

**LIETUVOS KŪNO KULTŪROS AKADEMIJA
SPORTO BIOMEDICINOS FAKULTETAS
TAIKOMOSIOS FIZIOLOGIJOS IR KINEZITERAPIJOS KATEDRA
SPORTO FIZIOLOGIJOS STUDIJŲ PROGRAMA**

MANTAS MALINAUSKAS

**TEMPERATŪROS POVEIKIS RANKOS JUDESIŲ
VALDYMUI**

MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Darbo vadovas: dr. S. Sipavičienė

KAUNAS 2011

PATVIRTINIMAS APIE ATLIKTO DARBO SAVARANKIŠKUMĄ

Patvirtinu, kad įteikiamas magistro baigiamasis darbas (*pavadinimas*).....

1. Yra atliktas mano paties/pačios;
2. Nebuvo naudotas kitame universitete Lietuvoje ir užsienyje;
3. Nenaudojau šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikiu visą panaudotos literatūros sąrašą.

.....
(*data*)

.....
(*autoriaus vardas pavardė*)

.....
(*parašas*)

PATVIRTINIMAS APIE ATSAKOMYBĘ UŽ LIETUVIŲ KALBOS TAISYKLINGUMĄ ATLIKTAME DARBE

Patvirtinu lietuvių kalbos taisyklingumą atliktame darbe.

.....
(*data*)

.....
(*autoriaus vardas pavardė*)

.....
(*parašas*)

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO VADOVO IŠVADOS DĖL DARBO GYNIMO

.....
(*data*)

.....
(*vadovo vardas pavardė*)

.....
(*parašas*)

Magistro baigiamasis darbas aprobuotas profilinėje katedroje:

.....
(*aprobacijos data*)

.....
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus vardas, pavardė*)

.....
(*parašas*)

Magistro baigiamasis darbas yra patalpintas į ETD IS.....

Gynimo komisijos sekretorės/iaus parašas

Magistro baigiamojo darbo recenzentas:

.....
(*vardas, pavardė*)

.....
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus parašas*)

Magistro baigiamųjų darbų gynimo komisijos įvertinimas:.....

.....
(*data*)

.....
(*Gynimo komisijos sekretorės/iaus vardas, pavardė*)

.....
(*parašas*)

TURINYS

SANTRUMPOS	4
SANTRAUKA	5
SUMMARY	7
ĮVADAS	9
1. LITERATŪROS APŽVALGA	11
1.1 Judesių valdymas	11
1.1.1 Reakcija ir psichomotorinė reakcija	13
1.1.2 Judesio greitumo ir tikslumo samprata	14
1.1.3 Proprioreptorių įtaka judesių tikslumui	15
1.2 Temperatūros poveikis	16
1.2.1 Temperatūros poveikis žmogaus organizmui	16
1.2.2 Temperatūros poveikis griaučių raumenų kraujotakai	18
1.2.3 Temperatūros poveikis nervų funkcijai	18
1.2.4 Temperatūros poveikis raumenų funkcijai	19
1.2.5 Temperatūros poveikio praktinis pritaikymas	20
2. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS	23
2.1 Tiriamieji	23
2.2 Tyrimo metodika	23
2.2.1 Žmogaus rankų ir kojų dinaminių parametrų analizatorius DPA-1	23
2.2.2 Judesių tyrimo metodika	24
2.2.3 „Trumposios žinutės testo atlikimo metodika“	26
2.2.4 Raumens šaldymo metodika	26
2.2.5 Raumens šildymo metodika	26
2.2.6 Vidinės raumenų temperatūros matavimo metodika	26
2.2.7 Modifikuota šiluminio pojūčio vertinimo metodika	27
2.3 Tyrimo eiga	27
2.4 Matematinė statistika	28
3. TYRIMO REZULTATAI	29
4. TYRIMO REZULTATŲ APTARIMAS	37
IŠVADOS	40
LITERATŪRA	41
PRIEDAI	48

SANTRUMPOS

DPA-1 – dinaminių parametų analizatorius.

RT – reakcijos trukmė.

Vmax – maksimalus judesio greitis.

S – judesio kelias.

RTJT – tikslaus judesio reakcijos trukmė.

Vmax – JT – tikslaus judesio maksimalus greitis.

S – JT – tikslaus judesio kelias.

(I) – įprastinės raumens temperatūros.

(N) – RT – nešaldytos rankos reakcijos trukmė.

(Š) – RT – šaldytos rankos reakcijos trukmė.

(P) – RT – nešildytos rankos reakcijos trukmė.

(H) – RT – šildytos rankos reakcijos trukmė.

(N) – RTJT – nešaldytos rankos reakcijos trukmė, atliekant tikslų judesį.

(Š) – RTJT – šaldytos rankos reakcijos trukmė, atliekant tikslų judesį.

(P) – RTJT – nešildytos rankos reakcijos trukmė, atliekant tikslų judesį.

(H) – RTJT – šildytos rankos reakcijos trukmė, atliekant tikslų judesį.

(N) – Vmax – nešildytos rankos maksimalus judesio greitis.

(Š) – Vmax – šaldytos rankos maksimalus judesio greitis.

(P) – Vmax – nešildytos rankos maksimalus judesio greitis.

(H) – Vmax – šildytos rankos maksimalus judesio greitis.

(N) – (Vmax – JT) – nešaldytos rankos maksimalus judesio greitis, atliekant tikslų judesį.

(Š) – (Vmax – JT) – šaldytos rankos maksimalus judesio greitis, atliekant tikslų judesį.

(P) – (Vmax – JT) – nešildytos rankos maksimalus judesio greitis, atliekant tikslų judesį.

(H) – (Vmax – JT) – šildytos rankos maksimalus judesio greitis, atliekant tikslų judesį.

(N) – S – nešaldytos rankos judesio kelias.

(Š) – S – šaldytos rankos judesio kelias.

(P) – S – nešildytos rankos judesio kelias.

(H) – S – šildytos rankos judesio kelias.

(N) – (S – JT) – nešaldytos rankos judesio kelias, atliekant tikslų judesį.

(Š) – (S – JT) – šaldytos rankos judesio kelias, atliekant tikslų judesį.

(P) – (S – JT) – nešildytos rankos judesio kelias, atliekant tikslų judesį.

(H) – (S – JT) – šildytos rankos judesio kelias, atliekant tikslų judesį.

TEMPERATŪROS POVEIKIS RANKOS JUDESIŲ VALDYMUI

SANTRAUKA

Raktiniai žodžiai: judesių valdymas, reakcijos laikas, judesių greitis, judesių tikslumas, temperatūra.

Tyrimo objektas: dešinės rankos judesių miklumo, reakcijos laiko, judesių atlikimo greičio, bei tikslumo vertinimas.

Tyrimo problema: yra daug atlikta tyrimų, aiškinančių bendrą temperatūros poveikį žmogaus organizmui, tačiau yra mažai tyrinėta koks yra lokalaus temperatūros pokyčio raumenyse poveikis – judesių valdymui.

Tyrimo tikslas: nustatyti temperatūros poveikį dešinės rankos judesių valdymui.

Tyrimo metodai ir organizavimas: Tyrimai buvo atlikti Lietuvos kūno kultūros akademijoje Sporto ir judesių mokslo centre 2010 – 2011 metais. Tyrime dalyvavo 10 sveikų, aktyviai nesportuojančių vyrų. Tiriamųjų dominuojanti ranka - dešinė. Tiriamųjų amžiaus vidurkis ($21,1 \pm 0,88$) metai, kūno masės ir ūgio vidurkis ($80,4 \pm 7,21$ kg; $184,6 \pm 5,13$ cm).

Rankos judesių valdymo tyrimui buvo naudojamas LKKA mokslininkų ir UAB „Katra“ sukurtas prietaisas žmogaus rankų bei kojų judesių dinaminių parametrų analizatorius DPA – 1. Iš viso atlikti 4 testavimai: nešaldant rankos (N), po šaldymo (Š), nešildant rankos (P) ir po šildymo (H). Tyrimo metu buvo registruojamas dešinės rankos reakcijos laikas (RT), dešinės rankos judesių greičiai (V_{max}), ir dešinės rankos judesio kelias (S), atliekant reakcijos, greitumo, standartinę ir dinaminę užduotis.

Taip pat tiriamieji atliko („Trumposios žinutės“ testą) – rankos pirštų miklumui nustatyti. Tiriamieji savo mobiliuoju telefonu, dešine ranka (naudojantis nykščiu) turėjo parašyti trumpąją žinutę su tekstu: „Laba diena, kaip jums sekasi?“ Tyrimo metu buvo registruojamas trumposios žinutės rašymo laikas (s), kai raumuo buvo įprastinės temperatūros (N), šaldytas (Š) ir šildytas (H).

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti temperatūros poveikį dešinės rankos reakcijos laikui.
2. Nustatyti temperatūros poveikį dešinės rankos judesių greičiui.
3. Nustatyti temperatūros poveikį dešinės rankos judesio keliui.
4. Įvertinti temperatūros poveikį dešinės rankos pirštų judesių miklumui.

Tyrimo hipotezė. Manome, kad pakitusi rankos raumens temperatūra turėtų paveikti rankos judesių reakcijos laiką, miklumą, greitumą ir tikslumą.

Išvados:

1. Reakcijos laikas, atliekant „reakcijos“ ir „dinaminę“ užduotis po šaldymo ir po šildymo buvo ilgesnis ($p < 0,05$).
2. Judesių greitis, atliekant „greitumo“ ir „dinaminę“ užduotis po šaldymo buvo mažesnis, o po šildymo didesnis.
3. Judesio kelias, atliekant „standartinę“ ir „dinaminę“ užduotis po šaldymo buvo ilgesnis, tačiau po šildymo judesio kelias buvo trumpesnis ($p < 0,05$).
4. Po šaldymo „Trumposios žinutės“ rašymo laikas buvo ilgesnis, o po šildymo trumpesnis ($p < 0,05$). Dešinės rankos pirštų judesiai po šildymo miklesni, negu po šaldymo.

THE IMPACT OF TEMPERATURE ON ARM MOTOR CONTROL

SUMMARY

Key words: control of movement, reaction time, velocity of movement, accuracy of movement, temperature.

Object of study: evaluation of right-arm movements as reaction time, movement velocity performance, dexterity and accuracy.

Problem of study: There are a lot of research done, explain the overall effect of temperature on the human body, but there are a little research on what the local temperature variation in the muscle, impact of motor control.

Aim of study: to determine the impact of temperature on right-arm motor control.

Methods and organization of study: this research was carried out in the Sport and motion science centre at the Lithuanian Academy of physical Education (LAPE) during 2010 - 2011. Subjects were 10 healthy, active untrained men. Dominant arm – right. Average of age $21,1 \pm 0,88$ years, average of body mass $80,4 \pm 7,21$ kg, and height $184,6 \pm 5,13$ cm.

For arm dynamic movement research was used new original gear made by LAPE scientists and company “Katra” – human hands and legs dynamic parameter analyser DPA-1. Four tests were carried out: when the arm not cooled (N) and cooled (Š), arm not warming (P) and warming (H). During research there was registering the reaction time (RT) of right-arm, the velocities of right-arm movements (V_{max}) and the trajectory (S) of right-arm, performing reaction, velocity, standart and dynamic tasks.

Also, the subjects performed („Short messages test“) to determine the hands fingers motions. The subjects using their mobile phones with right-hand (using thumb), had to write a short message with the text: „Hello, how are you?“. During research there was registering the writing time of short message, when the muscle temperature was normal (N), cooled (Š) and warm (H).

Goals of study:

1. To determine the impact of temperature on reaction time of right-arm movements.
2. To determine the impact of temperature on velocity of right-arm movements.
3. To determine the impact of temperature on the trajectory of right-arm movement.
4. To evaluate the impact of temperature on the right-hand fingers dexterity of movements.

Hypothesis of study. We consider, that diferences of hand muscle temperature can affect the reaction time, dexterity, accurately and velocity of right-arm movements.

Conclusion:

1. After cooling and heating, then the subjects were performed the reaction and dynamic tasks the reaction time was longer ($p < 0,05$).
2. After cooling, then the subjects were performed the speed and dynamic tasks, velocity of the movements was lower, however after heating velocity of the movements was higher.
3. After cooling, then the subjects were performed standart and dynamic tasks the trajectory of movement was longer, however after heating the trajectory of movement was shorter ($p < 0,05$).
4. After cooling short message writting time was longer, while after heating was shorter ($p < 0,05$). Fingers dexterity on the right-hand after heating were more deft, than after cooling.

IVADAS

Žmonės geba atlikti judesius, kurie pasižymi savo įvairove, sudėtingumu, tikslumu ir prisitaikymo galimybe (Abernethy, 2005). Judesių atlikimas (judėjimas) yra svarbus žmogaus gyvenimo aspektas. Gebėjimas judėti suteikia žmogui galimybę ne tik maitintis, daugintis, eiti, žaisti, naudoti įvairius daiktus, bet tai yra svarbus reiškinys ir žmogaus vystymėsi bei intelektualinių ir emocinių gebėjimų raidoje (Schmidt and Lee, 2005).

Žmogaus ranka yra svarbus fizinės veiklos, darbo ir kūrybos išraiškos instrumentas. Greiti, tikslūs, koordinuoti rankų plaštakų judesiai yra gyvybiškai svarbūs kasdieniniame žmogaus gyvenime. Jie reikalingi fizinėje, darbinėje, kūrybinėje veikloje (Adaškevičienė, 2004).

Kiekvieno žmogaus svarbus organizmo požymis - gebėjimas prisitaikyti prie įvairių aplinkos sąlygų bei dirgiklių (Bennet, 1990). Daugeliu gyvenimo atvejų (tiek sporte tiek kasdieninėje veikloje), griaučių raumenų funkciją veikia temperatūra (De Ruiter et al., 1999; De Ruiter and De Haan, 2001).

Žmogus yra šiltakraujė būtybė. Žmogui būtina palaikyti pastovią temperatūrą kūno viduje, kad visi gyvybiškai svarbūs fiziologiniai procesai normaliai funkcionuotų. Pavyzdžiui, rankų raumenų temperatūra, dirbant tam tikrą fizinį darbą karštoje aplinkoje, pakyla iki 40°C, tačiau jeigu atmosferos oras yra šaltas, rankų raumenų temperatūra gali nukristi iki 20°C (De Ruiter, de Haan, 2000).

Kai nukrinta rankos temperatūra, sumažėja raumens susitraukimo ir atsipalaidavimo greitis (Geurts et al., 2005). Šaldant plaštaką ir pirštus, sparčiai mažėja lytėjimo jautrumas, todėl didėja pirštų griebimo jėga, kurios reikia iš anksto suplanuotiems pirštų judesiams atlikti (Nowak, Hermsdorfer, 2003).

Neuroraumeninė funkcija priklauso nuo temperatūros (De Ruiter et al., 1999). Sinapsinis perdavimas ir neuroraumeninės jungtys yra jautrios temperatūrai (Rutkove, 2001). Periferinio motorinio nervo laidumo greitis mažėja, kai mažėja audinio temperatūra (Halar et al., 1983). Padidinus raumens temperatūrą vos 1° C, neuroraumeninė funkcija labai pagerėja (Geurts et al., 2005 b).

Šio tyrimo aktualumas yra toks, jog mes tikimės įrodyti, kad sumažėjusi raumens temperatūra (mūsų atveju – rankos raumenų temperatūra) ir padidėjusi raumens temperatūra gali atsiliepti tiek stambiųjų tiek smulkiųjų rankos judesių valdymui. Yra nustatyta, kad raumens temperatūra didėja dėl bendros kūno temperatūros padidėjimo fizinio krūvio metu (Franks, 1983). Vidutiniškas pasyvus pašildymas, gali padidinti raumens darbingumą nuo 3 iki 9 procentų (Bishop, 2003; Buroker et al., 1989).

Tyrimo hipotezė. Manome, kad pakitusi rankos raumens temperatūra turėtų paveikti rankos judesių reakcijos laiką, miklumą, greitumą ir tikslumą.

Tyrimo tikslas: nustatyti temperatūros poveikį dešinės rankos judesių valdymui.

Tyrimo uždaviniai:

5. Nustatyti temperatūros poveikį dešinės rankos reakcijos laikui.
6. Nustatyti temperatūros poveikį dešinės rankos judesių greičiui.
7. Nustatyti temperatūros poveikį dešinės rankos judesio keliui.
8. Įvertinti temperatūros poveikį dešinės rankos pirštų judesių miklumui.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1 Judesių valdymas

Valdyti judesius – tai riboti atskirų raumenų ar sąnarių veikimo laisvę ir kontroliuoti jų veiklą. Yra šios pagrindinės socialinių ir gyvųjų sistemų, taip pat ir judesių, valdymo funkcijos: planavimo, organizavimo, motyvavimo ir valdymo. Planavimo paskirtis – nustatyti esamą kūno padėtį erdvėje, žmogaus ketinimus, galimybes ir tikslus, sukurti motorinę programą. Organizavimo funkcijos paskirtis – paskirstyti motorinę programą atskiroms organizmo struktūroms, organizuoti geriausią informacijos gavimą ir apdorojimą. Motyvavimo funkcijos paskirtis – nustatyti judesių atlikimo standartus, išmatuoti judesių atlikimo veiksmingumą, jį palyginti su standartais ir įvertinti (Skurvydas, 2008).

Žmonės geba atlikti judesius, kurie pasižymi savo įvairove, sudėtingumu, tikslumu ir prisitaikymo galimybe (Abernethy, 2005). Judesių atlikimas (judėjimas) yra svarbus žmogaus gyvenimo aspektas. Gebėjimas judėti suteikia žmogui galimybę ne tik maitintis, daugintis, eiti, žaisti, naudoti įvairius daiktus, bet tai yra svarbus reiškinys ir žmogaus vystymėsi bei intelektualinių ir emocinių gebėjimų raidoje (Schmidt and Lee, 2005).

Judesys – tai užduoties, organizmo ir aplinkos netiesinės sąveikos rezultatas. Judesių valdymui daro įtaką šios organizmo savybės: fizinės, emocinės, protinės. Jos visos sudaro tam tikrą organizmo būseną. Judesio veiksmingumas priklauso nuo raumens mechaninių savybių, žmogaus emocinės būklės ir supratimo, ką ir kaip reikės daryti (Skurvydas, 2008).

Žmogus turi platų judesių valdymo spektrą: nuo paprasčiausių refleksų, kurių metu žinomas dirgiklis sukelia tą patį stereotipinį motorinį atsaką, iki sudėtingiausių išmuktų valingų judesių (Hultborn, 2006).

Judesių valdymo pagrindiniai determinantai tokie: judesių planavimas, organizavimas, valdymas, koregavimas. Du pagrindiniai tarpusavyje susiję vyksmai, vykstantys galvos smegenyse, yra atsakingi už judesių valdymą: sensoriniai (juntamieji) ir motoriniai (judinamieji, varomieji).

Valdant tokią gausybę judesių ir jų kombinacijų būtina, nervų – raumenų sistema. Judesys yra dviejų komponentų – nervinio ir griaučių-raumeninio sąveikos rezultatas (Abernethy, 2005).

Galvos smegenys, valdydamos judesius, apskaičiuoja: a) būsimo judesio kontūrus (tai daugiausia daro smegenėlės), b) motorinės sistemos esamą būseną ir būsimą judesio lūkesčius (tai atlieka parietalinės žievės dalis), c) būsimo judesio kainą ir naudą (tai atlieka pamato ganglijai), d) busimo judesio motorinę programą (tai yra pirminės ir premotorinės žievės funkcija) (Skurvydas, 2008).

Judėjimo funkcijos fiziologinį pagrindą sudaro reguliuojamieji mechanizmai, tvarkantys valingų judesių atlikimą, raumenų sinergistų ir antagonistų darbą, judesio metu, vienmomentinį šių priešingai viena kitai veikiančių raumenų grupių įtempimą statinės padėties išlaikymo metu bei šių mechanizmų derinimą tarpusavyje, raumenų susitraukimo jėgos, jų susitraukimo greičio ir ritmo pokyčius atliekant sudėtingus judesius, taip pat optimalų raumenų bazinį tonusą judesio metu.

Judesių valdymas yra pagrįstas hierarchijos principu, t.y. aukščiau esantys valdymo lygiai kontroliuoja žemiau esančius. Visa motorinė veikla valdoma aukštesnių nervinių centrų. Valdomi ne atskiri judesiai, o jų junginiai – tiksliniai veiksmai. Visa tai įgyvendinama per motorinių programų sukūrimą aukščiausiu valdymo lygiu, t.y. galvos smegenų motorinėje zonoje (Chouinard, 2006).

Motorinė programa – judesio (judesių) atlikimo idėja, bendras planas. Motorinės programos buvimą rodo du pagrindiniai faktai: 1) įprastus judesius galima atlikti be grįžtamojo ryšio (informacijos apie judesio eigą), 2) kuo sudėtingesnis judesys, tuo daugiau reikia laiko jam pasirengti ir jį nutraukti, nes ilgiau užtrunkama kuriant ar panaikinant motorinę programą (Skurvydas, 2008).

Motorinės programos kuria judesių atlikimo schemas, kurios nervinių impulsų pagalba yra perduodamos žemesniesiems judesių valdymo lygiams – nugaros smegenims. Pastarosios valdo konkrečius raumenis, reguliuoja motoneuronų aktyvumą bei įsijungia į refleksų lanką. Refleksų lankai garantuoja pačius paprasčiausius judesius, kurių neapsprendžia motorinės programos. Jie yra gyvybiškai svarbūs judesių valdymui besikeičiančiomis aplinkos sąlygomis, nes atlieka reguliatorių ir modifikatorių vaidmenį. Refleksiškai pasireiškiantys judesiai – patys greičiausi iš visų motorinių veiksmų ir neapkraunantys aukštųjų valdymo lygių sensorine informacija. Nesąmoningai pasireiškiantys refleksai taip pat sustiprina kai kuriuos valingus veiksmus. Normaliomis veiksmo atlikimo sąlygomis refleksai nėra prasmingi, todėl aukštesnieji valdymo lygiai juos slopina (Jurjonienė, 2005).

Aukščiausi valdymo lygiai atsiunčia generalizuotą motorinę programą, kurios tolimesnis valdymas vyksta tik per nugaros smegenis. Nugaros smegenys garantuoja ritmiškus reciprokinis judesius, kurių nekontroliuoja aukštesni valdymo lygiai (Schmidt and Lee, 2005).

Reikiamos motorinės programos parinkimas nereikalauja žmogaus sąmoningų pastangų. Šį procesą, remdamasi sensorine informacija, vykdo centrinė nervų sistema. Motorine programa vykdomi jau išmokti judesiai ir žmogus sąmoningai nebefiksuoja dėmesio į atskirus judesių elementus. Atliekant naujus veiksmus, remiamasi sensorine informacija sąmoningai suvokiant ir analizuojant atskirus judesio elementus. Kuo geriau išmoktas veiksmas, tuo didesnę jo dalį valdo motorinė programa.

Pradinė sensorinė informacija yra reikšminga atliekant bet kurį judesį. Sensorinė informacija, tai yra vienas iš būdų, kurį naudoja motorinė sistema judesių valdymo reguliavimui (Schmidt and Lee, 2005). Ši informacija gali nusakyti apie mus supančios aplinkos būklę, apie mūsų kūno padėtį bei apie kūno padėtį aplinkos atžvilgiu. Greitų judesių metu vyraujantį vaidmenį atlieka iš anksto suformuota motorinė programa, vykdoma nuosekliai ir be jokių koregavimų.

Aferentinė sensorinė informacija yra įvertinama tik atlikus judesį. Ji gali būti panaudota tik naujos motorinės programos kūrimui ar senosios koregavimui. Atliekant lėtus judesius ir veiksmus, reikalaujančius judesių tikslumo ar vykstančius nuolat kintančiomis aplinkos sąlygomis, aferentinė sensorinė informacija naudojama nuolat. Tokiu būdu motorinį veiksmą programuojančios struktūros vertina atliekamus veiksmus ir, jei reikia, juos koreguoja. Svarbi sensorinė informacija yra ir palaikant stabilią pozą. Sensorinė informacija tampa ypatingai svarbi pradinėje ir baigiamojoje judesio fazėje – pozos priėmimo ir pusiausvyros praradimo momentu (Schmidt and Lee, 2005).

Labai apibendrintai teigiant, judesius galima valdyti dviem būdais: valingai (sąmoningai) ir nevalingai. Pirmuoju atveju žmogaus smegenys mąsto inteligentiškai, antruoju automatiškai. Išskirtinis inteligentiško valdymo bruožas yra tas, kad centrinė nervų sistema prognozuoja ir kuria judesius. Automatiškas valdymas (mąstymas) yra pagrįstas anksčiau išmokyti schemų, šablonų, situacijų automatišku atlikimu (Skurvydas, 2008).

1.1.1 Reakcija ir psichomotorinė reakcija

Paprastoji reakcija – tai atsakas į žinomą iš anksto signalą iš anksto žinomu judesiu. Paprastoji reakcija dažniausiai nustatoma miorefleksometru, kai iš anksto nustatytoje vietoje paduodamas šviesos ar garso signalas, o tiriamasis kuo greičiau po signalo turi paspausti mygtuką. Laikas nuo signalo iki jo nutraukimo ir yra paprastosios reakcijos greitis. Paprastosios reakcijos laikas yra apie 150–200 ms. Kai iš anksto nežinoma, kur ir kada pasirodys signalas ir taip pat iš anksto nežinoma, koks turės būti atliekamas judesys – tokia reakcija vadinama psichomotorine. Šiuo atveju žmogus turi įvertinti situaciją, parinkti judesį ir jį atlikti (Muckus, 2003).

Psichomotorinę reakciją sudaro receptoriaus padirginimas, impulsų perdavimas įcentriniais nervais į centrinės nervų sistemos sensorinę zoną, iš čia – į motorinę zoną, o iš šios – išcentriniais nervais į raumenis bei raumenyse vykstantis impulsų priėmimas, o taip pat biocheminės reakcijos raumenyje jo susitraukimo pradžioje.

Daugiausia laiko sugaištama pereinant sujaudinimui iš juntamųjų centrų į motorinius. Psichomotorinės reakcijos trumpėjimas yra susijęs su nervinių ląstelių dirglumu ir funkcinio paslankumo padidėjimu (Skurvydas, 1999). Dėl to, kad gali būti padirginami įvairūs receptoriai,

todėl gali skirtis psichomotorinės reakcijos laikas. Sporto praktikoje dažniausiai veikiama po regos ir klausos receptorių padirginimo. Į klausos dirgiklius reaguojama greičiau negu į šviesos.

Fiziniais pratimais galima pagerinti sportininkų psichomotorinės reakcijos laiką, tačiau pažanga nebūna labai didelė, nes daug lemia fenotipinės adaptacijos raida. Psichomotorinės reakcijos laikas susideda iš kelių komponentų: sensorinio arba paprastosios reakcijos laiko, situacijos suvokimo laiko, judesio atlikimo laiko (Muckus ir kt., 1999).

Mūsų tyrime taip pat buvo matuojama paprastoji ir psichomotorinė reakcija. Paprastoji reakcija buvo matuojama – atliekant greitumo užduotį DPA – 1 prietaisu, kada judesio galutinis tikslas žinomas. Psichomotorinė reakcija buvo matuojama – atliekant tikslumo užduotį DPA – 1 prietaisu, kada judesio tikslas nebuvo žinomas.

1.1.2 Judesio greitumo ir tikslumo samprata

Judesiai turi būti atliekami ne tik labai greitai, bet ir tiksliai. Yra sunku suderinti tikslumą su greitumu, nes kuo greičiau atliekamas judesys, tuo labiau nukenčia jo tikslumas. Tai paaiškina tuo, kad greitai atliekant judesį sumažėja jo atlikimo trukmė taigi ir koregavimo galimybė. Labai greitų judesių tikslumas priklauso nuo judėjimo programos tikslumo, nes dėl trumpo laiko nespėjama koreguoti judesio. Judesio tikslumas labai priklauso nuo jo atlikimo trukmės, nei nuo greičio, nes nedidelės amplitudės judesys gali būti atliekamas mažu greičiu, bet trumpai.

Sportininkai daug kartų atlikdami judesį išmoksta sudaryti labai tikslią judėjimo programą. (Schmidt, 1988 b). Programa leidžia atlikti judesį ir labai greitai ir tiksliai. Kad greitai ir stabiliai susiformuotų motorinis įgūdis, mokymasis turi būti aktyvus, tai yra žmogus turi aktyviai planuoti judesio atlikimą ir stengtis planą įgyvendinti. Prieš atliekant judesį centrinėje nervų sistemoje turi būti būsimo judesio vaizdas, kuris vadinamas „eferentine kopija“. Nuo jos aiškumo priklauso judesio, atliekamo maksimaliu greičiu, tikslumas. Gerai suformuota „eferentinė kopija“ sunkiai pažeidžiama dėl nuovargio. Todėl, kuo didesnis nuovargis, tuo didesni judesio valdymo efektyvumo vaidmuo tenka šiai kopijai (Skurvydas, 1999).

Atliekamo judesio tikslumas priklauso ir nuo agonistų antagonistų koaktyvacijos. Tikslų ir greitų judesių atlikimo metu būtinai žadinamas raumuo antagonistas, kuris patikslina judesį. Jo žadinimo laikas priklauso nuo atliekamo judesio trukmės, kuo ilgiau trunka judesys, tuo vėliau žadinamas raumuo antagonistas (Skurvydas, 1999).

Greitai ir tiksliai atliekamus judesius galima suskirstyti pagal atlikimo trukmę į šias kategorijas:

- Judesiai, atliekami greičiau kaip per 100 m/s. Šių judesių efektyvumas priklauso nuo judėjimo programos realizavimo efektyvumo, tai yra nuo judėjimo vienetų sinchronizavimo ir momentinio impulsavimo dažnio.

- Judesiai, kurių trukmė nuo 100 iki 300 m/s. Tokio tipo judesiai nuolat sąmoningai lavinami gali pereiti į pirmos kategorijos judesius. Tokios trukmės judesiai sąmoningai nekoreguojami atlikimo metu, tačiau centrinė nervė sistema, remdamasi „eferentine kopija“, gali atlikti kai kurias pataisas.
- Judesiai trunkantys ilgiau nei 300 m/s, bet trumpiau nei 1 s. Šie judesiai gali būti sąmoningai koreguojami, remiantis judesio metu pastebėtais nesklaidumais. Sporte norint gebėti atlikti greitus judesius labai svarbu greita reakcija. Reagavimo greitis priklauso nuo nervinio signalo siuntimo į centrinę nervų sistemą bei jo identifikavimo CNS, ir sprendimo priėmimo. Taip pat motorinės programos sudarymo ir siuntimo į raumenis greičio (Skurvydas, 1999).

1.1.3 Proprioreptorių įtaka judesių tikslumui

Daugelis moksliniuose tyrimuose gautų rezultatų tik apsvarsto proprioreptorių įtaką judesių tikslumui. R. Magill (2007) tyrimai parodo, kad beždžionių sugriebimo, paėmimo ir lipimo judesiai buvo grubesni, netikslesni po to, kai jos buvo deaferentuotos. Iš esmės, jos turėjo sunkumų paimant maistą savo letenomis tokioje būsenoje. E. Bizzi ir kt. (1979) tyrimai parodė, kad kai gyvūnai pakeisdavo savo padėtį, pataikymo tikslumas buvo sumažėjęs deaferentuotoje būsenoje. J. A. S. Kelso, ir kt. (1980) tyrimai parodė, kad žmonės su pakeistu sąnariu gali išlaikyti tik padėties tikslumą, bet judėjimas buvo labai suardytas. R. Spencer ir kt. (2005) pagilino judesių atlikimo be proprioreptorių problemą, įskaitant ir judesius abiem rankom. CNS priima proprioreptinę informaciją iš aferentinio nervo prasidedančio proprioreptoriuose, kurie yra juntamieji neuronai išsidėstę raumenyse, sausgyslėse, raiščiuose ir sąnariuose.

Raumeninės verpstės. Proprioreptoriai vadinami raumenų verpstėmis yra apsupti griaučių raumeninių skaidulų. Proprioreptorių tipas sudarytas iš grupės plonų raumeninių skaidulų glūdinčių tarp raumeninių skaidulų: reaguoja į raumens ilgio pakitimus. Kaip ir mechanoreptoriai, juntamieji raumeninių verpsčių receptoriai reaguoja į pakitusį raumens ilgį, kuris sukelia mechaninę receptorių deformaciją ir baigiasi nerviniu impulsu. Valingų judesių valdyje raumeninės verpstės dalyvauja grįžtamojo ryšio mechanizme. Ilgą laiką mokslininkai raumeninėms verpstėms teikė antraeilį vaidmenį numatant judesio atlikimą (Trevoras, 1997).

Goldžio sausgyslinis organas. Proprioreptorių tipas, esantis griaučių raumenyse, kur raumuo pereina į sausgyslę, reaguoja į raumens tempimą ir jėgos padidėjimą (Trevoras, 1997). Sąnario receptoriai. Įvairių proprioreptorių tipų rinkinys esantis sąnario kapsulėje ir raiščiuose reaguoja į sąnario judesio pakitimus esant kritiniai ribai (Trevoras, 1997). Proprioreptoriai yra svarbu grįžtamajam ryšiui. Kai veiksmas yra „uždaros kilpos“ valdyje, proprioreptinė informacija leidžia atlikti korekcijas judesio metu. Tuo tarpu veiksmą atliekant „atviros kilpos“

valdymo metu, esant greitam judesiui, proprioreceptinis grįžtamasis ryšys yra pasiekiamas, tačiau judesio korekcija negalima dėl laiko stokos (Magill, 2007). Atliekant lėtus judesius, tikslumas nesant VGI yra įtakojamas proprioreceptinės informacijos, ypač odos grįžtamosios informacijos (Johansson, Birznieks, 2004) ir dar dėl būsimų signalų iš galvos smegenų (Todorov, 2004). Atliktų mokslininkų tyrimų rezultatai parodo, kad sensorinis grįžtamasis ryšys iš proprioreptorių ir odos receptorių atliekant lėtus susitraukimus pakeičia agonisto ir antagonistų raumens aktyvumo laiką, pagerindamas tikslumą (Todorov, 2004).

1.2 Temperatūros poveikis

1.2.1 Temperatūros poveikis žmogaus organizmui

Hipertermija (Hyperthermia – perkaitimas) yra charakterizuojama padidėjusia žmogaus kūno temperatūra, esant nesutrikusiai termoreguliacijai, kai organizmas pats nepajėgia pašalinti šilumos iš organizmo esant karštam, drėgnam orui ir sunkiai dirbant fiziškai. (Gonzalez - Alonso et al., 1999). Nustatyta, kad hipertermija padidina viso kūno fiziologinę įtampą, padidina fizinio aktyvumo mažėjimo dydį, kuris proporcingas nuovargio atsiradimui, šiluminę traumą ar net mirtį (Cheung and Sleivert, 2004).

Kiekvieno žmogaus svarbus organizmo požymis — gebėjimas prisitaikyti prie įvairių aplinkos sąlygų bei dirgiklių (Bennet, 1990). Padidėjus šerdinei kūno temperatūrai iki 38,7 °C (vidutinio fizinio aktyvumo asmenų), ar 39,2°C (didelio meistriškumo asmenų), žmogus patiria kūno perkaitimą, pasireiškia valingų pastangų nuovargis (Cheung, McLellan, 1998). Hipertermijos sąlygomis fizinis darbingumas sumažėja dėl ašinės temperatūros padidėjimo iki kritinės ribos, kuriai esant suaktyvinamos termoreguliacijos ir širdies kraujagyslių sistemos (Rowell, 1974).

Kurį laiką buvo manoma, kad mechanizmas, paaiškinantis neuroraumeninį nuovargį, hipertermijos sąlygomis gali kilti tiek dėl centrinės, tiek dėl periferinės nervų sistemos pokyčių (Kent - Braun, 1999). Tačiau M. M. Thomas ir kt. (2006) atliktu tyrimu įrodė, kad hipertermija sumažina neuroraumeninį darbingumą, ir tai priklausė nuo centrinės nervų sistemos negalėjimo gerai aktyvuoti raumens, o periferijos pokyčiai tam tiesioginės įtakos neturėjo. Nustatyta, kad kūno šerdinės temperatūros padidėjimas iki 39°C yra kritinis centrinės nervų sistemos nuovargiui (Todd et al. 2005).

Esant žemesnei raumens bei organizmo vidaus temperatūrai didelės trukmės submaksimalaus intensyvumo fizinio krūvio metu, glikogeno atsargos gali būti naudojamos daug lėčiau, todėl atitolinamas nuovargis (Gonzalez-Alonso et al., 1999). Tačiau kiti moksliniai tyrimai rodo, kad kūno temperatūros sumažinimas prieš fizinį krūvį turi mažai įtakos organizmo medžiagų apykaitos produktų kaupimuisi (Booth et al., 2001).

Raumenų šaldymas pablogina labai intensyviai atliekamų pratimų rezultatus. Žemėjant odos temperatūrai mažėja izokinetinio susitraukimo jėga, kad ir kokia būtų kūno temperatūra (Cheung, Sleivert, 2004).

Didžiausias jėgos momento sumažėjimas nustatytas šaldant odą. Jis panašus į matuojant pastebėtą didžiausią izokinetinį jėgos momentą po 40 minučių pasyvaus buvimo ore 10° ir 5°C temperatūroje (Comeau et al., 2003), taip pat į didžiausios jėgos sumažėjimą, pastebėtą panardinus koją į šaltą vandenį (Sargeant, 1987). Raumenų funkciją gali greitai pabloginti odos šaldymas netgi tada, kai padidėjusi kūno temperatūra (Cheung, Robinson, 2004).

Raumens šaldymas sumažina raumens jėgą, galingumą, padidina susitraukimo ir atsipalaidavimo trukmę (De Ruiter et al., 1999), tačiau tikslumo reikalaujančiais judesiais galima labiau kontroliuoti jėgą, kartu sumažinti fiziologinį drebulį (Geurts et al., 2004). Pašaldyto raumens susitraukimo, sukulto stimuliuojant 10 Hz dažnio elektros impulsais, trukmė, taip pat atsipalaidavimo trukmė, pailgėjo, o susitraukimo jėga stimuliuojant 10 Hz dažniu po šaldymo procedūros padidėjo. Tokio raumens tetaninio susitraukimo jėga paprastai padidėja, nes dėl ilgesnės atsipalaidavimo trukmės labiau sumuojasi atskirų susitraukimų jėga (Geurts et al., 2004). Mažas stimuliavimo dažnis yra panašus į motorinio vieneto impulsų dažnį, būdingą atliekant valingus judesius nedidele jėga (Suzuki et al., 2002). Lokie ir kt. (1995) atliko šaudymo iš pistoleto tyrimus, prieš šaudymo pratimus atšaldę ranką, ir tyrinėjo fiziologinį drebulį — didelio dažnio ir mažos amplitudės virpėjimą. Didžiausias virpesių dažnis šio tyrimo metu buvo nuo 7 iki 11 Hz. Nustatyta, kad dilbio šaldymas smarkiai sumažino drebulį ir pagerino šaudymo tikslumą.

S. S. Cheung ir kt. (2003) pastebėjo, kad net trumpą laiką, t. y. 2 - 5 min., plaštaką ir dilbį laikant panardintus į šaltą (10°C) vandenį, staiga žymiai sumažėja rankos temperatūra ir smulkiųjų judesių miklumas. Tai rodo tarp rankos bei jos pirštų temperatūros glaudžią sąsają su rankos funkcionavimu (Heus et al., 1995). Kai nukrinta rankos temperatūra, sumažėja raumens susitraukimo ir atsipalaidavimo greitis (Geurts et al., 2005). Šaldant plaštaką ir pirštus, sparčiai mažėja lytėjimo jautrumas, todėl didėja pirštų griebimo jėga, kurios reikia iš anksto suplanuotiems pirštų judesiams atlikti (Nowak, Hermsdorfer, 2003).

Žinoma, kad juo žemesnė temperatūra, tuo mažesnis nervinių impulsų perdavimo greitis (De Jong et al., 1966). Sinapsinis perdavimas ir neuroraumeninės sandūros taip pat yra jautrios temperatūrai (Rutkove, 2001). Šaldant lėčiau išsiskiria acetilcholinai, o tai veikia sinapsinį perdavimą.

Viršutinės kūno dalies šaldymas prieš varžybas tampa vis populiariesne ergogenine priemone, naudojama prieš tam tikras sporto šakų varžybas, pvz.: irklotojai vilki ledo liemenes, kurios apšilimo metu mažina šilumos sulaikymą kūne (Marino, 2002). Nustatyta, kad kojų atšaldymas prieš sprintą neigiamai veikia sportinius rezultatus (Sleivert et al., 2001).

Dėl didesnės kojos raumenų temperatūros gali veiksmingai padidėti jėga — tą nurodo A. J. Sargeant (1987), atlikęs vietinio kojos šildymo ir šaldymo procedūras prieš sprintą, taip pat D. Stewart ir kt. (2003) aktyviais apšilimo pratimais pakėlęs kojos temperatūrą 3°C prieš šuolius su įtūpstais — taigi idealus šaldymo prieš kartotinius sprinto pratimus protokolas turėtų būti sudaromas derinant viršutinės kūno dalies šaldymo procedūras su pasyviu arba pratimų sukeltu raumenų šildymu (Cheung, Robinson, 2004).

1.2.2 Temperatūros poveikis griaučių raumenų kraujotakai

Pradinė kraujagyslių reakcija į šaltį yra kraujagyslių susitraukimas ir sulėtėjusi kraujotaka (Leftheriotis et al., 1990). Po kelių susitraukimo minučių prasideda paradoksalus kraujagyslių išsiplėtimo ir susitraukimo ciklas. Ši šalčio sukelta kraujagyslių išsiplėtimo (angl. *cold-induced vasodilatation*) arba paieškos reakcija paprastai būdinga galūnėms, t. y. nuo šalčio išsiplėčia kraujagyslės (Chen et al., 1996; Daanen et al., 1997).

Kraujagyslių išsiplėtimo reakcijos metu kraujo srautui būdingi virpamieji pokyčiai, panašūs į rankos piršto odos temperatūros svyravimus, tik kraujo srauto pokyčiai vyksta apytiksliai 2 minutėmis anksčiau už odos temperatūros pokyčius (Daanen, Ducharme, 1999).

T. Lewis (1930) pastebėjo, kad iškart panardinto į ledinį vandenį piršto temperatūra smarkiai sumažėjo. Po 8 - 16 minučių piršto temperatūra keletą laipsnių padidėjo. Šį neritmišką 2 - 6°C svyravimą (sumažėjimą ir padidėjimą), tyrėjas pavadino *paieškos reakcija*. Kito bandymo metu T. Lewis šiuos temperatūros svyravimus priskyrė prie šaldymo sukulto kraujagyslių išsiplėtimo. Jis pastebėjo, kad ištraukto iš vandens atšaldyto piršto temperatūra staigiai padidėjo daug daugiau laipsnių negu kontrolinio (nepašaldyto) piršto. Mokslininko nuomone, vėlesnis šaldymo poveikis tikrai yra kraujagyslių išsiplėtimas.

1.2.3 Temperatūros poveikis nervų funkcijai

Neuroraumeninė funkcija priklauso nuo temperatūros (De Ruyter et al., 1999). Kai nervas ir jį supantys audiniai šaldomi, vieni nerviniai kanalai stimuliuojami, kiti — slopinami (Knight, 1995). Sinapsinis perdavimas ir neuroraumeninės jungtys yra jautrios temperatūrai (Rutkove, 2001). Šalčio receptorių šaldymas didina nervinių skaidulų, kurios perneša impulsus iš šalčio receptorių į didesnius centrus (pagumburį), perdavimo dažnį (pirmiausia A delta ir C skaidulos), (Yarnitsky, Ochoa, 1991; Knight, 1995). Periferinio motorinio nervo laidumo greitis mažėja, kai mažėja audinio temperatūra (Halar et al., 1983). Padidinus raumens temperatūrą vos 1°C, neuroraumeninė funkcija labai pagerėja (Geurts et al., 2005 b). Krintant temperatūrai, sensorinio nervo impulsų perdavimo greitis palengva mažėja, kol laidumas galutinai blokuojamas (Halar et al., 1983).

Motorinės skaidulos paveikiamos aukštesnėje temperatūroje negu sensorinės ir praranda

daugiau funkcijų toje temperatūroje. Sensorinės skaidulos funkcijos atsigauna greičiau nei motorinės (Knight, 1995). Padidėjusi nervo veikimo potencialo trukmė po šalčio procedūros yra pailgėjusių refrakterinių laikotarpių padarinys. Taigi šaldymas mažina nervo membranų srovę, todėl ilgėja refrakteriniai laikotarpiai, didėja nervo veikimo potencialų trukmė ir mažėja impulsų perdavimo dažnis (Knight, 1995).

Trumpalaikis (20 minučių) galūnių šaldymas neturi įtakos propriocepcijai (Evans, 1994; LaReviere, Osternig, 1994).

1.2.4 Temperatūros poveikis raumenų funkcijai

Dėl pakilusios kūno temperatūros didėja organizmo nuovargis (Walters et al., 2000; Nybo, Nielsen 2001; 2003; Morrison et al., 2004). Pakilusi raumenų temperatūra krūvio metu greitina raumenų glikogenolizę, glikolizę ir fosfatų skilimą (Starkie et al., 1999). Kai atliekami mažos trukmės pratimai dideliu intensyvumu, pakilusi raumenų temperatūra padidina galingumą, pavyzdžiui važiuojant dviračiu trumpus nuotolius (Ball et al., 1999).

Daugeliu gyvenimo atvejų (tiek sporte tiek kasdieninėje veikloje), griaučių raumenų funkciją veikia temperatūra (De Ruyter et al., 1999; De Ruyter and De Haan, 2001). Lokaliai pašildžius raumenį (pvz., kai raumenų temperatūra padidėja apie 3°C) padidėja jo galingumas, dėl pagreitetusios ATP hidrolizės spartėja raumens atsipalaidavimas, dėl pagreitetusio Ca²⁺ pernešimo į sarkoplazminį tinklą padidėja raumens susitraukimo greitis, nes raumens skersiniai tilteliai po šildymo geba daugiau kartų sukibti (Ichihara, 1998).

Ankstesni tyrimai parodė, kad maksimalusis galingumas neabejotinai susijęs su raumens temperatūra (Davies et al., 1975; Asmussen et al., 1976) ir kad raumenų išugdomas greitis priklauso nuo temperatūros pokyčių (Sargeant, 1987). Pašildytas raumuo yra mažiau atsparus nuovargiui, nes padidėjusi temperatūra skatina greitesnį ATP, KP ir glikogeno panaudojimą, kur padidėja priklausomybė ATP hidrolizei, miozino ATPazės aktyvumui ir Ca²⁺ pernešimui (Rall and Woledge, 1990). Tačiau lokalus raumens temperatūros padidėjimas nebūtinai įtakoja kūno šerdinės temperatūros padidėjimą. Naujausi tyrimo duomenys rodo, kad motorinė žievė sumažina aktyvumą anksčiau nei kūno šerdinė temperatūra pasiekia 39°C ir daugiau (Cheung and Sleivert, 2004).

Padidinus raumens temperatūrą 2,7°C, reikšmingai padidėjo raumens nevalingo susitraukimo jėga, atsipalaidavimo greitis, o maksimalioji valinga jėga išlieka nepakitusi (Bružas ir kt., 2003), padidėja šuolio aukštis (Kandratavičius ir kt., 2003).

Nustatyta, kad 10°C padidėjus vidinei raumens temperatūrai energijos panaudojimas padidėja tris kartus, ir tai iš dalies siejasi su padidėjusiu stimuliacijos dažniu reikalingu jėgos intensyvumui palaikyti (Segal et al., 1986). Šildytame raumenyje ATP reikalingumas gerokai padidėja abiejose srityse, tiek nervų stimuliacijos tiek ir raumens sukibimui įvykti (Thornley et al.,

2003). ATP suvartojimo ir reikalingumo padidėjimas yra siejamas su padidėjusia metabolitų koncentracija iš suintensyvėjusios ATP hidrolizės (Thornley et al., 2003), kur šildytame raumenyje paankstėja nuovargis (Thornley et al., 2003; Brazaitis ir kt., 2004).

Manoma, kad raumens atsipalaidavimo trukmę lemia aktino ir miozino skersinių tiltelių suardymo (aktino ir miozino siūlų atkibimo) greitis, o pastarasis priklauso nuo adenozintrifosfato (ATP) ir Ca^{2+} koncentracijos (Westerblad et al., 2002 b). Krintant raumens temperatūrai, mažėja ATP-azės aktyvumas (Stienen et al., 1996). Mažėjant temperatūrai Ca^{2+} lėčiau sugrąžinami į sarkoplazminį tinklą ir išmetami į sarkoplazmą (Ichihara, 1998). Ca^{2+} pašalinimas iš sarkoplazmos, atsiskyrimas nuo troponino ir skersinių tiltelių suardymo greitis tiesiogiai priklauso nuo temperatūros kitimo raumenyje (De Ruiter et al., 1999).

Temperatūrai nukritus 10°C , biologinių procesų apykaita sulėtėja $1/2$ — $2/3$ karto (Bennett, 1984). Dėl sumažėjusios temperatūros silpnėja aktyvumas kalcio jonų siurblio (Ca^{2+} — ATP-azės), reguliuojančio Ca^{2+} sugrąžinimo į sarkoplazminį tinklą greitį, o tada padidėja laisvųjų Ca^{2+} koncentracija sarkoplazmoje (Hicks et al., 1997; Ichihara, 1998). Tropomiozinas lėčiau blokuoja aktyvąsias aktino vietas, miofibrilėms trūksta ATP. Kai raumens temperatūra mažėja, dėl lėtesnio Ca^{2+} šalinimo iš sarkoplazmos ir atsiskyrimo nuo troponino, taip pat dėl lėtesnės skersinių tiltelių atkibimo spartos, lėčiau atsipalaiduoja raumuo (De Ruiter et al., 1999).

Raumens susitraukimo jėga bei trukmė priklauso nuo aktino ir miozino skersinių tiltelių sukibimo greičio (Fitts, 1994), o tai priklauso nuo Ca^{2+} , pašalinamų iš sarkoplazminio tinklo, kiekio ir greičio. Pašaldyto raumens susitraukimo trukmė pailgėja, o valingoji ir nevalingoji jėga sumažėja (Ranatunga et al., 1987; Faulkner, Brooks, 1990; Rall, Woledge, 1990). Tokius raumens susitraukimo jėgos ir susitraukimo trukmės pokyčius veikia sumažėjusi raumens temperatūra. Krintant temperatūrai, mažėja kalcio jonų siurblio aktyvumas, taip pat Ca^{2+} kiekis sarkoplazmoje ir Ca^{2+} lėčiau išmetami iš sarkoplazminio tinklo (Tanaka, 1997; Nomura et al., 2002). Dėl šių pokyčių sumažėja sukibusių aktino ir miozino skersinių tiltelių skaičius ir miozino sukibimo su aktinu jėga (Goldman et al., 1987; De Ruiter et al., 1999). Pašaldyto raumens maksimaliosios jėgos pasiekimo greitis sumažėja, nes sulėtėja Ca^{2+} pašalinimo iš sarkoplazminio tinklo ir skersinių tiltelių sukibimo greitis (De Ruiter et al., 1999).

1.2.5 Temperatūros poveikio praktinis pritaikymas

Šaldymas mažina metabolinį aktyvumą, ląstelių deguonies poreiklavimą. Paviršiniuose ir giliuosiuose audiniuose susitraukia kraujagyslės ir sumažėja kraujo pratekėjimas.

Šalčio aplikacijos veikia ir nervų sistemą. Iš pradžių juntamas intensyvus šaltis. Jį seka geliantis šaltis, jaučiamas adatėlių badymas ir galiausiai nutirpimo jausmas. Po kelių šaldymo minučių sumažėja jautrumas, nes sumažėjus laidumui, impulsai neperduodami iš periferijos į

jutiminę žievę. Atsiradęs nutirpimas yra vienas iš pirmųjų reabilitacijos tikslų – skausmo sumažėjimas. Be to kad mažintų skausmą ir pralaužtų skausmo – spazmo ciklą, šaltis mažina raumens spazmą tiesiogiai veikdamas raumenų verpstes. Raumens verpstės reaguoja į raumens ištempimą. Verpstės įnervuojamos gama eferentinėm skaidulom, tai leidžia verpstei prisitaikyti prie raumens ilgio. Kai atsiranda trauma, kūno atsakas – refleksinis aplinkinių raumenų susitraukimas. Šie nevalingi susitraukimai ar spazmai tarsi įtveria traumuotą plotą ir užkerta kelią tolesniam pažeidimui. Taigi, spazmas sustabdo kraujoplūdį ir apsunkena skausmo – spazmo ciklą. Šalčio aplikacijos sumažina spazmą tiesiogiai ir per refleksinius mechanizmus. Kai šaldoma, raumenų verpstės tampa mažiau jautrios, taip raumuo atsipalaiduoja ir spazmas išnyksta.

Klinikiniai stebėjimai ir tyrimai parodo, kad šaltis sumažina antrinį pažeidimą. H. Knight ir kt. (1995) atriniam pažeidimui priskyrė ląstelių žuvimą dėl hipoksijos. Jis teigė, kad ūmaus uždegimo metu suyra kapiliarai, atsiranda edema, tai sumažina sveikų ląstelių oksidavimą ir atsiranda audinio pažeidimai. Audinių šaldymas mažina audinių metabolizmą ir taip sumažina deguonies trūkumą. Kai deguonies trūkumas sumažinamas, hipoksijos periodu išlieka daugiau ląstelių. Jei išlieka daugiau ląstelių, vadinasi mažesnis bendras pažeidimas, greičiau praeina ūmaus uždegimo simptomai ir požymiai, atsistatymas būna geresnis (Craig, 2000).

Praktikoje šildymas taikomas 20 – 30 min. Klinikiniai stebėjimai rodo, kad trumpesni periodai neduoda norimo rezultato. Pastebėta, kad šildymas sukelia raminantį poveikį. Tai patvirtina pastarąjį, šilumos nuskausminantį poveikį paaiškinantį mechanizmą.

Mechanizmai, paaiškinantys šilumos antispazminį poveikį, taip pat diskutuoti. Vienas paaiškinimas, kad šildymas pralaužia skausmo – spazmo ciklą, sumažindamas skausmą. Tačiau gali veikti ir kiti faktoriai. Kai taikoma šiluma, raumens verpsčių jautrumas sumažėja, net jei pačios verpstės temperatūra nepakito. Taigi, šildymas gali veikti raumens verpsčių aktyvumą per spinalinius refleksus. Nors ir diskutuotinas, tai kol kas geriausias su šildymu susijusių verpsčių jautrumo sumažėjimo ir spazmo išnykimo paaiškinimas.

Kiti fiziologiniai pokyčiai susiję su šildymu, kaip kad padidėjas metabolinis aktyvumas, pagreitėjusi apykaita, padidėjas uždegimas, padidėjas audinių elastingumas ir sumažėjas klapumas (Craig, 2000).

Šilumos ir šalčio poveikis giliesiems jungiamiesiems audiniams turi būti atsargiai interpretuojamas. Šie veiksniai padeda taikant nuolatinį tempimą, dėl savo gebėjimo sumažinti raumenų tonusą ir skausmą (Prentice, 1982). Taigi šildymas skatina raumens atsipalaidavimą, kuris palengvina tamprumo jėgų koncentraciją sutrumpėjusiuose jungiamuosiuose audiniuose. Viskoelastinis sausgyslių elgesys, taikant tempimą, gali pakisti audinių temperatūrai esant 37 - 40°C. Atsiranda stresinis atsipalaidavimas ir lėtas audinių pailgėjimas. Kai temperatūra pakyla 40°C audiniai tampa elastingesni, išvengiama pažeidimų, nes reikalinga mažesnė tempimo jėga. Tai rodo,

kaip svarbu kontroliuoti ir audinių temperatūrą ir tempimo jėgą per terapinį tempimą. Jungiamųjų audinių nuolatinis prailgėjimas dėl padidėjusios temperatūros priskiriamas daliniam molekulių kryžminių ryšių kolageninėje skaiduloje irimui (Deltorage, 2002).

2. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS

2.1 Tiriamieji

Eksperimentas atliktas laikantis Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl žmonių eksperimentų etikos. Tiriamieji buvo supažindinami su tyrimo tikslais, metodais, procedūra ir galimais nepatogumais. Norą dalyvauti tyrime jie patvirtino raštu. Tyrime dalyvavo 10 sveikų, aktyviai nesportuojančių vyrų. Tiriamųjų dominuojanti ranka - dešinė.

Amžius, kūno masės ir ūgio rodikliai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Tiriamųjų skaičiaus, amžiaus, kūno masės, ūgio charakteristika (vid. \pm SD)

Parametrai	Tiriamieji
Imties tūris, n	Vyrai - 15
Amžius, metai	21,1 \pm 0,88
Kūno masė, kg	80,4 \pm 7,21
Ūgis, cm	184,6 \pm 5,13

2.2 Tyrimo metodika

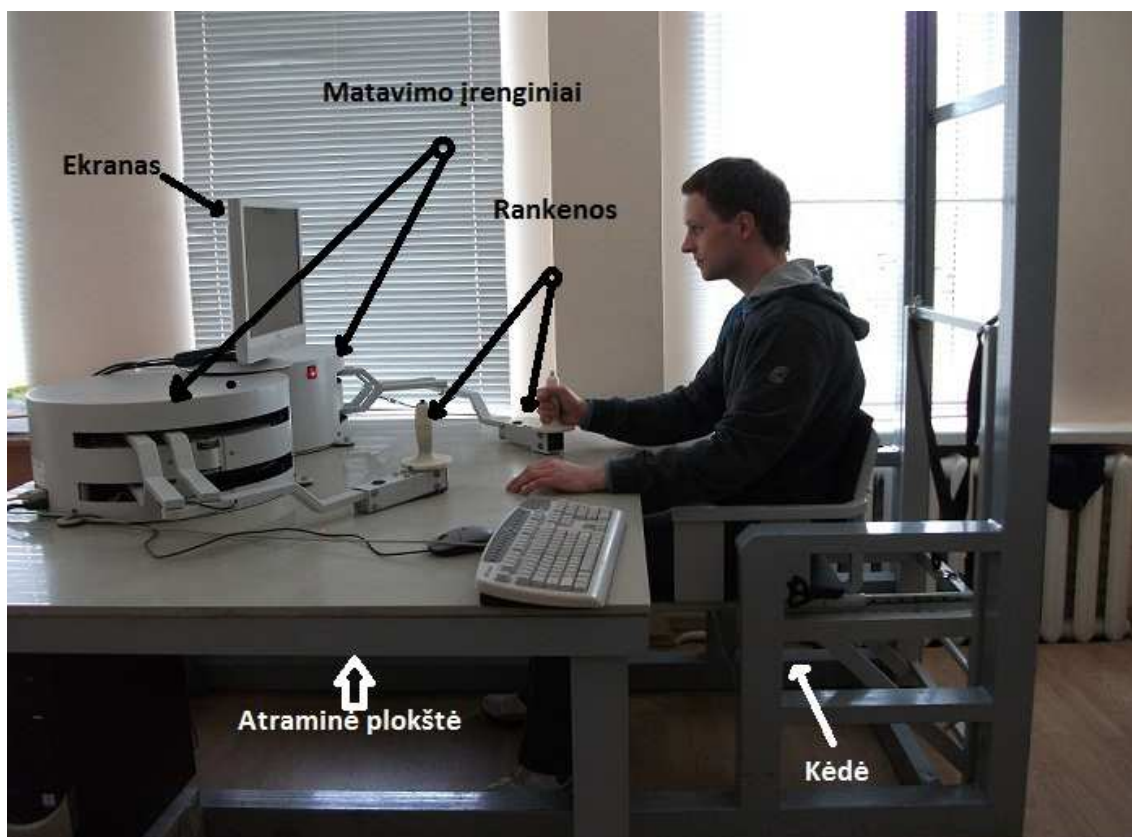
2.2.1 Žmogaus rankų ir kojų judesių dinaminių parametrų analizatorius (DPA-1).

Tyrimai buvo atlikti Lietuvos kūno kultūros akademijoje Sporto ir judesių mokslo centre naudojant Žmogaus rankų ir kojų judesių dinaminių parametrų analizatorių (DPA-1) (patento Nr. 5251; 2005 08 25).

Jį sudaro du matavimo įrenginiai, sujungti su stacionariu standartiniu kompiuteriu su *Windows* (ar suderinama su ja) operacine aplinka, į kurią įterpta matavimo korta su darbo programa, ir 17" įstrižainės ekranas. Matavimo įrenginį sudaro:

- rankenos judesio transformavimo į šešis kartus sumažintą matavimo zoną mechanizmas;
- rankenos judesio koordinačių matavimo mechanizmas;
- jėgos, veikiančios į rankeną, modulio horizontalios dedamosios nustatymo mechanizmas su jėgos matavimo elementu;
- programuojamo pasipriešinimo jėgos formavimo elektromagnetinis mechanizmas;
- jėgos matavimo mazgas;
- programuojamo pasipriešinimo jėgos valdymo mazgas;
- maitinimo šaltinis.

Matavimo įrenginiai tvirtinami prie atraminės plokštės, kurios paviršiumi slankioja rankenų mazgai. Matavimo įrenginių priekinėje dalyje įmontuoti maitinimo jungikliai su maitinimo įtampos indikatoriais, galinėje – jungtys maitinimo kabeliui ir nuotoliniam starto mygtukui.



1 pav. Žmogaus dinaminių parametrų analizatorius DPA-1.

2.2.2 Judesių tyrimo metodika.

Tyrimo metu tiriamieji sėdi specialioje kėdėje prie stalo, ant kurio pritvirtintas DPA-1. Nugara tiesi ir atremta į kėdės atlošą, abi rankos sulenktos per alkūnės sąnarį 90^0 kampu, taip, kad žastai būtų priglausti prie šonų, dilbiai – remtūsi į DPA-1 atraminę plokštę. DPA-1 kėdės padėtis yra reguliuojama taip, kad tiriamasis atsisėstų patogiai užimdamas standartizuotą padėtį. Atstumas nuo kompiuterio ekrano iki tiriamojo akių ~70 cm.

Ekране užduoties atlikimo lauko aukštis 200 mm, plotis – 270 mm. Ekране užduoties atlikimo metu esančios starto zonos (žalias apskritimas) skersmuo 5 mm. Starto zona yra ekrano užduoties atlikimo lauko viduryje (aukštis – 10 mm, plotis – 135 mm). Atstumas nuo starto zonos centro iki taikinio centro – 100 mm. Užduoties atlikimo metu po garsinio signalo taikiny (3,5 mm diametro raudonas apskritimas) atsiranda bet kurioje arba toje pačioje ekrano vietoje (priklausomai nuo užduoties) nutolęs nuo taikinio 100 mm atstumu.

Rankos judesio kelias kompiuterio ekrane atkartojamas identišškai. Rankenos simbolio skersmuo 2 mm. Kiekvienos užduoties metu tiriamasis pastato rankenos simbolį kompiuterio

ekrane į starto zoną. Programa kintančiai, kas 1 – 3 s, generuoja garsinį signalą ir/arba tam tikroje ekrano vietoje taikinį, į kurį tiriamasis turi sureaguoti stumdamas prietaiso rankeną. Matavimo ciklas baigiamas atlikus užduotį. Visas užduotis tiriamieji atliko dešine ranka. Prieš kiekvieną užduotį tiriamieji atliko po 3 bandymus, kurių duomenys nebuvo registruojami.

1. Nesudėtingos reakcijos laiko nustatymas.

Reakcijos užduotis.

Tiriamasis kompiuterio ekrane rankenos simbolį laiko starto zonoje. Po garsinio signalo jis turi kiek įmanoma greičiau krustelėti DPA-1 rankeną. Užduotis atliekama 10 kartojimų dešine ranka. Registruojamas *reakcijos laikas (ms)*.

2. Maksimalaus rankų judesio greičio nustatymas.

Greitumo užduotis.

Tiriamasis kompiuterio ekrane rankenos simbolį laiko starto zonoje. Po garsinio signalo laikydamas DPA-1 rankeną, jis turi kiek įmanoma greičiau į priekį ištiesti ranką per alkūnės sąnarį. Užduotis buvo atliekama 5 kartojimus dešine ranka. Registruotas *maksimalaus judesio greitis (cm / s)*.

3. Rankų judesių tikslumo nustatymas (kai taikinyis atsiranda toje pačioje ekrano vietoje).

Standartinė užduotis.

Tiriamasis kompiuterio ekrane rankenos simbolį laiko starto zonoje. Po garsinio signalo laikydamas DPA-1 rankeną, jis turi kiek įmanoma greičiau rankenos simbolį pataikyti į ekrane atsiradusį taikinį ir jame sustoti. Užduotis buvo atliekama 3 serijas po 20 kartojimų dešine ranka. Tarp serijų buvo 1 min. pertrauka. Registruojamas: *judesio atlikimo kelias (cm)*.

4. Rankų judesių tikslumo nustatymas (kai taikinyis atsiranda skirtingose ekrano vietose).

Dinaminė užduotis.

Tiriamasis kompiuterio ekrane rankenos simbolį laiko starto zonoje. Po garsinio signalo laikydamas DPA-1 rankeną, jis turi kiek įmanoma greičiau rankenos simbolį pataikyti į ekrane atsiradusį taikinį ir jame sustoti. Užduotis buvo atliekama 3 serijas po 20 kartojimų dešine ranka. Tarp serijų buvo 1 min. pertraukos. Registruojama: *reakcijos laikas (ms), maksimalus judesio greitis, judesio atlikimo kelias (cm)*.

2.2.3 “Trumposios žinutės“ testo atlikimo metodika.

Tiriamieji savo mobiliuoju telefonu, dešine ranka turėjo parašyti trumpąją žinutę su tekstu: „Laba diena, kaip jums sekasi?“ Tiriamieji sodinami į kėdę prie stalo, nugara tiesi ir atremta į kėdės atlošą, ranka kuria yra rašoma trumpoji žinutė sulenkta 90° laipsnių kampu per alkūnės sąnarį taip, kad žastai būtų priglausti prie šonų – dilbis remtųsi į stalą. Kairė ranka padėta ant stalo analogiškai kaip ir dešinė ranka. Dešinės rankos riešas laisvas, keturiais rankos pirštais prilaikomas mobilus telefonas, žinutė rašoma naudojantis nykščiu.

Davus komandą „pradėti“, tiriamasis kuo greičiau turi parašyti žinutės tekstą be klaidų. Tiriamasis šį testą atlieka 3 kartus, kiekvieną kartą yra fiksuojamas laikas. Padaręs klaidą tiriamasis privalo ją ištaisyti – nestabdant laiko. Laikas - fiksuojamas chronometru.

2.2.4 Raumens šaldymo metodika.

Tiriamieji dešinę ranką laikė panardintą du kartus po 15 min. (darydami 10 min. pertrauką) šaltoje vonioje (2 pav.), kurios vandens temperatūra – $11 \pm 1^{\circ}\text{C}$, (*Eston and Peters, 1999*). kambario temperatūra – $20 - 22^{\circ}\text{C}$. Vandens į vonią buvo pripilama tiek, kad ranka būtų visiškai panardinta virš peties sąnario. Vandens temperatūra buvo matuojama vandens termometru, o patalpos – oro termometru.

2.2.5 Raumens šildymo metodika.

Tiriamieji dešinę ranką laikė panardintą 45 min. šiltoje vonioje (2 pav.), kurios vandens temperatūra – $44 \pm 1^{\circ}\text{C}$, (*Sargeant, 1987*). Kambario temperatūra – $20 - 22^{\circ}\text{C}$. Vandens į vonią buvo pripilama tiek, kad ranka būtų visiškai panardinta virš peties sąnario. Vandens temperatūra buvo matuojama vandens termometru, o patalpos – oro termometru.

2.2.6 Vidinės raumenų temperatūros matavimo metodika.

Vidinė raumenų temperatūra (pradinė ir iškart po raumenų šildymo bei šaldymo) matuojama adatiniu termometru (Ellab A/S, tipas DM 852, Danija) (2 pav.). Dūrio vieta dezinfekuojama spiritiniu jodo 5 proc. tirpalu. Įduriama į trigalvio žasto (*musculus triceps brachii*) šoninę raumens dalį (2 cm gilumu). Adatinis termometras po kiekvieno panaudojimo sterilizuojamas autoklave (gamintojas: M.O.COM Via delle Azlee 1, 20090 Bucinaso. Italika). Sterilizacijos trukmė – 30 min., temperatūra - 121°C .



2 pav. Rankos šildymas/šaldymas ir vidinės raumens temperatūros matavimas.

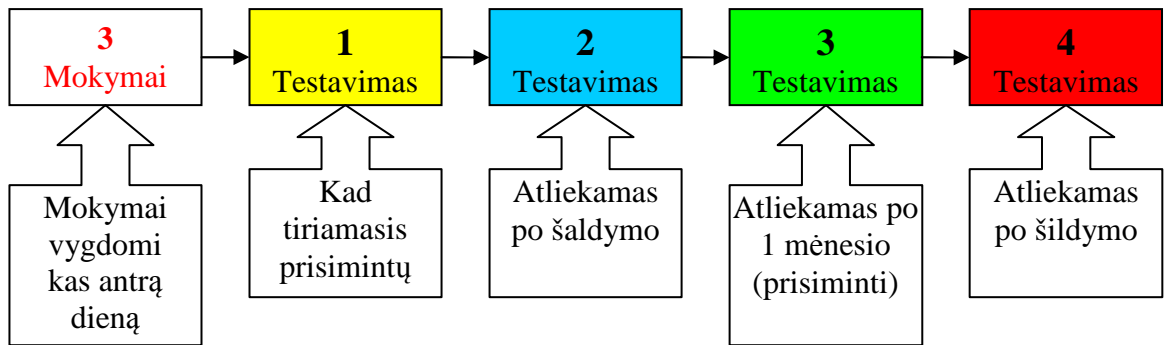
2.2.7 Modifikuota šiluminio pojūčio vertinimo metodika.

Šiluminis pojūtis buvo matuojamas raumens šildymo ir šaldymo metu. Kas 5 minutes tiriamieji turėjo įvertinti savo – pojūčius nuo nepakeliamai šalta (0 balų) iki nepakeliamai karšta (10 balų), neutralu (5 balai) (Gagge, et al., 1967).

2.3 Tyrimo eiga

Tiriamieji atliko 3 mokymus, kurie vyko kas antrą dieną, tačiau gauti rezultatai nebuvo įtraukiami į pagrindinio tyrimo skaičiavimus.

Iš viso atlikti 4 pagrindiniai testavimai su DPA-1. Kiekvienas testavimas buvo atliekamas skirtingomis dienomis. **1 testavimo** metu tiriamieji atliko „reakcijos“, „greitumo“, „standartinę“ ir „dinaminę“ užduotis su DPA-1. **2 testavimas** vyko sekančias dvi dienas po 1 testavimo. 2 testavimo metu tiriamieji šaldė dešinę ranką ir po šaldymo atliko „reakcijos“, „greitumo“, „standartinę“ ir „dinaminę“ užduotis su DPA-1. **3 testavimas** vyko po 1 mėnesio, kad tiriamieji prisimintų testavimo metodiką su DPA-1. Jie atliko „reakcijos“, „greitumo“, „standartinę“ ir „dinaminę“ užduotis su DPA-1. **4 testavimas** buvo atliekamas sekančią dieną po 3 testavimo. Tiriamieji šildė ranką ir po šildymo atliko „reakcijos“, „greitumo“, „standartinę“ ir „dinaminę“ užduotis su DPA-1. Kambario temperatūra viso tyrimo metu buvo pastovi 20 – 22°C. Prieš šildymą ir šaldymą adatinium termometru buvo matuojama (kontrolinė) vidinė raumenų temperatūra – tricalvio žasto (musculus triceps brachii) šoninės raumens dalies. Buvo užrašomas subjektyvaus šiluminio streso rankai vertinimas – šaldant ir šildant dešinę ranką.



3 pav. DPA-1 tyrimo schema.

DPA-1 ir „Trumposios žinutės testo“ eksperimentų eigos schema:

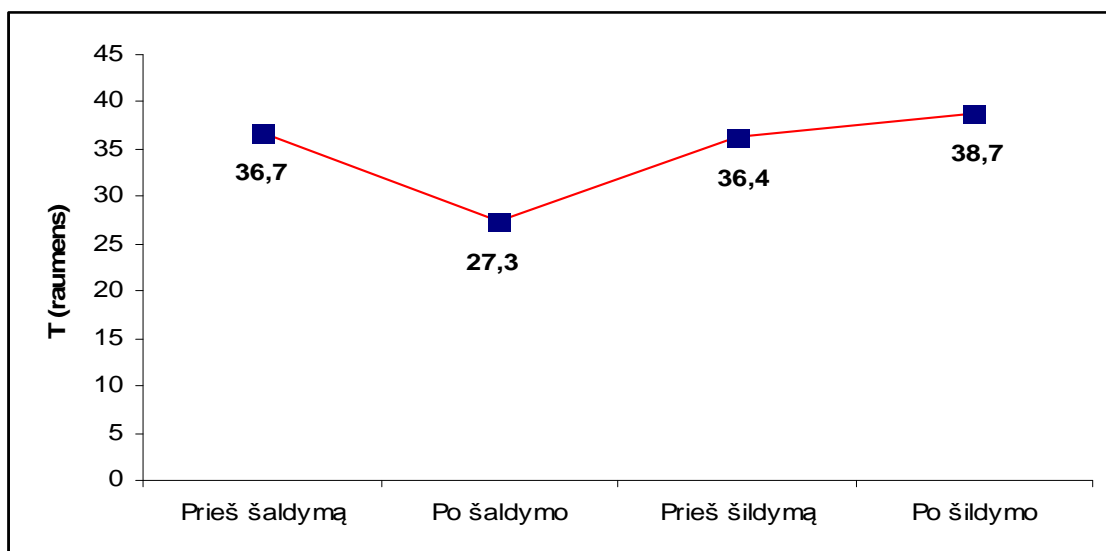
Prieš eksperimentus tiriamasis 15 min ramiai pasėdi → matuojama raumens temperatūra → šaldoma/šildoma ranka → matuojama raumens temperatūra → atliekamas „Trumposios“ žinutės testas (trukmė 3 ± 1 min) → atliekamas eksperimentas su DPA - 1.

2.4 Matematinė statistika

Apdorodami tyrimų duomenis, skaičiavome aritmetinį vidurkį, standartinį nuokrypį, ir paklaidą. Skirtumų tarp aritmetinių vidurkių reikšmingumas buvo nustatomas pagal dvipusį nepriklausomų imčių Student'o t-kriterijų. Skirtumai statistiškai reikšmingi, kai ($p < 0,05$). Skaičiavome naudodamiesi „Microsoft® Excel 2003“ statistiniu paketu.

3. TYRIMO REZULTATAI

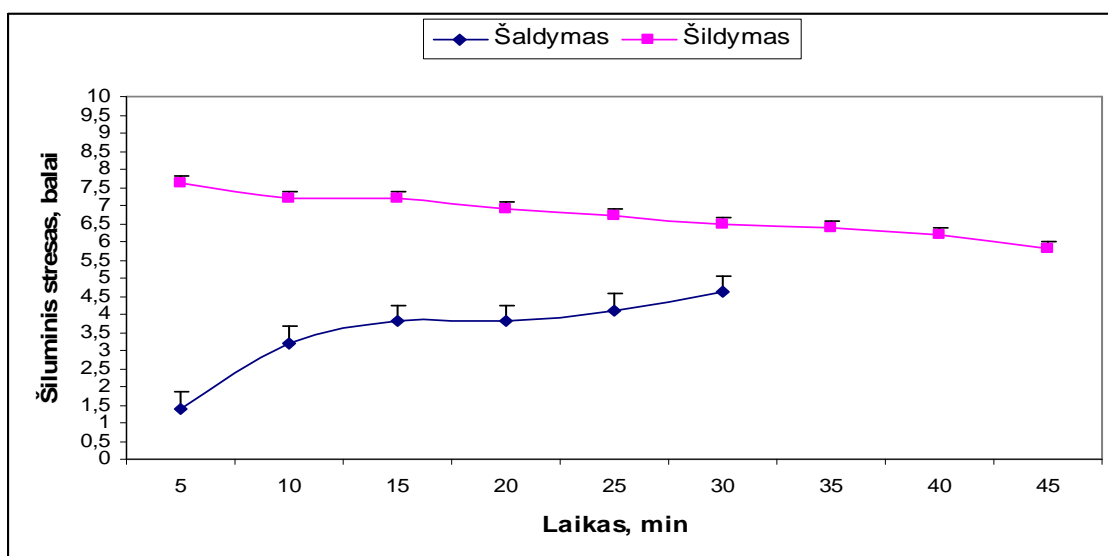
Tyrimo metu nustatyta, kad raumens temperatūra po dešinės rankos šaldymo sumažėjo 9,4°C. Po dešinės rankos šildymo raumens temperatūra padidėjo 2,3°C.



4 pav. Raumens temperatūros pokyčiai.

Šaldant dešinę ranką tiriamieji kas penkias minutes turėjos įvertinti savo rankos šiluminį pojūtį (5 pav.). Nustatyta, kad iki 30 šaldymo minutės vidutiniškai šiluminio pojūčio rodikliai sumažėjo: nuo „labai šalta“ iki „neutralu“.

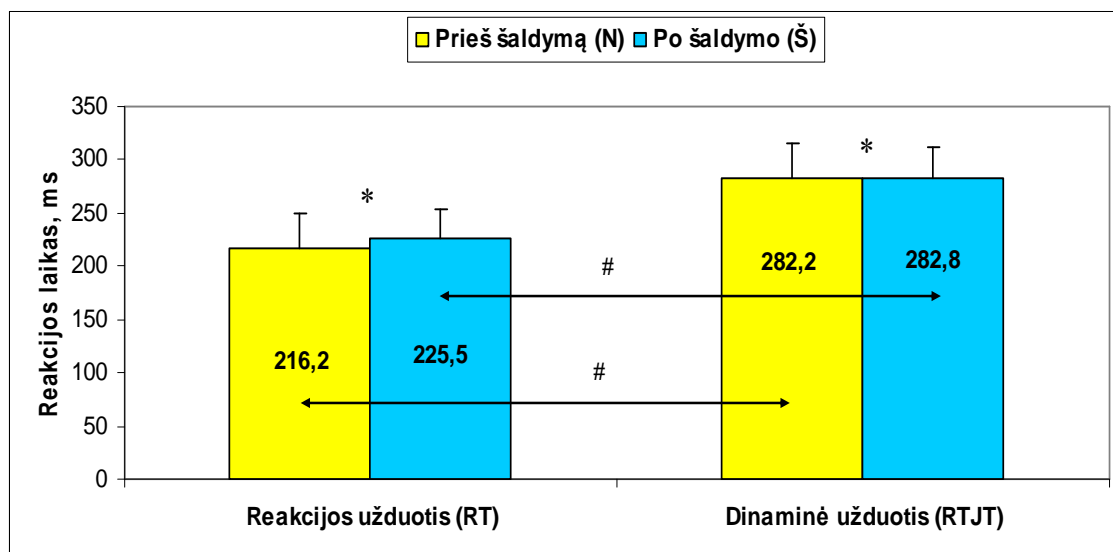
Šildant dešinę ranką tiriamieji taip pat kas penkias minutes turėjo įvertinti savo rankos šiluminį pojūtį (5 pav.). Nustatyta, kad iki 45 šildymo minutės vidutiniškai šiluminio pojūčio rodikliai sumažėjo: nuo „karšta“ iki „šiek tiek šilta“.



5 pav. Subjektyvaus šiluminio streso rankai vertinimas šaldant ir šildant dešinę ranką.

Tiriamųjų nešaldytos ir pašaldytos dešinės rankos judesių reakcijos laiko tyrimas.

Tiriamųjų nešaldytos (N) ir pašaldytos (Š) dešinės rankos reakcijos laiko tyrimo rezultatų vidutiniai dydžiai atliekant reakcijos ir dinaminę užduotis pateikti (6 pav.).



6 pav. Tiriamųjų reakcijos laiko (ms) vidurkiai atliekant reakcijos ir dinaminę užduotis.

* - $p < 0,05$, lyginant tos pačios užduoties nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) dešinės rankos rezultatus;

- $p < 0,05$, lyginant skirtingų užduočių vienodos būsenos dešinės rankos rezultatus.

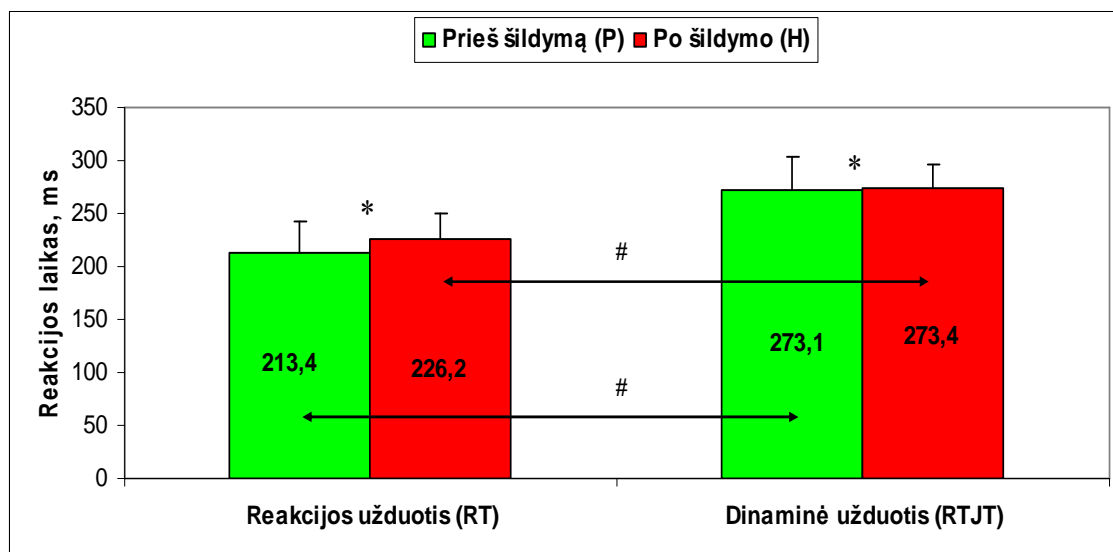
Tyrimo metu nustatytas reakcijos užduoties nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) dešinės rankos reakcijos laikas (6 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) rankos, skirtumas tarp reakcijos laiko rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (N) rankos reakcijos laikas buvo trumpesnis ($216,2 \pm 6,7$ ms) nei dešinės (Š) rankos ($225,5 \pm 7,1$ ms).

Tyrimo metu nustatytas dinaminės užduoties nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) dešinės rankos reakcijos laikas (6 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) rankos, skirtumas tarp reakcijos laiko rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (N) rankos reakcijos laikas buvo trumpesnis ($282,2 \pm 10,7$ ms) nei dešinės (Š) rankos ($282,8 \pm 15,5$ ms).

Palyginus dviejų nevienodo sudėtingumo užduočių (reakcijos ir dinaminės) reakcijos laiko rodiklius nustatėme reikšmingą ($p < 0,05$) skirtumą tarp reakcijos laiko rodiklių atliekant judesius vienodos būsenos ranka. Tiriamųjų ir dešinės nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) rankų reakcijos laikas buvo ilgesnis atliekant dinaminę užduotį (6 pav.).

Tiriamųjų nešildytos ir pašildytos dešinės rankos judesių reakcijos laiko tyrimas.

Tiriamųjų nešildytos (P) ir pašildytos (H) dešinės rankos reakcijos laiko tyrimo rezultatų vidutiniai dydžiai atliekant reakcijos ir dinaminę užduotis pateikti (7 pav.).



7 pav. Tiriamųjų reakcijos laiko (ms) vidurkiai atliekant reakcijos ir dinaminę užduotis.

* - $p < 0,05$, lyginant tos pačios užduoties nešildytos (P) ir šildytos (H) dešinės rankos rezultatus;

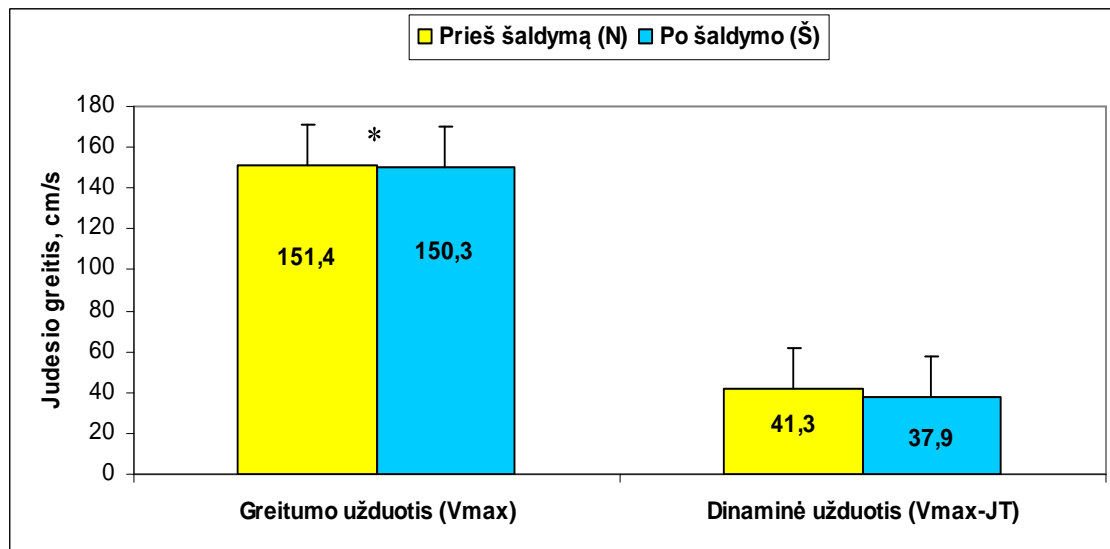
- $p < 0,05$, lyginant skirtingų užduočių vienodos būsenos dešinės rankos rezultatus.

Tyrimo metu nustatytas reakcijos užduoties nešildytos (P) ir šildytos (H) dešinės rankos reakcijos laikas (7 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešildytos (P) ir šildytos (H) rankos, skirtumas tarp reakcijos laiko rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (P) rankos reakcijos laikas buvo trumpesnis ($213,4 \pm 6,3$ ms) nei dešinės (H) rankos ($226,2 \pm 7,9$ ms).

Tyrimo metu nustatytas dinaminės užduoties nešildytos (P) ir šildytos (H) dešinės rankos reakcijos laikas (7 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešildytos (P) ir šildytos (H) rankos, skirtumas tarp reakcijos laiko rodiklių buvo reikšmingas ($p > 0,05$). Dešinės (P) rankos reakcijos laikas buvo trumpesnis ($273,1 \pm 11,4$ ms) nei dešinės (H) rankos ($273,4 \pm 8,8$ ms).

Palyginus dviejų nevienodo sudėtingumo užduočių (reakcijos ir dinaminės) reakcijos laiko rodiklius nustatėme reikšmingą ($p < 0,05$) skirtumą tarp reakcijos laiko rodiklių atliekant judesius vienodos būsenos ranka. Tiriamųjų ir dešinės nešildytos (P) ir šildytos (H) rankų reakcijos laikas buvo ilgesnis atliekant dinaminę užduotį (7 pav.).

Tiriamųjų nešaldytos ir pašaldytos dešinės rankos judesių greičio tyrimas. Tiriamųjų nešaldytos (N) ir pašaldytos (Š) dešinės rankos judesių greičio tyrimo rezultatų vidutiniai dydžiai atliekant greitumo ir dinaminę užduotis pateikti (8 pav.).



8 pav. Tiriamųjų judesių greičio (cm/s) vidurkiai atliekant greitumo ir dinaminę užduotis.

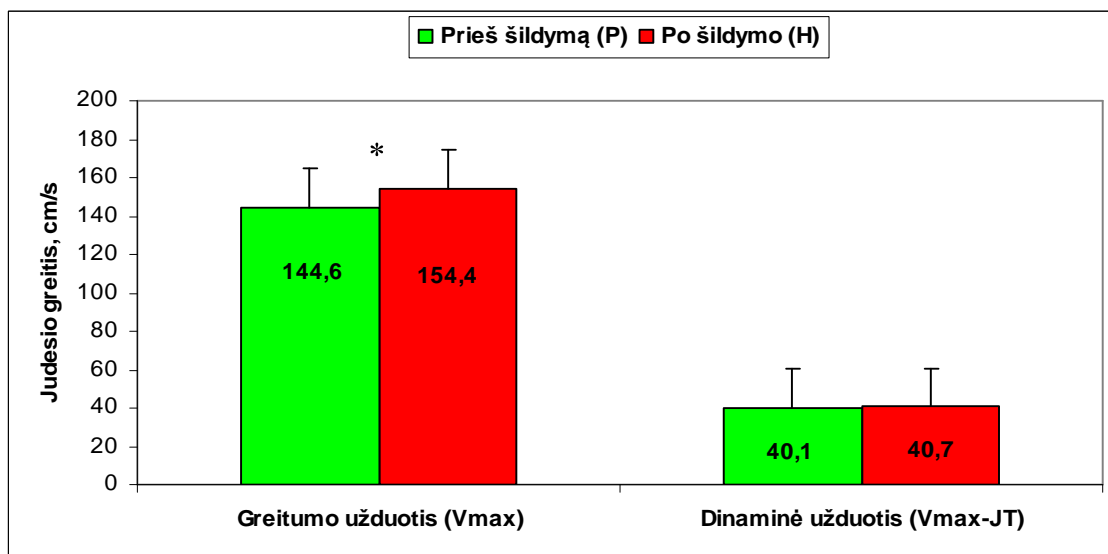
* - $p < 0,05$, lyginant tos pačios užduoties nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) dešinės rankos rezultatus;

Tyrimo metu nustatytas greitumo užduoties nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) dešinės rankos judesių greitis (8 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) rankos, skirtumas tarp judesių greičio buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (N) rankos judesių greitis buvo didesnis ($151,4 \pm 6,9$ cm/s) nei dešinės (Š) rankos ($150,3 \pm 5,4$ cm/s).

Tyrimo metu nustatytas dinaminės užduoties nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) dešinės rankos judesių greitis (8 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) rankos, skirtumas tarp judesių greičio rodiklių buvo nereikšmingas ($p > 0,05$). Dešinės (N) rankos judesių greitis buvo didesnis ($41,3 \pm 3,5$ cm/s) nei dešinės (Š) rankos ($37,9 \pm 3,8$ cm/s).

Palyginus dviejų nevienodo sudėtingumo užduočių (greitumo ir dinaminės) judesių greičio rodiklius nenustatėme reikšmingo ($p > 0,05$) skirtumo tarp judesių greičio rodiklių atliekant judesius vienodos būsenos ranka. Tačiau tiriamųjų ir dešinės nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) rankų judesių greitis buvo mažesnis atliekant dinaminę užduotį (8 pav.).

Tiriamųjų nešildytos ir pašildytos dešinės rankos judesių greičio tyrimas. Tiriamųjų nešildytos (P) ir pašildytos (H) dešinės rankos judesių greičio tyrimo rezultatų vidutiniai dydžiai atliekant greitumo ir dinaminę užduotis pateikti (9 pav.).



9 pav. Tiriamųjų judesių greičio (cm/s) vidurkiai atliekant greitumo ir dinaminę užduotis.

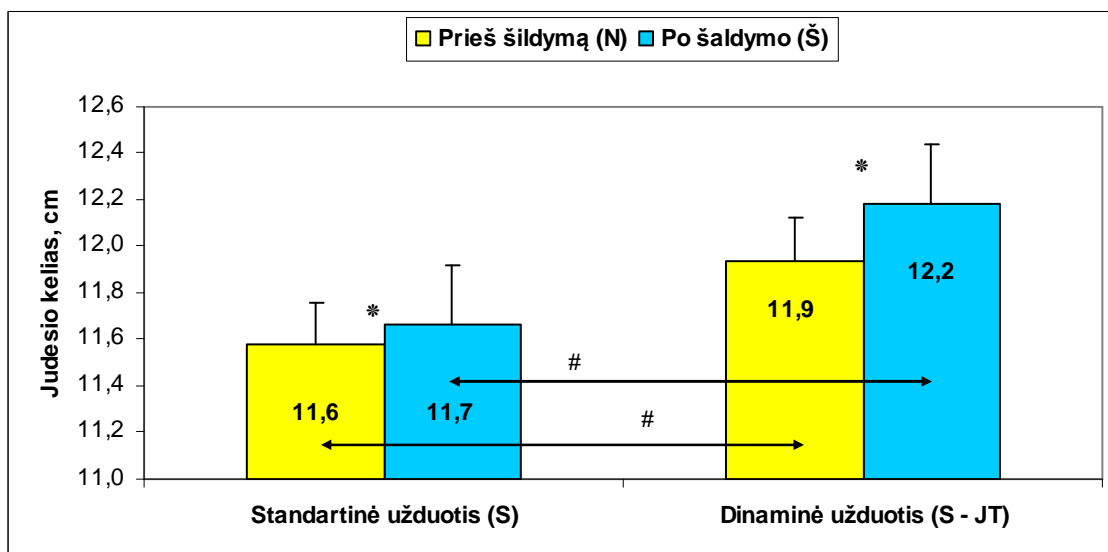
* - $p < 0,05$, lyginant tos pačios užduoties nešildytos (P) ir šildytos (H) dešinės rankos rezultatus;

Tyrimo metu nustatytas greitumo užduoties nešildytos (P) ir šildytos (H) dešinės rankos judesių greitis (9 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešildytos (P) ir šildytos (H) rankos, skirtumas tarp judesių greičio buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (P) rankos judesių greitis buvo mažesnis ($144,6 \pm 5,3$ cm/s) nei dešinės (H) rankos ($154,4 \pm 2,6$ cm/s).

Tyrimo metu nustatytas dinaminės užduoties nešildytos (P) ir šildytos (H) dešinės rankos judesių greitis (9 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešildytos (P) ir šildytos (H) rankos, skirtumas tarp judesių greičio rodiklių nebuvo reikšmingas ($p > 0,05$). Dešinės (P) rankos judesių greitis buvo mažesnis ($40,1 \pm 3,4$ cm/s) nei dešinės (H) rankos ($40,7 \pm 4,3$ cm/s).

Palyginus dviejų nevienodo sudėtingumo užduočių (greitumo ir dinaminės) judesių greičio rodiklius nenustatėme reikšmingo ($p > 0,05$) skirtumo tarp judesių greičio rodiklių atliekant judesius vienodos būsenos ranka. Tačiau tiriamųjų ir dešinės nešildytos (P) ir šildytos (H) rankų judesių greitis buvo mažesnis atliekant dinaminę užduotį (9 pav.).

Tiriamųjų nešaldytos ir pašaldytos dešinės rankos judesio kelio tyrimas. Tiriamųjų nešaldytos (N) ir pašaldytos (Š) dešinės rankos judesio kelio tyrimo rezultatų vidutiniai dydžiai atliekant standartinę ir dinaminę užduotis pateikti (10 pav.).



10 pav. Tiriamųjų judesio kelio (cm) vidurkiai atliekant standartinę ir dinaminę užduotis.

* - $p < 0,05$, lyginant tos pačios užduoties nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) dešinės rankos rezultatus;

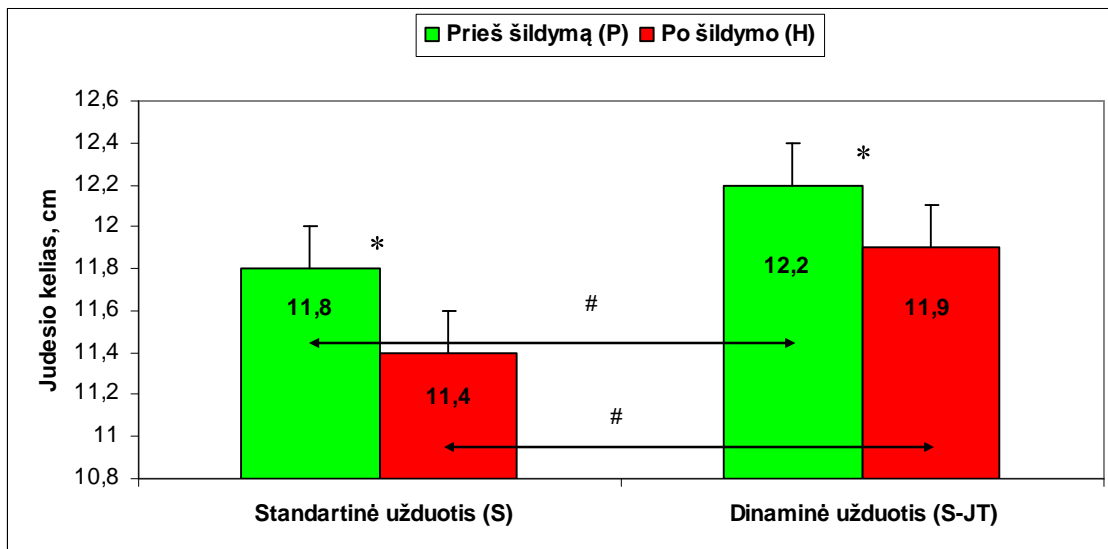
- $p < 0,05$, lyginant skirtingų užduočių vienodos būsenos dešinės rankos rezultatus.

Tyrimo metu nustatytas standartinės užduoties nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) dešinės rankos judesio kelias (10 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) rankos, skirtumas tarp judesio kelio rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (N) rankos judesio kelias buvo trumpesnis ($11,6 \pm 0,3$ cm) nei dešinės (Š) rankos ($11,7 \pm 0,2$ cm).

Tyrimo metu nustatytas dinaminės užduoties nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) dešinės rankos judesio kelias (10 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) rankos, skirtumas tarp judesio kelio rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (N) rankos judesio kelias buvo trumpesnis ($11,9 \pm 0,4$ cm) nei dešinės (Š) rankos ($12,2 \pm 0,5$ cm).

Palyginus dviejų nevienodo sudėtingumo užduočių (standartinės ir dinaminės) reakcijos laiko rodiklius nustatėme reikšmingą ($p < 0,05$) skirtumą tarp judesio kelio rodiklių atliekant judesius vienodos būsenos ranka. Tiriamųjų ir dešinės nešaldytos (N) ir šaldytos (Š) rankų judesio kelias buvo ilgesnis atliekant dinaminę užduotį (10 pav.).

Tiriamųjų nešildytos ir pašildytos dešinės rankos judesio kelio tyrimas. Tiriamųjų nešildytos (P) ir pašildytos (H) dešinės rankos judesio kelio tyrimo rezultatų vidutiniai dydžiai atliekant standartinę ir dinaminę užduotis pateikti (11 pav.).



11 pav. Tiriamųjų judesio kelio (cm) vidurkiai atliekant standartinę ir dinaminę užduotis.

* - $p < 0,05$, lyginant tos pačios užduoties nešildytos (P) ir šildytos (H) dešinės rankos rezultatus;

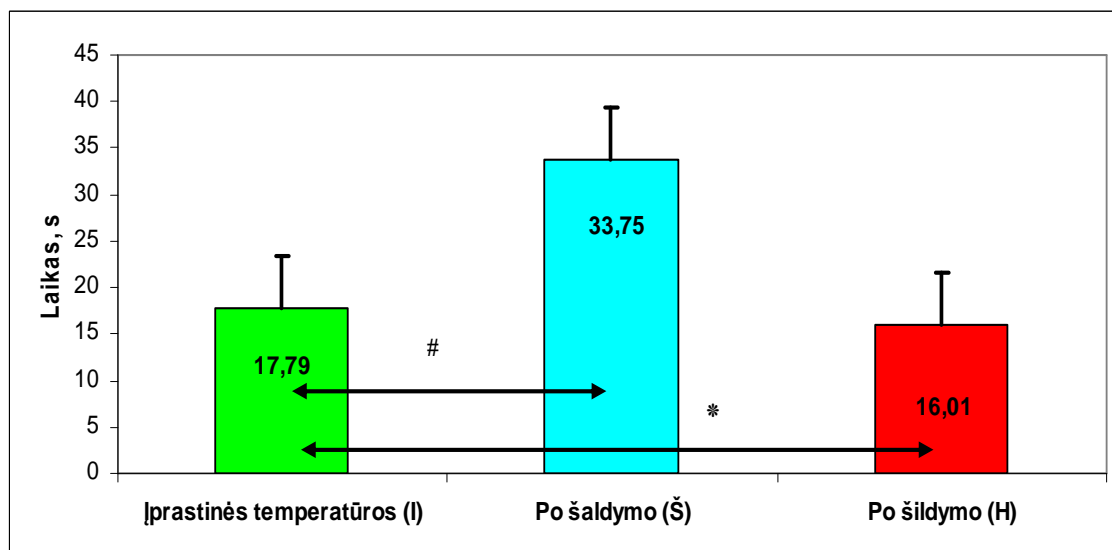
- $p < 0,05$, lyginant skirtingų užduočių vienodos būsenos dešinės rankos rezultatus.

Tyrimo metu nustatytas standartinės užduoties nešildytos (P) ir šildytos (H) dešinės rankos judesio kelias (11 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešildytos (P) ir šildytos (H) rankos, skirtumas tarp judesio kelio rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (P) rankos judesio kelias buvo ilgesnis ($11,8 \pm 0,4$ cm) nei dešinės (H) rankos ($11,4 \pm 0,5$ cm).

Tyrimo metu nustatytas dinaminės užduoties nešildytos (P) ir šildytos (H) dešinės rankos judesio kelias (11 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nešildytos (P) ir šildytos (H) rankos, skirtumas tarp judesio kelio rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (P) rankos judesio kelias buvo ilgesnis ($12,2 \pm 0,5$ cm) nei dešinės (H) rankos ($11,9 \pm 0,4$ cm).

Palyginus dviejų nevienodo sudėtingumo užduočių (standartinės ir dinaminės) reakcijos laiko rodiklius nustatėme reikšmingą ($p < 0,05$) skirtumą tarp judesio kelio rodiklių atliekant judesius vienodos būsenos ranka. Tiriamųjų ir dešinės nešildytos (P) ir šildytos (H) rankų judesio kelias buvo ilgesnis atliekant dinaminę užduotį (11 pav.).

Tiriamųjų įprastinės temperatūros, pašaldytos ir pašildytos dešinės rankos pirštų judesių miklumo tyrimas („Trumposios žinutės“ testas). Tiriamųjų įprastinės dešinės rankos raumenų temperatūros (I), pašaldytos (Š) ir pašildytos (H) dešinės rankos trumposios žinutės rašymo laiko rezultatų vidutiniai dydžiai - pateikti (12 pav.).



12 pav. Tiriamųjų trumposios žinutės rašymo laiko (s) vidurkiai.

* - $p < 0,05$, lyginant įprastinės temperatūros (I) ir po šaldymo (Š) dešinės rankos rezultatus;

- $p < 0,05$, lyginant įprastinės temperatūros (I) ir po šildymo (H) dešinės rankos rezultatus;

Tyrimo metu nustatytas trumposios žinutės (t. žinutės) rašymo laikas, rašant įprastinės temperatūros (I), pašaldyta (Š) ir pašildyta (H) dešine ranka (12 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad rašant t. žinutę (I) ir (Š) ranka, skirtumas tarp rašymo laiko rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (I) rankos t. žinutės rašymo laikas trumpesnis ($17,79 \pm 1,59$ s) nei dešinės (Š) rankos ($33,75 \pm 2,59$ s).

Taip pat rašant t. žinutę (I) ir (H) ranka, skirtumas tarp rašymo laiko rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Dešinės (H) rankos t. žinutės laikas trumpesnis ($16,01 \pm 1,54$ s) nei dešinės (I) rankos ($17,79 \pm 1,59$ s).

4. TYRIMO REZULTATŲ APITARIMAS

Tyrimo duomenys parodė, kad šildydami ranką, įmerkiant ją į vandenį 45 minutėms, kur vandens temperatūra buvo $44\pm 1^{\circ}\text{C}$ žasto trigravio raumens temperatūra padidėjo $2,3^{\circ}\text{C}$. Tuo tarpu šaldydami ranką, įmerkiant ją į vandenį 30 minučių, kur vandens temperatūra buvo $11\pm 1^{\circ}\text{C}$ žasto trigravio raumens temperatūra sumažėjo $9,4^{\circ}\text{C}$. Analogišką šildymo ir šaldymo procedūrą atliko I. Ramanauskienė ir kt., (2008) skirtumas tas, kad jie šildė ir šaldė kojas, ir matavo šlaunies keturgavio raumens temperatūrą, kuri po šaldymo sumažėjo $4,3^{\circ}\text{C}$, o po šildymo padidėjo $2,6^{\circ}\text{C}$.

Šiluminio dešinės rankos pojūčio vertinimo rezultatai parodė, kad šaldant ranką per pirmąsias 5 minutes, vidutiniškai tiriamieji jautė „labai šaltą“ pojūtį. Tačiau per paskutines 5 minutes šaldymo tiriamieji jautė „neutralų“ pojūtį savo rankai. Vertinant gautus rezultatus, galima teigti, kad tiriamieji priprato prie šalto vandens sukeltą šiluminio streso. Šiluminio rankos pojūčio vertinimai šildant ranką parodė, kad per 5 pirmąsias minutes, vidutiniškai tiriamieji jautė „karštą“ pojūtį, tačiau per paskutines 5 minutes šildymo tiriamieji jautė „šiek tiek šilta“ pojūtį savo rankai. Tai parodo, kad tiriamieji priprato 45 min laikotarpyje, prie $44\pm 1^{\circ}\text{C}$ vandens temperatūros. Lyginant šiluminio pojūčio sumažėjimą balais, tarp šaldymo ir šildymo pojūčių, šaldymo metu šiluminiai pojūčiai sumažėjo 4 balais, o šildymo metu sumažėjo 3 balais.

Tyrimo rezultatai parodė, kad atliekant judesius (N) nešaldyta ir (Š) šaldyta ranka, skirtumas tarp reakcijos laiko rodiklių buvo reikšmingas ($p<0,05$). Po šaldymo judesių reakcijos laikas pailgėjo, tiek atliekant reakcijos tiek dinaminę užduotį. Palyginus tiriamųjų reakcijos ir dinaminės užduočių reakcijos laiko rezultatus pastebėta, jog dinaminės užduoties judesių reakcijos laikas, tiek (N) rankos, tiek ir (Š) rankos buvo ilgesnis, nei reakcijos užduoties ($p<0,05$). Taigi remiantis tyrimo rezultatais, galima teigti, kad užduoties sudėtingumas paveikė tiek (N), tiek ir (Š) rankos judesių reakcijos laiko reikšmes.

Išanalizavus tiriamųjų judesių reakcijos laiko rezultatus, atliekant reakcijos ir dinaminę užduotį tarp reakcijos laiko (P) nešildyta ir (H) šildyta ranka nustatytas reikšmingas skirtumas ($p<0,05$). Po šildymo judesių reakcijos laikas pailgėjo, tiek atliekant reakcijos tiek dinaminę užduotį. Tačiau palyginus tiriamųjų reakcijos ir dinaminės užduočių reakcijos laiko rezultatus, pastebėta, jog dinaminės užduoties judesių reakcijos laikas tiek (P) rankos, tiek ir (H) rankos buvo ilgesnis, nei reakcijos užduoties ($p<0,05$).

Temperatūra yra vienas iš įtakingiausių veiksnių galinčių paveikti reakcijos laiką. Žema temperatūra lėtina nervinių signalų plitimą iš smegenų į ranką, tokiu būdu lėtinama reakcijos laiką (Ashcroft, 2000). T. H. Rammasayer ir kt. (1995) atliko tyrimą norėdami išsiaiškinti kūno temperatūros poveikį žmogaus informacijos apdorojimo procesams, panaudojant žmogaus reakcijos

laiką tai įvertinti. Jie išsiaiškino, kad sumažėjus kūno temperatūrai 1°F reakcijos laikas reikšmingai padidėja. Šie gauti rezultatai koreliavo su kito J. J. Pilcher ir kt. (2002) atlikto tyrimo rezultatais.

Išanalizavus tiriamųjų dešinės rankos judesių reakcijos laiko kaitą atliekant dvi skirtingo sudėtingumo užduotis gauti rezultatai parodė, jog (N), (Š) ir (P), (H) rankos judesių reakcijos laikas buvo ilgesnis atliekant sudėtingesnę užduotį, t.y., dinaminę. Galima teigti, kad užduoties sudėtingumas turėjo įtakos (N), (Š) ir (P), (H) rankos judesių reakcijos laikui. Tai iš esmės patvirtina Hiko dėsnį, kuris teigia, kad kuo sudėtingesnis judesys, tuo reakcijos laikas ilgesnis (Schmidt and Lee, 2005). Pastebėta, kad judesio planavimo laikas, kurį rodo reakcijos laikas nuo dirgiklio pradžios iki judesio pradžios, yra tuo ilgesnis, kuo sudėtingesnį judesį reikia planuoti (Skurvydas, 2008).

Išanalizavus tiriamųjų judesių greičio rezultatus nustatyta, kad atliekant greitumo užduotį po šaldymo judesių greitis reikšmingai sumažėjo ($p < 0,05$), tiek atliekant greitumo tiek dinaminę užduotis. Tačiau palyginus judesių greičio rezultatus, atliekant dinaminę užduotį tarp judesių atlikimo (N) ir (Š) ranka reikšmingas skirtumas nenustatytas ($p > 0,05$). Palyginus tiriamųjų greitumo ir dinaminės užduočių judesių greičio rezultatus, reikšmingas skirtumas taip pat nenustatytas ($p > 0,05$).

Išanalizavus tiriamųjų judesių greičio rezultatus nustatyta, kad atliekant greitumo užduotį po šildymo judesių greitis reikšmingai padidėjo ($p < 0,05$), tiek atliekant greitumo tiek dinaminę užduotis. Tačiau palyginus judesių greičio rezultatus, atliekant dinaminę užduotį tarp judesių atlikimo (P) ir (H) ranka reikšmingas skirtumas nenustatytas ($p > 0,05$). Taip pat reikšmingas skirtumas nenustatytas tarp skirtingų sudėtingumo užduočių - greitumo ir dinaminės, vertinant judesių greitį ($p > 0,05$).

Pavienio judesio pavyzdžiais gali būti tinklininko puolamasis smūgis, padavimas, boksininko smūgiai, fechtuotojo dūriai, rankininko metimai ir panašiai. Pavienio judesio greitis priklauso ir nuo dinaminės, ir nuo statinės (didžiausios izometrinio susitraukimo) jėgos (Muckus, 2001). Šiame tyrime mes taip pat tyrėme pavienius judesius, o jų greičiui nustatyti fiksavome dešinės rankos judesių greitį. Po šildymo rankos judesių greitis padidėjo, o po šaldymo rankos judesių greitis sumažėjo, tiek atliekant greitumo tiek dinaminę užduotį. S. S. Cheung ir kt. (2006) tyrinėjo maksimalios valingos raumenų jėgos priklausomybę nuo temperatūros. Tyrimo rezultatai parodė, kad šaldymas padidino maksimalią valingą jėgą kai bendroji kūno temperatūra buvo sumažinta 1°C, tačiau šildymas ją sumažino, kai kūno temperatūra buvo pakelta 2°C.

Tyrimo rezultatai parodė, kad atliekant judesius (N) ir (Š) ranka, skirtumas tarp rankos judesio kelio rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Po šaldymo judesių kelias buvo ilgesnis, tiek atliekant standartinę tiek dinaminę užduotis. Palyginus tiriamųjų standartinės ir dinaminės užduočių

judesių kelio rezultatus, pastebėta, jog dinaminės užduoties judesių kelias tiek (N) rankos, tiek (Š) rankos buvo ilgesnis, nei standartinės užduoties ($p < 0,05$).

Vertinant judesio kelio rezultatus, atliekant judesius (P) ir (H) ranka, skirtumas tarp judesio kelio rodiklių buvo reikšmingas ($p < 0,05$). Po šildymo judesių kelias buvo trumpesnis, tiek atliekant standartinę tiek dinaminę užduotis. Palyginus tiriamųjų standartinės ir dinaminės užduočių judesio kelio rezultatus, pastebėta, kad dinaminės užduoties judesių kelias tiek (P) rankos, tiek (H) rankos buvo ilgesnis, nei standartinės užduoties ($p < 0,05$).

Atliekamo judesio tikslumas priklauso nuo agonistų ir antagonistų koaktyvacijos. Tikslų ir greitų judesių atlikimo metu būtinai žadinamas raumuo antagonistas, kuris patikslina judesį. Jo žadinimo laikas priklauso nuo atliekamo judesio trukmės, kuo ilgiau trunka judesys, tuo vėliau žadinamas raumuo (Skurvydas, 2008). Taigi judesių tikslumas priklauso ir nuo raumenų sąveikos, mūsų tyrime judesių tikslumo rodiklis buvo judesio kelias (S). Tyrimo rezultatai parodė judesio kelio pokyčius prie skirtingos raumens temperatūros. Todėl manome, kad raumens temperatūros kitimas turi įtakos judesių tikslumui. G. Havenith ir kt. (1992) atliko tyrimą, kuriame šaldė (15°C) ir šildė (40°C) temperatūroje ranką 30 min. Rezultatai parodė rankos raumenų darbingumo sumažėjimą 50% po šaldymo, tačiau šildymas tyrimo rezultatams poveikio neturėjo. S. S. Cheung ir kt. (2006) atliktas tyrimas, kuriame šaldoma ranka 8°C temperatūroje. Po šaldymo rankos neuroraumeninė funkcija pablogėjo.

Tyrimo rezultatai parodė, kad rašant trumpąją žinutę po šaldymo trumposios žinutės rašymo laikas buvo reikšmingai ilgesnis ($p < 0,05$). Tačiau po šildymo trumposios žinutės rašymo laikas buvo reikšmingai trumpesnis ($p < 0,05$). Gauti rezultatai parodė, kad sumažėjusi rankos raumenų temperatūra turėjo neigiamą poveikį dešinės rankos pirštų judesių miklumui, tuo tarpu pašildę ranką, pastebėjome, kad rankos šildymas turėjo teigiamą poveikį dešinės rankos pirštų judesių miklumui. S. S. Cheung ir kt. (2006) tyrė rankos pirštų judesių miklumą po šaldymo 8°C temperatūroje, rezultatai parodė rankos pirštų judesių miklumo pablogėjimą. Z. Zander ir kt. (2008) atliko tyrimą, kuriame buvo šaldoma ranka 4°C temperatūroje. Tiriama narų rankos pirštų judesių miklumas, kuris pablogėjo sumažėjus pirštų odos temperatūrai. S. S. Cheung ir kt. (2003) pastebėjo, kad net trumpą laiką, t. y. 2 - 5 min., plaštaką ir dilbį laikant panardintus į šaltą 10°C vandenį, staiga žymiai sumažėja rankos temperatūra ir smulkiųjų judesių miklumas.

Pagal gautus rezultatus galime teigti, kad tyrimo hipotezę patvirtinome. Dešinės rankos reakcijos laikas, judesių miklumas, greitumas, ir tikslumas pakito, kintant raumens temperatūrai.

IŠVADOS

1. Reakcijos laikas, atliekant „reakcijos“ ir „dinaminę“ užduotis po šaldymo ir po šildymo buvo ilgesnis ($p < 0,05$).
2. Judesių greitis, atliekant „greitumo“ ir „dinaminę“ užduotis po šaldymo buvo mažesnis, o po šildymo didesnis.
3. Judesio kelias, atliekant „standartinę“ ir „dinaminę“ užduotis po šaldymo buvo ilgesnis, tačiau po šildymo judesio kelias buvo trumpesnis ($p < 0,05$).
4. Po šaldymo „Trumposios žinutės“ rašymo laikas buvo ilgesnis, o po šildymo trumpesnis ($p < 0,05$). Dešinės rankos pirštų judesiai po šildymo miklesni, negu po šaldymo.

LITERATŪRA

1. Abernethy, B., Hanrahan, S. J., Kippers, V., Mackinnon, L., T., Pandy, M., G. (2005). *The biophysical foundations of human movement* (p. 203-217). Champaign: Human Kinetics.
2. Adaškevičienė, E. (2004). Vaikų fizinės sveikatos ir kūno kultūros ugdymas. *Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla*.
3. Ascroft, F. (2000). *Life extremes*. University of California press, *Berkley, California*.
4. Asmussen, E., Bonde – Petersen, F., Jorgensen, K. (1976). Mechano elastic properties of human muscle at different temperatures. *Acta Physiologica Scandinavica*, 96, 83-93.
5. Ball, D., Burrows, C., Sargeant, A. J. (1999). Human power output during repeated sprint cycle exercise: the influence of thermal stress. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 360-366.
6. Bennett, A. F. (1984). Thermal dependence of muscle function. *American Journal of Physiology*, 247, 217-229.
7. Bennett, A. F. (1990). Thermal dependence of locomotor capacity. *American Journal of Physiology*, 259, 253-258.
8. Bishop, D. (2003). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 33, 483-498.
9. Bizzi, E., Polit, A. (1979). Processes controlling visually evoked movements. *Neuropsychologia*, 17, 203-213.
10. Booth, J., Wilsmore, B. R., Macdonald, A. D. et al. (2001). Whole-body pre-cooling does not alter human muscle metabolism during sub-maximal exercise in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 587-590.
11. Brazaitis, M., Skurvydas, A., Ramanauskienė, I., Masiulis, N. (2004). Skirtingos temperatūros poveikis keturgalvio šlaunies raumens nuovargiui ir atsigavimui, esant nevalingam izometriniam raumens susitraukimui. *Ugdymas, kūno kultūra, sportas*, 4 (54), 32-39.
12. Bružas, V., Skurvydas, A., Lukočiūtė, I. (2003). Šildymo poveikis raumens nuovargiui ir atsigavimui. *Ugdymas, kūno kultūra, sportas*, 2 (52), 19-24.
13. Buroker, K. C., Schwane, J. A., (1989). Does postexercise static stretching alleviate delayed muscle soreness? *Physiology Sports Medicine*, 17 (6), 65-83.
14. Chen, J., Graham, S. H., Zhu, R. L. and Simon, R. P. (1996). Stress proteins and tolerance to focal cerebral ischemi. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 16, 566-577.
15. Cheung, S. S. et al. (2006). Local cold acclimation during exercise and it's effect on neuromuscular function of the hand. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 31, 717-725.

16. Cheung, S. S. and Sleivert, G. G. (2004). Lowering of skin temperature decreases isocinetic maximum force production independent of core temperature. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 723-728.
17. Cheung, S. S., Mclellan, T. M. (1998). Comparison of short-term aerobic training and high aerobic power on tolerance to uncompensable heat stress. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70 (7), 637-643.
18. Cheung, S. S., Montie, D., White, M., Behm, D. (2003). Changes in manual dexterity following short-term hand and forearm immersion in 10 degrees C water. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 74 (9), 990-3.
19. Cheung, S. S., Robinson, A. (2004). The influence of upper-body pre-cooling on repeated sprint performance in moderate ambient temperatures. *Journal of Sport Sciences*, 22 (7), 605-612.
20. Cheung, S. S., Thomas, M. M., et al. (2006). Voluntary muscle activation is impaired by core temperature rather than local muscle temperature. *European Journal of Applied Physiology*, 100, 1361-1369.
21. Chouinard, D. A., Paus, T. (2006). The primary motor and premotor areas of the human cerebral cortex. *Neuroscientist*, 12 (2), 143-152.
22. Comeau, M., Potteiger, J. and Brown, L. (2003). Effects of environmental cooling on force production in the quadriceps and hamstring. *Journal Strength and Conditioning Research*, 17 (2), 279-284.
23. Craig, R. (2000). Therapeutic Modalities for Athletic Injuries. *Human Kinetics*.
24. Daanen, H. A., Ducharme, M. B. (1999). Finger cold-induced vasodilation during mild hypothermia, hyperthermia and at thermoneutrality. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70, 1206-1210.
25. Daanen, H. A., Van de Linde, F. J., Romet, T. T., Ducharme, M. B. (1997). The effect of body temperature on the hunting response of the middle finger skin temperature. *European Journal of Applied Physiology*, 76, 538-543.
26. Davies, M. J., Ekblom, B., Berg, U. and Kastrup, I. L. (1975). The effect of hypothermia on submaximal and maximal work performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 95, 201-202.
27. De Jong, R. H., Hershey, W. N., Wagman, I. H. (1966). Nerve conduction velocity during hypothermia in man. *Anaesthesiology*, 27, 805-810.
28. Deltorage, G. (2002). Musculoskeletal Trauma: Implications for Sports Injury Management. *Human Kinetics*.

29. De Ruiter, C. J., De Haan, A. (2001). Similar effects of cooling and fatigue on eccentric and concentric force-velocity relationships in human muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 2109-2116.
30. De Ruiter, C. J., Jones, D. A., Sargeant, A. J., De Haan, A., (1999). Temperature effect on the rates of isometric force development and relaxation in the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Experimental Physiology*, November, 84 (6), 1137-1150.
31. De Ruiter, C. J., De Haan, A. (2000). Temperature effect on the force — velocity relationship of the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Pflugers Archiv*, (440), (p.163-170).
32. Eston, R. and Peters, D. (1999). Effect of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sport Sciences*, 17, 231-238.
33. Evans, T. (1994). The effects of cooling on agility. *Journal of Athletic Training*, 29-179.
34. Faulkner, J. A. and Brooks, S.V. (1990). Muscle temperature of mammals: cooling impairs most functional properties. *American Journal of Physiology*, 259, 259-265.
35. Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 7 (1), 49-95.
36. Gagge, A. P., Stolwijk, J. A., Hardy, J. D. (1967). Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. *Journal of Environmental Research*, 1, 1-20.
37. Geurts, C., Sleivert, G. G. and Cheung, S. S. (2004). Temperature effects on the contractile characteristics and sub-maximal voluntary isometric force production of the first dorsal interosseus muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 41-45.
38. Geurts, C., Sleivert, G. G. and Cheung S. S. (2005) Local cold acclimation of the hand impairs thermal responses of the finger without improving hand neuromuscular function. *Acta Physiologica Scandinavica*, 183, 117-124.
39. Goldman, Y. E., McCray, J. A. and Ranatunga, K. W. (1987). Transient tension changes initiated by laser temperature jumps in rabbit psoas muscle fibres. *European Journal of Applied Physiology*, 392, 71-95.
40. Gonzalez-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S., Jensen, F., Hyldig, T., Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 1032-1039.
41. Havenith, G., van den Linde, E. J. G., Heus, R. (1992). Pain, thermal and cooling rates of hands while touching cold materials. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 43-51.
42. Halar, E. M., De Lisa, J. A., Sojn, T. L. (1983). Nerve conduction studies in upper extremities: skin temperature corrections. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 64, 412-416.

43. Heus, R., Daanen, H. A. M., Havenith, G., (1995). Physiological criteria for functioning of hands in the cold. *Applied Ergonomics*, 26, 5-13.
44. Hicks, A., Ohlendieck, K., Gopel, S. O. and Pette, D. (1997). Early functional and biochemical adaptation to low-frequency stimulation of rabbit fast-twitch muscle. *American Journal of Physiology*, 273, 297-305.
45. Hodges, N. J., Franks, I. M. (2002). Modelling coaching practice: The role of instruction and demonstration. *Journal of Sport Sciences*.
46. Hultborn, H. (2006). Motorinė sistema. Sud. Kėvelaitis, E., Illert M., Hultborn H. *Žmogaus fiziologija 2-as patalysytas ir papildytas leidimas* (p. 182-186). Kaunas: KMU leidykla.
47. Ichihara, Y. (1998). Effect of temperature on Ca induced Ca release (CICR) rate. *Masui*, 47 (3), 281-5 (Article in Japanese).
48. Jurjonienė, I. (2005). Kineziterapijos efektyvumas atkuriant mobilumą, koordinaciją ir pusiausvyrą esant užsitęsusiam išeminiam neurologiniam nepakankamumui. *Magistro baigiamasis darbas*. Kaunas: LKKA.
49. Kandratavičius, E., Skurvydas, A., Lukočiūtė, I. (2003). Temperatūros poveikis šuolio be amortizuojamojo pritūpimo kinematiniais rodikliais. *Ugdymas, kūno kultūra, sportas*, 4 (54), 13-17.
50. Kelso, J. A. S., Holt, K. G., Flatt, A. E. (1980). The role of proprioception in the perception and control of human movement: Toward a theoretical reassessment. *Perception and Psychophysics*, 28, 45-52.
51. Kent-Braun, J. A., et al. (1999). Specific strength and voluntary muscle activation in young and elderly women and men. *European Journal of Applied Physiology*, 87, 22-29.
52. Knight, H. and Knight, M. R. (1995). Recombinant Aequorin methods for intracellular calcium measurement in plants. *Methods in Cell Biology*, 49, 201-216.
53. Johansson, R. S., Birznieks, I. (2004). First spikes in ensembles of human tactile afferents encode complex spatial fingertip events. *Nature Neuroscience*, 7, 170-177.
54. Lakie, M., Villagra, F., Bowman, I. and Wilby, R. (1995). Shooting performance is related to forearm temperature and hand tremor size. *Journal of Sports Sciences*, 13, 313-320.
55. LaReviere, J., Osternig, L. R. (1994). The effect of ice on joint position sense. *Journal of Sport Rehabilitation*, 3, 58-67.
56. Leftheriotis, G., Savourey, G., Saumet, J. L., Bittel, J. (1990). Finger and forearm vasodilatory changes after local cold acclimation. *European Journal of Applied Physiology*, 60, 49-53.
57. Lewis, T. (1930). Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart*, 15, 177-208.

58. Magill, R. A. (2007). *Motor learning and control: concepts and applications*. New York: McGraw - Hill.
59. Marino, F. E. (2002). Methods, advantages, and limitations of body cooling for exercise performance. *British Journal of Sports Medicine*, 36, 89-94.
60. Morrison, S., Sleivert, G. G., Cheung, S. S. (2004). Passive hyperthermia reduces voluntary activation and isometric force production. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 729-736.
61. Muckus, K. (2001). Žmogaus fizinių gebėjimų biomechanika. *Kaunas: LKKA*.
62. Muckus, K. (2003). Psichomotorinės reakcijos ir jos komponentų priklausomybė nuo judėjimo užduoties sunkumo. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 4 (49), 35-40.
63. Muckus, K., Kriščiukaitis, A. (1999). Computer controlled system for psychomotoric tests: evaluation of validity and reliability of parameters. *Biomedical Engineering*. (p. 142-145). Kaunas: Technologija.
64. Musteikienė, G. (2001). Žaidimai rankų pirštams mankštinti. *Šiauliai*.
65. Nomura, T., Kawano, F., Kang, M. S. (2002). Effects of long-term cold exposure on contractile muscles of rats. *The Japanese Journal of Physiology*, February, 52 (1), 85-93.
66. Nowak, D. A. and Hermsdorfer, J. (2003). Sensorimotor memory and grip force control: does grip force anticipate a self-produced weight change when drinking with a straw from a cup? *European Journal of Neuroscience*, 18, 283-92.
67. Nybo, L., Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 1055-1060.
68. Pilcher, J. J., Nadler, E., Busch, C. (2002). Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics*, 45, 682-698.
69. Prentice, W. E. (1982). An electromyographic analysis of the effectiveness of heat or cold and stretching for inducing relaxation in injured muscle. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 3, 133-40.
70. Rall, J. A., Woledge, R. C. (1990). Influence of temperature on mechanics and energetic of muscle contraction. *American Journal of Physiology*, 259, 197-203.
71. Ramanauskienė, I., Skurvydas, A., Sipavičienė, S., Senikienė, Z., ir kt. (2008). Šildymo ir šaldymo įtaka raumenų nuovargiui ir atsigavimui. *Medicina*. Kaunas, 44 (9), 687-693.
72. Rammasayer, T. H. and Bahner., E. (1995). Effects of cold on human information processing: application of a reaction time paradigm. *Integrative Physiological & Behavioral Science*, 30, 34-46.
73. Ranatunga, K. W., Sharpe, B., Turnbull, B. (1987). Contractions of human skeletal muscle at different temperatures. *The Journal of Physiology*, 290, 383-95.

74. Rowell, L. B. (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiological Review*, 54, 75-159.
75. Rutkove, S. B. (2001). Effects of temperature on neuromuscular electrophysiology. *Muscle Nerve*, 24, 867-882.
76. Sargeant, A. J. (1987). Effect of muscle on leg extension force and short-term power output in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 693-698.
77. Schmidt, R. A. (1988 b). Motor control and motor learning. *Champaign. Human Kinetics*.
78. Schmidt, R. A., Lee, T. D. (2005). Motor control and learning: *A behavioral emphasis. Fourth edition* (p. 4-5). Human kinetics.
79. Segal, S. S., Faulkner, J. A., White, T. P. (1986). Skeletal muscle fatigue in vitro is temperature depended. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 660-665.
80. Skurvydas, A. (1999). Judesių valdymo ir sporto fiziologijos konspektai. *Kaunas: LKKI*.
81. Skurvydas, A. (2008). Judesių mokslas: raumenys, valdymas, mokymas, reabilitavimas, sveikatinimas, treniravimas, metodologija (p. 130-290). *Kaunas: LKKA*.
82. Sleivert, G. G., Cotter, J. D., Roberts, W. S., Febbraio, M. A. (2001). The influence of whole-body versus torso pre-cooling on physiological strain and performance of high intensity exercise in the heat. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 128, 657-666.
83. Spencer, R. M. C., Ivry, R. B., Cattaert, D., Semjen, A. (2005). Bimanual coordination during rhythmic movements in the absence of somatosensory feedback. *Journal of Neurophysiology*, 94, 2901-2910.
84. Starkie, R. L., Hargreaves, M., Lambert, D. L., Proietto, J. and Febbraio, M. A. (1999). Effect of temperature on muscle metabolism during submaximal exercise in humans. *Experimental Physiology*, 84, 775-784.
85. Stewart, D., Macaluso, A. and De Vito, G. (2003). The effect of an active warm-up on surface EMG and muscle performance in healthy humans. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 509-513.
86. Stienen, G. J. M., Kiers, J. L., Biotineli, R. and Reggiani, C. (1996). Myofibrillar ATPase activity in skinned human skeletal muscle fibres: fibre type and temperature dependence. *The Journal of Physiology*, 493, 299-307.
87. Suzuki, S., Osanai, M., Mitsumoto, N., Akita, T., Narita, K., Kijima, H. and Kuba, K. (2002). Ca²⁺-dependent Ca²⁺ clearance via mitochondrial uptake and plasmalemmal extrusion in frog motor nerve terminals. *Journal of Neurophysiology*, 87, 1816-1823.
88. Tanaka, E. (1997). Ca²⁺ release induced by rapid cooling and catteine in ferret ventricular muscles. *The Japanese Journal of Physiology*, June, 47 (3), 263-272.

89. Thornley, L. J., Maxwell, N. S., Cheung, S. S. (2003). Local tissue temperature effects on peak torque and muscular endurance during isometric knee extension. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 588-594.
90. Todd, G., Butler J. E., Taylor, J. L., Gandevia, S. C. (2005). Hyperthermia: a failure of the motor cortex and the muscle. *The Journal of Physiology*, 563 (2), 621-631.
91. Todorov, E. (2005). Stochastic optimal control and estimation methods adapted to the noise characteristics of the sensorimotor system. *Neural Computation*, 17, 1084-1108.
92. Trevoras, V. (1997). Anatomijos atlasas (p. 54, 56). UAB „Gamta“.
93. Walters, T. J., Ryan, K. L., Tate, L. M., Mason, P. A. (2000). Exercise in the heat is limited by a critical internal temperature. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 799-806.
94. Westerblad, H., Allen, D. G. (2002). Recent advances in the understanding of skeletal muscle fatigue. *Current Opinion in Rheumatology*, 14 (6), 648-652.
95. Zander, Z., Morrison, J. (2008). Effects of pressure, cold and gloves on hand skin temperature and manual of divers. *European Journal of Applied Physiology*, 104, 237-244.
96. Yarnitsky, D., Ochoa, J. L. (1991). Differential effect of compression-ischaemia block on warm sensation and heat-induced pain. *Brain*, 114, 907-913.

Modifikuota šiluminio pojūčio skalė (Gagge et al.,1967)

Šiluminis terminis pojūtis

