pusiausvyros stabilumą gerinančių pratimų yra labai daug, pvz., einant kintamoje aplinkoje, pratimai, atliekami užsimerkus, pratimai, atliekami stengiantis išlaikyti pusiausvyrą vien distalinių arba vien proksimalinių kojos raumenų pagalba, pusiausvyros išlaikymas viena koja, pratimai su grįžtama informacija apie raumenų darbą (informacija gaunama registruojant raumenų elektromiogramą, EMG), pratimai su dviguba užduotimi, pvz., lėtai atliekant įtūpstus, atliekamos tam tikros loginės užduotys (sudėti, padauginti arba padalyti skaičių) ir kt.
546. Trys pusiausvyros palaikymo tikslai: a) išlaikyti pusiausvyrą; b) parengti pusiausvyrą prieš atliekant ir atliekant judesį; c) išlaikyti pusiausvyrą, kai kažkas ją sutrukdo.
547. Pusiausvyra yra labai specifinė, todėl atkurti jos stabilumą reikia įvairiomis specifinėmis sąlygomis. Pradedama taip: atsisėdimas, sėdėjimas, atsistojimas, stovėjimas, ėjimas. Visais atvejais būtina laipsniškai sunkinti judesio atlikimo užduotis, pvz., ramiai sėdėti; sėdėti ir paimti nuo stalo kavos puodelį; stovėti ir nusiimti kepurę ir t. t.

548. Pusiausvyros stabilumo atkūrimas po insulto dažniausiai vyksta trimis etapais (**Prentice ir Voight, 2001; O'Sullivan ir Schmitz, 2007**). Pirmojo etapo metu stengiamasi atkurti nugaros smegenų refleksus, kurie yra labai svarbus palaikant statinę pusiausvyrą. Šioje fazėje stengiamasi atlikti pratimus, kurių atlikimui aplinka netrukdo (uždaros kinetinės grandinės judesius). Rekomenduojamas pratimas – statinės pusiausvyros palaikymas. Vėliau atkuriami galvos smegenų kamieno refleksai, kurie ypač reikalingi dinaminei pusiausvyrai išlaikyti. Geriausias pratimas – tai pusiausvyros palaikymas kintamoje aplinkoje (35 pav.). Trečiojo etapo metu atkuriami valingi judesių valdymo mechanizmai. Tam geriausiai tinka pratimai, kai žmogus turi greitai priimti sprendimą, t. y. kuo greičiau sureaguoti ir atlikti judesį. Jei nekreipiamas dėmesys į valingų mechanizmų greitį, tada blogai dirba, pvz., motorinės ir sensorinės žievės mechanizmai. Pratimai, kurių atlikimas užsitęsia ilgiau nei 300 ms, neefektyvūs šiuo judesių reabilitavimo etapu. Rekomenduojamas pratimas – eiti arba bėgti vietoje (išlaikyti pusiausvyrą), kai bėgantįjį veikia įvairios netikėtos (pvz., tempimas guma) jėgos.



35 pav. Dinaminės pusiausvyros palaikymo pavyzdžiai (O'Sullivan ir Schmitz, 2007)

4.6. Uždarnosios ir atvirosios kinetinės grandinės pratimai

549. Uždarnosios kinetinės grandinės pratimai: a) stimuliuoja propiocepciją; b) didina sąnarių stabilumą; c) paskirsto jėgą tarp raumenų (apsaugo vieną raumenį nuo pažaidos). To nedaro atvirosios kinetinės grandinės pratimai (**Prentice ir Voight, 2001**).
550. Vienas geriausių uždarnosios kinetinės grandinės pratimas – ėjimas. Jis integruoja daug raumenų, tris raumenų darbo režimus, daugelį refleksų.
551. Kai atliekamas uždarnosios kinetinės grandinės pratimas, pvz., įtūpstas (35 pav.), tada mažiau apkraunamas kelio sąnarys, nes antagonistas (dvigalvis šlaunies raumuo) stabilizuoja kelio sąnarį (blauzdikaulį „pririša“ prie šlaunikaulio).
552. Uždarnosios kinetinės grandinės pratimai: a) negilus pritūpimas; b) pritūpimas atsiremiant nugarą į sieną; c) įtūpstai; d) lipimas laiptais (treniruoklis „laiptai“); f) lipimas laiptais šonu; g) pėdaliavimas vėloergometru (svarbu, kad nebūtų aukštai pakelta sėdynė); k) stovėjimas ant nestabilios plokštumos.
553. Viršutinės galūnės labiau dirba kaip atvirosios kinetinės grandinės pratimai. Tačiau reabilitacijos pradžioje ir viršutinėms galūnėms pirmiausia būtina taikyti uždarnosios kinetinės grandinės pratimus.
554. Alkūnės ir peties sąnario stabilizavimo pratimai (uždarnosios kinetinės grandinės): a) atsirėmimas rankomis į stalą; b) atsispaudimai nuo stabilios ir nestabilios plokštumos.
555. Nustatytas, nestiprus koreliacinis ryšis tarp to paties pratimo atlikimo efektyvumo kaip uždarnosios kinetinės ir atvirosios kinetinės grandinės.

4.7. Neuroreabilitacijos programos parametrai

556. Žinomi šie pagrindiniai neuroreabilitacijos programos parametrai:
- A. Judesio tikslumas: a) mažas; b) vidutinis; c) didelis.

- B. Judesio sudėtingumas: a) mažas; b) vidutinis; c) didelis.
- C. Judesio spontaniškumas: a) iš anksto žinomas judesio tikslas ir kontekstas; b) žinomas tik tikslas be konteksto; c) nežinomas nei tikslas, nei kontekstas.
- D. Judesio naujumas: a) automatizuotas; b) pusiau automatizuotas; c) visiškai naujas judesys.
- E. Judesio atvirumas: a) visiškai uždaras; b) pusiau uždaras; c) atviras.
- F. Judesio trukdymas: a) nėra; b) iš dalies; c) visiškai trukdomas.
- G. Grįžtamoji informacija: a) pakankama apie procesą (P) ir rezultatus (R); b) arba apie P, arba apie R; c) nei apie P, nei apie R.
- H. Judesio intensyvumas (greitumas ir galingumas): a) mažas; b) vidutinis; c) didelis.
- I. Kartojimų skaičius: a) mažas; b) vidutinis; c) didelis.
- J. Pratimų skaičius.
- K. Pratybų trukmė.
- L. Pratybų kiekis per dieną.
- M. Pratybų kiekis per savaitę.
- N. Pratybų skaičius per mėnesį (mezociklą).
- O. Papildoma būtinė arba kita veikla.
- P. Testavimo kiekis.

557. Sudarant reabilitacijos priemonių ir krūvio programą, būtina: a) kiek galima tiksliau nustatyti pažeidimo vietą, pobūdį ir laipsnį; b) remiantis pasaulio mokslo ir praktikos bei paties kineziterapeuto patirtimi, būtina aiškiai nustatyti reabilitacijos tikslus (poveikio taikinius); c) labai atidžiai turi būti sudaromas paciento būsenos, reabilitacijos eiga atsižvelgiant į taikomų poveikio priemonių algoritmą; d) būtina numatyti testus, pagal kurios bus vertinamas reabilitacijos efektyvumas; e) nustatomas testų taikymo laikas; f) būtina numatyti, kaip reikės koreguoti reabilitacijos eigą, jei ji nukryps nuo tikėtinos.

558. Sudarant ir įgyvendinant efektyvią reabilitacijos programą, būtina remtis patikimu mokslu, patikrinta patirtimi, kolegų ir paciento nuomone.

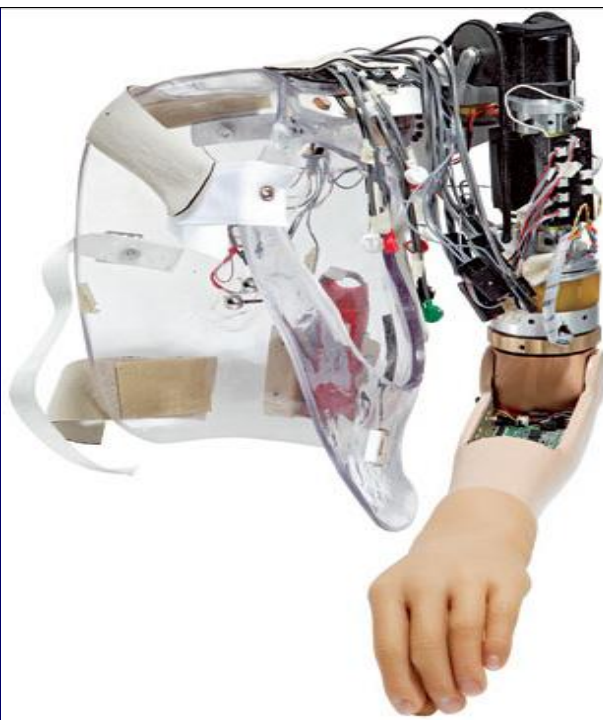
Viena didžiausių problemų!

Dauguma kineziterapeutų dar neturi reikiamų šiuolaikinių reabilitacijos programų sudarymo ir valdymo įgūdžių. Tikiuosi, kad naujos kartos kineziterapeutai greitai to išmoks.

5. ROBOTAI, NEUROPROTEZAI, NERVŲ IR RAUMENŲ STIMULIACIJA

Pagrindinis robotų taikymo privalumas neureabilitacijoje yra tai, kad reabilitacija pereina nuo pagrįstos tik praktiniais įrodymais link pagrįstos moksliniais tyrimais. Taigi, neuroreabilitacija tampa labiau kontroliuojama ir labiau patikima.

**Robotai –
reabilitacijos
mokslo ateitis**



559. Neuroprotezų pritaikymas (**Musallam ir kt., 2004; Fetz, 2007**). Mokslininkai nori suprasti, kaip būtų galima sukurti tokį mechanizmą-protezą, kuris paklustų žmogaus valios pastangoms (mechanizmą, kuris iš nervų ląstelių aktyvumo suprastų, kokį judesį nori atlikti žmogus). Be to, šis mechanizmas turi vietoje pažeistų nervų ląstelių siųsti į raumenis optimalią motorinę komandą-programą. Pažeistų nervų ląstelių atauginimas (**Dobkin, 2005**). Pirmieji žingsniai toje srityje jau žengti, pvz., pirmieji rezultatai rodo, kad gana sėkmingai bandoma vietoje pažeistų ląstelių implantuoti sveikas ląsteles (www.carecure.atinfopop.com).

560. Šiuolaikiniai judesių reabilitacijos robotai: MIT-Manus, ARM GUIDE, ARMin, MIME, GENTILE/s, Pneu-WREX, RUPERT, REHORB .

561. Įvairūs virtualūs kompiuteriniai žaidimai taip pat yra gana efektyvi priemonė galvos smegenų reabilitacijai po insulto (**Saposnik ir kt., 2010**).

562. Robotai gali būti: a) padedantys pasiekti judesio tikslą; b) trukdantys pasiekti judesio tikslą. Kuo labiau robotas trukdo atlikti judesį, tuo aktyvesnės yra galvos smegenys – tai yra viena iš veiksnių, efektyvinančių neuroreabilitaciją.

Nustatyta, kad robotų taikymas yra efektyvesnė reabilitacijos priemonė nei įprastinė reabilitacija (Lo ir kt., 2010).

563. Robotai gali būti pasyvūs ir aktyvūs. Pasyvūs robotai visą laiką vienodai veikia paciento judesio atlikimą, o aktyvūs robotai keičia poveikį (trukdo arba padeda).

564. Dabar ypač pradėta taikyti robotus judesių reabilitacijai pagreitinti (36 pav.). Pagrindinė robotų pritaikymo idėja yra ta, kad robotai leidžia keisti pasipriešinimo dydį ir kryptį atliekant judesius. Kitaip tariant, robotai leidžia sukurti dinamišką aplinką, kurioje atliekami judesiai. Dinamiškoje aplinkoje atliekami judesiai greičiau atsigauna nei judesiai, atliekami nekintamoje aplinkoje (**Krakauer, 2005, 2006; Lundy-Ekman, 2007; Pollock ir kt., 2007**). Judesių reabilitacijai pagreitinti dar yra naudojama virtuali aplinka, kurioje yra atliekami judesiai, pvz., tam taikomi įvairūs kompiuteriniai žaidimai. Deja, dėl jų pritaikymo naudos mokslininkai dar neturi aiškios nuomonės.



36 pav. Roboto pavyzdys

Šiuolaikiniai mokslo pasiekimai rodo, kad, norint optimizuoti judesių valdymo atkūrimą, būtina varijuoti judėjimo užduotis, aplinką ir motorinės sistemos būseną – tai aktyvina centrinės nervų sistemos veiklą. Be to, dabar didelis dėmesys skiriamas paieškai, kaip sukurti optimalius robotus, padedančius atlikti pacientui judesį pagal jo mintis (Scott, 2006).

Ištikus insultui, ypač sumažėja judesių dinamiškumas, t. y. gebėjimas atlikti judesius kintamoje aplinkoje.

Todėl labai plačiai pradedama naudoti robotus, kurie padeda greičiau atsigauti po insulto. Robotai leidžia atlikti judesius ne fiksuotoje, bet dinamiškoje (kintamoje) aplinkoje (Prange ir kt., 2006; Takahashi ir kt., 2008).

565. Pagrindinis robotų privalumas – tai galimybė labai tiksliai dozuoti įvairius krūvio parametrus (pvz., pasipriešinimo dydį ir greitį) (Lao ir kt., 2011).

566. Galvos smegenų transkranialinis stimuliavimas yra efektyvi nervinių tinklų atkūrimo priemonė po insulto. Žinomos dvi stimuliavimo naudos: a) tiesiogiai aktyvinant pažeistas nervų ląsteles; b) netiesiogiai aktyvinant, t. y. prislopinant priešingo pusrutulio nervų ląstelių aktyvumą (**Bolognini ir kt., 2009**).
567. Funkcinis raumens stimuliavimas – tai tokia paralyžiuotų raumenų stimuliavimo sistema, leidžianti aktyvinti raumenis taip, kaip tai daroma valingai (angl. *functional electrical stimulation*). Galima stimuliuoti ne tik raumenis ir jį aktyvuojančius eferentus, bet galima ir aferentus. Stimuliuojant aferentus, reabilituojama sensorinė žievė, t. y. judesio jutimo sistema(sensorinė sistema). Funkcinis raumenų stimuliavimas efektyviai taikomas atkuriant ėjimo judesius.

Sensoriniai nervai (aferentai) yra jautresni elektrostimuliavimui nei motoriniai (eferentai). Taigi, jei maža elektros srovė stimuliuojame periferinius nervus, tada pirmiausia aktyvuojami sensoriniai nervai ir per tempimo refleksą yra aktyvuojamos lėtosios raumeninės skaidulos. Norint selektyviai aktyvinti sensorinius nervus ir atstatyti sensorinę žievę bei lėtasias raumenines skaidulas, būtina pasirinkti nestiprią elektros srovę, elektros stimulo trukmė turi būti apie 1 ms, o stimuliavimo dažnis – apie 100 Hz ir daugiau. Norint labiau aktyvinti motorinius nervus (ir greitasias raumenines skaidulas), būtina nervą (arba tiesiogiai raumenį) stimuliuoti didele elektros srove, dideliais dažniais (apie 50–100 Hz ir daugiau), stimulo trukmė – 0,5 ms (Maffiuletti, 2010**).**

568. Naujausias mokslo žodis: a) neuroprotezų pritaikymas (**Musallam ir kt., 2004; Fetz, 2007**); b) pažeistų nervų ląstelių atauginimas (**Dobkin, 2005**). Mokslininkai nori suprasti, kaip būtų galima: a) sukurti tokį mechanizmą-protezą, kuris paklustų žmogaus valios pastangoms (mechanizmą, kuris iš nervų ląstelių aktyvumo suprastų, kokį judesį nori atlikti žmogus; be to, šis mechanizmas turi vietoje pažeistų nervų ląstelių siųsti į raumenis optimalią motorinę komandą-programą); b) atauginti insulto pažeistas nervų ląsteles. Pirmieji žingsniai toje srityje jau žengti, pvz., pirmieji rezultatai rodo, kad gana sėkmingai bandoma vietoje pažeistų ląstelių implantuoti sveikas ląsteles (www.carecure.atinfopop.com).

Rekomenduoju!

Norintiems daugiau sužinoti apie judesių reabilitaciją po galvos smegenų insulto, rekomenduoju vadovėlį:

Selzer M., Clarke S., Cohen L., Duncan P., Gage F. Textbook of Neural Repair and Rehabilitation: Volume 2, Medical Neurorehabilitation. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

6. LĖTINIO NUOVARGIO SINDROMAS, STRESAS IR JO ŠALINIMAS

Lėtinio nuovargio sindromo priežastys: per didelis arba per mažas fizinis krūvis, stresai, miego stygius, ligos, traumos.

569. Lėtinio nuovargio sindromas (angl. *chronic fatigue syndrome*) – tai ilgai trunkantis žmogaus nuovargis, kuris pirmiausia pasireiškia bendru organizmo silpnumu pradedant arba atliekant netgi nedidelio intensyvumo fizinį krūvį (Afari ir Buchwald, 2003; DeLuca, 2005; Wyller, 2007). Esant lėtinio nuovargio sindromui, žmogui sunku aktyvuoti motorinius vienetų. Esant lėtiniam nuovargio sindromui, dažnai būna ir depresija, nerimas, raumenų skausmas, raumenų darbingumo sumažėjimas (Lane, 2000). Lėtinis nuovargis gali tęstis labai ilgai (ištisus metus), o metabolinis nuovargis, atsirandantis fizinio krūvio metu, greitai išnyksta. Manoma, kad lėtinis nuovargis yra susijęs su serotino išsiskyrimo padidėjimu galvos smegenyse. Kelinama hipotezė, kad šalčio terapija gali sumažinti lėtinio nuovargio sindromo pasireiškimą (Shevchuk, 2007).

Nedidelio intensyvumo fizinis krūvis (*aerobiniai ir jėgą lavinantys fiziniai pratimai*) derinamos su adekvačia mityba (*ypač svarbu, kad maiste būtų pakankamai folinės rūgšties, L-triptofano, B12 ir C vitaminų, L-karnitino, kofermento Q-10, magnio ir cinko*) yra viena geriausių priemonių, mažinančių lėtinio nuovargio sindromo pareiškimą. Tačiau staigus fizinio krūvio padidėjimas (kai žmogus tam nepasiruošęs) kaip ir fizinio krūvio nutraukimas (kai žmogus buvo prie jo pripratęs) gali skatinti lėtinio nuovargio sindromo pareiškimą (Sharpe, 2006).

570. Lėtinio nuovargio sindromas dažnai pasireiškia sergant išsėtine skleroze arba Parkinsono liga (Sharpe, 2006). Manoma, kad lėtinio nuovargio sindromas gali kilti dėl smegenų pusrutulio pamato mazgų pažeidimo (Sharpe, 2006).

571. Lėtinį nuovargį efektyviai mažina žmogaus socialinis aktyvumas.

Nustatyta, kad po 2001 m. rugsėjo 11 d. teroristų atakos statistiškai reikšmingai JAV sumažėjo žmonių skaičius, kuriems pasireiškia lėtinio nuovargio sindromas (Heim ir kt., 2004).

572. Lėtinis stresas, nerimas ir depresija yra vienos iš pagrindinių fizinio negalavimo, psichosocialinių sutrikimų ir mirtingumo priežasčių visame pasaulyje. Stresas yra tam tikras pusiausvyros tarp mūsų pačių ir situacijos, kurioje atsiduriame, sutrikimas. Jį sukelia normalias organizmo funkcijas deformuojantis spaudimas, darbų gausa, emocinė įtampa, konfliktai, priklausomybės, negebėjimas valdyti savo jausmų bei aistrų. Sunku aptarti visus veiksnius arba įvykius, galinčius sukelti stresą, tačiau didžiausius stresinius pokyčius gali sukelti tokie įvykiai, kaip vedybos, skyrybos, artimo žmogaus mirtis, liga, prarastas darbas arba gamtinės katastrofos ir kt.

Stresinė būseną išsekina organizmo rezervas, priverčia organus funkcionuoti ekstremaliomis sąlygomis, ant galimybių išsekimo ribos. Jei stresinės būsenos dažnos arba tęsiasi ilgai, organizmo rezervai išnaudojami. Tai gali sukelti įvairias ligas: didelį kraujospūdį, infarktą, vėžį, cukrinį diabetą, depresiją.

573. Iki šių ligų atsiradimo gali pasireikšti įvairūs simptomai, sąlygoti lėtinio streso – tai padažnėję galvos skausmai, susilpnėjusi atmintis, padidėjęs irzlumas, miego sutrikimai, nemiga, apetito susilpnėjimas, kūno svorio mažėjimas.

574. Tyrimai rodo, kad įvairiose žmonių grupėse tarp dalyvavimo fizinėje veikloje ir psichinės būklės pagerėjimo yra glaudus teigiamas ryšys. Net po vienos treniruotės pagerėja nuotaika ir kūrybingumas. Manoma, kad pratybos atitraukia dėmesį nuo gyvenimo rutinos. Mankštinantis didėja pasitikėjimas savimi. Atsiradus pratimų atlikimo įgūdžiams, gerėja kūno kontrolė – atsiranda savarankiškumo ir sėkmės jausmas. Psichinę sveikatą gerina sportuojant susiformavę socialiniai ryšiai ir tarpusavio pagalba, kurią atliekantieji pratimus teikia vieni kitiems.

575. Fiziologiniai fizinių pratimų poveikio stresui mechanizmai dar nepakankamai ištirti. Fizinis krūvis greitina smegenų aminoerginį sinapsinį perdavimą. Mankštinantis daugėja noradrenalino, dofamino ir serotonino, kurie veikia susijaudinimą bei atidumą, taip pat turi įtakos depresijai ir miego sutrikimams. Ilgalaikiai pratimai skatina endorfino išsiskyrimą, kuris mažina skausmą bei sukelia euforiją, nors kai kurie tyrimai nepatvirtino, kad šis endorfino kiekis labai pakeistų nuotaiką. Egzistuoja hipotezės, kad nuotaika priklauso nuo kūno temperatūros kaitos bei raumenų ir vegetacinės (autonominės) nervų sistemos veiklos, skatinančios susidaryti aferentiniams impulsams. Atliktos šių hipotezių metaanalizės nepatvirtino aiškaus ryšio tarp šių siūlomų mechanizmų ir psichinės būklės pagerėjimo, o kiti tyrimai šias hipotezes atmetė.

576. Nustatyta, kad:

- Reguliariai atliekami fiziniai pratimai gali atlikti svarbų vaidmenį mažinant stresą, nerimą ir depresiją.
- Tiek aerobiniai, tiek jėgos ir lankstumo pratimai yra vienodai veiksmingi gydant stresą, nerimą ir depresiją.
- Pačios fizinės veiklos, o ne širdies ir kraujagyslių sistemos būklės akcentavimas, atrodo, yra veiksmingesnis psichinės būklės ir nuotaikos gerinimo būdas.
- Gydant nesunkią ir vidutinio sunkumo depresiją, fizinis aktyvumas yra toks pat veiksmingas kaip psichoterapija.
- Žmonių, kuriems diagnozuota sunki depresija arba kuriems reikia psichologinės pagalbos, nuotaika labiausiai pagerėja atlikus didelio intensyvumo fizinius pratimus.
- Nėra patikimų įrodymų, kad fizinis aktyvumas neleidžia atsirasti depresijai, tačiau pratimai gali sumažinti tikimybę, kad nestipri depresija progresuos ir sukels sunkius sutrikimus.
- Atliekant intensyviuosius pratimus, sumažėja laikinas nerimas, tačiau nuolatinio nerimo reakcija į ilgalaikius pratimus nepakankamai ištirta.
- Fiziniai pratimai mažina panikos sutrikimo simptomus, bet jų dažnai vengiama, nes bijoma, kad jie nesukeltų pavojaus gyvybei.
- Atsiradus persitreniravimo ir per daug sunkių pratimų sukeltam nuovargiui, nedelsiant reikia mažinti fizinį krūvį ir kontroliuoti ligo depresijos simptomus.
- Mažas fizinis aktyvumas yra svarbus depresijos lėtinių ligų ir neįgalum rizikos veiksnys.

Fiziniai pratimai – tai paprastas, nebrangus ir veiksmingas gydymo būdas depresijai, stresui ir nerimui gydyti. Šie sveikatos sutrikimai priskiriami vis didėjančioms dirbančios ir senėjančios visuomenės sveikatos apsaugos problemoms. Fizinis aktyvumas turi būti kaip gydymo kurso sudėtinė dalis gerinant depresijos, streso ir nerimo apimtų žmonių psichinę sveikatą.

Streso mažinimo rekomendacijos

- **Reguliariai mankštintis.**
- **Nepertraukiamas krūvis geriau nei pertraukiamas.**
- **30–60 min. trukmės aerobiniai, jėgos ir lankstumo pratimai, žaidimai.**
- **Vidutinis darbo intensyvumas (apie 50 proc. MDS) – dauguma žmonių, esant stresinei būklei, nenori atlikti intensyvių pratimų.**
- **Didelis darbo intensyvumas (apie 70 proc. MDS) esant giliai depresijai**

Ar žinote, kad:

- **Emocinė įtampa yra didesnė tarp silpnesnės sveikatos paauglių.**
- **Mergaitės dažniau nei berniukai nesijaučia laimingos.**
- **Mažas fizinis aktyvumas yra svarbus depresijoslėtinių ligų ir neįgalumo rizikos veiksnys.**
- **Stresą, nerimą, depresiją gali sukelti per didelis fizinis krūvis.**

7. RAUMENŲ ABILITACIJOS IR REABILITACIJOS MOKSLO NAUJOVĖS

7.1. *Raumenų susitraukimo funkcijų treniravimo (abilitacijos) principai*

577. Raumuo skirtingai prisitaiko prie jėgos, greitumo (ir galingumo) ir ištvermės reikalaujančio darbo. Lavinant **raumenų jėgą** padidėja miofibrilių kiekis, **hipertrofuoja**si raumeninės skaidulos (ypač greitojo susitraukimo, IIb ir IIa), padidėja citoskeleto ir jungiamojo audinio masė, dažnai padaugėja raumeninių skaidulų (**hiperplazija**), padidėja **specifinė raumens jėga**, t. y. raumens jėga, prilyginta vienam raumens skerspjūvio ploto vienetui (**Fitts ir Widrick, 1996; MacIntosh ir kt., 2006**). Specifinė raumenų jėga gali padidėti ir dėl raumens susitraukimo mechanikos pagerėjimo, o ne dėl miofilamentų kiekio. Yra penki pagrindiniai stimulai, skatinantys raumenų hipertrofiją: 1) **metabolinis**; 2) **hormoninis**; 3) **mechaninis**; 4) **nervinis** (**Booth ir kt., 1998; Enoka, 2002; Crewther ir kt., 2006; 5) mitybos** (Miller, 2007).

578. Visiškai neseniai pastebėta, kad po jėgos ugdymo krūvio sumažėjęs raumenyse glikogeno kiekis slopina baltymų sintezę. Tačiau susikaupę metabolitai po fizinio krūvio priešingai – skatinabaltymų sintezę. Todėl baltymų sintezę skatina fizinis krūvis, kuris nesukelia per didelio energinio raumenyse deficito, tačiau raumuo pavargsta (**Wackerhage ir Atherton, 2006**).

Raumuo pasižymi plastiškumu: kontraktiliniai (pvz., miozinas ir aktinas) ir reguliaciniai (pvz., TnC, TnI, TnT) baltymai gali keisti savo izoformas (nuo lėtųjų iki greitųjų ir atvirkščiai). Pastebėta, kad pokyčiai lengviau vyksta nuo greitųjų izoformų, ir link lėtųjų. Nustatyta, kad tas pats genas gali aktyvinti net 64 TnT izoformas, kitas genas – apie 60 miozino sunkiųjų grandžių izoformų. Teigiama, kad raumens funkcijos pokyčiai gali būti kiekybiniai ir kokybiniai. Kiekybiniai pokyčiai, pvz., padidėja tos pačios izoformos miozino sunkiųjų grandžių kiekis. Kokybiniai pokyčiai – padidėja anksčiau nesintetintų baltymų izoformų kiekis.

579. Raumenų hipertrofijai įtakosturi šie pagrindiniai molekuliniai mechanizmai: 1) kalcineurinas – tai nuo kalcio jonų ir kalmodulino priklausoma proteinfosfatazė, kurios viena iš funkcijų – aktyvinti genus, atsakingus už baltymų sintezę (šis raumenų hipertrofijos mechanizmas įsijungia, kai raumuo ilgai dirba; deja, šių dienų mokslininkai nedaro vienareikšmiškos išvados dėl raumenų hipertrofijos priklausomumo nuo kalcineurino); 2) nuo Ca-kalmodulino priklausoma proteinkinazė įsijungia, kai raumuo dirba trumpai, bet intensyviai; 3) nuo Ras-mitogenų priklausoma proteinkinazė; 4) augimo faktoriai; 5) miostatinas (kuo raumenyse jo mažiau, tuo didesnė baltymų sintezė, nes mažiau slopina genų aktyvumą (**Booth ir kt., 1998; Enoka, 2002; MacIntosh ir kt., 2006**)).

Antigravitaciniai raumenys (pvz., kojų tiesiamieji) yra palyginti stiprūs, bet trumpi (lyginant su kojų lenkiamaisiais).

Atliekant pratimus didele amplitude, raumuo ilgėja. Nustatyta, kad tai vyksta dėl sarkomerų skaičiaus padidėjimo, o atskirų sarkomerų ilgis net sumažėja.

Kuo raumeninėse skaidulose yra daugiau branduolių, tuo didesnė jų adaptacijos prie jėgos fizinių pratimų galimybė (Folland ir Williams, 2007).

580. Dėl jėgos ugdymo krūvių padidėja baltymų sintezė raumeninėse skaidulose ir tai vyksta per šiuos pagrindinius mechanizmus: 1) fizinių krūvių parametrai – raumens ištempimas ir įtempimas, ir jų pasekmės: raumenų mikropažaidos, raumeninių skaidulų sutinimas ir metabolitų susikaupimas sukelia pirminę priežastį baltymų sintezę; 2) tai aktyvina nuo insulino priklausomo augimo faktoriaus (IGF-1), testosterono ir kitų raumenų augimą skatinančių hormonų sekreciją; 3) padidėja genų, reguliuojančių baltymų sintezę, aktyvumas (transkripcijos procesas; 4) suaktyvėja baltymų sintezės transliacijos procesas; 5) aktyvinamos satelitinės raumeninės skaidulos (**Folland ir Williams, 2007**). Šių mechanizmų efektyvumas priklauso nuo organizmo treniruotumo laipsnio – kuo labiau treniruotas raumuo, tuo jis mažiau jautrus baltymų sintezės padidėjimui. Be to, nustatyta, kad satelitinių RS kiekis priklauso nuo raumens treniruotumo: kuo raumuo yra labiau adaptavęsis prie jėgos pratimų, tuo jame daugiau satelitinių RS.

Nustatyta, kad per dieną atsinaujina apie 1,5 proc. raumenų baltymų. Po jėgos ugdymo krūvių baltymų sintezės greitis padidėja apie penkis kartus (didžiausias greitis pasiekiamas praėjus 10–14 val. po treniruotės) ir išlieka padidėjęs net 48 val. po krūvio pabaigos. Be to, tai labiau pasireiškia netreniruotiems asmenims.

581. Dar šio amžiaus pradžioje buvo manoma, kad, norint padidinti maksimaliąją raumenų jėgą, būtina, kad raumuo nuvargtų. Todėl tarp trenerių ir mokslininkų susiformavo nuomonė, kad būtina raumenų jėgos didėjimo priežastis – raumenų nuovargis. Kadangi šio amžiaus pradžioje nebuvo žinomos raumenų nuovargio priežastys, todėl niekas negalėjo tiksliai paaiškinti ir raumenų jėgos didėjimo. Vėliau manyta, kad pagrindiniai stimulai, skatinantys raumenų jėgos didėjimą, yra ATF, kreatinfosfato (KF) išsekimas bei metabolitų, kurie atsiranda skylant šiems pagrindiniams energijos šaltiniams, kaip neorganinio fosfato (Pi), adenozindifosforo rūgšties (ADF) bei kreatino (K) padidėjimas (Fleck ir Kraemer, 2004; Crewther ir kt., 2006; Zatsiorsky ir Kraemer, 2006; Folland ir Williams, 2007). Vienas svarbiausių parametru, turinčių įtakos baltymų sintezei, yra ATP/AMP kiekio sumažėjimas. Netgi dabar mokslininkai negali tiksliai paaiškinti, koku būdu šie metaboliniai stimulai perduoda informaciją genams, kurie yra raumenų skaidulos branduoliuose ir reguliuoja baltymų sintezę.

Nustatyta, kad metabolitų kaupimasis raumenyse (pvz., pieno rūgšties) gali turėti įtakos ne tik augimo hormono išsiskyrimo padidėjimui, bet ir motorinių vienetų aktyvinimo padidėjimui esant fiksuotam raumens įtempimui (Crewther ir kt., 2006).

Metabolinis stimulus gali sukelti raumenų kontraktilinių baltymų irimą, kuris gali būti vienas iš priežasčių vėlesniam tų pačių baltymų sintezės padidėjimui (Crewther ir kt., 2006).

Nustatyta, kad, apribojus veninio kraujo ištekėjimą iš raumenų, suintensyvėja raumenų hipertrofija ir dėl to padidėja jų jėga (Abe ir kt., 2006).

Tai yra KAATSU jėgos ugdymo metodika, kurios esmė – apribojus kraujotaką, galima sukelti didesnę metabolinį stimulą (kuris sąlygoja raumenų jėgos padidėjimą) atliekant palyginti neintensyvius pratimus.

582. Hormoninis stimulus nustatytas šiek tiek vėliau nei metabolinis. Manoma, kad tokie hormonai kaip, **insulinas, augimo hormonas**, testosteronas, ypač nuo **insulino priklausomas augimo faktorius** (angl. *IGF-1 ir IGF-2*) ir jo izoforma – mechaninis augimo faktorius (angl. *mechanogrowth factor, MGF*) skatina baltymų sintezę ir kartu maksimaliosios raumenų jėgos didėjimą (**Fleck ir Kraemer, 2004**). Raumens baltymų sintezė ypač padidėja, kai raumeninės skaidulos patiria nei per didelę, nei per mažą mechaninę pažeidimą. Mechaninės pažeidimos sukelti uždegiminiai procesai, pvz., makrofagų kiekio padidėjimas pažeistoje raumens vietoje aktyvina satelitinių ląstelių proliferaciją (dauginimąsi). Šiame procese aktyviai dalyvauja ir neutrofilai.

Jėgos ugdymo krūvis = serijos x kartojimai x intensyvumas/trukmė.

Trys pagrindiniai jėgos ugdymo dėsningumai: a) prieš ugdant raumenų jėgą, būtina pagerinti lankstumą; b) prieš ugdant raumenų jėgą, būtina sustiprinti sausgysles; c) prieš ugdant galūnių raumenų jėgą, būtina stabilizuoti kūną (ypač stuburą).

Ugdant raumenų jėgą, stambėja ir stiprėja ne tik raumenys, bet ir kaulai, sausgyslės, raiščiai, fascijos ir kremzlės.

Žmonės, kurių raumenyse yra didesnis kiekis RS, turi didesnes potencialias galimybes išugdyti maksimalią jėgą.

Varžybų metų įveiktas maksimalus pasipriešinimas beveik visada yra didesnis (apie 5–15 proc.) nei ne varžybų metu (pratybų).

Pagal poveikį žmogaus organizmui fizinis krūvis gali būti trijų tipų: a) ugdomasis (organizmo darbingumas didėja); b) palaikomasis (organizmo darbingumas nekinta); c) mažinamasis (organizmo darbingumas mažėja).

Norint jėgos ugdymo fiziniais krūviais sukelti baltymų sintezę, negalima po jėgos ugdymo krūvių taikyti ištvermės krūvių, nes ištvermės krūviai sukelia priešingus baltymų sintezei procesus – baltymų irimą.

Jauno žmogaus raumenyse satelitinės raumeninės skaidulos sudaro apie 5–7 proc., o seno – apie 2 proc. visų raumeninių skaidulų.

583. Manoma, kad makrofagai, kurie kovoja prieš raumens uždegiminius procesus, pritraukia satelitines ląsteles į pažeistas raumeninės skaidulos vietas. Tada satelitinės ląstelės pradeda sintetinti kontraktilinius baltymus ir taip yra „užlopoma“ pažeista dalis. Nustatyta, kad senyvo mažiaus žmonių raumenyse yra mažiau satelitinių ląstelių nei jaunų žmonių. Satelitinių ląstelių aktyvumas priklauso ne tik nuo raumens augimo faktorių (miogenino, MyoD, IGF–1, IGF–2, mechaninio augimo faktoriaus), bet ir nuo kepenų augimo faktoriaus (angl. *hepatocyte growth factor*), FGF (angl. *fibroblast growth factor*), įvairių formų citokinų, TGF– β (angl. *transforming growth factor- β*) ir kt.

Taigi, kuo daugiau raumenyse yra satelitinių ląstelių, tuo didesnės jo adaptacijos prie fizinių krūvių galimybės.

Nustatyta, kad IGF–1 ir mechaninis augimo faktorius gali kilti ir lokaliai – raumeninėse skaidulose. Tam reikia ištempti raumenines skaidulas.

Greitųjų raumeninių skaidulų masė labiau didėja dėl baltymų sintezės pagreitėjimo, o lėtųjų raumeninių skaidulų dėl baltymų irimo sulėtėjimo.

584. Nereikėtų užmiršti, kad hormonų sintezė priklauso ne tik nuo fizinio aktyvumo, bet ir nuo tokių veiksnių kaip, **mityba bei emocijos**, pvz., kortizolio, kuris skatina baltymų skilimą, kiekis kraujyje padidėja esant stresui. Jau išaiškinta, kad skydliaukės hormonai labai veiksmingai stimuliuoja raumenų lengvųjų miozino grandžių (LC) greitosios izoformos sintezę, o LC lemia maksimalų raumens susitraukimo greitį. Be to, padidėjus LC kiekiui, pagerėja tik raumens

susitraukimo greitis, o jėga gali net sumažėti. Neseniai nustatyta, kad **miostatino** kiekio sumažėjimas raumenyse gali būti vienas pagrindinių raumenų hipertrofiją aktyvinamųjų veiksmų (Wagner, 2005). Miostatinas slopina satelitinių ląstelių aktyvumą, todėl kuo mažiau miostatinas aktyvus, tuo labiau aktyvios yra satelitinės ląstelės. Tada suintensyvėja baltymų sintezė.

Augimo hormono sintezę skatina tokie fiziniai krūviai, kurių metu raumenyse susikaupia daug pieno rūgšties.

IGF–1 skatina baltymų sintezę, tačiau, atliekant tyrimus su gyvūnais pastebėta, kad IGF–1 intensyvus vartojimas trumpina gyvūnų gyvenimo trukmę.

585. Mechaninio stimulo esmė: susitraukiant arba išsitempiančiam raumenų skaidulai, aktyvuojamos: 1) raumenų skaidulą supančios molekulės: fibronektinas, kolagenas, lamininas; 2) jonų kanalai, G-baltymas, natrio kalio siurblys, fosfolipazės, ir tiesiogiai arba per tarpininkus (prostaglandinus, cAMF, proteino kinazę – C, Ca^{+2} perduoda informaciją baltymų sintezės ir irimo reguliatoriams (Enoka, 2002; Crewther ir kt., 2005; Wackerhage ir Atherton, 2006).

Nustatyta, kad titino, kuris riša miozino molekulę, ištempimas skatina baltymų sintezę (Toigo ir Boutellier, 2006).

Kai raumuo susitraukia arba išsitempia, aktyvuojamas mechaninis augimo faktorius, kuris skatina raumeninės skaidulos baltymų sintezę (Narici ir Maganaris, 2007).

Senyvo amžiaus žmonių raumenys yra mažiau jautrūs mechaniniam stimului, sukeliančiam raumenų jėgos padidėjimą (Toigo ir Boutellier, 2006).

Nustatyta, kad raumenų jėga žymiai sumažėja, jei jame nėra nebulino (karkasinio baltymo).

586. Raumenų masės sumažėjimas didžiausias per pirmąsias tris dienas, kai raumuo yra įmobilizuotas. Be to, greičiau sumažėja lygiagrečiai išsidėsčiusių sarkomerų skaičius nei

nuosekliai. Tai viena svarbiausių priežasčių, kodėl dėl imobilizavimo raumenų jėga sumažėja daugiau nei maksimalus susitraukimo greitis. Be to, dėl raumens imobilizavimo sumažėja ir sausgyslės standumas, nors jos ilgis kinta labai nežymiai.

587. Dėl judėjimo aktyvumo sumažėjimo labiausiai atrofuojasi tie raumenys, kurie daugiausia dirba kiekvieną dieną, pvz., keturgalvio šlaunies raumuo atrofuojasi daugiau nei dvigalvis šlaunies raumuo, nes pirmasis raumuo kiekvieną dieną daugiau aktyvuojamas. Be to, raumenų baltymų irimo tempai priklauso nuo raumens ilgio, kuriame raumuo imobilizuotas – raumuo mažiau atrofuojasi, kai yra imobilizuotas ilgesniame ilgyje.

588. Dabar vyksta intensyvūs tyrimai, kurie nagrinėja galimybę satelitinių ląstelių transplantacijos į pažeistus (dažniausiai dėl ligos, pvz., Diušeno raumenų distrofijos) raumens dalis (**Asakura ir kt., 2007**).

Pagrindinis fiziologinis skirtumas tarp jėgos ugdymo ir judesių mokymo yra tai, kad judesių mokymo metu nepalyginamai daugiau adaptuojasi (treniruojasi) galvos smegenų motorinė ir sensorinė žievė nei ugdant raumenų jėgą. Tačiau motorinė žievė efektyviai treniruojama, kai sportininkai derina fizinių ypatybių ugdymą su naujų įgūdžių mokymusi.

Moterų ir vyrų jėgos ugdymo principai yra tie patys. Senas prietaras, kad moterims raumenų jėga didėja mažiau nei vyrams. Priešingai, gana daug tyrimų rodo, kad moterims raumenų jėga didėja labiau nei vyrams. Vyrams labiau nei moterims didėja raumenų masė (ypač viršutinių galūnių).

589. Norint, kad žmonės mažiau patirtų traumą, pratybių metu būtina treniruoti raumenis agonistus ir antagonistus. Jei silpnas antagonistas, tai didesnė tikimybė, kad agonistas patirs greičiau traumą.

590. Jėga ugdoma geriausiai, kai organizmui leidžiama visiškai atsigauti tarp treniruočių.

**Nustatyta, kad po jėgos ugdymo treniruotės stambieji raumenys atsigau-
lėčiau nei smulkieji.**

591. Sudarant detalesnę jėgos ugdymo arba reabilitavimo programą, būtina atsižvelgti į pagrindinius parametrus:

1. Jėgos ugdymo tikslą.
2. Paciento būseną.
3. Raumenų specifiką ir kiekį (kokie ir kiek raumenų bus ugdoma).
4. Pratimų specifiką (paprasti ar sudėtingi judesiai).
5. Raumenų darbo režimą: izometrinis, koncentrinis, ekscentrinis.
6. Įveikiamo pasipriešinimo intensyvumą (dažniausiai rekomenduojamas toks svoris, kuris sudaro 75–85 proc. maksimalaus ir pasipriešinimas įveikiamas 3–15 kartų. Intensyvumą dažniausiai rekomenduojama didinti palaipsniui: nuo mažo link didelio ir maksimalaus.
7. Krūvio apimtį (pvz., per vieną treniruotę rekomenduojami 2–5 pratimai, 2–5 serijos).
8. Poilsio intervalus tarp serijų ir tarp pratimų (dažniausiai – nuo 0,5 iki 5 min.).
9. Treniruotės krūvio struktūrą (kaip krūviai išdėstomi per treniruotę: ar nuosekliai, ar staigiai krūviai didinami, ar treniruotės metu krūviai mažinami).
10. Pratimų seką (pvz., dažniausiai rekomenduojama pirmiausia ugdyti stambiuosius, o vėliau mažesnius raumenis).
11. Pasipriešinimo įveikimo greitį (dažniausiai rekomenduojamas 180–240 laipsnių/s. kampinis greitis).
12. Treniruočių dažnį per mikrociklą (per savaitę, rekomenduojama 2–5 kartai per savaitę).
13. Vieno tipo treniruočių skaičių (pvz., tokį pat krūvį nerekomenduojama atlikti ilgiau kaip vieną mezociklą, t.y. keturias savaites; vėliau rekomenduojama keisti treniruočių krūvį).
14. Treniruočių krūvių dinamiką per mikrociklą (savaitę), mezociklą (mėnesį) ir makrociklą (metus) (ar krūvis išdėstomas laipsniškai didėjančiai, ar banguojančiai, ar mažėjančiai).

592. Nustatyta, kad banguota krūvių išdėstymo strategija yra optimaliausia, nes tokio pat dydžio krūviais (ir tiesinės, ir laiptinės krūvio išdėstymo strategijos atveju) galima pasiekti didžiausią treniruotės efektą (**Skurvydas, 2008**).

593. Šiuolaikinis judesių ir sporto mokslas siūlo laikytis šių metodikos naujovių:

1. Pasipriešinimo dydį reikėtų didinti, kai dvi treniruotės iš eilės svarmenys keliama daugiau

nei du kartus.

2. Pratimus patariama atlikti nuo „grubių“ link „smulkių“ pratimų, nuo kompleksinių link paprastų, nuo agonistų link antagonistų.

3. Kuo daugiau reikėtų atlikti „holistinių“ pratimų, t.y. pratimų, kurie pagal savo struktūrą yra panašūs kasdienius pratimus (pvz., lipimas laiptais).

4. Kuo didesnis sportuojančiojo parengtumas, tuo greičiau turi būti įveikiamas pasipriešinimas.

5. Vieną raumenį (arba raumenų grupę) galima treniruoti tik 1–2 kartus per savaitę.

6. Treniruotas žmogus tą patį svorį įveikia ekonomiškiau nei netreniruotas (t.y. treniruoto žmogaus raumeninės skaidulos patiria mažesnę stresą, įveikdamas tą patį svorį (pasipriešinimą) kaip ir netreniruotas asmuo).

7. Lavinant raumenų galingumą, būtina derinti didelius (80–100 proc.) ir mažus (30–50 proc.) svorius, nes nustatyta, kad krūvio derinimas yra geriau nei ryškus krūvio dominavimas.

Kuo didesnis jėgos ugdymo treniruotės fizinis krūvis, tuo ilgiau trunka organizmo atsigavimas po jos. Pagal organizmo atsigavimo po krūvio greitį galima spręsti apie treniruotės krūvio dydį. Pavyzdžiui, kai organizmas atsigauna per 72 val., 48–72 val., 24–48 val., 12–24 val. ir greičiau nei per 12 val., tai treniruotės krūvis yra atitinkamai maksimalus, labai didelis, didelis, vidutinis ir mažas (Zatsiorsky ir Kraemer, 2006).

Pratimui su sunkmenomis (pasipriešinimu) mūsų organizmą veikia taip:

- **Didina kaulų kietumą, mineralinių medžiagų kiekį juose, apsaugo kaulus nuo osteoporozės (kaulų retėjimo), tai ypač svarbu moterims menopauzės laikotarpiu, nes tada išretėja kaulinis audinys.**
- **Stiprina raiščius bei sausgysles.**
- **Gerina sąnarių stabilumą.**
- **Gerina raumenų regeneracijos (atsigavimo) procesus, t. y. apsaugo raumenis nuo atrofijos (raumenų masės sumažėjimo).**
- **Apsaugo raumenis ir sąnarius nuo traumų.**

- **Didina raumenų jėgą, susitraukimo greitį bei jų atsparumą nuovargiui, gerina raumenų koordinaciją.**
- **Reguliuoja medžiagų, ypač angliavandenių apykaitą, o tai apsaugo organizmą nuo cukrinio diabeto.**
- **Aktyvina endokrininės sistemos veiklą.**
- **Mažina antsvorį.**
- **Hipertrofuoja širdies kairiojo skilvelio sieną, o tai didina sistolinį širdies tūrį.**
- **Reguliuoja kraujospūdį.**
- **Mažina ŠSD submaksimalaus intensyvumo darbo metu.**

594. Raumenų augimą stimuliuoja ne tik jėgą ugdantys fiziniai krūviai, bet ir aminorūgščių vartojimas (ypač lizino). Jei iš karto po fizinių krūvių yra su maistu įsisavinami baltymai, tai fizinių krūvių ir mitybos poveikis yra žymiai didesnis nei atskirai kiekvieno iš jų (**Wackerhage ir Atherton, 2006**). Jei po jėgos ugdymo krūvio kartu su aminorūgštimis įsisavinami angliavandeniai, tai dar labiau suintensyvėja baltymų sintezė, nes angliavandeniai stimuliuoja insulino kiekio didėjimą, o insulinas mažina baltymų irimą.

Nustatyta, kad aminorūgščių įsisavinimo poveikis baltymų sintezei yra trumpalaikis – apie 2 val., o fizinių krūvių poveikis ilgalaikis – apie 48 val. ir daugiau. Angliavandenių ir aminorūgščių vartojimas prieš fizinį krūvį arba praėjus 20 min. po jo stimuliuoja insulino kiekio padidėjimą. O tai turi didelę reikšmę raumenims įsisavinant aminorūgštis. Be to, maisto medžiagos taip pat skatina testosterono sukibimą su androgeniniais receptoriais.

595. Baltymų vartojimas su maistu po jėgos ugdymo treniruočių skatina raumenų baltymų sintezę. Daroma didžiulė klaida, kai po intensyvių jėgos ugdymo treniruočių valgoma praėjus daugiau kaip 2 val. Tada praleidžiamas palankus momentas intensyvinti baltymų sintezę. Nustatyta, kad po jėgos ugdymo krūvio išgėrus apie 0,7 l pieno, suintensyvėja raumenų baltymų sintezė, nes tokiaame kiekyje pieno pakanka kritinio kiekio baltymų, kurie stimuliuoja baltymų sintezę.

596. Dažniausiai naudojamas pasipriešinimas raumenų jėgai ir tuo kartu jų masei didinti arbanormalizuoti yra „10“, t.y. toks svoris, kurį galima įveikti 10 kartų (kartojimo maksimumas, KM) (37 pav.).

597. Dirbant su svarmenimis >20 KM, raumenų jėga ir raumenų masė pradeda netgi mažėti.

Raumenų jėgos, galingumo, hipertrofijos ir raumenų ištvermės ugdymas priklausomai nuo kartojimų maksimumo (KM)																			
<2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Galingumas					Galingumas					Galingumas					Galingumas				
Jėga					Jėga					Jėga					Jėga				
Hipertrofija					Hipertrofija					Hipertrofija					Hipertrofija				
Ištvermė					ištvermė					Ištvermė					Ištvermė				

37 pav. Raumenų jėgos, galingumo, hipertrofijos ir raumenų ištvermės ugdymas priklausomai nuo kartojimų maksimumo (KM) (kuo didesnis KM, tuo mažesnis įveikiamas pasipriešinimas) (Skurvydas, 2008)

598. Dar neįrodyta, kas yra svarbiausias raumenų hipertrofijos veiksnys – fiziniai krūviai ar genetiniai veiksniai. Manoma, kad raumeninių skaidulų hipertrofijos ribos genetiškai yra determinuotos ir įvairios taikomos priemonės (pratimai) šių ribų praplėsti negali, gali tik padėti greičiau pasiekti tam tikrą ribą.

Nustatyta, kad pradedantiesiems moksleiviams ir suaugusiems žmonėms,

siekiantiems ugdyti raumenų jėgą, rankų jėgos ugdymui tenka atlikti kiekvieno pratimo(kurių gali būti 5–15) po vieną seriją, o kojoms – tris serijas. Kojoms reikia didesnio krūvio nei rankoms, nes kojų raumenyse yra daugiau lėtųjų raumeninių skaidulų nei rankų raumenyse.

599. Įveikiant labai didelius pasipriešinimus (>90 proc. nuo maksimalaus), raumenų jėga didėja dėl galvos smegenų gebėjimo aktyvuoti daugiau motorinių vienetų. Tada ugdoma nervinė raumenų jėga, o raumenų masė beveik nedidėja.

600. Trumpalaikis raumens įtempimas (iki 3–5 sek.), (kartojant 2–3 kartus), gali padidinti raumenų jėgą, potenciuoti jos vystymą. Jei tokie pratimai bus atliekami 3–5 kartus per savaitę, tai žmogus jausis puikiai, t.y. jam prireiks mažiau pastangų vaikščiojant arba atliekant kitus kasdienes darbus.

601. Labai svarbus raumenų jėgos ugdymo režimas yra ekscentrinis, t.y. kai raumuo įveikia pasipriešinimą ilgėjant jo ilgiui. Toks režimas didina ne tik raumenų jėgą, bet ir sarkomerų skaičių raumenyse, o tai apsaugo raumenis nuo galimų traumų.

Jei judesys yra labai greitas, t.y. trunka apie 50 ms, tada maksimalios jėgos ugdymas ne tik nepagerina jėgos išvystymo greičio, bet netgi pablogina. Toks staigus pratimų atlikimas yra labai reikalingas gerinant sąnarių stabilumą.

Įdomu!

Treniruoto sportininko motorinė žievė maksimalią jėgą išvysto mažesnėmis pastangomis nei netreniruoto žmogaus (Folland ir Williams, 2007). Kitaip tariant, treniruoto žmogaus nugaros smegenų įvairūs refleksai padeda išvystyti žymiai didesnę raumenų jėgą.

602. **Atliekamo judesio įsivaizdavimas** (*angl. imagine*) tiksliau suformuojama atliekamo judesio idėja bei programa (**Gabriel ir kt., 2006**). Nustatyta, kad sportininkas arba pacientas gali šiek

tiesiog padidinti maksimaliąją jėgą, netgi nekilnodamas per pratybas sunkių svarmenų, o tik atlikdamas ideomotorinę treniruotę, t.y. įsivaizduodamas, kad kelia svarmenis.

Įdomu! Antagonistinio raumens aktyvavimas potenciuoja (aktyvina) priešingo raumens (agonisto) (bet tos pačios, pvz., kojos) susitraukimą. Panaši potenciacija pasireiškia, kai kairės kojos blauzdos lenkėjai yra įtempiami prieš dešinės kojos blauzdos tiesimą.

Nervinės jėgos ugdymo esmė – atliekant fizinius pratimus, mobilizuoti kuo daugiau motorinių vienetų. Kai raumuo pradeda vargti, tada mažiau mobilizuojama motorinių vienetų. Tada nervinės jėgos ugdymas yra nedidelis. Valingo raumenų aktyvavimo laipsnis ypač sumažėja nervų sistemos ligomis sergantiems pacientams, todėl jiems būtina suaktyvinti judesių valdymo mechanizmus.

603. **Simetriškų raumenų koordinavimas.** Kairės ir dešinės pusės raumenų koordinavimas. Paprastai atskirai kairės ir dešinės rankos įgyjamos jėgos suma yra mažesnė nei tą galėtų pasiekti abi rankos kartu. Todėl susidaro vadinamasis **bilateralinis deficitas**. Pavyzdžiui, jei pacientas atskirai lavina dešinės ir kairės kojos raumenų jėgą, tai nebūtinai padidės jėga, kai judesį reikės atlikti iš karto abiem kojomis.

Nustatyta, kad ugdant kairės rankos arba kojos raumenų jėgą, dešinės rankos arba kojos jėga padidėja apie 7–8 proc.

604. **Pozos koordinavimas, liemens, rankų ir kojų koordinavimas.** Neretai pacientai, netgi pasižymėdami didele raumenų jėga, negeba jos panaudoti, kai pasikeičia atliekamo judesio poza.

605. **Raumenų agonistų ir antagonistų koordinavimas.** Nustatyta, kad, tiesiant blauzdą, įgyjama apie 20 proc. mažesnė jėga, nes tą atlikti trukdo raumuo antagonistas (šiuo atveju dvigalvis šlaunies raumuo). Jei pacientas gebėtų koordinuoti raumenų agonistų ir antagonistų darbą,

atliekamo judesio galingumas padidėtų **apie 20 proc.**, netgi ir nepadidėjus grynajai raumenų jėgai.

606. Nustatyta, kad treniruotų žmonių jėga yra didesnė ir dėl to, kad aferentai iš Goldžio receptorių mažiau slopina motorinių vienetų aktyvumą.

607. Raumenų jėga gali padidėti net po vienos labai intensyvios treniruotės. Taip yra dėl to, kad jos metu išmokstama aktyvuoti daugiau anksčiau neaktyvuotų motorinių vienetų. Be to, net vienos treniruotės pakanka, kad padidėtų motorinių vienetų impulsavimo dažnumas. Tačiau toliau treniruojantis, motorinių vienetų impulsavimo dažnumas dažniausiai sumažėja (**Gabriel ir kt., 2006**).

608. Raumenų jėgą galima palaikyti raumenų imobilizavimo metu – tam reikia atlikti ideomotorinę treniruotę.

609. Maksimali raumenų jėga priklauso nuo sąnario kampo (raumens ilgio), pvz., keturgalvis šlaunies raumuo išvysto didžiausią jėgą, kaip koja ištiesta per kelius apie 100–110 laipsnių. Kai koja ištiesta per kelius 160 laipsnių, keturgalvis šlaunies raumuo išvysto du kartus mažesnę jėgą.

Taigi, nervinė jėga išlieka galvos smegenyse, o hipertrofinė – raumenyse.

Ugdant raumenų jėgą, padidėja motorinių vienetų aktyvinimo jautrumas. Tai rodo raumenų atsako V-bangos padidėjimas. V-banga – tai raumens elektrinis aktyvumas, kurį sukelia elektros stimulus, kuris stimuliuoja nervą, kai raumuo yra įtemptas (Gabriel ir kt., 2006).

Jėgą ugdantys fiziniai pratimai ir mityba, kurioje gausu vitamino D ir kalcio – tai patys geriausi stimulai, stiprinantys kaulus.

610. Staigioji jėga didėja atliekant ir vikrumo pratimus. Taigi, norint greitai pradėti judesį, nebūtinai reikia treniruojantis įveikti labai didelius pasipriešinimus.

611. Nustatyta, kad tupint ir stojant su 55–60 proc.svarmenimis, išvystomas didžiausias galingumas. Todėl, atliekant tokius pratimus, didėja staigioji raumenų jėga.
612. Jėgos ugdymas dinamiškoje aplinkoje (pvz., keliant svarmenį stovint ant judančios platformos) gerina judesių stabilumą, koordinavimą, valdymo efektyvumą (**Comerford ir Mottram, 2001; Anderson ir Behm, 2005**). Kad judesys būtų stabilus, būtina treniruoti judesių stabilizatorius (**Comerford ir Mottram, 2001**). Stabilizatoriai yra smulkūs – lokalūs ir stambūs-globalūs. Tai daroma lokaliai aktyvinant nedideliu intensyvumu (iki 25 proc.) smulkiuosius raumenis (smulkusis stabilizatorius), vėliau aktyvuojami didesniu intensyvumu (iki 50–70 proc.) stambiaji – globalūs stabilizatoriai. Nustatyta, kad judesių stambiaji – globalieji stabilizatoriai yra atsakingi už stuburo ir liemens stabilizavimą bei ištiesinimą. Raumenų stabilizatorių pagrindinė funkcija – riboti kūno judėjimo laisvę. Ugdant jėgą dinamiškoje aplinkoje, didėja ne tik raumenų jėga, bet pagerėja ir centrinės nervų sistemos gebėjimas valdyti raumenis. Dinamiškoje aplinkoje įveikiant pasipriešinimą, centrinei nervų sistemai reikia žymiai daugiau pastangų, kad būtų užtikrintas plastiškas (kaip išvystant jėgą nekintamoje aplinkoje) jėgos išvystymas (**38 pav.**). Tokios jėgos ugdymas mažina traumų tikimybę. 12 paveiksle pateikti du raumenų jėgos lavinimo dinamiškoje aplinkoje pavyzdžiai.

Jėgos ugdymo dinaminėje aplinkoje pavyzdžiai



B



C

**D**

38 pav. Raumenų jėgos ugdymo dinamiškoje aplinkoje pavyzdžiai (A, B, C, D)

613. Kuo geresnė aerobinė ištvermė, tuo greičiau po krūvio atsigauna raumenys. Dėl šios priežasties aerobinę ištvermę rekomenduojama lavinti ne tik sveikiems žmonėms, bet pacientams.

7.2. Griaucių raumenų ontogenezė

Griaucių raumenų augimas ir brendimas

614. Motorikos augimui bei tobulėjimui pirmiausia įtakos turi dvi pagrindinės faktorių grupės: genetiškai determinuoti (endogeniniai) bei išorinės aplinkos veiksniai (egzogeniniai) (**Malina ir kt., 2004; Haywood ir Getchell, 2005**).
615. Tam tikros funkcijos organizmo augimo ir brandos tempai laiko atžvilgiu yra nevienodi. Yra tokie amžiaus tarpsniai, kai ypač suintensyvėja augimas ar branda (tie amžiaus tarpsniai vadinami **sensitivityniais**). Pavyzdžiui, berniukų ūgis ypač padidėja apie 14 gyvenimo metus, mergaičių – apie 12, o kūno svorio prieaugio tempai patys didžiausi berniukų – apie 14,5, mergaičių – 12 gyvenimo metus. Taigi, mergaitės bręsta 2–2,5 metų anksčiau nei berniukai. Be to, įvairios motorikos struktūros bei funkcijos subręsta viena kitos atžvilgiu skirtingu laikotarpiu. Tai heterochroniškas įvairių organizmo funkcijų bei struktūrų augimas ir branda (**Malina ir kt., 2004; Haywood ir Getchell, 2005**). Ypač svarbus šių motorikos struktūrų: **kaulų, sąnarių, kremzlių bei raiščių augimas ir branda**. Nustatyta, kad, pvz., kaulai visiškai subręsta tik apie 16–20 gyvenimo metus. Kiekvienam žmogui būdingi savi brandos tempai.
616. Apie 25 proc. naujagimio kūno sudaro raumenys, o suaugusiųjų raumenys sudaro 40 proc. ir daugiau jų kūno masės. Labiausiai raumenų masė auga paauglystės laikotarpiu, nes tuo laikotarpiu apie 10 kartų padidėja testosterono, hormono, nuo kurio priklauso baltymų sintezės greitis, gamyba. Raumenų masės prieaugis daugiausia vyksta dėl raumeninių skaidulų hipertrofijos (miofibrilių kiekio padidėjimo), nes raumeninių skaidulų kiekis jei ir padidėja, tai labai mažai. Be to, raumenims augant bei tvirtėjant, jie pailgėja, auga sarkomerų skaičius. Didžiausia vyrų raumenų masė yra 18–25-aisiais gyvenimo metais, o moterų – 16–20-aisiais. Nustatyta, kad lytinės brandos laikotarpiu labai intensyviai auga ir bręsta greitojo susitraukimo raumeninės skaidulos (**Ratel ir kt., 2003; Malina ir kt., 2004**).

Įdomu! Gimusio kūdikio raumenyse yra daugiau RS nei suaugusiojo. Augant motorinei sistemai, dalis raumeninių skaidulų išnyksta, nes jas neinervuoja

motoneuronai.

Griaučių raumenų senėjimas

617. Motorinės sistemos senėjimui apibūdinti vartojama sarkopenijos sąvoka – tai raumenų masės ir kartu funkcijos sumažėjimas dėl senėjimo proceso (**Evans, 2001; Doherty, 2003; Evans, 2004; Hazell ir kt., 2007**). Darbingumo ir fizinio pajėgumo kaita ontogenezės procese, atsižvelgiant į žmogaus fizinį aktyvumą, gali vystytis skirtingai.
618. Yra šios pagrindinės žmogaus organizmo senėjimo teorijos (jų yra apie 100): 1) ląstelės mutacijos; 2) klaidų sukaupimo ląstelėje; 3) laisvųjų radikalų; 4) ląstelės „susiuvimo“; 5) medžiagų pertekliaus; 6) senėjimo pigmento susikaupimo; 7) imunologinės; 8) organizmo valdymo sutrikimo; 9) reaktyvumo sumažėjimo; 10) genų aktyvumo reguliavimo; 11) energetinė ir kt. teorijos (**Spirduso, 1995; Shephard, 1997; Malcolm ir kt., 2006**). Manoma, kad šios teorijos yra glaudžiai susijusios, nes organizmo senėjimo vyksmą ir rezultatą lemia ne vienas, bet daug veiksnių. Be to, kol kas neištirta, kuris iš tų veiksnių yra svarbiausias, nes kiekvienam žmogui šių veiksnių poveikis gali būti skirtingas. Mokslininkai išskiria pirminį ir antrinį organizmo senėjimą. Manoma, kad pirminis organizmo senėjimas mažiau nei antrinis priklauso nuo gyvenimo būdo, aplinkos ir ligų, nes jį labiau nulemia genetiniai veiksniai (**Spirduso, 1995**). Nors pirminis senėjimas ir yra „grynasis senėjimas“, tačiau jis taip pat priklauso nuo judėjimo aktyvumo, mitybos, gyvenimo būdo bei ligų. Pavyzdžiui, nustatyta, kad žmogaus gyvenimo trukmė (tai vienas svarbiausių rodiklių, apibūdinančių senėjimą) priklauso nuo darbinio, socialinio ir intelekto aktyvumo bei optimalaus judėjimo kiekio. Šių veiksnių poveikis kiekvieno žmogaus gyvenimo trukmei yra skirtingas, todėl būtina labiau nagrinėti individualų žmogaus senėjimo vyksmą.

Nustatyta, kad senyvo amžiaus žmonių raumenys yra mažiau atsparūs raumenų mechaninei pažeidai, atliekant eksentrinį fizinį krūvį. Be to, jų raumenys lėčiau atsigauna po mechaninės pažeidos (Fell ir Williams, 2008**).**

619. Doherty (2003), tyrinėjantis žmogaus motorinės sistemos kaitą dėl amžiaus, nurodo šiuos sarkopenijos savitumus:
- Vyrų raumenų masė mažėja sparčiau nei moterų.
 - Labiausiai sumažėja IIb tipo raumeninių skaidulų (RS) masė.

- Maksimali raumenų jėga po 50 metų kasmet sumažėja po 1–3 proc. (panašiai vyrų ir moterų).
- Greitumas ir galingumas labiau sumažėja nei maksimalioji jėga.
- Mažiausiai sumažėja jėga dirbant ekscentrinu režimu.
- Raumenų jėga labiau sumažėja dėl kokybinių ir kiekybinių raumenų pokyčių nei dėl CNS.
- Dėl ryškios sarkopenijos apie 3–4 kartus didėja traumų tikimybė.
- Raumenų masė ir jėga sumažėja dėl testosterono ir estrogenų kiekio sumažėjimo kraujyje.

Senyvo amžiaus žmonių organizmas labiau jautrus hipertermijai nei jaunų žmonių. Todėl senyvo amžiaus žmonėms treniruočių metu ypač rekomenduoja gerti pakankami skysčių. Senyvo amžiaus žmonių organizmas lėčiau atsigauna po fizinių krūvių. Be to, senyvo amžiaus žmonės blogiau toleruoja raumenų terpės parūgštėjimą.

620. **Hunter ir kt. (2004)** duomenimis, sarkopenija ypač suaktyvėja vyresniems nei 50 metų žmonėms. Nuo 50 iki 80 metų raumenų masė sumažėja apie 30–40 proc. Sumažėja pagrindinė medžiagų apykaita, ypač energijos sunaudojimas fizinio aktyvumo metu. Mokslininkas tyrimais patvirtina, kad galingumas sumažėja daugiau nei jėga, sumažėja jėgos generavimo kokybė (jėga/miofibrilių masė). Senėjant organizmui, sumažėja:

- A. Raumeninių skaidulų (RS) kiekis.
- B. Satelitinių ląstelių aktyvumas.
- C. Sumažėja IGF, tuo pat metu padidėja miostatino (kuris slopina baltymų sintezę).
- D. Sumažėja ATP gamyba anaerobiniu būdu.

621. **Kirkendall ir Garrett (1988)** nustatė, kad dėl senėjimo proceso sumažėja RS masė ir RS kiekis (apie 30–50 proc.), ypač IIb tipo, 25 proc. motoneuronų tampa neaktyvūs. Dėl senėjimo proceso sumažėja miozino ATP-azės aktyvumas, Ca^{2+} -siurblys, anaerobinė glikolizė. Tai, kad dėl senėjimo proceso sumažėja raumenų masė bei raumenų kokybė, patvirtina mokslininkai Macaluso ir De Vito (2004). Senstant denervuojasi greitieji motoneuronai, kurių raumenines

skaidulas reinervuoja (dažnai) lėtieji motoneuronai, padidėja raumenų koaktyvumas, sumažėja testosterono, augimo hormono ir estrogenų kiekis kraujyje.

Dėl senėjimo sumažėja sausgyslės standumas. Tai turi įtakos raumenų jėgos išvystymo greičiui (greitis sumažėja).

622. Tyrimai, atlikti su gyvūnais, parodė, kad, bėgant amžiui, labiau pakinta maksimalioji tetaninė ir specifinė raumenų jėga nei susitraukimo greitis. Kadangi senų gyvūnų raumenys išlavina panašią specifinę jėgą kaip jaunų, kai RS yra jaudinamos pakankamu kiekiu Ca^{2+} jonų, tai, manoma, kad natūraliomis sąlygomis Ca^{2+} jonai ne visiškai aktyvuoja senyvo amžiaus gyvūnų miofibriles. Keliamo hipotezė, kad griaučių raumenų kontraktiliškumo mažėjimą (susitraukimą) vyresnio amžiaus gyvūnams pagreitina tai, kad senesnis raumuo yra mažiau atsparus „struktūriniam“ nuovargiui, t. y. pailgėja raumenų atsigavimas po darbo, o dalis greitųjų RS denervuojasi.

Norint sumažinti senyvo amžiaus žmonių raumenų atrofiją, rekomenduojama:

a) daryti jėgą ugdančius pratimus; b) slopinti miostatino funkciją; c) vartoti aminorūgštis; d) riboti bendrą kalorijų kiekį.

623. Tyrimai, atlikti su žmonėmis, parodė, kad, sumažėjus nuo amžiaus priklausomai raumenų jėgai, ypač po 60 metų, padidėja kojų traumų rizika. Be to, apatinių galūnių jėga labiau sumažėja nei viršutinių, sumažėja raumenų masė, ypač greitai susitraukiančių raumeninių skaidulų (RS), motorinių vienetų (MV) skaičius, lėčiau mažėja izometrinio bei ekscentrinio susitraukimo tipo jėga nei dinaminio (**MacIntosh ir kt., 2006**). Santykinė raumenų ištvermė nuo amžiaus beveik nepriklauso. Tai gali būti susiję su tuo, kad, raumenims senstant, dalis greitai susitraukiančių RS virsta lėtai susitraukiančiomis.

Vyresnių nei 50 metų žmonių raumenų masė sumažėja po 1,9 kg per 10 metų vyrams, 1,1 kg – moterims. Ypač sumažėja kojų raumenų masė.

7.3. Raumenų atrofijos priežastys

624. Kodėl raumuo atrofuojasi?

- Per mažas fizinis krūvis (pvz., raumuo yra imobilizuojamas).
- Per ilgai trunkantis fizinis krūvis (pervargimas).
- Uždegiminiai procesai, kylantys įvairių ligų, pvz., sergant vėžiu.
- Raumeninių skaidulų denervavimas (tai ypač pasireiškia senėjimo metu).
- Bloga mityba (kai maiste ypač trūksta aminorūgščių, badavimas).
- Stiprūs stresai, kurie skatina baltymų irimą.
- Didelis kiekis raumenyse miostatino.
- Mažas kiekis raumenyse satelitinių ląstelių ir jos neaktyvios.
- Neaktyvūs įvairūs augimo faktoriai, kurie skatina baltymų sintezę.
- Ligos sukelta raumenų atrofija.

625. Kai raumuo yra imobilizuotas, tada apie 50 proc. sumažėja kontaktas tarp raumeninių skaidulų ir kologeninių sausgyslės ląstelių. Staigiai padidinus po neaktyvumo fizinius krūvius, galimas sausgyslės uždegiminis procesas.

626. Net per 2 val. po galūnės mobilizacijos randasi struktūrinių ir metabolinių pokyčių raumeninėse ląstelėse. Baltymų sintezės greitis žymiai sumažėjo po imobilizacijos praėjus apie 6 val.

627. Kai raumuo yra imobilizuotas trumpame ilgyje, tada jis sutrumpėja bet jame padidėja jungiamojo audinio. Toks raumuo vėliau sunkiai yra ištemptas, bet jis gali susitraukti. Kai raumuo yra imobilizuotas ilgame ilgyje, po imobilizavimo jį galima ištempti, bet jis sunkiai susitraukia.

628. Sergant kai kuriomis raumenų ligomis, gali žūti (apoptozė) raumeninės skaidulos.

7.4. Griaučių raumenų ligos

629. Visus žmones, kurie serga griaučių raumenų ligomis, galima suskirstyti į tris grupes: a) kurių raumenys yra silpni net ramybės būsenoje; b) kurie ramybės būsenoje nejaučia silpnumo, bet jų

raumenų darbingumas yra sumažėjęs atliekant net nedidelio intensyvumo fizinius krūvius; c) kurių raumenų darbingumas yra sumažėja atliekant tik tam tikro tipo pratimus.

Plačiau apie raumenų ligas galima sužinoti knygoje: Disorders of Voluntary Muscle. 7th edition. Edit. Karpati G., Hilton-Jones D., Griggs R.C. Cambridge: cambridge University Press, 2001.

Atrofinė ir destruktyvi miopatija

630. Esant atrofinei miopatijai, raumenų masė sumažėja dėl RS atrofijos, tačiau RS kiekis nekinta. Tamįtakos gali turėti daug veiksnių: badavimo, infekcijos, alkoholinių gėrimų vartojimas, labai mažas judėjimas, neadekvati mityba, hormonų sintezės sutrikimas ir kt. Destruktyvi miopatija – tai raumenų masės sumažėjimas, sveikatos RS kiekio sumažėjimas. Nustatytos šios pagrindinės destruktivos miopatijos kilmės priežastys: genų aktyvumo defektas (raumenų distrofija) ir įvairūs uždegiminiai procesai, vykstantys raumenyse (polimiozitas) (Latash, 2008). Pavyzdžiui, vienos iš raumenų distrofijos atveju (Diušeno raumenų distrofija) ypač būna sumažėjusi karkasinio baltymo distrofino sintezė – tai yra dėl distrofino geno mutacijos. Distrofinas sutvirtina raumeninės skaidulos membraną. Dėl šio baltymo stygiaus sumažėja raumeninės skaidulos kontraktilinė funkcija bei padidėja raumeninės skaidulos membranos jautrumas mechaninei ir nuo kalcio jonų priklausomai metabolinei pažeidai. Diušeno raumenų distrofija pasireiškia gana anksti, ji pasireiškia net 3–5 metų vaikams.

631. Polimiozito atveju raumenyse prasideda uždegimo procesai, kurie sukelia ne tik RS atrofiją, bet visišką jų išnykimą. Dėl genų funkcijos sutrikimo RS gali sumažėti daug kitų baltymų, pvz., titino, desmino, nebulino, alfa tropomiozino, miozino, aktino ir kt.

Metabolinė miopatija

632. Ji pasireiškia raumenų darbingumo sumažėjimu, sukelia energijos gaminimo būdų sutrikimo. Esant metabolinei miopatijai, raumenų masė nebūtinai sumažėja, pvz., sergant McArdles raumenų liga, ypač sumažėja ATF gaminimas iš raumenų glikogeno, nes yra pažeistas vienas svarbiausių fermentų – miofosforilazė. McArdles atveju, kaip bedirbtų raumuo, jame nesikaupia pieno rūgštis. Be to, sergant šia liga, nusilpsta Na^+ , K^+ siurblio aktyvumas (Green, 2004). Esant mitochondrinei miopatijai, yra pažeistas energijos gaminimas aerobiniu būdu, kuriame intensyviai dalyvauja mitochondrijos. Tada netgi nedidelio intensyvumo krūvio metu raumenyse

intensyviai kaupiasi pieno rūgštis. Pasitaiko ir metabolinės miopatijos atvejais, kai sumažėja energijos gamyba iš riebalų rūgščių.

Jonų kanalų pažeidimai

633. Yra nemažai įgimtų ligų, pvz., kurių metu pasireiškia RS jonų kanalų (pvz., Na^+ , K^+ arba Ca^{2+}) pažeidimas. Tada sutrinka raumeninės skaidulos kontraktilinė funkcija.

Neuropatija

634. Tai ligos, kurių metu pasireiškia raumenų darbingumo sumažėjimas, sąlygojamas motorinių nervų arba neuronų pažeidimų (Latash, 2008). Nervų pažeidimai gali lokalizuotis įvairiuose lygmenyse: a) nugaros smegenyse (motoneurone) (polimiolitas); b) periferiniuose nervuose (išsėtinė sklerozė); c) nervų ir raumenų jungtyje (Myasthenia gravis).

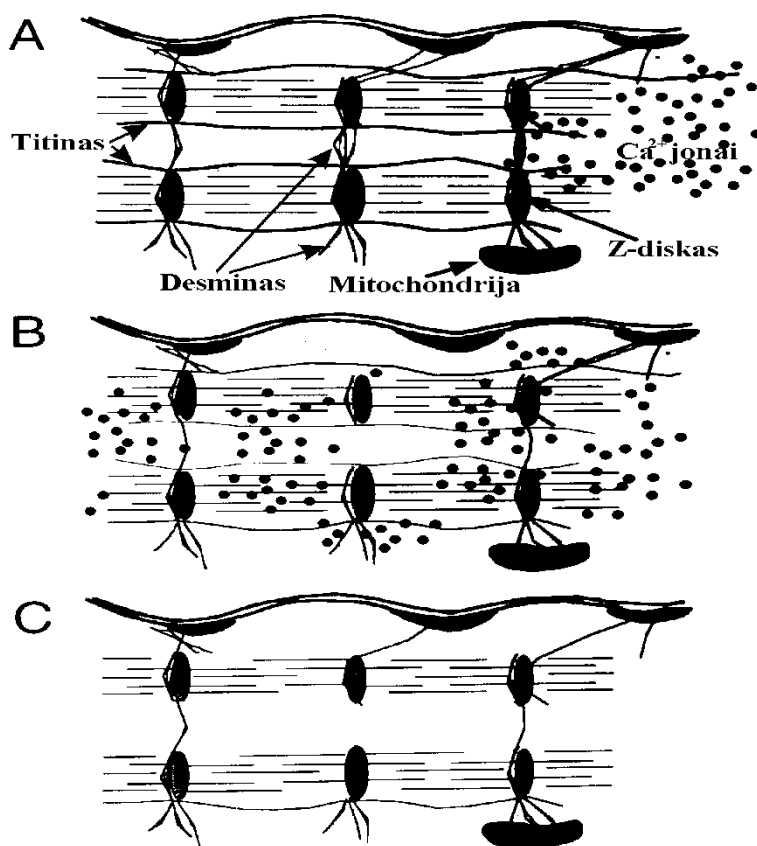
Myasthenia gravis pasireiškia 60 iš 1000000 žmonių. Jis dažniau pasireiškia moterims nei vyrams. Sergant šia liga, žmogus jaučia raumenų nuovargį. Be to, sumažėja raumenų masė.

Ilgai trunkantis (chroniškas) raumenų skausmas gali sukelti struktūrinius pokyčius galvos smegenų sensorinėje žievėje. Tada dažnai padidėja ligonio jautrumas skausmui. Be to, netgi nesant raumenų skausmo, pacientai dažnai jaučia skausmą (Flor, 2008).

7.5. Mechaninė ir metabolinė raumenų pažeida sukeliamas fizinio krūvio

635. Atliekant neįprastus intensyvius fizinius pratimus, raumenų nuovargis sukelia mechaninę raumenų pažeidimą (ang. *muscle damage*) (Skurvydas ir kt., 2000–2011; Byrne ir kt., 2004; Proske ir Allen, 2005, Tiidus, 2008) (39 pav.). Tada gali išdalies suirti sarkomerai, atskiros miofibrilės, sarkoplazminis tinklas arba citoskeleto baltymai (desminas, nebulinas, titinas, distrofinas ir kt.) (39

pav.), o tai mažina raumens susitraukimo jėgą ir greitį. Mechaninė raumenų pažaida randasi atliekant ekscentrinius fizinius pratimus, pvz., bėgant į nuokalnę arba atliekant šuolius labiau pritūpus. Po tokio fizinio krūvio praėjus 24–48 val. jaučiamas raumens skausmas. Šis fenomenas vadinamas **vėluojančiu raumens skausmo fenomenu** (angl. *delayed-onset muscle soreness*) (Byrne ir kt., 2004). Vėluojančio raumens skausmo pagrindinė priežastis – uždegiminiai procesai, kurie gali tęstis iki 3–4 dienų.



39 pav. Raumeninės skaidulos mechaninis pažeidimas, atliekant fizinius krūvius, ypač ekscentrinius (pagal Lieber, 2002)

Tam, kad atsirastų raumenų mechaninė pažaida, nereikia atlikti labai intensyvių fizinių pratimų, ji gali rasti 2–8 savaites (kasdien po 4–8 val.) atliekant monotonišką, neintensyvų (3–10 proc. nuo maksimalaus galimo intensyvumo) ir neįprastą (nepatogų) raumenų darbą.

636. Skausmas sumažina refleksų, kurie padeda išvystyti jėgą, aktyvumą, pvz., suleidus į kelio sąnario skysčio, padidėjo slopinamasis refleksų aktyvumas.



637. Kuo labiau ištiesta blauzda, tuo labiau suspaudžiamas kelio sąnaryje esantis skystis – tai gali suaktyvinti slopinančius refleksus.

Ilgai trunkantis (chroniškas) raumenų skausmas gali sukelti struktūrinius pokyčius galvos smegenų sensorinėje žievėje. Tada dažnai padidėja ligonio jautrumas skausmui. Be to, netgi nesant raumenų skausmo, pacientai dažnai jaučia skausmą (Flor, 2008).

638. Uždegiminių procesų metu bradikininas, histaminas, serotoninas, kalio jonai ir prostaglandinai aktyvina skausmo receptorių (pagrindiniai III ir IV aferentus, kurie yra raumens jungiamajame audinyje, kapiliarų sienelėse, sausgyslėse ir kt.), todėl padidėja raumens skausmas. Nereikia painioti vėluojančio raumens skausmo su raumens skausmu, kuris atsiranda fizinio krūvio metu. Fizinio krūvio metu kylantis skausmas yra trumpalaikis, o vėluojančio skausmo fenomenas yra gana ilgai trunkantis. Atliekant fizinius pratimus arba iš karto po jų, raumens skausmas gali būti sumažėjęs, pvz., dėl endorfinų kiekio padidėjimo. Endorfinai sumažina skausmo pojūtį (stimuliuoja CNS, kad apsaugotų ją nuo nemalonių pojūčių). Dėl raumenų skausmo pojūčio kilmės sudėtingumo jo pasireiškimas nėra patikimas raumenų mechaninės pažeidimo kriterijus.

Kaip nustatyti raumenų pažeidimą?

- Elektroniniu mikroskopu tiriant raumens audinio pluoštelį ir branduolių magnetiniu rezonansu stebint raumenį, galima matyti raumeninės skaidulos pažeidimo vietas ir pažeidimo dydį.
- Pagal fermentų (pvz., kreatinkinazės) ir baltymų (pvz., troponino, mioglobino, miozino, karščio streso) kiekio padidėjimą kraujyje.
- Pagal uždegiminių procesų simptomus (pvz., neutrofilų, makrofagų arba interleukinų kiekio padidėjimą).
- Pagal gliukozės metabolizmo sutrikimą.
- Pagal raumenų susitraukimo funkcijos pablogėjimą (pvz., raumenų jėgos sumažėjimą, ypač esant mažam raumens ilgiui, mažų dažnių nuovargį, raumenų darbo amplitudės sumažėjimą, raumenų patinimą, skausmą).
- Skirtingi raumenų pažaidos tiesioginiai arba netiesioginiai požymiai labai varijuoja ne tik tarp skirtingų žmonių, bet ir tam pačiam žmogui.

639. Dėl uždegiminių procesų ir baltymų (aktino, miozino filamentų ir citoskeleto) irimo, kuri prasideda po krūvio praėjus 4–48 val., pasireiškia raumenų susitraukimo jėgos „**antrinis sumažėjimas**“ (angl. *secondary decrease*) (Skurvydas ir kt., 2000–2011; Tiidus, 2008). Taigi, praėjus 24–48 val. po fizinio krūvio, sukeliančio raumenų mechaninę pažaidą, pabaigos, raumenų susitraukimo jėga yra sumažėjusi labiau nei iškart po krūvio. Antrinis jėgos sumažėjimas, manoma, priklauso nuo uždegiminių procesų bei laisvųjų deguonies radikalų kiekis (kuo jų daugiau, tuo didesnis antrinis jėgos sumažėjimas). Raumens regeneraciniai procesai, kurie gali tęstis net 40–60 dienų, prasideda iškart po uždegiminių procesų.

Raumens šaldymas po krūvio yra viena geriausių gydomųjų priemonių, šalinančių uždegiminius procesus ir vėluojančio raumens skausmo fenomeno pareiškimą (Skurvydas ir kt., 2006).

640. Greitai prasidėjęs uždegiminis procesas raumenyse, greičiau paleidžia raumenų regeneracijos mechanizmus. Tačiau per didelis uždegiminis procesas sulėtina raumenų

regeneraciją. Tai susiję su labai senu raumenų hipertrofijos skatinimo principu – „nėra raumenų skausmo, nėra priežasties raumenims hipertrofuotis“.

641. Regeneracijų procesų efektyvumas labai priklauso nuo satelitinių ląstelių aktyvumo, kuris priklauso įvairių augimo faktorių ir nuo uždegiminio proceso produktų: neutrofilų, makrofagų aktyvumo. Senyvo amžiaus žmonių raumenų regeneracijos procesas yra lėtesnis nei jaunų, nes senyvo mažiau žmonių raumenų satelitinių ląstelių yra mažiau, jos yra mažiau aktyvios.

642. Manoma, kad moterų raumenys yra labiau atsparūs vėluojančiojo raumenų skausmo pasireiškimui. Pagrindinė to priežastis – moterims būdingas hormonas estrogenas, kuris, panašiai kaip antioksidantai didina raumeninės skaidulos membranos stabilumą, t.y. atsparumą mechaninei ir metabolinei pažeidai (Tiidus, 2008). Be to, manoma, kad estrogenas stimuliuoja satelitinių ląstelių aktyvumą, nuo kurio priklauso raumens funkcijos ir struktūros atsikūrimas po mechaninės ir metabolinės pažeidos greitis.

643. Raumens metabolinė pažeida, **kurią sukelia fiziniai krūviai**. Visiškai neseniai pastebėta, kad metabolitų kaupimasis RS gali būti ta priežastis, kuri sukelia ilgai trunkantį raumenų nuovargį (Tee ir kt., 2007). Pavyzdžiui, Ca^{2+} kiekio padidėjimas RS gali aktyvinti raumens baltymų irimo procesą.

Raumens pažeidą gali sukelti dvi skirtingos priežastys: a) mechaninis raumens (raumeninės skaidulos) sužalojimas (Proske ir Allen, 2005); b) metabolitų kaupimasis raumeninėje skaiduloje (Tee ir kt., 2007; Allen ir kt., 2008; Tiidus, 2008).

Raumens pažeidos mechanizmų grandinė:

A. Raumeninės skaidulos membranos, sarkoplazminio tinklo, karkasinių baltymų (desmino, nebulino, titino, distrofino bei silpnųjų sarkomerų mechaninis suardymas.

B. Miofibrilių ir karkasinių baltymų metabolinis suardymas, kuris priklauso nuo kalcio jonų, laisvųjų deguonies radikalų (ypač senyvo amžiaus žmonių raumenyse), pH sumažėjimo raumeninės skaidulos viduje.

C. Raumeninės skaidulos baltymų ardymas, kuris yra susijęs su

uždegiminiais procesais, vykstančiais raumeninės skaidulos viduje.

Po ekscentrinių fizinių krūvių, kurie sukelia raumenų pažeidimą, praėjus 10–12 val. ypač sumažėja desmino (karkasinio baltymo) kiekis, tačiau po 72–168 val. jo kiekis žymiai padidėja, lyginant su pradine reikšme. Vėliau desmino kiekis normalizuojasi.

644. Net po vienkartinio darbo, sukeliančio mechaninę pažeidimą ir vėluojantį raumenų skausmą, raumuo apie 3–9 savaites (kartais net iki 9–10 mėnesių) tampa atsparesnis mechaninei pažeidimui. Tai ypač **pakartotinio krūvio efektas** (angl. *repeated bout effect*) (Byrne ir kt., 2004; Skurvydas, 2010). Pakartotinio krūvio efektui sukelti nebūtina atlikti labai didelį krūvį, tam pakanka net kelių raumens susitraukimų ekscentrinio režimu arba net pasyvių raumens ištempimų.

645. Pakartotinio krūvio efektas labiau pasireiškia jauniems nei senyvo mažaus žmonėms.

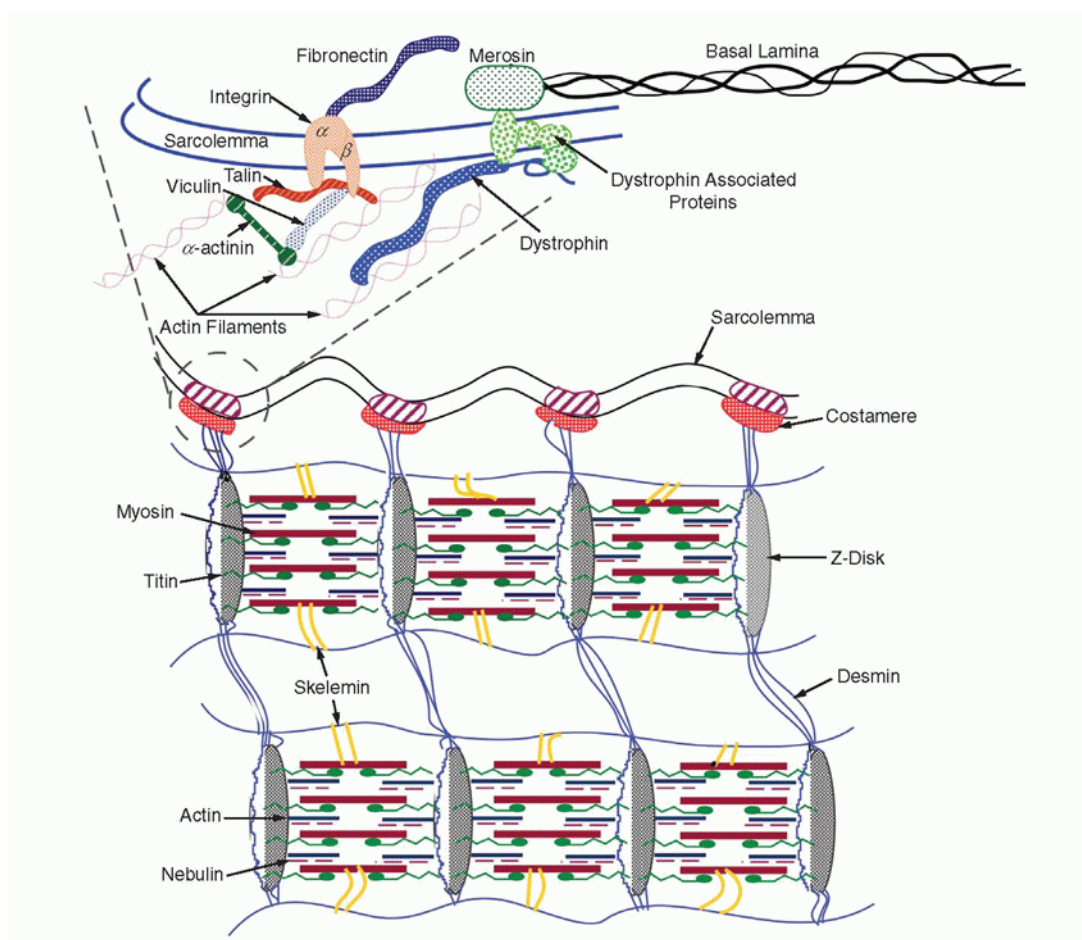
646. Pagrindinė sąlyga, apsauganti nuo raumenų mechaninės pažeidimos, yra raumenų pripratimas prie tam tikro ilgio raumens ištempimo. Pagrindinis pripratimo (adaptacijos) mechanizmas – tai sarkomerų kiekio išilgai RS bei karkasinių baltymų, pvz., desmino, nebulino ir titino padidėjimas. Kai lengvaatlečiai sprinteriai ir stajeriai atlieka pratimus su ilgu raumens ištempimu, tai jų raumenų mechaninė pažeidima nesiskiria nei tarpusavyje (nors stajeriai yra žymiai ištvėmingesni), nei nuo nesportuojančiųjų (Skurvydas ir kt., 2002).

647. Daugiausia tyrimų, nagrinėjančių raumenų mechaninės ir metabolinės pažeidimos mechanizmus, atlikta *in vitro* ir *in situ*. Ypač trūksta tyrimų, kurie šiuos mechanizmus ištirtų *in vivo* sąlygomis, t.y. valingai atliekant fizinius pratimus. Pavyzdžiui, valingai atliekant fizinius pratimus žymiai mažiau mechaniškai pažeidžiamos raumeninės skaidulos nei tais atvejais, kai jos izoliuotai priverčiamos susitraukti arba ištempti stimuliuojant elektra.

Nepaisant vyraujančios nuomonės, kad fiziniai pratimai sukelia raumenų mechaninę ir metabolinę pažeidimą, Carlsson ir kt., (2007) teigia, kad nėra mechaninės sarkomerų pažeidimos. Jie mano, kad įvyksta tik raumeninės skaidulos sarkomerų formos pokytis (angl. *remodeling*).

7.6. Raumenų fiziologijos mokslo naujovės

648. Jau nustatyta, kad sarkomerų ir jų rišančių baltymų struktūra yra gana sudėtinga (40 pav.). Kiekvienas iš šiame paveiksle parodytų baltymų tiesiogiai arba netiesiogiai dalyvauja raumens susitraukimo ir atsipalaidavimo reguliavimo procese. Pavyzdžiui, nuo titino kietumo ir ilgumo priklauso sarkomero ir raumeninės skaidulos elastingumas.



40 pav. Sarkomero ir jį supančių baltymų struktūra (Patel ir Lieber, 1997)

Trys pagrindiniai raumenų atsigavimo dėsningumai:

- Prieš normalizuojant raumenų jėgą, būtina pagerinti lankstumą.
- Prieš normalizuojant raumenų jėgą, būtina sustiprinti sausgysles.
- Prieš ugdant galūnių raumenų jėgą, svarbiausia stabilizuoti stuburą.

649. Dideliais dažniais elektra stimuliuojant raumenį galima sumažinti raumenų skausmą, kurį sukelia uždegiminiai procesai, kylantys esant mechaninei raumens pažeidai.

Svarbu!

Atkuriant imobilizuoto raumens funkciją, pirmiausia rekomenduojama atstatyti parengiamuosius raumenis, pvz., stuburo stabilizavimo.

650. Per didelis pažeistų motoneuronų aktyvinimas gali sukelti jų žūtį. Aktyvinimas gali būti ir valingas, ir sukeltaselektros stimulais.
651. Raumens ir motoneurono poveikis yra abipusis: motoneuronas aktyvina raumenų stiprėjimą, o raumuo – nervus. Taigi, motoneuronų stimuliavimas aktyvina raumenų reabilitaciją, o raumenų stimuliavimas gerina motoneuronų reabilitaciją.
652. Motorinė žievė pasirenka skirtingas judesių valdymo strategijas ekscentriniais ir koncentriniais raumens susitraukimui. Manoma, kad ekscentrinio susitraukimo metu labiau aktyvuojami greitieji motoriniai vienetai, o lėtųjų motorinių vienetų aktyvavimas yra prislopintas.
653. Metabolitų (laktato, vandenilio jonų, neorganinio fosfato ir kt.) kaupimasis raumenyse, daug kartų kartojant fizinius pratimus, slopina motoneuronų, aktyvumą (ypač slopina galūnių tiesiamųjų raumenų motoneuronus). Šis slopinamasis signalas iš raumenų į nugaros smegenis siunčiamas III ir IV aferentais. Įdomu tai, kad nuovargio metu goldžio receptoriai ir raumeninės verpstės dar labiau aktyvina motoneuronus.
654. Sumažinus raumens temperatūrą nuo 37 iki 27 laipsnių, metabolizmas sumažėja apie 50 proc. Kapiliaruose nėra lygiųjų raumenų, todėl nuo šalčio juose nepasireiškia vazokonstrikcija. Apie 100 cheminių medžiagų modifikuoja uždegiminį procesą, kuris taip pat priklauso nuo temperatūros. Šaldymas mažina edemos formavimąsi, bet visiškai jos nepašalina. Šaldymo dozė: pirmąsias 5–6 val. po 20 min. per valandą.
655. Galūnės kompresija apie 40–50 mm Hg mažina raumenų uždegiminius procesus, kylančius po raumenų mechaninės pažeidos.

656. Ultragarso įtaka raumenų amplitudei atkurti po didelio fizinio krūvio yra abejotina.

657. Viso kūno vibravimas prieš fizinį krūvį gali sumažinti mechaninės pažeidimo simptomus po krūvio (pvz., vėluojantį raumenų skausmą). Vibruojant raumenis, ypač aktyvuojami sensoriniai nervai (Ia).

Pats naujausias mokslininkų žodis!

**Genų terapija (inžinerija) taikoma centrinės nervų sistemos neuronų atkūrimui
(Bo ir kt., 2011).**

658. Nustatyta, kad lazerių terapija, taikoma po mechaninės raumenų pažeidimo, pagreitina raumenų funkcijos atsikūrimą (**De Marchi ir kt., 2011**).

659. Pasyvus arba aktyvus fizinis aktyvumas pagerina periferinio nervo (motoneurono) regeneraciją (jei jis buvo atsikabinęs nuo raumeninės skaidulos) ir pagreitina nervo sukibimą su raumenine skaidula (**Udina ir kt., 2011**).

660. Stimuliuojant raumenis elektros stimulais (10 Hz) apie 8–12 val. per parą (apie 8–10 mėn.), raumens susitraukimo galinumas sumažėja apie 90 proc., o raumens masė – apie 50 proc. Raumenų atrofija žymiai sumažėja, jei retkarčiais (kasdien iki 1 min.) raumenys yra stimuliuojami dideliais dažniais (apie 100 Hz). Tai yra pagrindinė priežastis, kodėl ilgų nuotolio bėgikų raumenys neatrofuoja, nes jie per treniruotes atlieka ir greitumą ugdančius krūvius.

Kaulai, raiščiai, raumenys ir sausgyslės atsigauna atitinkamai per 12, 40–50, 24, 50 savaites.

661. Paprastai kampo jutimo slenkstis yra apie 1,5–2,2 laipsnio. Sunkiau sekasi pasyviai pajusti kampą su dominuojančia galūne. Žmogus geba aktyviai pataikyti (atkartoti) kampą 2,7 laipsnio tikslumu. Senstant mažėja proprioceptorių jautrumas. Dėl uždegimo ir nuovargio pablogėja propriocepcija. Kuo didesnis raumenų nuovargis ir jų pažeidimas, tuo daugiau reikia aktyvuoti papildomų sąnarių stabilizatorių.

662. Atlikus raumens tempimo pratimą pagerėja raumenų išvystomos jėgos jautimas (ypač tai pagerėja moterims) (**Heuser ir Pincivero, 2010**). Tai rodo, kad tempimo pratimai pagerina propriocepiją, o tai labai svarbu judesių valdymui.
663. Nuovargio metu sumažėja raumeninių verpsčių gebėjimas tiksliai nustatyti raumens ilgio pokyčius, nes dėl nuovargio visų verpsčių funkcija supanašėja.
664. Raumenų vibravimas nuovargio metu sumažina centrinį nervinį nuovargį.
665. Kol kas neaišku, kodėl, atliekant tempimo pratimus padidėja raumens ištempimo amplitudė. Manoma, kad tai gali priklausyti nuo šių veiksnių: a) padidėja sarkomerų skaičius (tada pailgėja raumuo); b) pagerėja raumenų elastingumo savybės; c) sumažėja proprioceptorių jautrumas ištempimui (tada refleksai mažiau priešinasi raumens ištempimui).
666. Norint atkurti įvairius raumenų refleksus, raumenį būtina aktyvuota ne kuriuo nors vienu būdu, bet daugeliu, t.y. kad būtų aktyvuotakuo daugiau aferentų ir eferentų (motoneuronų). Jei refleksai sukeliami visą laiką tuo pačiu būdu (pvz., ta pačia elektros srove arba ta pačia amplitudė bei greičiu ištempiant raumenis), tai atsigaus tik nedidelė dalis refleksu dalyvaujančių nervų ir receptorių (**Edgerton ir Roy, 2009**).
667. Dominuojančios rankos motoneuronų impulsų dažnis yra labiau reguliarus nei nedominuojančios valingai atliekant fizinius pratimus.

Aktyvaus judesio jautimas yra vadinamas kinestezija. Be to, galima jausti ir pasyvų judesį, ir poziciją, ir svorį.

668. Uždara grandine atliekant judesius, labiau užmaskuojamas atskiros grandies pažeidimas. Štai kodėl dažnai naudojami testai raumenų funkciniai būklei įvertinti, atliekant atvirosios grandinės pratimus (pvz., testavimas izokinetiniu dinamometru).
669. Dominuojančios galūnės agonistų/antagonistų disbalansas yra didesnis, nes dominuojanti galūnė labiau ištreniuoja agonistus raumenis.

670. Raumenų funkcijos reabilitaciją dažnai tikslinga pradėti nuo izometrinių pratimų, kas 20 laipsnių keičiant sąnario kampą („20 laipsnių taisyklė“). „10 sekundžių taisyklė“ – 10 sek. raumens susitraukimas. Raumenį reikia laipsniškai įtempti (iki 50–80 proc. pastangų, priklausomai nuo raumens funkcinės būklės) ir tolygiai atpalaiduoti, nes staigus atpalaidavimas gali sukelti skausmą sąnaryje. Greitis didinimas kas 30 laipsnių per sekundę. Atliekant dinامينius pratimus, minkštieji audiniai atsigauna geriau nei atliekant izometrinius pratimus.
671. Baltymų sintezės pikas yra praėjus 12–17 val. po jėgos fizinių krūvių.
672. Po pasyvaus raumens ištempimo baltymų sintezė ypač suaktyvėja raumeninės skaidulos galuose.
673. Pagrindinis signalas raumenų susitraukimo jėgai didinti (pagal šiuolaikinę vyraujančią mokslininkų nuomonę) yra mechaninė raumens apkrova.
674. Raumenų jėgos ugdymas didina motorinės žievės aktyvumą ne tik aktyvuojamos krūvio metu motorinės žievės, bet ir priešingo pusrutulio motorinės žievės. Deja, kol kas šio fenomeno mechanizmas nežinomas.
675. Trijų fazių raumenų funkcinės būklės atsigavimo modelis: a) propriocepcijos normalizavimas; b) dinaminio stabilumo normalizavimas; c) judesių valdymo atkūrimas (reaktyvus valdymas). Pusiausvyros valdymo pratimai padeda atkurti galvos smegenų kamieno funkciją.
676. Nustatyta, kai ribota rega, tada gerai lavinama propriocepcija, ypač signalo perdavimas iš goldžio kūnelių ir raumeninių verpsčių.

Tai privalo žinoti kiekvienas kineziterapeutas!

Žinomi keturi klasikiniai raumenų reabilitacijos principai:

A. Raumenų, sąnarių ir judesių valdymo funkcinės būklės ir pažeidimo įvertinimas.

B. Judesių valdymo būdas, reikalingo atsikurti raumenų funkcinės būklei, parinkimas.

**C.Lokalių judesių valdymo mechanizmų ir raumenų funkcijos atkūrimas
(raumenų amplitudės ir propriocepcijos atstatymas).**

D.Sinerginių judesių atlikimo mechanizmų normalizavimas.

677. C1–C8 nervai inervuoja rankas; L1–L5 šlaunies ir kelio sąnario raumenis bei pėdas; S1–S3 inervuoja pėdas. Vastus lateralis, medialis, femoris, intermedius, sartorius yra inervuojami L2, L3 ir L4 nervų. Biceps femoris – L5, S1, S2 ir S3 nervų. Tai rodo, kad tas pats raumuo gali būti inervuojamas skirtingų nervų (**Lieber, 2010**).

678. Aksonas, augdamas arba atsigaudamas po pažaidos, „sutinka“ naują arba seną, anksčiau inervuotą, raumeninę skaidulą.

679. MyoD, myf5 ir mrf4 ir miogeninas sukelia kamieninių ląstelių determinaciją ir diferenciaciją į raumenines skaidulas. Augimas prasideda nuo proksimalinių link distalinių raumenų (**Lieber, 2010**). Panašiai vyksta ir raumenų rehabilitacija.

680. Ne visi raumenys vienodai gali adaptuotis prie imobilizacijos, elektrostimuliacijos ir fizinių krūvių. Tai priklauso nuo jų subrendimo specifikos, satelitinių ląstelių skaičiaus ir branduolių kiekio.

681. Kai vienas nervas inervuoja raumeninę skaidulą, tada ta raumeninė skaidula nėra jautri kito nervo inervavimui.

RS diametras yra šiek tiek mažesnis nei plauko, o tūkstančiai miofibrilių sudaro RS.

682. Raumeninės skaidulos funkcijos atsikūrimo greitis priklauso nuo to, ar sveika (nepažeista) yra raumeninės skaidulos membrana, kurioje yra labai daug baltymų, gebančių siųsti raumeninės skaidulos regeneracijos mechanizmų informaciją (40 pav.).

683. Kai raumeninė skaidula hipertrofuoja, tada mobilizuojami branduoliai. Viename milimetre raumeninės skaidulos yra šimtai branduolių. Kiekvienas branduolys „aptarnauja“ tam tikrą

raumeninės skaidulos tūrį. Manoma, kad RS tūris/brandulių skaičius yra pastovus dydis. Branduoliai yra mobilizuojami iš satelitinių ląstelių (**Lieber, 2010**).

684. RS savybės labiausiai priklauso nuo karkasinio baltymo titino charakteristikų.

685. Glikogenas labiau lokalizuojasi prie sarkoplazminio tinklo ir miofibrilių, todėl jo pirmiausia ten ir pritrūksta atliekant intensyvius fizinius pratimus.

Vastus lateralis raumens masė – 375 g, raumens ilgis – 27,3 cm, RS ilgis – 10 cm.
Vastus medialis – 239 g, 43,9 cm, 10 cm; Biceps femoris – 114 g, 34,7 cm, 10 cm, Soleus – 275 g, 41, cm, 5 cm. Tai rodo, kad nuo skaidulos ilgio nepriklauso viso raumens ilgis (Lieber, 2010).

686. Raumeninės skaidulos prisitvirtinimo kampas prie jungiamojo audinio gali varijuoti net 45 laipsniais. Nuo šio kampo labai priklauso, kokia jėgą raumeninė skaidula perduoda sausgyslei.

687. Pagal raumens masę negalima prognozuoti jos funkcijos (anksčiau manyta, kad tai galima tiksliai padaryti), jei nežinome raumens architektūros, t.y. raumeninių skaidulų ilgio ir jų prisitvirtinimo kampo prie sausgyslės. Beto, yra silpnas koreliacijos ryšys tarp fiziologinio raumens skerspjūvio ploto ir raumens masės.

688. Trumpos raumeninės skaidulos išsidėsčiusios nuosekliai. Kadangi jos trumpos, tai gali būti aktyvuojamos greitai, tada bendras raumens susitraukimo greitis yra didelis. Tą rodo keturgalvio šlaunies arba dvigalvio šlaunies raumens pavyzdys.

689. Antigravitaciniai raumenys, pvz., keturgalvis šlaunies raumuo yra sukurti jėgai, o raumenys – lenkėjai – greičiui.

Keletas naujienų!

- **Viršutinių galūnių raumeninės skaidulos geriau hipertrofuoja nei apatinių galūnių.**

- Dėl hiperplazijos (raumeninių skaidulų ir miofibrilių skilimo) raumuo nežymiai hipertrofuoja.
- Pagrindinis hipertrofijos mechanizmas – satelitinių ląstelių aktyvinimas.
- Vyriškasis lytinis hormonas testosteronas stimuliuoja ne tik raumenų, bet ir nervų hipertrofiją.
- Raumuo hipertrofuoja ir dėl jo ištisinimo, nes, padidėjus raumens tūriui, mechaniškai aktyvuojami baltymų sintezės mechanizmai.
- Raumens uždegimo produktai (citokinai) stimuliuoja raumeninių skaidulų hipertrofiją (tačiau citokinų kiekis turi būti optimalus, t. y. nei per didelis, nei per mažas) (Lieber, 2002).
- Pasyvus raumens ištempimas stimuliuoja tik greitųjų raumeninių skaidulų hipertrofiją, (nors aktyvus raumens ištempimas stimuliuoja ir greitųjų, ir lėtųjų raumeninių skaidulų baltymų sintezę).
- Koncentrinis raumens susitraukimas turi būti greitesnis nei ekscentrinis, norint sukleti stimulą raumenų jėgai atstatyti.

690. Piršto jėga gali varijuoti apie 1000 kartų. Tai rodo, kad piršto miklumas labai priklauso nuo centrinės nervų sistemos aktyvavimo.
691. Nustatyta, kad tada, kai raumeninės skaidulos sarkomerai per daug sutrumpėja, gali įvykti jų pažeidimas. Mes esame pripratę mąstyti priešingai, t.y. raumens pažaida įvyksta, tada, kai ištempiamisarkomerai.
692. Raumens priešinimasis ištempimui priklauso nuo baltymo titino. Titiną sudaro 27000 aminorūgščių. Tai baltymas, kuris apie 10 kartų sunkesnis už kiekvieną kitą žmogaus baltymą. Titinas jaučia raumeninės skaidulos jėgą. Yra dvi dalys titino molekulės: viena dalis susijusi su miozinu, kita dalis – nuo miozino iki Z-disko. Ta dalis, kuri yra susijusi su miozinu, yra kietesnė spyruoklė.

693. 5 proc. raumens pasipriešinimo greitis sumažėja iki 80 proc. (nulinio pasipriešinimo raumens susitraukimo greitis yra 100 proc.). 6 proc. greičio atliekant judesį, raumens jėga sumažėja iki 75 proc. (Lieber, 2010).

694. Kol kas neaišku, koks turi būti optimalus fizinis krūvis raumenims reabilituoti. Nežinojimą sunkina raumens funkcinė būklė bei raumens specifika.

Naujiena!

- **Žmogaus raumenyse beveik nėra 2B miozino sunkiųjų grandžių genų.**
- **Raumenų MHC genai: 1 tipo, 2A tipo, 2X tipo ir 2B tipo.**
- **Greitosios raumeninės skaidulos santykinė jėga 22N/cm², lėtosios – 10–15 N/cm².**
- **Lėtųjų raumeninių skaidulų Z disko storis yra apie 2,5 karto didesnis už greitųjų.**
- **Greitųjų raumeninių skaidulų sarkoplazminis tinklas yra apie tris kartus didesnis už lėtųjų.**
- **Greitieji motoriniai vienetai inervuoja daugiau raumeninių skaidulų.**
- **Lėtųjų raumeninių skaidulų kietumas yra apie du kartus didesnis nei greitųjų.**

695. Sausgysles sudaro iš I ir II tipo kolagenas (iš viso yra 20 tipo kolagenų). Sausgyslės standumas yra kaip pušies, pasyvaus raumens – kaip gumos. Sausgyslė išsitempia apie 3 proc.

696. Kuo ilgesnė sausgyslė, tuo labiau gali susitraukti (sutrumpėti) sarkomerai.

697. Kai padidėja raumeninės skaidulos ilgis, tada kiekvienas sarkomeras mažesniu greičiu išvysto tam tikrą viso raumens greitį. Dėl to, padidėja ir sarkomero jėga arba jėga esant dideliu greičiui. Taigi, kuo daugiau raumeninėje skaiduloje yra sarkomerų (o jų kiekį galima padidinti

atliekant ekscentrinius pratimus), tuo raumuo išvysto didesnę greitį arba prie to paties greičio didesnę jėgą.

698. Net per pirmąsias dvi raumens stimuliavimo valandas įvyksta ryškių pokyčių raumenyse; per 2–12 dienų išauga mitochondrijų, kapiliarų skaičius, Z-diskas sustorėja, suaktyvėja kalcio siurblys; po 28 dienų pakinta miozino isoformos, sumažėja raumens masė. Taigi, ilgalaikis raumens stimuliavimas atrofuoja ir susilpnina raumenį.
699. Tos pačios raumeninės skaidulos skirtingi regionai pasižymi skirtinga miozino izoforma – tai nauja, nes iki šiol mokslininkai žinojo priešingus duomenis.
700. Calcineurinas aktyvuoja lėtuosius miozino sintezės genus – tai priklauso nuo didelio Ca jonų kiekio.
701. Lengviau pakeisti raumens ištvermę nei greitį. Tai labai svarbu žinoti kineziterapeutams, nes, atgaunant raumens jėgą, labai greitai galima normalizuoti ir raumens ištvermę.
702. Kai raumuo yra imobilizuotas ištemptos būsenos, tada jo masė kintalabai nežymiai. Tada ypač mažai sumažėja sarkomerų skaičius.
703. Kai sarkomerai yra „prisiuvami“ prie raumeninės skaidulos galo dėl raumens ištempimo, visada jie būna lėtieji. Be to, raumeninės skaidulos galuose daugiau yra mitochondrijų.
704. Optimalus pasyvaus tempimo krūvis imobilizuoto raumens – 15–30 min. per dieną. Tada per dieną priauga apie 350 sarkomerų.
705. Netgi sprinto treniruotės sulėtina raumenį, nekalbant apie ilgai trunkančius fizinius krūvius.
706. Motoriniai, ypač sensoriniai nervai yra labiau jautrūs elektrai nei raumeninės skaidulos.
707. Raumens stimuliavimas elektra yra efektyvi raumens jėgos atgavimo priemonė, tačiau dar tiksliai nežinoma, kas ir kaip aktyvuoja, kaip tai daroma. Labai sunku nustatyti, kokį raumens tūrį aktyvuoja elektros stimulai.

708. Raumens funkcijai (jėgai ir greičiui) didesnę įtaką turi viso raumens architektūros pokyčiai (pvz., raumeninių skaidulų tvirtinimosi prie sausgyslės kampas, sausgyslės ir raumens ilgis) nei raumeninių skaidulų greitumas arba lėtumas.
709. Labai įdomu, tai, kad aktyvuojant vieną koją, gali pakisti ir kitos kojos raumeninių skaidulų vidinės savybės. Taip yra dėl hormonų ir nervinės aktyvacijos poveikio. Tai yra nauja moksle ir praktikoje.
710. Laisvieji radikalai stimuliuoja membranų pažeidimą. Norint tam pasipriešinti, būtina vartoti antioksidantus ir reguliariai daryti fizinius pratimus.
711. Norint, kad raumuo patirtų mažesnę mechaninę pažeidimą, būtina: a) padidinti sarkomerų skaičių raumenyse; b) apšildyti raumenis; c) dažnai daryti tempimo pratimus; d) vartoti antioksidantus.
712. Norint pagreitinti raumens atsigavimą po mechaninės pažeidimo, raumenį būtina imobilizuoti, pakelti galūnę ir šaldyti. Be to, dažnai taikoma ir raumenų kompresija.

Raumens greito aktyvavimo (mobilizavimo) technologijos	
	• Temperatūros pakilimas. • Poizometrinis atsipalaidavimas (po izometrinio susitraukimo pagerėja raumens atsipalaidavimas). • Ekscentrinis raumens susitraukimas (ypač atpalaiduoja raumenis antagonistus). • Poizometrinis atsipalaidavimas plius ištempimas (tada pagerėja galimybė labiau ištempti sarkomeras). • Posttetaninė potenciacija (po raumens 80–100 proc. jėgos išvystymo ir palaikymo apie 5 sek. padidėja raumens jautrumas nervų aktyvacijai; tada atrodo, kad ranka pati kyla į viršų).

- **Posttetaninės potenciacijos efektas gali būti pasiekiamas ir kitu būdu, t. y. kai raumuo aktyvuojamas 20–30 proc. jėga iš eilės greitu tempu apie 20–30 kartų).**
- **Norint labiau aktyvuoti, pvz., rankūlenkiamuosius raumenis rekomenduojama žiūrėti į apačią, o žiūrėjimas į viršų aktyvina galūnių tiesiamuosius raumenis.**

713. Raumens pažaida aktyvuoja satelitines ląsteles, todėl manoma, jei raumenų neskauda, tai treniruotė buvo neefektyvi. Deja, tai netiesa.

Šaldymo terapijos (krioterapijos) naujovės!

- **30 min. 10 laipsnių vandens temperatūros poveikis – raumens temperatūra išlieka sumažėjusi apie 4 val.**
- **Šaldymas: a) mažina raumens uždegimą; b) didina skausmo slenkstį; c) mažina raumenų spazmus; d) mažina kraujotaką; d) mažina veikimo potencialo sklaidimo greitį (gali užblokuoti sinapsės funkciją).**
- **5 min. ledo masažas didina raumenų maksimalią jėgą, nors sumažina raumens atsipalaidavimo greitį.**
- **Šaldymo dozė: 20–30 min. keletą kartų per dieną. Šaldymas gali dukart sumažinti impulsų sklaidimo greitį motoriniais eferentais ir aferentais, tačiau propriocepcija nesumažėja.**

714. Raumens spazmų mažinimo būdai: a) raumens tempimas; c) imobilizacija didesniame ilgyje; c) botulino toksinas (botulinum toxin), kuris laikinai dernervuoja raumenines skaidulas; d) antagonisto aktyvinimas elektros stimulais arba valingai.

Keturių tipų mechanoreceptoriai: I (Ruffini); II (Pacini – jie yra labiau distalinėse galūnėse); III yra panašūs į Goldžio kūnelius; IV skausmo

receptoriai. Visi jie gali būti pažeisti atliekant intensyvius neįprastus ekscentrinius fizinius krūvius. Ypač gerai raumenų nuovargį jaučia III ir IV receptoriai.

715. Neįtikėtina, tačiau, esant raumens kontraktui sarkomerai yra ilgesni, t. y. vieni sutrumpėja, kiti priešingai – dar labiau pailgėja.
716. Dėl raumenų potenciacijos (tai įvyksta, kai raumuo yra aktyvinimas: išvysto kelis kartus didelę arba labai didelę jėgą) padidėja raumens susitraukimo jėga, esant submaksimaliam (mažesnis ne maksimalus aktyvavimas) ir mažesniame aktyvavime, padidėja jėgos išvystymo greitis (ypač susitraukimo pradžioje), tačiau nepakinta arba net sumažėja raumens atsipalaidavimo greitis (**Skurvydas, 2008**).
717. Postaktyvacinė ir posttetaninė potenciacija suprantama skirtingai. Postaktyvacinė potenciacija – tai raumens susitraukimo ir (ar) atsipalaidavimo funkcijos pagerėjimas dėl raumens valingo aktyvavimo; posttetaninė potenciacija pasireiškia po raumens elektrostimuliavimo.
718. Potencijuojančių mechanizmų buvimą rodo tai, kad jau darbo pradžioje raumenį padirginus vienu elektros impulsu (sukeliamas pavienis raumens susitraukimas), padidėja raumens jėga, susitraukimo ir atsipalaidavimo greitis. Vienas iš potenciacijos mechanizmų – raumens miozino filamentų lengvųjų grandžių fosforilinimas, kuris didina skersinių miozino tiltelių sukibimo su aktinu greitį, nes „silpnoji“ tiltelių būseną greičiau transformuojama į „stipriąją“.
719. Nustatyta, kad dėl postaktyvacinės potenciacijos padidėja ne tik raumens elektrostimuliavimo sukelta jėga (mažų stimuliavimo dažnių), bet ir valingos jėgos išvystymo greitis (**Skurvydas, 2008**).
720. Pastebėta, kad skirtingi raumens susitraukimo ir atsipalaidavimo rodikliai nevienodai jautrūs posttetaninės potenciacijos poveikiui. Kuo mažesnė raumens susitraukimo jėga, tuo ryškesnė raumens potenciacija. Tačiau dėl potenciacijos gali pagerėti maksimalus raumens susitraukimo jėgos didėjimo greitis. Potenciacijai ypač jautrūs nusilpę raumenys.

Kuo mažesnė raumens susitraukimo jėga, tuo stipresnė raumens potenciacija. Esant trumpesniai raumens ilgiui potenciacija pasireiškia labiau esant ilgesniai raumeniui. Tai rodo, kad insultą patyrusio paciento raumenys yra labai jautrus potenciacijai, nes jų raumenys yra nusilpę, ypač esant mažam ilgiui. Panaudojus potenciacijos fenomeną, galima padėti pacientui lengviau (su mažesnėmis valios pastangomis) atlikti judesius.

Tihotrofijos fenomenas



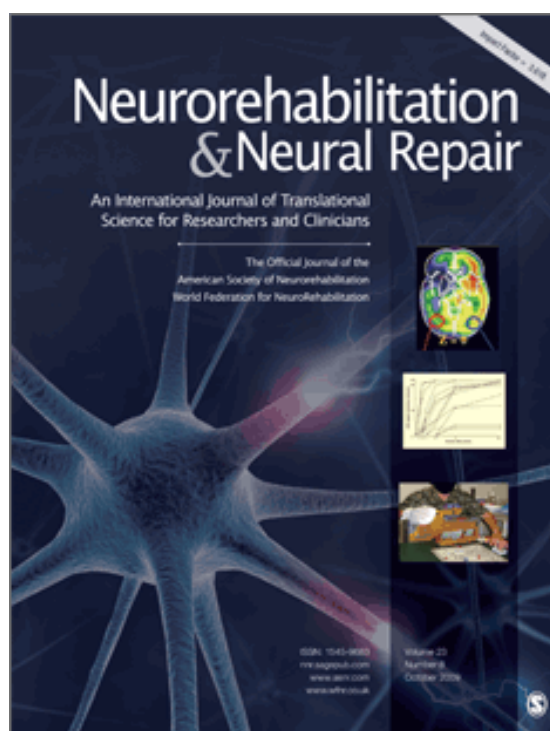
721. Dar vienas raumenų greitų pokyčių, susijusių su raumens funkcijos pagerėjimu, fenomenas vadinamas tihotrofijos fenomenu. Jis pasireiškia tada, kai raumuo ištempiamas po tam tikro poilsio intervalo. Poilsio (arba neaktyvumo) metu, manoma, dalis miozino skersinių tiltelių sukimba silpna jungtimi su aktinu. Kai raumuo yra ištempiamas, silpnai sukibusių tiltelių sumažėja. Todėl raumuo po tokios trumpos „pramankštos“ (pvz., po pasiražymo) gali ne tik greičiau susitraukti, bet ir atsipalaiduoti.

Norint suaktyvinti paciento raumenis, būtina pašalinti tihotrofijos fenomeną. Tą geriausiai galima pasiekti lėtai atliekant tempimo pratimus.

8. NEUROREABILITACIJOS SRITIES TYRINĖJIMAI: PROBLEMOS IR PERSPEKTYVOS

Neuroreabilitacijos ateitis priklauso nuo fundamentaliųjų ir taikomųjų mokslo sąveikos. Nervų ir raumenų reabilitacijos praktikai ypač turėtų stebėti fundamentaliųjų mokslų atradimus ir bandyti pritaikyti juos praktikoje. Tačiau, norint sėkmingai pritaikyti praktikoje, būtina atlikti daug taikomųjų tyrimų (*Cumberland Consensus Working Group, Cheeran B, Cohen L, Dobkin B, et al. The future of restorative neurosciences in stroke: driving the translational research pipeline from basic science to rehabilitation of people after stroke (Neurorehabil Neural Repair 2009; 23:97–107).*

722. Šiame skyriuje pateikiau keletą labai prestižinių reabilitacijos mokslo žurnalų, kuriuose galima rasti daug naudingos informacijos apie neuroreabilitaciją naujoves. Tai turėtų būti įdomu kineziterapeutams.



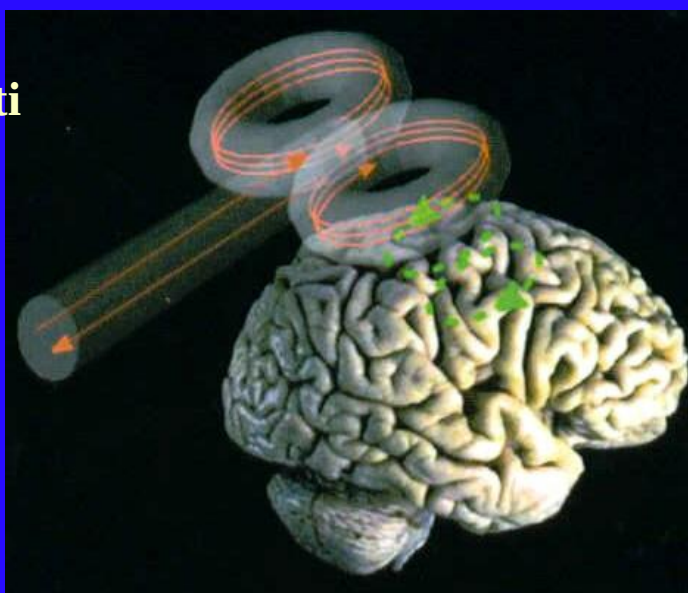


723. Didžiausias iššūkis mokslininkams, kurie ieško efektyvių neuroreabilitacijos technologijų, bus genetiniai tyrimai, nes iš dabartinių tyrimų aišku, kad ne visiems žmonėms vienodai vyksta reabilitacija – vieni labai greitai atsigauja, kiti lėtai.
724. Reabilitacijos mokslas jaunas. Kol kas labiau yra fenomenologinis, nei eksperimentinis. Dar yra labai didelis atotrūkis tarp fundamentaliųjų tyrimų, atliekamų su gyvūnais, ir jų rezultatų pritaikymu sergančiųjų neurologinėmis ligomis reabilitacijai. Pagrindinė problema yra ne fundamentaliųjų tyrimų trūkumas, bet gebėjimas juos perkelti į realias reabilitacijos sąlygas. To reikia mokyti visiems. Mums reikia mokytis kokybiškus atlikti taikomuosius tyrimus remiantis fundamentaliųjų mokslų pasiekimais. Deja, tai nėra lengva. To mokosi visas pasaulis, ir gana ilgai.
725. Klinikinis neuroreabilitacijos siekis – tai kasdienių problemų sprendimas, kuris gali būti labiau mokslinis (taip vadinamas procedūrinis), interaktyvus (fenomenologinis, t.y. įvertinat ne priežastis bet simptomus) ir sąlyginis (fenomenologinis-holistinis) mąstymas.
726. Kaip bebūtų gaila, tačiau šiuolaikinė reabilitacija labiau grindžiama intuicija ir praktika, nei moksliniais įrodymais. Tai yra visų „sudėtingų“ mokslų ir sudėtingų „praktikų“ būseną. Deja, tai tik laikina būseną, nes mokslinių tyrimų skaičius ir kokybė didėja milžinišku greičiu visame pasaulyje.
727. Yra nemažai įrodymų, kaip motorinės sistemos funkcija priklauso nuo galvos smegenų pažeidimo vietos, tačiau pagal motorinės funkcijos pažeidimo pobūdį negalima tiksliai nustatyti nei pažeidimo vietos, nei dydžio. Taip yra todėl, kad galvos smegenų dalys yra labai glaudžiau susijusios – tas pats motorinės funkcijos sutrikimas gali kilti dėl galvos smegenų skirtingų vietų pažeidimo. Pagal galvos smegenų pažeidimo vietą ir dydį negalima spręsti apie judesių valdymo pažeidimą. Be to, nuo pažeidimo vietos ir dydžio priklauso galvos smegenų nervų ląstelių regeneracijos galimybė. Todėl, norint tiksliau nustatyti pažeidimo vietą ir dydį, būtina kartu

taikyti šiuolaikinius metodus (kompiuterinę tomografiją (CT), pozitrono emisijos tomografijos metodą (PET), branduolių magnetinio rezonanso funkcinį tyrimą (fNMR), transkranialinį motorinės žievės stimuliavimą (TMS)), nugaros smegenų motoneuronų jautrumo testavimo metodus (H ir V- refleksus, bangas) ir motorinės funkcijos testavimą.

Motorinės žievės transkranialis stimuliavimas (angl. *Transcranial Magnetic Stimulation*)

Tai metodas, leidžiantis nustatyti centrinio nervinio nuovargio laipsnį, atliekant fizinius pratimus.



Maketuotojai: Motorinės žievės transkranialis stimuliavimas (angl. *Transcranial Magnetic Stimulation*)

Tai metodas, kuriuo galima nustatyti centrinio nervinio nuovargio laipsnį atliekant fizinius pratimus.

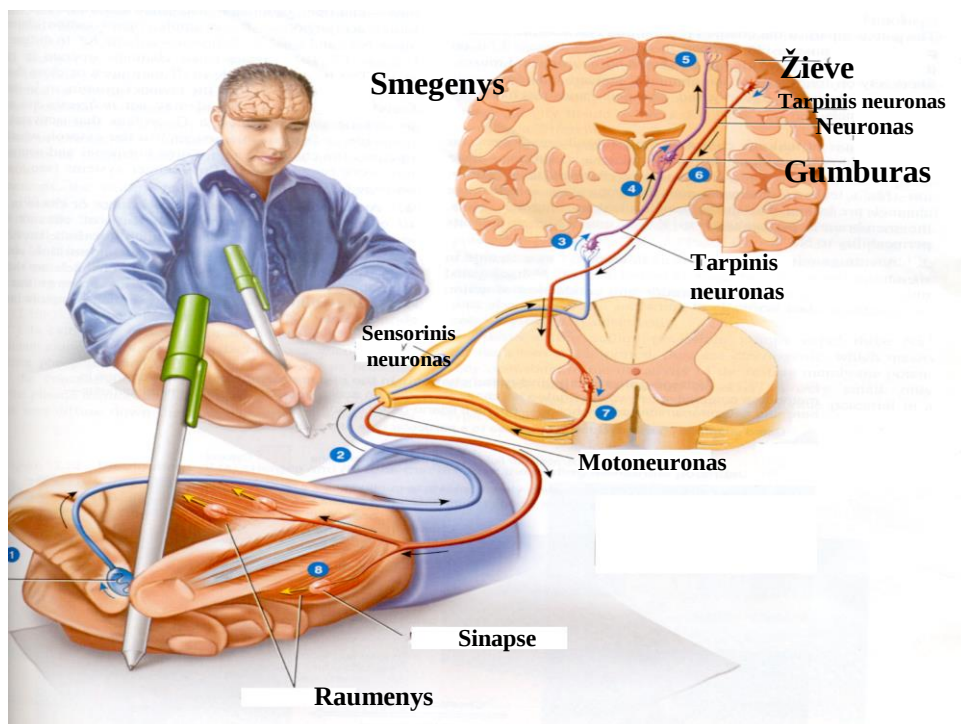
728. Kineziterapeutai dažniausiai vertina motorinės funkcijos pažeidimo pasekmes, o ne priežastį. Tą jie daro, atlikdami įvairius judesių atlikimo testus. Viena geriausių skalių rankų ir kojų funkcinei būklei įvertinti po insulto yra Fugl-Meyer Motor Assesment (FMA) skalė. Pagal ją galima įvertinti motorinę ir sensorinę funkciją, pusiausvyrą, judesių amplitudę ir sąnarių skausmą. Tai yra 100 skalės testas. Šis testas yra atsparus kompensatoriniams judesiams (**Finch ir kt., 2002**).



729. Kineziterapeutai atlieka labai daug įvairių smulkiosios motorikos reabilitacijos pratimų, tačiau retai sukelia patikimus testus jai įvertinti. Tai nesudėtinga padaryti. Svarbu mokėti patikrinti testo informatyvumą ir patikimumą. Pavyzdžiui, jei testas tikrai rodo smulkiosios motorikos funkciją, tai jis yra informatyvus, jei testo rezultatai atsikartoja su mažu nuokrypiu (pvz., 5 proc. ribose), tada galima sakyti, kad testas yra patikimas.
730. Elektroencefalografija (EEG) – tai metodas, kuris naudojamas tirti didelės grupės (kiekio) neuronų elektrinį aktyvumą. Šiuo metodu negalima tirti atskirų nervų ląstelių elektrinių savybių, o tik didelio kiekio ląstelių suminį elektrinį aktyvumą. Pagal elektroencefalogramą negalima vertinti, kaip veikia atskiros nervų ląstelės. Elektroencefalogramoje galima išskirti keturių tipų elektrines bangas: a) beta bangos (nuo 13 iki 25 Hz dažnumo); b) alfa bangos (nuo 8 iki 13 Hz); c) teta bangos (nuo 4 iki 8 Hz); delta bangos (nuo 0,5 iki 4 Hz). Mažų dažnių bangos (delta ir teta) turi didelę amplitudę ir dažniausiai būna miego metu. Pagal tai galima nustatyti miego fazę, nuo kurios taip pat priklauso neuroreabilitacijos sėkmė. Alfa bangos randasi budrumo metu (nors skirtingiems asmenims tai gali būti nevienodai), o beta bangos yra ryškiausios intensyvaus protinio darbo metu. Nustatyta, kad maždaug 1,5 sek. iki judesio pradžios galvos smegenyse

(abiejuose pusrutuliuose) pasireiškia taip vadinamasis **pasirengimo potencialas** (angl. *readiness potential*). Šis potencialas yra neigiamas. Po pasirengimo potencialo galima užregistruoti viename pusrutulyje (tame, kuris aktyvuoja raumenis) motorinį potencialą (ang. *motor potential*), kurio amplitudė yra žymiai mažesnė nei pasirengimo potencialo.

731. Judesių valdymo efektyvumas priklauso nuo motorinės sistemos dalių efektyvios veiklos (41 pav.). Tos dalys gali būti tiriamos atskirai ir kartu, kaip vientisa motorinė sistema (jos funkcija).



41 pav. Centrinės nervų sistemos tyrimo lygmenys (modifikuota pagal Tortora ir Derrickson, 2006)

732. Sensorinis stimulus, kylantis iš periferijos receptorių, gali sukelti nervų elektrinį aktyvumą, pvz., elektra stimuliuojant aferentus, gali būti aktyvuojami ne tik motoriniai vienetai (per H-refleksą), bet ir galvos smegenys. Pagal laikotarpį nuo sensorinio stimulo pradžios ir elektrinio potencialo kilmės galvos smegenyse galima spręsti apie nervinio impulso sklaidimo greitį. Jei pakeičiame sensorinį stimulą, tai galime nustatyti, kaip tai priklauso nuo stimulo specifikos. Naudojant šį metodą, galima nustatyti periferinių nervų laidumą. Sukelti potencialai gali būti užregistruoti tiesiai nuo nervo, nuo nugaros ar galvos smegenų. Reikia pastebėti, kad sensorinis nervas yra jautresnis elektros stimuliacijai nei motorinis.

733. Kompiuterine tomografija (CT) dažniausiai tiriama galvos smegenų kraujotaka. Dažnai tai taikoma kartu su angiografija. Pagrindinis įprastinės rentgenografijos metodo trūkumas yra tai, kad jis negali išryškinti panašaus tankio minkštųjų audinių kontrastingumo skirtumo plonuose pjūviuose ir pateikia tiriamo objekto suminį rentgeno spindulių skvarbos pilką – homogeninį vaizdą. CT pašalina tą trūkumą – šiuo metodu, galima pakankamai tiksliai nustatyti galvos smegenų struktūras, dalyvaujančias judesių valdymo ir mokymo procese.
734. Pozitrono emisijos tomografijos metodas (PET). Tai labai panašus metodas į kompiuterinę tomografiją. Šiuo metodugalima lokalizuotai nustatyti smegenų žievės aktyvumą. Nervų ląstelių aktyvumui būtinos energines medžiagos. Nustatyta, kad smegenų kraujotaka padidėja toje vietoje, kuri tampa aktyvi ir joje kaupiasi metabolitai. Sušvirkštus radioizotopo Xe 133, galima nustatyti smegenų vietinės kraujotakos pokyčius. PET pagalba nustatoma smegenų kraujotaka ir smegenų metabolizmas.

Reabilitacijos mokslas dabar labiau renkasi integracinį požiūrį – nuo simptomų supratimo link darbingumo socialiniame kontekste analizės. Tačiau lieka dar didelė spraga tarp taikomųjų ir fundamentaliųjų mokslų.

735. Branduolių magnetinio rezonanso tyrimas (nMRI). Tai pats naujausias ir tiksliausias centrinės nervų sistemos struktūros ir funkcijos tyrimo metodas. Šis metodas yra vienas geriausių ir plačiausiai naudojamų. Šiuo metodu galima tiksliai nustatyti galvos smegenų vietas, kurios yra aktyvuojamos judesių valdymo metu. nMRI metodu galima greitai ir labai tiksliai ištirti galvos CNS trimatėje plokštumoje, nekeičiant ligonio padėties. Tam labiau tinka funkcinis nMRI.
736. Kinematinių (amplitudė, greitis ir pagreitis) ir kinetinių (jėga arba jėgos momentas) charakteristikų nustatymas, atliekant įvairius judesius. Labai dažnai kartu užrašoma raumenų EMG. Pagal tai galima vertinti judesių atlikimo būdą, braižą (pagal tai spręsti ir apie judesio valdymo sutrikimo grandį). Tam tikslui šiandien naudojami modernūs dinamometrai, pvz., izokinetiniai (42 pav). Be to, judesių tikslumui ir koordinacijai vertinti naudojami robotai-dinamometrai, kuriaisgalima įvertinti judesių kinematiką ir kinetiką (dinamiką) pastoviose ar kintamose sąlygose. Kompiuteriniai žaidimai dažnai gali tarnauti ne tik kaip neuoreabilitacijos priemonė, bet ir kaip testai.



42 pav. Blauzdos tiesimo ir lenkimo kinematinų ir dinaminių charakteristikų registravimas izokinetiniu dinamometru

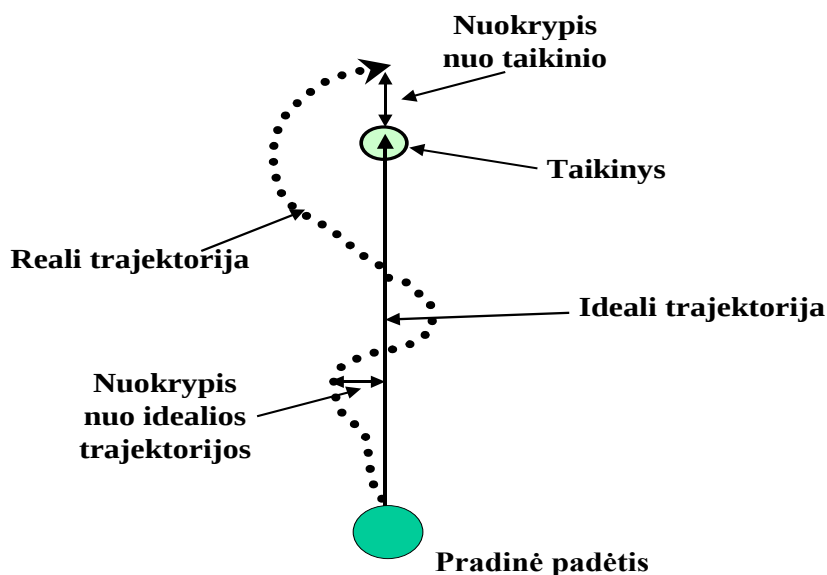
737. Tikslesnis judesių kinematinų ir kinetinių charakteristikų tyrimas atliekamas naudojant judesių filmavimo technologijas. Pasitelkiant įvairius modelius, analizuojamas judesio atlikimo būdas, judesio atlikimo rezultatai ir pagal tai bandoma nustatyti judesių valdymo silpnąsias grandis.
738. Neuroreabilitacijos tyrimo etapai: 1) fundamentalieji (baziniai/fundamentalūs tyrimai, dažniausiai atliekami molekulių arba ląstelių lygmenyje); transformaciniai tyrimai (dažniausiai atliekami su gyvūnais); 3) aiškinamieji klinikiniai tyrimai (dažniausia atliekami su sveikais žmonėmis); 4–6) klinikiniai taikomieji (atliekami su ribotosimties tiriamaisiais ar net su vienu); 7) klinikiniai (atliekami su didele imtimi užtikrinant gerą statistinį išvadų galingumą ir reikšmingumą) (Stuss ir kt., 2008). Rekomenduojama, kad statistinis galingumas būtų ne mažesnis kaip 80 proc., o statistinis reikšmingumas ne mažesnis kaip 95 proc.
739. Vien didžiausių šiuolaikinės neuroreabilitacijos mokslo problemų – negebėjimas sistemiskai atlikti visų septynių lygmenų tyrimų, t. y. jei viena grandis sutrinka, tai gali sutrikti ir visa

reabilitacijos kokybė (net jos pažangos plėtra). Labiausiai trūksta tyrėjų, kurie gebėtų vadovauti integruojamiesiems tyrimams.

740. Nėra tokios institucijos (dažnai ir vienos šalies), kuri viena gebėtų atlikti visų lygmenų tyrimus. Jei šalis neatlieka visų lygmenų tyrimų neuroreabilitacijos srityje, tai nereiškia, kad ji neprivalo turėti ekspertų, kurie kritiškai geba vertinti kitų šalių mokslininkų tyrimo rezultatus. Mes privalome gebėti nuolat mokytis iš savo ir kitų tyrėjų patirties.

Atliekant neuroreabilitacijos tyrimus, negalima skubėti viską vidurkinti ir standartizuoti – labai naudingi yra ir atskirų atvejų tyrimai.

741. 43 pav. pateikiamas judesių tikslumo testavimo pavyzdys. Judesių tikslumas nustatomas, kai tiriamųjų prašoma atlikti judesį siekiant „kiek galima tiksliau ir greičiau pasiekti taikinį“. Tada apskaičiuojamas nuokrypio nuo taikinio ir nuo idealios trajektorijos vidurkis, standartinis nuokrypis ir variacijos koeficientas. Šie rodikliai rodo atliekamo judesio tikslumo savybes. Tą registruoja prietaisai (44 pav.).

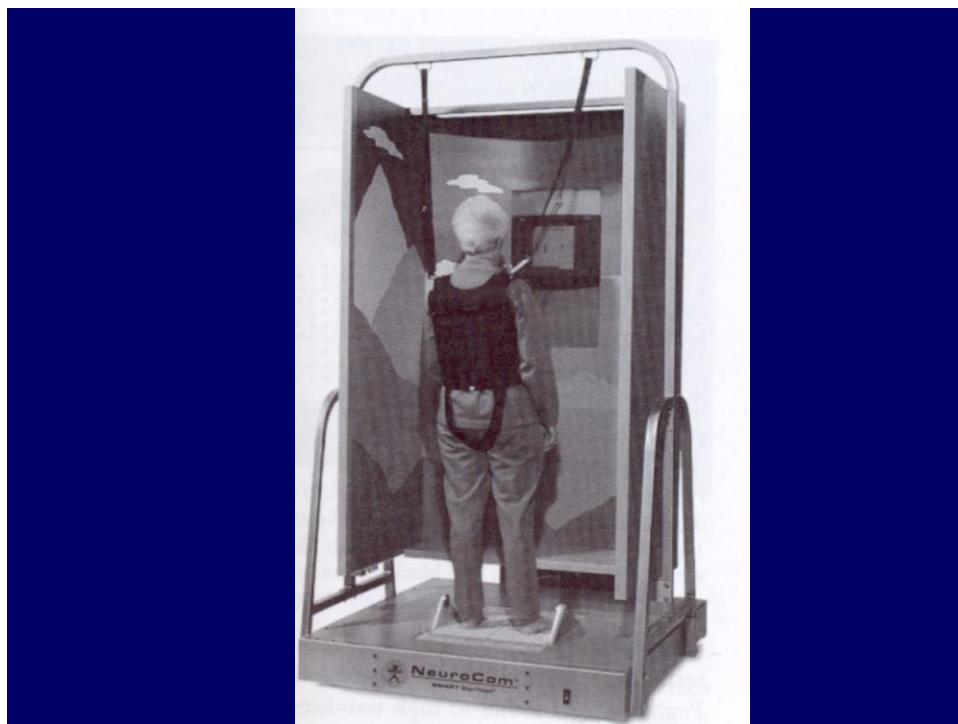


43 pav. Judesių tikslumo nustatymo pavyzdys

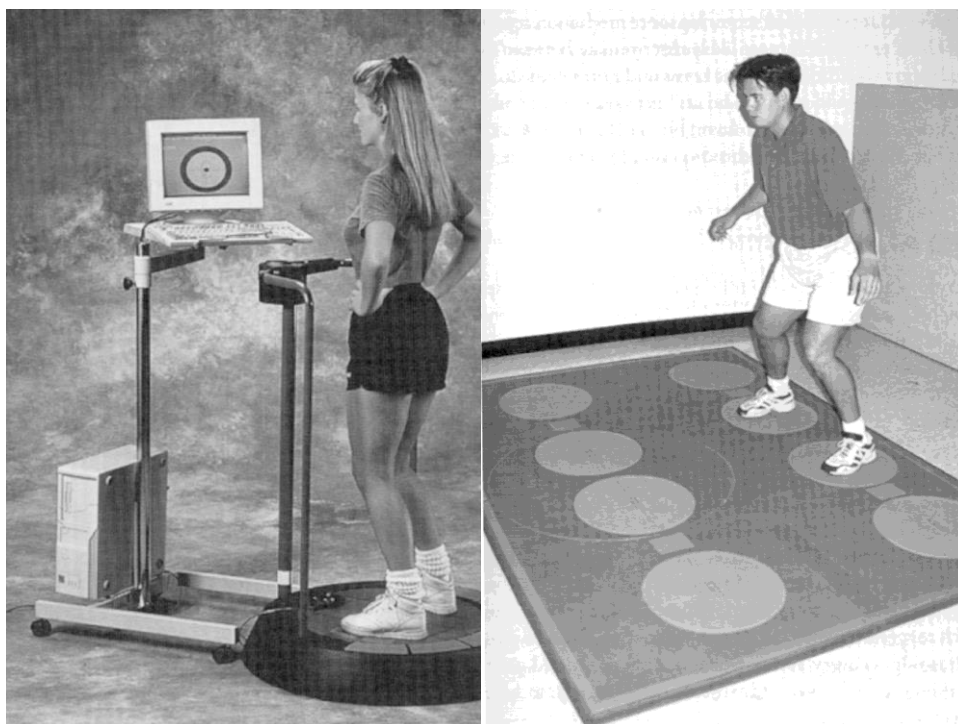


44 pav. Kojų judesių tikslumo ir greitumo tyrimas DPA-1 prietaisu (pagamintas Baltec Sport)

742. Žmogaus gebėjimas išlaikyti pusiausvyrą nustatomas užrašant posturogramą. Jau yra daug prietaisų, kuriais galima užrašyti kūno svorio centro svyravimą. Vienas dažniausiai naudojamų yra „SMART EguiTest“ (45 pav.). Naudojant šią sistemą, galima užregistruoti dinaminę posturogramą – tai yra kūno svorio centro svyravimą keičiant aplinką. Be to, dinaminės pusiausvyros lavinimui ir testavimui naudojama FASTEX ir KAT sistemos (46 pav.)



45 pav. Dinaminės pusiausvyros testavimo prietaisas (SMART EquiTest)



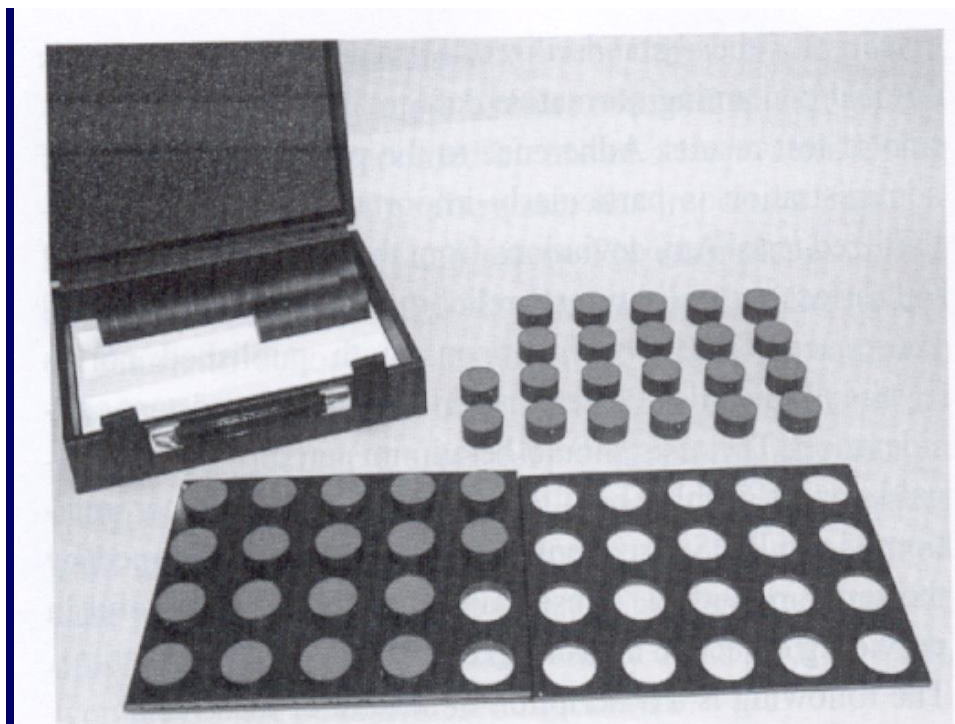
46 pav. Dinaminės pusiausvyros lavinimo ir testavimo sistemos (kairėje – KAT sistema, dešinėje – FASTEX sistema)

743. Naudojant Minesotos pirštų vikrumo testą (47 pav.), galima įvertinti pirštų vikrumą (miklumą). Testavimo metu tiriamieji privalo kiek galima greičiau sudėlioti (ir (ar) išimti) figūrėles į atitinkamas skylutes. Šis testas rodo galvos smegenų gebėjimą valdyti judesius. Kitas

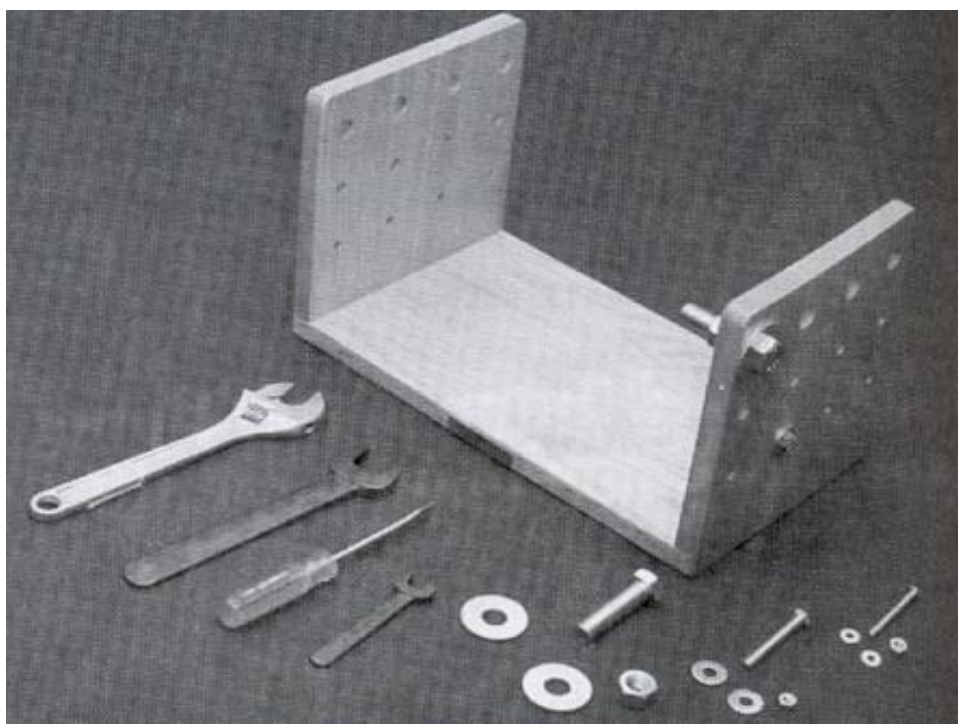
testas yra skirtas rankų vikrumui įvertinti, atliekant kasdienes judesius (48 pav.). Šio testo tikslas – kuo greičiau susukti varžtelius į atitinkamas vietas.



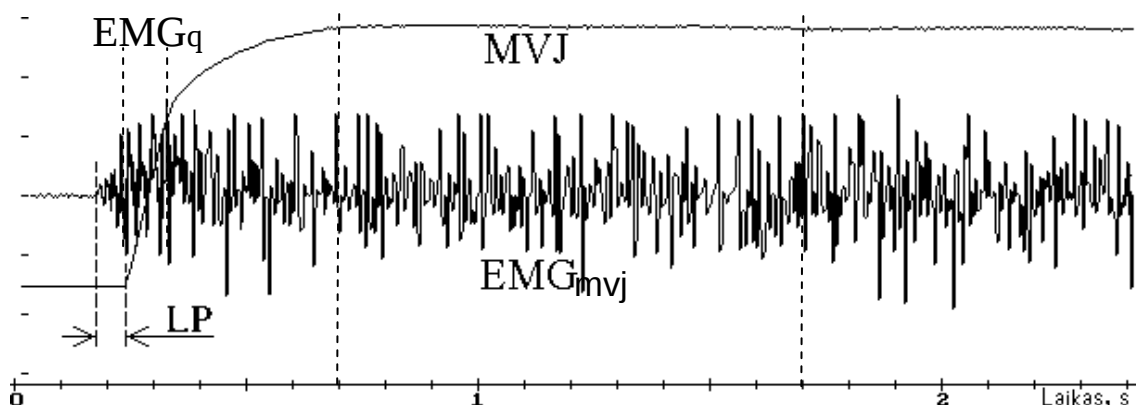
744. Raumenų funkcijai vertinti rekomenduojama nustatyti maksimalią valingą izometrinę raumenų susitraukimo jėgą bei kartu užregistruoti raumenų elektrinį aktyvumą (EMG) (49 pav.). Kuo didesnis EMG, tuo daugiau aktyvuojama motorinių vienetų. Jei pacientas geba greitai išvystyti jėgą, tai rodo, kad jo nervų sistemą geba greitai aktyvuoti motorinius vienetus.
745. Jei, išvysčius maksimalias pastangas, raumuo yra stimuliuojamas elektra, tada raumens jėga dar labiau padidėja. Kuo daugiau stimuliacijos jėgapadidėja, tuo centrinė nervų sistema mažiau aktyvuoja raumenis. Šis metodas plačiai taikomas nustatyti raumens valingo aktyvavimo laipsniui, kuris ypač sumažėja neurologinėmis ligomis sergantiems pacientams (**Skurvydas ir kt., 2011**).



47 pav. Minesotos pirštų vikrumo testas



48 pav. Rankų vikrumo testas

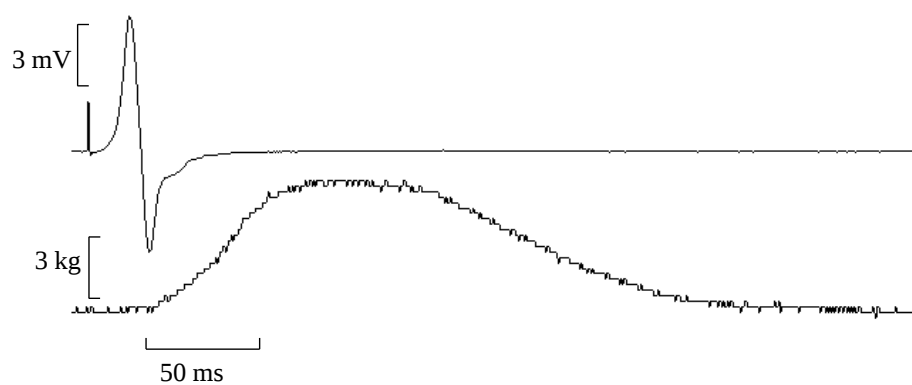


49 pav. Keturgalvio šlaunies raumens maksimalios valingosios jėgos (MVJ) ir elektromiogramos (EMG) registravimo kreivės: LP – latentinis periodas; EMGq – elektromiograma pasireiškiant startiniam gradientui; EMGmvj – elektromiograma maksimalios valingosios jėgos metu.

746. Raumenų EMG galima nustatyti stimuliuojant nervą ir elektra. Tada nustatoma M-banga, kuri rodo suminį (daugelio motorinių vienetų raumeninių skaidulų) veikimo potencialą (50 pav.). M-banga sukelia, kai elektrinis signalas nervu tiesiai patenka į raumenį. Be to, tuo pačiu metu galima pastebėti ir H-atsaką (refleksą), kuris pasireiškia vėliau po M-bangos, nes jo kelias eina per nugaros smegenis. H-refleksas rodo motoneuronų, kurie yra nugaros smegenyse, jautrumą, o M-banga – raumeninių skaidulų jautrumą aktyvavimui.
747. Neuroreabilitacijos srities tyrimai turi labai didelę ateitį, nors dabar jų labai daug atliekama. Ateitis labai priklausys nuo gebėjimo integruoti geriausius daugelio mokslininkų sukurtus metodus. Be to, labai svarbu, kad kineziterapeutai atliktų taikomuosius tyrimus ir, remdamiesi jų duomenimis, tobulintų reabilitacijos technologijas.
748. Manau, kad reikia naujos kartos kineziterapeutų, kurių siekių sąrašė vieną svarbiausių vietų užimtų naujų neuroreabilitacijos metodikų paieška, aprobavimas arba pritaikymas.

Labai geras ženklas!

**Kineziterapeutai (LKKA ir KU kartu su Lietuvos kineziterapeutų draugija)
pradėjo leisti kineziterapijos mokslinį žurnalą.**



50 pav. Keturgalvio šlaunies raumens susitraukimo jėga, sukeliama stimuliuojant raumenį vienu stimulu, ir M-banga (Skurvydas, 2008)

July 2019 • Volume 99 • Number 7

Physical Therapy

Journal of the American Physical Therapy Association



Research Reports

- 1004 Pulsed Shortwave Treatment in Women With Knee Osteoarthritis
- 1010 Utilization and Expenditures for Physical Therapy Episodes
- 1016 Effect of Pelvic Floor Muscle Strengthening on Bladder Neck Mobility
- 1022 Mechanisms Underlying Dual Task Ability in Older Adults
- 1031 Smoking Cessation and Counseling
- 1043 Obesity and HRV/VAGS
- 1070 Comparative Kinematic Groups Construct Validity
- 1087 Physical Fitness Test Battery for Children
- 1096 The Pelvic Circle Questionnaire
- 1107 Functional Independence Measure and Weaning From Ventilation

Perspectives

- 1114 Motor Functioning in People With Autism Spectrum Disorders
- 1126 Muscle Strengthening in Cerebral Palsy

9.PROTO LAVINIMO TECHNOLOGIJOS

Šis skyrius skirtas ir sveikam, ir ligoniui, ir kineziterapeutui, nes jo tikslas – supažindinti su galvos smegenų lavinimo būdais bei problemomis. Tai reikalinga ir sveikam žmogui, ypač jeigu jis nori išvengti galvos smegenų insulto (arba kitų galvos smegenų ligų) ir ankstyvos senatvės. Tai ypač svarbu ligoniams, kuriems svarbus pažinimo funkcijų atkūrimas. O kineziterapeutams ir reabilitologams tai yra jų profesinė pareiga žinoti, kaip gerinti pažinimo funkcijas.

Labai originalu!

Fizinis aktyvumas skatina naujų neuronų genezę, o sunkus protinis darbas neleidžia žūti neuronams. Tai ypač pasireiškia moterims. Mokantis sudėtingų procesų hipokampe užsifiksuoja neuronai (jie nežūva).

Waddell J., Shors T.J. Neurogenesis, learning and associative strength, European Journal of Neuroscience, 28, 5290–5294, 2008.

Bangasser D.A., Shors T.J. The hippocampus is necessary for enhancements and decrements in learning after a stressful experience. Nature Neuroscience, 10, 1401–1403, 2007.

Leuner B., Gould E., Shors T.J. Is there a link between neurogenesis and learning? Hippocampus, 16:216–224, 2006.

Shors T.J. Stressful experience and learning across the lifespan. Annual Review of Psychology, 57:55–85, 2006.

9.1. Kritiško, logiško ir inovatyvaus mąstymo ugdymas

Vaiko intelekto vystymasis labai priklauso nuo aktyvaus bendravimo su tėvais. Jei tarp tėvų ir vaikų yra tam tikrų nedidelių nesutarimų (konfliktų), tai skatina

vaiko intelekto vystymąsi (Bonnier, 2008). Ypač blogai vystosi vaiko intelektas, jei vaiko problemassprendžiatėvai.

749. Pažinimo (intelektualūs) ir motoriniai įgūdžiai turi viena bendrą bruožą – abu yra mokymosi rezultatas (**Rosenbaum ir kt., 2001**). Pažinimo (mąstymo, intelektualūs) įgūdžiai yra labiau abstraktūs ir plačiau pritaikomi nei motoriniai. Motoriniai įgūdžiai labiau nei mąstymo įgūdžiai realizuojami specifinėse sąlygose. Motoriniai įgūdžiai yra labiau deterministiniai, t. y. atsakas yra labiau susijęs su stimuliu nei mąstymo įgūdžiai. Anksčiau vyravo nuomonė, kad motorinių ir mąstymo įgūdžių nerviniai tinklai visiškai skiriasi. Naujausi tyrimai rodo, kad, pvz., smegenėlės dalyvauja ne vien judesių valdyme, bet ir mąstymo procesuose. Mąstymo įgūdžiai yra žymiai geriau verbalizuojami nei motoriniai, tačiau tai nereiškia, kad visus mąstymo įgūdžius galima verbalizuoti.

Prefrontalinė žievė yra atsakinga už žmogaus mąstymo procesus. Jos tūris – apie 25–30 cm³.

750. Miegas moko kūrybingo mąstymo. Atminties stabilizavimas (užsifiksavimas) sėkmingai vyksta dieną, tačiau jos padidinimas (pasivys išmokimas) daugiausiai vyksta miegant (**Walker ir Stickgold, 2010; Diekelmann ir Born, 2010; Wamsley ir Stickgold, 2010**).

Įdomu! Norint geriau atsiminti, būtina:

1. **Koncentruoti dėmesį.**
2. **Sukurti asociacijas.**
3. **Sujungti žodžius (konceptijas) su vaizdais.**
4. **Daug kartų kartoti.**
5. **Garsiai kartoti.**
6. **Nepersitempti.**
7. **Susieti su konkrečiu laiku.**
8. **Gerai išsimiegoti.**
9. **Jei galima, informaciją būtina rimuoti.**

10. Atsipalaiduoti (Gluck ir kt., 2008).

751. Nustatyta, kad

- Pats paprasčiausias mokymosi būdas yra pripratimas, kuris pasireiškia ir nugaros, ir galvos smegenyse. Tačiau jis greitai išnyksta.
- Kuo didesnis stimulų kiekis, tuo didesnis pripratimas.
- Ištesti stimulai (priešingai nei koncentruoti) mažiau pripratina nervų sistemą pradžioje, bet ilgiau atsiminama.
- Pripratimas gali staigiai išnykti, jei taikomas kontrastinis stimulus.
- Pripratimui priešingas fenomenas – potenciacija.
- Sensorinio suvokimo mokymasis priklauso nuo stimulų kontrasto, nuo stimulų pritaikymo sekos (nuo paprasto link sudėtingo) bei nuo dėmesio koncentravimo.
- Kartojimas gali būti gilinantis kokie klausimai arba tik „kartojimas“.
- Vaizdai geriau įsimenami nei žodžiai.
- Konkretūs žodžiai geriau įsimenami nei abstraktūs.
- Norint geriau atsiminti, reikia kuo daugiau testų.
- Izoliacijos poveikis, visi žodžiai, o tarp jų vienas skaičius. Tada labai gerai įsimenamas tas skaičius.
- Patrauklios šalutinės detalės gali užblokuoti pagrindinių dalykų išmokimą.
- Mokantis kiekvieną dieną, testavimas idealu, kai jis taikomas po penkių dienų. Mokantis kas antrą dieną, testavimas tikslingas po 10 dienų.
- Labai dažnai žmonės įsimena atsitiktiniu būdu.
- Nusprendus išmokti, skatinimas yra mažiau efektyvus (Terry, 2009).

Ypač efektyvu, jei treniruojami įgūdžiai prioritetams nustatyti, jiems pasiekti. Jei kas trukdo siekti prioritetų, gebamasu koncentruoti ir grįžti prie jų (Covey, 2004).

752. Galvos smegenys ilgiau išlieka darbingos, jeigu jos dirba. Jei vieni nerviniai tinklai kompensuojami kitais, tada dar greičiau pasensta kompensuojamosios smegenys. Todėl savo

trūkumus reikia kuo vėliau kompensuoti – greičiau reikia stengtis šiuo trūkumus pašalinti (**Park ir Reuter-Lorenz, 2009**).

Intelektto treniravimo esmė – labiausiai treniruoja įvairovė. Kuo įvairesnė socialinė ir kultūrinė aplinka, tuo labiau ji treniruoja žmogaus intelektą. Jei aplinka yra statiška, tai neskatina protą tobulėti.

753. Muzikos klausymasis ypač treniruoja dešiniąją galvos smegenų pusrutulį, kuris labiau atsakingas už integruotą (holistinį) ir intuityvų mąstymą (**Peretz ir Zatorre, 2005**).

Jei mokaisi ilgai, tai atminties sutrukdyti iškart po mokymosinegalima. Jei mokaisi neilgai, tai iškart po mokymosi galima sutrukdyti atmintį. Jei mokaisi neilgai ir iškart po mokymosi nesutrukдай atminčiai užsifikuoti, tada po 24 val.atmintį bus sunku sutrukdyti.

754. Fizinis aktyvumas ypač gerina senyvo amžiaus žmonių protinį darbingumą. Fizinis aktyvumas stimuliuoja nervų augimą, apsaugo nervų sistemą nuo per didelių stresų ir išankstiniosenėjimo (**Dishman ir kt., 2006**).

Kuo sudėtingesnį judesį reikia atlikti, tuo daugiau mobilizuojama nervų ląstelių.

755. Galvos smegenų funkcija priklauso nuo struktūros, ypač nuo nervinių tinklų. Išsilavinusių žmonių galvos smegenyse yra daugiau sinapsių ir daugiau nervinių tinklų (**Stuss ir kt., 2008**).Atliekant sudėtingus pratimus (51 pav.), treniruojasi ne tik raumenys, bet ir galvos smegenys, ypač erdvės įvertinimo ląstelės, kurios yra hipokampe (hipokampus yra „proto ir atminties“ struktūra).



51 pav. Ropoti „keturiomis“ per sudėtą detalių konstrukciją (A–E). Ugdoma rankų ir kojų jėga, koordinacija

Įdomu! Vaisiaus judėjimas turi įtakos gimusio kūdikio galvos smegenų funkcijai.

756. Aiškaus, realaus ir patikimo mąstymo mokymasis yra vienas pagrindinių uždavinių ne tik bendrojo ugdymo mokyklose, bet ir universitetuose, nes galima įgyti daug specifinių žinių, bet nemokėti jų pritaikyti, interpretuoti (**Gardner, 1999**). Kuo geriau suprantame mokslinio metodo privalumus ir trūkumus, tuo efektyviau įgytas žinias pritaikome (adaptuojame) praktinėje veikloje.

Žmogui senstant ne neuronų mažėja, bet sinapsių kiekis kiekviename neurone.

757. Įvaldžius mokslinį metodą, galima aiškiau ir realiau suprasti pasaulio protų ir praktikų sukurtas žinias. Manoma, kad kuo tobuliau įvaldomas mokslinis metodas, tuo lengviau žmogui adaptuotis prie kintamų pasaulio iššūkių (**Skurvydas, 2008, 2010**).

758. Mokyklose ir universitetuose būtina mokyti integruoto mąstymo, t.y. plataus pažinimo į pasaulį ir vientiso poveikio konstravimo iš jo įvairovės (**Fogarty ir Stoehr, 2007**).

759. Mokyklose ir universitetuose būtina ne tik mokyti mokslinio metodo pagrindų ir „gudrybių“, bet būtina įskiepyti norą nuolatos domėtis mokslinio metodo tobulinimu. Kitaip, tariant, moksleiviai ir studentai turi pajusti tikros kūrybos (savarankiško pažinimo) džiaugsmą. Jie patys turi kurti „savo tiesas“. Mokytojo arba dėstytojo pateiktų žinių atkartojimas neskatina

kūrybiškumo, priešingai – dažnai tai atbaido nuo savarankiško mokymosi. Nustatyta, kad galvos smegenys dirba šimtus kartų daugiau, kai žmogus pats stengiasi spręsti nei tada, kai mokytojas (dėstytojas) jam padeda. Taigi, kai tik pradedi remtis kitų mintimis, nuo tos sekundės žymiai mažiau dirba tavo paties galvos smegenys (Skurvydas, 2010).

Moksliniuose seminaruose būtina kuo daugiau diskutuoti ne tik apie mokslo pasiekimus, bet ir apie jų pritaikymo galimybes.

760. Mokyklos ir universitetai turi mokyti moksleivius ir studentus būti realistais, t.y. pasaulį vertinti tokį, koks jis yra, o ne tokį kokio norėtusi. Realistinis mąstymas yra pozityvus mąstymas, t.y. tikima pažinimo pažanga, nors aiškiai suprantama, kokios yra šiuolaikinio pažinimo ribos (tiesa, tai dar nėra visiškai aišku). Kuo kritiškesnis ir realesnis požiūris į pasaulį, tuo mažiau visuomenėje erdvės lieka įvairiems „pranašams“, „orakulams“, „genijams“ (Skurvydas, 2010).

761. Mokslininkai jau nustatė galvos smegenyse struktūrą, kuri atsakinga už realybės suvokimą. Ši struktūra yra priekinėje galvos smegenų žievės dalyje.

.....
SUNKU SUPRASTI, KAS YRA MOKSLAS VIEN SKAITANT MOKSLINIUS STRAIPSNIUS.

NORINT PAJUSTI TIKRO MOKSLO SKONĮ, BŪTINA PAČIAM MOKINIUI KARTU SU MOKYTOJU ATLIKTI TYRIMUS. TADA PATS MOKINYS KONSTRUOS SAVO TYRIMO LOGIKĄ, SUPRATIMĄ, IR SAVO TIESĄ (Martin, 2005).

.....

762. Norint, kad mokslinis metodas taikliai pasiektų moksleivių ir studentų „širdį“, turi būti labai geri mokytojai ir dėstytojai, kurie patys supranta, kas tai yra mokslinis metodas. Pavyzdžiui, per matematikos pamoką galima perteikti labai daug informacijos, bet dažniausiai tik maža dalis tos informacijos pasiekia moksleivio arba studento „širdį“, nes ji nėra iki galo suprantama. Kitaip tariant, galima mokėti spręsti įvairias lygtis, bet taip ir nesuprasti jų prasmės. Mokančiųjų spręsti matematinius uždavinius yra žymiai daugiau nei ją suprantančiųjų. Matematikos genijai pataria, jei nesuprati matematikos, tai aklai jos netaikyk. Kur skubama mokyklose ir universitetuose, kad moksleiviams ir studentams nebelieka laiko apmąstyti gautas žinias įvairiame kontekste. Labai svarbu, kad moksleivis ar studentas galėtų pats savarankiškai sukonstruoti savo tiesą ir ją pateikti

„kitų teismui“. Nustatyta, kad tais atvejais, kai savo tiesą perteiki kitiems, galvos smegenys dirba šimtus kartų daugiau nei klausaisi kitų.

Kuo platesnis požiūris į pasaulį, tuo didesnė praktikos galia.

Patys geriausi tyrimai yra eksperimentiniai, o ne koreliaciniai.

763. Racionalumas – tai nuoseklus, logiškas mąstymas ir kalbėjimas, ypač vengiant apibendrinimų remiantis atskirais faktais. Kitaip tariant, žmogus, kuris „pagal šiaudą sprendžia apie visą vežimą“ mąsto labai nelogiškai. Taip mąstančiųjų ir kalbančiųjų yra nemažai, nes tai sukelia labai didelį efektą. Žmonės ir nori kalbėti efektyviai!

.....
**NEPAISANT TO, KAD ŽMOGUS ILGAI GIRIASI ESĄS LABAI PROTINGAS
 (PROTINGIAUSIAS IŠ VISŲ ŽEMĖS GYVYBĖS FORMŲ), DAŽNIAUSIAI JIS ELGIASI
 IRACIONALIAI. NES TAIP ĮPRATĘS IR TAM MAŽIAU REIKIA PASTANGŲ, KYLANČIŲ DĖL
 MĄSTYMO. AR PROTO VYSTYMASIS ŽMONIJAI SUTEIKĖ DAUGIAU LAIMĖS IR
 DŽIAUGSMO AR DAUGIAU AŠARŲ IR NELAIMIŲ?**
**JEIGU BŪČIAU MOKSLEIVIS IR STUDENTAS, ATSAKYČIAU VIENAREIKŠMIŠKAI –
 PROTAS SUTEIKIA DŽIAUGSMO IR LAIMĖS; BŪDAMAS „PAGYVENĘS STUDENTAS“, DĖL
 VIENAREIKŠMIŠKO ATSAKYO SUABEJOČIAU. SU KIEKVIENA DIENA JAUČIU, KAD
 ŽMONIJA PER ANKSTI TAPO TOKIA PROTINGA — PER PASKUTINIUS 100 METŲ ĮGIJO
 TIEK DAUG ŽINIŲ, KAD NEŽINO, KAIP JOMIS NAUDOTIS.**

764. Realybė – kalbėti reikia apie tai, ką iš tikrųjų žinai, o ne remiantis išgirstomis žiniomis, spėjimais. Jei iš tikrųjų turi ką pasakyti, taipasakysi ir trumpai, ir aiškiai. Labai daug stebiu žmonių, kurie stengiasi pasakyti ne tai, ką galvoja, bet tai, ką norėtų išgirsti kiti. Tai galima vadinti „politiniu mąstymu“, bet jis nieko bendra neturi su realybe.

**Žmogų labai lengva įtikinti, kad „taip su juo yra buvę, nors to iš
 tikrųjų nebuvo“.**

765. Tiesos sakymas – tai vienas svarbiausių mąstymo požymių. Reikia ne tik mokėti, bet (tai dar svarbiau) norėti sakyti tiesą. Išmokti sakyti tiesą galima mokyklose. O kur galima išmokti norėti ją sakyti?
766. Objektyvumas – stengtis mąstyti taip, kad protą neužgožtų emocijos, bettoks mąstymas nesukelia emocijų klausytojams. Štai kodėl, objektyviai mąstydamas, populiarius nebūsi. Objektyviai mąstydamas, ne tik daugiau pasakysi tiesos, bet mažiau „įaudrinsi“ žmonių. „Emocinė tiesa“ yra labai pavojinga mąstymo kultūra, nes tada žmonės tiesą pradeda vertinti pagal tai, kas sukelia didžiausią įspūdį, kas garsiausiai ir „įdomiausiai“ kalba, kas kalba daugumos vardu (balsu). Galima sakyti, kai žmogus „pameta šaltą protą“, tada jis „kaitina“ minios elgseną/protą.

Žmonės, kol kas yra labai patiklūs: tiki horoskopais, orakulais ir „stebukladarių“ burtais. Žmonės dar labai traukia įvairios sensacijos. Taip yra todėl, kad visuomenė dar neišmoko ne tik blaiviai, atvirai, paprastai ir dalykiškai mąstyti, bet kalbėti bei elgtis. Dabar mes mokomės blaivaus mąstymo ir, žinoma, išmoksime. Tada „pranašų“ ir „gelbėtojų“ (ir politinių partijų) sumažės, nes jiems nebus tinkamos terpės.

767. Kuklumas. Tas, kuris dažnai giriasi, tikrai negali pasakyti tiesos, nes jo galva yra užimta tik savęs išaukštinimu.
768. Paprastumas – stengtis kuo paprasčiau išreikšti savo mintis. Tam būtina vartoti žinomas sąvokas, neilgus sakinius. Tas, kuris sudėtingume stengiasi išvelgti paprastumą, galima sakyti, mąsto blaiviai.
769. Demokratiškas mąstymas, arba atsakingas mąstymas. Tas, kuris mąsto blaiviai, jis supranta, kad jis gyvena tarp žmonių, taigi visas pasaulis negali suktis vien pagal jo norus – jis privalo derintis prie žmonių sutartos elgsenos. Nors mano kitaip, tačiau, būdamas atsakingas, žmogus elgiasi pagal bendrąsias normas, taisykles ir principus.

**Kai žmogus klysta, gali pastebėti visi. Kai jis meluoja, pastebi ne kiekvienas
(J.V.Gėtė).**

770. Atvirumas. Žmogus, kuris kalba tai, ką tikrai žino, kuo tiki ir ką galvoja, yra atviras žmogus. Jis mąsto blaiviai. Jis nebijo būti nepopuliarus – jam svarbiau būti teisingam.
771. Žymiai daugiau galimybių yra suklysti nei pasakyti tiesą. Be to, sąmoningai sakyti netiesą (meluoti) taip pat yra žymiai daugiau būdų nei sakyti aiškiais įrodymais pagrįstą tiesą.
772. Melą nuo netiesos galima atskirti dviem būdais – racionaliai ir iracionaliai. Pirmuoju atveju melas yra tai, kas neatitinka aiškių loginių ir empirinių argumentų. Iracionaliu atveju mes intuityviai jaučiame, kada žmogus meluoja (žinoma, galime ir suklysti).
773. Žinoma nemažai loginio argumentavimo klaidų, kai tiesa „tampa“ melu. Viena iš jų – apeliavimas į jausmus yra argumentacijos klaidų grupė, kai argumentais bandoma sukelti tam tikrus jausmus, padėsiančius įtikinti oponentą arba klausytojus (<http://lt.wikipedia.org/wiki/Apelivimas>; <http://www.tektonics.org/guest/fallacies.html>).
774. Autoriteto argumentas yra viena dažniausiai pasitaikančių loginių argumentacijos klaidų. Ji daroma tada, kai teiginio teisingumas yra sutapatinamas su tuo, kas jį sako. Tiesa nėra ir negali būti „autoriteto dukra“.
775. Neteisingos priežasties nustatymo klaida – manyti, jei įvykis B pasireiškia po įvykio A, tada A yra B priežastis. Realybėje tai yra žymiai sudėtingiau, pvz., tuo pačiu metu galėjo sutapti, kad C turėjo įtakos B.
776. Skuboto apibendrinimo klaida – pagal pirmą pastebėtą požymį sprendžiame apie visumą.

Žinomi trys pagrindiniai būdai priimti sprendimą (padaryti išvadą): a) loginis; b) statistinis; c) euristinis. Nors paskutinį šimtmetį dominuoja loginis ir statistinis sprendimo priėmimo būdai, dabartiniu metu vis populiarėja euristinis, t.y. toks sprendimo priėmimo būdas, kai stengiamasi naudotis ne visa,

bet svarbiausia informacija, ypač didelis dėmesys skiriamas patirčiai.

777. Cikliškas argumentas (lot.*circulus in demonstrando*, dar žinomas kaip *Petitio principii*) yra argumentacijos klaida, daroma tuomet, kai išvada, kurią norima įrodyti, tame pačiame argumente panaudojama kaip prielaida. Tada tam tikras fenomenas aiškinamas tuo pačiu fenomenu, bet kitais žodžiais, pvz., „tiesa priklauso nuo teisingo kalbėjimo“.
778. Argumentas pagrįstas naujumu (lot.*argumentum ad novitatem*) yra loginėklaida, kuri daroma tada, kai teigiama, kad kuo naujesnis dalykas, tuo jis teisingesnis. Žinoma, originalumas ir naujumas yra pažangos varikliai, bet jie automatiškai neužtikrina tiesos.
779. Argumentas pagrįstas skaičių (lot.*argumentum ad numerum*) – klaida, kuri daroma tada, kai manoma, jog kuo daugiau žmonių tiki kažkokia idėja, tuo didesnė tikimybė, kad tai yra tiesa. Tai sena blogai suprasta indukcinio mąstymo klaida.
780. Tobulo sprendimoklaida daroma tada, kai kažkoks problemos sprendimo būdas atmetamas kaip blogas, nes jis neišsprendžia problemos visiškai.
781. Klaidinga dilema – iškeliama dilema, kai siūlomi tik du atsakymo variantai, nors iš tiesų jų gali būti žymiai daugiau. Tai, galima sakyti, alternatyvų negerbimo klaida. Galima ir priešinga klaida, kai bandoma išieškoti alternatyvų ten, kur jų nėra.

Ką bendra turi mokslas ir moralė? Ar gali amoralus žmogus sakyti tiesą? Taip. Ar gali jis tiek pat klysti kaip moralus žmogus? Taip. Vienas skirtumas – amoralus žmogus žymiai daugiau turi pagundų melui nei moralus. Amoralus žmogus ypač gerai jaučiasi, kai visuomenė nori tik idealizuotos ir jai patrauklios tiesos. Tada moralė yra labai geras „skiepas“ nuo pagundų melui. Štai kur religija ir mokslas gali eiti „koja kojon“.

782. Tikėjimas iš didelio noro– kažkokio teiginio laikymas teisingu vien todėl, kad to norėtusi. Deja, šią klaidą dažnai daro ir mokslininkai, kurie daro išvadas tokias, kokių norėtų, o ne tokias, kurios remiasi empiriniais faktais ir nepriekaištinga logika.

783. Dvi blogybės yra loginė klaida, kai vieną melą bandoma pateisinti kitu. Ji dažniausiai padaroma kontraargumentuojant, atsakant į kritiką.

784. Šios klaidos yra dažnos, jei netinkamai taikomas mokslinis metodas. Dažniausiai šias klaidas daro politikai, nes taip jie nori susikurti populiarumą. Kuo labiau bus išprususi visuomenė, tuo mažiau leisis apgaudinėjama loginių argumentacijos klaidų.

785. Visiškai apsisaugoti nuo melo nepajėgsime, bet gebėti jį atskirti nuo tiesos privalome.

Nėra abejonės, kad žmonėms reikia bendrauti – tada jie jaučiasi stabilesni. Jei tas stabilumas yra sukuriamas iš netiesos „plytų“, tada jis gali sugriauti žmonių pasitikėjimo vienu kitais pagrindus (tada ir „melo plytos“ tampa kasdiene norma). Štai kodėl svarbu bendravimą statyti iš „tiesos plytų“. Dar taip neseniai mūsų socialinė sistema buvo sulipdyta iš „melo plytų“.

9.2. Labai talentingų žmonių proto lavinimas

A.Eišteinai išsemdavo visą savo „Aš“, galvą ir širdį, o bendravimui su žmonėmis likdavo tik pasigailėjimo vertas, nereikšmingas ir blausus esybės šešėlis, nejautrumas visiems žmonėms, jausmams ir aklumas viskam, kas atitraukia nuo mokslinių tikslų (Neffe, 2010).

786. Visų genijų išskirtinis bruožas – kelti klausimus, kurių iki tol niekas nebuvo kėlęs. Genijus pasižymi ne tik milžinišku racionalumu, bet ir išskirtine intuicija, kurios iš jokių vadovėlių neišmoksi.

Visas pasaulis varžosi dėl talentų, bet pirmiausia juos reikia atrasti ir išsaugoti. Mokslo talentai, kurių palyginti yra nedaug (apie 1 proc. visų mokslininkų), sukuria didžiąją dalį (apie 80 proc.) kokybiško mokslo pasaulyje.

787. Žmonės pasižymi talentų įvairove: a) kalboms; b) matematikai (abstrakčiam mąstymui); c) menams; d) judesių atlikimui; e) bendravimui; f) savęs suvokimui; g) fizinio pasaulio supratimui (Gardner, 1999). Negali būti talentingas viskam – to nebūna.

Nei iš šio mokslininko (A.Einšteino) smegenų audinio, nei iš jo genų neįmanoma ką nors sužinoti apie tuos kraštutinumus, kurių jėgų laukai davė peno jo darbams. A.Einšteino paslapties rakto nerasime, tirdami jo anatomiją (Neffe, 2010).

788. Tikroji tiesa – genijai atsiskleidžia veikloje, todėl jauname amžiuje labai sunku atpažinti tikruosius mokslo genijus, nors mokykloje vieni vaikai išsiskiria ypatingais pažinimo, mąstymo, mokslogabumais.

PAGRINDINĖS MOKSLININKŲ KLAIDOS (Kauffman, 2000):

- MANYTA, KAD JIE DAUG IŠMANO... YPAČ BENDRĄSIAS SĄVOKAS IR KATEGORIJAS.
 - SMULKMENŲ NEGERBIMAS.
 - PER DIDELIS TAUŠKUMAS.
- IR PER DIDELIS ABSTRAKTUMAS, IR PER DIDELIS KONKRETUMAS.
 - NEMOKĖJIMAS PAKLAUSTI GAMTOS.

789. Tarp vaikų atpažinti tikrą genijų labai sunku, nes jis dažnai elgiasi kitaip nei priimta. Todėl dažnai genialūs vaikai yra laikomi „atsiskyrėliais“, negebančiais susikonscentruoti per pamokas (jie nesusikonscentruoja, nes jiems tai, galbūt, neįdomu).

Vieni svarbiausių labai protingų ir veiklių žmonių bruožų: a) gebėti prognozuoti būsimus įvykius; b) gebėti neatidėliotis svarbiausius darbus, t. y. juos atlikti nedelsiant; c) gebėti dirbti komandoje siekiant, kad laimėtų visa komanda, o ne vienas jos narys; d) gebėjimas pirmiausia suprasti kitus ir tik po to stengtis, kad suprastų tave; f) gebėjimas nuolatsave analizuoti ir tobulinti (Covey, 2004).

790. Tas, kuris greitai viską supranta ir greitai išmoksta, nebūtinai yra genijus – tikrieji genijai tobulėja ilgai ir po truputį (**Bransford ir kt., 1999**). Greitas tobulėjimas dažnai yra apgaulingas ir užkertantis kelią ilgalaikiam tobulėjimui.

Labai įdomu!

- **Gabumas matematikai „slypi“ kaktinėje ir parietalinėje smegenų skiltyse (darbinė atmintis integruoja vaizdą ir erdvę), bendra inteligencija slypi prefrontalinėje smegenų žievėje. Pavyzdžiui, A.Einšteinas manė, kad jis mąsto ne žodžiais, bet vaizdais.**
- **Manoma, kad intelektas priklauso nuo darbinės atminties. Kuo saugiau apvyniotas mielinu neuronas, tuo tiksliau jis komunikuoja su kitais neuronais, tuo didesnis intelektas.**
- **Manoma, kad intelektas priklauso nuo gebėjimo integruoti skirtingą informaciją (Garrett, 2011).**

791. Emocinis intelektas turi ypač didelę įtaką mąstymo efektyvumui. Emocinis intelektas – tai gebėjimas valingai valdyti emocijas (**John ir kt., 2008**).

792. Grupinis darbas labiau skatina kūrybiškumą. Tam būtina: a) dėmesio koncentracijakintant idėjoms; b) galimybė pasitikslinti visas idėjas. Nepaisant grupinio darbo privalumų, manoma, kad individualus darbas daugeliu atveju yra kūrybiškesnis. Todėl neaišku, kuris procesas efektyvesnis. Kol kas neaišku, kas geriau – įvairi ar panaši grupė kūrybiškam mąstymui (**Polzer ir kt., 2002**).

793. Pozityvus mąstymas skatina mąstytidarkūrybiškiau. Tačiau tai labiau padidina produktyvumą, bet ne idėjų originalumą. Paaiškėjo, kad ne tik pozityvūs, bet ir negatyvus požiūris gali skatinti kūrybišką mąstymą (**De Dreu ir kt., 2008**).

794. Socialinis klimatas skatina ypač kūrybiškumo atsiskleidimą (**George, 2007**).

795. Jei galvos smegenys yra pasiruošusios (aktyvios) spręsti problemas, tai jos tą ir padaro(**Kounios ir kt., 2006**).

796. Kūrybiškumas – tai labai sudėtingas procesas, pvz., sprendžiant problemas, ne visais atvejais reikia kūrybiškumo (**Runco, 2004**).
797. Kūrybiškumo nebus be savikontrolės (**Lord ir kt., 2010**).
798. Talentingi žmonės dažniausiai nesiekia mažų tikslų – juos domina dideli darbai ir dideli tikslai. Juos sunku suvilioti mažomis „dovanomis“, nes jie siekai labai didelių apdovanojimų (dažniausiai – tai yra ne materialūs).

Nustatyta, kad galvos smegenys labiau yra aktyvios, kai žmogus sprendžia (pats) originalią (iki šiol nespręsta) problemą. Kai tik kas nors jam padeda spręsti problemą, nuo tos sekundės sumažėja jo galvos smegenų veikla. Taigi, jei nori treniruoti mąstymo procesus, privalai spręsti originalias problemas pats.

799. Mokslo genijaus išskirtiniai bruožai: a) meilė pažinimui (jis labai daug skaito ir daug kuo domisi; jis džiaugiasi, kad gali mąstyti); b) kritiškas požiūris į žinomas tiesas (jis daug kuo abejoja, nesutinka ir tam priešinasi); c) gebėjimas apibendrinti (jis visados stengiasi sudėtingume rasti paprastumą); d) tarpdiscipliniškumas (genialus vaikas stengiasi perprasti tiesą arba tam tikrą fenomeną remdamasis ne vienu, bet daugeliu mokslų; e) gebėjimas suderinti priešybes; f) gebėjimas originaliai abstrakčiai mąstyti, t.y. kelti keistus iki tol nekeltus klausimus; g) darbštumas (tikrieji genijai dirba labai ir labai daug; jie greitai atsigauna po protinio krūvio); h) uždarumas (jie ieško „savo kampelio“, kuriame galėtų mąstyti, labai dažnai genialus vaikas nemėgsta žmonių, didelių susibūrimų, nes jam atrodo, kad „vyksta tuščios kalbos“); k) jaučia savo vertę.

10 patarimų moksliniam genialumui ugdyti

- 1. Skaityk ir kritiškai vertink pačius stipriausius mokslinius darbus (didžiausius mokslo pasiekimus, pvz., Nobelio premijos laureatų darbus).**
- 2. Mąstyk ir veik kuo savarankiškiau, tik pats konstruok savo tiesą.**
- 3. Koncentruok dėmesį į pačią reiškinių kilmės esmę, visur jos ieškok.**
- 4. Pagrįsk kiekvieną žodį, teiginį.**
- 5. Kelk drąsias ir originalias idėjas, jas iliustruok grafiškai, registruok idėjas.**

- 6. Ieškok sąveikų tarp daugelio mokslų – stenkis ieškoti tiesos iš daugelio šaltinių (filosofijos, meno, logikos, praktinės patirties, mokslo, religijos, literatūros).**
- 7. Drąsiai apibendrink. Sudėtingume ieškok paprastumo, o paprastume – sudėtingumo. Stenkis apibendrinti vienu teiginiu (sakiniu). Jei nori ugdyti intuityvų pažinimą, kuris yra talento palydovas, stenkis sudėtingas problemas spręsti greitai, kad nespėtų nugalėti racionalumas.**
- 8. Numatyk ir bandyk kelias problemų sprendimo alternatyvas – niekada nepasitikėk vienu problemos sprendimo būdu.**
- 9. Kitiškai vertink savo pasiekimus – kitiems sakyk tik tada, kai pats savęs nebegali kritikuoti.**
- 10. Būk ištvermingas ištikus nesėkmėms – jų bus žymiai daugiau nei atradimų. Būk atviras nuolatiniam mokymuisi. Pasirink gerą mokytoją.**

800. Genialumui reikia:

- Logikos esmės supratimo (tam ypač padeda matematika, logika).
- Semantikos ir sintaksės sampratos.
- Pažinimo teorijos supratimo (būtina susipažinti su įvairiomis pažinimo metodologijomis).
- Įvairovės (tinkamo socialinio konteksto; gerų mokytojų ir mokyklų).
- Loginio mąstymo ir intuicijos (tam ypač padeda patirtis, literatūra, filosofija, religija).
- Intelektu (tam reikia menų studijų, psichologijos, socialinio aktyvumo ir t. t.).
- Gamtos dėsnių esmės supratimo (fizika, chemija, astronomija ir t. t.).
- Gyvybės esmės suvokimo (biologija, fiziologija, biochemija, biofizika, antropologija, neurofiziologija ir t. t.).
- Socialinių sistemų elgsenos ir valdymo esmės suvokimo.
- Chaoso, sinergetikos, kibernetikos, katastrofų, netiesinės dinamikos ir sudėtingų dinaminių sistemų elgsenos esmės suvokimo.
- Atsakomybės.

Optimalios emocijos mokantis sąlyga išmokti ilgesniam laikotarpiui, t.y. ilgiau išsilaiko atmintis.

801. Nėra abejonės, kad mokslo genijaus pasiekimai viena dalimi priklauso nuo prigimties, kita dalimi – nuo darbo, trečia dalimi – nuo aplinkos, kurioje genijus auga (tai ir mokytojai,

dėstytojai, šeima, draugai, šalies kultūra ir t.t.). Be šių trijų dalių poveikio neįmanoma pasiekti labai didelių mokslo aukštumų.

802. Labai dažnai tikras mokslo genijus nesijaučia laimingas, nes jam be gilaus pažinimo siekio dažnai mažai kas be rūpi. Jis supranta, kad gyvenimas galėtų būti visi pilnavertiškesnis, tačiau socialiai gyventi jis nemoka, jis nemoka būti tarp žmonių.

803. Genijui rūpi, kad jo atrastos tiesos būtų pripažintos, tačiau jam daug svarbiau kūryba. Genijui nesvarbus materialus pasaulis, tačiau, jei jis gyvena su šeima, jam reikia rūpintis bent minimaliomis pragyvenimo išlaidomis, nes jam tai (jis aiškiai supranta) gali atsilipti jo kūryboje.

**Tyrimo duomenys rodo, kad vaikų mastymas ypač vystosi iki penkių metų. Todėl, norint ugdyti talentus, reikia atkreipti dėmesį į šį amžiaus tarpą
(Nelson C.A. From neurons to neighborhoods, 2000 (http://www.amazon.com/Neurons-Neighborhoods-Science-Childhood-Development/dp/0309069882#reader_0309069882)).**

804. Tikrą genijų galima atpažinti tik per veiklą, kurioje skatinamas originalumas ir netradiciškumas. Deja, nei mokyklose, nei universitetuose originalumas nėra labai skatinamas, nes tiek moksleiviams, tiek studentams liepiama išmokti ir suprasti kitų genijų sukurtas tiesas. Todėl moksleivius ir studentus būtina mokyti nelinijinio mąstymo.

Dėl darbinės atminties, kurios pagrindinė paskirtis yra užkoduoti įgytą informaciją, žmogus geba vienu momentu analizuoti apie 5–7 skirtingas informacijas. Kuo geresnė darbinė atmintis, tuo efektyviau galima susisteminti įgytą informaciją. Neabejotina, kad genijų darbinė atmintis yra labai gera.

805. Ten, kur šablonai, kalimas, būsimas genijus jaučiasi labai nepatogiai. Turiu pastebėti, kad genijai beveik visur jaučiasi nepatogiai, nes jiems nebūdinga arogancija, rafinuotumas ir „žvaigždės“ siekis. Jie ypač blogai jaučiasi tarp „žvaigždžių“.

Mokslo genijai ne tik labai darbštūs, bet geba tinkamai organizuoti savo poilsį.

806. Su genialiais moksleiviams ir studentais reikia dirbti išskirtinai. Tiesą pasakius, su jais mažai ir tereikiadirbti, nes jie patys dirba ir labai daug. Labai svarbu – jiems netrukdyti. Jiems reikia tik tinkamos aplinkos, „dirvos“ ir „įrankių“, o „grūdus jie patys išaugins ir nuimsderlių“. Labai svarbu, kad būtų taip vadinamoji kritinė masė genialių moksleivių arba studentų, nes tada jie vienas kitą moko, skatina. Kaip būsimas genijus gali pasirinkti jam tinkamą mokyklą arba universitetą? Patarimai paprasti: a) ten, kur nevaržoma laisvė kurti; b) ten, kur gerbiamas kuriantis žmogus; c) ten, kur yra aukščiausio lygio mokslininkai, kurie patys supranta, kas tai yra mokslinė kūryba. Tiesa yra ta, kad genijui atsiskleisti dažnai nepakanka vienos mokyklos arba vieno universiteto – daugiau universitetų, tuo įvairesnį ir tikslesnį susikuria pasaulio mokslinį vaizdą.

Kai klausaisi paskaitų, tik 5 proc. galvos smegenų yra aktyvios, kai mokaisi skaitydamas – apie 10 proc., kai diskutuoji – apie 50 proc.; kai rengi projektą – apie 60 proc.; kai projektą pristatai savo kolegoms – apie 70 proc.; kai skaitai paskaitą apie tam tikros srities trūkumus ir privalumus (problemas) – apie 90 proc.; kai aktyviai mąstai ir bandai suformuluoti originalią hipotezę – 100 proc. Štai kodėl universitetuose būtina labiau orientuotis ne į paskaitų klausymąsi, bet į mokslinę veiklą, kurios pirmasis žingsnis – originalios hipotezės formulavimas. Tada būtų ryškus posūkis link naujos studijų kokybės.

807. Labai daug talentų žlunga mokyklose vien dėl to, kad jie yra talentai, t.y. jie greitai viską perpranta, jiems reikia mažiau pastangų siekiant rezultatų. Jei mažai pastangų, tai neleidžia atsiskleisti talentui. Kitaip tariant, „talentas žlugdo pats save“. Norint to išvengti, būtinas individualus darbas su geneliais vaikais. Problema – geneliui moksleiviui, reikia ir genialaus mokytojo, nes padėti talentui augti reikia daugiau pastangų, o jį sužlugdyti gana nesunku.

Po informacijos sutvirtinimo žmogaus atmintis pereina labai trapią fazę, kuri trunka 24–48 val. po mokymosi. Jei šios fazės metu nebus kartojama informacija, tai bet kokia kita veikla gali „ištrinti“ dar labai trapią informaciją. Kitaip tariant, kartojimas – būtina sąlyga norint pažinti (Walker ir kt., 2003).

Įdomu!

Pasaulyje daug kartų vyksta visų laikų geriausių mokslininkų rinkimai.

Dažniausiai vardijami: A.Einstein, I.Newton, C.Darwin, James Clerk

Maxwell, G.Galilei, S.Hawking.

808. Apie pažinimo neurofiziologiją:

- Galvos smegenys vidiniais modeliais geba numatyti (apskaičiuoti) įvairius fenomenus, hipotezes. Tam reikia daug informacijos ir gabumų.
- Mokantis galvos smegenyse vyksta ir nuoseklus ir lygiagretus skaičiavimas.
- Mokantis galvos smegenys turi tam tikras ribas informacijai kaupti. Kitaip tariant, vienu metu negalima sąmoningai mokytis kelių dalykų.
- Vienu metu vyksta sąmoningas (valingas) ir nesąmoningas (nevalingas) mokymasis. Lengviau kontroliuoti valingą mokymąsi. Nepaisant to, kad nevalingą mokymosi procesą yra gana sunku kontroliuoti, jis yra labai svarbus (iš čia kyla intuicijos).
- Kuo daugiau dinamikos ir įvairovės mokantis, tuo daugiau galvos smegenys treniruojamos mąstyti.
- Negalima išmokyti mąstyti nedarant klaidų, todėl klaida yra ne blogo mokymosi pasekmė, bet gero mokymosi stimulus.
- Norint, kad tai, kas išmokyta būtų plačiai pritaikoma kitame kontekste, būtina sukurti kuo įvairesnį aplinkos kontekstą.
- Per dažna informacija apie pažinimo rezultatus neleidžia efektyviai išmokyti ir mąstyti. Geras mokytojas yra tas, kuris sukuria sąlygas mokiniui atskleisti save (tai mokytojas „daržininkas“). Blogas mokytojas yra labiau panašus į skulptorių, kuris pagal savo schemą iš „molio“ lipdo genijų.
- Jei nenori efektyviai mąstyti, tai pamėgdžioti kitą. Be suvokimo, nebus tinkamo mokymosi.
- Jei nenori „išmokyti vaikščioti“, tai mokyk atskirai kiekvieną raumenį, kuris dalyvauja judesio procese. Taigi, labai svarbu kuo anksčiau matyti visą mokymosi vaizdą.
- Jei galvoji, kad pagal tai, kaip per pirmąsias dienas tobulėja tavo mokiniš, gali numatyti jo perspektyvą, tai darai didžiulę klaidą – tikrasis mokymosi procesas dažnai yra lėtesnis ir sunkiai pastebimas iš pirmo žvilgsnio.

- Pažinimas tikrai nėra paprastas, „aritmetiniais vidurkiais“ arba „vidutiniais standartiniais nuokrypiais“ pagrįstas. Nėra abejonės, kad pažinimui reikia matematikos, logikos, faktų, bet reikia ir praktinio žinojimo (kuris dažniausiai sunkiai nusakomas – dažniausiai jis yra „tylus žinojimas“).
- Jei mokinyvis visiškai nesupranta, to ko mokosi, tai toks mokymasis yra netikslingas. Mokantis nieko nėra blogiau, kai mokinyvis akiai laikosi principo, kurio visiškai nesupranta.
- Galvos smegenų žievėje yra „atspindėjimo“ neuronų, kurie automatiškai aktyvuojasi („atspindi“) stebint kito žmogaus veiklą, pvz., vaikui lengviau atlikti judesį, kai jis mato, kaip jį atlieka mokytojas arba kiti vaikai, nes jo neuronai automatiškai aktyvuojasi, stebėdami kitų judesius. „Atspindėjimo“ neuronai leidžia mokytis stebint pasaulį.
- Galvos smegenys žymiai ilgiau atsimena prasmingą ir originalią veiklą nei kasdieninę, monotonišką.
- Geriausiai galvos smegenys dirba, kai nėra didelės įtampos. Kitaip tariant, jei mokinyvis per daug stengiasi, tada jo galvos smegenys dirba blogiau nei tada, kai stengiasi nei per daug nei per mažai.
- Tarp dviejų skirtingų mokymosi pratybų turi praeiti apie 3–5 val., norint, kad pirmoji pamoka pakankamai užsifikuotų centrinėje nervų sistemoje. Tačiau ir mokyklose, ir universitetuose kelios skirtingos pamokos vyksta iš eilės.

Vienas didžiausių kūrybos priešų – per didelė mokinio priklausomybė nuo mokytojo patarimų ir baimė suklysti.

809. Ar genijus suvokia savo genialumą? Taip, bet jei jausmas yra per ryškus, tada jis turi patį didžiausią savo priešą – puikybę. Tiesą pasakius, ne genijai, bet „vidutiniškai“ dažniau save pervertina, t.y. apie save galvoja žymiai geriau nei yra ištikrųjų.

Tas, kuris mokosi tikslingai, jis ieško, kaip dar geriau mokytis. Ir dažniausiai jam pasiseka – jis sužino, kaip reikia mokytis.

810. Jei vyksta tikras pažinimas, tai jis nėra „kaip sviestu pateptas“ – greičiau tai panašu į vidinę kovą tarp tvarkos ir chaoso, stabilumo ir dinamikos; aiškumo ir netikrumo.

Kas geba greitai ištaisyti klaidas, dar nereikia, kad jis geraimokosi.

Priešingai, tai gali rodyti, kad mokymasis yra tik paviršutinis. Todėl gana sunku suprasti, ar mokymasis yra paviršutinis ar giluminis. Greitas klaidų ištaisyimas gali būti tik mokymosi imitacija, bet gali būti ir tikro mokymosi požymis.

Nepaisant to, kad nėra „mechanizmo“ genijams ugdyti, tačiau geriausia, jei moksleivis, studentas ar mokslininkas mąsto netradiciškai: kelia drąsius ir originalius klausimus, kritiškai vertina visuotinai pripažintas teorijas, hipotezes, principus ir dėsningumus; tiesos ieško ne pagal vieno mokslo metodologiją, bet pagal daugelio (pvz., fiziologija, matematika, fizika, filosofija, metodologija, psichologija, biomechanika ir t.t.); ieško atsakymų ne tik remdamasis mokslu, bet tam pasitelkia literatūrą, filosofiją, menus ir praktinę patirtį; vienu metu analizuoja ir sintetina, derina tvarką ir chaosą, sujungia statiką ir dinamiką; vienu metu žvelgia į ateitį, praeitį ir dabartį; kelia pačius bendriausius metafizinius klausimus (pvz., kas yra laikas, erdvė, tiesa, realybė, teisingumas, dinamika, sąveika, aplinka ir t.t.); ieško tiriamo objekto elgsenos panašumų kituose moksluose, gamtoje, gyvenime, mene, filosofijoje, literatūroje.

Talantas bręsta tyloje, charakteris grūdinas gyvenimo audrose(J.V.Gėtė)

9.3. Intuityvaus pažinimo ugdymas

Intuityvus pažinimas turi žengti „koja kojon“ su empiriniu, racionalių ir praktiniu pažinimu – jei bus kitaip, tai jis bus tik „plepėjimas“.

811. Intuityvus pažinimas yra tylus ir žodžiai sunkiai išreiškiamas. Dažnai jis yra sutapatinamas su sveiku protu. Tai priešingas deklaratyviajam pažinimui, kuris pagrįstas supratimu, motyvacija.

812. Intuityvus pažinimas negali būti sutapatinamas su metafizika (**Ladyman ir Ross, 2007**). Mokslininkai kritiškiau žiūri į metafiziką nei į intuityvų pažinimą.

Klausantis muzikos, galvos smegenyse didėja sinapsių kiekis.

813. Klasikinis (deterministinis) mokslas nepripažino intuicijos kaip patikimo šaltinio tiesai atrasti. Klasikinis mokslas, kuris labiau vyravo Europoje, rėmėsi labiau patikrintu instrumentu – logika. Intuicija buvo atmetama kaip neobjektyvus pažinimo būdas. Tačiau Rytų šalių mokslininkai (pvz., Indijos) visą laiką buvo tos nuomonės, kad pažinti galima tik remiantis abiem šaltiniais – intuicija ir protu. Įdomu pažymėti, kad Nobelio premijos lauretas A.Einšteinas manė, kad be intuityvaus pažinimo mokslinis pažinimas nevisavertis.
814. Intuityvus pažinimas turi žengti „koja kojon“ su racionalių pažinimu, kuris yra mokslinio metodo pagrindas. Jei taip nėra, tada vien intuityvus pažinimas mažai ką gali padėti atrandant ir patvirtinant tiesą.

Intuityvus pažinimas yra gerai lavinamas, jei žmonės, sprenddami įvairias problemas, daug diskutuoja, ginčijasi, dalijasi patirtimi. Tik iš įvairovės pajautimo didėja intuityvus pažinimas (Nonaka, 1995).

815. Intuityvus pažinimas įgyjamas per ilgą laikotarpį. Jis ugdomas, spendžiant įvairias sudėtingas problemas ir greitai (**Swaak ir de Jong, 1996**). Problemų sprendimo greitis reikalingas tam, kad galvos smegenys nespėtų logiškai „skaičiuoti“, nes tada, kai įsijungia loginis skaičiavimas, išsijungia intuicija. Tačiau intuicija ir loginis skaičiavimas dirba kaip darni vientisa sistema.
816. Intuityvus pažinimas pasireiškia tada, kad mokinys suvokia (dažnai spontaniškai) visą visumą, bet ne jos dalis. Todėl siekis suvokti visumą yra intuityvaus pažinimo ugdymo stimulus.
817. Nėra abejonės, kad be intuityvaus pažinimo neįmanomas joks kūrybiškas mąstymas. O be kūrybos nebus ir originalus mokslo.

Žmogaus genuose užkoduotas intuityvus pažinimas. Nors tą dar reikia įrodyti. Įdomu, kad tai priklauso nuo kultūrinės aplinkos, pvz., kiniečių ir amerikiečių vaikų intuityvus mąstymas daug kuo skiriasi. Be to, intuityvus pažinimas gali užsifikuoti kultūroje ir išlikti apie 100 metų.

818. Sunku pagrįsti intuityvaus pažinimo patikimumą. Tai yra viena silpniausių grandžių pritaikant jį moksle, nes mokslas siekia patikimo pažinimo. Nepaisant šio trūkumo, šiuolaikinis mokslas ne tik neatmeta intuityvų pažinimą, bet skatina jį ugdyti, nors su juo elgtis prašo labai atsargiai (Ladyman ir Ross, 2007).

819. Intuityvus pažinimas ypač padeda iškelti hipotezę. Galima sakyti, kad be įžvalgios intuicijos nebus originalių minčių, kurias vėliau racionalizuoja ir įtvirtina mokslinis metodas.

Jei neturi ką pasakyti, tada geriausias būdas „tiesai atrasti“ – tylėjimas. Tylėjimas taip pat moko. Tylint protas veikia labiau nei tuščiai kalbant. Tylėjimas ir intuicija skatina mąstymą, jei iš tikrųjų turi ką pasakyti, tai tą pasakysi aiškiai ir glaustai.

9.4. Integruoto mąstymo ugdymas

Lengviausia būtų pasakyti, kad neįmanoma sujungti proto ir patirties su intuicija ir jausmais.

820. Žmogaus pasirinkimas dažnai yra iracionalus, tačiau jo pagrindimas racionalus. Kitaip tariant, nors mes esame racionalios būtybės, tačiau tai geriausiai gebame daryti „atgaline data“, t.y. pradžioje padarome, o vėliau tai paaiškiname bei pagrindžiame.

Kūrybiškumas – gebėjimas sukurti kažką nauja, originalaus. Kūrybiškam mąstymui labai svarbi vidinė, o neišorinė motyvacija. Išorinė motyvacija (atlygis, konkurencinis pranašumas) neskatina kūrybiško mąstymo (Hennessey ir Amabile, 1998; Beth ir kt., 2010).

821. Mokslinis pažinimas neturi vienos pradžios –vienu atveju jis gali prasidėti nuo intuicija pagrįstos hipotezės formulavimo, kitu atveju – tam tikro empirinio fakto patikslinimo, dar kitu – nuo teorijos tam tikros dalies arba net visumos vertinimo.
822. Lengviausiai būtų pasakyti, jog neįmanoma sujungti proto ir patirties su intuicija ir jausmais. Tuo labiau, kad klasikinis XXa, mokslas įrodė, kad intuicija ir jausmai turi būti pašalinti iš mokslinio pažinimo metodo. Nuo tada mokslas buvo atskirtas nuo realaus gyvenimo, žmogaus kūnas nuo pažinimo, protas – nuo kūno.
823. Integruoto mokslinio pažinimo esmė – tiesos ieškoti remiantis ne vienu, bet daugeliu šaltinių ir būdų. Be to, kiekvienas šaltinis turi papildyti vienas kito trūkumus – protas intuiciją, intuicija – protą, patirtis – protą, protas – patirtį, intuicija – patirtį, patirtis – intuiciją, protas ir patirtis – intuiciją, intuicija– protą ir patirtį.
824. Teorija pagrindžiama faktais, faktai – teorija, intuicija įgyjama per patirtį (teorinę ir empirinę), todėl intuicija pagerina ir teoriją, ir faktus.
825. Remiantis praktine patirtimigalima pamatyti įvairių „sterilių“ dėsniųveikimo įvairovę. Jei mokslinis metodas labiau siekia apibendrinti (tai užsifiksuoja abstrakčiose teorijose, dėsniuose arba principuose), tai praktinis pažinimas atskleidžia kiekvieno konkretaus atvejo specifiką. Kitaip tariant, praktika pažįsta įvairovę, mokslas – vienovę. Tačiau vienovės nepažinsi, jei nesuprasi įvairovės, todėl šiuolaikinis mokslas stengiasi suderinti (integruoti) mokslinį ir praktinį pažinimą.
826. Jausmai ir emocijos, galima sakyti, yra proto „garsiakalbiai“. Be to, jausmai yra intuityvaus pažinimo šaltinis. Kitaip tariant, viena pažinimo grandinė (nuosekli grandinė) galėtų būti: jausmai-intuicija-patirtis-faktai-protas-teorija. Šis pažinimo kelias yra nuo iracionalumo link racionalumo. Tai galima vadinti nuoseklia pažinimo integracija.
827. Galima ir kita integruoto pažinimo (nuo iracionalaus link racionalaus) nuosekli grandinė: jausmai-intuicija-hipotezė (spėjama teorija) – patirtis – patvirtinta arba atmesta teorija.

828. Galima vien racionalaus pažinimo grandinė: protas-faktas-hipotezė-teorija. Šis kelias, nors ir patrauklus, tačiau nerealus, nes protas „skaičiuodamas“ padaro klaidų. O kas jas ištaisys, jei ne patirtis ir intuicija?
829. Integruotas nuoseklus – lygiagretus pažinimas – tai pažinimo procesas, kai, pvz., intuicija ir protas „skaičiuoja“ kartu (lygiagrečiai). Po jų (intuicijos ir proto) įsijungia kita pora – patirtis ir faktai (tai nuoseklus skaičiavimas). Galima ir triguba integracija, kai patirtis, protas ir intuicija veikia kartu. Viena blogybė (o gal tai privalumas?) – žmogus sąmoningai negeba susikoncentruoti vienu metu į kelis procesus. Todėl integruotas nuoseklus-lygiagretus pažinimas, manoma, kartu yra ir sąmoningas, ir vykstantis sąmonėje. Šiuolaikinis neurofiziologijos mokslas leidžia stebėti, kokios galvos smegenų dalys daugiau dirba, kai sprendžiamos vienos ar kitos problemos (tam tinka branduolių magnetinis rezonansas, pozitronų emisijos tomografija).
830. Integruotam pažinimui labai svarbu turėti principus, pagal kuriuos pažinimas yra integruojamas. Kitaip tariant, būtina turėti pažinimą „rišančius dėsnius“. Niekas mūsų nemoko „rišančių dėsnių“ – jie susiformuoja iš „bandymų ir klaidų“. Niekas mūsų nemoko mąstyti „lygiagrečiai“.
831. Integruotas pažinimas – tai indukcijos ir dedukcijos sujungimas. O kaip?
832. Kaip susikurti įvairius vertikalius ir horizontalius lygius „rišančius dėsnius“?
833. Keletas patarimų: a) mąstyk globaliai, bet veik lokaliai; b) mąstyk lokaliai, bet jausk visumą; c) visuma (pvz., ląstelė) – tai ne jos dalių tiesinė suma; d) dalių suma niekada nesutampa su visuma – ji arba mažesnė, arba didesnė (**Prigogine, 1997**); e) nuolat tikrink hipotezes, nes kokios jos beatrodytų patrauklios, realybė dažnai jas iškreipia; f) idėjas pateik žodžiu ir vaizdu ir „linksmi“; g) aklai nepasitikėk nė vienu talentu ar seniai priimta teorija; h) sudarinėk priežasčių ir pasekmių tinklus bei ieškok pagrindinio „mazgo“; k) prisimink, kad tame tinkle gali būti ne vienas, bet keletas pagrindinių „mazgų“; l) pagrindiniai tinklo „mazgai“ gali nuolat kisti; i) stenkis viską kritikuoti – jei tai nepavyks, suklusk, nes gal kažką radei arba eilinį kartą suklydai; m) stenkis sujungti įvairių mokslų pasiekimus, pvz., į gyvybę žvilgtelti chemiko, fiziko, biologo, matematiko, sociologo, psichologo, filosofo ir sveiko proto akimis; n) metafizinis mąstymas labai praturtina mąstymą, tačiau vien juo niekada nesivadovauk – bandyk jį racionalizuoti (jei

per daug racionalizuosi, tada sužlugdysi laisvą mintį, „laisvą mokslą“). Integruotas pažinimas „maitinasi“ įvairiais kraštutinumais ir kuria iš jų vienovę (kur galima ir kur pasiseka).

834. Integruotas pažinimas gali būti vertikalus ir horizontalus. Vertikalus pažinimas integruoja iš „apačios į viršų“ arba „iš viršaus į apačią“ (nuo atomo link žmogaus arba nuo žmogaus link atomo). Horizontalus pažinimas integruoja to paties lygio dalis, pvz., nervų ląstelės molekulinė struktūra). Žinoma, įmanomas kartu vertikalus-horizontalus integravimas, kai integruojami ne tik tam tikro pažinimo elementai, bet integruojami ir skirtingi lygmenys. Tai dažnai daro skirtingos institucijos, tačiau reikėtų pradėti ir kiekvienam tyrėjui lavinti protą „skirtingomis kryptimis“. Integruotą pažinimą ypač skatina aktyvios, bet kryptingos diskusijos siekiant integruoti žinias (**Zittoun ir kt., 2007**).

835. Žmonijos pažinimo istorijoje pažinimas formavosi ne iš „tvirtų plytų“, bet iš prietarų, spėjimų, atsitiktinumų, klaidų. Galima sakyti, kad „pažinimo namas“ nuolat buvo kuriamas iš nepatikrintų plytų. Geras žmonijos bruožas, galbūt, yra tai, kad ji nuolat šį namą griauja ir stato iš naujo. Tai pirmiausia suformavo pakankamai gerą intuityvų ir praktinį pažinimą ir tik žymiai vėliau susiformavo racionalus pažinimas. Kadangi mes nesame labai toli nukeliavę pažinimo keliu, todėl senieji pažinimo instrumentai – intuicijos, jausmai, spėjimai dar labai yra užvaldę mūsų racionalumą. Pasirodo, jog jų galima atsisakyti, tačiau tada vietoje žmogaus lieka „mąstantis robotas“, kuris skaičiuoja ir skaičiuoja. Galimas alternatyvus kelias – ne atmesti intuiciją, jausmus ir praktinį pažinimą, bet juos sujungti su patikrinta patirtimi ir protu. Tai ir būtų integruotas pažinimas, kurio siekia, kiek suprantu, ir mokyklos, ir universitetai, ir pats žmogus.

836. Dar kartą noriu pabrėžti, kad integruoto pažinimo metu klaidų galimybė yra didesnė nei bet kokios kitos monometodologijos, todėl jį reikia taikyti labai atsargiai ir jo rezultatus vertinti kukliai ir kritiškai. Be to, integruoto pažinimo viena svarbiausių taisyklių – integruoti, bet neprarasti įvairių pažinimo šaltinių.

9.5. Keletas priežasčių, dėl kurių mažėja žmonių ir organizacijų intelektas

837. Jei kūrybingo mąstymonetreniruoji, tai jo ir netenki. Protas, kaip ir raumenys, norint, kad veiktų efektyviai, turi būti nuolat treniruojamas. Taigi, jei nori būti darbingas turi dirbti protas. Pavyzdžiui, jei žiūri vien „muilo operas“, tai nuo tokių filmų tavo smegenys atrofuojasi, t.y. sumažėja sinapsių skaičius neuronuose. Jei organizacija nuolat neatsinaujina, tai ji tampa senstančia ir biurokratine.

Nėra tiesioginio ryšio tarp organizacijos (ir tarp universitetų) amžiaus ir jos intelekto. Priešingai, kai organizacija sensta ir tampa biurokratine, tada jos intelektas labai staigiai pradeda mažėti. Vienas išskirtinių organizacijos senėjimo bruožų – jos noras augti fiziškai (daugiau pastatų, institutų, katedrų, žmonių). Kitaip tariant, fizinė globalizacija yra intelekto mažėjimo požymis. Intelektui augti reikia funkcinės integracijos (globalizacijos). O svarbiausia, augančio proto arba intelekto vienas svarbiausių požymių (žmonių arba organizacijų) – gebėjimas integruoti visumą nesugriaunant įvairovės ir gebėjimas skaidyti visumą į dalis neprarandant visumos vaizdo, jausmo arba jos augimo krypties.

838. Jei kasdien sprendi panašias problemas, tai taip pat netreniruoji kūrybingo ir inovatyvaus mąstymo. Todėl protas turi būti gerai treniruojamas tik įvairove ir naujais dalykais.
839. Žmonių proto galios mažėja, jei jis blogai išsimiega arba netinkamai maitinasi.
840. Jei protas treniruojamas vien logika, atmetant meną, literatūrą, faktų analizę, hipotezių ir spėjimų aptarimus, intuiciją ir religiją, tada jis nustoja būti efektyvus. Kitaip tariant, protui tobulėti reikia daug šaltinių, pvz., atimk iš žmonijos tikėjimo viltį, kančios ir meilės jausmą, neteksi pažinimo išminties. Deja, žmonija yra pridariusi labai daug klaidų, norėdama išskaidyti minėtus pažinimo šaltinius, o kai kuriuos atmesti (pvz., meną, religiją, literatūrą, metafiziką) kaip nepatikimus mokslinio metodo instrumentus. Kas gi įvyko? Išvada paprasta – mažėja žmonijos intelektas, nors techninių išradimų skaičius tik auga. Kita vertus, naujų ir efektyvių technologijų sukūrimas nėra vienintelis žmonijos intelekto rodiklis. Tai yra tik vienos proto dalies išlavinimas, kuris gali užgožti (netgi pražūtingas) kitų intelekto dalių tobulėjimą. Žmogaus smegenys gali vis atrofuotis nepaisant to, kad jis sukuria vis naujas technologijas. Intelektui

didėti reikia daugiau šaltinių, įvairovės ir vis kitokios. Tačiau tai nereiškia, kad kuo daugiau įvairovės, tuo geriau lavinamas protas.

841. Intelektui didėti reikia ne vien daug pažinimo ir veiklos šaltinių, bet ir veikimo krypties (smegenys gali atrofotis vien nuo šaltinių įvairovės, jei nebus jas jungiančios grandies.

Organizacijos ir žmogaus intelektas nepriklauso tiesiogiai nuo jų dydžio – patys didžiausi universitetai tikrai nėra intelektualiausi, kaip ir patys garsiausi žmonės nėra protingiausi, nes intelektas nepriklauso tiesiogiai nuo smegenų tūrio, bet nuo neuronų kontaktų ir informacijos sklidimo greičio bei tikslumo juose. Jei gyvūnų intelektas priklausytų vien nuo smegenų tūrio, tai drambliai protu neturėtų nusileisti žmonėms. Todėl norint didinti organizacijų intelektą, pirmiausia reikia didinti ne žmonių skaičių, bet gausinti labai protingų žmonių, gebančių dirbti ir komunikuoti komandose, skaičių.

842. Protas nustoja efektyviai dirbti, jei pradeda mėgdžioti, kitas mąstymo schemas, paradigmas, teorijas. Kai tik protas pradeda remtis kitais, kitų pavyzdžiais ir juos mėgdžioja, tada jis pats nustoja efektyviai veikti. Tai tinka ir žmonėms, ir organizacijoms.
843. Kieno smegenys gali labiau atrofotis: studento, profesoriaus, vairuotojo, politiko ar menininko? Visų vienodai, jei naudos tik „savo“ metodą (pažinimo šaltinį), jei atmes įvairovę, kaitą, spontaniškumą ir tvarką. Per siaura specializacija sukuria prielaidas dogmatizmui ir nesvarbu, ar jis būtų mokslinis, ar meninis, ar religinis, ar pragmatiškas/profesinis. Tačiau veiklos kryptis nesutapatinama su dogmatizmu. Taigi, kaip suderinti plotį su gyliu? Protas prašo abiejų krypčių – ir gylio, ir pločio.
844. Ypač veiklų protą gali sugadinti „pagedusi aplinka“. Žmogaus galvos smegenys labai dažnai (net nesąmoningai) pradeda elgtis pagal aplinkos taisykles. Kitaip tariant, geram proto treniravimui reikia tinkamos „dirvos“. Ar gali būti sveikas universitetas nesveikoje aplinkoje? Trumpai – taip, bet būtinai susirgs, jei sirgs aplinka.

845. Pats talentingiausias žmogus gali nustoti tobulėti, jei jis savęs neanalizuos, nevertins savo silpnybių ir stiprybių, nesigilins į tai, kaip geriau treniruoti protą. Norint būti kūrybingam, būtina būti savikritiškam ir supratingam, kad daugelių atvejų „net nežinai, kad nežinai“.
846. Inovatyvus protas gali tapti tik „svaičiojančiu protu“, jei mąstymas nebus pagrįstas patikimais faktais ir įrodymais. Kitaip tariant, jei nesiremsi mąstymo pagrindais, tai prarasi ir jo „viršūnę“ – kūrybą. Taigi, norint būti kūrybingumu, reikia turėti tam tikrą pagrindą. Žinoma, didieji kūrėjai neigia visus pagrindus. Gal jiems tai leistina, bet tik didiesiems, nors....
847. Inovatyvus protas sustings, nebus kūrybingas, jei jis remsis vien faktais ir logika (ir taikys tik indukcinį metodą). Vien faktinis ir logiškas protas taip pat atrofuoja smegenis. Norint to išvengti, būti pasitelkti „sveiką protą“, t. y. intuiciją, žmonijos ilgalaikį jausmą, savo tautos patirtį (kančios ir džiaugsmo patirtį). Kitaip tariant, žmogaus protui reikia ne vien „šviesos“, bet ir „šilumos“. Nors mokslas apie 300 metų skelbia, kad žmoniją išgebės „tik šviesa galvoje“, tačiau ilgalaikė tautų patirtis priduria, kad be jausmo protas taps negyvu, šaltu, t. y. nežmogišku. Neaišku, nuo ko žmonija greičiau gali išnykti, ar nuo tamsos, ar nuo šalčio?
848. Smegenys labai atrofuojasi, jei jos vykdo tik kitų nurodymus, o pačios nesprendžia jokių problemų. Kai tampa priklausomas nuo kitų valios, tada vargu, ar gali efektyviai veikti nervų ląstelės.
849. Labai valingos, turinčios labai didelį tikslą, vien jo siekiančios smegenys taip pat gali pradėti degraduoti, nes valia ir protas vienas kitą slopina. Per didelė valia (tada, kai nelanksti) galima sakyti atrofuoja smegenis. Štai kodėl reikia laisvos minties!
850. Žmogaus protą ypač paralyžiuoja įvairios dogmos, ypač „dogmatinė kultūra“. „Dogmatinė kultūra“ – tai tikėjimas, kad turi būti sukurtos tam tikros aiškos taisyklės, pagal kurias žmogus (negalvodamas) turi ir gali elgtis. Na, tada žmogus ir negalvoja.
851. Efektyvus žmogus tampa neefektyviu, jei pervertina savo protą, galias ir visur nori nugalėti, nieiško kompromisų. Kitaip tariant per didelis pasitikėjimas savo protu taip pat yra vienas labai svarbių veiksnių, kuris atrofuoja smegenis.

852. Žmogaus smegenys gali atbukti, jei jis bandys racionalizuoti visą gyvenimą, pvz., jausmus, meną, religiją, laimę arba meilę.
853. Pats didžiausias smegenų kūrybiškos veiklos slopinimo sąjungininkas yra baimė. Baimė padaryti klaidą, atrodyti kitokiu. Valdžios baimė. Netolerancijos baimė, baimė „Intelektualiniam chamizmui“. Paprastai tariant, „bijodamas nebegali galvoti – už tave galvoja kiti“. Taigi, kuo mažiau žmogus galvoja, tuo labiau atrofuojasi jo smegenys. Kai smegenys atrofuosis iki tam tikro „kritinio taško“, žmogus tada staigiai tampa drąsiu, nors mąstymo galimybės jau minimalios. Toks gali tapti labai pavojingu ne tik sau, bet ir visuomenei. Galbūt, dėl to žmogus ir visuomenė privalo treniruoti savo protą!
854. Intelektui augti yra daug trukdžių ir daugelis iš jų yra labai pavojingi (sunkiai pastebimi), todėl atvirai pasakysiu, nežinau, ar žmonijos istorija pasuks smegenų tobulinimo, ar jų atrofijos keliu.
855. Šis skyrius kineziterapeutams svarbus dėl to, kad jie aiškiau suprastų, kad, norint padėti pacientams atkurti pažinimo funkcijas, reikia šaltinių įvairovės ir krypties (t. y. paciento vidinės motyvacijos).

10. BAIGIAMIEJI TEIGINIAI APIE ŽMOGAUS PROTO GALIĄ

856. Reikia pripažinti, kad proto galių yra žymiai mažiau nei trūkumų, bet tai nereiškia, kad protas nėra galingas pažinimo ir veikimo šaltinis.
857. Žmogaus protas yra labai ribotas. Mes žinome nepalyginamai mažiau nei nežinome. Mes nesame pajėgūs viską pažinti. Ką mes galime padaryti geriausiai – suprasti savo žinojimo ir nežinojimo ribas (kurios, žinoma, visada kis). Daugeliui žmonių tai kelia nerimą, netgi depresiją. Juk kiekvienas sergantis neurologinė liga norėtų tokios reabilitacijos metodikos, kuri būtų efektyvi 100 proc. Deja, taip nebūna ir negali būti.
858. Kuo geriau pažinsime pasaulį, tuo daugiau atsiras neaiškumų, todėl didžiausias pažinimas bus tada, kai žinosime ne tai, ką žinome, bet tai, ko dar nežinome. Nežinau, ar tai bus paguoda žmogui. Ar bus paguoda insultą patyrusiam ligoniui, jei jis sužinos apie neuroreabilitacijos mokslo pasiekimus, t.y. žymiai daugiau yra neaiškumų nei efektyviai veikiančių reabilitacijos technologijų.
859. Taigi, kiek besimokytumėme aiškiau ir tikriau atrasti tiesą, kvailumas, lyginant su protingumu, visada bus begalinis. Tačiau labai prašau – neskubėkime „kvailumą“ skelbti nugalėtoju, nes jis tikrai parodys „savo galią“. „Kvailumas“ gali pasireikšti ir neuroreabilitacijoje. O pasireiškia jis dviem kraštutiniais būdais: a) visišku abejojimu ir nesidomėjimu neuroreabilitacijos mokslo (ypač fundamentalaus) pasiekimais (tada vyrauja nuomone, kad praktika yra visagalė); b) manymas, kad mokslas neuroreabilitacijoje yra visagalis. O tiesa yra tarp šių kraštutinumų.
860. Stipriausia žmogaus intelekto dalis – logika ir žiniomis pagrįstas mąstymas; o silpniausia – originalių, netikėtų hipotezių arba idėjų spėjimas, atradimas arba numatymas. Paradoksalu, bet silpniausia dalis valdo stipriausią. Kitaip tariant, iracionalumas valdo racionalumą, bet ne priešingai.
861. Žmogaus protas labai ribotas, o kvailumas neturi ribų. Mūsų pareiga ne pralenkti kvailumą (tai neįmanoma), bet su juo susidraugauti, t. y. kad jis netrukdytų protui priimti

teisingus sprendimus. Būkime budrūs! Per daug nepasitikėkime protu, o tuo labiau kvailumu – jie abu gali mus išduoti. Pirmasis – dėl silpnumo, antrasis – dėl per didelės galios. Nežinau, kur rasti tokią išmintį, kuri pasakytų, kaip protui taikiai sutarti su kvailumu.

862. Svarbiausia proto paskirtis – nors kiek riboti kvailumo valią (kvailumas tik valią ir turi). Kaip esu rašęs, valia be proto yra viską laužanti, o protas be valios – miegantis. Todėl būtina protą tik treniruoti, bet pažadinti jį, nors vieninteliam kilniam darbui – prislopinti (nors laikinai) vis didėjančią kvailumo galią. Deja, šis teiginys man atrodo dar problematiškesnis. Taigi, kaip apriboti vis didėjančią kvailumo galią, jei jo tiek daug ir jis toks dinamiškas.
863. Mąstymo rezervai yra milžiniški, nors tik dabar juos pradėdame suprasti. Kam reikia to supratimo? Naujai galiai įsitvirtinti – protui? Tai būtų pavojinga. Tada man kyla klausimas ne vien dėl proto galių, bet ir dėl jo esmės, prasmės ir sąsajų su kitais pažinimo šaltiniais.
864. Šis baigiamasis skirsnis buvo skirtas visiems: neuoreabilitacijos specialistams, sveikiems žmonėms, ligoniams dėl vieno tikslo, t. y. geriau suprasti galvos smegenų funkcijos reikšmę ilgoje mūsų gyvenimo istorijoje.

11. IŠVADOS

865. Modernioji neuroreabilitacija pagrįsta šiuolaikiniais judesių valdymo, mokymo bei funkcinės treniruotės principais, kurių pagrindinis – galvos smegenų nervų ląstelės atsigauna tik tada, jei jos efektyviai dirba. Jei jos nedirba, tampa nereikalingomis.

866. Galvos smegenys geriausiai treniruojamos, kai atlieka spontaniškus, dinamiškus, tikslius, įdomius, tikslingus ir originalius judesius, kur sujungiamas protas, emocijos ir judesiai.

867. Sergantiesiems neurologinėmis ligomis būtina atstatyti ne tik centrinę nervų sistemą, bet ir griaučių raumenis, nes funkcionalūs raumenys pagreitina centrinės nervų sistemos atsigavimą.

868. Norint, kad galvos smegenys būtų labiau apsaugotos, pvz., nuo insulto, būtina atlikti judesius, kurie ypač treniruoja galvos smegenų neuronus.

869. Kai žmogus atlieka įvairius judesius, labiausiai jis treniruoja judesių valdymo mechanizmus. Tada jis išmoka spręsti judėjimo problemas ir tą moka daryti sąmoningai ir nesąmoningai.

870. Fiziniai pratimai ne vien treniruoja motorinę sistemą, bet mažina stresą, įtampą, didina protinį darbingumą, šalina ilgai trunkantį nuovargį, mažina depresiją ir ilgina kokybiško gyvenimo trukmę.

871. Geras miegas užtikrina efektyvią neuroreabilitaciją. Neureabilitacijos mokslininkai vis atranda naujų gero miego privalumų – nuo kelių minučių snūstelėjimo iki to, kad skirtingos miego fazės „moko“ skirtingų dalykų (arba atkuria skirtingus galvos smegenų veiklos mechanizmus).

872. Protinę veiklą kaip ir motorinę labai gerai treniruoja įvairūs originalūs ir netikėti problemų sprendimai. Kuo įvairesnė protinė veikla, tuo įvairesni ir nerviniai tinklai galvos smegenyse.

873. Modernioji neuroreabilitacija ir abilitacija žengia dar tik pirmuosius žingsnius moksle ir praktikoje. Didžiausia kol kas spraga – kaip suderinti taikomuosius ir fundamentaliuosius tyrimus. Kol kas šie tyrimai neina koja kojon. Net priešingai – taikomųjų tyrimų atstovai dažnai

netgi ignoruoja fundamentaliuosius tyrimus. Manau, kad ši klaida laipsniškai nyks didėjant mokslo kultūrai.

874. Modernioji neuroreabilitacija integruoja daugelio mokslų žinių, t. y. taiko tarpdisciplininį integravimo principą (integruoja genetiką, fiziologiją, morfologiją, inžineriją, valdymo teorijas, judesių valdymą ir mokymą, psichologiją, farmakologiją ir kitas disciplinas).
875. Šių dienų kineziterapeutams būtina mokytis rengti individualias neuroreabilitacijos programas, numatyti reabilitacijos eigą ir, remiantis testavimo rezultatais, ją koreguoti.
876. Šių dienų mokslo pasiekimai gali labai ir labai daug kuo padėti neurologinėmis ligomis sergantiems žmonėms. Kineziterapeutų pareiga – mokslo pasiekimus perteikti žmonių gyvenimo kokybei gerinti. Tačiau kineziterapeutai to negalės padaryti efektyviai, jei patys neatliks taikomųjų tyrimų. Jei to jie nedarys, tada jie bus tik amato meistrai, bet ne naujų idėjų kūrėjai ir įgyvendintojai. Taigi, jei kineziterapeutai negebės įsisavinti šiuolaikinį mokslo metodą, jie naudosis praeities (20–50 metų senumo) kineziterapija.
877. Įsitikinęs, kad kineziterapeutai privalo ne tik teikti pacientams šių dienų mokslą ir praktiką atitinkančias kokybiškas paslaugas, bet ir patys, atlikdami taikomuosius tyrimus ir keldami drąsias idėjas ir jas tikrindami, privalo kelti geru mokslu ir patikima praktika pagrįstą kineziterapijos kultūrą.
878. Koks galingas ir patikimas būtų neurororeabiliacijos mokslas, jis niekada nebus vieninteliu neuroreabilitacijos praktikos pažinimo šaltiniu. Negalima ir negalėsime užmiršti individualios kineziterapeuto patirties, jo intuicijos, gebėjimo suprasti paciento jausmus (džiaugsmus ir kančias). Šis pažinimo būdas privalo papildyti mokslinį pažinimo būdą, t. y. žengti „koja kojono“.
879. Šios knygos tikslas – nors truputį padėti kineziterapeutams šiame nelengvame tobulėjimo kelyje – nuo jausmų, intuicijos, faktų, eksperimento, logikos link integruoto pažinimo. Šiame kelyje turi būt, yra ir bus tai, jog klaidų ir praradimų bus daugiau nei atradimų. Ar mes turime kitą kelią?

12. LITERATŪRA

1. Abe M., Schambra H., Wassermann E.M., Luckenbaugh D., Schweighofer N., Cohen L.G. Reward improves long-term retention of a motor memory through induction of offline memory gains // *Curr Biol*, 2011, 12, 21(7), 557-62.
2. Abe T., Kearns C.F., Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training // *J Appl Physiol.*, 2006, 100(5), 1460-1466.
3. Afari N., Buchwald D. Chronic fatigue syndrome: review // *Am J Psychiatry*, 2003, 160, 2, 221-236.
4. Ahn A.C., Tewari M., Chi-Sang Poon, Phillips R.S. The clinical applications of a systems approach // *PLOSS Medicine*, 2006, 3, (7), 956-960.
5. Anderson K., Behm G. The impact of instability resistance training on balance and stability // *Sports Medicine*, 2005, 35 (1), 43—53. Review.
6. Asakura A., Hirai H., Kablar B., Morita S., Ishibashi J., Piras B.A., Christ A.J., Verma M., Vineretsky K.A., Rudnicki M.A. Increased survival of muscle stem cells lacking the MyoD gene after transplantation into regenerating skeletal muscle // *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 2007, 104(42), 1552-1657.
7. Backus B., Oruc I. Illusory motion from change over time in the response to contrast and luminance // *Journal of Vision*, 2005, 5, 1055–1069.
8. Bernhardt J., Dewey H., Thrift A., Collier J., Donnan G.A Very Early Rehabilitation Trial for Stroke (AVERT): Phase II Safety and Feasibility // *Stroke*, 1, 2008, 39(2), 390 – 396.
9. Bernstein N. The co-ordination and regulation of movements. London: Pergamon Press, 1967.
10. Biernaskie J., Chernenko G., Corbett D. Efficacy of rehabilitative experience declines with time after focal ischemic brain injury // *J Neurosci*, 2004, **24**, 1245–1254.
11. Blanton S., Wilsey H., Wolf S.L. Constraint-induced movement therapy in stroke rehabilitation: perspectives on future clinical applications. *euroRehabilitation* // 2008, 23(1), 15-28. Review.
12. Bo X., Wu D., Yeh J., Zhang Y. Gene therapy approaches for neuroprotection and axonal regeneration after spinal cord and spinal root injury // *Curr Gene Ther*, 2011, 11(2), 101-115. Review.
13. Bolognini N., Pascual-Leone A., Fregni F. Using noninvasive brain stimulation to augment motor training-induced plasticity // *J NeuroEng Rehabil*, 2009; 6, 8.

14. Bonnier C. Evaluation of early stimulation programs for enhancing brain development // *Acta Paediatr*, 2008, 97(7), 853-8.
15. Booth F. W., Tseng B. S., Fluck M., Carson J. A. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to physical training // *Acta Physiol Scand*, 1998, 162 (3), 343—350. Review.
16. Bransford J.D., Brown A.L., & Cocking R.R. (Eds.). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington: National Academy Press, 1999.
17. Burdet E., Tee K. P., Mareels I., Milner T. E., Chew C. M., Franklin D. W., Osu R., Kawato M. Stability and motor adaptation in human arm movements // *Biol Cybern*, 2006, 94 (1), 20—32.
18. Butz M., Wörgötter F., van Ooyen A. Activity-dependent structural plasticity // *Brain Res Rev*, 2009,60(2), Review.
19. Byrne C., Twist C., Eston R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage // *Sports Medicine*, 2004, 34 (1), 49—69.
20. Capaday C. The Integrated Nature of Motor Cortical Function // *The Neuroscientist*, 2004, 10, 3, 207—220.
21. Carlsson L., Yu J.G., Moza M., Carpén O., Thornell L.E. Myotilin: a prominent marker of myofibrillar remodelling // *Neuromuscul Disord.*, 2007, 17(1), 61-68.
22. Carlson N.R. *Physiology of Behavior*. Boston: Allyn and Bacon, 2010.
23. Carmichael S.T. Translating the frontiers of brain repair to treatments: starting not to break the rules // *Neurobiol Dis*, 2010, 37(2), 237-42. Review.
24. Carmichael S.T. Themes and strategies for studying the biology of stroke recovery in the poststroke epoch // *Stroke*, 2008, 39(4), 1380-1388. Review.
25. Carmichael S.T. Molecular mechanisms of neural repair after stroke. Pp. 11-21. Cramer S., Nudo RJ. *Brain Repair after Stroke*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
26. Carter A.R., Lisa T. Connor L.T., Dromerick A.W. *Rehabilitation After Stroke: Current State of the Science* // *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2010; 10(3), 158–166.
27. Cirillo J., Lavender A.P., M. C. Ridding M.C. Semmler J.G. Motor cortex plasticity induced by paired associative stimulation is enhanced in physically active individuals // *J Physiol.*, 2009, 587(24), 5831 – 5842.
28. Cohen D.L., Pascual-Leone A., Press D.Z., Robertson E.M. Off-line learning of motor skill memory: a double dissociation of goal and movement // *Proc. Natl. Acad. Sci USA*, 2006, 102, 50, 18237-18241.
29. Comerford M. J., Mottram S. L. Functional stability re-training: principles and

- strategies for managing mechanical dysfunction // *Man Therapy*, 2001, 6 (1), 3—14. Review.
30. Coupar F., Pollock A., van Wijck F., Morris J., Langhorne P. Simultaneous bilateral training for improving arm function after stroke // *Cochrane Database Syst Rev.*, 2010, 14, (4), CD006432.
 31. Covey S.R. *The 7 Habits of Highly Effective People: restoring the chracter ethic.* New York: Free Press, 2004.
 32. Cramer S.C. Repairing the human brain after stroke: I. Mechanisms of spontaneous recovery // *Ann Neurol.*, 2008, 63(3), 272-287.
 33. Cramer S.C. Functional magnetic resonance imaging in stroke recovery // *Phys Med Rehabil Clin*, 2003, 14(1 Suppl), S47- S55.
 34. Cramer S.C., Sur M., Dobkin B.H., et al. Harnessing neuroplasticity for clinical applications // *Brain*, 2011, 134(6), 1591–1609.
 35. Crewther B., Cronin J., Keogh J. Possible stimuli for strength and power adaptation : acute metabolic responses // *Sports Med*, 2006, 36 (1), 65—78. Review.
 36. Crone C., Bindsley N., Engberg I., Garby L., Hultborn H., Saltin B. *Fysiologi.* Foreningen AF, Kopenhagen, Aarhus, Odense, 1990.
 37. Davids K., Glazier P., Araujo D., Bartlett R. Movement systems as dynamical systems: The functional role of variability and its implications for sports medicine // *Sports Medicine*, 2003, 33 (4), 245—260.
 38. Davids K., Bennet S., Newell K. *Movement Systems Variability.* Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2006.
 39. Davids K., Button C., Bennet S. *Dynamics of Skill Acquisition: A Constraint-Led Approach.* Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2008.
 40. Davidson P. R. & Wolpert D. M. Widespread access to predictive models in the motor system // *A Short Review Journal of Neural Engineering*, 2005, 2, 8313—8319.
 41. Davidson P. R., Wolpert D.M. Motor learning and prediction in a variable environment // *Curent Opinion in Neurobiology*, 2003, 13, 1—6.
 42. Deetjen P., Speckmann E.-J. *Physiologie.* 2 Aufl., Urban and Schwarzenberg, Munchen-Wien-Baltimore, 1994.
 43. DeLuca J. *Fatigue: as a Window to the Brain.* The MIT Press: London, 2005.
 44. Di Filippo M., Tozzi A., Costa C., Belcastro V., Tantucci M., Picconi B., Calabresi P. Plasticity and repair in the post-ischemic brain // *Neuropharmacology*, 2008, 55(3), 353-62. Review.

45. Dobkin B.H. Strategies for stroke rehabilitation // *Lancet Neurol.*, 2004, 3(9), 528-36. Review.
46. Dobkin B.H. Rehabilitation after stroke // *The New England Journal of Medicine*, 2005, 352, 1677-1684.
47. Dobkin B.H. Training and exercise to drive poststroke // *Nature Clinical Practice Neurology*, 2008, 4(2), 76-85. Review.
48. Dobkin B.H. *The Clinical Science of Neurologic Rehabilitation*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
49. De Marchi T., Leal Junior E.C., Bortoli C., Tomazoni S.S., Lopes-Martins R.A., Salvador M. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress // *Lasers Med Sci*, 2011 Jul 8. [Epub ahead of print]
50. De Dreu C.K.W., Baas M., Nijstad BA. Hedonic tone and activation level in the mood-creativity link toward a dual pathway to creativity model // *J Personal Soc Psychol*, 2008, 94, 739–56.
51. Desmurget M., Grafton S. Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements // *Trends in Cognitive Sciences*, 2000, 4, 11, 423-431. Review.
52. Diekelmann S., Born J. The memory function of sleep // *Nat Rev Neurosci.*, 2010, 11(2), 114-26.
53. Dimon T. *The Elements of Skill*. Berkeley, California: North Atlantic Books, 2003.
54. Dimon T. *The Undivided self*. Berkeley: North Atlantic Books, 1999.
55. Dishman R.K., Berthoud H.R., Booth F.W., Cotman C.W., Edgerton V.R., Fleshner M.R., Gandevia S.C., et al. Neurobiology of exercise // *Obesity (Silver Spring)*, 2006, 14(3), 345-56. Review
56. Doherty T. J. Invited review: Aging and sarcopenia // *J Appl Physiol*, 2003, 95 (4), 1717—1727. Review.
57. Dohle C., Pullen J., Nakaten A., et al. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial // *Neurorehabil Neural Repair*, 2009, 23, 209–217.
58. Duncan P.W., Sullivan K.J, Behrman A.L., Azen .SP., Wu S.S., Nadeau S.E., Dobkin B.H., Rose D.K., Tilson J.K., Cen S., Hayden S.K.; LEAPS Investigative Team. Body-weight-supported treadmill rehabilitation after stroke // *N Engl J Med*, 2011, 26, 364(21), 2026-36.
59. Edgerton V.R., Roy R.R. Robotic training and spinal cord plasticity // *Brain Res Bull*, 2009, 15, 78(1), 4-12.

60. Elbasiouny S.M., Moroz D., Bakr M.M., Mushahwar V.K. Management of spasticity after spinal cord injury: current techniques and future directions // *Neurorehabil Neural Repair* // 2010, 24(1), 23-33.
61. Enoka R. *Neuromechanics of Human Movement*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2002.
62. Ethier V., Zee D.S., Shadmehr R. Spontaneous recovery of motor memory during saccade adaptation // *J Neurophysiol*. 2008, 99(5), 2577-2583.
63. Evans W. J. Protein nutrition, exercise and aging // *J Am Coll Nutr*, 2004, 23 (6 Suppl), 601S—609S.
64. Farina D. Interpretation of the surface electromyogram in dynamic contractions // *Exerc Sport Sci Rev.*, 2006, 34(3), 121-127.
65. Fetz E.E. Volitional control of neural activity: implications fro brain-computer interfaces // *J Physiol*, 2007, 579, 3, 571-579.
66. Finch E., Brooks D., Stratford P.W., Mayo N.E. *Physical Rehabilitation Outcome Measures. A Guide to Enhanced Clinical Decision-Making.*, 2nd ed. Toronto, Ontario: Canadian Physiotherapy Association, 2002.
67. Fitts P.M. The information capacity of human motor system in controlling amplitude movement // *Journal of Experimental Psychology*, 1954, 47, 381-391.
68. Fitts R. H., Widrick J. J. Muscle mechanics: adaptations with exercise-training // *Exerc Sport Sci Rev*, 1996, 24, 427—473. Review.
69. Flanagan J.R., Johansson R.S. Action plans used in action observation // *Nature*, 2003, 424, 14, 769-771.
70. Fleck S. J., Kraemer W. J. *Designing resistance training programs*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.
71. Flor H. Maladaptive plasticity, memory for pain and phantom limb pain: review and suggestions for new therapies // *Expert Rev Neurother*, 2008, 8(5), 809-818.
72. Foley N., Teasell R., Jutai J., Bhogal S., Kruger E. *Upper Extremity Interventions. The Evidence Based Review of Stroke Rehabilitation*, 2009.
73. Folland J., Williams A.G. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength // *Sports Med.*, 2007, 37, 2, 145-168. Review.
74. Fogarty, R.J., Stoehr J. *Integrating Curricula With Multiple Intelligences: Teams, Themes, and Threads*. Corwin Press; 2nd Editon, 2007.
75. French B., Thomas L., Leathley M., Sutton C., McAdam J., Forster A., Langhorne P., Price C., Walker A., Watkins C. Does repetitive task training improve functional activity after

- stroke? A Cochrane systematic review and meta-analysis // J Rehabil Med. 2010, 42(1), 9-14.
76. French B., Thomas L., Leathley M., Sutton C., McAdam J., Forster A., Langhorne P., Price C., Walker A., Watkins C. Repetitive task training for improving functional ability after stroke. Cochrane Database // Syst Rev., 2007, 17;(4), CD006073.
 77. Gabriel D. A., Kamen G., Frost G. Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices // Sports Med, 2006, 36 (2), 133—149.
 78. Gardner, H. (1999). *Intelligence Reframed. Multiple intelligences for the 21st century*. New York: Basic Books.
 79. Garrett B. Brain and Behavior: An Introduction to Biological Psychology. SAGE Publications: California, 2011.
 80. Georgopoulos A. P., Taira M., Lukashin A. Cognitive neurophysiology of motor cortex // Science, 1993, 260, 47—52.
 81. George J.M. Chapter 9: Creativity in organizations // Acad Manage Ann, 2007, 1, 439—77.
 82. Ghez C., Krakauer J. The organization of movement // In Kandel E.R., Schwartz J.M., Jessel T.M. *Principles of Neural Science*. New York: McGraw-Hill, 2000, p.653-673.
 83. Gibson J. J. The Ecological Approach to Visual Perception. Boston, MA: Houghton-Mifflin, 1979.
 84. Ginis K..A, Hicks A.L., Latimer A.E., Warburton D.E., Bourne C., Ditor D.S., Goodwin D.L., Hayes K.C., McCartney N., McIlraith A., Pomerleau P., Smith K., Stone J.A., Wolfe D.L. The development of evidence-informed physical activity guidelines for adults with spinal cord injury // Spinal Cord, 2011, [Epub ahead of print].
 85. Gluck M.A., Mercado E., Myers C.E. Learning and memory. From Brain to behavior. New York: Worth Publishers, 2008.
 86. Gordon A. M., Homsher E., Regnier M. Regulation of contraction in striated muscle // Physiological Reviews, 2000, 80 (2), 853—924.
 87. Green H.J. Mechanisms and management of fatigue in health and disease: symposium introduction. Can J Appl Physiol. 2004, 29(3), 264-273. Review.
 88. Hadders-Algra M. Variation and variability: key words in human motor development // Phys Ther, 2010, 90(12), 1823-37.
 89. Heuser M., Pincivero D. The effects of stretching on knee flexor fatigue and perceived exertion // J Sports Sci, 2010, 28(2), 219-26.
 90. Hachinski V. et al. Stroke: working toward a prioritized world agenda // Cerebrovascular Diseases, 2010, 30, 127-147.

91. Halsband U., Lange R.K. Motor learning in man: a review of functional and clinical studies // *Journal of Physiology (Paris)*, 2006, 99, 414-424.
92. Handford C., Davids K., Bennett S., Button C. Skill acquisition in sport:some applications of an evolving practice ecology // *Journal of Sports Sciences*, 1997,15, 651—640.
- 93.Han C.E., Arbib M.A., Schweighofer N. Stroke rehabilitation reaches a threshold // *PLoS Comput Biol.*, 2008, 22;4(8), e1000133.
94. Hang S.H. A review of the ipsilateral motor pathway as a recovery mechanism in patients with stroke // *NeuroRehabilitation*, 2009, 24, 315–320.
95. Haris C. M., Wolpert D. M. Signal-dependent noise determines motor planing // *Nature*, 1998, 394, 780—784.
96. Haken H. *Principles in Brain Functioning. A synergetic approach to brain activity.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1996.
97. Haken H., Kelso J.A., Bunz H. A theoretical model of phase transitions in human hand movements // *Biol Cybern*, 1985, 51(5), 347-356.
98. Harris J.E, Eng J.J. Strength training improves upper-limb function in individuals with stroke: a meta-analysis // *Stroke*, 2010, 41,136–140.
99. Haywood K. M., Getchell N. *Life Span Motor Development.* Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2005.
100. Hazell T., Kenno K., Jakobi J. Functional benefit of power training for older adults // *J of Aging and Physical Activity*, 2007, 15, 349-359.
101. Heim C., Bierl C., Nisenbaum R., Wagner D., Reeves W.C.Regional prevalence of fatiguing illnesses in the United States before and after the terrorist attacks of September 11, 2001 // *Psychosom Med.*, 2004,66(5), 672-678.
102. Henneman E., Somjen G., and Carpenter D. O. Functional significance of cell size in spinal motoneurons // *J Neurophysiol*, 1965, 28, 560—580.
103. Hennessey B.A., Amabile T.M. Reality, intrinsic motivation, and creativity // *Am Psychol.*, 1998, 53,674–75.
104. Hennessey B.A., Amabile T.M. Creativity // *Annual Review of Psychology*, 2010, 61, 569-598.
105. Herzog W. Muscle properties and coordination during voluntary movement // *J Sports Sci*, 2000, 18(3), 141-152. Review.
106. Hikosaka O., Nakamura K., Sakai K., Nakahara H. Central mechanisms of motor skill learning // *Current Opinion in Neurobiology*, 2002, 12, 217-222.
107. Hunter G. R., McCarthy J. P., Bamman M. M. Effects of resistance training on older

- adults // *Sports Med*, 2004, 34 (5), 329—348. Review.
108. Johnston M. Plasticity in the developing brain: implications for rehabilitation // *Developmental Disabilities: Research Reviews*, 2009, 15, 94-101.
 109. Jones T.A., Adkins D.L. Behavioral influences on neuronal events after stroke. Pp. 23-33. Cramer S., Nudo R.J. *Brain Repair after Stroke*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
 110. Kakei S., Hoffman D.S., Strick P.L. Muscle and movement representations in the primary motor cortex // *Science*, 1999, 285, 2136-2139.
 111. Kandel E. R., Schwartz J. H. *Principles of Neural Science*. 3rd edition, Elsevier Science Publ., Amsterdam, New York, Oxford, 1991.
 112. Kandel E. R., Schwartz J. H., Jessell T. M. *Principles of Neural Science*. New York: McGraw-Hill, 2000.
 113. Kanning K.C., Kaplan A., Henderson C.E. Motor neuron diversity in development and disease // *Annu Rev Neurosci.*, 2010, 33, 409-40. Review.
 114. Karni A., Meyer G., Rey-Hipolito C., Jezzard P., Adams M.M., Turner R., Ungerleider L.G. The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex // *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1998, 3;95(3), 861-868. Review.
 115. Kauffman S. A. (2000). *Investigations*. Oxford University Press.
 116. Keisler A., Shadmehr R. A shared resource between declarative memory and motor memory // *J Neurosci.*, 2010, 3, 30(44), 14817-23.
 117. Kelso J. A. S. *Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behavior*. Cambridge: MIT Press, 1999.
 118. Kirkendall D. T., Garrett W. E. Jr. The effects of aging and training on skeletal muscle // *Am J Sports Med*, 1998, 26 (4), 598—602. Review.
 119. Kleim J.A., Jones T.A. Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage // *J Speech Lang Hear Res*, 2008, 51(1), S225-239.
 120. Kleim J.A., Schwerin S. Motor map plasticity: a neural substrate for improving motor function after stroke, pp.1-10. Cramer S., Nudo R.J. *Brain Repair after Stroke*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
 121. Kline T.L., Schmit B.D., Kamper D.G. Exaggerated interlimb neural coupling following stroke // *Brain*, 2007, 130(Pt 1), 159-69.
 122. Kounios J., Frymiare J.L., Bowden E.M., Fleck J.I., Subramaniam K., et al. The

- prepared mind: neural activity prior to problem presentation predicts subsequent solution by sudden insight // *Psychol. Sci*, 2006, 17, 882–90.
123. Kolb B., Whishaw I.Q. *Fundamentals of Human Neurophysiology*. New York: Worth Publishers, 2009.
 124. Kolb B., Whishaw I.Q. Brain Plasticity and Behavior // *Annual Review of Psychology*, 1998, 49, 43-64.
 125. Kollen B.J., Lennon S., Lyons B., Wheatley-Smith L., Scheper M., Buurke J.H., Halfens J., Geurts A.C., Kwakkel G. The effectiveness of the Bobath concept in stroke rehabilitation: what is the evidence? // *Stroke*, 2009, 40(4), e89-97.
 126. Krakauer J.W. Arm function after stroke: from physiology to recovery // *Semin Neurol*, 2005,25(4), 384-395.
 127. Krakauer J. W. and Shadmehr R. Consolidation of motor memory // *Trends in Neurosciences*, 2006, 29, 58—64.
 128. Kwakkel G. Impact of intensity of practice after stroke: issues for consideration // *Disability and Rehabilitation*, 2006, 28(13-14), 823-830.
 129. Ladyman, J., Ross, D. (2007). *Every Thing must go: Metaphysics Naturalized*. Oxford: University Press.
 130. Lane R. Chronic fatigue syndrome: is it physical? // *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2000, 69(3), 289 - 289.
 131. Langer E.J. *The Power of Mindful Learning*. New York: Addison-Wesley, 1997.
 132. Langhorne P., Coupar F., Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review // *Lancet Neurol*, 2009, 8(8),741-54.
 133. Langhorne P., Bernhardt J., Kwakkel G. Stroke rehabilitation // *Lancet*, 2011, 14, 377(9778), 1693-702.
 134. Latash M. L. *Neurophysiological Basis of Movement*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2008 (Second Edition).
 135. Latash M.L., Anson J.G. Synergies in Health and Disease: relations to adaptive changes in motor control // *Physical Therapy*, 2006, 86 (8), 1151-1160.
 136. Leuner B., Gould E.. Structural Plasticity and Hippocampal Function // *Annual Review of Psychology*, 2010, 61, 111–40.
 137. Levine P.G. *Stronger after Stroke: Your Roadmap to recovery*. New York: Demos Medical Publishing. 2009.
 138. Lieber R. L. *Skeletal Muscle Structure, Function and Plasticity. The Physiological Basis of Rehabilitation*. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, 2002.

139. Lieber R.L. Skeletal muscle structure, function and plasticity: The Physiological basis of rehabilitation. Lippincott Williams and Wilkins, Wolters Kluwer, Philadelphia, 2010.
140. Liu Y. T., Mayer-Kress G., Newell K. M. Qualitative and quantitative change in the dynamics of motor learning // *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2006, 32 (2), 380—393.
141. Lo A.C., Guarino P.D., Richards L.G., et al. Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke // *N Engl J Med*, 2010, 362, 1772–1783.
142. Logan L.R. Rehabilitation techniques to maximize spasticity management // *Top Stroke Rehabil*, 2011, 18(3), 203-11.
143. Lord R.G., Diefendorff J.M., Schmidt A.M., Hall R.J. Self-Regulation at Work // *Annual Review of Psychology*, 2010, 61, 543-568.
144. Luft A.R., Buitrago M.M. Stages of motor skill learning // *Molecular Neurobiology*, 2005, 32, 205-216.
145. Lundy-Ekman L. *Neuroscience: Fundamentals for Rehabilitation*. Saunders; 3 edition, 2007.
146. Luppino G., Rizzolatti G. The organization of the frontal motor cortex // *News Physiol Sci.*, 2000, 15, 219-224.
147. MacIntosh B. R., Gardiner P. F., McComas A. J. *Skeletal muscle: Form and Function*. 2nd edition. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers, 2006.
148. Maffiuletti N.A. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation // *Eur J Appl Physiol*, 2010, 110(2), 223-34.
149. Magil R. A. *Motor Learning and Control: Concepts and Applications*. New York: McGraw-Hill, 2007.
150. Malcolm L. Johnson, Vern L. Bengtson, Peter G. Coleman, and Thomas B. L. Kirkwood. *The Cambridge Handbook of Age and Ageing*. Cambridge University Press, 2006.
151. Malina R. M., Bouchard C., Bar-Or O. *Growth, Maturation and Physical Activity*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004.
152. Marconi B., Filippi G.M., Koch G., Giacobbe V., Pecchioli C., Versace V., Camerota F., Saraceni V.M., Caltagirone C. Long-Term Effects on Cortical Excitability and Motor Recovery Induced by Repeated Muscle Vibration in Chronic Stroke Patients *Neurorehabil // Neural Repair*, 2011, 1, 25(1), 48 – 60.
153. Mark V.W., Taub E., Morris D.M. Neuroplasticity and constraint-induced movement therapy // *Eura Medicophysica*, 2006, 42, 269-284.
154. Martin J. H. *The Corticospinal System: From Development to Motor Control* // *The Neuroscientist*, 2005, 11, 2, 161—173. Review.

155. Martin, D. J. *Elementary Science Methods: A Construtive Approach*. Wadsworth Publishing, 2005.
156. Mayer J.D., Roberts R.D., Barsade. S.G. Human Abilities: Emotional Intelligence // *Annual Review of Psychology*, 2008, 59, 507-536.
157. McMorris T. *Acquisition and Performance of Sports Skills*. John Wiley and Sons, Ltd., 2009.
158. Miller B.F. Human muscle protein synthesis after physical activity and feeding // *Exerc. Sports Sci. Rev*, 2007, 35, 2, 50-55.
159. Miyai I., Blau A.D., Reding M.J., Volpe B.T. Patients with stroke confined to basal ganglia have diminished response to rehabilitation efforts // *Neurology*, 1997, 48(1), 95-101.
160. Musallam S., Corneil B.D., Greger B., Scherberger H., Andersen R.A. Cognitive control signals for neural prosthetics // *Science*, 2004, 305, 258-262.
161. Murphy T.H., Corbett D. Plasticity during stroke recovery: from synapse to behaviour // *Nat Rev Neurosci*, 2009, 10(12), 861-72.
162. Nadeau S.E. A paradigm shift in neurorehabilitation // *Lancet Neurol*, 2002, 1(2), 126-30.
163. Nagengast A.J., Braun D.A., Wolpert D.M. Risk-sensitive optimal feedback control accounts for sensorimotor behavior under uncertainty // *PLoS Comput Biol*, 2010, 15, 6(7), e1000857.
164. Nagengast A.J., Braun D.A., Wolpert D.M. Risk sensitivity in a motor task with speed-accuracy trade-off // *J Neurophysiol.*, 2011, 105(6), 2668-74.
165. Neffe J. *Einšteinas: biografija*. Vilnius: Alma Littera, 2010.
166. Newell K. M., Liu Y. T., Mayer-Kress G. Time scales in motor learning and development // *Psychol Rev*, 2001, 108 (1), 57—82. Review.
167. Nolte J. *The Human Brain. An introduction to its functional anatomy*. Mosby: Elsevier, 2009.
168. Nonaka I., Takeuchi H. *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamic of Innovation*. New York: Oxford University Press, 1995.
169. Nudo R.J. Postinfarct cortical plasticity and behavioral recovery // *Stroke*, 2007, 38(2 Suppl), 840-845. Review.
170. Osu R., Kamimura N., Iwasaki H., Nakano E., Harris C.M., Wada Y., Kawato M. Optimal impedance control for task achievement in the presence of signal-dependent noise // *J Neurophysiol.*, 2004, 92, 1199-1215.
171. Orban G., Wolpert D.M. Representations of uncertainty in sensorimotor control //

- Current Opinion in Neurobiology, 2011, 21, 1-7.
172. Orrell A.J., Eves F.F., Masters R.S.W. Motor learning of a dynamic balancing task after stroke: implicit implications for stroke rehabilitation // *Phys Therapy*, 2006, 86, 369-38.
 173. Page S.J., Gater D.R., Bach Y.R.P. Reconsidering the motor recovery plateau in stroke rehabilitation // *Arch Phys Med Rehabil.*, 2004, 85, 1377-1381.
 174. Page S.J, Levine P., Khoury J.C. Modified constraint-induced therapy combined with mental practice: thinking through better motor outcomes // *Stroke*, 2009, 40, 551–554.
 175. Panfield W., Rasmussen T. *The Cerebral Cortex of Man*. MacMillan, New York, 1950.
 176. Park D.C., Reuter-Lorenz P. The Adaptive Brain: Aging and Neurocognitive Scaffolding // *Annual Review of Psychology*, 2009, 60, 173-196.
 177. Patel T. J., & Lieber R. L. Force transmission in skeletal muscle: From actomyosin to external tendons // *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 1997, 25, 321-363.
 178. Patton J., Small S.L., Zev Rymer W. Functional restoration for the stroke survivor: informing the efforts of engineers // *Top Stroke Rehabil*, 2008, 15(6), 521-41.
 179. Pedetri LW. *Occupational therapy. Practice skills for physical dysfunction*. Chicago: Mosby, 1996.
 180. Peretz I., Zatorre R.J. Brain Organization for Music Processing // *Annual Review of Psychology*, 2005, 56, 89-114.
 181. Piaget J. *The Construction of Reality in the Child*. New York: Basic Books, 1999.
 182. Plamondon R., Alimi A.M. Speed/accuracy trade-offs in target-directed movements // *Behavioral and Brain Sciences*, 1997, 20 (2), 279-349.
 183. Plautz E.J., Milliken G.W., Nudo R.J. Effects of repetitive motor training on movement representations in adult squirrel monkeys: role of use versus learning // *Neurobiol Learn Memory*, 2000, 74, 27–55.
 184. Pierce S.R., Gallagher K.G., Schaumburg S.W., et al. Home forced use in an outpatient rehabilitation program for adults with hemiplegia: a pilot study // *Neurorehabil Neural Repair*, 2003, 17, 214–219.
 185. Pollock A., Baer G., Langhorne P, Pomeroy V. Physiotherapy treatment approaches for the recovery of postural control and lower limb function following stroke: a systematic review // *Clin Rehabil*, 2007, 21(5), 395-410.
 186. Polzer J., Milton L.P., Swann B. Capitalizing on diversity: interpersonal congruence in small work groups // *Adm Sci Q*, 2002, 47, 296–324.
 187. Pomeroy V., Aglioti S.M., Mark V.W., McFarland D., Stinear C., Wolf S.L.,

- Corbetta M., Fitzpatrick S.M. Neurological principles and rehabilitation of action disorders: rehabilitation interventions // <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21613536> 2011, 25(5 Suppl), 33S-43S.
188. Pons T.P., Garraghty P.E., Ommaya A.K., Kaas J.H., Taub E., Mishkin M. Massive cortical reorganization after sensory deafferentation in adult macaques // *Science*, 1991, 28, 252(5014), :1857-60.
 189. Prange G.B., Jannink M.J., Groothuis-Oudshoorn C.G., Hermens H.J., Ijzerman M.J. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke // *J Rehabil Res Dev.*, 2006, 43(2), 171-184.
 190. Prentice W.E., Voight M.I. *Techniques in Musculoskeletal Rehabilitation*. New York: McGraw-Hill, Medical Publishing Division, 2001.
 191. Prigogine, I. *The End of Certainty. Time, chaos, and new laws of nature*. Oxford: The Free Press, 1997.
 192. Prochazka A. & Yakovenko S. Locomotor control: from spring-like reactions of muscles to neural prediction // *The Somatosensory System: Deciphering The Brain's Own Body Image*. ed. Nelson, R.J. Boca Raton, CRC Press, 2001, 141—181.
 193. Proske U., Allen T.J. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise // *Exerc Sport Sci Rev.* 2005, 33(2), 98-104.
 194. Ratel S., Lazaar N., Williams C. A., Bedu M., Duche P. Age differences in human skeletal muscle fatigue during high-intensity intermittent exercise // *Acta Paediatr*, 2003, 92 (11), 248—254.
 195. Richards L.G., Stewart K.C., Woodbury M.L., Senesac C., Cauraugh J.H. Movement-dependent stroke recovery: A systematic review and meta-analysis of TMS and fMRI evidence // *Neuropsychologia*, 2008, 46(1), 3-11.
 196. Robertson E. M., Pascual-Leone A. & Miall R. C. Current concepts in procedural consolidation // *Nature Rev Neurosci*, 2004, 5, 576—582.
 197. Robertson E.M. From creation to consolidation: a novel framework for memory processing // *PLoS Biol*, 2009, 27, 7(1), e19.
 198. Rose D. J. *A Multilevel Approach to the Study of Motor Control and Learning*. Boston: Benjamin/Cummings, 1996.
 199. Rosenbaum D.A. *Human Motor Control*. London: Elsevier, 2010.
 200. Rosenbaum D.A., Carlson R.A., Gilmore R.O. ACQUISITION OF INTELLECTUAL AND PERCEPTUAL-MOTOR SKILLS // *Annu Rev Psychol*, 2001, 52, 453–70.

201. Runco MA. Creativity // *Annu Rev Psychol*, 2004, 55, 657–87.
202. Sanes J. M., Donoghue J. P. Plasticity and primary motor cortex // *Annual Review of Neuroscience*, 2000, 23, 393—415.
203. Saposnik G., Teasell R., Mamdani M., et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle // *Stroke*, 2010, 41, 1477–1484.
204. Savitz S.I., Chopp M., Deans R., Carmichael S.T., Phinney D., Wechsler L. Stem Cell Therapy as an Emerging Paradigm for Stroke (STEPS) II // *Stroke*, 2011, 42(3), 825-9.
205. Schaal S. Arm and hand movement control // M. A. Arbib (eds.), *The handbook of brain theory and neural networks*, 2nd edition, MIT Press, 2002, P. 110—113.
206. Sharpe M. The symptom of generalised fatigue // *Practical Neurology*, 2006, 6, 72-77.
207. Scherder E.J, Bogen T., Eggermont L.H., Hamers J.P., Swaab D.F. The more physical inactivity, the more agitation in dementia // *Int Psychogeriatr*, 2010, 22(8), 1203-8. Review.
208. Schieber M.H. Motor control: basic units of cortical output? // *Curr Biol.*, 2004, 4, 14(9), R353-4. Review.
209. Schmidt R. A., Lee T. D. *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1999.
210. Schmidt R. A., Wrisberg C. A. *Motor Learning and Performance: A problem-based learning approach*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004.
211. Schoner G., Scholz J.P. Analyzing variance in multi-degree-of-freedom movements: uncovering structure versus extracting correlations // *Motor Control*, 2007, 11, 259-275.
212. Schwartz A. B., Moran D. W., and Reina G. A. Differential representation of perception and action in the frontal cortex // *Science*, 2004, 303, 380—383.
213. Scott S.H. Converting thoughts into action // *Nature*, 2006, 442, 13, 141-142.
214. Scott S.H. Computational approaches to motor control and their potential role for interpreting motor dysfunction // *Current Opinion in Neurology*, 2003, 16, 693-698. Review.
215. Scott S. H. Conceptual frameworks for interpreting motor cortical function: New insights from a planar multiple-joint paradigm in Motor Cortex. In *Voluntary Movements*. A. Riehle, and E. Vaadia (Eds.). CRC Press, London, 2005, P. 157—180.
216. Seidler R.D., Noll D.C., Thiers G. Feedforward and feedback processes in motor control // *NeuroImage*, 2004, 22, 1775-1783.
217. Selzer M., Clarke S., Cohen L., Duncan P., Gage F. *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation: Volume 2, Medical Neurorehabilitation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

218. Shadmehr R., Wise S. P. Computational Neurobiology of Reaching and Pointing: A Foundation for Motor Learning, MIT Press, Cambridge MA, 2005.
219. Shadmehr R., Krakauer J.W. A computational neuroanatomy for motor control // Experimental Brain Research, 2008, 185, 359-381.
220. Shadmehr R. Computational approaches to motor control // Encyclopedia of Neuroscience, 2009, 3, 9-17.
221. Sheffler L.R., Chae J. Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation // Muscle Nerve, 2007, 35(5), 562-90.
222. Shumway-Cook A., Woollacott M. H. Motor Control: Translating Research into Clinical Practice. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, 2007.
223. Shepherd R. J. Aging, Physical Activity and Health. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1997.
224. Siengsukon C.F., Boyd L.A. Sleep enhances implicit motor skill learning in individuals poststroke // Top Stroke Rehabil., 2008, 15(1), 1-12.
225. Siengsukon C.F., Boyd L.A. Does Sleep Promote Motor Learning? Implications for Physical Rehabilitation // Physical Therapy, 2009, 89, 4, 370-383.
226. Singh L.N., Higano S., Takahashi S., Kurihara N., Furuta S., Tamura H., Shimanuki Y., Mugikura S., Fujii T., Yamadori A., Sakamoto M., Yamada S. Comparison of ipsilateral activation between right and left handers: a functional MR imaging study // Neuroreport, 1998, 1, 9(8), 1861-6.
227. Skurvydas A.. Apie mokslą, tiesą ir pažangą : monografija. Kaunas : Vitae Litera, 2010. 212 p.
228. Skurvydas A.. Judesių mokslas : raumenys, valdymas, mokymas, reabilitavimas, sveikatinimas, treniravimas, metodologija : vadovėlis. Kaunas : Lietuvos kūno kultūros akademija, 2008. 606 p.
229. Skurvydas A., Sipaviciene S., Krutulyte G., Gailiuniene A., Stasiulis A., Mamkus G., Stanislovaitis A. Cooling leg muscles affects dynamics of indirect indicators of skeletal muscle // J Back Musculoskeletal Rehabilitation, 2006, 19, 141-151. (c)
230. Skurvydas A., Jascaninas J., Zachovajevs P. Changes in height of jump, maximal voluntary contraction force and low-frequency fatigue after 100 intermittent or continuous jumps with maximal intensity // Acta Physiol Scand, 2000, 169 (1), 55—62.
231. Skurvydas A., Dudoniene V., Kalvenas A., Zuoza A. Skeletal muscle fatigue in long-distance runners, sprinters and untrained men after repeated drop jumps performed at maximal intensity // Scand J Med Sci Sports, 2002, 12 (1), 34—39.

232. Skurvydas, Albertas; Kamandulis, Sigitas; Stanislovaitis, Aleksas; Streckis, Vytautas; Mamkus, Gediminas; Drazdauskas, Adomas. Leg immersion in warm water, stretch-shortening exercise, and exercise-induced muscle damage // *Journal of Athletic Training*, 2008, 43, 6, 592-599.
233. Skurvydas A., Brazaitis M., Kamandulis S., Sipavičienė S. Peripheral and central fatigue after muscle-damaging exercise is muscle length dependent and inversely related // *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2010, 20, 4, 655-660.
234. Skurvydas, Albertas; Brazaitis, Marius; Kamandulis, Sigitas. Prolonged muscle damage depends on force variability // *International Journal of Sports Medicine*. Stuttgart : Thieme. ISSN 0172-4622. 2010, vol. 31, no. 2, p. 77-81.
235. Skurvydas, Albertas; Kamandulis, Sigitas; Masiulis, Nerijus. Two series of fifty jumps performed within sixty minutes do not exacerbate muscle fatigue and muscle damage // *Journal of Strength and Conditioning Research*. ISSN 1064-8011. 2010, vol. 24, no. 4, p. 929-935.
236. Skurvydas, Albertas; Brazaitis, Marius; Venckūnas, Tomas; Kamandulis, Sigitas. Predictive value of strength loss as an indicator of muscle damage across multiple drop jumps // *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2011, 36, 353-360.
237. Skurvydas, Albertas; Brazaitis, Marius; Andrejeva, Julija; Mickevičienė, Dalia; Streckis, Vytautas. The effect of multiple sclerosis and gender on central and peripheral fatigue during 2-min MVC // *Clinical Neurophysiology*, 2011, 122, 4, 767-776.
238. Smith M.A., Ghazizadeh A., Shadmehr R. Interacting adaptive processes with different timescales underlie short-term motor learning // *PLoS Biol*, 2006, 4(6), e179.
239. Spirduso W.W. *Physical Dimensions of Aging*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1995.
240. Subramanian S.K., Massie C.L., Malcolm M.P., Levin M.F. Does provision of extrinsic feedback result in improved motor learning in the upper limb poststroke? A systematic review of the evidence // *Neurorehabil Neural Repair*, 2010, 24, 113–124.
241. O'Sullivan S.B., Schmitz T.J. *Physical Rehabilitation* (Fifth edition). Philadelphia: F.A.Davis Company, 2007.
242. Stuss D.T., Winocur G., Robertson I.H. *Cognitive Neurorehabilitation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
243. Swaak J., de Jong T. Measuring intuitive knowledge in science: the development of the what-if test // *Studies in Educational Evaluation*, 1996, 2, 4, 341-362.
244. Swayne O.B., Rothwell J.C., Ward N.S., Greenwood R.J. Stages of Motor Output Reorganization after Hemispheric Stroke Suggested by Longitudinal Studies of Cortical

- Physiology // Cereb Cortex., 2008, 18(8), 1909-22.
245. Udina E., Puigdemasa A., Navarro X. Passive and active exercise improve regeneration and muscle reinnervation after peripheral nerve injury in the rat // *MuscleNerve*, 2011, 43(4), 500-9.
 246. Ungerleider L.G., Doyon J., Karni A. Imaging brain plasticity during motor skill learning // *Neurobiol Learn Mem.*, 2002, 78(3), 553-564.
 247. Takahashi C.D., Der-Yeghiaian L., Rehan Vu.L., Motiwala R.R., Cramer S.C. Robot-based hand motor therapy after stroke // *Brain*, 2008, 131, 425-437.
 248. Taub E., Crago J.E., Burgio L.D., Groomes T.E., Cook E.W., DeLuca S.C., Miller N.E. An operant approach to rehabilitation medicine: overcoming learned nonuse by shaping // *J Exp Anal Behav*, 1994, 61(2), 281-93.
 249. Taub E., Uswatte G. Constraint-induced movement therapy: answers and questions after two decades of research // *NeuroRehabilitation*, 2006, 21, 93-95.
 250. Tee J.C., Bosch A.N., Lambert M.I. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage // *Sports Med.*, 2007, 37, 10, 827-836. Review.
 251. Terry W.S. Learning and memory. Basic principles, processes and procedures. Boston: Pearson Education, Inc., 2009.
 252. Teskey G.C., Kolb B. Post-stroke recovery therapies in animals. Pp. 35-45. Cramer S., Nudo R.J. *Brain Repair after Stroke*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
 253. The Academy of Medical Sciences. Restoring neurological function: putting the neurosciences to work in neurorehabilitation, 2004. <http://www.acmedsci.ac.uk/>.
 254. Tiidus P.M. *Skeletal Muscle Damage and Repair*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2008.
 255. Todorov E. Optimality principles in sensorimotor control // *Nat Neurosci*, 2004, Sep, 7 (9), 907—915. Review.
 256. Toigo M., Boutellier U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations // *Eur J Appl Physiol.*, 2006, 97, 643-663.
 257. Tortora G.J., Derrickson B. *Principles of Anatomy and Physiology* (Eleventh Edition). John Wiley and Sons, Inc. 2006.
 258. van Beers R. J., Haggard P, Wolpert D. M. The role of execution noise in movement variability // *J Neurophysiol*, 2004, 91 (2), 1050—1063.
 259. Van Emmerik R. E. A., van Wegen E. E. H. On variability and stability in human movement // *Journal of Applied Biomechanic*, 2000, 16, 529—532.
 260. Voight M.L, Cook G. Impaired neuromuscular control: reactive neuromusculat

- training. In „Techniques in Musculoskeletal Rehabilitation“. Ed. Prentice WE, ML Voight. McGraw-Hill, Medical Publishing Division, pp 93-124, 2001.
261. Wackerhage H., Atherton P. J. Adaptation to resistance training // Genetics and Molecular Biology of Muscle Adaptation (Advances in Sport and Exercise Science) .N. Spurway, H. Wackerhage (Eds.). Edinburgh: Churchill Livingstone, 2006. P. 197 -225.
 262. Wagner K. R. Muscle regeneration through myostatin inhibition // Curr Opin Rheumatol, 2005, 17 (6), 720—724. Review.
 263. Walker M.P., Brakenfield T., Hobson J.A., Stickgold R. Dissoociable stages of human memory consolidation and reconsolidation // Nature, 2003, 425, 9, 616-620.
 264. Wamsley E.J, Stickgold R. Dreaming and offline memory processing //Curr Biol, 2010, 7, 20(23), R1010-3.
 265. Walker M.P., Stickgold R. Overnight alchemy: sleep-dependent memory evolution //Nat Rev Neurosci, 2010, 11(3), 218.
 266. Wilson B.A. Neuropsychological Rehabilitation // Annu Rev Clin Psychol, 2008, 4, 141–62.
 267. Winstein C.J., Wolf S.L. Task-oriented training to promote upper extremity recovery. In Stroke Recovery Rehabilitation, Edited by Stein J., Harvey RL., Macko RF., Winstein CJ., Zorowitz RD. New York, Demos Medical Publishing, 2009, 267-291.
 268. Wixted J.T. A theory about why we forget what we once knew // Current Directions in Psychological Science, 2005, 14, 6-9.
 269. Woldag H., Waldmann G., Heuschkel G., Hummelsheim H. Is the repetitive training of complex hand and arm movements beneficial for motor recovery in stroke patients? // Clin Rehabil. 2003, 17(7), 723-730.
 270. Wolf S.L., Winstein C.J., Miller J.P., et al, for the EXCITE Investigators. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: the EXCITE randomized clinical trial // JAMA, 2006, 296, 2095-2104.
 271. Wolpert D. M., Grahramani Z. Computational principles of movement neuroscience // Nature, 2000, 3, 1212—1217.
 272. Wolpert D. M., Ghahramani Z., Flanagan J. R. Perspectives and problems in motor learning // Trends in Cognitive Sciences, 2001, 5 (11), 487—494.
 273. Wolpert D. M., Doya K., Kawato M. A unifying computational framework for motor control and social interaction // Philosophical Transactions: Biological Sciences, 2003, 358, 593—602.
 274. Wolpert D.M. Probabilistic models in human sensorimotor control // Hum Mov Sci,

- 2007, 26(4), 511-524.
275. Woodworth R.S. The accuracy of voluntary movement // Psychol Rev, 1899, 3, 1-119.
 276. Wu T., Kansaku K., Hallett M. How self-initiated memorized movements become automatic: a functional MRI study // J Neurophysiol, 2004, 91(4), 1690-8.
 277. Wulf G. Attention and Motor Skill Learning. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2007.
 278. Wyller V.B. The chronic fatigue syndrome--an update // Acta Neurol Scand Suppl. 2007, 187, 7-14. Review.
 279. Zatsiorsky V.M. Kinetics of Human Motion. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2002.
 280. Zatsiorsky V. M. Kraemer W. J. Science and Practice of Strength Training (Second edition). Champaign, IL: Human Kinetics, 2006.
 281. Zelaznik H. N. Advances in Motor Learning and Control. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1996.
 282. Zielinski B.A., Gennatas E.D., Zhou J., Seeley W.W. Network-level structural covariance in the developing brain // Proc Natl Acad Sci U S A, 2010, 107(42), 18191-6.
 283. Zittoun T., Baucal A., Cornish F., Gillespie A. Collaborative Research, Knowledge and Emergence // Integrative Psychological and Behavioral Science, 2007, 41, 2, 208-217.
 284. Yarrow K., Brown P., Krakauer J.W. Inside the brain of an elite athlete: the neural processes that support high achievement in sports // Nat Rev Neurosci, 2009, 10(8), 585-96.