

**LIETUVOS KŪNO KULTŪROS AKADEMIJA
SPORTO EDUKOLOGIJOS FAKULTETAS
SPORTINIŲ ŽAIDIMŲ KATEDRA
TRENIRAVIMO SISTEMOS STUDIJŲ PROGRAMA**

ALGIRDAS BOLEVIČIUS

**ŠUOLIO AUKŠČIO KAITA ESANT MOTORINĖS
SISTEMOS NUOVARGIUI IR KREPŠININKŲ
VARŽYBINIO CIKLO METU**

MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Darbo vadovas: doc. dr. S. Kamandulis

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*) (autorius vardas pavardė) (parašas)

PATVIRTINIMAS APIE ATSAKOMYBĘ UŽ LIETUVIŲ KALBOS TAISYKLINGUMĄ ATLIKTAME DARBE

Patvirtinu lietuvių kalbos taisyklingumą atliktame darbe.

.....
.....
.....
(*data*) (autorius 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	5
SANTRAUKA	6
SUMMARY	8
ĮVADAS	10
1. LITERATŪROS APŽVALGA	12
1.1. Nuovargis	12
1.1.1. Metabolinis nuovargis	14
1.1.2. Raumenų pažeida.....	18
1.1.3. Centrinės nervų sistemos (CNS) nuovargis.....	20
1.2. Pervargimas, persitempimas, persitreniravimas	23
1.3. Šuolio aukštį lemiantys veiksniai ir jo matavimas	25
2. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS	28
2.1. Tiriamieji	28
2.2. Metodai.....	28
2.2.1. Šuolio aukščio nustatymo metodika	28
2.2.2. Dinamometrija	29
2.2.3. Elektrostimuliacija.....	29
2.2.4. Valingosios aktyvacijos nustatymo metodika	30
2.2.5. Vestono testo atlikimo metodika	30
2.2.6. Nuotaikos profilio skalės metodika	31
2.2.7. Raumenų skausmo vertinimo metodika	31
2.2.8. Kraujo laktato koncentracijos nustatymo metodika	31
2.2.9. Kreatinkinazės aktyvumo kraujo plazmoje ir šlapalo bei magnio koncentracijos nustatymo metodika	32
2.3. Tyrimų organizavimas.....	32
2.3.1. Šuolio aukščio kaitos esant „metaboliniam nuovargiui“ nustatymo metodika	32
2.3.2. Šuolio aukščio kaitos esant raumenų pažeidai nustatymo metodika.....	32
2.3.3. Šuolio aukščio kaitos esant „CNS nuovargiui“ nustatymo metodika.....	33
2.4. Krepšininkų šuolio aukščio kaitos varžybiniame periode nustatymo metodika	34
2.5. Statistinė duomenų analizė.....	34
3. TYRIMO REZULTATAI.....	35

3.1. Šuolio aukščio ir „metabolinio nuovargio“ rodiklių kaita.....	35
3.2. Šuolio aukščio ir raumenų pažeidos rodiklių kaita	37
3.3. Šuolio aukščio ir „CNS nuovargio“ rodiklių kaita.....	39
3.4. Šuolio aukščio kaitos rodikliai krepšininkų varžybų ciklo metu	43
4. REZULTATŲ APITARIMAS	48
4.1. Šuolio aukščio pokyčiai esant metaboliniam, raumenų pažeidos bei CNS nuovargiui	48
4.2. Krepšininkų šuolio aukščio pokyčiai varžybinio ciklo metu	52
IŠVADOS.....	54
LITERATŪRA.....	55
PRIEDAI	71

SANTRUMPOS

ADP	adenozino difosfatas
AMP	adenizino monofosfatas
ATP	adenozino trifosfatas
BCAA	šakotosios aminorūgštys
CK	kreatinkinazė
CK-MM	kreatinkinazės izoenzimas
DA	dopaminas
DOMS	vėluojantis raumenų skausmas
EMG	elektromiograma
FP	funkcinis persitreniravimas
HLa	kraujo laktato koncentracija
KG	kritinė galia
La	laktatas
LDH	laktato dehidrogenazė
MVJ	maksimali valinga jėga
NADH	nikotinamido adenino dinukleotidas
NFP	ne funkcinis persitreniravimas
NPS	nuotaikos profilio skalė
P100	100 Hz dažnio elektrostimuliacija sukelta jėga
PCr	fosfokreatinas
PDH	piruvato dehidrogenazė
PFK	fosfofruktokinazė
Phos	fosforilazė
P_i	neorganinis fosfatas
P_{O2}	deguonies percialinis slėgis
PTS	persitreniravimo sindromas
RS	raumeninė skaidula
TRP	triptofanas
TT100 Hz	250 ms trukmės 100 Hz elektrostimuliavimo impulsų serija
VO_{2max}	maksimalus deguonies suvartojimas
5-HT	5-hidroksitriptofanas

SANTRAUKA

Šuolio aukščio kaita esant motorinės sistemos nuovargiui ir krepšinininkų varžybinio ciklo metu

Varžybų ir pratybų sukeltas fizinis ir psichologinis nuovargis turi įtakos motoriniams sportininkų įgūdžiams (Aune et al., 2008). Nuovargis, atsirandantis dėl per dažnai atliekamų pratybų ir nepakankamų poilsio pertraukų, sukelia persitempimą arba persitreniravimą (Urhausen et al., 1995; Demorest, Landry, 2004; Main et al., 2010; Matos et al, 2010; Winsley, Matos, 2011). Šiuo metu vis dar nėra tyrimų, kuriuose būtų nagrinėti šuolio aukščio pokyčiai kaip persitempimo būsenos nustatymo kriterijus, nepaisant to, kad vertikalaus šuolio testas yra patikimas ir praktiškas naudoti.

Tyrimo **hipotezė**: šuolio aukščio kaita rodys fizinį ir psichologinį nuovargį atiekant įvairaus krūvio pratimus.

Tyrimo **tikslas**: nustatyti šuolio aukščio pokyčius esant periferiniam ir centrinės nervų sistemos nuovargiui bei krepšinininkų varžybų ciklo metu.

Tyrimo **uždaviniai**:

1. Nustatyti šuolio aukščio pokyčius esant metaboliniam, CNS nuovargiui ir raumenų pažeidai;
2. Nustatyti krepšinininkų šuolio aukščio pokyčius varžybų ciklo metu.

Tyrimo **metodika**: Darbo rengimo metu buvo atlikti keturi tyrimai, kuriuose dalyvavo sveiki ir fiziškai aktyvūs vyrai (n=43). Tyrimo metu metabolinis nuovargis buvo sukeltas krūviu, kuris nuosekliai didintas veloergometru iki visiško **nuovargio**. Vėliau buvo testuojamas šuolio aukštis (iš kart po krūvio, praėjus 3 ir 30 min) ir nustatyta kraujo laktato koncentracija (praėjus 5 ir 30 min). Raumenų pažeidą sukėlė 70 kas 20 sek. atliekamų šuolių nuo 50 cm pakyls. Tyrimo metu buvo nustatoma šuolio aukštis, elektrostimuliacijos sukelta ir maksimali valinga jėga (MVJ), CK aktyvumas kraujo plazmoje ir raumenų skausmas. CNS nuovargis buvo sukeltas tiriamiesiems uždraudus miegoti 24 val. Šio eksperimento metu buvo nustatoma šuolio aukštis, elektrostimuliacinė jėga, MVJ, informacijos perdirbimo greitis ir emocinė būklė. LKKA „Atletas“ krepšinininkų šuolio aukštis buvo registruojamas 9 savaites kiekvienų pratybų pradžioje. Taip pat buvo vertinta kraujo, šlapalo ir magnio koncentracija.

Tyrimo **rezultatai**: po nuosekliai didinamo krūvio reikšmingai padidėjo laktato koncentracija ir reikšmingai sumažėjo šuolio aukštis. Tyrimo metu nustatyta stipri koreliacija tarp santykinio šuolio aukščio sumažėjimo ir laktato koncentracijos. Šuolis į aukštį reikšmingai sumažėjo ir po raumenų pažeidą sukeliančio krūvio; reikšmingai sumažėjęs jis išliko 48 val.

Sukėlus raumenų pažeidą, reikšmingai padidėjo CK koncentracija kraujo plazmoje, pasireiškė raumenų skausmas. Be to, reikšmingai sumažėjo MVJ bei elektrostimuliacijos sukelta jėga. Sukėlus CNS nuovargį šuolio aukštis reikšmingai nesikeitė, nors žymiai sumažėjo informacijos perdirbimo greitis bei padidėjo subjektyviai pačių tiriamųjų įvertintas nuovargis. Krepšininkų šuolio aukščio rezultatai per tiriamąjį laikotarpį kito reikšmingai. Nustatytas silpnas ir labai silpnas neigiamas koreliacinis ryšys tarp rungtynėse žaisto laiko ir šuolio aukščio kaitos.

Išvados:

1. Šuolio aukščio kaita nėra universalus žmogaus motorinės sistemos nuovargio rodiklis, kadangi jis labai priklauso nuo fizinio krūvio pobūdžio. Esant centrinės kilmės nuovargiui šuolio aukštis gali nesikeisti, o dėl metabolinio nuovargio jis sumažėja labai žymiai, bet neilgam laikui (≈ 30 – 60 min). Po raumenų pažeidą sukeliančio krūvio šuolio aukštis išlieka sumažėjęs 48 valandas, nors pokytis nuo kontrolinės reikšmės yra reikšmingai mažesnis nei po metabolinio krūvio.
2. 9 savaičių varžybų ciklo metu krepšininkų vidutinis šuolio aukštis kito reikšmingai, tačiau individuali analizė parodė, kad aiškios šuolio aukščio kaitos tendencijos nėra. Nustatytas silpnas koreliacinis ryšys tarp varžybose žaisto laiko ir šuolio aukščio.

Raktiniai žodžiai: metabolinis nuovargis, raumenų pažeida, CNS nuovargis, šuolio aukštis

SUMMARY

Monitoring the jump height as human motor system fatigue marker and in competitive cycle of basketball players

Competition and training induced physical fatigue, as an outcome of involvement in sport, has been shown to affect the motor skill execution of athletes (Aune et al., 2008). There are number of studies showing that fatigue from the frequent training sessions overload and insufficient recovery leads to overreaching and overtraining (Urhausen et al., 1995; Demorest, Landry, 2004; Main et al., 2010; Matos et al, 2010; Winsley, Matos, 2011). There are no studies to investigate jump height changes as a marker of overreaching state despite that vertical jump test is highly reliable and it is practical for use.

Hypothesis: jump height changes will show general physical and mental fatigue while performing in different conditions.

Aim: to determine jump changes influenced by peripheral and central nervous system fatigue and in competitive cycle of basketball players.

Objectives:

1. To determine jump height changes influenced by metabolic, CNS fatigue and muscle damage;
2. To determine jump height changes in competitive cycle of basketball players.

Methods: Four investigations have been made, where healthy and physically active men (n=43) have taken the part. Metabolic fatigue was caused by intermittent increasing cycling exercise untill exhaustion, followed by the measuring of jump height (immediately after the exercise, after 3 and 30 min) and blood lactate concentration (after 5 and 30 min). Muscle damage was caused by 70 drop jumps from 50 cm height platform every 20 seconds, after which the jump height, electrostimulation-induced and maximal voluntary contraction force (MVC), blood CK level and muscle soreness were measured. CNS fatigue was caused by preventing subjects from sleeping for 24 hours. The jump height, electrostimulation-induced and maximal voluntary contraction force (MVC), information processing speed and emotional state were measured in this stage. The jump height of basketball players of LKKA “Atletas” team was measured for 9 weeks at the beginning of each practice. Concentrations of blood urea and magnesium were estimated as well.

Results: blood lactate level increased and jump height decreased significantly after intermittent increasing cycling exercise. There was identified significant strong correlation between relative decrease of jump height and lactate level. Jump height also decreased significantly and remained significantly decreased after 48 hours. CK level in blood increased significantly and muscle soreness appeared. Furthermore, there was a significant decrease of MVC and electrostimulation-induced force. When CNS fatigue occurred jump height didn't change as there was a significant decrease of information processing speed and an increase of subjectively assessed fatigue by the subjects. The jump height results of basketball players changed significantly in studied period. Weak and very weak negative correlation was established between time played in competitions and change of the jump height.

Conclusions:

1. A change in jump height isn't universal fatigue index of the human motor system, whereas it depends on the kind of physical load. The jump height can remain stable in the case of central fatigue as the jump height is greatly reduced by the metabolic fatigue, but recovers quickly ($\approx 30-60$ min). After the load that causes muscle damage jump height recovery lasts 48 hours, although a change is significantly smaller than control value than after metabolic load.
2. The average jump height changed significantly in 9 weeks competitive cycle of basketball players, however, individual analysis showed that there is no obvious tendency of change of the jump height. Weak correlation was established between time played in competitions and change of the jump height.

Key words: metabolic fatigue, muscle damage, CNS fatigue, jump height.

ĮVADAS

Varžybų ir pratybų sukeltas fizinis ir psichologinis nuovargis turi įtakos motoriniams sportininkų įgūdžiams (Aune et al., 2008). Moksliniuose darbuose nuovargis apibūdinamas įvairiai. Vieni autoriai nuovargį apibrėžia kaip sumažėjusį raumenų pajėgumą išvystyti ir palaikyti kuo didesnę jėgą ir galingumą (Gandevia, 1998; Cairns, 2006), kiti jį apibūdina kaip protinės funkcijos sumažėjimą (Enoka, Duchateau, 2008) ar apsaugos mechanizmą, padedantį išvengti traumos ar mirties fizinės veiklos metu (Abbiss, Laursen, 2005; Ratel et al., 2006). Šiuo atveju nuovargis gali būti laikomas veiklą ribojančiu veiksnium, turinčiu įtakos ne tik motorinei veiklai, bet ir suvokimui, kuris yra susijęs su įgūdžių panaudojimu, dalyvaujant aukšto lygio varžybose (McMorris, Graydon, 1997; Royal et al., 2006).

Nuovargis priklauso nuo centrinių ir periferinių mechanizmų (Westerblad et al., 1991; Gandevia et al., 1995). Kraujo apytakos sutrikimas, energijos išsekimas ir metabolitų kaupimasis, taip pat ir elektromechaninio ryšio sutrikdymas bei raumenų pažeida, laikomi pagrindinėmis periferinio nuovargio priežastimis (Bogdanis et al., 1995; Vollestad, Sejersted, 1988; Sahlin et al., 1998; Warren et al., 1999; Byrne et al., 2004). Be to, tyrimais nustatyta, kad centrinės aktyvacijos sumažėjimas mažina motorinės sistemos funkcionalumą (Gandevia et al., 1995; Gandevia et al., 1996). Periferinio ar centrinio nuovargio dominavimas priklauso nuo pratimo tipo, intensyvumo ir poilsio tarp serijų trukmės (Skurvydas et al., 2002; Fowles, Green, 2003).

Nuovargis, atsirandantis dėl per dažnai atliekamų pratybų ir nepakankamo poilsio, sukelia persitempimą arba persitreniravimą (Urhausen et al., 1995; Demorest, Landry, 2004; Main et al., 2010; Matos et al., 2011; Winsley, Matos, 2011). Persitempimas apibūdinamas kaip laikinas, greitai išnykstantis pajėgumo sumažėjimas, dažnai pasireiškiantis kartu su miego ir dėmesio koncentracijos sutrikimais bei pakitusia nuotaika (Nederhof et al., 2007). Jei pajėgumo sumažėjimas yra didelis ir išlieka ilgą laiką, sportininkai patiria persitreniravimo sindromą (Nederhof et al., 2007).

Persitempimo nustatymo metodai labai įvairūs. Dažniausiai naudojami klausimynai apie miego sutrikimus ir nuotaikos būklę kartu su kraujo, reakcijos laiko ir pajėgumo testais, atliekamais iki visiško nuovargio (Urhausen et al., 1995; Urhausen, Kindermann, 2002; Statsenko, Charykova, 2010). Tačiau šiuo metu vis dar nėra tyrimų, kuriuose būtų nagrinėti šuolio aukščio pokyčiai kaip persitempimo būsenos nustatymo kriterijus. Vertikalaus šuolio testas yra patikimas ir praktiškas naudoti, nes, pavyzdžiui, gali būti atliktas krepšinininkų komandos per maždaug 6–8 minutes. Be to, yra žinoma, kad nuovargis neigiamai veikia veiksnius, lemiančius šuolio aukštį: greitumą, jėgą ir koordinaciją (Fitts, 2003; Enoka, Duchateau, 2008; Apriantono et al., 2006). Vadinasi, iš labiau nuvargusio sportininko galima tikėtis didesnio šuolio aukščio sumažėjimo. Be to, šuolio aukštis gali būti susijęs su nuovargio suvokimu, kuris priklauso nuo centrinės nervų sistemos ir dažnai

pasireiškia kaip bendras nuovargis, atspindimas subjektyviais nusiskundimais, tokiais kaip nuotaikos sutrikimai, sumažėjęs susidomėjimas pratybomis ir varžybomis bei nesugebėjimas koncentruoti dėmesio (Winsley, Matos, 2011). Taigi šiame tyrime keliami **hipotezė**, kad šuolio aukščio kaita rodys bendros fizinės ir psichologinės būklės nuovargį atliekant įvairaus krūvio pratimus. **Tyrimo tikslas** – nustatyti šuolio aukščio pokyčius, esant periferiniam ir centrinės nervų sistemos nuovargiui, bei krepšininkų varžybų ciklo metu.

Tyrime keliami šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti šuolio aukščio pokyčius esant metaboliniam, CNS nuovargiui ir raumenų pažeidai;
2. Nustatyti krepšininkų šuolio aukščio pokyčius varžybų ciklo metu.

Šis darbas yra **reikšmingas** ne tik **teoriškai**, bet ir **praktiškai**: kad sportininkai pasiektų aukštų rezultatų, reikalingas tikslus ir gerai suplanuotas pasirengimo proceso valdymas. Norint tinkamai valdyti sportinio pasirengimo vyksmą, reikia žinoti ir atsižvelgti į sportininko fizinę būklę ir jos pokyčius. Mūsų tyrimo rezultatai suteiks papildomos informacijos apie šuolio aukščio kaitos informatyvumą vertinant bendrą sportininko būklę ir diagnozuojant pervargimą ir persitreniravimą. Tyrimo rezultatai ypač naudingi sporto šakų treneriams.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Nuovargis

Nuovargis — tai laikinas organizmo darbingumo mažėjimas dėl pokyčių įvairiose organizmo sistemose atliekant fizinį darbą. Nuovargį sukeliančios priežastys visada yra konkrečios, t. y. priklauso nuo atliekamo darbo pobūdžio, raumenų darbo režimo intensyvumo. Dažniausiai darbingumas fizinės veiklos metu mažėja dėl CNS (centrinės nervų sistemos), endokrininės sistemos, vegetacinės sistemos ir dirbančių raumenų nuovargio (Milašius, 2005).

Literatūroje nuovargis apibūdinamas įvairiai:

- „Intensyvi raumenų veikla sąlygoja gebėjimo atlikti darbą sumažėjimą, žinomą kaip nuovargis...“ (Allen, Westerblad, 2001);
- „Atliekant motorinę užduotį ilgą laiko intervalą skatinamas motorinis nuovargis, kuris apibūdinamas kaip žmogaus sugebėjimo išvystyti jėgą sumažėjimas...“ (Lorist et al., 2002);
- „Kofeino poveikis CNS pailgino bėgimo ant bėgtakio laiką iki nuovargio...“ (Davis et al., 2003);
- „... varginanti užduotis buvo atliekama kairės rankos raumenimis tol, kol raumenys visiškai išseko.“ (Edgley, Winter, 2004);
- „Nuovargį rodo EMG (elektromiogramos) signalų amplitudės padidėjimas ir spektrinių dažnių sumažėjimas.“ (Kallenberg et al., 2007).

Raumenų nuovargis gali būti nusakomas kaip motorikos deficitas, suvokimo ar protinės funkcijos sumažėjimas. Jis gali parodyti laipsniškai mažėjančią raumenų jėgą ar tam tikrą ribą, kai nutraukiama užsitęsusi veikla, ir jis gali būti matuojamas kaip raumenų jėgos sumažėjimas, elektromiografinio aktyvumo pokytis ar kontraktilinių funkcijų pervargimas (Enoka, Duchateau, 2008).

Dauguma mokslininkų remiasi labiau apibendrintu raumenų nuovargio apibūdinimu: fizinių pratimų sukeltas mažėjantis raumenų gebėjimas išvystyti jėgą ar galingumą, ar negalėjimas tęsti darbo (Bigland-Ritchie, Woods, 1984; Sjøgaard et al., 2006).

Anot Walsh (2000) nuovargį ir visišką išsekimą apibūdina viena esminė sąvoka — kritinė galia (KG). Pagrindinis fiziologinis KG determinantas yra gebėjimas panaudoti deguonį. Intensyvių pratimų metu nuovargis ir su juo susijęs išsekimas atsiranda jei bet kuri iš fiziologinių sistemų pradeda veikti virš savo KG (Walsh, 2000).

Atsižvelgiant į raumenų jėgą, raumenų nuovargis yra svarbus nervinės raumeninės funkcijos komponentas, kuris yra susijęs su **silpnumu** (Theou et al., 2008).

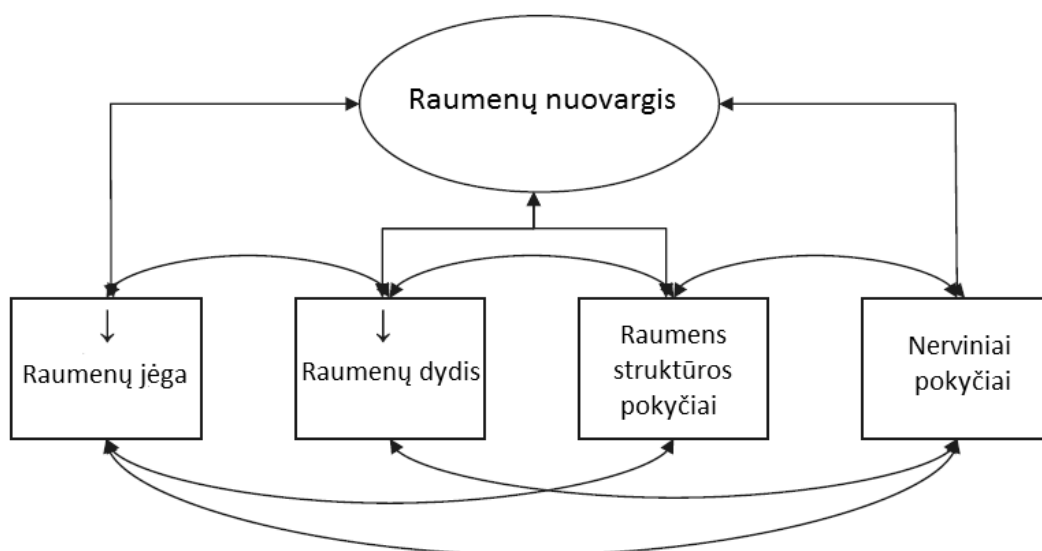
Raumenų nuovargis yra laikomas kaip „neigiama“ fizinės veiklos pasekmė ir kaip „teigiamas“ saugos mechanizmas siekiant išvengti traumos ar mirties fizinės veiklos metu (Abbiss, Laursen 2005; Ratel et al., 2006).

Nuovargio pojūčiui įtakos turi daug veiksnių, įskaitant psichologinius (nuotaika, motyvacija, lūkesčiai), periferinius (grįžtamasis ryšys iš sąnarių, raumenų, ir sausgyslių), neurobiologinius (neuromediatorių kiekio pokyčiai įvairiose smegenų struktūrose) (Nybo, Secher, 2004; St Clair Gibson et al., 2003).

Fizinio darbo metu organizmo ar jo sistemų darbingumas dėl nuovargio mažėja laipsniškai, todėl laiko atžvilgiu nuovargį galima nagrinėti kaip procesą ir išskirti keletą fazių: kompensuojamąją, nekompensuojamąją ir visišką. Šių fazių atskyrimo kriterijus — organizmo, kaip visumos, sugebėjimas atlikti norimą darbą, pavyzdžiui, kiek galima ilgiau išlaikyti pasirinktą darbo galingumą (Milašius, 2005; Stasiulis ir kt., 2005).

Nuovargio fazių trukmė priklauso nuo daugelio veiksnių, tarp kurių svarbiausi yra treniruotumas, raumenų darbo režimas, darbo intensyvumas, dirbančio asmens motyvacija, amžius, lytis, išorinės sąlygos (Stasiulis ir kt., 2005).

Raumenų nuovargis yra abiejų, nervų ir raumenų, sistemų veikimo indikatorius, ir šių dviejų sistemų sąveika sąlygoja nuovargio atsiradimą. Pagrindiniai nervinės ir raumeninės funkcijos ir struktūros komponentai, kurie yra susiję su raumenų nuovargiu, yra nurodyti 1 pav. (Roos et al., 1997; Vandervoort, 2002; Vandervoort, Symons, 2001).



1 pav. Nervinės ir raumeninės funkcijos ir struktūros komponentai, kurie yra susiję su raumenų nuovargiu (Theou et al., 2008)

Autoriai išskiria tokias pagrindines raumenų nuovargio priežastis:

1. ATP hidrolizės ir resintezės intensyvumo sumažėjimas (Edman et al., 1990; Fitts, 1994);

2. metabolitų koncentracijos padidėjimas (ADP, neorganinio fosfato, AMP ir kt.) (Donaldson et al., 1978; Edman et al., 1990);
3. acidozė (pH sumažėjimas raumeninėje skaiduloje, kas sukelia raumeninio audinio parūgštėjimą) (Fitts, 1994; Metzger, Moss, 1987);
4. elektrinio signalo perdavimo raumeninių skaidulų struktūromis sutrikimas (nervų sistemos veiklos pablogėjimas);
5. raumeninių skaidulų susitraukimo mechanizmo sutrikimai (raumeninių skaidulų sarkomerų, citoskeleto irimų, mechaniniai sutrikimai) (Armstrong et al., 1991; Dedrick et al., 1990; Jones et al., 1989).

Šie mechanizmai gali būti tarpusavyje susiję, pvz., dėl acidozės sumažėja ATP hidrolizės ir resintezės greitis. Priklausomai nuo atliekamo darbo pobūdžio ir specifikos (darbo intensyvumo, trukmės, darbo ir poilsio santykio, raumens susitraukimo tipo) nuovargio mechanizmai gali pasireikšti daugelyje raumeninės skaidulos lokalizuotų vietų (Fitts, 1994).

Nuovargio pasireiškimo specifiškumas priklauso nuo kelių fiziologinių procesų, dėl kurių sutrinka kontraktilinių baltymų savybė generuoti jėgą. Nuovargio dydis priklauso nuo atliekamos užduoties. Šis efektas yra žinomas kaip raumenų nuovargio priklausomybės nuo atliktos užduoties principas (Bigland-Ritchie et al., 1995). Pasak šio principo, nėra vienos priežasties, atsakingos už raumenų nuovargį, o dominuojantis mechanizmas yra specifinis tiems procesams, kurie yra veikiami atliekant varginantį pratimą (Cairns et al., 2005).

1.1.1. Metabolinis nuovargis

Metabolinis nuovargis atsiranda dirbant maksimaliu ar submaksimaliu intensyvumu, kol nebeįmanoma atlikti darbo. Susikaupę metabolitai stabdo miozino skersinių tiltelių darbą, dėl to mažėja raumens susitraukimo jėga ir atsipalaidavimo greitis.

Raumeninių skaidulų (raumeninių ląstelių) susitraukimų energetinis šaltinis yra adenozino trifosfatas (ATP) (Lehninger, 1971; Murray, 1995). Raumenų ląstelėse pagrindinis ATP gamybos būdas vyksta 3 būdais:

1. Greita ATP gamyba iš sarkoplazminių kreatinfosfato atsargų;
2. Šiek tiek lėtesnė gamyba anaerobinės glikolizės būdu;
3. Lėtesnė, bet labai efektyvi ATP gamyba aerobinės glikolizės būdu ir skaidant riebalus mitochondrijose (Murray, 1995).

Nesvarbu, kuris iš šių ATP gamybos būdų būtų dominuojantis, raumenų susitraukimai visada bus susiję su adenozindifosfato (ADP) padidėjimu ir neorganinio fosfato (P_i) gamyba. Intensyviai dirbant, P_i kaupimasis gali būti nustatomas pasitelkus branduolinę magnetinio rezonanso

spektroskopiją (Chance et al., 1981; Minotti et al., 1989; Molé et al., 1985; Sapega et al., 1987). Anaerobinė glikolizė sukelia H^+ jonų kaupimąsi ir žymiai sumažina pH ląstelėje ir už jos ribų. Šių trijų metabolitų (ADP, P_i , H^+) koncentracija ypatingai padidėja atliekant didelės jėgos ir galingumo reikalaujančias užduotis, ir jie visi turi tiesioginį poveikį skersinių tiltelių sukibimo efektyvumui. Skersinių tiltelių sukibimo efektyvumas vertinamas pagal 2 faktorius:

1. Aktino ir miozino filamentų sukibimo-atsipalaidavimo trukmę 1 ciklo metu;
2. 1 sukibimo-atsipalaidavimo ciklo greitį.

H^+ jonų susikaupimas sumažina izometrinio susitraukimo jėgą (Lamb, Stephenson, 1997) ir sumažina filamentų sukibimo laiką (Potma et al., 1994). Cooke et al. (1998) nustatė susitraukimo greičio mažėjimą didėjant H^+ koncentracijai.

Acidozės vietoje neorganinis fosfatas (P_i) yra pagrindinis nuovargį sukeliantis veiksnys (Westerblad et al., 2002). Intensyvių raumenų susitraukimų metu P_i kaupiasi skylant PCr (fosfokreatinui) (Gladden, 2004).

Ament ir Verkerke (2009) apžvelgė nuovargio atsiradimo priežastis. Periferins nuovargis kyla dėl šių priežasčių:

- Veiklos sukelti pokyčiai vidinėje aplinkoje. Fizinių krūvių, viršijančių padidėjusį kraujo laktato kaupimąsi, metu, vidinėje aplinkoje įvyksta pokyčiai (kraujyje, tarpląsteliniame skystyje) taip pat įtraukiant:
 1. Kaupiasi laktatas (La) ir vandenilio jonai (protonai). H^+ kaupimasis yra iš dalies blokuojamas, padidėja CO_2 išlaisvinimas iš hidrokarbonato. Todėl, kaip rezultatas, didėja kvėpavimo koeficientas;
 2. Didėja amoniako koncentracija;
 3. Didėja šiluma, todėl padidėja prakaito išsiskyrimas. Vandens praradimas gali sukelti dehidrataciją;
- Fizinės veiklos sukelti pokyčiai raumeninėse skaidulose:
 1. Sarkoplazmoje kaupiasi P_i (neorganinis fosfatas), versdamas mažėti susitraukimo jėgą dėl aktino-miozino tiltelių sąveikos slopinimo;
 2. Sarkoplazmoje kaupiasi H^+ jonai, taip pat sukeldami jėgos mažėjimą dėl aktino-miozino tiltelių sąveikos slopinimo. Be to, H^+ kaupimasis gali sukelti kalcio reabsorbcijos sulėtėjimą sarkoplazminiame retikulume. Tai gali būti pagrindinė ilgesnės atsipalaidavimo trukmės priežastis po varginančių raumenų susitraukimų;
 3. Mg^{2+} jonų kaupimasis sarkoplazmoje. Mg^{2+} neleidžia Ca^{2+} išeiti iš sarkoplazminio retikulumo;

4. P_i (neorganinio fosfato) koncentracijos didėjimas slopina Ca^{2+} atsipalaidavimą iš sarkoplazminio retikulumo. Ca^{2+} atsipalaidavimas yra slopinamas nusodinant kalcio fosfatą sarkoplazminio retikulumo spindyje ir fosforilinant Ca^{2+} išėjimo kanalus;
5. Mažėja glikogeno atsargos ir, kraštutiniais atvejais, gliukozės kiekis kraujyje. Net trumpalaikis gliukozės kiekio kraujyje sumažėjimas gali rimtai sutrikdyti CNS funkcijas. Glikogeno atsargų išsekvojimas didina raumenų nuovargį;
6. Sumažėja veikimo potencialų laidumo grietis išilgai sarkolemos, galimai dėl su fizine veikla susijusių biocheminių pokyčių skaiduloje ir jos išorėje. Laidumo grietio sumažėjimas atsispindi EMG (pasikeičia signalų dažnis), tačiau neturi jokio žinomo tiesioginio poveikio raumenų jėgos išvystymui;
7. Padidėja kalio jonų (K^+) išėjimas iš raumeninių skaidulų. Kalio jonų koncentracijos padidėjimas T vamzdelių (lot. „*t-tubuli*“) spindyje gali lemti vamzdelinio veikimo potencialo blokavimą ir, vadinasi, mažesnę jėgą dėl sumažėjusio sužadavimo-susitraukimo mechanizmo veikimo;
8. Nervinis raumeninis sinapsinis perdavimas gali būti užblokuotas; tačiau tai dažniausiai pasireiškia dėl ligos (pvz., sunkiosios miastenijos; lot. „*myasthenia gravis*“).

Didėjant darbo intensyvumui laktatas kaupiasi dėl šių priežasčių (Gladden, 2004):

I. Suintensyvėja glikolizės procesai:

1. a. La^- gamyba priklauso nuo piruvato ir NADH konkurencijos tarp LDH (laktato dehidrogenazės) ir NADH šaudyklių (malato-aspartato ir glicerolio fosfato) ir piruvato transportavimo (Gladden, 1996).
 - b. Didelio LDH aktyvumo ir piruvato virsmo į laktatą reakcijos garantuoja HLa gamybą, ypač didėjančios kartu su didėjančiu glikolitinio greičiu (Brooks, 1998; Brooks et al., 1999a,b).
2. a. La^- gamyba priklauso nuo pusiausvyros tarp Phos (fosforilazės) ir PFK (fosfofruktokinazės) veiklos ir PDH aktyvumo (Parolin et al., 1999).
 - b. Phos aktyvuojama padidėjusio darbo tempo, dėl $\uparrow [Ca^{2+}]$, $\uparrow [P_i]$ ir $\uparrow [AMP]$; tai padidina glikolitinį greitį, todėl $\uparrow La^-$ gamyba (Spriet, 1992; Parolin et al., 1999; Rush, Spriet, 2001).
 - c. Didėjant pratimo intensyvumui $[ATP] \downarrow$, $[ADP] \uparrow$, $[AMP] \uparrow$, $[P_i] \uparrow$, [amoniakas] \uparrow , o šie savo ruožtu skatina PFK aktyvaciją ir $\uparrow La^-$ gamybą (Spriet, 1991).
 - d. Didėjant fiziniam krūviui, padidėja simpatoadrenalinis aktyvumas; Adrenalinas skatina Phos ir todėl didėja glikolizė ir La^- gamyba (Drummond et al., 1969; Spriet, 1992; Parolin et al., 1999).

e. $\uparrow [Ca^{2+}]$ gali veikti toliau aktyvuodamas Phos ir PFK, nepriklausomai nuo metabolinio grįžtamojo ryšio (Parolin et al., 1999).

II. Nuo O_2 priklausoma medžiagų apykaita:

Didėjant darbo intensyvumui, smarkiai mažėja raumenų P_{O_2} ties $\approx 60\%$ VO_{2max} riba. Oksidacinis fosforilinimas tampa priklausomas nuo O_2 (tačiau ne ribotas) ir siekiant išlaikyti vienodą oksidacinio fosforilinimo greitį, padidėja $([ADP][P_i]/[ATP])$. $([ADP][P_i]/[ATP])$ padidėjimas yra potencialus glikolizę skatinantis veiksnys, įtakojantis La^- gamybą (Gladden, 1996).

III. Laktato likvidavimas:

1. Simpatoadrenalinis aktyvumas sukelia vazokonstrikciją ir \downarrow kraujo tekėjimą į kepenis, inkstus ir neaktyvius raumenis, o tai sumažina La^- oksidaciją ir likvidavimą (Nielsen et al., 2002).
 2. Laktato pašalinimą taip pat riboja adrenalinas dirbančiuose raumenyse ir raumenyse, esančiuose ramybės būsenoje (Hamann et al., 2001).
 3. Padidėjęs anksčiau įtrauktų į darbą raumeninių skaidulų stimuliavimo dažnis skatina La^- gamybą daugumoje skaidulų, vietoj to, kad jį šalintų.
 4. Kai La^- gamyba viršija jo likvidavimo greitį, \uparrow raumenų ir kraujo $[La^-]$ (Brooks, 1985).
- ## IV. Greitųjų raumeninių skaidulų sužadimas.
- Didėjant pratimo intensyvumui į darbą įtraukiama vis daugiau greitųjų raumeninių skaidulų. Šios skaidulos yra tinkamesnės La^- gamybai (Armstrong, 1988).

Laktato rūgštis daugiau nei 99 % skyla į La^- anijonus ir protonus (H^+) esant fiziologiniam pH. Fizinio darbo metu raumenims susitraukinėjant, raumenų ir kraujo $[La^-]$ ir $[H^+]$ gali pakilti iki labai aukšto lygio (Fitts, 2003; Sahlin et al., 1976). Dauguma mokslininkų teigė, kad žalingas HLa poveikis raumenims ir fizinio darbo atlikimui yra labiau įtakojamas H^+ nei La^- (Fitts, 2003).

Fitts (2003) pareiškė, kad padidėjęs raumenų $[H^+]$ gali neigiamai paveikti raumenų funkciją tokiais būdais:

1. Pablogina skersinių tiltelių persiskirstymą iš žemos į didelės jėgos būseną;
2. Sumažina maksimalų susitraukimo greitį;
3. Slopina miofibrilių ATP-azę;
4. Mažina glikolitinį greitį;
5. Sumažina skersinių tiltelių aktyvumą, nes kliudo Ca^{2+} jungtis su troponinu C, o tai sumažina Ca^{2+} reabsorbciją dėl sarkoplazmos ATP-azės slopinimo (todėl sumažėja vėlesnis Ca^{2+} išsiskyrimas).

Kaip ilgai raumenų aktyvacija gali trukti iki išsekimo priklauso nuo ADP refosforilinimo atgal į ATP greičio. Siekiant padidinti refosforilinimo greitį, P_i , kreatino, kreatinfosfato, ATP, ADP,

O₂ metabolinis gradientas turi padidėti, kad padidėtų šių substratų pernašos greitis į jų panaudojimo vietas (Walsh, 2000).

1.1.2. Raumenų pažeida

Raumenų pažeidą sukelia intensyvūs ar labai ilgai trunkantys, ypač ekscentriniai, pratimai (Skurvydas, 1998). Pasak Nosaka (2007), raumenų pažeida atsiranda, kai raumuo patiria per didelį fizinį, cheminį ir biologinį stimulą. Raumenų pažeida gali pasireikšti kaip raumenų skausmas, patinimas, silpnumas, sumažėjusi raumenų jėga (Sayers, Clarkson, 2002). Prie šių simptomų galima priskirti ir sumažėjusią raumenų amplitudę (Clarkson et al., 1992).

Pirmiausia pažeida įvyksta sarkomerų lygyje, pažeidžiama plazminė membrana, dėl kurios sutrinka elektromechaninio ryšio mechanizmo veikla, ir tai yra pagrindinė raumenų funkcijos pablogėjimo priežastis, o sutrikdyta Ca²⁺ reguliacija raumeninėse skaidulose sukelia baltymų ir membranų įtrūkimus, dėl kurių prasideda uždegiminės reakcijos (Armstrong et al., 1991; Proske, Morgan, 2001).

Raumenų pažeida gali būti priklausoma nuo lyties, raumenų darbo režimo, fizinių pratimų intensyvumo ir trukmės, treniruotumo, genetinio polinkio, raumeninių skaidulų tipo ir pasiskirstymo raumenyse (Heled et al., 2007; Lee, Clarkson, 2003; Tesch et al., 1985; Yamin et al., 2007).

Raumenų pažeida gali būti vertinama pagal raumenų specifinių baltymų kiekį kraujyje, tokių kaip kreatinkinazė (CK) ar mioglobinas (Clarkson et al., 1992).

Daugelis tyrimų rodo, kad ekscentrinių pratimų rezultatas — kraujo serume didėjančios CK lygis 24–48 valandas po pratimo ir gali išlikti 4–7 dienas (Clarkson et al., 1992). CK yra viduraumeninis baltymas atsakingas už pastovaus ATP lygio palaikymą raumenų sutraukimo metu (Friden, Lieber 2001b). Suaugusio žmogaus kraujo plazmoje normalus CK aktyvumas yra < 190 U/L. CK aktyvumas ekscentrinių pratimų metu gali padidėti keliolika kartų iki 1000 ar net 10 000 U/L (Clarkson et al., 1992), o kai pratimo atlikimo metu dirba didelės raumenų grupės — net iki 25 000 U/L (Jones et al., 1987).

Clarkson et al. (2006) nustatė, kad ekscentriniai pratimai sukelia CK-MM padidėjimą. Šis padidėjimas gali išlikti progresuojantis 3, 4 ar 5 dienas po ekscentrinės veiklos (Nosaka et al., 1991). Senel ir Akyüz (2010) ištyrę futbolininkus nustatė, kad CK-MM koncentracija piką pasiekia praėjus 24 val. po futbolo varžybų ir išlieka reikšmingai padidėjusi iki 72 val. lyginant su pradinėmis reikšmėmis.

CK savo didžiausią koncentraciją pasiekia po 1–5 dienų po fizinio pratimo (Staron, Hikita, 2000; Schneider et al., 1995; Vincent, Vincent, 1997; Clarkson et al., 1986; Newham, Jones, 1986).

Kituose tyrimuose, autoriai teigia, kad CK koncentracija pasiekia piką po 3–4 dienų, kojomis atlikus ekscentrinius pratimus su svoriais (Vincent, Vincent, 1997; Clarkson et al., 1986). Ištyrus maratono bėgikų CK po varžybų, CK koncentracija buvo 21 kartą didesnė nei ramybėje, o tapo normali po 4 dienų (Schneider et al., 1995).

Friden et al. (1983) nustatė, kad po ekscentrinių pratimų II tipo raumeninių skaidulų miofibrilių pažeida buvo didesnė. II tipo raumeninės skaidulos labiau linkusios į raumenų pažeidą nei I tipo skaidulos, be to, kai pratimai atliekami vyraujant II tipo skaiduloms, tai sukelia didesnę CK aktyvumą (Jansson, Sylven, 1985; Tesch et al., 1985; Thorstensson, 1976). Epstein et al. (2006) neseniai nustatė, jog egzistuoja stipri koreliacija ($r=0,72$) tarp anaerobinio darbo ir kreatinkinazės aktyvumo po išvermės pratimų. Autoriai taip pat nustatė netiesioginį ryšį tarp kreatinkinazės aktyvumo ir II tipo raumeninių skaidulų % raumenyse. Tuo tarpu Magal et al. (2010) išsiaiškino, kad kreatinkinazės aktyvumas nepriklauso nuo raumeninių skaidulų tipo, ypač kai pratimo intensyvumas yra mažesnis už tam tikrą slenkstinę ribą.

Raumenų skausmas. Skausmo pojūtis yra subjektyvus ir individualus, todėl įvertinti jo kiekybę yra sudėtinga (Nosaka et al., 2002a).

Raumenų skausmas suskirstytas į 3 tipus (Safran et al., 1989):

1. raumenų skausmas, pasireiškiantis 24–48 valandų laikotarpyje po neįprastos fizinės veiklos, dažnai yra vadinamas vėluojančiu raumenų skausmu (DOMS);
2. ūmus kaustantis skausmas nuo raumens pažeidimo, pradedant nuo kelių raumeninių skaidulų sutrūkinėjimo, esant nepažeistai fascijai, iki visiško raumens ir fascijos plyšimo;
3. iškart po fizinio pratimo kylantis raumenų skausmas ar mėšlungis.

Gali būti, kad uždelstas raumenų skausmas yra antrinis atsakas į pažeidimą. Nuo 4 valandų iki 4 dienų po ekscentrinio fizinio krūvio raumenyse padidėja fagocitų aktyvumas — tai rodo raumens uždegimą (Stauber, 1989). Kai padidėja vidinis raumens spaudimas, prasideda jungiamojo audinio pažeidimas. Tuomet per pažeistas ląsteles lėtai išsiskiriančios medžiagos (bradikininas, histaminas ir prostaglandinai) padidina skausmo receptorių jautrumą (Miles, Clarkson, 1994).

Raumenų skausmas, praėjus 48 val. po raumenų pažeidą sukeliančios fizinės veiklos, yra potencialus anaerobinio pajėgumo ir raumeninių skaidulų tipo prognozavimo rodiklis. Individai, pasižymintys didesniu raumenų skausmu po fizinės veiklos gali turėti didesnę % II tipo raumeninių skaidulų ir pasižymi didesniu anaerobiniu pajėgumu (Magal et al., 2010).

Ekscentriniai pratimai ne visada sukelia raumenų pažeidą. Jos mastas vėlesniuose treniravimosi etapuose, atliekant tuos pačius ekscentrinius pratimus, yra reikšmingai mažesnis, palyginus su pradiniais etapais (Clarkson et al., 1992; Nosaka et al., 2002b).

1.1.3. Centrinės nervų sistemos nuovargis

Raumenų nuovargis yra sudėtingas reiškinys, turintis tiek centrinę, tiek periferinę kilmę (Meeusen et al., 2006; Nybo, Secher, 2004). Centrinis nuovargis yra palaipsniui mažėjanti raumenų aktyvacija dėl nervų sistemos sumažėjusios funkcijos (Nybo, Secher, 2004). Centrinis nuovargis gali būti paaiškintas neurotransmiterių kiekio ir aktyvumo pokyčių įvairiose smegenų struktūrose ir nepakankamo O₂ tiekimo į smegenis (sunkaus fizinio darbo metu), dėl kurio sumažėja motorinių vienetų kiekio rekrutavimas ir gebėjimas išlaikyti motorinę aktyvumą (Meeusen et al., 2006).

Periferinis nuovargis yra susijęs su pokyčiais nervinėse raumeninėse jungtyse ir raumenų audiniuose, kurie nėra susiję su centrine nervų sistema (Nybo, Secher, 2004).

Ament ir Verkerke (2009) aptarė tokias centrinio nuovargio galimas priežastis:

1. Aksonų veikimo potencialų laidumas gali būti blokuojamas aksonų šakojimosi vietose, todėl pablogėja raumeninės skaidulos aktyvacija. Šio veiksnio santykinė svarba yra nežinoma;
2. Motoneuronų veikla gali būti paveikta raumenų aferentų refleksų. Taigi, centrinio nuovargio efektas, tam tikru mastu, gali būti kompensuojamas mechanoreceptorių refleksų (IA ir II tipai iš raumenų verpščių; IB iš Goldžio sausgyslės organų);
3. III ir IV nervų grupių stimuliacija sukelia motoneuronų signalų dažnio sumažėjimą ir signalo sklidimo slopinimą motorinėje žievėje;
4. Transkranijinės magnetinės stimuliacijos metu buvo išsiaiškinta, kad smegenų motorinio kortekso ląstelių jaudrumas gali kisti palaikomų motorinių užduočių eigos metu;
5. Serotonerginių neuronų sinapsių veikimas gali sustiprėti, sukeldamas padidėjusį silpnumo ar „nuovargio“ jausmą. Tai gali atsitikti dėl padidėjusio serotonino pirmtako triptofano (TRP) patekimo į smegenis. Ilgos fizinės veiklos metu toks padidėjęs TRP srautas į smegenis yra dėl fizininių pratimų sukulto šakotųjų aminorūgščių (BCAA) koncentracijos sumažėjimo kraujyje;
6. Dėl sukulto fizinio krūvio atsipalaiduoja citokinai. IL-6 skatina nuovargio pojūtį, o IL-1 sukelia gyvūnų liguistą elgesį. Daugelio ligų atveju padidėja šių citokininų gamyba.

Cirkuliuojančių aminorūgščių pokyčiai plazmos koncentracijoje gali sukelti didelį poveikį smegenų funkcijų matavimams ir daryti įtaką apetitui, miegui, hormoninei funkcijai, kraujo spaudimui, protinei veiklai ir fizinei ištvermei (Femstrom, 2005; Farris, 1998).

Nuovargis, kylantis dėl ilgai trunkančios fizinės veiklos, gali būti apibūdinamas laipsniško krūvio sukulto raumenų išvystomo galingumo ar jėgos sumažėjimo (Edwards, 1981; Gandevia, 2001; Nybo, Secher, 2004), dėl kurio nebesugebama palaikyti reikiamo galingumo, todėl mažėja

fizinis darbingumas. Originalią centrinio nuovargio hipotezę pasiūlė Newsholme et al. (1987), kuri buvo grindžiama prielaida, kad centrinių monoaminų sintezė ir metabolizmas, ypač 5-HT, pakitinta dėl fizinės veiklos sukeltų aminorūgščių pokyčių periferijoje. Atsižvelgiant į 5-HT poveikį nuovargiui ir mieguistumo jausmui, padidėjęs smegenų serotonerginis aktyvumas buvo nustatytas kaip energijos netekimo ir motorinių vienetų įtraukimo į darbą sumažėjimo determinantas, tokiu būdu darydamas poveikį sportininkų fizinės ir psichinės veiklos efektyvumui. Vėliau ši hipotezė buvo pakeista, nes duomenys rodo, kad ketacholaminai neurotransmiteriai (dopaminas ir noradrenalinai) gali taip pat vaidinti labai svarbų vaidmenį atsirandant nuovargiui (Meussen, Watson, 2007). Minima, kad serotonerginė sistema atsakinga už nuotaikos, emocijų, miego ir apetito pokyčius, tuo pačiu yra susijusi ir su daugelio elgsenos ir fiziologinių funkcijų kontrole (Cooper et al., 2003).

Yra galima ir kita priežastis, vaidinanti svarbų vaidmenį nuovargio pasireiškimė, tai sąveika tarp smegenų 5-HT ir dopamino (DA) (Davis, Bailey, 1997). Ekstraląstelinės koncentracijos santykio tarp 5-HT ir DA padidėjimas yra susijęs su mieguistumo ir nuovargio pojūčiais, paspartindami nuovargio atsiradimą, kadangi mažesnis santykio skirtumas yra palankesnis darbingumui, palaikydamas motyvaciją ir sujaušinimą (Davis, Bailey, 1997).

Amžiaus skirtumai. Baudry et al. (2007) ištyrė amžiaus įtaką vargstamumui. Jis išmatavo jėgos momento sumažėjimą, kai jauni (vidutinis amžius \pm standartinis nuokrypis; $30,5 \pm 2,5$ metai) ir seni ($77,2 \pm 1,4$ metai) vyrai ir moterys atliko maksimalius ekscentrinius ir koncentrinius pėdos lenkiamųjų raumenų susitraukimus. Užduotis buvo atliekama darant 5 serijas po 30 maksimalių susitraukimų (vieno susitraukimo laikas 3,5 s), o kiekvieno susitraukimo judesio amplitudė 30° , greitis 50°s^{-1} . Maksimalaus jėgos momento sumažėjimas abiejų užduočių metu buvo didesnis vyresniųjų tiriamųjų. Galutinio maksimalaus jėgos momento rodikliai atlikus koncentrinę užduotį sumažėjo 27,1 % jaunesniųjų ir 42,1 % vyresniųjų suaugusiųjų tarpe, o sumažėjimas po 150 maksimalių ekscentrinių susitraukimų buvo 40,9 % jaunesniųjų ir 50,2 % vyresniųjų tarpe. Galutinio maksimalaus jėgos momento mažėjimas po kiekvienos 30 maksimalių susitraukimų serijos buvo didesnis taip pat vyresniųjų suaugusiųjų tiriamųjų tarpe atliktose užduotyse. Nuovargis, pasireiškęs abiejose grupėse, buvo susietas su elektromechaninio ryšio pokyčiais, dėl Ca^{2+} , ir nervų-raumenų sutrikusios veiklos, tik vyresniems suaugusiems (Enoka, Duchateau, 2008).

Kitas nuovargio atsiradimų specifiškumo pavyzdys siejasi su jėgos mažėjimu, dėl nervų sistemos potencialaus raumenų aktyvavimo pablogėjimo. Aktyvavimo deficitas nustatomas normalizuojant jėgos prieaugio amplitudę jėgai, kurią gali sukelti vienodas stimulus, kai raumuo būna ramybės būsenoje; koeficientas yra išreiškiamas kaip valingos aktyvacijos indeksas (Kent-Braun, Le Blanc, 1996). Šis valingos aktyvacijos sumažėjimas, ilgai trunkančių pratimų metu, gali lemti nuovargio atsiradimą (Enoka, Duchateau, 2008).

Gandevia et al. (1996) išsiaiškino, kad jėga sumažėjo iki $74,1 \pm 8,6$ %, nes 10 % sumažėjo žasto dvigalvio raumens valinga aktyvacija. Baubalt et al. (2006) nustatė valingos aktyvacijos sumažėjimą, kai tiriamieji atliko kelio tiesiamųjų raumenų maksimalius izometrinius ir ekscentrinius susitraukimus. Trys maksimalių ekscentrinių susitraukimų serijos sumažino MVJ $59,0 \pm 8,1$ % ir valingą aktyvaciją $26,5 \pm 2,1$ %, tuo tarpu, atlikus 3 vienodus izometrinius susitraukimus buvo pastebėtas MVJ sumažėjimas $57,9 \pm 8,6$ % ir valingos aktyvacijos — $35,7 \pm 3,8$ %. Søgaard et al. (2006) padarė išvadą, kad laikant alkūnės lenkiamuosius raumenis izometriniu režimu (25 % MVJ) 43 min, MVJ sumažėja $41,4 \pm 13,2$ %, o valinga aktyvacija, išmatuota stimuliuojant motorinius nervus, 27 % (nuo $98,0 \pm 5,1$ % pradžioje iki $71,9 \pm 38,9$ % užduoties pabaigoje).

Šie tyrimai tik patvirtina, kad dirbant dinaminio režimu maksimaliu intensyvumu ir izometriniu režimu ilgai trunkančiu submaksimaliu intensyvumu, nuovargis gali būti sąlygojamas nervų sistemos raumenų sumažėjusios aktyvacijos (Enoka, Duchateau, 2008). Be to, aktyvacijos sumažėjimą gali įtakoti kraujo gliukozės kiekio sumažėjimas ar pratimo atlikimas karštoje aplinkoje (Nybo, Nielsen, 2001; Nybo, 2003; Todd et al., 2005).

Dar viena nuovargio pasireiškimo priežastis glūdi pačiuose raumenyse. Raumenų ištvermingumas, bent gyvūnų tarpe, ištyrus juos elektrostimuliacijos pagalba, priklauso nuo raumeninių skaidulų tipų santykio raumenyse (Cairns et al., 2005).

Yra įrodymų, rodančių, kad CNS didelį poveikį gali daryti ir hipertermija, pradedant tyrimais, rodančiais žymius smegenų veiklos pokyčius, sumažėjusią valingą raumenų aktyvaciją, padidėjusį įtampos jausmą, kai kūno temperatūra yra padidėjusi (Nielsen, Nybo, 2003). Mittleman et al. (1998) pateikė papildomų įrodymų apie 5-HT vaidmenį pasireiškiant nuovargiui treniruojantis karštyje. Autoriai nustatė, kad pajėgumas atlikti mažo intensyvumo (40 % VO_{2max}) pratimus šiltoje aplinkoje ($\approx 34^{\circ}C$) padidėja 14 % po BCAA papildų vartojimo, lyginant su placebo grupe. Priešingai, kiti tyrimai parodė, kad BCAA papildų vartojimas neturi jokio poveikio atliekamam pratimui karštyje (Cheuvront et al., 2004; Watson et al., 2004).

Kiti mokslininkai ištyrė (Nybo, Nielson, 2001; Morrison et al., 2004; Vadopalas et al., 2007) ir nustatė hipertermijos įtaką raumenų nuovargiui. Nustatyta, kad nuovargio atsiradimas tiesiogiai susijęs su šerdinės temperatūros padidėjimu iki kritinės ribos — $39,5^{\circ}C$, t. y. kai pastebimas neuroraumeninės aktyvacijos sumažėjimas (Nybo, Nielson, 2001). Taip pat yra nustatyta, kad padidinus raumenų temperatūrą $2,7^{\circ}C$, reikšmingai padidėja raumenų nevalingo susitraukimo jėga, atsipalaidavimo greitis, padidėja šuolio aukštis (Kandratavičius ir kt., 2003), o maksimalioji valinga jėga išlieka nepakitusi (Bružas ir kt., 2003).

Millet et al. (2009) savo tyrimų išvadoje teigė, kad, nepriklausomai nuo raumenų darbo, hipoksija turi tiesioginį efektą motoriniam raumenų aktyvavimui.

1.2. Pervargimas, persitempimas, persitreniravimas

Mažesni nei optimaliais laikomi treniravimosi krūviai nesukelia norimo adaptacijos laipsnio (pavyzdžiui, rezultatų prieaugio), tuo tarpu, didesni nei optimalūs treniravimosi krūviai gali sukelti būklę, dažnai vadinamą „persitreniravimo sindromu“, „pervagimu“ ar „perdegimu“ (Kenttä, Hassmén, 1998).

Pervargimas — tai sunki organizmo būklė po didelio vienkartinio fizinio krūvio arba jų kompleksu, kai atsigavimas vyksta labai ilgai, tenka panaudoti fiziologines, biologines atsigavimo priemones. Atsigavimo laikotarpis po pervargimo turi būti ilgas, todėl sutrinka planingas treniruočių darbas. Tik visiškai atsigavus galima vėl pradėti nuosekliai didinti krūvius, sistemingai treniruotis (Milašius, 2005).

Persitempimas — tai atskirų organų ar sistemų veiklos sutrikimas po vienkartinių fizinių krūvių treniruočių ar varžybų. Tai dažniau atsitinka sportininkams, kurie dėl įvairių priežasčių (ligos, traumos) ilgą laiką reguliariai nesitreniravo, o vėl pradėję, būdami valingi, atlieka didžiulius fizinius krūvius, neatitinkančius jų organų ir sistemų funkcinį gebėjimą. Persitempimas gali pasireikšti skausmais širdies plote, kepenų skausmo sindromu, atskirų raumenų grupių skausmu, pulso padažnėjimu ramybės būklėje, didele reakcija į fizinius krūvius, padidėjusiu kraujospūdžiu, kitais funkciniais sutrikimais (Milašius, 2005).

Persitreniravimas — patologinė sportininko būseną, ryškus organizmo darbingumo sumažėjimas, psichinės depresijos, neigiamų pokyčių funkcinėse sistemose atsiradimas, sportinių rezultatų blogėjimas nuo per didelių arba monotoniškų fizinių ir psichinių krūvių, nepakankamo poilsio (Stonkus, 2002).

Autoriai (Fry, 1994; Mackinnon, 1994) yra išskyrę šiuos persitreniravimo simptomus:

1. Prastesni rezultatai;
2. Nuolatinis nuovargis;
3. Raumenų skausmas;
4. Atsirandančios traumos;
5. Sumažėjęs apetitas;
6. Miego sutrikimai;
7. Nuotaikos sutrikimai;
8. Pablogėjusi imuninė sistema;
9. Sunku sutelkti dėmesį (susikoncentruoti);
10. Sumažėjęs pasitikėjimas savimi ir motyvacijos stoka (Winsley, Matos, 2011).

Fry et al. (1991) persitreniravimo simptomus suskirstė į 4 kategorijas:

1. Fiziologiniai simptomai;

2. Psichologiniai simptomai;
3. Biocheminiai simptomai;
4. Imunologiniai simptomai.

Žinoma, kad persitreniravimas atsiranda dėl fizinio krūvio ir atsigavimo disbalanso, t. y. esant per dideliu krūviu ir mažam atsigavimui. Hoffman et al. (1999) teigė, kad geriausi sportiniai rezultatai priklauso nuo tinkamo treniruočių intensyvumo ir apimties manipuliavimo tiek pat, kiek nuo adekvataus poilsio ir atsigavimo tarp treniruočių.

Persitempimas ir persitreniravimas gali turėti (laikiną) neigiamą įtaką veiklos atlikimui, nuovargiui ir kitiems sutrikimams, tokiems kaip pablogėjęs apetitas ir miegas, koncentracijos problemos ir pakitusi nuotaika. Jei ši įtaka pradingsta per gana trumpą laiką, tokia būklė yra vadinama funkcinium persitempimu (FP). Atletas neturi didelių nusiskundimų ir atsigaua per kelias dienas ar savaites. Jei atsigavimo trukmė būna ilgesnė nei tikimasi, tuomet tokia būklė vadinama ne funkcinium persitempimu (NFP). Ir tik esant dideliai persitreniravimo neigiamai įtakai vartojama persitreniravimo sindromo (PTS) sąvoka. Atsigavimas nuo PTS užtrunka nuo kelių mėnesių iki metų (Nederhof et al., 2006).

Pablogėjusi nuotaikos būklė yra krūvio ir atsigavimo pusiausvyros sutrikimo simptomas (Nederhof et al., 2008). Kita šio sutrikimo pasekmė gali būti informacijos perdirbimo smegenyse sutrikimas. Nederhof et al. (2006) teigė, kad sportininkai su NFP ar PTS gali parodyti psichomotorinį sulėtėjimą. Psichomotorinis sulėtėjimas gali būti išmatuotas kompiuterizuotomis reakcijos laiko užduotimis. Rietjens et al. (2005) palygino reakcijos laikus prieš ir po didelio intensyvumo ir apimties treniruotes su kontrolinės grupės laikais. Jie nustatė reikšmingą reakcijos laiko padidėjimą net jei nebuvo rasta jokio nuovargio.

Sporto psichologijoje, sprendžiant ryšį tarp persitreniravimo ir nuotaikos, dažniausiai tyrimams pasitelkiama Nuotaikos profilio skalė (NPS, angl. *Profile of Mood State – POMS*) (McNair et al., 1992). Morgan et al. (1987) tyrinėjo plaukikų nuotaikos kaitą sezono metu. Jų tyrimas parodė, kad ankstyvame sezono plaukikai pademonstravo „aisbergo“ profilį. Šis profilis yra apibūdinamas bendru sveikatos jausmu, kuris yra susijęs su pagerėjusiu atlikimu. Kaip persitreniravimo rezultatas pablogėjo sportininkų nuotaika, kuri buvo susijusi su sumažėjusia psichine sveikata. Plaukikai pademonstravo „aisbergo“ profilį dar kartą po to, kai buvo reikšmingai sumažintas treniruočių stresas. Raglin (1993) savo apžvalginiam straipsnyje apžvelgė ryšio tarp treniravimosi kiekio ir sportininko nuotaikos egzistavimą. Šis, taip vadinamas, „dozės-atsako“ ryšys rodo, kad padidėjusi treniravimosi apimtis turi neigiamą poveikį sportininkų nuotakai. Sportininkų nuotaikos pagerėjimas tiesiogiai koreliuoja su treniruočių apimties sumažėjimu (Martin et al., 2000).

1.3. Šuolio aukštį lemiantys veiksniai ir jo matavimas

Šoklumas svarbus daugelio sportininkų (krepšininkų, tinklininkų, rankininkų, futbolininkų ir kt.) fizinis gebėjimas. Šoklumas, kaip žmogaus fizinis gebėjimas, yra apibūdinamas labai įvairiai: „Šoklumas — gebėjimas, kuriuo pasižymi žmonės ir kai kurios gyvūnų rūšys. Tai procesas, kurio metu žmogus ar gyvūnas trumpam atkelia savo kūną nuo Žemės paviršiaus naudodami tik savo jėgas. Paprastai šokdamas individas stumia save aukštyn sulenkdamas ir valingai ištiesdamas kojas.“ (*Enciklopedinis žodynas*, 2011).

Sporto terminų žodyne (Stonkus, 2002) šoklumas apibūdinamas kaip gebėjimas atsispyrimo jėga pakylėti save aukštyn, tolyn. Šoklumas yra vienas svarbiausių sportininko kompleksinių gebėjimų, priklausantis nuo kojų raumenų susitraukimo greičio ir judesių koordinacijos (rankų mosto).

Vertikalus ir horizontalus šuolis yra galingumo reikalaujanti veikla. Norint pagerinti šuolį, pirmiausia reikia sustiprinti specifines raumenų grupes, dalyvaujančias judesyje. Pavyzdžiui, blauzdos, pakinklio, sėdmens ir keturgalvis šlaunies raumenys yra pagrindiniai atsakingi už vertikalaus šuolio aukštį (stiprūs pilvo ir apatinės nugaros dalies raumenys taip pat yra labai svarbūs) (National Basketball Conditioning Coaches Association, 1997).

Žaidžiant krepšinį, šuolių rezultatai priklauso nuo daugelio faktorių: specifinių griaučių raumenų funkcinių savybių, raumenų kompozicijos, antropometrinių duomenų, treniruotumo, elastinės ir mioelektrinės sukauptos energijos panaudojimo, raumenų sausgyslių prisitvirtinimo, nervų raumenų adaptacijos fiziniam kruviui specifikos, nuo kojų ir rankų darbo koordinacijos ir kt. (Ball, 1989; Balčiūnas, 2005).

Vienas iš pagrindinių veiksnių, nulemiančių šuolio iš vietos į aukštį efektyvumą yra tinkamas reikiamų raumenų (daugiausia apatinės kūno dalies) darbas. Svarbu ne vien pakankamai išvystyti reikiamus raumenis bet ir priversti juos susitraukti reikiamu momentu (Čižauskas, 2009).

Žmogaus šoklumas yra integralus fizinis gebėjimas, priklausantis nuo kitų — jėgos, greitumo, koordinacijos (Aragon-Vargas, Gross, 1997; Kollias et al., 2001; Tomioka et al., 2001).

Pagal Fitts et al. (1991), raumens susitraukimo jėgos rodikliai priklauso nuo daugelio faktorių: nuo raumeninės skaidulos ir raumens storio bei ilgio (jei aktino ir miozino tiltelių tankis vienodas, tai raumens susitraukimo jėga gali tiesiogiai priklausyti nuo jo masės); raumens „architektūros“, t. y. raumeninių skaidulų išsidėstymo sausgyslės atžvilgiu kampo bei raumens ir raumeninių skaidulų ilgio santykio; lygiagrečiai išsidėčiusių aktino ir miozino tiltelių kiekio bei jų jėgos; raumenų jėgos įgyjimo greičio (jėgos gradiento); raumenų jėgos priklausomybės nuo Ca^{2+} koncentracijos, t. y. raumenų susitraukimo mechanizmo jautrumo Ca^{2+} jonams; raumenų

„kompozicijos“, t. y. skirtingo tipo raumeninių skaidulų santykio dydžio; maksimalaus raumenų susitraukimo greičio ir raumenų susitraukimo jėgos ir greičio priklausomybės pobūdžio.

Gebėjimas kaip galima labiau suaktyvinti raumenis taip pat turi įtakos šuolio aukščiui. Čižauskas (2009) savo atliktais tyrimais įrodė, kad šlaunies raumens aktyvumas bei vidurinio dvilypio blauzdos raumens aktyvumas yra iki 50 % didesnis atliekant greitus šuolius, o šoninio dvilypio blauzdos raumens aktyvumas yra iki 40 % didesnis atliekant aukštus šuolius.

Atliekant šuolius labiau išnaudojamos raumenų elastinės ir refleksinės savybės. Šoklumas priklauso ne tik nuo raumenų susitraukimo galingumo, bet ir nuo raumens bei sausgyslės elastingumo. Kuo elastingesnis raumuo ir sausgyslė, tuo geresnis šoklumas atliekant amortizuojamo tūptelėjimo šuolius. Taigi norint įvertinti raumens struktūros ypatybes, reikia analizuoti šuolio atlikimo kaitos rodiklius (Caseroti et al., 2001; Kubo et al., 2002). Nervinė programa gali ne tik reguliuoti raumenų susitraukimo galingumą, bet ir optimizuoti kūno pozą (statinę padėtį) prieš šuolį ir jį atliekant (Stanislovaitis, 1998). Nustatyta, kad dėl nervinės motorinės programos gali būti skatinami įvairūs reflektoriniai mechanizmai, kurie taip pat gali optimizuoti raumenų susitraukimo galingumą (Dyhre-Poulsen et al., 1991). Pavyzdžiui, yra nustatyta, jog lavinant šoklumą gali pagerėti tempimo reflekso jautrumas, o dėl jo ir šuolio aukštis (Komi, 1992; Kyröläinen, Komi, 1995). Be to iki atliekant šuolį gali būti padidinamas raumenų tonusas, nuo kurio priklauso šoklumo efektyvumas (Kyröläinen, Komi, 1995). Greitojo tipo raumeninėse skaidulose (RS) yra daugiau elastinių komponentų nei lėtojo tipo RS (Kyröläinen, Komi, 1995). Pavyzdžiui, nustatyta, kad su amortizuojančiu tūptelėjimu atliekamo šuolio aukštis priklauso nuo sugebėjimo panaudoti raumeninio audinio elastinę energiją bei tempimo refleksą (Bosco et al., 1982a; Bosco et al., 1983a). Tai priklauso nuo raumenų kompozicijos ypatumų — greitai sportininkai geriau panaudoja elastinę energiją greitai bei trumpai amortizuojamai pritūpdami, o „lėtų“ sporto šakų atstovai – lėtai bei giliai tūptelėję (Bosco et al., 1982b; Bosco et al., 1983b). Be to, manoma, kad atliekant šuolius į gylį (nuo paaukštėjimo) greitu amortizuojamu pritūpimu, labiau panaudojama elastinga raumenų sukauptą energiją nei tempimo refleksas (Bosco et al., 1983a). Yra nustatyta, kad suaktyvėjus III ir IV raumenų aferentams, jie gali slopinti tempimo refleksą (Garland, 1991), kuris gali turėti įtakos raumenų aktyvumui ir kuris turi reikšmės sportininkų šoklumui. Manoma, kad dėl raumenų ir sausgyslių elastingumo, šoklumo savybės gali pagerėti apie 15–40 proc. (Bosco et al., 1983c).

Taip pat šoklumui įtakos turi ir greitųjų raumeninių skaidulų santykis raumenyse. Pavyzdžiui, nustatyta, kad kuo didesnis greito susitraukimo tipo raumeninių skaidulų kiekis raumenyse, tuo geresni šoklumo rodikliai (Bosco et al., 1979).

Siekiant padidinti šuolį, būtina taikyti specifinius treniravimo metodus. Dėl nuosekliai taikomų krūvių gali pagerėti raumenų nervinio valdymo efektyvumas, o efektyvesnė šuolio nervinė programa leidžia geriau koordinuoti raumenis šuolio metu (Dietz, 1992).

Nustatyta, kad raumenų gebėjimas ugdyti jėgą priklauso nuo lyties. Nustatyta, kad vyrų jėga didesnė negu moterų dėl didesnės jų raumenų masės, jėgos, galingumo, vyraujančių greitųjų raumeninių skaidulų (Hunter, Enoka, 2001).

Autoriai, tyrinėjantys šoklumą, teigia, kad šuolio aukštis priklauso nuo staigiosios jėgos (Haugenauer et al., 2005; Rudas ir Skurvydas, 2005). Vieni autoriai savo tyrimuose atskleidžia stiprų koreliacinį ryšį tarp staigiosios jėgos ir šuolio aukščio (Young et al., 1999; Paasuke et al., 2001), kiti — priešingai, randa, kad šuolio aukštis visiškai nekoreliuoja su kojų raumenų staigiąja jėga (Young, Bilby, 1993; Kollias et al., 2001). Remiantis eksperimentiniais tyrimais ir teoriniais skaičiavimais buvo įrodyta, kad nuo staigiosios jėgos priklauso atsispyrimo trukmė, tačiau ne šuolio aukštis (Čižauskas et al., 2006; Muckus ir Čižauskas, 2006). Nustatyta, kad kūno masės centro pakilimo aukštis geriausiai koreliuoja su pradiniu greičiu ir atsispyrimo trukme — atitinkamai $r=0,78$; $p<0,001$ ir $r=0,62$; $p<0,001$ (Čižauskas, 2009).

Atsižvelgiant į tai, kad gebėjimas aukštai pašokti ir greitai pašokti yra dvi kokybiškai skirtingos šoklumo ypatybės, šoklumas turėtų būti vertinamas šuolio aukščiu ir šuolio trukme. Tačiau šoklumą bendrai galima vertinti vienu integraliu rodikliu — santykine šuolio galia (Muckus ir Krušinskienė, 2008).

Sportininko šoklumui nustatyti ir įvertinti yra sukurta ne viena metodika, tačiau įvairių sporto šakų atstovų (krepšininkų, rankininkų, tinklininkų, gimnastų ir kt.) šoklumo vertinimui dažnai taikomas šuolio aukštyn iš vietos testas (Muckus, 2006; Paasuke et al., 2001). Yra nemažai šio testo variantų: 1. šuolis iš pradinės padėties stovint su pritūpimu, kai rankos ant klubų; 2. šuolis iš pradinės padėties stovint su pritūpimu ir rankų mostu; 3. šuolis iš pradinės padėties pritūpus; 4. šuolis nuo pakylės; 5. kartotiniai šuoliai ant kontaktinės plokštės ar jėgos platformos ir kt. Visi šie testai yra tinkami, ir jie yra naudingi įvertinant tam tikras žmogaus gebas. Kiekvienas šių testų turi atitinkamas taikymo sritis. Pavyzdžiui, kontaktinė plokštė „Ergojump“ skirta apytikriam anaerobinio darbingumo vertinimui treniruotėse (Čižauskas, 2009).

Šuolio aukštį galima nustatyti keliais būdais: a) filmuojant sportininką, atliekantį šuolį, b) naudojant specialią įrangą šuolio aukščiui matuoti, c) registruojant žemės reakcijos jėgos kreivę (dinamogramą) šuolio metu ir atliekant skaičiavimus, d) atliekant skaičiavimus iš šuolio trukmės (Čižauskas, 2009). Nors šoklumas testuojamas įvairiais būdais, tačiau visais atvejais šoklumas vertinamas tik šuolio aukščiu, nekreipiant dėmesio į šuolio trukmę. Dauguma autorių, tyrinėjančių šoklumą, matuoja maksimalaus šuolio aukštį teigdami, kad šuolio aukštis priklauso nuo dinaminės (staigiosios) jėgos (Haugenauer et al., 2005; Rudas ir Skurvydas, 2005).

2. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS

2.1. Tiriamieji

I tyrime dalyvavo sveiki, fiziškai aktyvūs vyrai ($n=37$), o II tyrime — aukšto meistriškumo krepšininkai ($n=6$; LKKA „Atletas“) kurių antropometriniai rodikliai pateikti 1 lentelėje. II tyrimą pradėjo 14 tiriamųjų, tačiau aštuonių tiriamųjų duomenys nebuvo analizuojami, nes dėl ligų, traumų ar užimtumo praleido daugiau nei 20 % šuolio aukščio matavimų. Tiriamųjų kūno svoris ir riebalų procentas nustatyti kūno sudėties analizatoriumi „Tanita“ (*Tanita Corporation*, Japonija).

Eksperimento metu taikyti matavimo metodai jau anksčiau buvo leisti vykdyti Kauno Sveikatos Universiteto Etikos komisijos (Leidimo nr. BE—2—44, 2008 liepos 1 d.).

Visi eksperimentai buvo atlikti LKKA „Žmogaus motorikos“ laboratorijoje, laikantis 1975 metų Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl žmonių eksperimentų etikos. Tiriamieji buvo supažindinti ir parašu patvirtino sutikimą dalyvauti eksperimentuose.

1 lentelė. Tiriamųjų antropometriniai duomenys

Tyrimas	Krūvis	Dalyvių skaičius (n)	Ūgis, cm ($\bar{x} \pm S$)	Svoris, kg ($\bar{x} \pm S$)	Riebalų santykis, % ($\bar{x} \pm S$)	Amžius, metai ($\bar{x} \pm S$)
I	Metabolinis	n=10	180 ± 5,1	77,2 ± 9,2	15,7 ± 4,9	24,6 ± 4,8
	Raumenų pažeidos	n=17	181,2 ± 6,2	78,6 ± 10,2	-	25,4 ± 3,9
	CNS	n=10	183,1 ± 5,8	80,8 ± 13,8	15,6 ± 5	22,3 ± 2,3
II	Pratybų ir varžybinis	n=6	196,8 ± 11,4	87,7 ± 11,1	-	20,5 ± 2,2

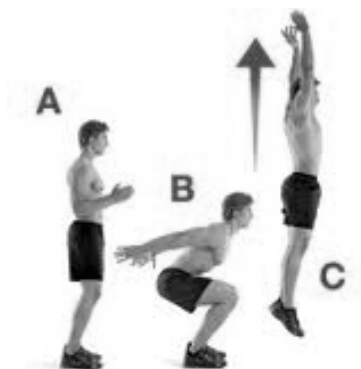
Pastabos: \bar{x} — aritmetinis vidurkis; S — standartinis nuokrypis.

2.2. Metodai

2.2.1. Šuolio aukščio nustatymo metodika

Vertikalių šuolių aukščiui matuoti buvo naudojama kontaktinė platforma (SBM-1 H-T-METRAS 2005 BALTECsport, BALTEC CNC Technologies). Šuolis buvo atliekamas iš vietos į viršų su rankų mostu (kojos pečių plotyje), atsispiriant ir nusileidžiant abejomis ištiestomis kojomis ant kontaktinės platformos (2 pav.). Šuolio aukštis buvo nustatomas pagal šuolio trukmę (formulė: $H = 1,226 \times Tf^2$ (m), kai Tf = skridimo laikas (s) (Bosco et al., 1983a), kuri tiriamasis išbūna pašokęs ore. Tiriamiesiems buvo leista individualiai pasirinkti patogesnę šuolio techniką, o po

kiekvieno šuolio jie buvo informuojami apie šuolio aukštį bei buvo nuolat skatinami šokti kaip įmanoma aukščiau.



2 pav. Šuolio į viršų iš vietos su rankų mostu atlikimas

2.2.2. Dinamometrija

Tiriamieji buvo testuojami **Biodex Medical System** — žmogaus skeleto raumenų testavimui ir rehabilitacijai skirtu dinamometru (Biodex Medical System 3 PRO Sertifikuota ISO 9001 EN 46001, JAV).

Tiriamieji buvo testuojami sėdint kėdėje (Biodex Medical System), kurios padėtis ir aukštis buvo nustatomas pagal tiriamųjų ūgį ir šlaunies ilgį. Ties apatiniu dešinės kojos blauzdos trečdaliu buvo juosiamas diržas (4 cm. virš kulnikaulio gumuro). Prieš nustatant kelio sąnario judėjimo amplitudę ir pritvirtinant tiriamąjį diržais buvo derinama, kad kelio sąnario ašis būtų lygiagrečiai su dinamometro ašimi. Prieš testavimą buvo nustatomos pilna kelio sąnario amplitudė (ištiesus ir sulenkus koją), o po to koja buvo pasveriamą. Keturgalvio šlaunies raumens maksimalaus valingo susitraukimo jėga (MVJ) buvo testuojama esant 110° kampui per kelio sąnarį. Atliekant testavimą, tiriamasis maksimalią jėgą turėjo pasiekti per 3 s ir atliko 2 bandymus, tarp kurių buvo 1 min pertrauka. Buvo registruojamas bandymas, kurio metu pasiekiamą didžiausią jėgą. Tiriamieji buvo skatinami išvystyti kuo didesnę maksimalią jėgą.

2.2.3. Elektrostimuliacija

Tiesioginis raumens stimuliavimas buvo atliekamas, naudojant tris paviršinius guminius elektrodus 9x12 cm (PG912\X) padengtus plonu gelio sluoksniu. Ant keturgalvio šlaunies raumens distalinio galo skersai buvo dedamas vienas elektrodas (9x12 cm), o ant proksimalinės dalies du lygiagretūs elektrodai (9x12 cm). Elektrodai buvo sujungiami su elektrostimulatoriumi (Medicor MG440, Vengrija).

Raumuo buvo dirginamas stačiakampės formos elektriniu impulsu arba jų serija. Raumens susitraukimo jėga sukelta stimuliuojant raumenį 100 Hz (P 100) dažnio elektros stimulais. Buvo parinkta tokia stimuliavimo įtampa, kuri sukelia didžiausią raumens susitraukimo jėgą. Stimuliavimo trukmė — 1 s. Elektrostimuliatoriaus siunčiamų impulsų dažnis ir maksimali šlaunies keturgalvio raumens susitraukimo jėga buvo registruojama stacionariu kompiuteriu.

2.2.4. Valingosios aktyvacijos nustatymo metodika

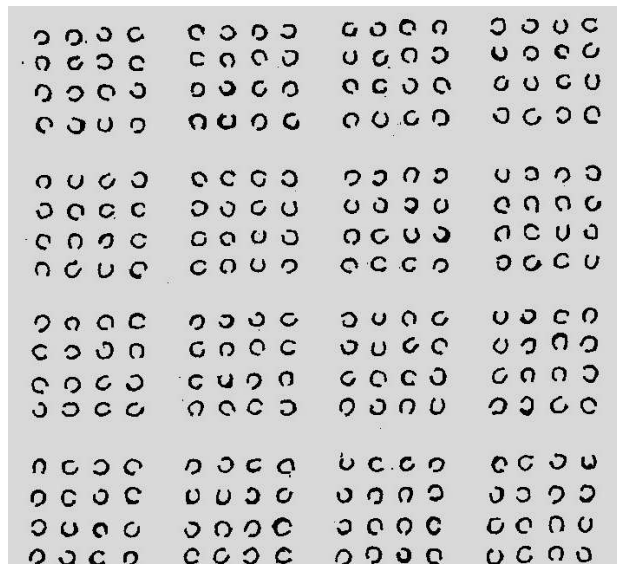
Norint nustatyti valingos aktyvacijos lygį, maksimaliojo valingo susitraukimo 3-ią sekundę, raumuo buvo papildomai dirginamas 250 ms trukmės 100 Hz elektrostimuliavimo impulsų serija (TT100 Hz). Santykinei valingai aktyvacijai apskaičiuoti naudota formulė: valinga aktyvacija (%) = $MVJ/(MVJ + TT100Hz) \times 100$

2.2.5. Vestono testo atlikimo metodika

Testas skirtas informacijos perdirbimo greičiui nustatyti. Esminė testo dalis yra lentelė, sudaryta iš 256 Landolto žiedų, sugrupuotų į 16 kvadratų, kurių kiekviename yra po 16 žiedų (3 pav.). Žiedai išdėstyti 8 galimomis žiedo išpjovos kryptimis, atsitiktine tvarka, su vienoda jų išdėstymo tikimybe. Tiriamasis privalo kiek galėdamas greičiau ir tiksliau išbraukti lentelėje visus nurodytos rūšies žiedus. Vertinama pagal užduoties atlikimo laiką ir padarytų klaidų skaičių. Informacijos perdirbimo greitis bitais per sekundę apskaičiuojamas pagal formulę:

$$S = \frac{139,2 - (2,807 \cdot n)}{T} \text{ bit / s,}$$

S — informacijos perdirbimo greitis (*bit/s*), 139,2 — informacijos kiekis bitais, esantis visoje lentelėje, 2,807 — informacijos nuostolis bitais, praleidus užbraukti būtinus žiedus, n — praleistų žiedų skaičius, T — laikas sekundėmis, sugaištas atliekant užduotį.



3 pav. Vestono testo struktūra

2.2.6. Nuotaikos profilio skalės metodika

Įvertinti žmogaus emocinę būklę buvo naudojama Nuotaikos profilio skalė (NPS, angl. *Profile of Mood State — POMS*) (McNair et al., 1992). NPS apima paties tiriamojo 65 aspektais vertinamą emocinę būklę balais nuo 0 iki 4. Sudėjus atitinkama tvarka įverčių balus, gaunamas emocinės būklės įvertinimas (balais) šešiais aspektais (įtampa–nerimas, depresiškumas–liūdesys, pyktis–priešiškumas, energija–aktyvumas, nuovargis–inercija, sumišimas–suglumimas). Rezultatai geresni, jei surenkama mažiau balų. Nustatyta, kad NPS skalės vidinis patikimumas yra geras, nes Kronbacho alfa = 0,841 (kad skalė būtų patikima, turi būti ne mažiau kaip 0,7).

2.2.7. Raumenų skausmo vertinimo metodika

Raumens skausmas buvo vertinamas subjektyviai t. y. vertino patys tiriamieji 10-ties balų sistemoje (0 balų — visai nejuto skausmo, 10 — jautė dzižiulį skausmą, neleidžiantį vaikščioti), atlikę 2–3 pritūpimus. Pagal užregistruotą raumens skausmą buvo sprendžiama apie raumens pažeidimo laipsnį (dydį) (Skurvydas et al., 2000; Mickevičienė et al., 2005).

2.2.8. Kraujo laktato koncentracijos nustatymo metodika

Laktato koncentracijai kraujyje nustatyti, iš tiriamųjų rankos piršto buvo imamas kraujo mėginys (apie 1 ml). Procedūra buvo atlikta kvalifikuoto laboratorijos darbuotojo, o kraujo

biocheminė analizė buvo atlikta analizatoriaus (Accusport®/Accutrend Lactate Portable Lactate Analyzer, USA) pagalba.

2.2.9. Kreatinkinazės aktyvumo kraujo plazmoje ir šlapalo bei magnio koncentracijos nustatymo metodika

Siekiant įvertinti CK aktyvumą kraujo plazmoje, šlapalo ir magnio koncentraciją buvo imamas kraujo mėginys (apie 1 ml) iš tiriamųjų rankos piršto. Kraujo ėmimo procedūrą atliko kvalifikuotas laboratorijos darbuotojas, o mėginio biocheminė analizė buvo atlikta naudojant automatinį biocheminį analizatorių SPOTCHEM EZ SP-4430 (Japonija).

2.3 Tyrimų organizavimas

2.3.1. Šuolio aukščio kaitos esant „metaboliniam nuovargiui“ nustatymo metodika

Ekperimentinis tyrimas vyko 17:00–21:00 val., tokia eiga:

1. Pramankšta. Veloergometro (ERGO-FIT 170, Germany) minimas 7 min (≈ 70 aps/min. dažnis, galia — 1W/1kg kūno masės);
2. Kraujo laktato koncentracijos nustatymas po pramankštos;
3. Šuolio aukščio nustatymas prieš krūvį;
4. Veloergometrinis krūvis iki visiško nuovargio (pradinė galia 100 W, kas 10 s pridedama po 5 W). Registruojami parametrai: pasiektas galingumas (W) ir laikas (min.) iki visiško nuovargio;
5. Šuolio aukščio nustatymas iš kart ir praėjus 3 min po krūvio;
6. Kraujo laktato koncentracijos nustatymas po krūvio (po 5 min.);
7. Šuolio aukščio nustatymas praėjus 30 min po krūvio;
8. Kraujo laktato koncentracijos nustatymas praėjus 30 min po krūvio.

2.3.2. Šuolio aukščio kaitos esant raumenų pažeidai nustatymo metodika

Tyrimo eiga:

1. Pramankšta. Veloergometro minimas 7 min (≈ 70 aps/min. dažnis, galia — 1W/1kg kūno masės);
2. Elektrostimuliacijos sukeltos raumenų jėgos nustatymas;

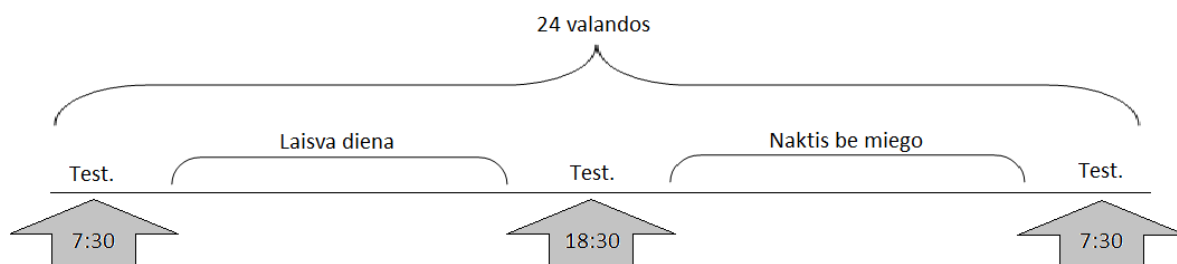
3. Raumenų maksimalios valingos jėgos nustatymas;
4. Šuolio aukščio nustatymas (parenkamas maksimalus iš 3–5 šuolių);
5. CK koncentracijos kraujo plazmoje nustatymas;
6. 70 pliometrinių šuolių krūvis;
7. Elektrostimuliacijos sukeltos raumenų jėgos nustatymas iš karto po krūvio ir praėjus 48 valandoms;
8. Raumenų maksimalios valingos jėgos nustatymas iš karto po krūvio ir praėjus 48 valandoms;
9. Šuolio aukščio nustatymas (parenkamas maksimalus iš 3–5 šuolių) po krūvio ir praėjus 48 valandoms;
10. CK koncentracijos kraujo plazmoje nustatymas praėjus 48 valandoms;
11. Raumenų skausmo įvertinimas.

2.3.3. Šuolio aukščio kaitos esant „CNS nuovargiui“ nustatymo metodika

Centrinės nervų sistemos nuovargio eksperimentinis tyrimas vyko apie 07:30 ryte, 18:30 vakare ir 07:00 kitos dienos rytą. Tyrimo schema pateikta 4 pav. Siekiant sukelti CNS nuovargį, tiriamieji turėjo išbūti 24 valandas nemiegoję. Tiriamieji naktį praleido LKKA kompiuterių klasėje žiūrėdami filmus, žaisdami kompiuterinius ir stalo žaidimus. Nakties metu eksperimento dalyviams buvo draudžiama gerti kavos daugiau nei 3 kartus, po 1 puodelį, ir ne vėliau kaip 4:00 val. nakties.

Tyrimo eiga:

1. NPS anketa;
2. Pramankšta. Veloergometro minimas 7 min (≈ 70 aps/min. dažnis, galia — 1W/1kg kūno masės);
3. Maksimalios izometrinės valingos susitraukimo jėgos (dominuojanti koja) matavimas;
4. Valingos aktyvacijos matavimas;
5. Šuolio aukščio nustatymas;
6. Vestono testas.



4 pav. CNS eksperimentinio tyrimo schema

Šuolio aukštis registruojamas buvo tik pilnai atsigavus tiriamajam. Kiekvienas testas buvo atliekamas atskiroje patalpoje.

2.4. Krepšininkų šuolio aukščio kaitos varžybiniame periode nustatymo metodika

Buvo registruojami komandos LKKA „Atletas“ žaidėjų šuolio į aukštį rezultatai prieš kiekvienas pratybas. Šuolio aukštis matuotas pratybų pradžioje, tuo metu žaidėjai atlikdavo metimus į krepšį. Kiekvienas žaidėjas atliko po 5 maksimalius šuolius iš vietos į viršų su rankų mostu, iš kurių duomenų analizei buvo atrenkamas didžiausias. Taip pat buvo registruojamas kiekvieno žaidėjo varžybose žaistas laikas, treniruočių intensyvumas bei tipas.

Testavimas truko 12 savaitių (viso 57 treniruotės). Per pirmas 2 savaites krepšininkai mokėsi šuolio atlikimo technikos, ir buvo nustatytos žaidėjų kontrolinės reikšmės (maksimali reikšmė).

9 ir 12 savaitę krepšininkams buvo paimtas kraujo mėginys (apie 1 ml), kad būtų galima nustatyti šlapalo ir magnio koncentraciją (mmol/l) kraujyje.

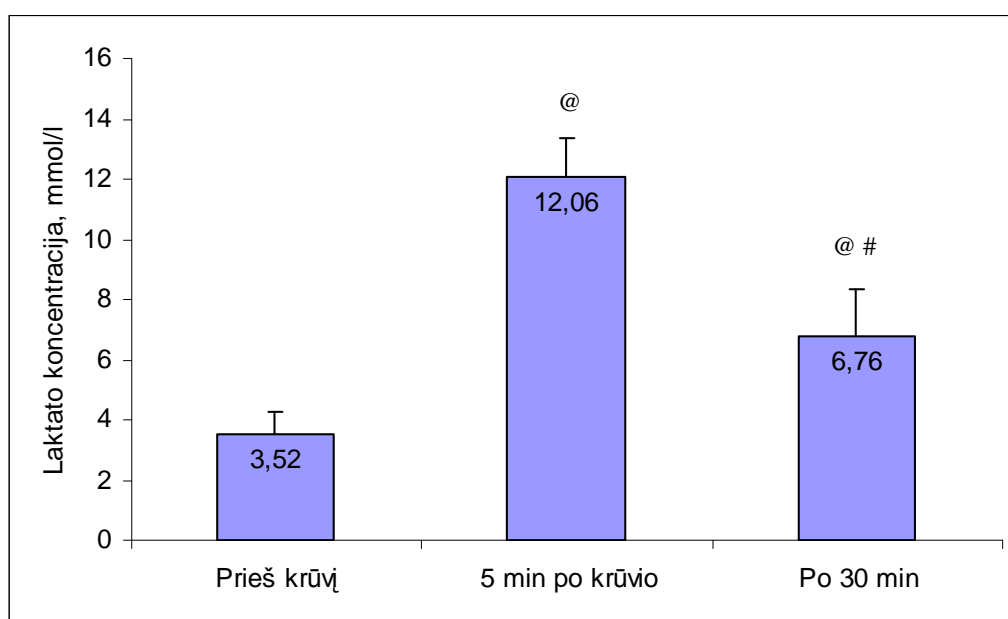
2.5. Statistinė duomenų analizė

Matematinei statistinei duomenų analizei buvo naudojamas Microsoft Office Excel 2003 programinis paketas. Apskaičiuotas aritmetinis vidurkis (\bar{x}), standartinis nuokrypis (S). Statistinių ryšių stiprumą vertinome taikydami Pearsono koreliacijos koeficientą (r). Skirtumas tarp aritmetinių vidurkių buvo apskaičiuotas SPSS programa taikant vieno veiksnio ANOVA. Aritmetinių vidurkių skirtumas laikomas statistiškai reikšmingas, jeigu $p < 0,05$.

3. TYRIMŲ REZULTATAI

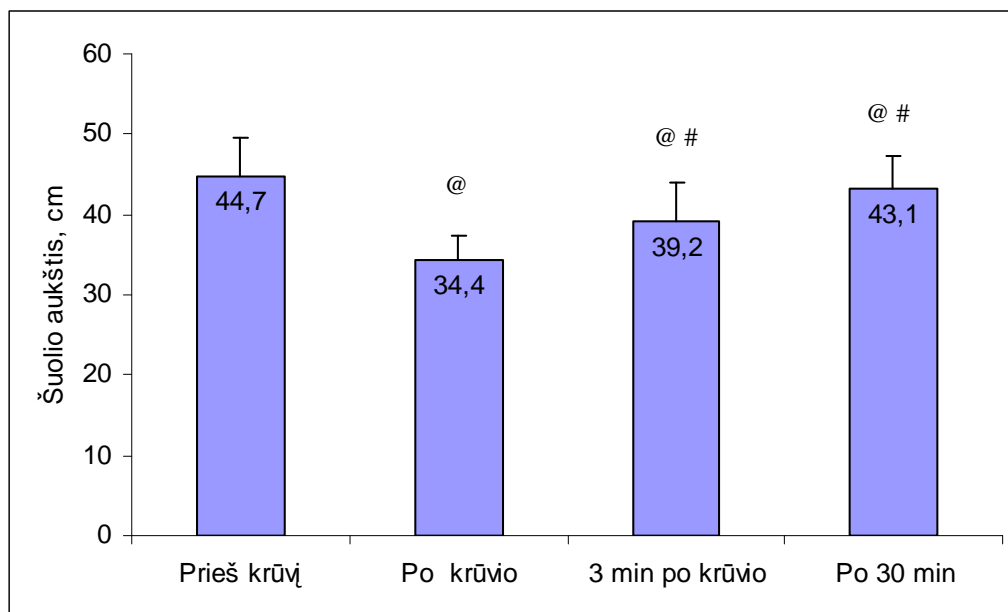
3.1. Šuolio aukščio ir „metabolinio nuovargio“ rodiklių kaita

Atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru iki visiško nuovargio pasiekta vidutinė atlikto darbo trukmė buvo $425,5 \pm 97,31$ s, o vidutinis pasiektas galingumas $307 \pm 47,5$ W. Kraujo laktato koncentracijos reikšmės prieš ir po nuosekliai didinamo krūvio pateiktos 5 pav. Po nuosekliai didinamo krūvio laktato koncentracija reikšmingai padidėjo 8,54 mmol/l, o po 30 min reikšmingai sumažėjo 5,3 mmol/l ($p < 0,05$), tačiau išliko didesnė lyginant su reikšme prieš krūvį ($p < 0,05$)



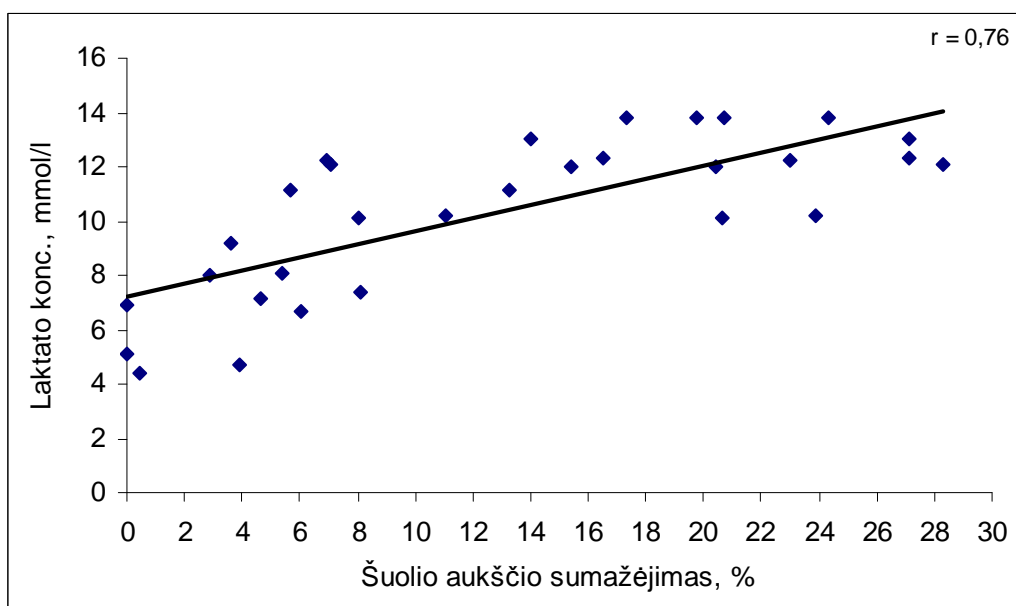
5 pav. Kraujo laktato koncentracijos reikšmės prieš ir po nuosekliai didinamo krūvio. @ — $p < 0,05$, lyginant su reikšme prieš krūvį; # — $p < 0,05$, lyginant su reikšme 5 min po krūvio

Vertikalaus šuolio aukščio reikšmės prieš ir po nuosekliai didinamo krūvio pateiktos 6 pav. Atlikus krūvį pastebėtas reikšmingas šuolio aukščio vidurkių skirtumas: šuolio aukštis iš karto po krūvio sumažėjo 22,79 %, praėjus 3 minutėm sumažėjimas buvo 12,28 %, o po 30 min nustatytas 3,5 % šuolio aukščio sumažėjimas ($p < 0,05$).



6 pav. Šuolio aukščio reikšmės prieš ir po nuosekliai didinamo krūvio. @ — $p < 0,05$, lyginant su reikšme prieš krūvį; # — $p < 0,05$, lyginant su reikšme po krūvio

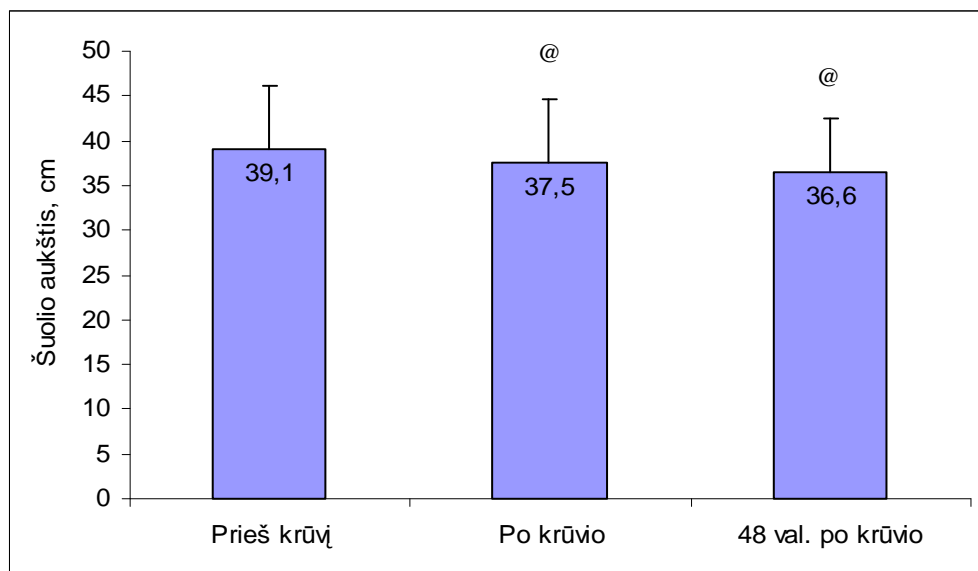
Nustatyta stipri koreliacija tarp santykinio šuolio aukščio sumažėjimo ir laktato koncentracijos ($r = 0,76$; $p < 0,05$) (7 pav.).



7 pav. Koreliacinis ryšys tarp santykinio šuolio aukščio sumažėjimo ir laktato koncentracijos

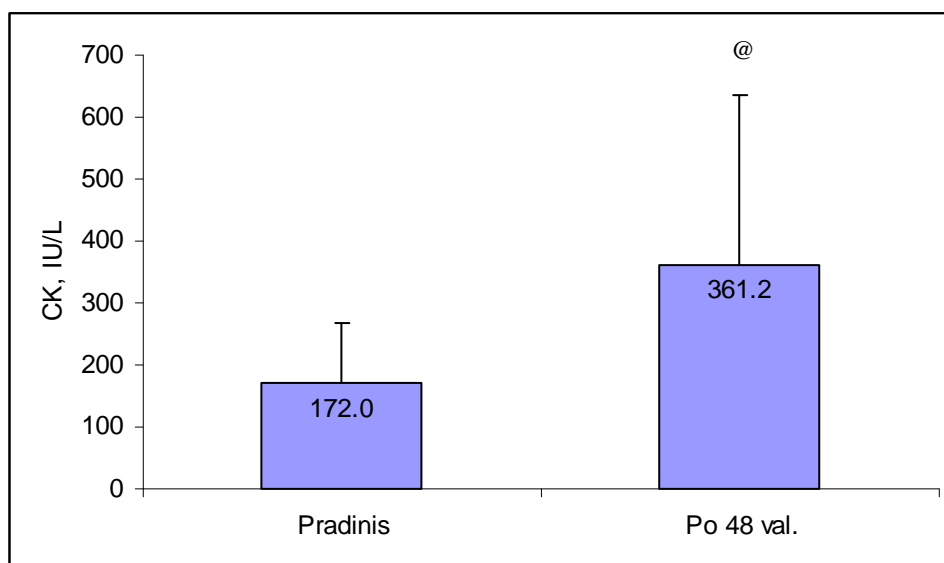
3.2. Šuolio aukščio ir raumenų pažeidos rodiklių kaita

Šuolio į aukštį iš vietos reikšmės prieš ir po raumenų pažeidos krūvio pateiktos 8 pav. Atlikus 70 šuolių krūvį, šuolis į aukštį sumažėjo 4,2 % (1,6 cm; $p < 0,05$). Praėjus 48 valandoms šuolio aukščio sumažėjimas buvo 6,5 % (2,5 cm) palyginus su pradiniu šuolio aukščiu ($p < 0,05$).



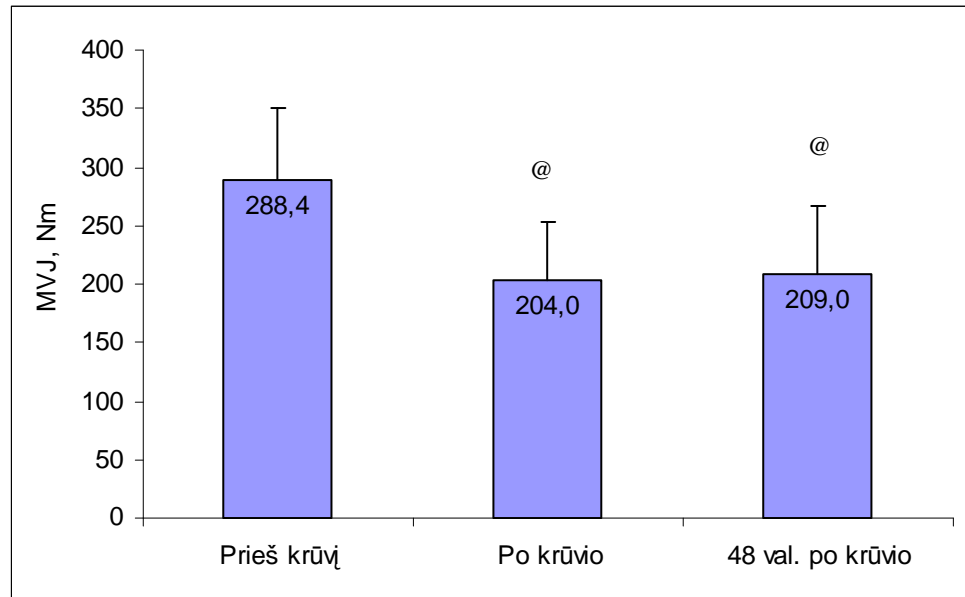
8 pav. Šuolio į aukštį reikšmės prieš ir po raumenų pažeidos krūvio. @ — $p < 0,05$, lyginant su reikšme prieš krūvį

Kreatinkinazės (CK) aktyvumas prieš ir po raumenų pažeidos krūvio praėjus 48 valandoms pateiktas 9 pav. Praėjus 48 valandoms CK aktyvumas išaugo 2,1 karto ($p < 0,05$). Nustatytas vidutinis raumenų skausmas po 48 valandų buvo $4,9 \pm 2$ balai (pagal vertinimo skalę).



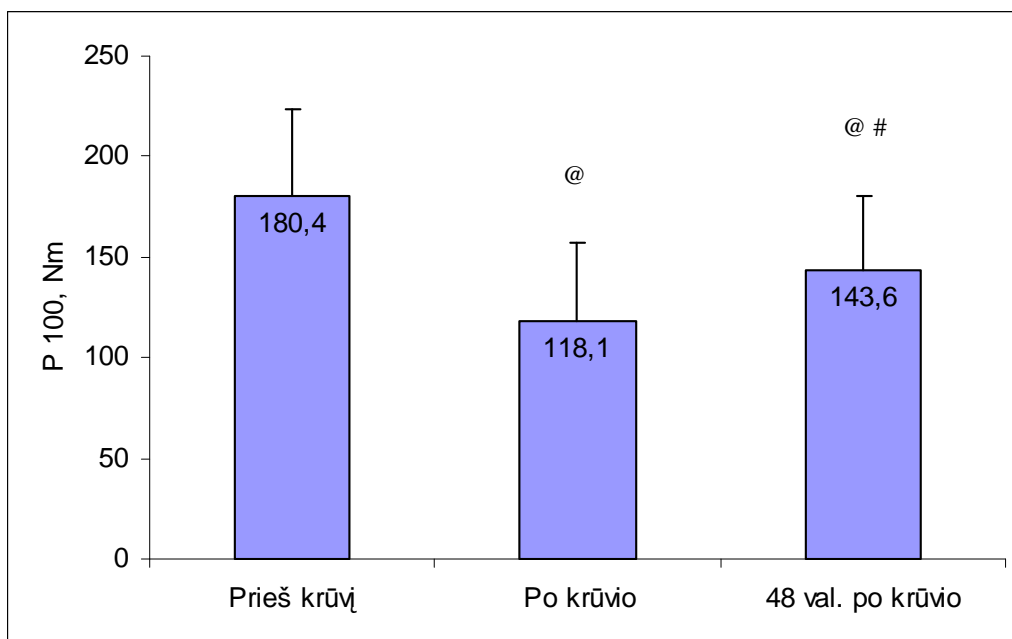
9 pav. Kreatinkinazės (CK) aktyvumas prieš ir po raumenų pažeidos krūvio praėjus 48 val. @ — $p < 0,05$, lyginant su pradine reikšme

Keturgalvio šlaunies raumens maksimalios valingos jėgos momento (MVJ) reikšmės prieš ir po 70 šuolių pateiktos 10 pav. MVJ reikšmingai sumažėjo 29,3 % (84,4 Nm) tuoj po raumenų pažeidos krūvio ($p < 0,05$). Praėjus 48 valandoms MVJ vis dar išliko reikšmingai sumažėjęs 27,5 % (79,4 Nm; $p < 0,05$) lyginant su reikšme prieš krūvį.



10 pav. Keturgalvio šlaunies raumens maksimalaus valingo susitraukimo jėgos reikšmės prieš ir po raumenų pažeidos krūvio. @ — $p < 0,05$, lyginant su reikšme prieš krūvį

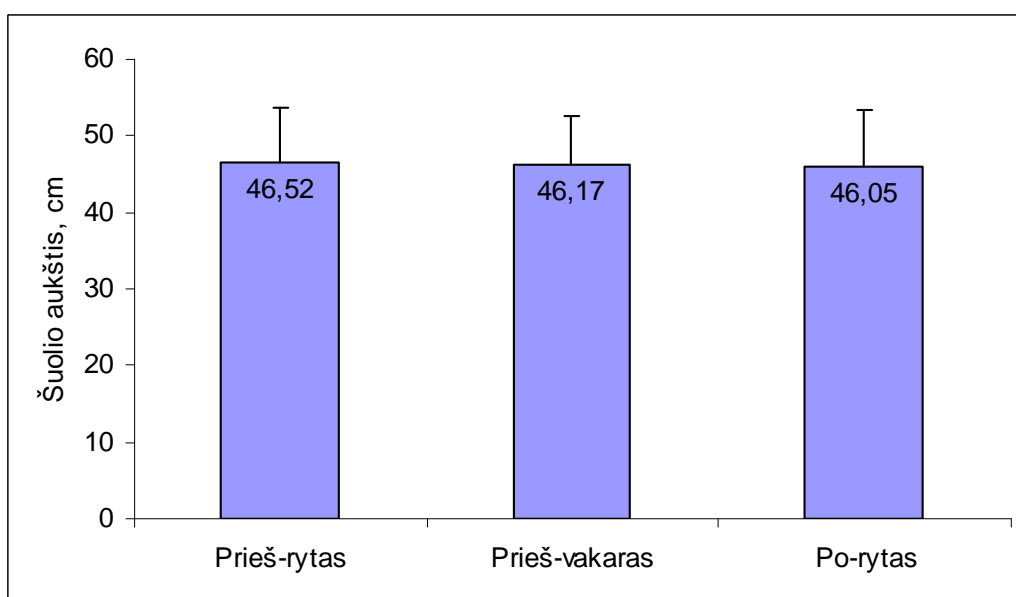
Keturgalvio šlaunies raumens jėgos momento reikšmės, sukeltos 100 Hz (P100) dažnio elektros impulsais, prieš ir po raumenų pažeidos krūvio pateiktos 11 pav. P100 po krūvio sumažėjo 34,5 % (62,3 Nm; $p < 0,05$), o praėjus 48 valandoms sumažėjimas nuo pradinės reikšmės buvo 20,4 % (36,8 Nm; $p < 0,05$).



11 pav. Keturgalvio šlaunies raumens jėgos momento reikšmės, sukeltos 100 Hz (P100) dažnio elektros impulsais, prieš ir po raumenų pažeidos krūvio. @ — $p < 0,05$, lyginant su reikšme prieš krūvį; # — $p < 0,05$, lyginant su reikšme po krūvio

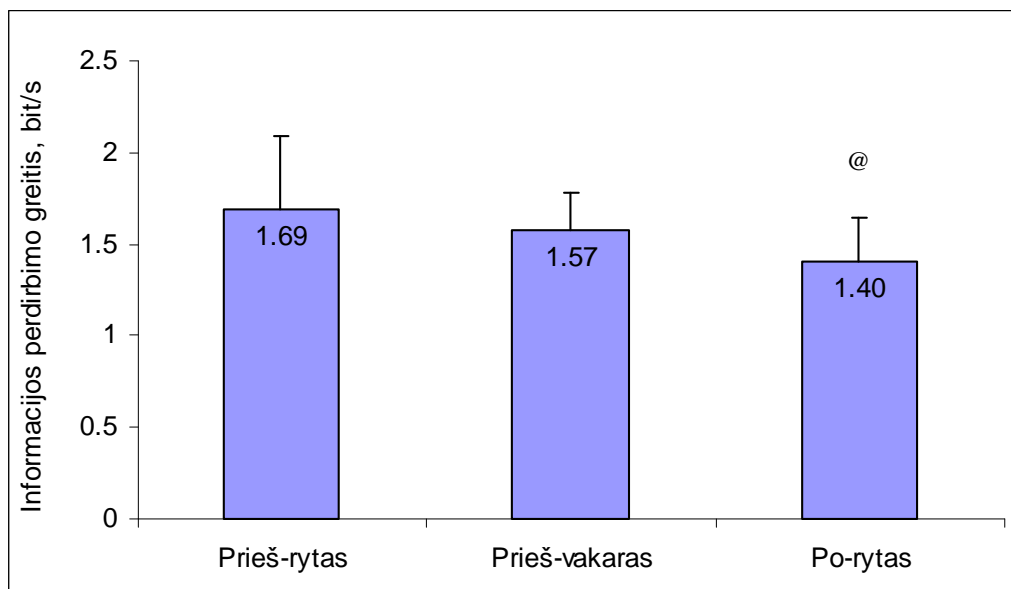
3.3. Šuolio aukščio ir „CNS nuovargio“ rodiklių kaita

Šuolio \dot{I} aukštį reikšmės prieš ir nemiegotos nakties pateiktos 12 pav. Šuolio aukščio rodikliai reikšmingai nesikeitė. Vakare užfiksuotas vidutinis šuolio aukštis nuo pradinės (rytinės) reikšmės vidutiniškai sumažėjo $0,46 \pm 3,88 \%$, o kitos dienos ryte buvo pastebėtas $0,96 \pm 3,64 \%$ šuolio aukščio sumažėjimas nuo pradinės reikšmės ($p > 0,05$).



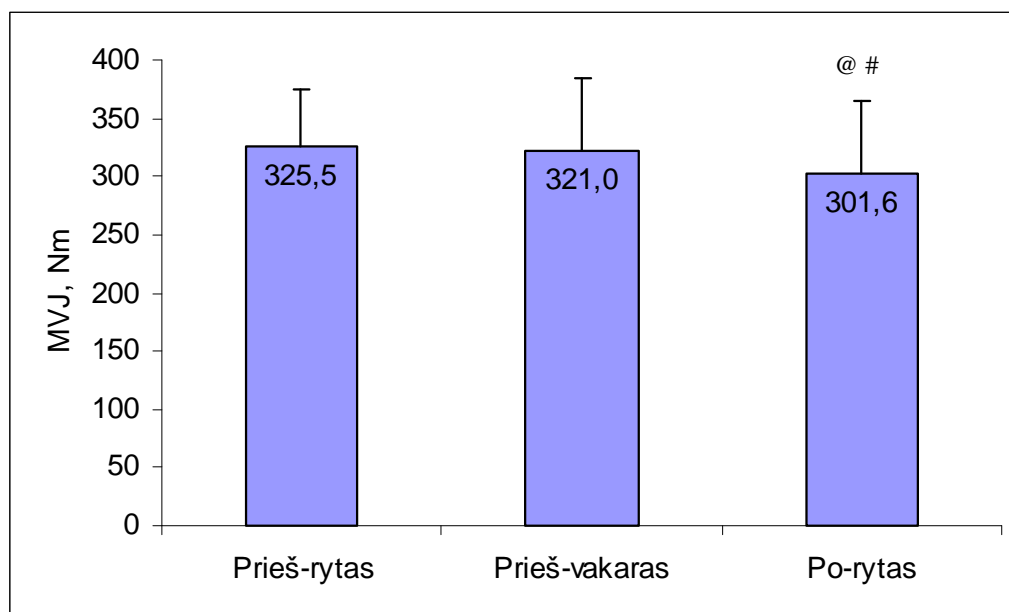
12 pav. Šuolio \dot{I} aukštį reikšmės prieš ir po nemiegotos nakties

Vestono testo ir informacijos perdavimo greičio (IPG) reikšmės prieš ir po nemiegotos nakties pateiktos 13 pav. Palyginus rytinę reikšmę, prieš, ir vakarinę reikšmes pastebėtas 3,5 % (0,12 bit/s) IPG sumažėjimas, tačiau jis buvo nereikšmingas ($p>0,05$). Tuo tarpu palyginus rytinę kontrolinę ir po nemiegotos nakties, IPG reikšmingai sumažėjo 13,8 % (0,29 bit/s; $p<0,05$).



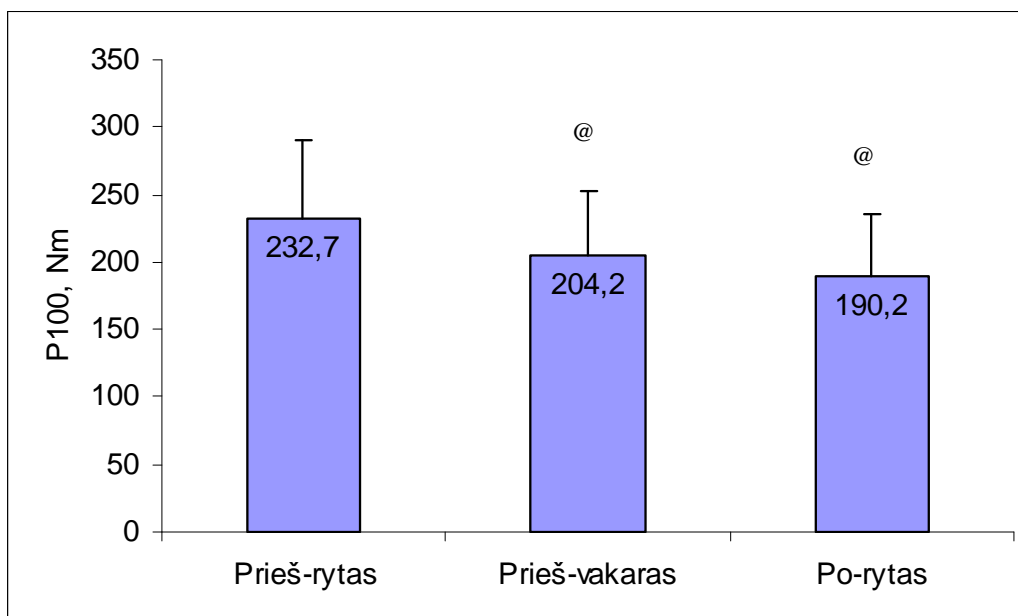
13 pav. Vestono testo reikšmės prieš ir po nemiegotos nakties. @ — $p<0,05$, lyginant su prieš-rytas reikšme

Keturgalvio šlaunies raumens maksimalios valingos jėgos momento (MVJ) reikšmės prieš ir po nemiegotos nakties pateiktos 14 pav. Vakare užfiksuotas MVJ 1,4 % (4,5 Nm) sumažėjimas palyginus su pradine (rytine) reikšme, kuris buvo statistiškai nereikšmingas ($p>0,05$). Po nemiegotos nakties MVJ sumažėjo 7,3 % (23,9 Nm; $p<0,05$), lyginant su pradine reikšme.



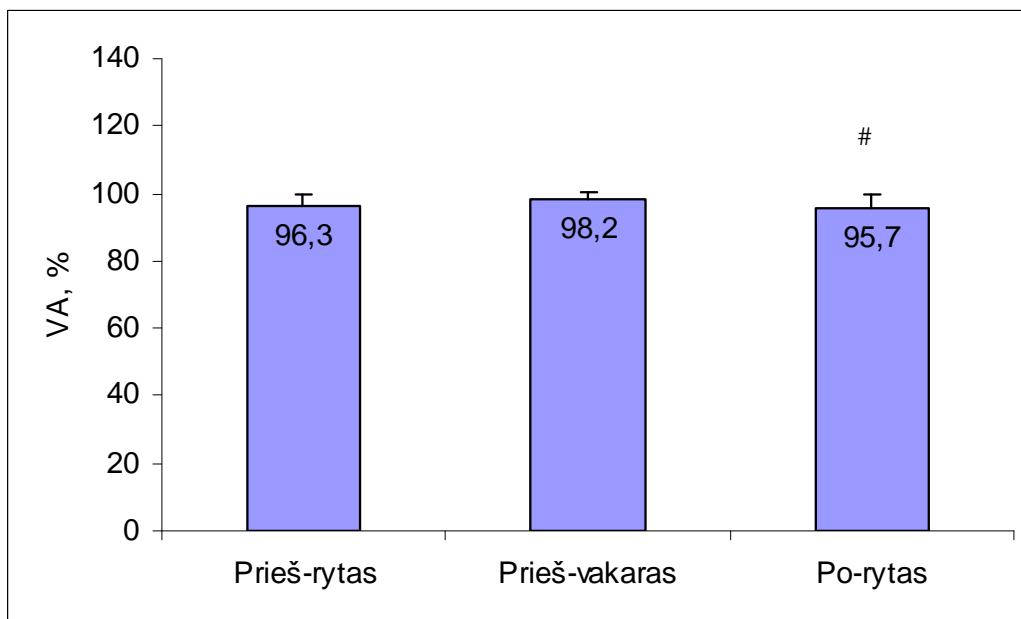
14 pav. Keturgalvio šlaunies raumens maksimalios valingos jėgos momento (MVJ) reikšmės prieš ir po nemiegotos nakties. @ — $p < 0,05$, lyginant su prieš-rytas reikšme; # — $p < 0,05$, lyginant prieš-vakaras reikšme

Keturgalvio šlaunies raumens jėgos momento reikšmės, sukeltos 100 Hz (P100) dažnio elektros impulsais, prieš ir po nemiegotos nakties pateiktos 15 pav. P100 jėgos momentas per dieną (vakare) reikšmingai sumažėjo 12,2 % (28,5 Nm), o palyginus su reikšme antrą rytą nustatytas taip pat reikšmingas 18,3 % (42,5 Nm) sumažėjimas ($p < 0,05$), lyginant su pradine reikšme.



15 pav. Keturgalvio šlaunies raumens jėgos momento reikšmės, sukeltos 100 Hz (P100) dažnio elektros impulsais, prieš ir po nemiegotos nakties. @ — $p < 0,05$, lyginant su prieš-rytas reikšme

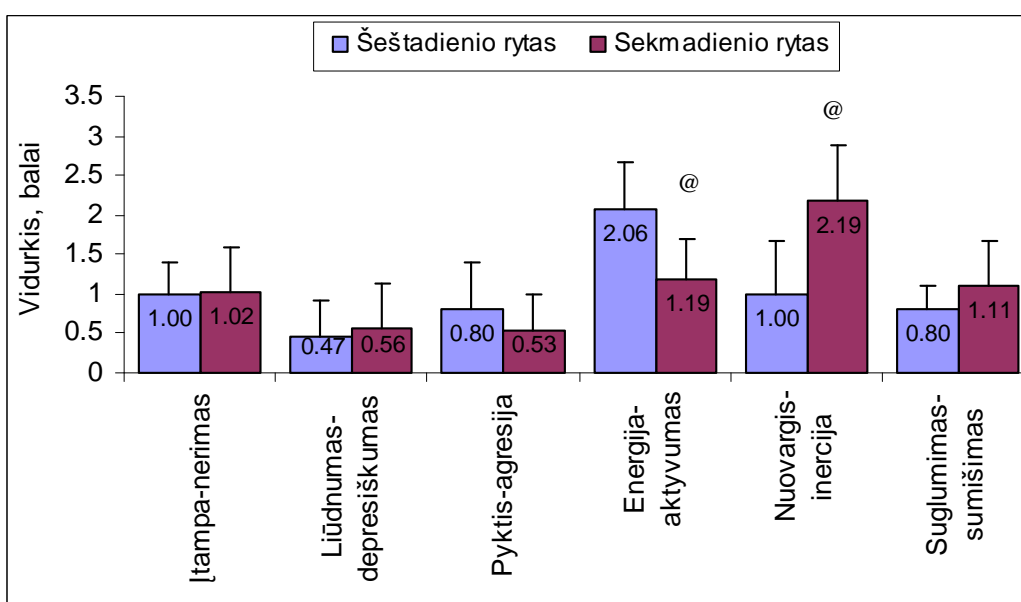
Keturgalvio šlaunies raumens valingos aktyvacijos reikšmės, prieš ir po nemiegotos nakties pateiktos 16 pav. Palyginus su pradine (ryto) reikšme valinga aktyvacija iki vakaro padidėjo 2 %, o per naktį vėl sumažėjo 0,6 %, tačiau pokyčiai buvo statistiškai nereikšmingi ($p>0,05$).



16 pav. Keturgalvio šlaunies raumens valingos aktyvacijos reikšmės, prieš ir po nemiegotos nakties.

— $p<0,05$, lyginant su prieš-vakaras reikšme

Nuotaikos profilio skalės (NPS) reikšmės, prieš ir po nemiegotos nakties pateiktos 17 pav. Tiriamiesiems įvertinus savo emocinę būklę buvo nustatyta, jog po nemiegotos nakties reikšmingai sumažėjo tiriamųjų energija ir aktyvumas (0,87 balo) bei padidėjo nuovargis-inercija (1,19 balo) ($p<0,05$).



17 pav. Nuotaikos profilio skalės reikšmės, prieš ir po nemiegotos nakties. @ — $p<0,05$, lyginant su šeštadienio ryto reikšme

3.4. Šuolio aukščio kaitos rodikliai krepšinininkų varžybinio ciklo metu

Nustačius krepšinininkų šuolio aukščio kaitą per 9 savaites, paaiškėjo, kad 6 žaidėjų vidutinės reikšmės (18 pav.) kito reikšmingai lyginant su kontroline reikšme ($p < 0,05$).

1 sav. — ketvirtadienio-penktadienio laikotarpyje nustatytas reikšmingas šuolio aukščio sumažėjimas, kai prieš savaitgalio rungtynes šuolio aukštis nuo kontrolinės reikšmės skyrėsi iki 4 cm ($p < 0,05$).

2 sav. — po 2 sužaistų rungtynių ir 2 poilsio dienų šuolio aukštis padidėjo, tačiau vis tiek išliko reikšmingai sumažėjęs, lyginant su kontroline reikšme ($p < 0,05$). Prieš savaitgalio rungtynes šuolio aukštis nuo kontrolinės reikšmės nesiskyrė.

3 sav. — šuolio aukštis nuo kontrolinės reikšmės reikšmingai nesiskyrė visą savaitę nepaisant, kad penktadienio–antradienio laikotarpyje buvo sužaistos 3 rungtynės.

4 sav. — po 3 sužaistų rungtynių ir 1 poilsio dienos šuolio aukštis sumažėjo, už kontrolinę reikšmę buvo mažesnis 4,2 cm ($p < 0,05$). Tuo tarpu antradienį po ištvermės treniruotės ir mažo intensyvumo krūvio trečiadienį šuolio aukštis didėjo, tačiau vis vien buvo mažesnis atitinkamai 3 cm ir 2 cm nei kontrolinė reikšmė ($p < 0,05$).

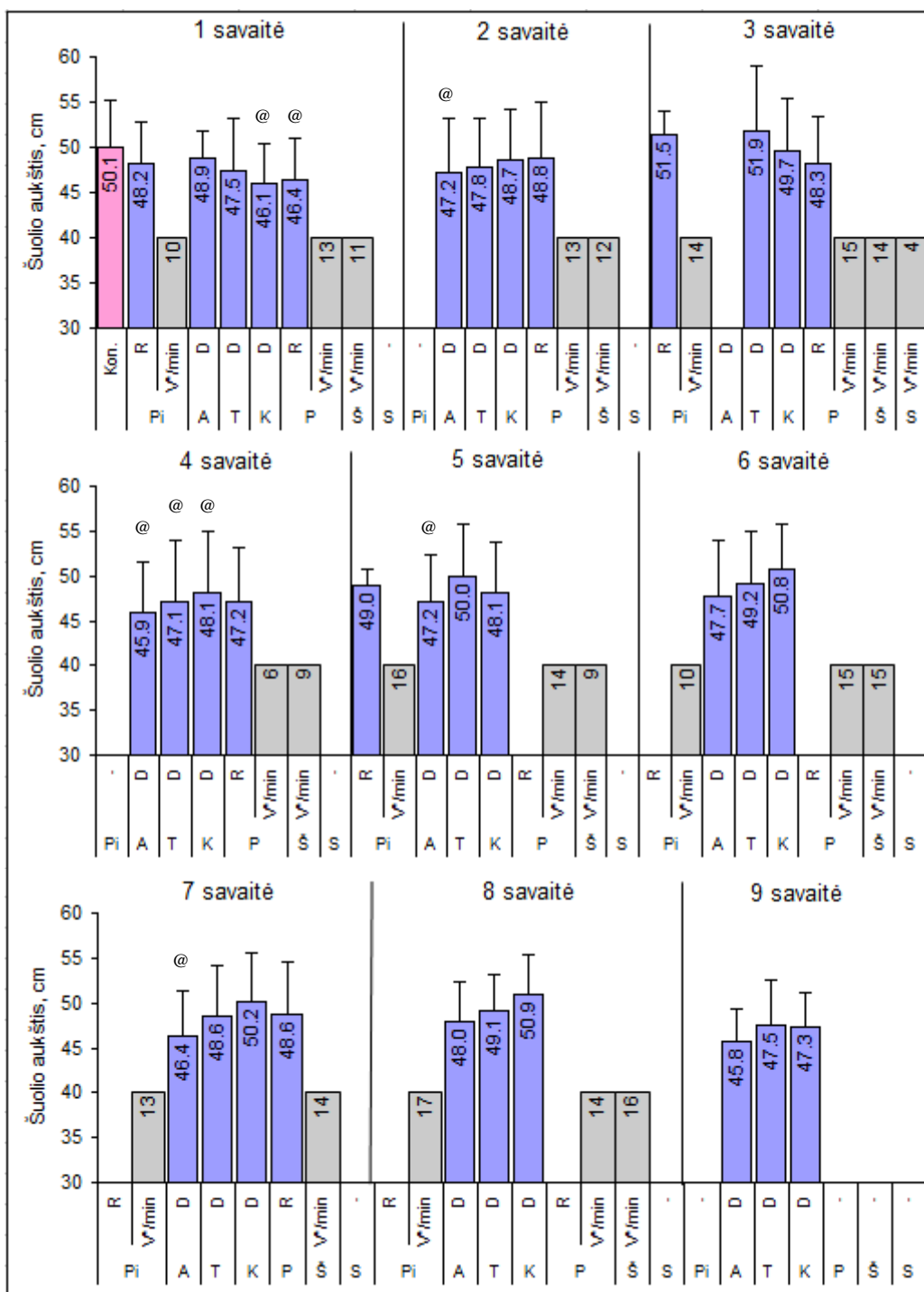
5 sav. — nustatytas šuolio aukščio mažėjimas po penktadienio-antradienio laikotarpyje sužaistų 3 rungtynių, nuo kontrolinės reikšmės skyrėsi 2,9 cm ($p < 0,05$).

6 sav. — šuolio aukštis nuo kontrolinės reikšmės reikšmingai nesiskyrė, nors ir penktadienio–antradienio laikotarpyje taip pat buvo sužaistos 3 rungtynės.

7 sav. — po 3 sužaistų rungtynių šuolio aukštis sumažėjo ir nuo kontrolinės reikšmės reikšmingai skyrėsi 3,7 cm ($p < 0,05$).

8 sav. — po 2 sužaistų rungtynių (šeštadienio-antradienio laikotarpyje), šuolio aukštis reikšmingai nesiskyrė, palyginus su kontroline reikšme.

9 sav. — sužaidus 2 rungtynes ir po 2 poilsio dienų šuolio aukštis taip pat reikšmingai nesiskyrė nuo kontrolinės reikšmės.

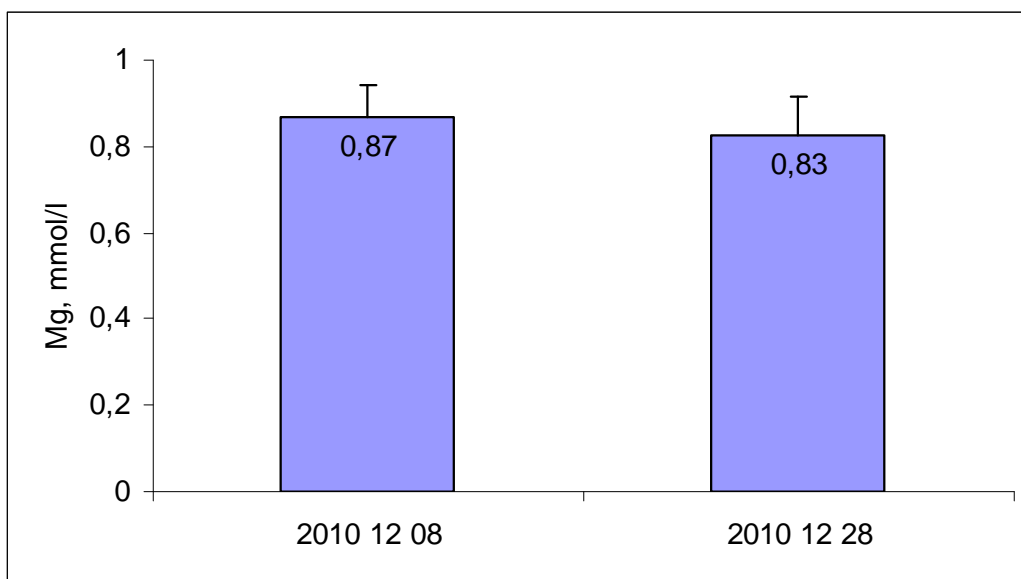


18 pav. Vidutinės šuolio aukščio reikšmės. @ — $p < 0,05$, lyginant su kontroline reikšme. Pastabos:

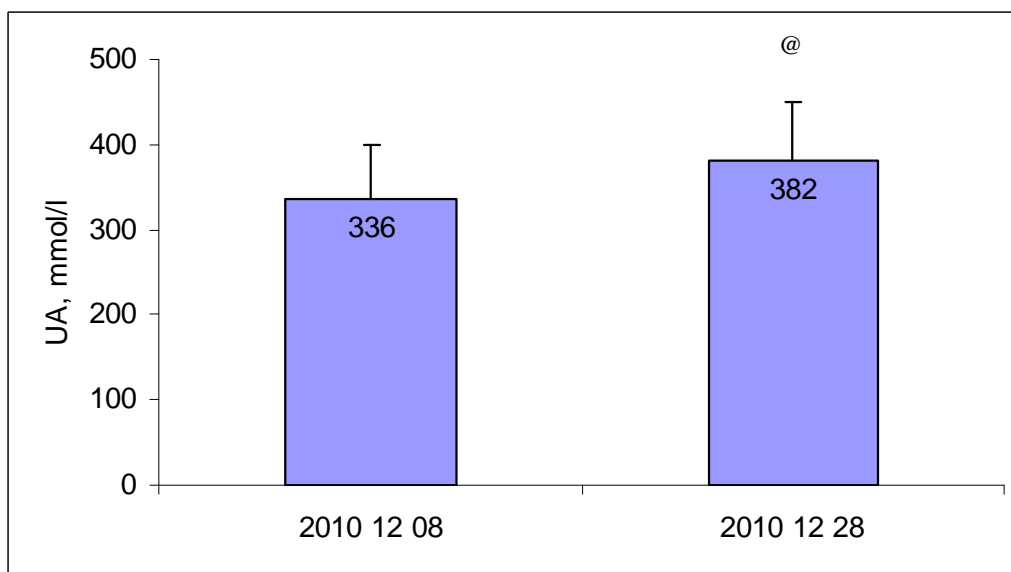
Kon. — kontrolinė reikšmė, Pi — pirmadienis, A — antradienis, T — trečiadienis, K — ketvirtadienis, P — penktadienis, Š — šeštadienis, S — sekmadienis, R — rytinė tren., D — dieninė tren., V*/min — žaistos minutės rungtynėse

Nustatytas silpnas ir labai silpnas neigiamas koreliacinis ryšys tarp rungtynėse žaisto laiko ir šuolio aukščio kaitos. Šuolius atliekant sekančią dieną po varžybų $r = -0,28$, antrą dieną $r = -0,33$, o trečią dieną $r = -0,15$.

9 ir 12 savaitę ištyrus krepšininkų magnio (19 pav.) ir šlapalo (20 pav.) koncentraciją kraujyje, nustatyta, kad magnio koncentracija kraujyje reikšmingai nekito ir atitiko normą (0,77–0,91 mmol/l). Tuo tarpu šlapalo (UA) koncentracija, nors ir reikšmingai padidėjo, tačiau taip pat atitiko normą (178–446 mmol/l).



19 pav. Magnio koncentracija kraujyje 9 ir 12 tyrimo savaitę



20 pav. Šlapalo koncentracija kraujyje 9 ir 12 tyrimo savaitę. @ — $p < 0,05$, lyginant su 9 sav. reikšme

Individualios 6 krepšininkų šuolio aukščio reikšmės pateiktos 21–26 pav (žr. prieduose). Atlikus individualią 6 krepšininkų šuolio aukščio analizę sezono eigoje bei jų priklausomybę nuo varžybose žaisto laiko ir krūvio per 9 savaites galima teigti, kad aiškios šuolio aukščio kaitos tendencijos nėra.

Po 1 sav. pradžioje sužaistų 1 rungtynių šuolio aukštis sumažėjo 2 žaidėjams (R.M. ir I.B.), tačiau po tą pačią dieną atliktos ištvermės pratybų 4 žaidėjų (V.S., R.M., L.M. ir P.M.) šuolio aukštis sekančią dieną padidėjo.

2 sav. — po 2 sužaistų rungtynių ir 2 poilsio dienų, kitą dieną šuolio aukštis padidėjo 2 žaidėjų (V.S. ir P.M.), bet išliko panašus kaip ir kontrolinė reikšmė, tuo tarpu kitų 2 žaidėjų (T.U. ir I.B.) mažai kito. Taip pat nustatytas pakitęs šuolio aukštis R.M. (padidėjo, tačiau vistiek buvo 4,6 cm mažesnis už kontrolinę reikšmę) ir L.M. (sumažėjo ir buvo mažesnis 4,2 cm palyginus su kontroline reikšme) žaidėjams po 3 poilsio dienų. Po tą pačią dieną atliktų greitumo ištvermės pratybų V.S. žaidėjo šuolio aukštis pagerėjo (0,9 cm didesnis nei kontrolinė reikšmė), o P.M. žaidėjo pablogėjo (1,9 cm mažesnis nei kontrolinė reikšmė). Kitiems 4 žaidėjams (R.M., L.M., T.U. ir I.B.) šuolio aukštis beveik nekito.

3 sav. — trečiadienį šuolio aukštis padidėjo visiems 4 žaidėjams (V.S. (net 8,9 cm didesnis šuolio aukštis nei kontrolinė reikšmė), P.M., T.U. ir I.B.), kurie penktadienio-antradienio laikotarpyje žaidė 2 arba 3 rungtynes, tuo tarpu žaidėjų, turėjusių daugiau poilsio šuolio aukštis sumažėjo ir buvo 2,7 cm mažesnis nei kontrolinė reikšmė (R.M.) ir nepakito (L.M.).

4 sav. — antradienį nustatytas šuolio aukščio sumažėjimas 2 žaidėjams (R.M. ir T.U.) bei didėjimas I.B. žaidėjui (tačiau išliko 4,7 cm mažesnis už kontrolinę reikšmę), kurie penktadienio-antradienio laikotarpyje sužaidė 1–3 rungtynes. L.M. žaidėjo šuolis taip pat sumažėjo (1,9 cm mažesnis už kontrolinę reikšmę), nepaisant to, kad jis turėjo 3 poilsio dienas. Sekančią dieną, po ištvermės pratybų šuolio aukštis sumažėjo 4 žaidėjams (R.M., L.M., T.U. ir I.B.), o 1 žaidėjui (P.M.) — padidėjo ir buvo panašus kaip kontrolinė reikšmė.

5 sav. — pirmadienį žaidėjų, turėjusių 3 poilsio dienas, šuolio aukštis padidėjo (R.M.; bet buvo mažesnis už kontrolinę reikšmę 3,5 cm) ir sumažėjo (L.M.; 1,4 cm mažesnis nei kontrolinė reikšmė). Antradienį, po 3 sužaistų rungtynių, I.B. žaidėjo šuolio aukštis beveik nekito. Po penktadienio-antradienio laikotarpyje žaistų 1–2 rungtynių ir 2 poilsio dienų, P.M. žaidėjo šuolio aukštis sumažėjo (3,7 cm mažesnis už kontrolinę reikšmę), o T.U. žaidėjo — padidėjo, tačiau vis vien buvo 2,9 cm mažesnis už kontrolinę reikšmę. Tuo tarpu kitų žaidėjų, po pirmadienį sužaistų 1 rungtynių, šuolis sumažėjo (L.M.; 3,3 cm mažesnis nei kontrolinė reikšmė) ir padidėjo (R.M.; 2,2 cm mažesnis nei kontrolinė reikšmė).

6 sav. — antradienį, po 3 sužaistų rungtynių, penktadienio-antradienio laikotarpyje, 2 žaidėjų (V.S. ir I.B. (6,9 cm mažesnis nei kontrolinė reikšmė)) šuolio aukštis sumažėjo. Tame pačiame laikotarpyje, sužaidus 2 rungtynes ir po 2 poilsio dienų, P.M. žaidėjo šuolio aukštis padidėjo ir pasiekė kontrolinę reikšmę, o T.U. žaidėjo šuolio aukštis išliko toks pats. Žaidėjų turėjusių 4 dienas poilsio šuolis padidėjo (R.M.; 1,3 cm mažesnis už kontrolinę reikšmę) arba beveik nekito (L.M.). Po atstatomojo pobūdžio pratybų, trečiadienį 3 žaidėjų (V.S., T.U. ir I.B.)

žaidėjų šuolio aukštis padidėjo ir buvo atitinkamai didesni 5,8, 3,5 ir 4,7 cm, lyginant su kontroline reikšme. Tuo tarpu kitų 3 žaidėjų (R.M., L.M. ir P.M.) išliko panašus.

7 sav. — antradienį, po 3 penktadienio-antradienio laikotarpyje sužaistų rungtynių šuolio aukštis sumažėjo I.B. žaidėjo (už kontrolinę reikšmę mažesnis 6,4 cm), be to, šuolio aukštis buvo sumažėjęs ir kitų 2 žaidėjų (P.M. ir T.U.), kurie penktadienio-antradienio laikotarpyje sužaidė 2 rungtynes ir turėjo 2 poilsio dienas bei L.M. žaidėjo (2,5 cm mažesnis nei kontrolinė reikšmė), nors jis, vėlgi, turėjo daugiau poilsio ir sužaidė tik 1 rungtynes. Trečiadienį, po ištvermės pratybų žaidėjo šuolio aukštis padidėjo L.M. žaidėjo (3 cm didesnis už kontrolinę reikšmę), T.U. — sumažėjo (4,6 cm mažesnis už kontrolinę reikšmę), o 2 žaidėjų (P.M. ir I.B.) buvo išliko toks pats. Tuo tarpu, po 3 penktadienio-antradienio laikotarpyje sužaistų rungtynių ir ištvermės pratybų, nustatytas V.S. žaidėjo sumažėjęs, šuolio aukštis, kuris vis tiek išliko didesnis už kontrolinę reikšmę 4,2 cm. Taip pat šuolio aukštis sumažėjo ir R.M. žaidėjo (2,5 cm mažesnis palyginus su kontroline reikšme), nepaisant, kad jis sužaidė tik 1 rungtynes ir turėjo 1 dieną poilsio.

8 sav. — antradienį nustatytas šuolio aukščio sumažėjimas po 2 žaistų rungtynių 2 žaidėjams (V.S. ir I.B.). Sekančią dieną po 1 žaistų rungtynių šuolio aukštis padidėjo L.M. žaidėjo (už kontrolinę reikšmę didesnis 0,9 cm), tačiau R.M. žaidėjo išliko panašus. Tuo tarpu P.M. žaidėjo šuolis sumažėjo (3,9 cm mažesnis už kontrolinę reikšmę) po 1 žaistų rungtynių ir 2 dienų poilsio, o T.U. — padidėjo (1,9 cm mažesnis nei kontrolinė reikšmė). Po ištvermės pratybų, trečiadienį nustatytas padidėjęs šuolio aukštis V.S., L.M. ir T.U. žaidėjams, o kitų 3 žaidėjų (R.M., P.M. ir I.B.) beveik nekito.

9 sav. — antradienį, po 1–2 sužaistų rungtynių ir 2 poilsio dienų, šuolio aukštis sumažėjo P.M. (už kontrolinę reikšmę buvo mažesnis net 10,3 cm), T.U. ir I.B. (mažesnis net 8,5 cm už kontrolinę reikšmę). 2 žaidėjų (R.M. ir L.M.) šuolio aukštis sumažėjo po 4 poilsio dienų. Sekančią dieną po ištvermės pratybų šuolio aukštis padidėjo 3 žaidėjams (R.M., L.M. ir P.M.), 1 sumažėjo (T.U.; 2,4 cm mažesnis nei kontrolinė reikšmė) arba nepakito (I.B.).

4. REZULTATŲ APITARIMAS

4.1. Šuolio aukščio pokyčiai esant metaboliniam, CNS nuovargiui ir raumenų pažeidai.

Metabolinis nuovargis. Tyrimų rezultatai parodė reikšmingą laktato koncentracijos padidėjimą praėjus 5 min. po atlikto pratimo su nuosekliai didinamu krūviu. Praėjus 30 min. po nuosekliai didinamo krūvio La^- koncentracija vis dar išliko pakitusi. Šuolio aukštis po atlikto pratimo su didinamu krūviu mažėjo ir išliko reikšmingai sumažėjęs praėjus 30 min. Tyrimo metu nustatytas stiprus koreliacinis ryšys tarp santykinio šuolio aukščio sumažėjimo ir laktato koncentracijos padidėjimo.

Laktato koncentracijos padidėjimas rodo anaerobinės glikolizės procesų aktyvumą nuosekliai didinamo krūvio metu. Žinoma, kad laktato rūgštis yra šalutinis anaerobinės glikolizės medžiagų apykaitos produktas. Laktato koncentracijos didėjimą anaerobinio darbo metu lemia keletas veiksnių. Vienas jų — tai suintensyvėję glikolizės procesai. Padidėjęs darbo tempas aktyvina Fosf. dėl padidėjusio Ca^{2+} jonų, P_i ir AMP, kuri didina glikolitinį greitį, o kartu ir La^- kaupimąsi (Spriet, 1992; Parolin et al., 1999; Rush, Spriet, 2001). Kartu, didėjant pratimo intensyvumui, mažėja [ATP], didėja [ADP], [AMP], [P_i] bei [amoniako], o šie savo ruožtu skatina PFK aktyvumą ir La^- produkciją (Spriet, 1992; Parolin et al., 1999; Rush, Spriet, 2001). La^- kaupimosi greitis priklauso ir nuo laktato šalinimo greičio (Gladden, 2003). Be to, didėjant pratimo intensyvumui į darbą įtraukiama vis daugiau greitųjų raumeninių skaidulų. Šios skaidulos, pasak Armstrong (1988), yra tinkamesnės La^- gamybai.

Kaip jau minėta, šuolis priklauso nuo greito susitraukimo tipo raumeninių skaidulų kiekio raumenyse (Bosco et al., 1979) ir galingumo (National Basketball Conditioning Coaches Association, 1997). Raumenų darbo metu susikaupusi laktato rūgštis skyla į La^- anijonus ir protonus (H^+). Fitts (2003) teigia, kad padidėjęs raumenų [H^+] gali pabloginti skersinių tiltelių persiskirstymą iš žemos į didelės jėgos būseną ir jų aktyvavimą bei maksimalų susitraukimo greitį. Pasak Cooke et al. (1998), didėjant H^+ koncentracijai mažėja raumeninių skaidulų susitraukimo greitis. Tuo tarpu raumens susitraukimo jėgos rodikliams, anot Fitts et al. (1991), įtakos turi raumenų jėgos priklausomybė nuo Ca^{2+} koncentracijos, t. y. raumenų susitraukimo mechanizmo jautrumas Ca^{2+} jonams. Susikaupę metabolitai stabdo miozino skersinių tiltelių darbą, dėl to mažėja raumens susitraukimo jėga ir atsipalaidavimo greitis.

Nummela et al. (1992) nustatė linijinį neigiamą ryšį tarp šuolio aukščio ir didesnio nei 6 mmol/l laktato kiekio. Gorostiaga et al. (2010) savo tyrimuose atskleidė, jog didėjant laktato koncentracijai reikšmingai mažėja šuolio aukštis ($r=0,68$; $p<0,05$). Autoriai taip pat išsiaiškino, kad kraujo laktato koncentracijai neviršijus 8–12 mmol·L⁻¹ maksimalus šuolio aukštis nesikeičia

reikšmingai, tačiau, kai tik laktato koncentracija viršija šią ribą, šuolio aukštis smarkiai sumažėja. Tai neprieštarauja mūsų tyrime gautiems rezultatams.

Raumenų pažeida. Tiriamiesiems buvo taikytas 70 šuolių fizinis krūvis. Šuoliai užtruko mažiau nei 1 sekundę ir buvo atliekami su 20 sekundžių pertraukomis tarp jų, todėl mažai tikėtina, jog šuolio aukštis po tokio krūvio mažėja dėl metabolinio nuovargio. Po 70 šuolių fizinio krūvio netiesioginiai indikatoriai rodė raumenų pažeidimą: maksimali valinga jėga, 100 Hz stimuliavimo dažnio sukelta nevalinga jėga ir šuolio aukštis po krūvio reikšmingai sumažėjo ir toks liko net praėjus 48 valandoms. Kraujyje taip pat reikšmingai padidėjo CK kiekis ir pasireiškė raumenų skausmas. Po raumenų pažeidos šuolio aukštis sumažėjo reikšmingai, tačiau žymiai mažiau nei maksimali valinga arba elektrostimuliacijos sukelta jėga. Be to, sumažėjimas buvo ne toks didelis nei po metabolinio krūvio. Tyrimo metu nustatyta, kad šuolio aukštis sumažėjo santykinai mažiau nei kiti rodikliai: tai rodo, kad raumenų pažeida didesnės įtakos turi kojų raumenų jėgai nei šuolio aukščiui. Gali būti, kad šį skirtumą iš dalies kompensuoja elastiniai kojų raumenų komponentai, kurie tokio krūvio metu gali būti mažiau pažeidžiami.

Gerai žinoma, kad raumenų pažeidimą sukelia intensyvūs, ypač ekscentriniai, pratimai (Skurvydas, 1998). Ekscentrinio krūvio metu gali iš dalies suirti sarkomerų struktūra, kai kurios miofibrilės ar kiti citoskeleto baltymai, sarkolema (Hesselink et al., 1996; Morgan, Allen, 1999). Sarkomerai yra lygiagrečiai išsidėstę gretimose miofibrilėse (Waterman-Storer, 1991). Pirmiausia įvyksta sarkomerų pažeida, pažeidžiama plazminė membrana, dėl kurios sutrinka elektromechaninis ryšys, o tai yra pagrindinė raumenų funkcijos pablogėjimo priežastis, tuo tarpu sutrikdyta Ca^{2+} reguliacija raumeninėse skaidulose sukelia baltymų ir membranų įtrūkimus, dėl kurių prasideda uždegiminės reakcijos (Armstrong et al., 1991; Proske, Morgan, 2001).

Manoma, kad atliekant intensyvius fizinius pratimus greitosios susitraukimo skaidulos greičiau pavargsta ir dėl padidėjusio raumens standumo yra labiau pažeidžiamos. Jau anksčiau nustatyta, kad pažeida būna didžiausia greitosiose raumeninėse skaidulose (Friden, Lieber, 2001a), kurios yra svarbios greitiems ir galingiems judesiams, tokiems kaip šuoliams, atlikti. Šuolio aukščio sumažėjimas gali būti siejamas ir su sumažėjusia šlaunies tiesiamųjų raumenų MVJ. Byrne ir Eston (2002) nustatė, kad po raumenų pažeidimą sukeliančio fizinio krūvio (100 pritūpimų su svarmenimis) šuolio aukštis pakinta ir išlieka reikšmingai sumažėjęs praėjus 3 dienoms, o raumenų jėga – 4 dienoms. Autoriai pastebėjo, jog šuolio aukščio sumažėjimas po tokio krūvio priklauso nuo šuolio tipo. Pavyzdžiui, kai šuolis atliekamas iš fiksuotos padėties (pritūpus iki 90° kampo), pastebimas reikšmingai didesnis šuolio aukščio sumažėjimas nei atliekant šuolį su amortizuojančiu pritūpimu ar šuolį gilyn nuo paaukštinimo. Kiti autoriai (Twist, Eston, 2005) nurodo, jog po raumenų pažeidos (10 serijų sprinto dviračiu po 6 s ir 10 serijų 10 metrų sprinto bėgimo) reikšmingai sumažėja raumenų galingumas ir sprinto laikas. Galingumas sumažėjęs išlieka praėjus 30 min., 24, 48 ir 72 h.

Skurvydo ir kt. (2000) tyrimai parodė, kad šuolio aukštis (tiek šuolio iš fiksuotos padėties (90°), tiek amortizuojančio, pritūpiant iki 90°) reikšmingai sumažėja po atliktų 200 šuolių (100 šuolių nuo 30 cm paaukštinimo ir 100 maksimalių paprastų šuolių), o praėjus 24 h šis pakitimas vis dar išlieka reikšmingas. Tyrimo metu nustatyta, kad taip pat reikšmingai sumažėja MVJ ir 1–50 Hz stimuliacijos dažniais sukelta jėga, kurie reikšmingai sumažėję išlieka taip pat po 24 h.

Padidėjęs CK aktyvumas kraujyje taip pat yra vienas iš netiesioginių raumenų pažeidos rodiklių (Friden, Lieber, 2001b). Eiras et al. (2009), raumenų pažeidai sukelti taikę 40 šuolių nuo paaukštinimo (30 cm), nustatė, kad didžiausias CK aktyvumas būna praėjus 72 h po krūvio. Autoriai taip pat nustatė 2,7 kartus didesnę CK aktyvumą palyginus su pradiniu lygiu. Kai kurie tyrimai rodo net iki 100 kartų po pažeidos krūvio padidėjusį CK aktyvumą. Mūsų tyrime šis rodiklis buvo 2,1 kartus didesnis, tačiau toks skirtumas gali būti paaiškintas labai skirtingais tyrimo protokolais. CK didėjimo greitis po pratimo priklauso nuo pratimo tipo, intensyvumo ir trukmės (Senel, Akyüz, 2010).

Mūsų tyrimo metu tiriamieji skausmą įvertino $4,9 \pm 2$ balais. Raumenų skausmas rodo raumenų pažeidą, nors reikia pripažinti, kad tai – subjektyvus rodiklis (Nosaka et al., 2002). Po raumens jungiamojo audinio pažeidos per pažeistas ląsteles lėtai išsiskiriančios medžiagos (bradikininas, histaminas ir prostogladinas) padidina skausmo receptorių jautrumą (Miles, Clarkson, 1994). Marginson et al. (2005) didžiausią raumenų skausmą ($5,8 \pm 1,7$ balai) ir pablogėjusią raumenų funkciją nustatė praėjus 24–48 h po atlikto pliometrinio krūvio (8 serijos po 10 šuolių). Skausmo simptomai išliko 72 h.

Atliekant 70 šuolių maksimaliu intensyvumu pasireiškia ir raumenų, ir nervų sistemos nuovargis. Nemažai tyrimų rodo, kad maksimaliu intensyvumu atliekant fizinius pratimus nuovargis gali atsirasti keliose nervų ir raumenų sistemos vietose (Fitts, 1994; Gandevia, 2001). Jei elektrostimuliavimu sukelta jėga sumažėja labiau nei MVJ, galima teigti, kad didesnis yra raumenų nei nervų sistemos nuovargis (Gandevia, 2001). Didelių stimuliavimo dažnių sukeltos jėgos raumens nuovargis gali atsirasti dėl blogesnės miofibrilių aktyvacijos ir pačių miofibrilių kontraktiškumo sumažėjimo (Ratkevičius et al., 1998; Westerblad, Allen, 2002). 100 Hz elektros stimuliavimo dažnio sukelta jėga ir jos sumažėjimas rodo pasikeitimus periferinėje sistemoje (Gibala et al., 1995).

CNS krūvis. Tyrimas parodė, kad po nemiegotos nakties šuolio aukštis reikšmingai nesikeitė, nors informacijos perdirbimo greitis, maksimali valinga jėga ir elektrostimuliacijos sukelta jėga reikšmingai sumažėjo. Nuotaikos ir profilio skalė parodė reikšmingą tiriamųjų energijos ir aktyvumo sumažėjimą bei žymiai padidėjusį nuovargį ir inerciją.

Nuovargis gali būti centrinės ir periferinės kilmės (Meeusen et al., 2006). Centrinės kilmės nuovargis pasireiškia motoriniuose aksonuose ir lemia motorinių vienetų aktyvacijos sumažėjimą, o

periferinės – lokalizuojasi pačiame raumenyje (Babault et al., 2006). Mokslininkai taip pat nustatė, kad centrinės kilmės nuovargis veikia periferinę (Gandevia, 2001). Centrinės kilmės nuovargis gali būti paaiškintas neurotransmiterių kiekio ir aktyvumo pokyčiais įvairiose smegenų struktūrose bei nepakankamu O₂ tiekimu į smegenis (sunkaus fizinio darbo metu), dėl ko sumažėja motorinių vienetų kiekio rekrutavimas ir gebėjimas išlaikyti motorinę aktyvaciją (Meeusen et al., 2006; Nybo, Rasmussen, 2007).

Šuolis į aukštį iš vietos priklauso ne tik nuo sportininko raumenų (periferinių veiksmų), bet ir nuo CNS valdymo mechanizmų dirginimo (Viitasalo, Bosco, 1982; Schmidt, 1988) bei nuo gebėjimo kuo labiau aktyvinti judesio metu dalyvaujančius raumenis (Čižauskas, 2009). Tyrimais atskleista, kad VA sumažėjus ryte, šuolio aukštis reikšmingai nesikeičia. Tai gali būti paaiškinta įvairių reflektorinių mechanizmų skatinimu dėl nervinės motorinės programos, galinčios optimizuoti raumenų susitraukimo galingumą (Dyhre-Poulsen et al., 1991), pavyzdžiui, padidėjusio tempimo reflekso jautrumo (Komi, 1992), padidėjusio raumenų tonuso (Kyrälöainen et al., 1995). Beje, šoklumą gali lemti ir motorinės programos sudarymo tikslumas bei jos įgyvendinimo efektyvumas. Pavyzdžiui, jei sportininkas yra reikiamai susikaupęs ir turi motyvaciją, tai iš motoneuronų centrų nerviniai impulsai gali būti intensyviau siunčiami į alfa motoneuronus (Schmidt, 1988). Tokiu būdu gali padidėti motoneuronų impulsavimo dažnis. Tai įrodo, kad tinkamas susikaupimas ir motyvacija galėjo turėti įtakos atliekant vienkartinį galingą šuolius.

Nuovargis taip pat priklauso nuo cirkadinių ritmų, tačiau mažai žinoma, ar fizinio ir protinio nuovargio komponentai turi panašius cirkadinius ritmus. Atlikti tyrimai rodo, kad protinio nuovargio didėjimas atsiranda vėliau ir turi statesnį nuolydį nei fizinio nuovargio kreivė (Wijesuriya et al., 2007; Craig et al., 2006). Miego trūkumas, turintis įtakos reikšmingiems nuotaikos ir darbingumo pokyčiams (Pilcher, Huffcutt, 1996), sukelia elektroencefalogramos (EEG) dažnių pokyčius, kurie atspindi sumažėjusį sujaudinimą (Strijkstra et al., 2003), mažesnę informacijos apdorojimo greitį ir sumažėjusį dėmesio koncentravimą (Lee et al., 2004). Protinio darbingumo pokyčiai rodo viso organizmo, o ypač CNS, būklę. Pavyzdžiui, dirbančiųjų kompiuteriu visą darbo dieną (ne mažiau kaip 8 h) informacijos perdirbimo greitis sumažėja 24,1 % (0,42 bit/s) (Ustinavičienė ir kt., 2004). Mes nustatėme, kad bemiegė naktis informacijos perdirbimo greitį sumažino 13,8 % (0,29 bit/s).

Elektrostimuliacija sukeltas raumens jėgos nuovargis gali būti paaiškintas keliomis priežastimis: sumažėjusiu motorinės žievės (Taylor et al., 2003), motoneuronų (Kernell, 1969), raumeninių verpsčių jautrumu (Macefield et al., 1993). Taip pat, padidėjus slopinimui iš III ir IV aferentų grupės (Garland, 1991), gali susilpnėti elektrinio signalo perdavimas raumens susitraukimą valdančioms struktūroms (Bigland-Ritchie et al., 1983).

4.2. Krepšininkų šuolio aukščio pokyčiai varžybų ciklo metu

Išanalizavus 9 savaitių krepšininkų šuolio aukščio rodiklių kaitą, buvo nustatyta, kad vidutinis šuolio aukštis kito reikšmingai. Tyrimo metu gautas silpnas ir labai silpnas neigiamas koreliacinis ryšys tarp rungtynėse žaisto laiko ir šuolio aukščio kaitos. Atlikus tų pačių krepšininkų individualią šuolio aukščio analizę ir ištyrus jų priklausomybę nuo varžybose žaisto laiko ir krūvio per 9 savaites galima teigti, kad aiškios šuolio aukščio kaitos tendencijos nėra.

Treniruočių metu labai svarbu parinkti optimalų fizinį krūvį, padedantį sportininkui sėkmingai lavėti, ir jį proporcingai derinti su poilsio pertraukomis. Parinkus per mažą treniravimosi krūvį, nebus pasiektas norimas efektas ir rezultatų prieaugis. Tačiau treniravimosi krūvis, viršijantis optimalų, gali sukelti persitreniravimo sindromą (Kentta, Hassmen, 1998), kuris lemia prastesnius veiklos rezultatus, nuovargį, raumenų skausmą, nuotaikos ir miego sutrikimus, pablogėjusį gebėjimą susikoncentruoti, motyvacijos sumažėjimą ir kt. Dalyvavimas varžybose iš žaidėjų reikalauja didelių fizinių pastangų daug kartų atliekant pagreitėjimus, šuolius ar grumiantis su varžovu dėl pozicijos. Tačiau ryšys tarp varžybų ir pratybių krūvio bei persitreniravimo fenomeno yra neaiškus (Winsley, Matos, 2011).

Šuolio aukštis priklauso nuo daugelio priežasčių. Šoklumą gali lemti šie periferiniai veiksniai: 1) raumenų kompozicija, t. y. kuo daugiau raumenyse greitai susitraukiančių (greitųjų) raumeninių skaidulų (RS), tuo geresni šuoklumo rezultatai; 2) greitųjų RS hipertrofija, t. y., kuo daugiau miofibrilių yra greitosiose RS, tuo didesnę galingumą įgyja raumuo; 3) lygiagrečiai išsidėsčiusių aktino ir miozino tiltelių kiekio bei jų jėgos (Fitts et al., 1991); 4) raumenų ir sausgyslių elastingumo (Bosco et al., 1982a; Bosco et al., 1983a), pavyzdžiui, kuo daugiau elastinės energijos sukaupiama amortizuojančio pritūpimo metu, tuo aukščiau galima pašokti; 5) RS prisitvirtinimo prie sausgyslės kampo (Enoka, 1994) ir kt. Šoklumą taip pat gali lemti raumenų nervinio valdymo efektyvumas (tai leidžia geriau koordinuoti raumenis šuolio metu (Dietz, 1992) ir reikiamu momentu juos įtraukti į veiklą).

Šuolio aukščio rezultatams įtakos galėjo turėti ir fizinis krepšininkų parengtumas. Savaiame aišku, kad labiau fiziškai pasirengęs krepšininkas turėtų geriau atlikti šuolius į aukštį. Tokiu atveju galima išskirti šuolio aukščio priklausomybę nuo krepšininkų judamųjų gebėjimų: jėgos, greičio ir koordinacijos (Aragon-Vargas, Gross, 1997; Kollias et al., 2001; Tomioka et al., 2001).

Žaidžiant kelias krepšinio rungtynes iš eilės dideliu intensyvumu, kyla nuovargis ir prastėja rezultatai, o tai sumažina visos komandos gebėjimą varžytis (Montgomery et al., 2008). Dėl šios priežasties svarbu atsirandantį nuovargį sumažinti. Pavyzdžiui, Montgomery et al. (2008) nustatė, kad dalyvavimas 3 dienų turnyre sukėlė nuo mažo iki vidutinio dydžio nuovargį. Tokio nuovargio dydžio pakako, kad reikšmingai sumažėtų greičio (20 m sprinto) $0,7 \% \pm 1,3$ ir vikrumo – $2,0 \% \pm 1,9$ testų rodikliai. Tuo tarpu vertikalaus šuolio aukštis reikšmingai sumažėjo po pirmos turnyro

dienos (~ 5 cm) ir išliko reikšmingai sumažėjęs turnyro pabaigoje (~ 4 cm). Spencer et al. (2005), ištyrę aukšto meistriskumo žolės riedulio žaidėjų duomenis, nustatė žymų išliekamąjį nuovargį ir sumažėjusias bėgimo pastangas po 3 dienų turnyro. Kojų raumenų galingumas gali sumažėti ir po intensyvių pakartotinių pratimų. Twist ir Eston (2005) atlikti tyrimai rodo, kad staigioji jėga išlieka sumažėjusi bent iki 3 dienų po vertikalinių šuolių serijos. Be to, pakartotinio sprinto rezultatai būna reikšmingai sumažėję 2 dienas ir vis dar lieka sumažėję praėjus 3 dienoms (Twist, Eston, 2005).

Individuali analizė parodė, kad šuolio aukštis kinta labai įvairiai, pavyzdžiui, po vienodo arba panašaus krūvio skirtingomis savaitėmis sumažėjo ir dalyvavusiųjų varžybose, ir nedalyvavusių krepšininkų šuolio aukštis. Silpnas ir labai silpnas neigiamas koreliacinis ryšys tarp rungtynėse žaisto laiko ir šuolio aukščio kaitos (šuolius atliekant kitą dieną po varžybų $r = -0,28$, antrą dieną $r = -0,33$, o trečią dieną $r = -0,15$) rodo, kad kuo daugiau laiko rungtynėse žaidžia krepšininkas, tuo labiau tikėtina, kad jo šuolio aukštis bus mažesnis kitą dieną po varžybų.

Reikia paminėti, kad biocheminiai šlapalo ir magnio koncentracijos kraujyje tyrimai neparodė jokių nukrypimų nuo normos, nors šuolio aukštis keitėsi reikšmingai.

IŠVADOS

1. Šuolio aukščio kaita nėra universalus žmogaus motorinės sistemos nuovargio, atsigavimo ir pervargimo rodiklis, kadangi jis labai priklauso nuo fizinio krūvio pobūdžio. Esant centrinės kilmės nuovargiui šuolio aukštis gali nesikeisti, o dėl metabolinio nuovargio jis sumažėja labai žymiai, bet neilgam laikui ($\approx 30\text{--}60$ min). Po raumenų pažeidą sukeliančio krūvio šuolio aukštis išlieka sumažėjęs 48 valandas, nors pokytis nuo kontrolinės reikšmės yra reikšmingai mažesnis nei po metabolinio krūvio.
2. 9 savaitių varžybų ciklo metu vidutinis krepšininkų šuolio aukštis kito reikšmingai, tačiau individuali analizė parodė, kad aiškios šuolio aukščio kaitos tendencijos nėra. Nustatytas silpnas koreliacinis ryšys tarp varžybose žaisto laiko ir šuolio aukščio, todėl pagal šuolio kaitą tikrai dalinai galima nustatyti povaržybinę žaidėjų būseną.

LITERATŪRA

1. Abbiss, C. R., Laursen, P. B. (2005). Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Medicine*, 35, 865—898.
2. Allen, D. G., Westerblad, H. (2001). Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *Journal of Physiology*, 536, 657—665.
3. Ament, W., Verkerke, G. J. (2009). Exercise and fatigue. *Sports Medicine*, 39 (5), 389—422.
4. Apriantono, T., Nunome, H., Ikegami, Y., Sano, S. (2006). The effect of muscle fatigue on instep kicking kinetics and kinematics in association football. *Journal of Sports Sciences*, 24 (9), 951—960.
5. Aragon-Vargas, L. F., Gross, M. M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: differences within individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 45—65.
6. Armstrong, R. B. (1988). Muscle fiber recruitment patterns and their metabolic correlates. In *Exercise, Nutrition, and Energy Metabolism*, ed. Horton, E. S., Terjung, R. L. (p. 9—26). Macmillan Publishing Co., New York.
7. Armstrong, R. B., Warren, G. L., Warren, J. R. (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle injury. *Sports Medicine*, 12 (3), 184—207.
8. Aune, T.K., Ingvaldsen, R.P., Ettema, G.J. (2008) Effect of physical fatigue on motor control at different skill levels. *Perceptual and Motor Skills*, 106, 371—386.
9. Balčiūnas, M. (2005). *Optimalių fizinių krūvių taikymo veiksmingumas rengiant jaunuosius (15–16 m.) krepšininkus*. Daktaro disertacija, socialiniai mokslai, edukologija, 07S. Kaunas: LKKA.
10. Ball, R. K. (1989). The basketball jump shot: a kinesiology analysis with recommendations for strength and conditioning programs. *NSCA Journal*, 11 (5), 4—12.
11. Baubalt, N., Desbrosses, K., Fabre, M. S., Michaut, A., Pousson, M. (2006). Neuromuscular fatigue development during maximal concentric and isometric knee extensions. *Journal of Applied Physiology*, 100, 780—785.
12. Baudry, S., Klass, M., Pasquet, B., Duchateau, J. (2007). Age-related fatigability of the ankle dorsiflexor muscle during concentric and eccentric contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 100, 515—526.
13. Bigland-Ritchie, B. R., Johansson, R., Lippold, O. C. et al. (1983). Changes in motoneurone firing rates during sustained maximal voluntary contractions. *Journal of Physiology*, 340, 335—346.

14. Bigland-Ritchie, B., Rice, C. L., Garland, S. J., Walsh, M. L. (1995). Task-dependent factors in fatigue of human voluntary contractions. In *Fatigue: Neural & Muscular Mechanisms*, (p. 361—380). Plenum Press, New York.
15. Bigland-Ritchie, B., Woods, J. J. (1984). Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle and Nerve*, 7, 691—699.
16. Byrne, C., Eston, R. (2002). The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 20, 417—425.
17. Byrne, C., Twist, C., Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. Theoretical and Applied Implications. *Journal of Sports Medicine*, 34 (1), 49—69.
18. Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H. et al. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *Journal of Physiology*, 482 (Pt 2), 467—480.
19. Bosco, C., Komi, P. (1979). Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensors muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 41, 275—284.
20. Bosco, C., Komi, P. V., Tihanyi, J., Fekete, G., Apor, P. (1983b). Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 51, 129—135.
21. Bosco, C., Luhtanen, P., Komi, P. V. (1983a). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50, 273—282.
22. Bosco, C., Rsko, H. (1983c). The effect of prolonged skeletal muscle stretch-shortening cycle on recoil of elastic energy and on energy expenditure. *Acta Physiologica Scandinavica*, 119 (3), 219—224.
23. Bosco, C., Tihanyi, J., Komi, P., Fekete, G., Apor, P. (1982b). Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 116, 343—349.
24. Bosco, C., Viitasaalo, J. T., Komi, P. V., Luhtanen, P. (1982a). Combined effect of elastic energy and mioelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114, 557—565.
25. Brooks, G. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17, 22—31.
26. Brooks, G. A. (1998). Mammalian fuel utilization during sustained exercise. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 120, 89—107.

27. Brooks, G. A., Brown, M. A., Butz, C. E., Sicurello, J. P., Dubouchaud, H. (1999a). Cardiac and skeletal muscle mitochondria have a monocarboxylate transporter MCT1. *Journal of Applied Physiology*, 87, 1713—1718.
28. Brooks, G. A., Dubouchaud, H., Brown, M., Sicurello, J. P., Butz, C. E. (1999b). Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 96, 1129—1134.
29. Bružas, V., Skurvydas, A., Lukošiušė, I. (2003). Šildymo poveikis raumens nuovargiui ir atsigavimui. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2 (52), 19—24.
30. Cairns, S. P. (2006). Lactic Acid and Exercise Performance. *Sports Medicine*, 36 (4), 279—291.
31. Cairns, S. P., Knicker, A. J., Thompson, M. W., Sjøgaard, G. (2005). Evaluation of models used to study neuromuscular fatigue. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 33, 9—16.
32. Casarotti, P., Aagaard, P., Simonsen, E. B., Puggaard, L. (2001). Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 206—212.
33. Chance, B., Eleff, S., Leigh, Jr. J. S. et al. (1981). Mitochondrial regulation of phosphocreatine/inorganic phosphate ratios in exercising human muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 78, 6714—6718.
34. Chevront, S., Carter III, R., Kolka, M., Lieberman, H., Kellogg M., et al. (2004). Branched-chain amino acid supplementation and human performance when hypohydrated in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 97(4), 1275—1282.
35. Clarkson, P. M., Byrnes, W. C., McCormick, K. M., Turcotte, L. P., White, J. S. (1986). Muscle soreness and muscle function following isometric, eccentric and concentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 7(3), 152—155.
36. Clarkson, P. M., Kearns, A. K., Rouzier, P. et al. (2006). Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(4), 623—627.
37. Clarkson, P. M., Nosaka, K., Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24, 512—520.
38. Cooke, R., Franks, K., Luciani, G. B. et al. (1998). The inhibition of rabbit skeletal muscle contraction by hydrogen ions and phosphate. *Journal of Physiology*, 195, 77—97.
39. Cooper, J. R., Bloom, R. E., Roth, R. H. (2003). *The Biochemical Basis of Neuropharmacology* (8th ed.). New York: Oxford University Press.

40. Craig, A., Tran, Y., Wijesuriya, N. (2006). Boord P. A controlled investigation into the psychological determinants of fatigue. *Biological Psychology*, 72, 78—87.
41. Čižauskas, G. (2009). *Šuolio iš vietos į aukštį efektyvumą lemiančių veiksnių tyrimas*. Daktaro disertacija, technologijos mokslai, mechanikos inžinerija (09T). Kaunas: KTU.
42. Čižauskas, G., Muckus, K., Eidukynas, V. (2006). Height of jump reflects the explosive force of leg muscles: Myth or reality? *Journal of Vibroengineering*, 8 (2), 63—67.
43. Davis, J. M., Zhao, Z., Stock, H. S., Mehl, K. A., Buggy, J. et al. (2003). Central nervous system effects on caffeine and adenosine on fatigue. *American Journal of Physiology — Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 284, R399—R404.
44. Davis, J., Bailey, S. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (1), 45—57.
45. Dedrick, M. E., Clarkson, P. M. (1990). The effects of eccentric exercise on motor performance in young and older women. *European Journal of Applied Physiology*, 60, 183—186.
46. Demorest, R. A., Landry, G. L. (2004). Training issues in elite young athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 3 (3), 167—172.
47. Dietz, V. (1992). Human neuronal control of automatic functional movements: interaction between central programs and afferents input. *Physiological Reviews*, 72 (1), 33—69.
48. Dyhre-Poulsen, P., Simonsen, E. B., Voigt, M. (1991). Dynamic control of muscle stiffness and H-reflex modulation during hopping and jumping in man. *Journal of Physiology*, 437, 287—304.
49. Donaldson, S. K., Hermansen, L. (1978). Differential, direct effects of H on Ca-activated force of skinned fibers from the soleus, cardiac and adductor magnus muscle of rabbits. *Pflügers Archiv*, 376, 55—65.
50. Drummond, G. I., Harwood, J. P., Powell, C. A. (1969). Studies on the activation of phosphorylase in skeletal muscle by contraction and by epinephrine. *Journal of Biological Chemistry*, 244, 4235—4240.
51. Edgley, S. A., Winter, A. P. (2004). Different effects of fatiguing exercise on corticospinal and transcallosal excitability in human hand area motor cortex. *Experimental Brain Research*, 159, 530—536.
52. Edman, K. A. P., Lou, F. (1990). Change in force and stiffness induced by fatigue and intracellular acidification in frog muscle fibres. *Journal of Applied Physiology*, 424, 133—149.
53. Edwards, R. H. (1981). Human muscle function and fatigue. *Ciba Foundation Symposium*, 82, 1—18.

54. Edwards, R. H., Hill, D. K., Jones, D. A. et al. (1977). Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 272 (3), 769—778.
55. Eiras, A. E., Reis, R. L., Silva, P. A., Monteiro, A. N., Pereira, R., et al. (2009). Drop jump and muscle damage markers. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 3 (1–4), 81—84.
56. *Enciklopedinis žodynas*. (2011). [žiūrėta 2011-04-12] Prieiga per internetą: <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Jumping>
57. Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical basis of kinesiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
58. Enoka, R. M., Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology*, 586 (1), 11—23.
59. Epstein, Y., Cohen-Sivan, Y., Hirschorn, N., Khomenok, G., Moran, D. S. (2006). The effect of muscle fibre type composition on rhabdomyolysis CK levels. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38, S124.
60. Farris, J. W., Hinchcliff, K.W., McKeever, K. H. et al. (1998). Effect of tryptophan and of glucose on exercise capacity of horses. *Journal of Applied Physiology*, 85 (3), 807—816.
61. Femstrom, J. (2005). Branched-chain amino acids and brain function. *Journal of Nutrition*, 135, 1539S—1546S.
62. Fitts, R. H. (2003). Mechanisms of muscular fatigue. In *Principles of Exercise Biochemistry*, 3rd edn, ed. Poortmans, J. R. (p. 279—300). Karger, Basel.
63. Fitts, R. H., McDonald, K. S., Schluter, J. M. (1991). The determinants of skeletal muscle force and power: their adaptability with changes in activity pattern. *Journal of Biomechanics*, 24, 111—122.
64. Fitts, R., H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiology*, 74 (1), 49—94.
65. Fowles, J. R., Green, H. J. (2003). Coexistence of potentiation and low-frequency fatigue during voluntary exercise in human skeletal muscle. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 81 (12), 1092—1100.
66. Friden, J., Lieber, R. L. (2001a). Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171, 321—326.
67. Friden, J., Lieber, R. L. (2001b). Serum creatine kinase level is a poor predictor of muscle function after injury. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 11, 126—127.
68. Friden, J., Lieber R. L. (1997). Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell and Tissue Research*, 293, 165—171.
69. Friden, J., Sjostrom, M., Ekblom, B. (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International Journal of Sports Medicine*, 4, 170—176.

70. Fry, R. W., Morton, A. R., Keast, D. (1991). Overtraining in athletes: An update. *Sports Medicine*, 12, 32—65.
71. Fry, R. W., Grove, J. R., Morton, A. R. et al. (1994). Psychological and immunological correlates of acute overtraining. *British Journal of Sports Medicine*, 28, 241—246.
72. Gandevia, S. C. (1998). Neural control in human muscle fatigue: changes in muscle afferents, moto neurones and moto cortical drive. *Acta Physiologica Scandinavica*, 192, 275—283.
73. Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81 (4), 1725—1789.
74. Gandevia, S. C., Allen, G. M., Butler, J. E., Taylor, J. L. (1996). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *Journal of Physiology*, 490, 529—536.
75. Gandevia, S. C., Allen, G. M., McKenzie, D. K. (1995). Central fatigue: critical issues and practical implications (chapter 20). In *Fatigue: neural and muscular mechanisms - advances in medicine and biology (volume 184)*. Ed. Gandevia, S. C., Enoka, K. M., McComas, A. J. et al. (p. 281—94). New York & London: Plenum Press. (ISBN 0-106-45139-5)
76. Garland, J. (1991). Role of small diameter afferents in reflex inhibition during human muscle fatigue. *Journal of Physiology*, 435, 547—558.
77. Gibala, M. J., MacDougall, J. D., Tornopolsky, M. A., et al. (1995). Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 78, 702—708.
78. Gladden, L. B. (1996). Lactate transport and exchange during exercise. In *Handbook of Physiology, section 12, Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems*, ed. Rowell, L. B., Shepherd, J. T. (p. 614—648). Oxford University Press, New York.
79. Gladden, L. B. (2003). Lactate metabolism during exercise. In *Principles of Exercise Biochemistry*, 3rd edn, ed. Poortmans, J. R. (p. 152—196). Karger, Basel.
80. Gladden, L. B. (2004). Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *Journal of Physiology*, 1 (558 Pt1), 5—30.
81. Gorostiaga, E. M., Asiáin, X., Izquierdo, M., Postigo, A., Aguado, R. et al. (2010). Vertical jump performance and blood ammonia and lactate levels during typical training sessions in elite 400-m runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (4), 1138—1149.
82. Haguenaer, M., Legreneur, P., Monteil, K. M. (2005). Vertical jumping reorganization with aging: A kinematic comparison between young and elderly men. *Journal of Applied Biomechanics*, 21, 236—246.

83. Hamman, J. J., Kelley, K. M., Gladden, L. B. (2001). Effect of epinephrine on net lactate uptake by contracting skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 91, 2635—3641.
84. Heled, Y., Bloom, M. S., Wu, T. J., Stephens, Q., Deuster, P. A. (2007). CK-MM and ACE genotypes and physiological prediction of the creatine kinase response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 103, 504—510.
85. Hesselink, M. K., Kuipers H., Guerten P., Straaten H. (1996). Van Structural muscle: damage and muscle strength after incremental number of isometric and forced lengthening contractions. *Journal Muscle Research and Cell Motility*, 17, 335—341.
86. Hoffman, J. R., Epstein, S., Yarom, Y., Zigel, L., Einbinder, M. (1999). Hormonal and biochemical changes in elite basketball players during a 4-week training camp. *Journal of Strength and Condition Research*, 13, 280—285.
87. Hunter, S. K., Enoka, R. M. (2001). Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 91 (6), 2686—2694.
88. Yamin, C., Amir, O., Sagiv, M., Attias, E., Meckel, Y., et al. (2007). ACE ID genotype affects blood creatine kinase response to eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 103, 2057—2061.
89. Young, W. B., Bilby, G. E. (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power and hypertrophy development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7, 172—178.
90. Young, W., Wilson, C., Byrne, C. (1999). Relationship between strength qualities and performance in standing and run-up vertical jumps. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39 (4), 285—293.
91. Jansson, E., Sylven, C. (1985). Creatine kinase MB and citrate synthase in type I and type II muscle fibres in trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54, 207—209.
92. Jones, D. A., Newham, D. J., Clarkson, P. M. (1987). Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexors. *Pain*, 30, 233—242.
93. Jones, D. A., Newham, D. J., Torgan, C. (1989). Mechanical influence on long-lasting human muscle fatigue and delayed-onset muscle pain. *Journal of Applied Physiology*, 412, 451—427.
94. Jones, D., Round, J., De Haan, A. (2004). Skeletal muscle from molecules to movement. *A Textbook of Muscle Physiology for Sports, Exercise, Physiotherapy and Medicine*, 83—118.

95. Kallenberg, L. A. C., Schulte, E., Disselhorst-Klug, C., Hermens, H. J. (2007). Myoelectric manifestations of fatigue at low contraction levels in subjects with and without chronic pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17, 264—274.
96. Kandravičius, E., Skurvydas, A., Lukošiuūtė, I. (2003). Temperatūros poveikis šuolio be amortizuojamojo pritūpimo kinematiniams rodikliams. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 4 (54), 13—17.
97. Kent-Braun, J. A., Le Blanc, R. (1996). Quantitation of central activation failure during maximal voluntary contractions in humans. *Muscle and Nerve*, 19, 861—869.
98. Kenttä, G., Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery: a conceptual model. *Sports Medicine*, 26 (1), 1—16.
99. Kernell, D. (1969). Synaptic conductance changes and the repetitive impulse discharge of spinal motoneurons. *Brain Research*, 15, 291—294.
100. Kyröläinen, H., Komi, P. V. (1995). Differences in mechanical efficiency between power and endurance trained athletes while jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 36—40.
101. Kollias, I., Hatzitaki, V., Papaiakevou, G., Giatsis, G. (2001). Using principal components analysis to identify individual differences in vertical jump performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72 (1), 62—67.
102. Komi, P. V. (1992). Stretch-shortening cycle. In Komi, P. V. (Ed.) *Strength and power in sports* (p. 169—179). Blackwell: Oxford.
103. Kubo, K., Kawakami, Y., Kanehisa, H., Fukunaga, T. (2002). Measurement of viscoelastic properties of tendon structures in vivo. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12, 3—8.
104. Lamb, G. D., Stephenson, D. G. (1994). Effects of intracellular pH and $[Mg^{2+}]$ on excitation-contraction coupling in skeletal muscle fibres of the rat. *Journal of Physiology*, 478, 331—339.
105. Lee, H., Kim, L., Kim, Y., Suh, K. Y., Han, J. et al. (2004). Auditory event-related potentials and psychological changes during sleep deprivation. *Neuropsychobiology*, 50, 1—5.
106. Lee, J., Clarkson, P. M. (2003). Plasma creatine kinase activity and glutathione after eccentric exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 930—936.
107. Lehninger, A. L., (1971). Contraction and motion (chapter II). *Bioenergetics: the molecular basis of biological energy transformations*. (p. 211—224), 2nd ed. New York: WA Benjamin Inc.

108. Lorist, M. M., Kernell, D., Meijman T. F., Zijdwind, I. (2002). Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *Journal of Physiology*, 545, 313—319.
109. Macefield, V. G., Gandevia, S. C., Bigland-Ritchie, B. (1993). The firing rates of human motoneurons voluntarily activated in the absence of muscle afferent feedback. *Journal of Physiology*, 471, 429—443.
110. Mackinnon, L. T., Hooper, S. (1994). Mucosal (secretory) immune system response to exercise of varying intensity and during overtraining. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 179—183.
111. Magal, M., Dumke, C. L., Urbiztondo, Z. G., Cavill, M. J., Triplett, T. et al. (2010). Relationship between serum creatine kinase activity following exercise-induced muscle damage and muscle fibre composition. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 257—266.
112. Main, L. C., Dawson, B., Heel, K., Grove, J. R., Landers, G.J. et al. (2010). Relationship between inflammatory cytokines and self-report measures of training overload. *Research in Sports Medicine*, 18 (2), 127—139.
113. Marginson, V., Rowlands, A. V., Gleeson, N. P., Eston, R. G. (2005). A comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage following an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. *Journal of Applied Physiology*, 99, 1174—1181.
114. Martin, D. T., Andersen, M. B., Gates, W. (2000). Using Profile of Mood States (POMS) to monitor high-intensity training in cyclists: Group versus case studies. *The Sport Psychologist*, 14, 138—156.
115. Matos, N. F., Winsley, R. J., Williams, C. A. (2010). Prevalence of Non-Functional Overreaching/Overtraining In Young English Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Dec. 1. [Epub ahead of print].
116. McMorris, T., Graydon, J. (1997). The effect of exercise on cognitive performance in a soccer-specific tests. *Journal of Sports Sciences*, 15, 459—468.
117. McNair O. M., Lorr M., Droppleman L. F. (1992). Profile of mood state — Revised. San Diego, California: Educational and Institutional Testing Service.
118. Meeusen, R., Watson, P. (2007). Amino Acids and the Brain: Do They Play a Role in "Central Fatigue"? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17, S37—S46.
119. Meeusen, R., Watson, P., Hasegawa, H., Roelands, B., Piacentini, M. F. (2006). Central fatigue: The serotonin hypothesis and beyond. *Sports Medicine*, 36 (10), 881—909.
120. Metzger, J. M., Moss, R. L. (1987). Greater hydrogen ion-induced depression of tension and velocity in skinned single fibers of rat fast than slow muscles. *Journal of Physiology*, 393, 727—742.

121. Mickevičienė, D., Skurvydas, A., Kamandulis, S., Pukėnas, K., Rudas, E. ir kt. (2005). Dviejų šoklumo ištvėmės treniruočių poveikis nervų ir raumenų sistemų nuovargio ir atsigavimo kaitai. *Ugdymas, Kūno kultūra. Sportas*, 2 (56), 14—20.
122. Milašius, K. (2005). *Sporto fiziologija. Mokymo priemonė*. Vilnius: VPU.
123. Miles, M. P., Clarkson, P. M. (1994). Exercise-induced muscle pain, soreness, and cramps. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34, 203—216.
124. Millet, G. Y., Aubert, D., Favier, F. B., Busso, T., Benoît, H. (2009). Effect of acute hypoxia on central fatigue during repeated isometric leg contractions. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 19, 695—702.
125. Minotti, J. R., Johnson, E. C., Hudson, T. L. et al. (1989). Forearm metabolic asymmetry detected by ³¹P-NMR during submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 67, 324—329.
126. Mittleman, K. D., Ricci, M. R., Bailey, S. P. (1998). Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (1), 83—91.
127. Molé, P. A., Coulson, R. L., Catón, J. R. et al. (1985). In vivo ³¹P-NMR in human muscle: transient patterns with exercise. *Journal of Applied Physiology*, 59, 101—104.
128. Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., Dorman, J. C., Cook, K. et al. (2008). The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *Journal of Sports Sciences*, 26 (11), 1135—1145.
129. Morgan, D. L., Allen, D.G. (1999). Early events in stretch-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 87, 2007—2115.
130. Morgan, W. P., Brown, D. R., Raglin, J. S., O'Conner, P. J., Ellickson, K. A. (1987). Psychological monitoring of overtraining and staleness. *British Journal of Sport Medicine*, 21, 107—114.
131. Morrison, S. A., Sleivert, G. G., Cheung, S. S. (2004). Passive hyperthermia reduces voluntary activation and isometric force production. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 729—736.
132. Muckus, K. (2006). *Biomechanikos pagrindai: vadovėlis Lietuvos aukšųjų mokyklų studentams*. Kaunas: LKKA.
133. Muckus, K., Čižauskas, G. (2006). Šuolio aukštis rodo kojų tiesiamųjų raumenų staigiąją jėgą: mitas ar tikrovė? *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (62), 43—48.
134. Muckus, K., Krušinskienė, R. (2008). Staigiosios jėgos poveikis šoklumui: eksperimentų analizė ir skaitinis modeliavimas. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 4 (71), 76—84.

135. Murray, R. K. (1993). Muscle (chapter 58). In *Harpers Biochemistry*, (p. 647—664). 23rd ed. Ed. Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A. et al., Norwalk (VA): Appleton & Lange.
136. National Basketball Conditioning Coaches Association (1997). *NBA Power Conditioning: Human Kinetics*.
137. Nederhof, E., Lemmink, K. A. P. M., Visscher, C., Meeusen, R., Mulder, T. (2006). Psychomotor speed: Possibly a new marker of overtraining syndrome. *Sports Medicine*, 36 (10), 817—828.
138. Nederhof, E., Zwerver, J., Brink, M., Meeusen, R., Lemmink, K. (2008). Different diagnostic tools in nonfunctional overreaching. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 590—597.
139. Newham, D. J., Jones, D. A. (1986). Plasma creatine kinase changes after eccentric and concentric contractions. *Muscle and Nerve*, 9(1), 59—63.
140. Newsholme, E. A., Acworth, L., Blomstrand, E. (1987). Amino acids, brain neurotransmitters and a function link between muscle and brain that is important in sustained exercise. In *Advances in Myochemistry*, (p. 127—133). G. Benzi (Ed.) London: John Libbey Eurotext.
141. Nielsen, B., Nybo, L. (2003). Cerebral changes during exercise in the heat. *Sports Medicine*, 33 (1), 1—11.
142. Nielsen, H. B., Clemmesen, J. O., Skak, C., Ott, P., Secher, N. H. (2002). Attenuated hepatosplanchnic uptake of lactate during intense exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 92, 1677—1683.
143. Nybo, L. (2003). CNS fatigue and prolonged exercise: effect of glucose supplementation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 589—594.
144. Nybo, L., Rasmussen, P. (2007). Inadequate cerebral oxygen delivery and central fatigue during strenuous exercise. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 35, 110—118.
145. Nybo, L., Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 91, 1055—1060.
146. Nybo, L., Secher, N. H. (2004). Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. *Progress in Neurobiology*. 72, 223—261.
147. Nosaka, K., Newton, M. (2002). Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34, 63—69.
148. Nosaka, K. (2007). Muscle damage and amino acid supplementation: Does it aid recovery from muscle damage? *International SportMed Journal*, 8 (2), 54—67.

149. Nosaka, K., Clarkson, P. M., McGuiggin, M. E., Byrne, J. M. (1991). Time course of muscle adaptation after high force eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63 (1), 70—76.
150. Nosaka, K., Newton, M., Sacco, P. (2002a). Muscle damage and soreness after endurance exercise of the elbow flexors. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (6), 920—927.
151. Nosaka, K., Newton, M., Sacco, P. (2002b). Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12, 337—346.
152. Nummela, A., Vuorima, T., Rusko, H. (1992). Changes in force production, blood lactate and EMG activity in the 400-m sprint. *Journal of Sports Sciences*, 10, 217—228.
153. Paasuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H. (2001). Knee extension strength and vertical jumping performance in nordic combined athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41 (3), 354—361.
154. Parolin, M. L., Chesley, A., Matsos, M. P., Spriet, L. L., Jones, N. L. et al. (1999). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *American Journal of Physiology*, 277, E890—E900.
155. Pilcher, J., Huffcutt, A. (1996). Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis. *Sleep*, 19, 318—326.
156. Potma, E. J., Van Graas, I. A., Stienen, G. J. M. (1994). Effects of pH on myofibrillar ATP-ase activity in fast and slow skeletal muscle fibres of the rabbit. *Biophysics Journal*, 67, 2404—2410.
157. Proske, U., Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, and adaptation and clinical applications. *Journal of Physiology*, 537, 333—345.
158. Raglin, J. S. (1993). Overtraining and staleness: Psychometric monitoring of endurance athletes. In *Handbook of research on sport psychology* (p. 840—850). Eds. Singer, R. B., Murphey, M., Tennant, L. K. New York: Macmillan.
159. Ratel, S., Duche, P., Williams, C. A. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Medicine*. 36, 1031—1065.
160. Ratkevicius, A., Skurvydas, A., Lexell, J. (1995). Submaximal-exercise-induced impairment of human muscle to develop and maintain force at low frequencies of electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70 (4), 294—300.
161. Ratkevičius, A., Skurvydas, A., Pavilionis, E., Quistorf, B., Lexell, J. (1998). Effects of contraction duration on lowfrequency fatigue in voluntary and electrically induced exercise of quadriceps muscle in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 462—468.

162. Rietjens, G. J. W. M., Kuipers, H., Adam, J. J., Saris, W. H. M., Breda, E. et al. (2005). Physiological, biochemical and psychological markers for overreaching: Early markers for overreaching. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 16—26.
163. Royal, K., Farrow, D., Mujika, I., Halson, S.L., Pyne, D. et al. (2006) The effects of fatigue on decision making and shooting skill performance in water polo players. *Journal of Sport Sciences*, 24 (8), 807—815.
164. Roos, M. R., Rice, C. L., Vandervoort, A. A. (1997). Age-related changes in motor unit function. *Muscle and Nerve*, 20, 679—690.
165. Rudas, A., Skurvydas, A. (2005). Jaunesniojo mokyklinio amžiaus mergaičių šoklumo kaita per du mėnesius. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 1 (55), 43—48.
166. Rush, J. W. E., Spriet, L. L. (2001). Skeletal muscle glycogen phosphorylase a kinetics: Effects of adenine nucleotides and caffeine. *Journal of Applied Physiology*, 91, 2071—2078.
167. Safran, M. R., Seaber, A. V., Garrett, Jr. W. E. (1989). Warm-up and muscular injury prevention. *Sports Medicine*, 8, 239—249.
168. Sahlin, K., Harris, R. C., Ny Lind, B., Hultman, E. (1976). Lactate content and pH in muscle samples obtained after dynamic exercise. *Pflügers Archiv*, 367, 143—149.
169. Sahlin, K., Tonkonogi, M., Söderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162, 261—266.
170. Sayers, S. P., Clarkson, P. M. (2002). Exercise-induced rhabdomyolysis. *Current Sports Medicine Reports*, 1, 59—60.
171. Sapega, A. A., Sokolow, D. P., Graham, T. J., Chance, B. (1987). Phosphorus nuclear magnetic resonance: a non-invasive technique for the study of muscle bioenergetics during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 19, 410—420.
172. Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and motor learning*. Champaign, IL: Human Kinetics.
173. Schneider, C. M., Dennehy, C. A., Rodearmel, S. J., Hayvard, J. R. (1995). Effects of physical activity on creatine phosphokinase and the isoenzyme creatine kinase-Mb. *Annals of Emergency Medicine*, 25(4), 520—524.
174. Senel, Ö., Akyüz, M. (2010). The occurrence of muscle damage in male soccer players. *Science, Movement and Health*, 10, 55—59.
175. Skurvydas, A. (1998). Low frequency fatigue of adult and elderly men. *Biology*, 2, 24—27.
176. Skurvydas, A., Dudoniene, V., Kalvenas, A. et al. (2002). Skeletal muscle fatigue in long-distance runners, sprinters and untrained men after repeated drop jumps performed at maximal intensity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12 (1), 34—39.

177. Skurvydas, A., Jaščaninas, J., Zachovajevas, P. (2000). Changes in height of jump, maximal voluntary contraction force and low-frequency fatigue after 100 intermittent or continuous jumps maximal intensity. *Acta Physiologica Scandinavica*, 169, 55—62.
178. Sjøgaard, K., Gandevia, S. C., Todd, G., Petersen, N. T., Taylor, J. L. (2006). The effect of sustained low-intensity contractions on supraspinal fatigue in human elbow flexor muscles. *Journal of Physiology*, 573, 511—523.
179. Spencer, M., Rechichi, C., Lawrence, S., Dawson, B., Bishop, D. et al. (2005). Time motion analysis of elite field hockey during several games in succession: A tournament scenario. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8, 382—391.
180. Spriet, L. L. (1991). Phosphofructokinase activity and acidosis during short-term tetanic contractions. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 69, 298—304.
181. Spriet, L. L. (1992). Anaerobic metabolism in human skeletal muscle during short-term, intense activity. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 70, 157—165.
182. St Clair Gibson, A., Baden, D. A., Lambert, M. I., Lambert, E. V., Harley, Y. X. R. et al. (2003). The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Medicine*. 33, 167—176.
183. Stanislovaitis, A. (1998). *Specializuotų jėgos, greitumo ir išvermės treniruočių krūvių poveikis griaučių raumenu funkcijos adaptaciniam ypatumams*. Daktaro disertacija, biomedicininiai mokslai, biologija (01B). Kaunas: LKKA.
184. Staron, S. R., Hikita, S. (2000). *Muscular responses to exercise and training*. *Exercise and Sport Science*, (p. 163—176). Ed. Garrett, Jr., Kirkendall, D. T. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.
185. Stasiulis, A., Dubininkaitė, L., Venckūnas, T. (2005). *Sporto ir pratimų fiziologijos laboratoriniai darbai. Mokymo priemonė*. Kaunas: LKKA.
186. Statsenko, E. A., Charykova, I. A. (2010). Psycho-physiological criteria for overtraining in athletes. [Article in Russian], *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechbnoi Fizicheskoj Kultury*, (2), 50—54.
187. Stauber W. T. (1989). Eccentric actions of muscles: Physiology, injury, and adaptation. In *Exercise and sport science reviews*, 17 (p. 157—185). Ed. Pandolf, K. B. Baltimore: Williams & Wilkins.
188. Stonkus S. (2002). *Sporto terminų žodynas*. Kaunas.
189. Strijkstra, A. M., Beersma, D. G. M., Drayer, B., Halbesma, N., Daan, S. (2003). Subjective sleepiness correlates negatively with global alpha (8–12 Hz) and positively with central frontal theta (4–8 Hz) frequencies in the human resting awake electroencephalogram. *Neuroscience Letters*, 340, 17—20.

190. Taylor, A. M., Christou, E. A., Enoka, R. M. (2003). Multiple features of motor-unit activity influence force fluctuations during isometric contractions. *Journal of Neurophysiology*, 90, 1350—1361.
191. Tesch, P. A., Wright, J. E., Vogel, J. A., Daniels, W. L., Sharp, D. S. et al. (1985). The influence of muscle metabolic characteristics on physical performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54, 237—243.
192. Theou, O., Jones, G. R., Overend, T. J., Kloseck, M., Vandervoort, A. A. (2008). An exploration of the association between frailty and muscle fatigue. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 33, 651—665.
193. Thorstensson, A. (1976). Muscle strength, fibre types and enzyme activities in man. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 443, 1—45.
194. Todd, G., Butler, J. E., Taylor, J. L., Gandevia, S. C. (2005). Hyperthermia: a failure of the motor cortex and the muscle. *Journal of Physiology*, 563, 621—631.
195. Tomioka, M., Owings, T. M., Grabiner, M. D. (2001). Lower extremity strength and coordination are independent contributors to maximum vertical jump height. *Journal of Applied Biomechanics*, 17, 181—187.
196. Twist, C., & Eston, R. (2005). The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 94, 652—658.
197. Urhausen, A., Gabriel, H., Kindermann, W. (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine*, 20 (4), 251—276.
198. Ustinavičienė, R., Obelenis, V., Ereminas, D. (2004). Dirbančiųjų sveikata ir šiuolaikinės darbo sąlygos. *Medicina (Kaunas)*, 40 (9), 897—904.
199. Vadopalas, K., Skurvydas, A., Brazaitis, M. et al. (2007). Impact of hyperthermia and dehydration on skeletal muscle of adult women performing isometric exercise of maximum intensity. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (66), 48—55.
200. Vandervoort, A. A., Symons, T. B. (2001). Functional and metabolic consequences of sarcopenia. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26, 90—101.
201. Viitasalo, J.T., Bosco, C. (1982). Electromechanical behavior of human muscle in vertical
202. Vincent, H. K., Vincent, K. R. (1997). The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *Journal of Sports Medicine*, 18 (6), 431—437.
203. Vollestad, N. K., Sejersted, O. M. (1988). Biochemical correlates of fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 336—347.

204. Walsh, M. L. (2000). Whole body fatigue and critical power. *Sports Medicine*, 29 (3), 153—166.
205. Warren, G. L., Lowe, D. A., Armstrong, R. B. (1999). Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Medicine*, 27, 43—59.
206. Waterman Storer, C.M. (1991). The cytoskeleton of skeletal muscle: is it affected by exercise. A brief Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23, 1240—1249.
207. Watson, P., Shirreffs, S. M., Maughan, R. J. (2004). The effect of acute branched-chain amino acid supplementation on prolonged exercise capacity in a warm environment. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 306—314.
208. Westerblad, H., Allen, D. G. (2002). Recent advances in the understanding of skeletal muscle fatigue. *Current Opinion in Rheumatology*, 14 (6), 648—652.
209. Westerblad, H., Allen, D. G., Lannergren, J. (2002). Muscle fatigue: Lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News in the Physiological Sciences*, 17, 17—21.
210. Westerblad, H., Lee, J. A., Lannergren, J., et al. (1991). Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 261, C195—209.
211. Wijesuriya, N., Tran, Y., Craig, A. (2007). The psychophysiological determinants of fatigue. *International Journal of Psychophysiology*, 63, 77—86.
212. Winsley, R., Matos, N. (2011). Overtraining and elite young athletes. *Medicine and Sport Science*, 56, 97—105.

Priedai

2 lentelė. Treniruočių lankomumo grafikas (I–II savaitė). R — rytinė tren., D — dieninė, V*/min — rungtynės., + — buvo treniruotėje

I savaitė											
Savaitė	Pirmadienis		Antradienis	Trečiadienis	Ketvirtadienis	Penktadienis		Šeštadienis	Sekmadienis		
Dienos	R	V*/min	D	D	D	R	V*/min	V*/min	-	Poilsis	
Tren. tipas ir intensyvumas	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	Ištvermė: 40 min krosas. Didelio intensyvumo	Technika, taktika, metimai, krepšinis 5x5. Mažo intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	Rungtynės	-	Poilsis	
V.S.	+	+	+	+	+	+	+	+			
R.M.	+	+	+	+	+	+	+	+			
L.M.	+		+	+	+	+	+	+			
P.M.	+		+	+	+	+	+	+			
T.U.	+		+	+	+	+	+	+			
I.B.	+	+			+	+	+	+			
II savaitė											
Dienos	Pirmadienis		Antradienis	Trečiadienis	Ketvirtadienis	Penktadienis		Šeštadienis	Sekmadienis		
Tren. tipas ir intensyvumas	R	V*/min	D	D	D	R	V*/min	V*/min	-	Poilsis	
Tren. tipas ir intensyvumas	Poilsis		Greitumo ištvermė. Maksimalaus intensyvumo	Technika, taktika, krepšinis 5x5. Vidutinio intensyvumo	Technika, taktika, krepšinis 5x5. Vidutinio intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	Rungtynės	-	Poilsis	
V.S.			+	+	+	+	+	+			
R.M.			+	+	+	+	+	+			
L.M.			+	+	+	+	+	+			
P.M.			+	+	+	+	+	+			
T.U.			+	+	+	+	+	+			
I.B.			+	+	+	+	+	+			
Žaidėjai											

3 lentelė. Treniruočių lankomumo grafikas (III–IV savaitė). R — rytinė tren., D — dieninė, V*/min — rungtynės., + — buvo treniruotėje

III savaitė									
Savaitė	Pirmadienis		Antradienis	Trečiadienis	Ketvirtadienis	Penktadienis		Šeštadienis	Sekmadienis
Dienos	R	V*/min	D	D	D	R	V*/min	V*/min	V*/min
Tren. laikas									
Tren. tipas ir intensyvumas	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	Jėgos pratimai, 20 min lengvas krosas. Vidutinio intensyvumo	Technika, taktika, metimai, krepsinis 5x5. Mažo intensyvumo	Technika, taktika, krepsinis 5x5. Vidutinio intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	Rungtynės	Rungtynės
V.S.	+	+	+	+	+	+	+	+	
R.M.	+	+	+			+			+
L.M.	+	+	+			+			
P.M.			+	+	+	+	+	+	
T.U.			+	+	+	+	+	+	+
I.B.	+	+	+	+	+	+	+	+	
IV savaitė									
Savaitė	Pirmadienis		Antradienis	Trečiadienis	Ketvirtadienis	Penktadienis		Šeštadienis	Sekmadienis
Dienos	R	V*/min	D	D	D	R	V*/min	V*/min	V*/min
Tren. laikas									
Tren. tipas ir intensyvumas	Poilsis		Ištvermė: 40 min krosas. Didelio intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Technika, taktika, krepsinis 5x5. Vidutinio intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	Rungtynės	Poilsis
V.S.									
R.M.			+	+	+	+			
L.M.			+	+	+	+			
P.M.			+	+	+	+	+	+	
T.U.			+	+	+	+	+	+	
I.B.			+	+	+	+	+	+	
Žaidėjai									

4 lentelė. Treniruočių lankomumo grafikas (V–VI savaitė). R — rytinė tren., D — dieninė, V*/min — rungtynės., + — buvo treniruotėje

V savaitė									
Savaitė	Pirmadienis		Antradienis	Trečiadienis	Ketvirtadienis	Penktadienis		Šeštadienis	Sekmadienis
Dienos	R	V*/min	D	D	D	R	V*/min	V*/min	-
Tren. laikas									
Tren. tipas ir intensyvumas	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Technika, taktika, krešinis 5x5. Didesnio nei vidutinio intensyvumo	Technika, taktika, krešinis 5x5. Didesnio nei vidutinio intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	Rungtynės	Poilsis
V.S.	+	+	+	+	+		+	+	
R.M.	+	+	+	+	+				
L.M.	+	+	+	+	+				
P.M.			+	+	+		+	+	
T.U.			+	+	+		+	+	
I.B.	+	+	+	+	+		+	+	
VI savaitė									
Dienos	Pirmadienis		Antradienis	Trečiadienis	Ketvirtadienis	Penktadienis		Šeštadienis	Sekmadienis
Tren. laikas	R	V*/min	D	D	D	R	V*/min	V*/min	-
Tren. tipas ir intensyvumas	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	20 min krosas vidutinio intensyvumo. Baseinas	Technika, taktika, krešinis 5x5. Vidutinio intensyvumo	Technika, taktika, krešinis 5x5. Vidutinio intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtynės	Rungtynės	Poilsis
V.S.		+	+	+	+		+	+	
R.M.			+	+	+				
L.M.			+	+	+				
P.M.			+	+	+		+	+	
T.U.			+	+	+		+	+	
I.B.		+	+	+	+		+	+	
Žaidėjai									

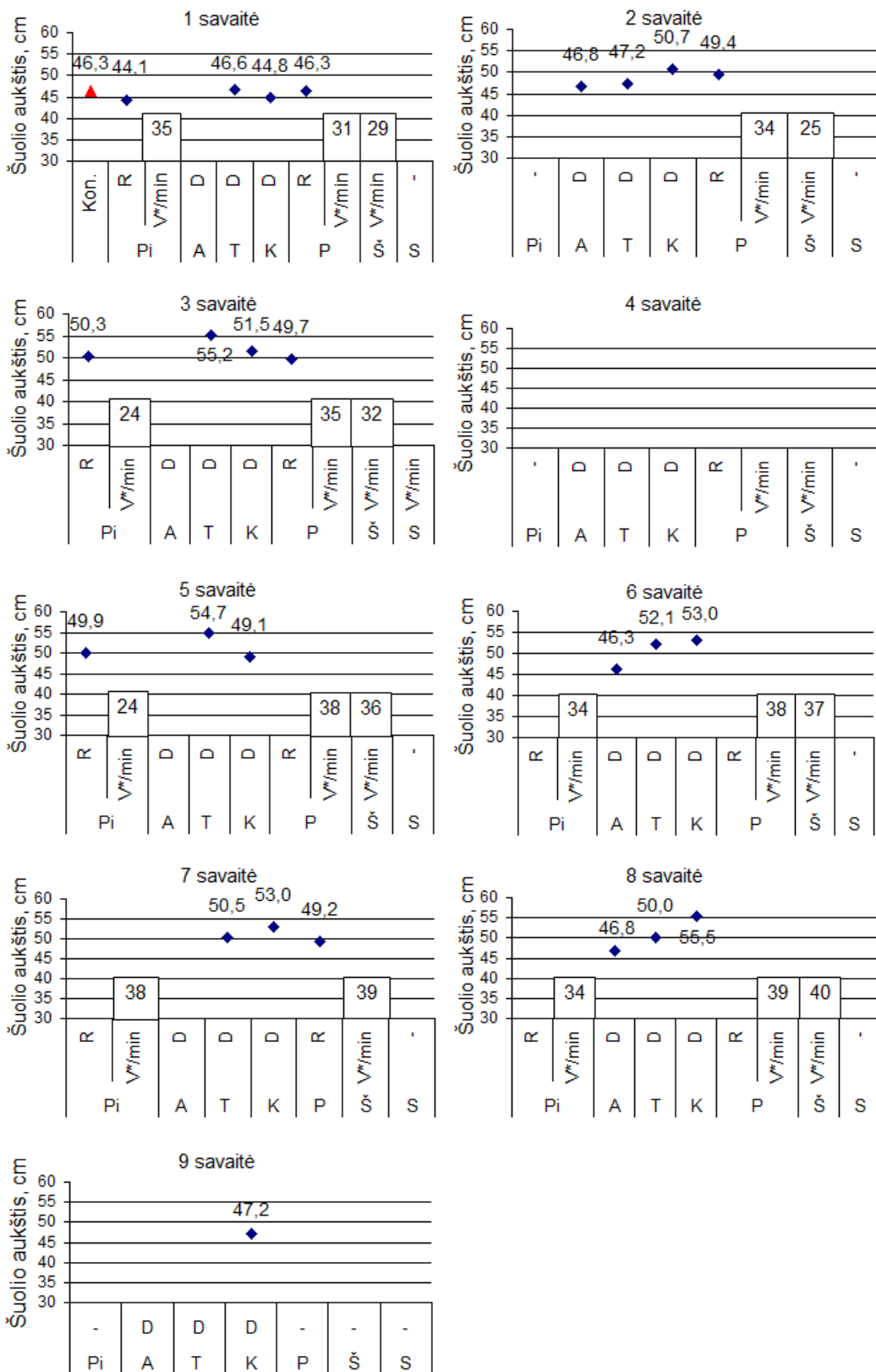
5 lentelė. Treniruočių lankomumo grafikas (VII–VIII savaitė). R — rytinė tren., D — dieninė,

V*/min — rungtynės., + — buvo treniruotėje

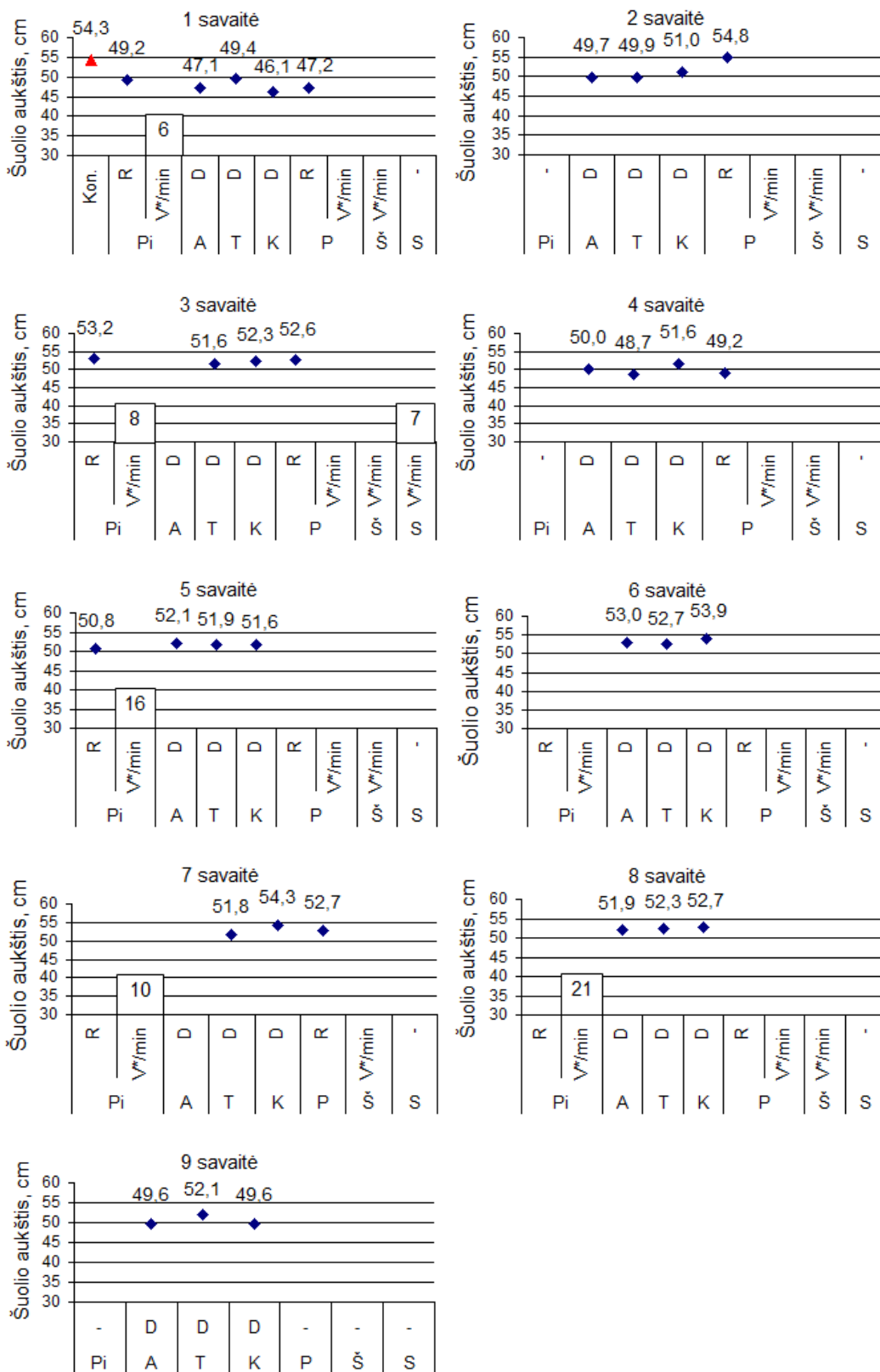
VII savaitė									
Savaitė	Pirmadienis		Antradienis	Trečiadienis	Ketvirtadienis	Penktadienis	Šeštadienis	Sekmdienis	
Dienos	R	V*/min	D	D	D	R	V*/min	-	
Tren. tipas ir intensyvumas	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtinės	Iššermė: 40 min krosas. Didelio intensyvumo	Futbolas. Vidutinio intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Technika, taktika, krepšinis 5x5. Vidutinio intensyvumo	Rungtinės	Poilsis	
V.S.		+	+	+	+	+	+		
R.M.		+							
L.M.		+	+	+	+	+			
P.M.			+	+	+	+	+		
T.U.			+	+	+	+	+		
I.B.		+	+	+	+	+	+		
VIII savaitė									
Savaitė	Pirmadienis		Antradienis	Trečiadienis	Ketvirtadienis	Penktadienis	Šeštadienis	Sekmdienis	
Dienos	R	V*/min	D	D	D	R	V*/min	-	
Tren. tipas ir intensyvumas	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtinės	Iššermė: 40 min krosas. Didelio intensyvumo	Technika, taktika, krepšinis 5x5. Vidutinio intensyvumo	Technika, taktika, krepšinis 5x5. Vidutinio intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis	Rungtinės	Poilsis	
V.S.		+	+	+	+		+		
R.M.		+	+	+	+				
L.M.		+	+	+	+				
P.M.			+	+	+	+	+		
T.U.			+	+	+	+	+		
I.B.		+	+	+	+	+	+		

6 lentelė. Treniruočių lankomumo grafikas (IX savaitė). R — rytinė tren., D — dieninė, V*/min — rungtynės., + — buvo treniruotėje

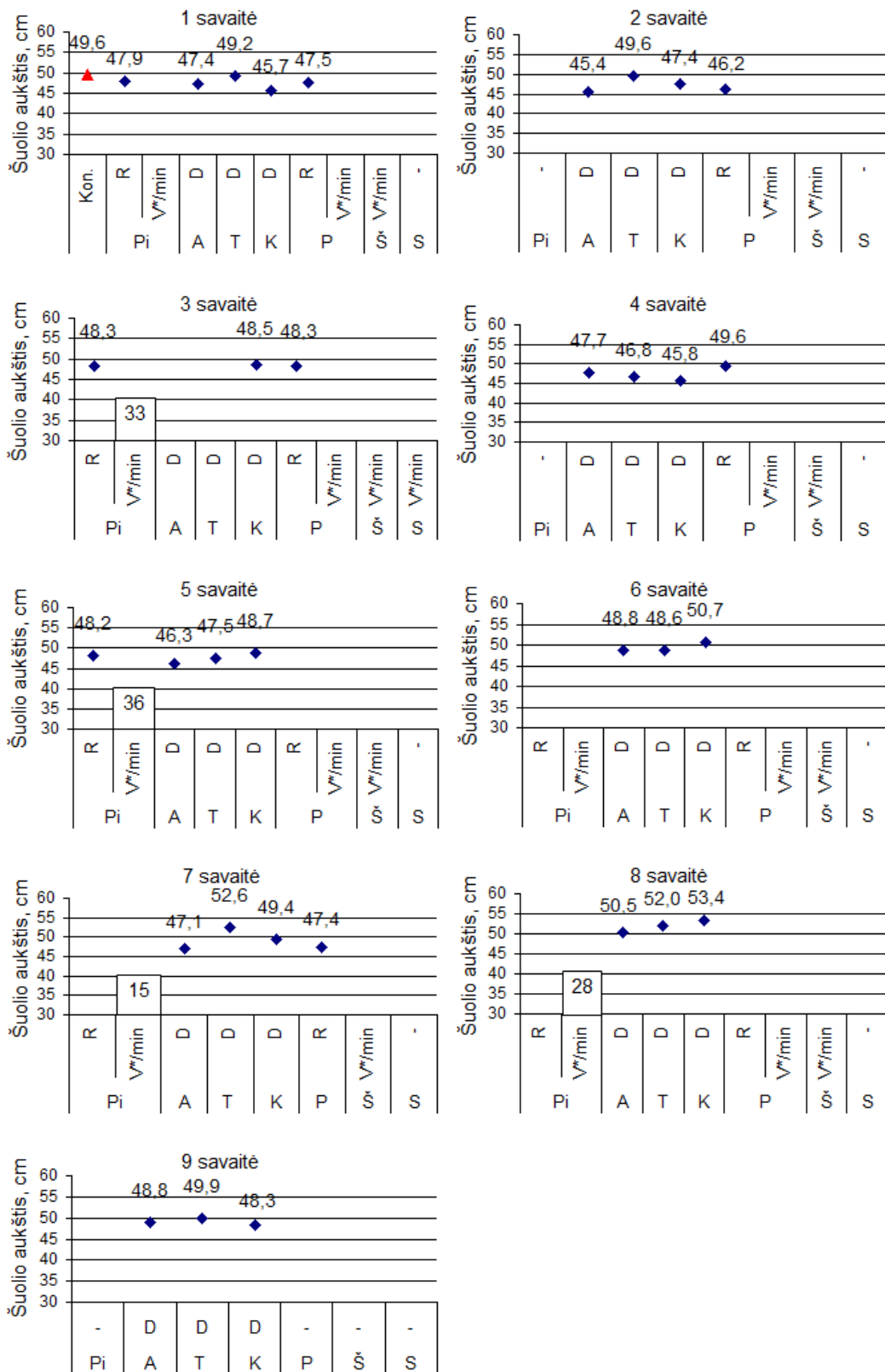
Savaitė		IX savaitė						
Dienos	Pirmadienis	Antradienis	Trečiadienis	Ketvirtadienis	Penktadienis	Šeštadienis	Sekmadienis	
Tren. laikas	-	D	D	D	D	-		
Tren. tipas ir intensyvumas	Poilsis	Ištvermė: 40 min krosas. Didelio intensyvumo	Stotelės: šuoliukai per suoliuką, pilvo presas, judėjimas pristatomu žingsniu, lentos siekimas su kimštiniu kamuoliu pašokus, bėgimas aplink stovelius. Stotelės trukmė 180 s. Maksimalaus intensyvumo	Metimai. Mažo intensyvumo aerobinis krūvis		Poilsis		
V.S.			+	+	+			
R.M.		+	+	+	+			
L.M.		+	+	+	+			
P.M.		+	+	+	+			
T.U.		+	+	+	+			
I.B.		+	+	+	+			
Žaidėjai								



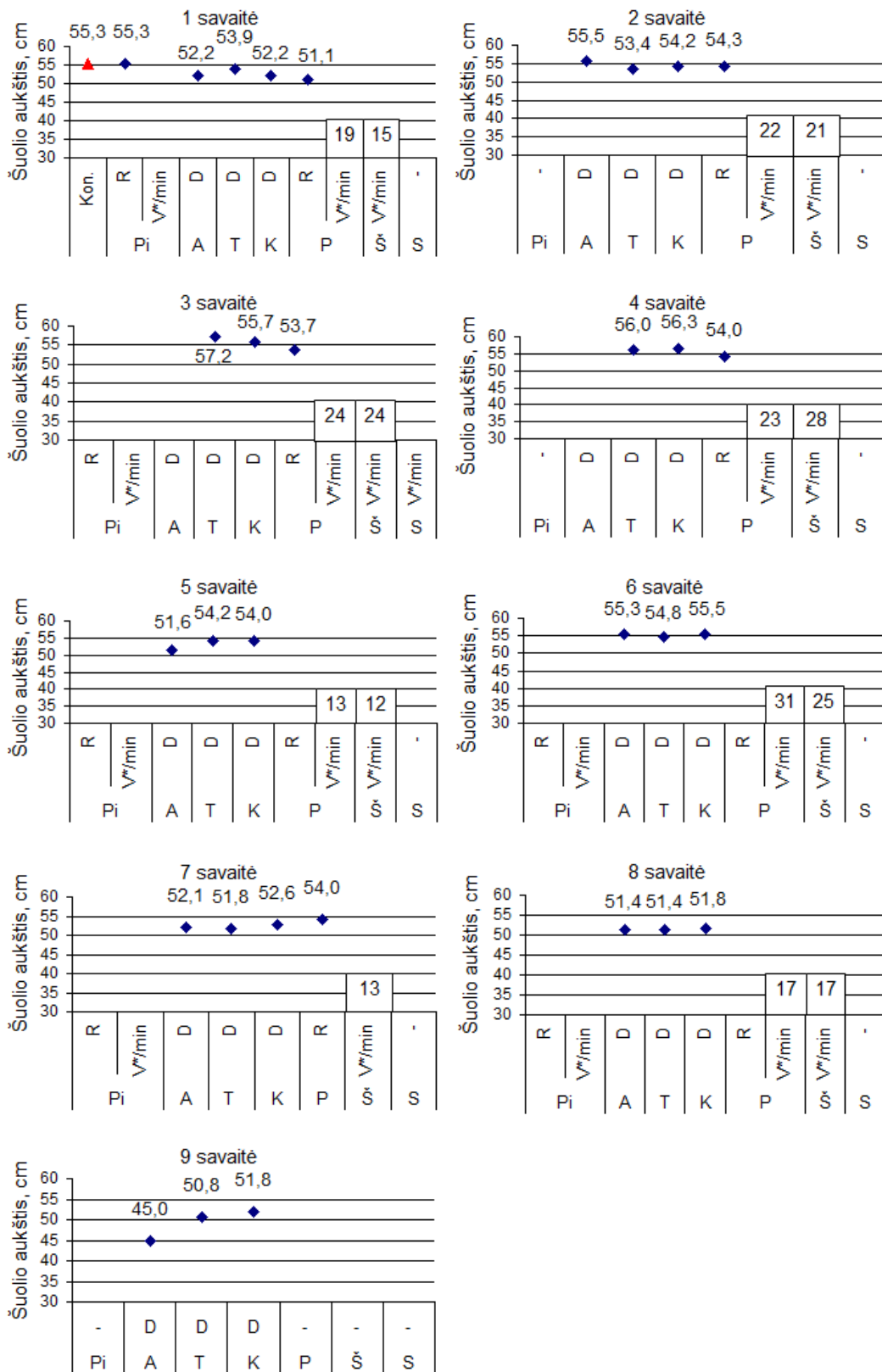
21 pav. V.S. žaidėjo šuolio aukščio reikšmės ir varžybose žaistos minutės. Pastabos: Kon. — kontrolinė reikšmė, Pi — pirmadienis, A — antradienis, T — trečiadienis, K — ketvirtadienis, P — penktadienis, Š — šeštadienis, S — sekmadienis, R — rytinė tren., D — dieninė tren., V*/min — žaistos minutės rungtynėse



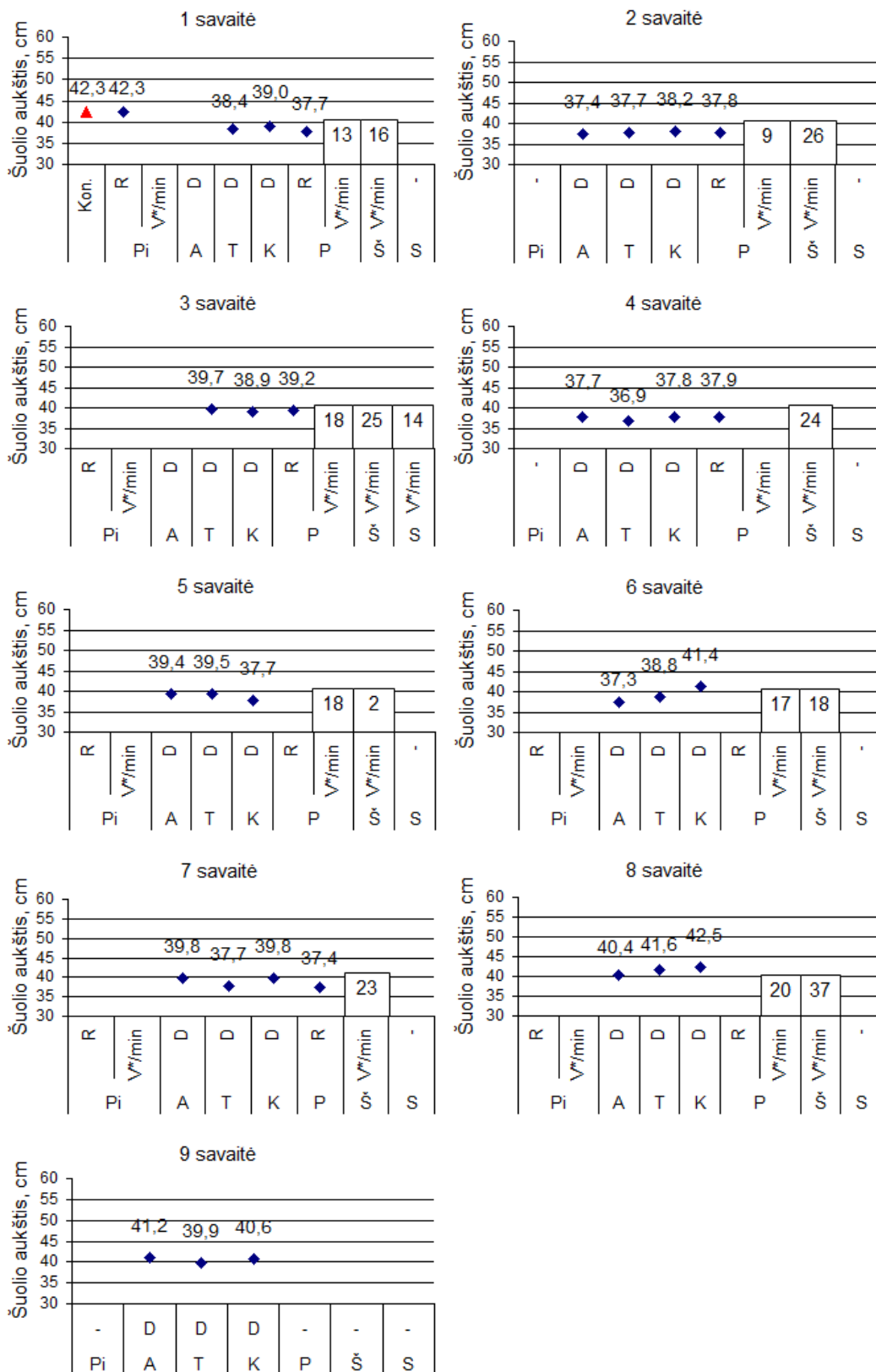
22 pav. R.M. žaidėjo šuolio aukščio reikšmės ir varžybose žaistos minutės. Pastabos: Kon. — kontrolinė reikšmė, Pi — pirmadienis, A — antradienis, T — trečiadienis, K — ketvirtadienis, P — penktadienis, Š — šeštadienis, S — sekmadienis, R — rytinė tren., D — dieninė tren., V*/min — žaistos minutės rungtynėse



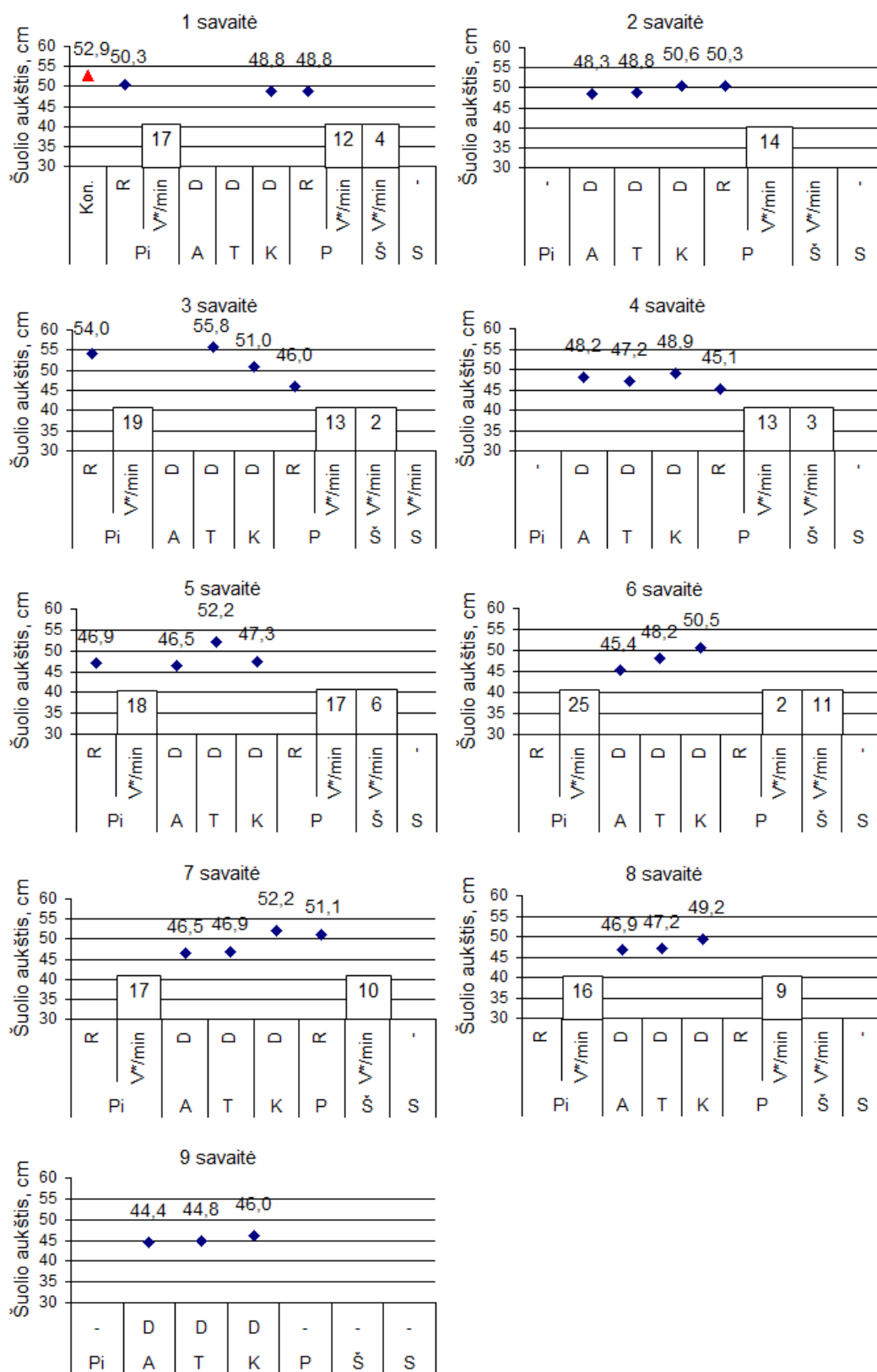
23 pav. L.M. žaidėjo šuolio į aukštį reikšmės ir varžybose žaistos minutės. Pastabos: Kon. — kontrolinė reikšmė, Pi — pirmadienis, A — antradienis, T — trečiadienis, K — ketvirtadienis, P — penktadienis, Š — šeštadienis, S — sekmadienis, R — rytinė tren., D — dieninė tren., V*/min — žaistos minutės rungtynėse



24 pav. P.M. žaidėjo šuolio į aukštį reikšmės ir varžybose žaistos minutės. Pastabos: Kon. — kontrolinė reikšmė, Pi — pirmadienis, A — antradienis, T — trečiadienis, K — ketvirtadienis, P — penktadienis, Š — šeštadienis, S — sekmadienis, R — rytinė tren., D — dieninė tren., V*/min — žaistos minutės rungtynėse



25 pav. T.U. žaidėjo šuolio į aukštį reikšmės ir varžybose žaistos minutės. Pastabos: Kon. — kontrolinė reikšmė, Pi — pirmadienis, A — antradienis, T — trečiadienis, K — ketvirtadienis, P — penktadienis, Š — šeštadienis, S — sekmadienis, R — rytinė tren., D — dieninė tren., V*/min — žaistos minutės rungtynėse



26 pav. I.B. žaidėjo šuolio į aukštį reikšmės ir varžybose žaistos minutės. Pastabos: Kon. — kontrolinė reikšmė, *Pi* — pirmadienis, *A* — antradienis, *T* — trečiadienis, *K* — ketvirtadienis, *P* — penktadienis, *Š* — šeštadienis, *S* — sekmadienis, *R* — rytinė tren., *D* — dieninė tren., *V*/min* — žaistos minutės rungtynėse