

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

**SAULIUS MOMKAUSKAS**

**JAUNŲJŲ KREPŠININKŲ GREITUMO JĖGOS**  
**SAVYBĖS KITIMAS FIZINIŲ KRŪVIŲ IR**  
**ATSIGAVIMO PO JŲ METU**

**MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS**

Darbo vadovas: prof. habil. dr. S. Stonkus

KAUNAS 2006

# TURINYS

<b>SANTRAUKA</b> .....	4
<b>SUMMARY</b> .....	5
<b>ĮVADAS</b> .....	6
<b>1. LITERATŪROS APŽVALGA</b> .....	8
1.1. Tiriamųjų krepšininkų amžiaus tarpsnio ypatumai .....	8
1.2. Jaunųjų krepšininkų fizinio rengimo pagrindai .....	9
1.2.1. Greitumas ir jo lavinimo ypatumai .....	10
1.2.2. Jėga ir jos lavinimo ypatumai .....	11
1.2.3. Ištvėrmė ir jos lavinimo ypatumai .....	12
1.3. Fiziologinė krepšinio charakteristika .....	14
1.4. Fiziologiniai ir biomechaniniai veiksniai lemiantys greitumo jėgą (šoklumą) .....	15
1.5. Greitumo jėgos (šoklumo) kitimas dėl amžiaus bei pratybų krūvių specifikos .....	21
1.6. Įvairių sporto šakų atletų greitumo jėgos ypatumai.....	22
1.7. Raumenų susitraukimo ir atsipalaidavimo mechanizmai .....	26
1.8. Raumenų nuovargis .....	28
1.9. Raumenų atsigavimas.....	31
<b>2. TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS</b> .....	32
2.1. Tyrimo eiga ir organizavimas.....	32
2.2. Tyrimo metodai .....	34
2.3. Tiriamieji .....	36
<b>3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS</b> .....	37
3.1. Šuolių (hp90, Dj90 ir Dj135) aukščio kitimas prieš krūvį, po krūvio ir po poilsio.....	37
3.2. Raumenų nuovargio ir atsigavimo indeksų nustatymas .....	40
3.3. Raumenų kompozicijos nustatymas ir šuolių aukščio kitimas 1 min. testo metu .....	43
3.4. Kojų raumenų skausmo įvertinimas po darbo .....	46
<b>IŠVADOS</b> .....	48
<b>LITERATŪRA</b> .....	49

## SANTRUMPOS

<b>CNS</b>	Centrinė nervų sistema
<b>Na<sup>+</sup></b>	Natrio jonai
<b>K<sup>+</sup></b>	Kalio jonai
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Kalcio jonai
<b>N<sup>+</sup></b>	Azoto jonai
<b>Mg<sup>+</sup></b>	Magnio jonai
<b>DHP</b>	Dihidropiridinas
<b>ATF</b>	Adenozintrifosfatas
<b>ADF</b>	Adenozindifosfatas
<b>RS</b>	Raumeninė skaidula
<b>GSRS</b>	Greitai susitraukianti raumeninė skaidula
<b>LKKA</b>	Lietuvos Kūno Kultūros Akademija
<b>AI</b>	Atsigavimo indeksas
<b>NI</b>	Nuovargio indeksas
<b>Max</b>	Maksimali reikšmė
<b>Min</b>	Minimali reikšmė
<b>Hp90</b>	Šuolis į aukštį pritūpiant iki 90° kampo per kelio sąnarius
<b>Dj90</b>	Šuolis į aukštį nuo pakyls pritūpiant iki 90° kampo per kelio sąnarius
<b>Dj135</b>	Šuolis į aukštį nuo pakyls pritūpiant iki 135° kampo per kelio sąnarius

# JAUNŪJŲ KREPŠININKŲ GREITUMO JĖGOS SAVYBĖS KITIMAS FIZINIŲ KRŪVIŲ IR ATSIGAVIMO PO JŲ METU

## SANTRAUKA

Darbe tirti jaunųjų krepšininkų (15–16 metų) amžiaus greitumo jėgos rodikliai ir jų kaita. Tyrimai atlikti 2006 metais sausio – vasario mėnesiais, tyrime dalyvavo 15 įvairių amplitua jaunųjų krepšininkų. Tyrimo tikslas – ištirti kaip kinta krepšininkų greitumo jėgos rodikliai fizinių krūvių ir atsigavimo po jų metu. Atsižvelgiant į jaunųjų krepšininkų amžiaus tarpsnio ypatumus, greitumo jėgos fizinės ypatybės svarbą, jau atliktus tyrimus aktuali yra mokslinė problema: nustatyti kaip kinta jaunųjų krepšininkų greitumo jėgos ypatybė taikant įvairius fizinius krūvius ir atsigavimo po jų metu. Uždaviniai: nustatyti jaunųjų krepšininkų šuolių (hp90, Dj90 ir Dj135) aukštį, jo kitimą prieš krūvį, po krūvio ir atsigavimo metu, nustatyti raumenų nuovargio ir atsigavimo indeksus, taip pat jaunųjų krepšininkų griaučių raumenų kompoziciją, šuolių aukščio kitimą maksimalaus intensyvumo darbo metu, įvertinti kojų raumenų skausmą po darbo. Sporto pratybų metu po 10 min. pramankštos tiriamieji krepšininkai kiekvienu būdu (hp90, Dj90, Dj135) atliko po 3 bandomuosius šuolius, paskui po tris kontrolinius šuolius. Po kontrolinių šuolių, sekė didelio intensyvumo krūvis (1 min. testas). Tiriamieji turėjo atlikti 1 minutę trunkančių didžiausio galingumo šuolių seriją. Po krūvio tiriamieji atliko vėl po 3 kontrolinius šuolius (visais aprašytais būdais). Valandą laiko jaunesni krepšininkai ilsėjosi. Praėjus valandai vėl pramankšta ir vėl 3 kontroliniai šuoliai. Šuolių aukščiui nustatyti buvo naudojama kontaktinė platforma, sujungta su personaliniu kompiuteriu. Literatūros šaltinių analizės pagalba pagrįstos greitumo jėgos, jų tyrimo svarbos ir metodologijos teorinės prielaidos, patikslinta tyrimo metodika, interpretuoti ir įvertinti tyrimo rezultatai. Šoklumas buvo nustatomas naudojant vertikalių šuolių testus. Šuoliai buvo atliekami pagal pasaulyje plačiai taikomas Bosco (1983a, b) šoklumo testavimo metodikas. Apklausus tiriamuosius įvertintas kojų raumenų skausmas balais po 24, 48 ir 72 valandų. Tyrimo rezultatai apdoroti matematinės statistikos metodais.

Tyrimo metu nustatyta, kad didžiausias vertikalaus šuolio aukštis atliekant Dj90 būdu ( $35,82 \pm 4,46$ ), mažiausias hp90 būdu ( $34,05 \pm 3,58$ ). Rezultatų skirtumas statistiškai patikimas. Didžiausias nuovargio indeksas  $6,87 \pm 2,81\%$  pasireiškia atliekant šuolius hp90 būdu. Jaunųjų krepšininkų raumenyse vyrauja (52,49%) greitosios raumeninės skaidulos. Šuolių aukščio pokyčiai lyginant su atsispyrimo laiku, yra didesni. Atliekant vertikalius šuolius, pasireiškia nuovargis lydimas kojų ir raumenų skausmo, išliekančio net kelias paras, kuris patikimai ( $p < 0,05$ ) mažėja.

**Raktažodžiai:** jaunesni krepšininkai, greitumo jėga, vertikalus šuoliai, raumenų kompozicija, nuovargis, atsigavimas.

# **THE CHANGES IN ACCELERATION OF THE STRENGTH AND PHYSICAL CHARGES AND BECOMING WELL AGAIN OF THE YOUNG BASKETBALL PLAYERS**

## **SUMMARY**

It was investigated the indexes of physical charges and their changes among the basketball players of 15–16 years old. The survey was done in January and February, 2006 and there were 15 young basketballers. The aim of the survey was the changes of the young players in the acceleration of the physical strength and becoming well again. According to the peculiarities of the phases of the young players and the importance of the physical strength there was an actual research in this problem, that is, to ascertain the changes of the indexes of the acceleration of the strength pointing at various physical charges and becoming well afterwards. The aims were to ascertain the height of the players jump (hp90, Dj90 and Dj135), as well as their changes before the charge and after it, and becoming well afterwards, then to ascertain the tiredness of the muscles, the composition of the skeleton, the changes of the height of the jumps at the maximal intensity, and to ascertain the pain of the muscles. During the warming – up the players did three experimental jumps in these ways: hp90, Dj90, Dj135. Later, the young basketball players had to do three control jumps. Then, there was a 1 minute charge test in maximum power series of the jumps. After that, they did three control jumps in all the described ways. Then, the young players had a rest for one hour. After that they had a warming – up and then three control jumps. A contact platform was used to ascertain the height of the jump with the help of the personal computer. With the help of analysis of the literature there was substantiated the frequency of the strength, the preconditions of the theory of the importance and methodology, and were interpreted the results of the research. For example, to test the jump, the vertical jump tests were used, according to the world – famous Bosco (1983a, b) testing methods. In the investigating of the surveyers, the pain of the muscles was estimated in points after 24, 48, 72 hours. These results were amended in the methods of the mathematical statistics.

At analysing this material, the maximum vertical jump in the way of Dj90 was  $(35,82 \pm 4,46)$ , the least hp90 was  $(34,05 \pm 3,58)$ . The difference of the results is statistically reliable. The biggest index of tiredness  $6,87 \pm 2,81\%$  occur in doing jumps in the way of hp90. In the muscles of the young players there exist fibres of fast glycolytic muscles (52,49%). The changes of the height of the jumps in accordance to the time of the resistance are greater. In doing vertical jumps, tiredness occur, which is followed by the pain of the legs and muscles, which remains several days and then lessens ( $p < 0,05$ ).

**Keywords:** the young basketball players, the rapidness of the strength, the vertical jumps, the construction of the muscles, tiredness and becoming well again.

## ĮVADAS

Krepšininkų fizinis parengtumas, jų žaidimo veiksmingumas nemaža dalimi priklauso nuo greitumo jėgos – kai greitai susitraukinėjant raumenims, įveikiamas pasipriešinimas. Tai svarbiausia krepšininkų jėgos apraiška, ypač atliekant kūno valdymo technikos veiksmus, veiksmus pašokant (Stonkus, 2002b).

Reali greitumo jėgos išraiška – kompleksinis krepšininkų gebėjimas atsispyrimo jėga pakylėti save aukštyr – šoklumas. Gebėjimas laiku ir kuo aukščiau pašokti žaidžiant krepšinį sąlygoje ir kitų svarbių technikos veiksmų atlikimą, jų kokybę: metimus į krepšį pašokus, kova dėl atšokusio kamuolio, gynybos veiksmus (varžovo metimo į krepšį blokavimas) ir kt. (Ball, 1989; Klinzinc, 1994; Kellis, Tsitskaris ir kt. 1989). Svarbi sąlyga pašokant – šuolis vertikalus, leidžiantis pasiekti aukščiausią tašką (Aura, Viitasalo, 1989; Kellis, Tsitskaris ir kt. 1989; Balčiūnas, 2005).

Šoklumas gerėja organizmui augant ir bręstant, todėl labai reikšmingas laikotarpis yra paauglystė. Šis tarpsnis sutampa su didėjančiu motoriniu (judėjimo) aktyvumu, taip pat spartesniu motorikos (judėjimo) lavėjimu natūralaus brendimo laikotarpiu (Jaščaninas ir kt., 1989; Glenmark et al., 1992; Kraemer and Fleck, 1993). Raumenų susitraukimo efektyvumą lemia daugelis fiziologinių, biocheminių veiksnių, kuriems įtaką daro ne tik motorinės (judamosios) sistemos augimas ir brendimas, bet ir treniruotės krūviai (Hakkinen, 1994; Stanislovaitis, 1998). Literatūroje randama duomenų, kad jaunas organizmas geba „plastiškai“ adaptuotis prie fizinių krūvių (Komi, 1992; Kraemer & Fleck, 1993, Hakkinen, 1994), tačiau dar neaišku, kokie krūviai, jų struktūra, apimtis ir intensyvumas turėtų būti optimalūs, t.y. skatintų, o ne slopintų natūralaus augimo ir brendimo tempus. Kai kuriais tyrimų duomenimis, ilgai trunkantys krūviai gali lemti greitai susitraukiančių (greitųjų) raumeninių skaidulų transformavimąsi į lėtai susitraukiančias (lėtasias) raumenines skaidulas. Sporto pedagogai ir mokslininkai, remdamiesi organizmo adaptacijos dėsniniais, taiko keletą pagrindinių sporto treniruotės krūvio planavimo sistemų, kurios skiriasi krūvių paskirstymu ir jų atlikimo specifika (Komi, 1992; Wilmore, Costill, 1994; Karoblis, 1999).

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 krūviui specifikos, nuo kojų ir rankų darbo koordinacijos ir kt. (Ball, 1989; Balčiūnas, 2005).

Didelę reikšmę šoklumui turi nuovargis. Nuovargis limituoja organizmo darbingumą. Nuo jo atsiradimo, augimo tempų priklauso daugelio sporto šakų rezultatai. Atsiradus nuovargiui, labai sumažėja darbingumas, pasikeičia darbo pobūdis, sutrinka koordinacija, pasikeičia odos spalva, prakaituoja. Nuovargis glaudžiai susijęs su fiziniu ir protiniu darbu. Dirbant fizinį darbą daugiau

vargsta raumenys, dirbant protinį darbą – daugiau nervinė sistema. Reikia pažymėti, kad nuovargis didele dalimi priklauso nuo treniruotumo, organizmo individualių savybių, fizinio krūvio, darbo pobūdžio (Fitts, 1994).

### **Tyrimo aktualumas.**

Atsižvelgiant į jaunųjų krepšininkų amžiaus tarpsnio ypatumus, greitumo jėgos fizinės ypatybės svarbą, jau atliktus tyrimus aktuali yra **mokslinė problema: nustatyti kaip kinta jaunųjų krepšininkų greitumo jėgos ypatybė taikant įvairius fizinius krūvius ir atsigavimo po jų metu.**

### **Tyrimo objektas.**

Jaunųjų krepšininkų greitumo jėgos rodikliai ir jų kaita.

**Tyrimo tikslas** – ištirti kaip kinta krepšininkų greitumo jėgos rodikliai fizinių krūvių ir atsigavimo po jų metu.

### **Uždaviniai:**

1. Nustatyti jaunųjų krepšininkų šuolių (hp90, Dj90 ir Dj135) aukštį, jo kitimą prieš krūvį, po krūvio ir atsigavimo metu.
2. Nustatyti raumenų nuovargio ir atsigavimo indeksus.
3. Nustatyti jaunųjų krepšininkų griaučių raumenų kompoziciją, šuolių aukščio kitimą maksimalaus intensyvumo darbo metu.
4. Įvertinti kojų raumenų skausmą po darbo.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1. Tiriamųjų krepšininkų amžiaus tarpsnio ypatumai

Fizinis aktyvumas optimizuoja žmogaus genetinio aparato reguliuojamąjį poveikį viso organizmo augimui ir brendimui, t. y. padeda formuoti organizmo fenotipą: organizmo savybių kompleksą, atsirandantį jaunam žmogui augant ir bręstant.

Jauno žmogaus motorikos augimo ir brendimo tempai nėra vienodi. Išskiriami amžiaus tarpsniai, kurių metu suintensyvėja skeleto raumenų augimas, yra palankiausios sąlygos tam tikroms fizinėms ypatybėms ugdyti (Сологуб, 1987; Skurvydas, 1990, 1998; Salmons, 1994 ir kt.). 15–16 m. amžiuje, augant raumenų masei ir jėgai, gerėja judėjimo funkcinės koordinacinės galimybės, ryškėja judesių harmonija, individualizacija ir stabilizacija, smarkiai didėja darbingumas, gerėja atsigavimo vyksmas, vis aktyvesnis, savarankiškesnis ir kūrybingesnis darosi mąstymas. Dėl to ir pratybos darosi vis aktyvesnės, savarankiškesnės. Žaidėjai patys sugeba atskirti taisyklingus ir netaisyklingus judesius, veiksmus, tinkamai juos vertinti. Šiuo laikotarpiu daug dėmesio skiriama kokybiškam judesių atlikimui. Tai leidžia tikslingai tobulinti (įvairinti, greitinti, tikslinti) technikos veiksmus.

Labai svarbus uždavinys yra greitumo ypatybių apraiškų (lokomocinio greitumo, technikos veiksmų atlikimo ir kt.) lavinimas, kartu lavinant ir lankstumą, koordinacinius gebėjimus (Klimantowicz, 1999; Stonkus, 2002a, 2003 ir kt.).

Bompa (2000) daro išvadą, kad

- 15–18 m. sportininkai geba pakelti didesnius fizinius krūvius, negu ankstesniuose amžiaus tarpsniuose;
- šiame amžiaus tarpsnyje, esant kryptingam sportiniam rengimui, yra didžiausi parengtumo rodiklių prieaugiai;
- šiame amžiaus tarpsnyje turi vyrauti specialusis sportinis rengimas.

Penkiolikmečiai krepšininkai jau yra gerai įsisavinę krepšinio žaidimo pagrindus, iki automatizmo įvaldę žaidimo technikos veiksmus ir jų derinius (Balčiūnas, 2005). Šiame amžiaus tarpsnyje ima ryškėti ir gana dideli žaidėjų parengtumo skirtumai lyginant techninį ir fizinį parengtumą.

Todėl šio amžiaus tarpsnio žaidėjų sportinį rengimą būtina optimizuoti parenkant ir taikant individualius, kryptingus pratybų krūvius.

Fizinio rengimo srityje svarbiu uždaviniu yra parengti 15–16 m. krepšininkus pakelti vis didesnius (intensyvesnius) fizinius krūvius, kurie jų laukia perėjus į jaunių (17–18 m.) amžių (Balčiūnas, 2005).

14–16 m. amžiaus berniuko psichikai būdinga:

- ieško rimto modelio, kuriuo norėtų sekti;
- jis mėgsta aktyvius, veiklius žmones;
- kartu kritiškas, maištaujamai vertina autoritetus;
- lengvai sutrinkantis, pasiduodantis įvairioms nuotaikoms, nes galvoja, kad gali elgtis kaip suaugęs, bet daug kur dar elgiasi kaip vaikas;
- asmenybė yra keitimosi būsenoje, ją veikia psichiniai ir fiziniai veiksniai.

Somatiniai pokyčiai, būsenai:

- labai greitai auga: skeletas auga greičiau negu raumenys;
- trūksta jėgos kai kuriems fizinio rengimo uždaviniams spręsti;
- supраста koordinacija, ypač tų, kurių ilgos rankos ir kojos – būsimų aukštaūgių (Mc Carthy, 1996).

## 1.2. Jaunųjų krepšininkų fizinio rengimo pagrindai

Fizinis rengimas – fizinių pratimų, žaidimų naudojimas lavinant fizines ypatybes, kompleksinius gebėjimus ir norint išugdyti kurios nors specialios veiklos. Tai pagrindinė žmogaus harmoningo ugdymo ir sportinės treniruotės sudedamoji dalis (Stonkus, 2002b).

Pagrindiniais jaunųjų krepšininkų fizinio rengimo uždaviniais yra:

- Funkcinių organizmo sistemų vystymo ir mobilizacinių galimybių gerinimas (funkcinis rengimas);
- Fizinių ypatybių bei su jomis susijusių kompleksinių gebėjimų, laiduojančių žaidimo veiksmingumą lavinimas (atletinis rengimas) (Stonkus, 2002, 2003 ir kt.).

Nemaža autorių (Mc Carthy, 1996; Carmenati, 1998 ir kt.) pripažindami, kad jaunųjų krepšininkų fizinių ypatybių, kompleksinių gebėjimų lavinimas turi būti derinamas su technikos veiksmų tobulinimu, mano, kad būtina fiziniam rengimui skirti ir atskirą laiką, ir atskiras pratybas arba jų dalį.

Krepšininkų fizinio rengimo programa turėtų būti nesudėtinga, apimanti bendrojo ir specialiojo rengimo pratimus.

Svarbu, kad ši programa padėtų ugdyti visas krepšininkui reikalingas fizines ypatybes ir kompleksinius gebėjimus.

Yra nuomonių, kad įgyti ir palaikyti gerą fizinį parengtumą svarbiausia yra kuo daugiau žaisti, rungtyniauti. Tačiau vien žaidžiant krepšinį negalima tikėtis fizinio parengtumo, veiksmingo jo gerėjimo. Reikalingas specialus fizinis rengimas (Brittenham, 1996).

Pagrindinėmis krepšininkų fizinėmis ypatybėmis ir kompleksiniais gebėjimais, nuo kurių priklauso žaidimo kokybė, sportiniai rezultatai pagrindinėse, svarbiausiose varžybose, charakterizuojančiais krepšininkų fizinį parengtumą daugelis autorių (McCarthy, 1996;

Klimantowicz, 1999; Stonkus, 2003 ir kt.) laiko **lokomocinį greitumą, greitumo jėgą** (šoklumą) ir **specialiąją ištvėrmę**, nepamiršdami ir lankstumo bei koordinacijos.

Tik objektyviai įvertinus šių fizinių ypatybių išugdymo lygį, sudaromos (įmanoma sudaryti) tikslingas jaunųjų krepšininkų rengimo programas, modelius (Balčiūnas, 2005).

### ***1.2.1. Greitumas ir jo lavinimo ypatumai***

Greitumas – gebėjimas atlikti judesius, veiksmus įvairiomis sąlygomis (ir esant pasipriešinimui) per trumpiausią laiką (Stonkus, 2002).

Kompleksiniai greitumo gebėjimai esant sudėtingai varžybiniai (ir pratybų) veiklai priklauso nuo įvairių greitumo apraiškų (judėjimo, reagavimo, ir kt.), kitų fizinių ypatybių išugdymo ir techninio parengtumo.

Konkreto judesio, veiksmo platumas priklauso visų pirma nuo judėjimo aparato prisitaikymo prie esamų judėjimo uždavinių sprendimo sąlygų ir racionalios raumenų koordinacijos įsisavinimo, leidžiančių pilnai išnaudoti individualias žmogaus nervų – raumenų sistemos galimybes (Wilmore, Costill, 2004).

Judesių, veiksmų greitumą žaidžiant sportinius žaidimus (krepšinį) įtakoja ir anticipacinė (išankstinio įvykio suvokimo, numatymo) reakcija.

Svarbi yra ir diferencijuojančioji reakcija – viena iš sudėtingiausių reagavimo į kintančias situacijas rūšių, reikalaujanti didelio dėmesio sukaupimo, pasirenkant tinkamiausią atsakomąjį veiksmą, jį nutraukiant arba pasirenkant dar kitą, labiau tinkantį pasikeitusios situacijos sprendimui veiksmą.

Greitumo gebėjimas atliekant sudėtingus judėjimo veiksmus, jų deriniai yra kompleksiški. Juos sudaro greitumo apraiškos (formos), įvairūs jų deriniai kartu su kitomis fizinėmis ypatybėmis ir technikos veiksmų įgūdžiais.

Viena iš kompleksinio greitumo gebėjimų pasireiškimo prielaidų yra nervinių procesų paslankumas ir nervinės – raumenų koordinacijos lygis (Sale, 1992 ir kt.).

Greitumo gebėjimams įtakos turi ir raumeninio audinio ypatumai – įvairių raumeninių skaidulų savybės, jų elastingumas, raumens ir tarptraumeninė koordinacija (Платонов 2004). Greitumo gebėjimų pasireiškimas susijęs ir su jėgos, lankstumo bei koordinaciniais gebėjimais (Wilmore, Costill, 2004; Платонов, 2004).

Žaidžiant krepšinį svarbios yra 5 greitumo apraiškos: reagavimo, lokomocinis, technikos, veiksmų atlikimo, tarpusavio bendravimo ir perėjimo nuo vienokios veiklos prie kitokios (iš puolimo į gynybą ir atvirkščiai) greitumas. (Stonkus, 2002, 2003)

Carmenati (1998) mokantis žaisti ir žaidžiant krepšinį, akcentuoja kuo greitesnį tikslių technikos veikimų ir jų derinių atlikimo greitumą, kuris priklauso nuo žinojimo, kaip reikia tą

veiksmą (veiksmus) atlikti. Kitų greitumo apraiškų bei fizinių ypatybių ir kompleksinių gebėjimų (pvz., specialiosios ištvėrmės, koordinacijos).

15–16 m. amžiaus tarpsnyje, augant jaunųjų krepšininkų raumenų masei ir jėgai, gerėjant funkcinėms koordinacinėms judėjimo galimybėms, ryškėjant judesių koordinuotumui, didėjant darbingumui, svarbu tampa lokomocinio greitumo lavinimas (Платонов, 2004; Klimontowize, 1999 ir kt.).

Lokomocinis greitumas – žaidėjo gebėjimas koordinuotais judesiais sparčiai keisti buvimo vietą aikštėje (Stonkus, 2002), priklauso nuo raumenų, dalyvaujančių atliekant specifinius judesius galingumo, startinio greičio, atskirų judesių greitumo, startinio greičio, atskirų judesių greitumo 15–16 m. amžiaus tarpsnyje šios jaunųjų krepšininkų galimybės gerėja, todėl ir lokomociniam greitumui beveik yra pakankamos sąlygos.

Курамщин (2004) daro išvadą, kad 15–16 m. amžiuje yra palankios sąlygos lavinti lokomocinį, reagavimo greitumą, greitumo jėgą, pusiausvyrą, judesių tikslumą, lankstumą.

### ***1.2.2. Jėga ir jos lavinimo ypatumai***

Jėga – fizinė ypatybė – organizmo gebėjimas įveikti išorės pasipriešinimą arba priešintis jam vieno raumenų susitraukimo metu (Stonkus, 2002).

Jėga gali būti suvokiama trimis aspektais:

- mechanikos – tai vektorinis dydis, nusakantis kūnų mechaninę sąveiką. Jėgos veikiamas, kūnas deformuojasi arba kinta jo judėjimo būseną.
- fiziologinis – tai žmogaus judesių, judėjimo šaltinis, gebėjimas ir galėjimas atlikti fizinius veiksmus, vertinti, kūno arba jo dalių judėjimo, lokomocijos priežastis.
- pedagogikos arba didaktikos – tai svarbi kokybinė žmogaus valdomų judesių konkretiems judėjimo uždaviniams spręsti – sąlyga (Choutka, Dovalil, 1987).

Krepšininkų fizinis parengtumas, jų žaidimo veiksmingumas nemaža dalimi priklauso nuo **greitumo jėgos** – kai greitai susitraukinėjant raumenims, įveikiamas pasipriešinimas (Stonkus, 2002).

Per vienas rungtynes krepšininkas didžiausiomis arba beveik didžiausiomis pastangomis pašoka vidutiniškai po 80–120 kartų, apie 300 kartų keičia bėgimo kryptį ir greitį (Neumann, 1999).

Šuolio aukštis ir savalaikiškumas priklauso, visų pirma, nuo:

- absoliučios tiesiamųjų apatinių galūnių raumenų jėgos;
- impulso (reagavimo) greičio. Kojų raumenų susitraukimo greičio; t.y. nuo krepšininko greitumo jėgos išugdymo lygio;
- judesių koordinacijos (Stonkus 2003; Ball, 1989 ir kt.).

Платонов (2004) raumenų jėgą apibūdina kaip nervų – raumenų sistemos gebėjimą mobilizuoti funkcinį organizmo potencialą pasiekiant kuo didesnę jėgą per trumpiausią laiką.

Jaunųjų krepšininkų jėgos ugdymo metodikos ir technologijos problemos nagrinėjamos pradedant vaikų amžiumi. Akcentuotas trumpalaikis vaikų jėgos ugdymas su pasipriešinimu nors laikinai padidina jėgą (nervinės – raumeninės aktyvizacijos dėka) neturi jokios (arba turi labai mažą) įtaką raumenų masės didėjimui, sportiniams rezultatams, traumų profilaktikai, kraujotakos sistemai.

Хартманн, Тюннеманн (1988), remdamiesi atliktais tyrimais teigia: kad nors paauglio amžiuje organizmas pasižymi puikiomis adaptacinėmis galimybėmis, jėgos ugdymas šiame amžiaus tarpsnyje (15–16 m.) ribojamas, nes jėgos ir išvermės lavėjimas labai priklauso nuo augimo ir lytinių hormonų.

Karoblio (1999) duomenimis **greitumo jėga** veiksmingiausiai gerėja iki 16–17 m.

### ***1.2.3. Išvermė ir jos lavinimo ypatumai***

Išvermė – fizinė ypatybė – gebėjimas dirbti nustatyto pobūdžio darbą ilgą laiko tarpą arba intensyviai dirbti nustatytą laiko tarpą; gebėjimas pakelti nuovargį, atsirandantį pratybų ar varžybų metu (Stonkus, 2002).

Kadangi išvermės poreikis yra specifinis, atitinkantis sportinės kovos – rungčių – pobūdį krepšininkams ypač svarbi specialioji žaidimo išvermė – gebėjimas nemažėjančiu intensyvumu ir veiksmingumu atlikti visus reikiamus veiksmus per vienas rungtynes arba per varžybas (Stonkus, 2002).

Krepšininkų specialioji žaidimo išvermė priklauso nuo:

- funkcinio parengtumo (visų pirma nuo kraujotakos ir kvėpavimo sistemų būsenos) lygio;
- centrinės nervų sistemos būsenos: nervinių centrų atsparumo ilgam aktyvumui;
- medžiagų apykaitos kokybės;
- kitų fizinių ypatybių išlavavimo;
- technikos veiksmų atlikimo tobulumo (ekonomiškumo) (Neumann, 1999).

Jaunųjų krepšininkų specialioji žaidimo išvermė, kaip ir kitos fizinės ypatybės gerėja netolygiai. Iki 15 m. geriau gerėja dinaminė išvermė, 15–16 m. amžiaus tarpsnyje vienodai gerai gerėja ir statinė ir dinaminė išvermė. Greitumo jėgos (šoklumo) išvermė sparčiausiai gerėja iki 13 m. (Сологуб, 1987).

Šoklumo išvermė daugiausia priklauso nuo anaerobinės tiriamojo asmens išvermės. Anaerobinę išvermę galima skirstyti į anaerobinę alaktatinę ir anaerobinę laktatinę. Alaktatinę išvermę lemia raumenų ir nervų sistemos atsparumas nuovargiui. Anaerobinę laktatinę išvermę

lemia laktato susidarymo greitis, laktato pašalinimo greitis bei CNS atsparumas acidozei (Stasiulis, 1996). Vadinasi svarbu ne vien dirbančių raumenų, bet ir viso organizmo savybės. Iš raumeninių veiksnių anaerobinei ištvermei yra reikšmingas glikolizę ribojančių fermentų kiekis ir izoformas. Kitas veiksnys – tai glikogeno kiekis ir jo skilimą (glikogenolizę) ribojančių fermentų aktyvumo reguliavimas. Tam tikrą svarbą gali turėti ir gliukozės kiekis ekstraląstelinėje terpėje, ypač jos pernešimo į raumeninės skaidulas greitis (Racker, 1965). Tačiau maksimalaus ir submaksimalaus aerobinio intensyvumo darbo metu išskirtinis yra raumenų glikogeno vaidmuo. Pavyzdžiui, dirbant tokį darbą gliukozės buvimas neturi įtakos glikogeno skilimo raumenyse greičiui (Wahren, 1977). Tiesa, nuovargis šio darbo metu nėra tiesiogiai susijęs su glikogeno trūkumu. Nemažą reikšmę glikolizės ir glikogenolizės greičiui turi tokios vidinės terpės savybės, kaip rūgščių ir bazių pusiausvyra, oksidacijos redukcijos potencialas ir temperatūra. Laktatas, susidarantis raumenyse, patenka į kraują ir gali paveikti centrinės nervų sistemos darbingumą, vegetacinių sistemų aktyvumą. Raumenų ir kraujo laktato santykį nulemia anaerobinėmis sąlygomis dirbančių raumenų masė ir cirkuliuojančio kraujo kiekis, buferinių sistemų kiekis audiniuose ir vandenilio jonų difuzijos greitis, raumenų kraujotaka (Boileau et al., 1983). Laktatas, susidarantis sunkaus fizinio darbo metu (daugiausia greitosiose skaidulose), yra nuolat oksiduojamas. Nuo laktato difuzijos iš raumenų ir laktato pašalinimo greičio labai priklauso anaerobinė laktatinė ištvermė. Yra duomenų, kad laktato šalinimas dėl fizinio krūvio poveikio gali pagreitėti. Net ir padidėjęs aerobinės oksidacijos greitis gali pagreitinti laktato šalinimo procesą, kartu padidinti anaerobinę ištvermę (Komi, 1992; Hakkinen, 1994).

#### *Krūvių poveikis šoklumui ir šoklumo ištvermės kitimui*

Augant ir bręstant organizmui, gerėja ne tik šoklumas, bet ir anaerobinė ištvermė (Falk & Bar-Or, 1993), kuri yra šoklumo ištvermės pagrindas. Iki šiol dar neaišku kaip šoklumo ir šoklumo ištvermės kitimas priklauso nuo natūralaus organizmo augimo bei šoklumą ugdančių fizinių krūvių.

Ugdant anaerobinę ištvermę, gerėja šoklumo ištvermė, o šoklumas gali net suprastėti. Nustatyta, kad ugdant aerobinę ištvermę, gali pagerėti raumenų susitraukimo galingumo po krūvių rodikliai, nes jų atsigavimo tempai priklauso nuo ATF resintezės intensyvumo raumenyse. Taip pat ištirta, kad ATF resintezės greitis priklauso nuo aerobinio raumenų darbingumo (Яковлев, 1974; Saklin & Henrikon, 1984).

Tarp atliekamo krūvio dydžio ir intensyvumo yra atvirkštinė priklausomybė: kuo intensyviau dirbama, tuo darbas trumpesnis. Sportininkų organizmo adaptacinių rezervų mobilizavimas labiausiai priklauso nuo pratybų krūvio intensyvumo. Pirma, kuo intensyvesnis darbas, tuo daugiau mobilizuojama greitųjų raumeninių skaidulų. Pačioms greičiausiomis raumeninėms skaiduloms mobilizuoti būtina labai stipri sportininko motyvacija bei susikaupimas. To galima pasiekti tik trumpą laiką tarpą. Reguliariai taikant maksimalaus intensyvumo krūvius

sportininkų organizmas persitemptų, todėl labai intensyvios pratybos negali būti rengiamos ištiesus metus, o tik tam tikrais sportinio rengimo laikotarpiais. Be to nustatyta, kad maksimalaus intensyvumo krūviai nuvargina sportininkų psichiką labiau negu raumenis (Sale, 1988; Komi; 1992; Hakinen; 1994). Todėl rekomenduotina po labai didelių, intensyvių krūvių ciklo, sumažinti krūvio intensyvumą.

Apibendrinus specialiąją mokslinę literatūrą, nagrinėjančią šoklumo ugdymo problemas, matyti, kad sportininkų šoklumo ugdymas priklauso ne tik nuo treniruočių krūvių, bet ir nuo natūralaus organizmo augimo bei brendimo. Jei fiziniai krūviai derinami su organizmo augimo ir brendimo ypatumais, tada gali žymiai padidėti šoklumas. Be to pagrindine šoklumo ugdymo problema yra tinkamas optimalaus dydžio krūvių paskirstymas, nes išugdyti šoklumą galima per trumpą laiką, tačiau jeigu jis toliau bus nepalaikomas, šios fizinės ypatybės reikšmės gerokai sumažės.

### **1.3. Fiziologinė krepšinio charakteristika**

Krepšiniui būdingi mišraus tipo cikliniai ir acikliniai, daugiausia nestandartiniai, dinamiški, intensyvūs judesiai, kai kūnas perkeliamas erdvėje, nugalimas varžovo pasipriešinimas, kai atliekami veiksmai su kamuoliu nuolat kintančiomis sąlygomis, esant didelei psichinei įtampai. Kintančios situacijos lemia motorinės veiklos pobūdį. Žaidžiant labiausiai apkraunami kojų raumenys, o liemens ir rankų – mažiau. Raumenų veikla dinamiška, tik kartkarčiais esti trumpalaikė – statinė.

Žaidimo metu atliekamo darbo galingumas svyruoja nuo vidutinio (lėtas bėgimas ar net ėjimas) iki maksimalaus (aktyvi gynyba, greitas puolimas). Žaidėjų širdies susitraukimų dažnis (ŠSD) tuo metu siekia 210–230 k/min. (Dobry, 1986; Klimantowicz, 1999 ir kt.).

Krepšininko per rungtynes atliekamo viso darbo vidutinis galingumas pagal fiziologinę fizinių pratimų klasifikaciją yra didelis.

Veiklos pobūdis žaidžiant krepšinį gana įvairus. Tai veiklai būdinga:

- galingi vienkartiniai raumenų susitraukimai, vienkartiniai judesiai (pvz., pašokant), kai mechaninės energijos gamybai pakanka ATF (adenazintrifosfato rūgšties);
- labai trumpos (2–8 sek.) didžiausio intensyvumo pastangos (pvz., trumpi galingi pagreitėjimai), kai energiją gaminant vyrauja anaerobinės alaktatinės reakcijos (ATF resintezė iš KF);
- trumpos (10–40 sek.) didelio intensyvumo pastangos, kai energijos gamyboje vyrauja mišrios anaerobinės alaktatinės ir glikolitinės reakcijos;
- neilgai trunkančios (40–150 sek.) didžiausios pastangos, kai energijos gamyboje vyrauja anaerobinės glikolitinės reakcijos. Tokio pobūdžio fizinių krūvių metu medžiagų apykaita pasiekia

beveik didžiausią intensyvumą, 77–90% energijos gaunama anaerobiniu būdu. Labai intensyviai funkcionuoja širdies ir kraujagyslių bei kvėpavimo sistemos. ŠSD siekia 180–230 k/min., deguonies skola 7–10 l. Po tokio pobūdžio veiklos eina ilgesnis ar trumpesnis aktyvaus poilsio (mažesnio intensyvumo žaidimo) tarpsnis;

- kiek ilgiau trunkančios (300–420 sek.) didelės pastangos. Medžiagų apykaita vidutinio intensyvumo, aerobinė ATF resintezė sudaro iki 80%. Kraujotakos ir kvėpavimo sistemos funkcionuoja intensyviai: ŠSD 170–190 k/min., deguonies skola 7–10 l;

- ilgai trunkanti vidutinio intensyvumo veikla, kai pagrindinis energijos šaltinis yra aerobinės reakcijos (90 %), pulsas – 140–170 tvinksnų per minutę, deguonies skola iki 3–5 l;

- nelabai intensyvi veikla: pertraukos, keitimai, baudos metimai ir t.t.

Krepšinio žaidimas turi įtakos visų fiziologinių funkcijų plėtojimuisi. Tai rodo geresnės vegetacinės reakcijos, kurias nuolat veikia padidėjęs centrinės nervų sistemos (CNS) dirginimas, nenutrūkstantis emociniai impulsai.

Kita vertus, žaidžiant krepšinį, specializuojantis ir siekiant gerų sportinių rezultatų, dideli reikalavimai keliami visoms žmogaus organizmo funkcijoms.

Žaidžiant įvairaus intensyvumo veikla kaitaliojasi netolygiai. Todėl organizmas turi būti labai gerai parengtas funkcinio požiūriu (Stonkus, 2003).

#### **1.4. Fiziologiniai ir biomechaniniai veiksniai lemiantys greitumo jėgą (šoklumą)**

Žmogus geba atlikti labai daug įvairių judesių, kurie pasižymi tam tikrais fiziologiniais ir biomechaniniais ypatumais. Regis, paprastas, nereikalaujantis ypatingų koordinacinių gebėjimų, šuolis į aukštį iš vietos priklauso ne tik nuo sportininko raumenų (periferinių veiksnių), bet ir nuo centrinės nervų sistemos (CNS) valdymo mechanizmų dirginimo (Viitasalo & Bosco, 1982; Schmidt, 1988; Skurvydas ir kt., 1990). Be to, tų pačių, bet skirtingais būdais atliekamų šuolių didžiausias indėlis gali būti nevienareikšmis (Bosco et al., 1983a, 1983b, 1984, 1986; Schmidtleicher et al., 1987; Skurvydas ir kt., 1988; Komi, 1992; Hakkinen, 1994), nors manoma, kad net ir skirtingais būdais atliekamų šuolių motorinė programa (valdoma galvos smegenų motorinių darinių) yra, jei ne tokia pat, tai labai panaši (Gurfinkel & Levik, 1985; Schmidt, 1988). Šoklumas – tai daugialypė fizinė ypatybė, apibūdinama daugelio veiksnių, kuriuos būtų galima įvardyti kaip periferinius raumenų veiksnius:

1. Raumenų kompozicija: kuo daugiau raumenyse yra greitai susitraukiančių (greitųjų) raumeninių skaidulų (RS), tuo geresnis tiriamųjų šoklumas (Bosco et al., 1983a, 1983b; Hakkinen, 1994). Sportininkai, kurių raumenyse vyrauja greitos, greitai vargstančios raumeninės skaidulos, gerai realizuoja šoklumo galimybes esant didesniai atsispyrimo greičiui.

2. Greitųjų raumeninių skaidulų hipertrofija: kuo daugiau greitosiose RS yra miofibrilių, tuo

didesnį galingumą įgyja raumuo (Gurfinkel & Levik, 1985; Astrad & Rodahl, 1986; Fitts et al., 1991; Goldspink, 1992; Enoka, 1994).

3. Raumenų ir sausgyslių elastingumas (Bosco et al., 1982, 1983b, 1984): jis priklauso nuo miozino tiltelių ir aktino, karkasinių raumeninės ląstelės baltymų bei RS membranos elastingumo. Pavyzdžiui, kuo ilgesnis raumuo, tuo daugiau elastingos energijos sukaupiama amortizuojamai pritūpiant, o tai lemia atliekamo šuolio dydį. Manoma, kad dėl raumenų ir sausgyslių elastingumo, šoklumo savybės gali pagerėti apie 15–40 proc. (Bosco et al., 1983c).

4. RS prisitvirtinimo prie sausgyslės kampas (Enoka, 1994); susidaro greičio jėgos svertas. Kuo didesnis atstumas nuo sausgyslės prisitvirtinimo prie kaulo iki sverta, tuo mažiau reikia skeleto raumenų jėgos, norint pasiekti tą patį jėgos lygį. Priešingu atveju, kada šis atstumas mažesnis susidaro greičio svertas. Vadinasi susitraukiant raumenims dideliu greičiu, tačiau esant jėgos svertui, judesys gali būti atliekamas lėtai.

5. Raumens susitraukimo (sutrumpėjimo) ar išsitempimo ilgis arba pritūpimo ilgis arba pritūpimo dydis. Greitumo jėga (šoklumas) daug priklauso nuo treniruotumo, nervų – raumenų aparato adaptacijos fiziniams krūviams specifikos. Atliekant šuolį į aukštį iš vietos su pritūpimu iki 90° kampo suaugęs sportininkas privalo nugalėti išorinį pasipriešinimą, lygų 30–40% maksimalios kojų raumenų jėgos, o vaikai 40–60%. Vadinasi, siekiant efektyviausio šoklumo, nemažą vaidmenį atlieka raumenų jėga. Sportininkai, kurių raumenyse vyrauja greitos, greitai vargstančios raumeninės skaidulos, norėdami aukštai pašokti, prieš atlikdami šuolį, turi pritūpti daugiau ir lėčiau, o tie sportininkai, kurių raumenyse vyrauja lėtos, lėtai vargstančios raumeninės skaidulos – mažiau ir greičiau. Reikia atsiminti, kad dėl nuovargio, greito sportininko daug labiau sumažėja šuolio aukštis. Tuo tarpu lėtas krepšininkas ar tenisininkas, varžybų pabaigoje gali šokti aukščiau negu greitas. Tai priklauso nuo raumenų kompozicijos ir tik nedaug nuo treniruotųjų krūvių.

Refleksiniai veiksniai gali būti šie:

1. Raumeninių verpsčių išsitempimo ilgis bei greitis: jas išstempiant, per Ia aferentus yra žadinami motoneuronai, kurie didesniu dažniu aktyvuoja RS (Gurfinkel & Levik, 1985; Bosco et al., 1986; Skurvydas ir kt., 1988; Komi, 1992; Hakkinen, 1994). Be to, išstempiant raumenines verpstes, rekrutuojama daugiau motorinių vienetų;

2. Sausgyslių išsitempimas: sausgyslėse glūdi Goldžio receptoriai, kuriuos sužadinus prislopinamas motoneuronų aktyvumas (Gurfinkel & Levik, 1985; Schmidtbleicher et al., 1987; Skurvydas ir kt., 1990; Komi, 1992). Taigi, kai sausgyslėse sužadinama daugiau Goldžio receptorių, tada gali silpnėti šoklumo savybės.

Dar reikėtų priminti šiuos nervinius veiksnius:

Motorinės programos sudarymo tikslumas: nuo jos priklauso agonistų, sinergistų, antogonistų, rankų ir kojų raumenų koordinacija, kuri padeda geriau atlikti šuolį (Sale, 1988; Schmidt, 1988; Skurvydas ir kt., 1988, 1990);

Motorinės programos įgyvendinimo efektyvumas: jei sportininkas yra reikiamai susikaupęs ir turi motyvaciją, tai iš motorinių centrų gali būti intensyviau siunčiami nerviniai impulsai į motoneuronus (Schmidt, 1988). Dėl šios priežasties didėja motoneuronų impulsavimo dažnis, vyksta jų mobilizaciją skatinantys procesai, taip pat didėja motoneuronų aktyvumo sinchronizacija. Greitumo jėga didele dalimi priklauso nuo centrinių nervinių, bei reflektorinių mechanizmų. Realizuoti judesius leidžia galvos ir nugaros smegenys (centrinė dalis) ir raumenys, kaulai, sausgyslės bei įvairūs judėjimo analizatoriaus receptoriai (periferinė dalis). Tarp jų yra glaudus funkcinis ryšys. Pavyzdžiui, prie pakitusių raumenų susitraukimo savybių greitai prisitaiko centriniai nerviniai mechanizmai, arba priešingai, raumenų susitraukimo mechanizmai prisitaiko prie pakitusių centrinių nervinių mechanizmų.

Yra keletas centrinių nervinių raumenų susitraukimo realizavimo mechanizmų (faktorijų). Vienas iš jų tai motorinių vienetų impulsacija. Didėjant motorinių vienetų impulsacijos dažniui, iki tam tikro dydžio, didėja ir jo susitraukimo jėga. Visi valingi judesiai atliekami dantytuoju tetanusu, t.y. raumuo dalinai atsipalaiduoja. Kuo didesniu dažnumu impulsuoja nervas, tuo ilgesnį laiką yra sužadinta raumeninė skaidula. Dėl to iš sarkoplazminio retikulumo išsiskiria į miofibriles daugiau Ca jonų, kurie paleidžia aktino ir miozino tiltelių sukibimo mechanizmą. Esant dideliame impulsacijos dažnumui, ne visi Ca jonai spėja grįžti į sarkoplazminį retikulumą. Todėl kinta Ca jonų bendras skaičius miofibrilėse. Vienkartinio susitraukimo jėga negali būti tokia didelė, kaip lygiojo ir dantytojo tetanuso ir todėl, kad vieno impulso srauto metu nespėja ištempti visų elastinių komponentų. Žinoma, kad prieš raumeniui atliekant tam tikrą išorinį darbą pirmiausiai turi būti ištempiami elastiniai komponentai. Kuo elastingesni raumenys, tuo ilgiau užtrunka šis procesas. Dažninant motorinių vienetų impulsaciją, jų susitraukimo jėga gali didėti dar ir todėl, kad esant palyginti mažiems tarpimpulsiniams intervalams, prasideda raumenų skaidulų postaktyvacinė potenciacija: eilinis impulsas duoda didesnę raumeninių skaidulų susitraukimo efektą. Motoneurono, kaip ir impulsacijos dažnumas priklauso nuo depoliarizacijos, repoliarizacijos ir hiperpoliarizacijos trukmės. Motoneuronas negali impulsuoti didesniu dažnumu negu tai leidžia padaryti depoliarizacijos, repoliarizacijos ir hiperpoliarizacijos trukmė. Depoliarizuotą membraną repoliarizuoja Na, K-ATP-azė. Kuo daugiau šio fermento, tuo didesniu dažnumu impulsus gali perduoti tam tikros struktūros.

Motorinių vienetų mobilizacija (rekrutavimas). Kuo daugiau mobilizuojama motorinių vienetų, tuo didesnę jėgą išvysto raumuo. Jei raumuo turi susitraukti nedidele jėga, tai pirmiausiai mobilizuojami lėtai susitraukiantys ir atsparūs nuovargiui motoriniai vienetai. Norint į darbą įtraukti

pačius greičiausias motorinius vienetus, būtina iš galvos smegenų į motoneuronus „pasiųsti“ labai intensyvių elektros pluoštą. Kadangi lėtų motorinių vienetų didesnė varža, tai juose ta pati elektros srovė greičiau pakeičia potencialų skirtumą, t. y. juos depoliarizuoja, sužadina jų aktyvumą. Vadinas, motoriniai vienetai įtraukiami į darbą pagal „dydžio principą“. Pastaruoju metu ištirta kad, rekrutavimo seka priklauso ne tik nuo dydžio, bet ir nuo to kiek jaudinančių ir slopinančių nervinių ląstelių turi su jomis kontaktus (sinapses). Pasirodo, kad žemo mobilizacijos slenksčio motoneuronai (lėtieji) turi daugiau kontaktinių ryšių su kitomis nervinėmis ląstelėmis, kas gali nulemti jų ankstesnį rekrutavimą. „Dydžio principas“ galioja tada, kada jėga tolygiai didinama. Nuoseklus motorinių vienetų mobilizavimas ne tik reguliuoja raumenų susitraukimo jėgą, bet ir didina jų darbo efektyvumą. Nemažai mokslininkų linkę manyti, kad atliekant judesius per labai trumpą laiko tarpą labai dideliu greičiu, būtų tikslinga mobilizuoti tik pačius greičiausių motorinius vienetus. Ištirta, kad kuo didesniu greičiu yra atliekamas judesys, tuo mažesne jėga mobilizuojami motoriniai vienetai. Atliekant judesius maksimaliu greičiu motoriniai vienetai yra mobilizuojami dar iki judesio pradžios. Mobilizuoja stuburo smegenys: į jas pasiunčiamas intensyvus elektros pluoštas, kuris beveik vienu metu gali sužadinti ir greitus, ir mažus (lėtus) motoneuronus. Kadangi greitojo motorinio vieneto aksonu nervinis impulsas perduodamas greičiau, negu lėtojo motorinio vieneto aksonu, tai gali susidaryti tokia situacija: stuburo smegenys ir lėtąjį, ir greitąjį motorinį vienetą mobilizuoja tuo pačiu metu, tačiau greitoji raumeninė skaidula susitrauks anksčiau, negu lėtoji. Iš to seka, kad „dydžio principas“ patikimesnis stuburo smegenims (Sale, 1988).

Motorinių vienetų sinchronizacija suprantama, kaip didelio kiekio motorinių vienetų mobilizavimas tuo pačiu momentu. Kuo stipriau ir greičiau raumu susitraukia, tuo daugiau mobilizuojama motorinių vienetų ir tuo didesniu dažnumu jie impulsuoja, didindami sinchronizaciją. Pastebėta, kad aukšto meistriškumo sportininkų sinchronizacija yra daug didesnė, negu nesportuojančių asmenų. Tačiau neaišku ar tai treniruočių krūvių, ar genetinių faktorių rezultatas. Motorinių vienetų sinchronizacija garantuoja didelę raumenų susitraukimo staigiąją jėgą.

Vidinė raumens koordinacija. Pastaruoju metu nemažai ginčijamasi, kurie iš mechanizmų yra svarbesni generuojant jėgą. Vieni mokslininkai labiau linkę manyti, kad pagrindinis mechanizmas yra impulsacija, o kiti – mobilizacija. Abu šie mechanizmai yra glaudžiai susiję. Valingomis maksimaliomis pastangomis atliekamų judesių metu ne visi motoriniai vienetai yra mobilizuojami, o ir mobilizuotieji impulsuoja ne tokiais dažnumais, kokiais gali impulsuoti, kad būtų atskirai aktyvuojami. Vyksta didelė konkurencija tarp impulsacijos ir mobilizacijos, ir tarp mobilizacijos ir impulsacijos. Ši konkurencija ir lemia vidinę raumenų koordinaciją. Jeigu būtų galima mobilizuoti visus motorinius vienetus ir priversti juos impulsuoti maksimaliais dažnumais, tai raumenų jėga padidėtų apie 3–4 kartus. Jeigu būtų labai gera vidinė raumenų koordinacija, tai galima ženkliai priartėti prie raumenų susitraukimo jėgos generavimo rezervo.

Motorinių vienetų impulsacijos ir mobilizacijos indėlis į raumenų jėgos generavimą taip pat priklauso nuo raumenų kompozicijos, treniruotumo ir t. t. Jeigu vienoje raumenų grupėje vyrauja lėtos raumeninės skaidulos, tai ir jų motoneuronai bus panašaus dydžio. Kuo panašesnio dydžio yra motoneuronai, tuo lengviau juos mobilizuoti. Kai jėga nedidelė, galima mobilizuoti palyginti daug motorinių vienetų.

Tarpraumeninė koordinacija taip pat turi įtakos šuolio aukščiui. Ji pasireiškia tarp raumenų sinergistų ir tarp antagonistų. Gera tarpraumeninė koordinacija didina ne tik judesių efektyvumą, bet ir ekonomiškumą. Gamta pasistengė „sukonstruoti“ mechanizmus taip, kad greitai atliekant judesius iš raumenų sinergistų pirmiausiai yra mobilizuojami lėtesni, o vėliau, kada judesys įgyja didesnę greitį, greitesni. Taigi ir sinergistų grupių darbo principas panašus į „dydžio principą“. Taip siekiama efektyvesnio judesio. Jeigu judesio pradžioje būtų aktyvuojami labai greitai susitraukiančios, o pabaigoje lėtai susitraukiančios raumenų grupės, tai pastarųjų indėlis realizuojant judesius būtų mažas, nes jos nespėtų, esant dideliems greičiams, efektyviai susitraukti.

Be antagonistų grupių koordinacijos neapsieinama norint ne tik greitai ir stipriai, bet ir tiksliai atlikti judesius. Kai judesiai atliekami labai tiksliai, tai tam tikrais momentais vienu metu sužadunami ir agonistas, ir antagonistas. Tačiau kai judesys atliekamas labai greitai ir didelėmis pastangomis, tada antagonistas darbui gali trukdyti. Sinergistų (agonistų) ir antagonistų veiklą koordinuoja centrinė nervų sistema.

Labai greitų ciklinių judesių (šuolių) dažnumas priklauso nuo agonisto ir antagonistų susitraukimo bei atsipalaidavimo greičio. Jei antagonistų grupė lėtesnė už agonistų, tai pratimai, atliekami maksimaliu galingumu gali būti ne tokie našūs. Dėl to dažnai įvyksta įvairūs lėtųjų raumenų grupių traumos (Schmidt, 1988).

Centriniai nerviniai judesių realizavimo mechanizmai (ir jų efektyvumas) priklauso nuo sportininko valios pastangų, susikaupimo ir t. t. Sportininkas gali daug greičiau ir galingiau atlikti tam tikrą varžybinį pratimą, jei jo gera motyvacija. Į pagalbą sportininkui turi ateiti treneris psichologas.

Raumenų susitraukimo funkciją lemia ir periferiniai faktoriai. Vienas iš jų – raumenų kompozicija. Vienuose raumenyse daugiau lėtai susitraukiančių, kitose – greitai susitraukiančių raumeninių skaidulų, o dar kitose – ir tokių, ir tokių po lygiai. Sportinių žaidimų šakų atstovų raumenyse vyrauja greitos raumeninės skaidulos. Jos stambesnės, turi daugiau miofibrilių, jų geriau išugdytas sarkoplazminis retikulumas. Greituose motoriniuose vienetuose skaidulų daugiau negu lėtuose. Fermento N, K-ATF –azės, aktyvumas didesnis tarp greitų raumeninių skaidulų, aktino miozino tiltelių susikibimo greitis didesnis greituose raumeninėse skaidulose. Pastaruoju metu išaiškinta, kad greitųjų ir lėtųjų raumeninių skaidulų skiriasi kontraktiliniai baltymai – greituose vyrauja „greitasis“ miozinas, o lėtuose – „lėtasis“ miozinas.

Prie periferinių faktorių priskiriama biomechaniniai faktoriai. Raumenų susitraukimo greitis bei jėga gali skirtis apie 10 kartų priklausomai nuo ilgio, RS tvirtinimosi prie sausgyslių kampo ir sausgyslių tvirtinimosi prie kaulo jėgos svorto peties ilgio. Jei raumeninės skaidulos tvirtinasi prie sausgyslių išilgai kaulo, tai raumuo geba padidinti greitį, o jeigu raumeninės skaidulos tvirtinasi tam tikru kampu (verpstės principu), raumuo išvysto didesnę jėgą.

Kiekvienas žmogaus raumuo dirba greičio svorto principu, t.y. judesio metu pasiekia didesni greitį, negu geba susitraukti arba priešingai – išvysto mažesnę nei geba jėgą. Taip atsitinka dėl to, kad raumenų sausgyslių tvirtinimosi prie kaulo ilgis (svorto petys) yra palyginti neilgas. Kuo svortas ilgesnis, tuo didesnės galimybės sužadinti maksimalią jėgą. Gali būti ir taip, kad vieno sportininko raumenys gali greičiau susitraukti, bet dėl ilgesnio peties judesys atliekamas lėčiau (Hakkinen et al., 1986).

Buvo manoma, kad kuo didesnė raumens masė, tuo didesnė raumens jėga. Vis dėlto kartais didelės raumenų masės sportininkai nepasižymi didele jėga, nes jėga priklauso nuo daugelio kitų veiksnių. Pavyzdžiui, nors raumeninės skaidulos nepastambėja, tačiau jų viduje gali būti padaugėję kontraktilinių baltymų. Raumeninių skaidulų jėga ir greitis priklauso nuo šių baltymų (aktino ir miozino) kiekio ir nuo daugelio fermentų – Na, K–ATF –azės, miozino ATF –azės pajėgumo pastarąjį nulemia kokybė ir kiekis. Raumenų susitraukimo efektyvumą lemia šie struktūriniai elementai: a) Na, K–ATF –azės, Ca–ATF –azės, miozino ATF –azės, Mg–ATF –azės kiekis, b) raumeninėje skaiduloje esančių sarkomerų skaičius ir ilgis, raumeninių skaidulų ilgis, c) raumeninių skaidulų skaičius viename motoriniame vienetu, d) miofibrilių storis ir kiekis, e) sarkoplazminio retikulumo kiekis, f) raumenų elastinio komponento (jungiamojo audinio) kiekis. Raumenų susitraukimo jėga, greitis ir galingumas priklauso nuo to, kaip greitai sukibs aktino miozino tilteliai ir kiek jų sukibs. Kuo didesnis miofibrilių skaičius, tuo daugiau gali susikibti aktino ir miozino tiltelių, tuo ilgesnis bus sarkomeras. Nuo sarkomero ilgio priklauso raumeninių skaidulų susitraukimo jėga. Kuo daugiau sarkomerų raumeninėje skaiduloje ir kuo jie trumpesni, tuo greičiau jie gali susitraukti. Patys ilgiausi sarkomerai aptikti moliuskų raumenyse. Jų susitraukimo jėga apie 3–6 kartus viršija žmogaus maksimalią jėgą. Kad kuo daugiau sukibtų aktino miozino tiltelių, būtina, jog iš sarkoplazminio retikulumo išeitų kuo daugiau Ca jonų. Susijungę su troponinu, šie jonai palaisvina aktyvų aktino centrą. Kad kuo daugiau Ca jonų išeitų iš sarkoplazminio retikulumo, būtina, kad kuo daugiau jų ten būtų ir kad kuo ilgiau būtų žadinama sarkolema. Tai savo ruožtu priklauso nuo fermentų Na, K–ATF –azės kiekio ir aktyvumo.

Kiekvieno skaiduloje esančio baltymo kiekis gali didėti (hipertrofuotis). Koks iš jų labiausiai hipertrofuoja, priklauso nuo judėjimo pobūdžio. Dėl hipertrofijos ypač stiprėja maksimali raumenų susitraukimo jėga, tad šis reiškinys labai būdingas raumenims tų šakų

sportininkų, kurie varžybinį pratimą atlieka maksimalia jėga (Sale, 1988; Schmidt, 1988; Skurvydas ir kt., 1988, 1990).

### **1.5. Greitumo jėgos (šoklumo) kitimas dėl amžiaus bei pratybų krūvių specifikos**

Įvairūs šoklumo rodikliai kinta netolygiai, didėjant amžiui. Skirtingi dideli krūviai gali slopinti, o tinkamai specializuoti – spartinti šoklumo kitimo tempus didėjant amžiui. Manome, kad sunkiaatlečių, krepšininkų ir ypač dviratininkų pratybų krūviai mažina šoklumo savybių lavėjimo tempus, nes pvz., krepšininkų ir sunkiaatlečių šoklumas pubertatiniu laikotarpiu yra geresnis už nesportuojančių asmenų ne dėl kryptingų pratybų, bet dėl įgimtų savybių.

Augant ir bręstant organizmui, gerėja šoklumas, nes tobulėja ne tik raumeniniai, bet ir centriniai nerviniai bei refleksiniai valdymo mechanizmai (Glenmark et al., 1992; Falk & Bar-Or, 1993; Skurvydas ir kt., 1995). Deja, dar kol kas ne visai aišku, kokie tai mechanizmai ir kaip jie kinta dėl amžiaus. Nekelia abejonių, kad jie, didėjant amžiui, gali kisti nevienodais tempais, heterochroniškai. Šis universalus organizmo augimo bei brendimo fenomenas pasireiškia ir motorinės funkcijos tobulėjimo procese (Bouchard et al., 1992).

Dar nevisiškai aišku, kaip skirtingi fiziniai krūviai veikia žmogaus motorikos lavėjimą. Šiuo požiūriu ypač svarbu yra sportininkų pubertatinis amžiaus tarpsnis nuo 13 iki 16 metų, nes jis sutampa su labai aktyviomis pratybomis (paprastai tuo metu ypač didinami fiziniai krūviai), (Bouchard et al., 1992). Fizinių krūvių apimtis per vienerius pubertatinio laikotarpio sporto treniruotės metus dažnai padidėja dvigubai. Šiuo organizmo formavimosi tarpsniu ypač didinami motorikos lavėjimo tempai. Kita vertus, teigiama yra tai, kad jaunas organizmas geba „plastiškai“ adaptuotis prie fizinių (taip pat intensyvių) krūvių (Kraemer & Fleck, 1993), tačiau dar neaišku, kokie krūviai turėtų būti optimalūs, t.y. neslopinti natūralaus organizmo augimo ir brendimo tempų. Nustatyta, kad ilgai trunkantis darbas gali skatinti greitųjų RS transformavimąsi į lėtasias RS. Gana sudėtinga nustatyti fizinių krūvių poveikį motorikos lavėjimui ir, žinoma, viso organizmo augimui bei brendimui, nes kiekvienas žmogus turi tik jam būdingų adaptacinių rezervų, o motorikos, kaip ir viso organizmo, lavėjimą, be fizinio aktyvumo, lemia dar daug kitų reiškinių (Kraemer & Fleck, 1993).

Pubertatiniu laikotarpiu griaučių raumenyse, be lėtųjų RS, sparčiai formuojasi ir greitosios RS (Glenmark et al., 1992; Kraemer & Fleck, 1993). Tokiomis sąlygomis dideli fiziniai krūviai gali prislopinti šį procesą. Neadekvatūs dideli pratybų krūviai gali mažinti natūralaus organizmo brendimo tempus ir raumenų susitraukimo galingumo prieaugį keičiantis amžiui.

## 1.6. Įvairių sporto šakų atletų greitumo jėgos ypatumai

Pagrindinės įvairių sporto šakų sportininkų greitumo jėgos rodiklių skirtumo priežastys yra šios:

1. Raumenų, dalyvaujančių atliekant šuolį, koordinavimas (Enoka, 1994). Raumenų koordinavimas priklauso nuo motorinės programos tikslumo, kurį galima ištobulinti per treniruotes. Galima manyti, kad krepšininkai, sprinto bėgikai, sunkiaatlečiai per treniruotes atlieka daugiau įvairių šuolių, todėl jie geba ne tik geriau koordinuoti raumenis, bet ir padidinti raumens tonusą prieš atlikdami šuolius.

2. Greitumo jėga labai priklauso nuo raumenų kompozicijos. Kuo daugiau raumenyse yra greitųjų raumeninių skaidulų, tuo didesnis šuolio aukštis bei didesnė vidutinė ir maksimalioji atsispyrimo jėga. (Bosco et al., 1984). Nustatyta, kad greitumo jėgos šakų sportininkų raumenyse vyrauja greitosios, o ištvermės – lėtosios raumeninės skaidulos. Ilgai ugdant ištvermę, dalis greitųjų RS tampa lėtosiomis treniruočių ypač hipertrofuojasi greitosios raumeninės skaidulos. Kuo daugiau hipertrofuotas raumuo, tuo daugiau jis turi privalumų pasiekiant maksimalią jėgą. Šie mokslininkų tyrimų rezultatai neleidžia abejoti, kad krepšininkų, sprinto bėgikų, sunkiaatlečių raumenyse yra greitųjų raumeninių skaidulų ir jos stambesnės, negu kitų šakų sportininkų.

3. Mechaninės raumens savybės. (Komi and Bosco, 1978, Viitasalo et al., 1987). Sprinteriai ir sunkiaatlečiai turėtų geriau panaudoti elastines raumenų savybes, atlikdami šuolius greitai amortizuojamai tūptelint, o stajeriai – giliai, bet lėčiau amortizuojamai tūptelint. Sunkiaatlečių, sprinterių, krepšininkų raumenyse vyrauja greitosios raumeninės skaidulos, kurių skersiniai miozino ir aktino tilteliai geriau panaudoja elastines savybes, kai raumuo greitai ištempiamas (Bosco et al., 1982). Jei greitosios RS būtų lėtai ištempiamos, tai miozino ir aktino tilteliai spėtų atsipalaiduoti ir nepanaudotų elastinių savybių.

Apibendrinant galima sakyti, kad įvairių šakų sportininkų greitumo jėgos (šoklumo) skirtumai priklauso ne tik nuo treniruotės krūvių bioenergetikos, bet ir biomechanikos specifikos, kuri nevienaveiksmiškai veikia įvairius kinetinius ir kinematinčius šoklumo rodiklius įvairiais būdais atliekant šuolius. Manome, kad sportininkų raumenų biomechaninė adaptacija fiziniams krūviams labiau sąlygoja jų šoklumą, negu fiziologinė ir biocheminė.

Skirtingo intensyvumo ir apimties darbo metu šuoliavimo komponentai ne visi vienodai kinta. Pavyzdžiui atliekant nedidelio intensyvumo ilgai trunkančius pratimus, faktiškai kinta tik lėtų lėtai vargstančių raumeninių skaidulų reaktyvumas. Maksimalaus galingumo šuolių metu (pavyzdžiui, tinklinyje ar krepšinyje) raumens susitraukimo greitis ir jėga mažėja dėl greitųjų raumeninių skaidulų selektyvaus vargstamumo. Skandinavų mokslininkų duomenimis (Bosco et al., 1986) sportininkų, kurių raumenyse vyrauja greitos raumeninės skaidulos, raumenų sugebėjimas panaudoti elastinę ir mioelektrinę energiją didėja nuovargio metu. Tai susiję su aktino miozino

tiltelių susidarymo ir iširimo greičio sumažėjimu. Vadinasi, lėtam sportininkui (pavyzdžiui tinklininkui ar krepšininkui), norint atlikti maksimalaus galingumo šuolius nesant nuovargiui, reikia amortizuojančiai pritūpti apytikriai iki devyniasdešimt laipsnių kampo per kelį, o esant nuovargiui, maksimalus šuolio rezultatas bus pasiekiamas pritupiant trumpiau ir greičiau (apytikriai iki 135 laipsnių kampo). Taigi, nuovargio metu pailgėjus laikui tarp raumens ištempimo ir susitraukimo, pagerėja jų reaktyvumas ilgesnių ir lėtesnių ištempimų metu. Norint kuo efektyviau atlikti šuolį, būtina žinoti vieno ar kito varžybinio pratimo atlikimo biomechaninę struktūrą. Tam tikrų šuolio atlikimo technikos reikalavimų nepaisymas gali privesti prie rezultatų sumažėjimo. Blogai, kai šuolio atlikimo technika parenkama neatsižvelgiant į raumenų morfofunkcinius ypatumus, antropometrinius duomenis, sportininkų sportinį pasirengimą ir skirtingų raumenų grupių išvystymo lygį. Daugeliu atvejų ilgalaikių treniruočių metu sportininkas pats pasirenka jo raumenų morfofunkcijai tinkamiausią, efektyviausią šuolio atlikimo techniką. Taigi, galima teigti, kad kiekvienas sportininkas tą patį technikos elementą atlieka savitai. Treneriai ugdydami greitų sportininkų greitumo jėgą, turi nepamiršti, kad greitų sportininkų pranašumas prieš lėtus labiausiai pasireiškia atliekant šuolius su greitu ir trumpu pritūpimu. Greito sportininko šoklumas bus geriau ugdomas prieš šuolį pritupiant iki 135 laipsnių kampo per kelio sąnarį. Lėtas sportininkas taip pat gali išsiugdyti gerą šoklumą. Jis turi pasirinkti adekvačias treniruočių priemones. Kaip teigia dauguma mokslininkų (Skurvydas ir kt., 1988), svarbu nustatyti kas svarbiau sportininkui, atliekančiam šuolį: raumens susitraukimo greitis ar jėga. Tai labai daug priklauso nuo blauzdos, šlaunies ilgio jų santykio, nuo raumens jėgos ir greičio svertų. Ilgos galūnės, raumenų greičio svertai, sugebėjimas panaudoti raumenų sukauptą mioelektrinę ir elastinę energiją, gera kojų raumenų koordinacija, didelė raumenų jėga – visa tai garantuoja ir lėtam sportininkui gerą šoklumą. Lėti sportininkai atlieka šuolius padedant raumenų susitraukimo jėgai, o greiti – greičiui. Padidinus raumenų susitraukimo jėgą, gali pakisti šuolio atlikimo technika ir šuolio aukštis.

Vadinasi, šuolio atlikimo strategija nuovargio metu yra tokia: sportininkai, kurių raumenyse vyrauja greitos greitai vargstančios raumeninės skaidulos, norėdami nuovargio metu kuo aukščiau pašokti, prieš atlikdami šuolį, turi pritūpti daugiau ir lėčiau, o sportininkai, kurių raumenyse vyrauja lėtos lėtai vargstančios raumeninės skaidulos, mažiau ir greičiau. Reikia atsiminti, kad dėl nuovargio greito sportininko daug labiau sumažėja šuolio aukštis. Tuo tarpu lėtas krepšininkas net varžybų gale gali šokti daug aukščiau negu greitas. Tai priklauso nuo raumenų kompozicijos ir tik labai nedaug nuo treniruočių krūvių.

Įvairių šakų sportininkų greitumo jėgos (šoklumo) skirtumai priklauso ne tik nuo treniruotės krūvių bioenergetikos, raumenų kompozicijos, bet ir biomechanikos specifikos, kuri nevienaveiksmiškai veikia įvairius kinetinius ir kinematinus šoklumo rodiklius įvairiais būdais

atliekant šuolius. Manome, kad sportininkų raumenų biomechaninė adaptacija fiziniams krūviams labiau sąlygoja jų šoklumą, negu fiziologinė ir biocheminė.

Atliekant šuolius iš žemo pritūpimo (koja sulinkus  $90^\circ$  kampo per kelio sąnarį), atsispyrimo laikas pailgėja daugiau negu sumažėja vidutinė atsispyrimo jėga. Dėl to tokio šuolio aukštis dažnai būna didesnis negu šuolio, atliekamo iš mažo pritūpimo kampo ( $135^\circ$ ). Kuo ilgesnis atsispyrimo kelias, tuo didesnę vaidmenį atlieka kūno judėjimas iš inercijos: kūnas juda didesniu greičiu, o atsispyrimo jėga sumažėja. Taigi, vertikalaus šuolio aukštis priklauso ne tik nuo jėgos impulso, bet ir nuo to, kaip tas impulsas perduodamas per jėgos momentų pečius. Kai jėgos momentas didesnis esant tam pačiam jėgos impulsui, šuolio aukštis didesnis. Į šį svarbų faktorių reikia atkreipti dėmesį prognozuojant sportininkų šoklumą. Pats didžiausias jėgos momentas pasiekiamas šuolį atliekant iš  $90^\circ$  pritūpimo kampo. Taigi, galima teigti, kad sportininkai, kurių raumenų jėga yra didelė, norėdami atlikti kuo aukštesnį šuolį, privalo daugiau pritūpti, negu sportininkai, kurių silpnesni kojų raumenys. Kuo didesnis ištempto raumens ilgis, tuo didesnė išvystoma jėga, tačiau raumens ilgiui didėjant, didėja ir jėgos momentas. Pasirodo, kad kuo giliau pritūpiama, tuo ilgiau būna ištemptos raumeninės skaidulos. Dėl to greitų raumeninių skaidulų aktino – miozino tilteliai gali iširti ir sukaupta elastinė ir mioelektrinė energija gali būti nepanaudota. Taigi, sportininkams, kurių raumenyse vyrauja greito tipo raumeninės skaidulos, žemas pritūpimas gali būti ne optimalus variantas, siekiant geriausio šoklumo. Kuo žemiau pritūpiama, tuo ilgesnis laiko tarpas tarp ekscentrinio ir koncentrinio raumenų susitraukimo (apie 30–40 ms). Pritūpimo 135 laipsnių per kelias fazes gali trukti apie 10–20 ms. Žemų pritūpimų metu geriau panaudojama lėtų lėtai vargstančių raumeninių skaidulų sukaupta elastinė ir mioelektrinė energija, o staigių pritūpimų metu – greitų raumeninių skaidulų ir motorinių vienetų energija. Labai staigių pritūpimų metu, gali nespėti sukibti aktino, miozino siūlai.

Šuolių aukštis labai priklauso nuo kojų ir rankų darbo koordinacijos. Pritūpimo metu rankų judesiai padeda greičiau ištempti raumeninės skaidulas, padidinti raumenų reaktyvumą. Kaip teigiama mokslinėje literatūroje, rankų ir liemens mostu galima padidinti šuolio aukštį ir galingumą. Pati didžiausia atsispyrimo jėga išvystoma raumeninių skaidulų ištempimo gale. Kuo greičiau ištempiamos raumeninės skaidulos, tuo didesnė maksimali atsispyrimo jėga. Šuolio atsispyrimo greitis priklauso nuo atsispyrimo jėgos. Funkcinė priklausomybė tarp susitraukimo greičio ir jėgos pasireiškia ir krūvio metu. Skandinavų mokslininkų atlikti tyrimai parodė, kad atliekant šuolius nuo paaugstinimo atsispyrimo greitis didėja kartu su jėga (Bosco et al., 1982). Atsispyrimo jėga priklauso nuo sukauptos elastinės ir mioelektrinės energijos, kuri panaudojama atliekant tokio tipo pratimus dydžio. Kuo didesne jėga skaidulos ištempiamos, tuo greičiau atliekamas atsispyrimas. Daugelio sportininkų, atliekančių šuolį į aukštį, iš vietos atsispiriant abiem kojom, maksimalus

galingumas pasiekiamas panaudojant šuolį su palengvinimais, esant didesniai atsispyrimo greičiui (Skurvydas ir kt., 1990).

Greitumo jėgos rezultatai priklauso nuo skeleto raumenų kompozicijos, nuo elastinių ir mioelektrinių raumens savybių panaudojimo amortizacinių pratimų metu. Kaip žinoma iš mechanikos, padidinus jėgos rodiklius, padidėja ir greitis. Raumenų mechanikoje dažnai jėgai ir greičiui išvystyti naudojami skirtingi fiziologiniai mechanizmai. Pavyzdžiui, padidinus kojas tiesiančių raumenų jėgą, atliekant kai kuriuos pratimus, greitumo jėga gali pagerėti. Tačiau reikia atkreipti dėmesį į tai, kad pratimų, kai didelį vaidmenį atlieka greitos greitai vargstančios raumeninės skaidulos metu, greitumo jėga gali sumažėti.

Atliekant dideliu greičiu greitumo jėgos pratimus arba pratimus reikalaujančius greito raumens išsitempimo ir susitraukimo, lėtos raumeninės skaidulos gali net trukdyti greitoms raumeninėms skaiduloms realizuoti savo galimybes. Šuolio atlikimo sėkmė priklauso nuo skirtingų raumenų grupių funkcionavimo. Koordinuotas raumenų grupių darbas daugeliu atvejų nulemia bendrą jėgos impulsą ir taip pat šuolio aukštį. Laipsniškas raumenų grupių išitraukimas į darbą padidina atsispyrimo jėgos impulsą. Kaip teigia kai kurie mokslininkai, skirtingos raumenų grupės pasižymi nevienodais susitraukimo greičiais ir jėga. Jeigu atliekant šuolį dalyvauja kelios agonistinės raumenų grupės, tai šuolio gale reikiamą efektą gali duoti tik greitai susitraukiantis raumuo arba, esant didesniai greičiui, svarto raumuo su dideliu jėgos momentu. Priklausomai nuo įvairių raumenų grupių išsivystymo, gali kisti šuolio atlikimo biodinaminė struktūra.

Mokslininkai nustatė, kad atliekant vertikalų šuolį iš vietos be rankų mosto, šlaunį, blauzdą ir pėdą tiesiantys raumenys duoda atitinkamai 28, 49, 23 procentus visos darbo energijos. Taigi greitumo jėgai turi reikšmės ne viena raumenų grupė, o kelių raumenų grupių sąveika (Skurvydas, 1998). Tyrimais nustatyta, kad didžiausias raumenų reaktyvumas pastebimas, atliekant šuolį į aukštį iš vietos nuo paaukštavimo ir amortizuojant iki 135 laipsnių kampo per kelius (Skurvydas, 1998). Pats mažiausias raumenų reaktyvumas pastebimas atliekant šuolius su įvairiais pasunkinimais ir pritupiant iki 90 laipsnių kampo per kelius. Kuo mažesniais greičiais atliekami šuoliai, tuo didesnę vaidmenį atlieka stipresnės raumenų grupės ir lėtos lėtai vargstančios raumeninės skaidulos. Kuo didesniais greičiais atliekami pratimai, tuo didesnis raumenų reaktyvumas ir tuo didesnę vaidmenį atlieka greitos greitai vargstančios raumeninės skaidulos. Raumenų reaktyvumas yra sąlygojamas atskirų komponentų ir yra vienas iš svarbiausių šoklumą lemiančių faktorių. Atliekant greitumo jėgos pratimus, nemažą reikšmę turi agonistų ir antagonistų raumenų grupių koordinacija. Jeigu neatsipalaiduoja antagonistinių raumenų grupė, agonistinėms raumenų grupėms sunku susitraukti dideliu greičiu. Aukščiausiam šuoliui pasiekti reikalingas optimaliausias nušokimo aukštis, kai į darbą išitraukia didesnis motorinių vienetų ir raumeninių skaidulų kiekis. Taigi, ir greitai sportininkai, turintys stiprias raumeninės skaidulas, gali padidinti šuolio aukštį daugiau pritūpdami.

Stiprioms hipertrofuotoms raumeninėms skaiduloms ištempti, kad būtų optimaliai panaudojama elastinė ir mioelektrinė energija, reikia didesnės jėgos. Raumenų reaktyvumas ir šuolių aukštis priklauso nuo pritūpimo laipsnio ir greičio, o tai lemia raumenų kompozicija (Skurvydas ir kt., 1990).

Greitumo jėga priklauso nuo antropometrinių sportininkų duomenų: kojų ilgio, raumenų sausgyslių prisitvirtinimo ilgio, susidaro jėgos arba greičio svertas. Kuo didesnis petys nuo sausgyslės prisitvirtinimo prie kaulo iki svarto ašies, tuo mažiau reikia skeleto raumenų jėgos, norint pasiekti tą patį jėgos dydį. Tuo atveju susidaro jėgos svertas. Priešingu atveju, kada šis atstumas yra mažesnis, susidaro greičio svertas. Taigi, susitraukiant skeleto raumenims dideliu greičiu, tačiau esant jėgos svertui, judesys gali būti atliekamas lėtai.

Sugebėjimas realizuoti greitumo jėgą (šoklumą) taip pat labai priklauso nuo sportininkų treniruotumo, nervų raumenų aparato adaptacijos fiziniams krūviams specifikos. Padidėjus maksimaliai kojų raumenų jėgai, šoklumas gali nepakisti. Kuo didesnė sportininko raumenų jėga, tuo dažniausiai pasiekiamas didesnis šuolio galingumas. Atliekant šuolį į aukštį iš vietos su pritūpimu iki 90 laipsnių kampo per kelius, suaugęs sportininkas privalo nugalėti išorinį pasipriešinimą, kuris lygus 30–40 procentų maksimalios kojų raumenų jėgos, o 12–13 metų vaikai net 40–60 procentų. Taigi, matome, kad siekiant maksimalaus šoklumo, didelį vaidmenį atlieka raumenų jėga. Sportininko, pasižyminčio dideliu raumens susitraukimo greičiu, bet nedidele jėga, šuolio aukštis gali būti nedidelis. Šuolio aukštis daugeliu atvejų priklauso ne vien nuo raumens susitraukimo greičio ir jėgos, bet ir nuo galingumo (Skurvydas ir kt., 1988). Esant tam pačiam raumens susitraukimo galingumui, vienas sportininkas gali atlikti šuolius daugiau panaudodamas jėgą, o kitas – greitį. Reikia pažymėti, kad visiems sportininkams yra viena būtina sąlyga – nugalėti savo kūno svorį. Sportininkas, kurio raumenyse vyrauja greitos greitai vargstančios raumeninės skaidulos, silpnos, neišvystytos, gali nepasižymėti šoklumu, tačiau jis turi potencinių galimybių jį žymiai pagerinti. Sportinėje veikloje yra labai svarbu ne tik esamas šoklumo lygis, bet ir jo potencinės galimybės. Tai galima nustatyti pagal skeleto raumenų kompoziciją.

### **1.7. Raumenų susitraukimo ir atsipalaidavimo mechanizmai**

Raumens susitraukimas vyksta pagal slenkančių siūlų (filamentų) mechanizmą, t.y. miozino skersiniai tilteliai, sukimba su aktino siūlais ir įtraukia juos į sarkomerų vidų. Ši raumens susitraukimo slenkančių filamentų teorija (angl. *sliding filament theory*) buvo pasiūlyta 1954 m. dviejų mokslininkų Hugh Huxley ir Andrew Huxley, dabartiniu metu ji yra papildyta ir plačiau aprobuota (Brenner, 1988; Cecchi et al., 1984; Pollack, 1990).

Pagrindiniai slenkančių raumens susitraukimo filamentų teorijos teiginiai:

1. susitraukiant raumeniui, sarkomerų ilgis sutrumpėja, bet miofilamentų ilgis nepakinta;

2. miozino tilteliai cikliškai įtraukia aktino filamentus tarp miozino filamentų;
3. cikliškas miozino tiltelių darbas vyksta nepriklausomai vienas nuo kito;
4. miozino tiltelių ciklas prasideda jų sukibimu su aktinu, o baigiasi atsipalaidavimu;
5. vienam miozino tiltelių darbo ciklui reikia vienos ATF;
6. miozino tiltelių būseną su aktinu gali būti silpnos arba stiprios jungtys;
7. miozino tiltelių ciklo trukmė priklauso nuo tiltelių sukibimo su aktinu, jų silpnos būsenos transformavimo į stiprią ir tiltelių atsikabinimo nuo aktino greičio; tilteliams atsipalaiduoti reikalinga ATF;
8. sukibusių su aktinu silpnos miozino tiltelių būsenos transformavimo į stiprią greitį priklauso nuo maksimalios  $\text{Ca}^{2+}$  jonų koncentracijos, lengvųjų miozino grandžių fosforinimo laipsnio bei sarkomeru susitraukimo ilgio ir greičio;
9. miozino tiltelių sukibimo su aktinu jėga priklauso nuo ADF, neorganinio fosfato ir vandenilio jonų koncentracijos;
10. raumens susitraukimo jėga priklauso nuo kiekvieno miozino tiltelio sukibimo su aktinu jėgos dydžio, trukmės bei jų skaičiaus.

Skiriami šie miozino tiltelių darbo ciklo etapai:

1. miozino galvutės atsijungimas nuo aktino;
2. ATF hidrolizė, kurios metu ant miozino susidaro ADF ir neorganinis fosfatas;
3. silpnos miozino tiltelių sukibimo su aktinu būsenos susidarymas, jei yra pakankamas kiekis  $\text{Ca}^{2+}$  jonų, kad sukeltų konformacinius pakitimus aktino filamentuose;
4. miozino tiltelių sukamasis (rotacinis) judesys ir stiprios jungties būsenos susidarymas su aktinu, kai atsijungia neorganinis fosfatas;
5. ADF molekulės numetimas, stiprios miozino galvutės sukibimo su aktinu būsenos palaikymas, rigoro komplekso (patvarus junginys tarp aktino ir miozino) susidarymas;
6. ATF molekulės prisijungimas prie miozino galvutės, ir skersinių miozino tiltelių silpnos sukibimo su aktinu būsenos sudarymas, rigoro komplekso sudarymas;

Vidulastelinė  $\text{Ca}^{2+}$  jonų koncentracija, reguliuodama aktino filamentų pakitimus, nulemia neorganinio fosfato atsijungimo nuo miozino galvutės ir miozino sukibimo su aktinu silpnos būsenos perėjimo į stiprią greitį. Nustatyta, kad miozino tiltelis, traukdamas vieno ciklo metu aktino filamentus, atlieka apie  $50 \times 10^{-20}$  J darbą (Brenner, 1988).

#### Raumens susitraukimas

1. motoneuronų (motorinių nervinių ląstelių) sujaudinimas;
2. veikimo potencialas plinta motoneurono aksonu į raumenines skaidulas;
3. nervo – raumens sinapsėje veikimo potencialas sukelia acetilcholino išsiskyrimą, kuris nulemia galinės plokštelės potencialo susidarymą postsinapsinėje membranoje;

4. galinės plokštelės potencialas sukelia sarkolemos veikimo potencialą, kuris plinta raumeninės skaidulos membranos paviršiumi apie 6 m/s greičiu ir patenka į skersinių vamzdelių T – sistemą;

5. veikimo potencialas T – sistema patenka iki šių potencialų valdomų  $Ca^{2+}$  jonų kanalų (DHP receptorių), kurie mechaniniu būdu per "pėdos" struktūrą dėl konformacinių pakitimų atidaro sarkoplazminio tinklo  $Ca^{2+}$  jonų kanalus (Rios et.al., 1991);

6. atsidarius  $Ca^{2+}$  jonų kanalams,  $Ca^{2+}$  jonai pagal koncentracijos gradientą difunduoja iš sarkoplazminio tinklo į sarkoplazmą, supančią miofibriles, ir daug kartų padidina viduląstelinę  $Ca^{2+}$  jonų koncentraciją: nuo  $10^{-7}$  mol/l iki  $10^{-5}$  mol/l, ypač padidėja  $Ca^{2+}$  jonų koncentracija aktino ir miozino filamentų srityje (Brenner, 1988);

7. dauguma  $Ca^{2+}$  jonų labai greitai sukimba su troponinu – c (TC), pakinta viso troponinio komplekso erdvinė struktūra, pašalinamas slopinamasis troponino 1 poveikis, tuo pat metu per troponiną – T perduodamas signalas tropomiozinui ir visas troponino – tropomiozino kompleksas pasislenka į įdubimą tarp dviejų aktino grandžių, užleisdamas vietą miozino galvutei (dalis  $Ca^{2+}$  jonų sukimba su parvalbuminu) (Brenner, 1988; Haiech et al., 1981);

8. susidaro miozino ir aktino skersiniai tilteliai, kurių sukamieji (rotaciniai) judesiai sukelia sarkomerų ir kartu visos raumeninės skaidulos susitraukimą ir jėgą, įvyksta raumeninės skaidulos citoskeleto deformacijos procesai (Brenner, 1988).

Raumens susitraukimo procesai, vykstantys nuo veikimo potencialo susidarymo sarkolemoje iki raumens jėgos sustiprėjimo vadinami elektromechaniniu ryšiu (Rios et al., 1991).

#### *Raumens atsipalaidavimas*

Kai  $Ca^{2+}$  jonai sukimba su parvalbulinu ir dėl Ca siurblio gražinami į sarkoplazminį tinklą, ląstelėje sumažėja laisvų  $Ca^{2+}$  jonų koncentracija iki  $10^{-7}$ , tada tropomiozinas užblokuoja aktyviausias aktino vietas ir jei tarp miofibrilių yra pakankamas ATF kiekis, įvyksta raumens atsipalaidavimas (Westerblad et al., 1991). Dėl ilgiau trunkančio raumeninės ląstelės darbo (krūvio), priklausomai nuo jo intensyvumo, gali sumažėti ATF kiekis dėl ko  $Ca^{2+}$  jonų koncentracijos mažėjimo tempai sulėtėja, kas neišvengiamai sukelia kontraktilinių elementų atpalaidavimo pailgėjimą. Tai akivaizdžiai pastebima raumenų nuovargio fone.

### **1.8. Raumenų nuovargis**

Raumenų nuovargis – tai toks raumenų funkcinės būklės kitimas, kuris pasireiškia jų susitraukimo jėgos bei galingumo mažėjimu, atsirandančiu dėl šių priežasčių: 1) ATF hidrolizės ir resintezės intensyvumo sumažėjimo (Fitts, 1994); 2) metabolitų koncentracijos padidėjimo (ADF, neorganinio fosfato ir kt.); 3) acidozės (pH sumažėjimo raumeninėje skaiduloje) (Fitts, 1994); 4) elektrinio signalo perdavimo raumeninių skaidulų struktūromis sutrikimo; 5) raumenų mechaninio

signalų perdavimo sutrikimų (raumeninių skaidulų sarkomerų, citoskeleto irimų) (Armstrong et al., 1991). Šie mechanizmai gali būti tarpusavyje susiję, pvz., dėl acidozės sumažėja ATF hidrolizės ir resintezės greitis. Priklausomai nuo atliekamo darbo pobūdžio ir specifikos (darbo intensyvumo, trukmės, darbo ir poilsio santykio, raumens susitraukimo tipo), nuovargio mechanizmai gali reikšti įvairiose raumeninės skaidulos vietose: 1) nervo raumens sinapsėje; 2) sarkolemoje; 3) T – vamzdeliuose; 4) jungtyje tarp T – vamzdelių ir sarkoplazminio retikulumo; 5) sarkoplazminio retikulumo  $Ca^{2+}$  jonų kanaluose; 6)  $Ca^{2+}$  jonų siurblyje; 7) troponino – tropomiozino komplekse; 8) miozino sukibimo su aktinu jungtyje; 9) sarkomerų ar citoskeleto mechaninėje struktūroje (Fitts, 1994).

Manoma, kad pagrindinė nuovargio mechanizmų paskirtis – apsaugoti raumens energetiką ir struktūrinius elementus nuo sutrikimo, pažeidimo, galinčio įvykti dėl sunkaus ir intensyvaus fizinio darbo (Dedrick et al., 1990; Armstrong et al., 1991). Išskiriami šie raumenų nuovargio tipai:

1. Didelių dažnių nuovargis (angl. *high-frequency fatigue*) (Fitts, 1994). Atsiranda atliekant trumpalaikius fizinius pratimus maksimaliu intensyvumu (ypač, kai dirbama be poilsio pertraukėlių). Tokio darbo metu ir po jo dėl nervų raumens sinapsės pralaidumo, veikimo potencialo sklidimo T – vamzdeliais ir skersinių miozino tiltelių sukibimo su aktinu pablogėjimo sumažėja raumens susitraukimo jėga, galingumas bei atsipalaidavimo greitis. Po tokio darbo raumuo greitai atsigauna.

2. Metabolinis nuovargis. Tokio nuovargio metu labiausiai sumažėja ATF hidrolizės bei resintezės greitis, energetinių medžiagų (ypač kreatinfosfato ir glikogeno) kiekis raumenyse, miofibrilių jautrumas  $Ca^{2+}$  jonams (Fitts, 1994). Susikaupę metabolitai stabdo skersinių miozino tiltelių ciklišką darbą, dėl to mažėja raumens susitraukimo jėga, galingumas, raumens atsipalaidavimo greitis. Raumenų atsigavimas po fizinių krūvių, sukeliančių metabolinį nuovargį, yra lėtas.

3. Mažų dažnių nuovargis (angl. *low-frequency fatigue*) (Ratkevičius et al., 1995, 1998). Dėl jo raumenyse pablogėja impulso perdavimas nuo T – vamzdelių iki sarkoplazminio retikulumo, sumažėja  $Ca^{2+}$  išmetimo iš sarkoplazminio retikulumo greitis bei kiekis (Westerblad et al., 1993; Bruton et al., 1995), nors maksimali raumens susitraukimo jėga ar greitis gali būti mažiau pakitę. Esant mažų dažnių nuovargiui, energetinių medžiagų kiekis raumenyse gali būti nepakitęs (Westerblad et al., 1993). Raumens atsigavimas gali užsitęsti iki kelių parų (Bruton et al., 1995).

4. Struktūrinis nuovargis atsiranda intensyvaus ekscentrinio darbo metu. Dėl ekscentrinų pratimų taikymo gali suirti sarkomerai, atskiros miofibrilės ar kiti citoskeleto baltymai. Dėl to sumažėja raumens susitraukimo jėga ir greitis (Bobbert et al., 1990; Armstrong et al., 1991; Friden & Lieber, 1997). Tokia būseną gali dažnai atsirasti intensyvaus darbo pradžioje, taip pat raumenų atsigavimo po intensyvaus darbo metu. Neretai po struktūrinio nuovargio raumenyse pasireiškia

mažų dažnių nuovargis (Armstrong et al., 1991; Friden & Lieber, 1997).

Fridenas ir Liebero (1997) mėgino aprašyti raumens pažeidimo mechanizmą. Pasak šių autorių, dėl tempimo pratimų sarkoplazmoje padaugėja kalcio jonų, jie patenka per mechaniškai valdomus kalcio jonų kanalus arba įtrūkus sarkoplazminiam retikulumui, T vamzdeliams ar sarkolemai. Padidėjusi kalcio jonų koncentracija sukelia selektyvią sarkomero struktūrą palaikančių filamentų hidrolizę arba irimą. Manoma, kad miofibrilė po tokio ardomojo poveikio negali normaliai susitraukti.

Dėl sunkaus fizinio darbo metu atsirandančio metabolinio ir mechaninio poveikio atsiranda įvairių, funkcinį ir struktūrinių raumens sutrikimų: suyra miofibrilės, raumeninės skaidulos sarkolema, sarkoplazminis tinklas, sumažėja raumens susitraukimo galingumas, vėliau atsiranda raumens skausmas (Bobbert et al., 1990; Armstrong et al., 1991). Funkciniai ir struktūriniai raumens sutrikimai ypač išryškėja praėjus 24–48 val. po darbo. Šis fenomenas vadinamas vėluojančiu skausmu (angl. *delayed – onset muscle soreness*) (Westerblad et al., 1991). Vėlyvas raumenų jėgos mažėjimas po darbo vadinamas jėgos mažėjimo po darbo fenomenu (angl. *postcontractile depression*). Po to prasideda raumens uždegimo procesai, kurie gali tęstis iki 4–6 dienų. Raumens regeneracija, kurios trukmė net iki 40–60 dienų, prasideda iš karto po raumens uždegimo. Net po vienkartinio darbo, sukeliančio vėlyvą raumenų skausmą, raumuo apie 2–6 savaites būna atsparesnis pakartotiniams struktūros ir funkcijos sutrikimams. Būtų galima daryti išvadą, kad nuosekliai atliekami fiziniai krūviai padidina griaučių raumenų struktūrinių ir funkcinį elementų atsparumą mechaniniams poveikiams.

Raumenų nuovargį iš dalies gali kompensuoti posttetaninė potenciacija, bei „raumens išmonė“. Šie fenomenai sudaro geresnes mechanines sąlygas raumeniui susitraukti. Atliekant tos pačios apimties krūvį, tačiau skirtingu intensyvumu (submaksimaliu ir maksimaliu), raumenyse atsiranda panašaus dydžio potenciacija, tačiau dirbant submaksimaliu intensyvumu išryškėja didesnis raumens nuovargis. Submaksimalaus darbo metu „raumens išmonė“ kompensuoja raumens nuovargį labiau, negu dirbant maksimaliu intensyvumu.

Pastebėta, kad raumens susitraukimo jėgos kitimas atliekant fizinius pratimus priklauso nuo nuovargio ir potenciacijos sąveikos. Tačiau dar ne visai aiškus šios sąveikos mechanizmas. Be to sulėtėjus nuvargusio raumens atsipalaidavimui, dažnai padidėja raumens susitraukimo jėga, sukeliama stimuliuojant raumenį nedidelių dažnių stimulais. Tai raumens „išmonės fenomenas“, kurio viena iš priežasčių kompensuoti raumens nuovargį. Taigi, kuo lėčiau atsipalaiduoja raumuo, tuo daugiau jis gali kompensuoti nuovargio mechanizmus. Dirbančiuose maksimaliu ir submaksimaliu intensyvumu raumenyse kaupiasi ATF hidrolizės ir anaerobinės glikolizės metabolitai, kurie mažina raumens susitraukimo jėgą, susitraukimo ir atsipalaidavimo greitį. (Fitts, 1994; Westerblad et al., 1993). Todėl dažnai pastebima, kad ir sulėtėjus raumens atsipalaidavimui,

susitraukimo ir atsipalaidavimo trukmė būna sumažėjusi (Fitts, 1994). Tada turėtų mažiau pasireikšti „raumens išmonė“. Dar pilnai neiširta, kaip besikaupiantys metabolitai gali paveikti ATF savybes. Atliekant šuolius maksimaliu intensyvumu, nevisiškai mobilizuojamos pačios greičiausios raumeninės skaidulos. Taip yra todėl, kad įgyjama per maža raumens jėga, o motorinių vienetų mobilizavimo dydis priklauso nuo šios jėgos. Todėl po darbo maksimaliomis pastangomis mobilizuojamos ir potencijuojamos anksčiau nedirbusios raumeninės skaidulos, o tai gerina viso raumens susitraukimo ir atsipalaidavimo savybes. Šuoliuojant maksimaliu intensyvumu suaugusiųjų kojų raumenų galingumas sumažėja daugiau ir lėčiau atsistato negu vaikų, paauglių.

### **1.9. Raumenų atsigavimas**

Nuovargis ir atsigavimas – tai dvi vieno reiškinio pusės. Fiziologiniai ir biocheminiai pokyčiai, vykstantys organizme darbo metu, pablogina dirbančio organo funkcines galimybes. Bet tuo pačiu metu stimuliuoja atsigavimo vyksmą, t.y. kuo greičiau atsiranda nuovargis, tuo greičiau jis praeina.

Biologinė atsigavimo reikšmė ta, kad dirbant pakitusios funkcijos ir organizmo energetinė pusiausvyra po darbo ne tik atsigauna iki buvusio prieš darbo lygio, bet ir organizme atsiranda funkciniai ir struktūriniai persitvarkymai (Westerblad et al., 1991).

Po fizinio krūvio skiriamos 3 atsigavimo fazės:

Greitoji – 3–5 min. Sąlygoja medžiagų pasipildymas, raumenų potenciacija ir raumeninės skaidulos mechaninis sužalojimas;

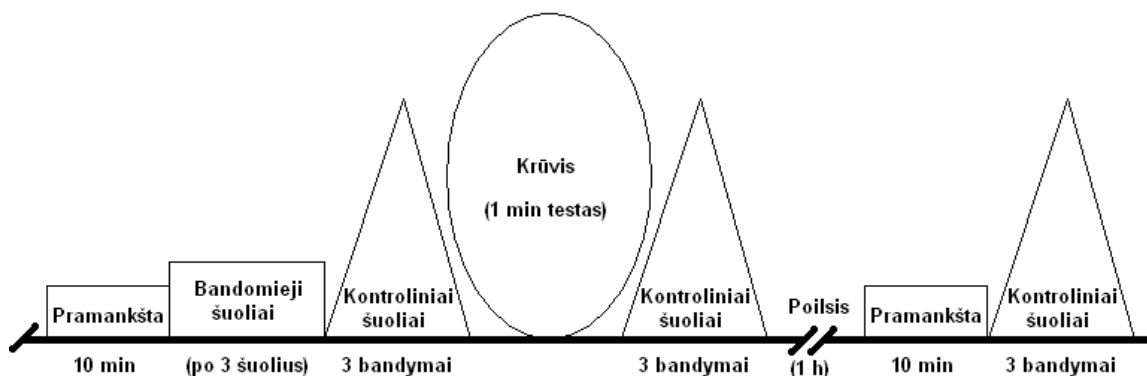
Lėtoji – nuo 5 iki 30 min. Po krūvio metabolitų konvencijos mioplazmoje sumažėjimas.

Praėjus po krūvio 30 min. Prasideda raumens atsigavimo trečioji fazė ir ji gali tęstis net iki 24–48 val. Jos metu formuojasi ir įsitvirtina organizmo adaptaciniai pokyčiai.

## 2. TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

### 2.1. Tyrimo eiga ir organizavimas

Tyrimai atlikti 2006 metais sausio – vasario mėnesiais, LKKA sporto salėje. Šuolių aukščiui išmatuoti buvo naudojama tenzoplatforma bei su ja sujungtas personalinis kompiuteris.



1 pav. Tyrimo eiga

Po pramankštos (10 min.) tiriamieji krepšininkai kiekvienu būdu (hp90, Dj90, Dj135) atliko po tris bandomuosius, paskui po tris kontrolinius šuolius. Po kontrolinių šuolių, sekė didelio intensyvumo krūvis (1 min. testas). Tiriamieji turėjo atlikti 1 minutę trunkančių didžiausio galingumo šuolių seriją. Po krūvio tiriamieji atliko vėl po 3 kontrolinius šuolius (visais aprašytais būdais). Valandą laiko jaunieji krepšininkai ilsėjosi. Praėjus valandai vėl pramankšta ir vėl 3 kontroliniai šuoliai.

Tiriamieji atliko tokius šuolius:

- **hp90** – šuolis atliekamas pritūpiant iki 90° kampo per kelio sąnarius ir kiek galima aukščiau pašokant, rankos ant juosmens (žiūrėti 2 pav.).



2 pav. Šuolio hp90 būdu atlikimo technika

- **Dj90** – „lėtas“ šuolis nuo pakylės: nušokus nuo 40 cm pakylės būtina pritūpti iki 90° kampo per kelio sąnarius ir kiek galima aukščiau pašokti. Rankos laikomos ant juosmens (žiūrėti 3 pav.).



*3 pav. Šuolio Dj90 būdu atlikimo technika*

- **Dj135** – „greitas“ šuolis nuo pakylės: nušokus nuo 40 cm pakylės stengiamasi kiek galima greičiau atsispirti ir kiek galima aukščiau pašokti. Atsispiriant kampas per kelio sąnarius turi būti apie 135°. Rankos ant juosmens (žiūrėti 4 pav.).



*4 pav. Šuolio Dj135 būdu atlikimo technika*

### ***Minutės šuolių testas***

Skandinavijos mokslininkai (Bosco et al., 1983a, b) pasiūlė metodiką, pagal kurią nustatoma kojų tiesiamųjų raumenų kompozicija, atlikus 1 min. vertikalius šuolius maksimaliomis pastangomis. Atliekami maksimalaus galingumo vertikalūs šuoliai rankas laikant ant juosmens. Šuolių technika tokia pat, kaip ir hp90 šuolio (2 pav.), t.y. rankos laikomos ant juosmens kiekvieno atsispyrimo metu pritūpiama iki staus (90°) kampo per kelio sąnarius. Testavimo metu kompiuteryje fiksuojamas kiekvieno atsispyrimo laikas ir šuolių aukštis per pirmąsias ir paskutiniąsias 15 s, t. y. 0–15 s ir 45–60 s (žiūrėti 5 pav.). Nustatomas atlikto darbo vidutinis galingumas per pirmąsias ir paskutiniąsias 15 šuoliavimo s. Vidutinis galingumas per pirmąsias 15 s apibūdina kojų raumenų greičio jėgos ypatybę, o skirtumas tarp šio rodiklio ir vidutinio galingumo darbo pabaigoje – vargstamumą (arba atsparumą nuovargiui).



**5 pav.** 1 min. trunkančių vertikalių šuolių atlikimo technika ir duomenų registravimas

**2.2. Tyrimo metodai.** Atliekant tyrimą buvo taikomi šie metodai:

1. Literatūros šaltinių analizė.
2. Testavimas.
3. Apklausa.
4. Matematinė statistika.

*Literatūros šaltinių analizė* pagalba pagrįstos greitumo jėgos, jų tyrimo svarbos ir metodologijos teorinės prielaidos, patikslinta tyrimo metodika, interpretuoti ir įvertinti tyrimo rezultatai.

*Testavimas.* Tai pedagoginės kontrolės metodas – testų naudojimas sportininkų fizinei būklei bei parengtumui nustatyti ir įvertinti (Stonkus, 2003).

Šoklumas buvo nustatomas naudojant vertikalių šuolių testus. Šuoliai buvo atliekami pagal pasaulyje plačiai taikomas Bosco (1983a, b) šoklumo testavimo metodikas.

*Apklausa.* Tai atsakymų į pateiktus klausimus analizė ir vertinimas (Stonkus, 2003).

Tiriamieji įvertino kojų raumenų skausmą balais po 24, 48 ir 72 valandų. Skausmas atsiranda dėl sarkomerų ir elastinių raumenų komponentų irimo (Friden & Lieber, 1992) ir metabolitų susikaupimo mioplazmoje (Bobbert et al., 1990).

*Matematinė statistika.* Visi surinkti duomenys buvo skaičiuojami naudojantis statistiniu „MS Excel“ paketu. Buvo skaičiuojami aritmetiniai vidurkiai, vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai, aritmetinių vidurkių reprezentacinės (standartinės) paklaidos ir tarpgrupinių aritmetinių vidurkių

skirtumų patikimumai. Rezultatų patikimumas buvo skaičiuojamas pagal Student'o t-kriterijų. Patikimas skirtumas tarp lyginamųjų vidutinių dydžių buvo tada, kai paklaida neviršydavo 5%, t. y.  $p < 0,05$ .

#### Kojų raumenų nuovargio įvertinimas

Žinant šuolių aukštį testo pradžioje ir pabaigoje, buvo galima apskaičiuoti nuovargio indeksą (NI) pagal formulę:

$$NI = \frac{h_{pr} - h_p}{h_{pr}} \times 100\%$$

čia:  $h_{pr}$  – pradinis šuolio aukštis (cm)

$h_p$  – paskutinio šuolio aukštis (cm)

#### Kojų raumenų (šoklumo) atsigavimo įvertinimas

Kojų raumenų atsigavimas praėjus vienai valandai po 1 min. šuolių testo buvo apskaičiuojamas  $h_{p90}$  šuolio aukštį lyginant su pradiniu (buvusiu prieš testą):

$$AI = \frac{h_{p90'}}{h_{p90}} \times 100\%$$

čia:  $h_{p90'}$  – šuolio aukštis po šuolių testo (cm) praėjus 1 val.

$h_{p90}$  – šuolio aukštis prieš šuolių testą (cm)

AI – kojų raumenų šoklumo atsigavimas praėjus 1 val. po šuolių testo

Analogiškai apskaičiuojame kitų šuolių būdų atsigavimą.

#### Raumenų kompozicijos nustatymas

Greitųjų RS kiekis (%) atsižvelgiant į greičio jėgos ir atsparumo nuovargiui rodiklius nustatomas taikant formulę:

$$GSRS = (4,38 \times N_{0-15}) - (2,38 \times N_{45-60}) - 31,09;$$

čia:  $N_{0-15}$  – vidutinis galingumas darbo pradžioje;

$N_{45-60}$  – vidutinis galingumas darbo pabaigoje;

$N_{0-15}$  (W/kg) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_{0-15} = (360,88 \times T_{0-15}) / (n_{0-15} \times (15 - T_{0-15})),$$

čia:  $T_{0-15}$  – lėkimo trukmės suma per 15 s;

$n_{0-15}$  – šuolių skaičius per 15 s.

### 2.3. Tiriamieji

Buvo tiriami 15–16 metų įvairių amplua jaunieji krepšininkai (5 įžaidėjai, 7 krašto puolėjai ir 3 vidurio puolėjai). Ūgio ir svorio rodikliai pateikti 1 lentelėje.

*1 lentelė. Jaunųjų krepšininkų ūgio ir svorio rodikliai*

<b>Amplua</b>	<b>Ūgis (cm)</b>	<b>Svoris (kg)</b>
Įžaidėjai	171,8±4,4	57,4±4,7
Krašto puolėjai	181,3±3,2	65±5,1
Vidurio puolėjai	187±1	76,7±2,5

### 3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

#### 3.1. Šuolių (hp90, Dj90 ir Dj135) aukščio kitimas prieš krūvį, po krūvio ir po poilsio

##### Rezultatai

Šuolio atliekamo pritūpiant iki 90° kampo per kelio sąnarius ir kiek galima aukščiau pašokant (hp90) vidurkis prieš krūvį buvo 34,05±3,58 cm, po krūvio 31,73±3,70 cm (p<0,05). Šuolio atliekamo hp90 būdu rodiklių skirtumas prieš krūvį 34,05±3,58 cm ir po poilsio 33,12±3,67 cm buvo statistiškai patikimas (p<0,05).

Šuolio atliekamo nušokus nuo 40 cm pakylęs ir pritūpiant iki 90° kampo per kelio sąnarius ir kiek galima aukščiau pašokant (Dj90) vidurkis prieš krūvį buvo 35,82±4,46 cm, po krūvio 34,44±4,64 cm (p<0,05). Atsispyrimo fazės trukmė prieš krūvį buvo 0,52±0,05 cm, po krūvio 0,54±0,06 cm (p<0,05). Šuolio atliekamo Dj90 būdu rodiklių skirtumas prieš krūvį 35,82±4,46 cm ir po poilsio 35,40±4,79 cm buvo statistiškai nepatikimas (p>0,05), o atsispyrimo fazių skirtumas prieš krūvį 0,52±0,05 cm ir po poilsio 0,53±0,02 cm taip pat skyrėsi statistiškai nepatikimai (p>0,05).

*2 lentelė. Šuolių į aukštį iš įvairių pradinių padėčių rodikliai.*

Laikas	hp90	Dj90	Dj135
Prieš krūvį	34,05±3,58	35,82±4,46	34,93±4,43
Po krūvio	31,73±3,70	34,44±4,64	33,22±4,52
p	0,0000001	0,00001	0,000003
Po poilsio	33,12±3,67	35,40±4,79	34,34±4,70
p	0,006	0,289	0,021

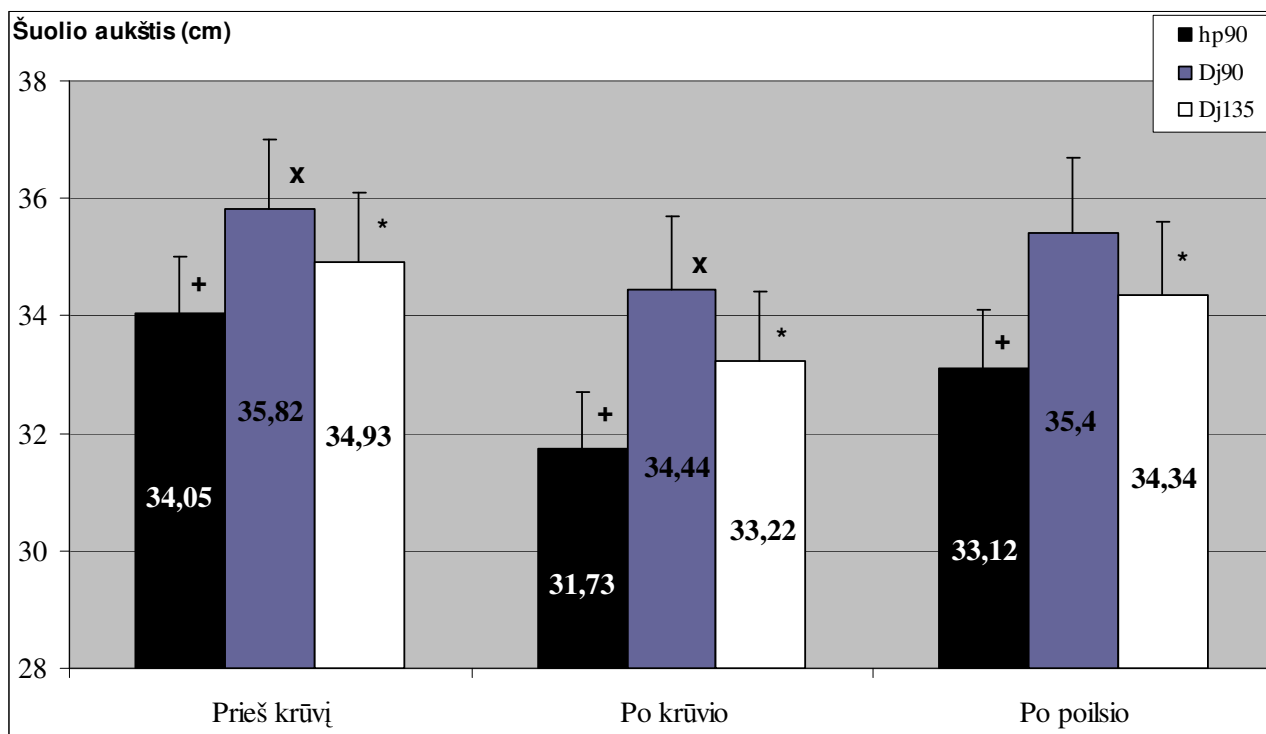
**PASTABA:** patikimumo lygmuo p nurodytas lyginant su reikšmėmis prieš krūvį.

*3 lentelė. Atsispyrimo fazės trukmė atliekant šuolius DJ90 ir Dj135.*

Šuolio atlikimo būdas	Lėtas Dj90	Greitas Dj135
Prieš krūvį	0,52±0,05	0,31±0,04
Po krūvio	0,54±0,06	0,36±0,06
p	0,014	0,003
Po poilsio	0,53±0,02	0,33±0,05
p	0,609	0,109

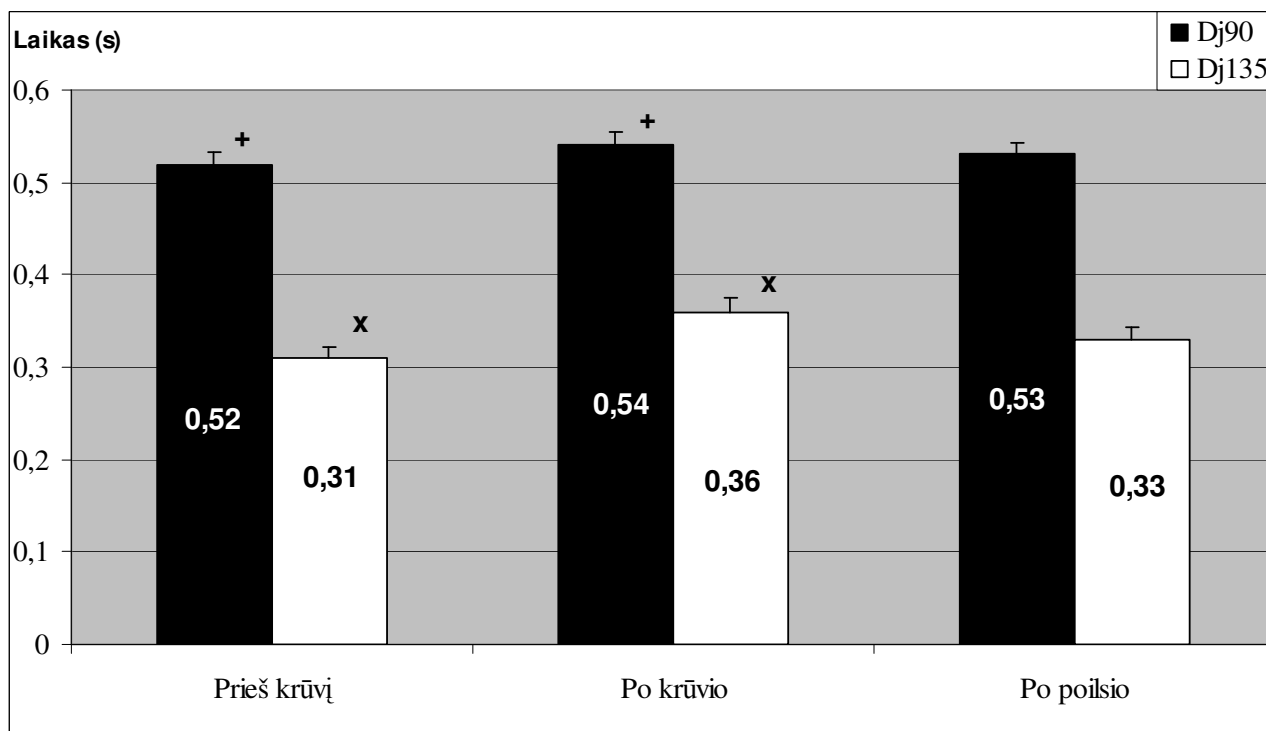
Šuolio atliekamo nušokus nuo 40 cm pakylęs ir pritūpiant iki 135° kampo per kelio sąnarius ir kiek galima aukščiau pašokant (Dj135) vidurkis prieš krūvį buvo 34,93±4,43 cm, po krūvio 33,22±4,52 cm (p<0,05). Atsispyrimo fazės trukmė prieš krūvį buvo 0,31±0,04 cm, po krūvio 0,36±0,06 cm (p<0,05). Šuolio atliekamo Dj135 būdu rodiklių skirtumas prieš krūvį 34,93±4,43 cm ir po poilsio 34,34±4,70 cm buvo statistiškai patikimas (p<0,05), o atsispyrimo fazių skirtumas

prieš krūvį  $0,31 \pm 0,04$  cm ir po poilsio  $0,33 \pm 0,05$  cm skyrėsi statistiškai nepatikimai ( $p > 0,05$ ) (žiūrėti 2, 3 lentelės; 6, 7 pav.).



6 pav. Hp90, Dj90, Dj135 šuolių aukščio vidurkiai prieš krūvį, po krūvio, po poilsio

PASTABA: +, x ir \* – patikimas skirtumas tarp grupių ( $p < 0,05$ )



7 pav. Krepšininkų atsispyrimo trukmės pokyčiai atliekant šuolius Dj90 ir Dj135

PASTABA: + ir x – patikimas skirtumas tarp grupių ( $p < 0,05$ )

## *Aptarimas*

Tyrimo rezultatai parodė, kad jaunųjų krepšininkų šoklumas yra nevienodas. Įdomu, kad šuolio aukštis priklausė nuo jo atlikimo būdo: pavyzdžiui: hp90 būdu atliekamo šuolio aukštis buvo mažesnis ( $p < 0,05$ ) negu Dj90, Dj135 būdais atliekamų šuolių.

Nagrinėjant įvairių šuolių atsispyrimo trukmę, matyti, kad ji priklauso nuo šuolio atlikimo būdo. Krepšininkų Dj135 būdu atliekamų šuolių atsispyrimas greitesnis, lyginant su Dj90 būdu atliekamais šuoliais.

Atliekant fizinį krūvį, keičiasi šuolių aukščio rodikliai ir atsispyrimo trukmė. Reikia pabrėžti tai, kad šuolių rodikliai pakinta daugiau, negu atsispyrimų trukmė. Pokyčiai statistiškai patikimi. Tai matyti aukščiau pateiktuose 2 ir 3 lentelėse, bei 6 ir 7 pav.

Vertikalus šuolis yra vientisas lokomotorinis judesys ir jo atlikimas, kaip teigia kai kurie tyrėjai, priklauso nuo vienos motorinės programos (Schmidt, 1988). Maždaug trečiais gyvenimo metais susiformuoja pagrindiniai šuolių atlikimo motorinės programos bruožai, o tolesniais ontogenezės tarpsniais ji tik tobulėja. Tačiau motorinė programa, kaip ir kiti refleksiniai bei raumeniniai mechanizmai, gali būti modifikuojami, priklausomai nuo šuolio būdo, mokėjimo jį atlikti bei susikaupimo laipsnio. (Schmidt, 1988; Komi, 1992). Pavyzdžiui, šuolio amortizuojamai pritūpiant (hp90) aukštis priklauso nuo gebėjimo panaudoti elastinę raumenų energiją bei tempimo refleksą (Komi & Bosco, 1978; Bosco et al., 1982, 1983a, 1983b, 1983c, 1983d, 1986, 1987; Hakkinen et al., 1986; Anderson & Pandy, 1993). Toks gebėjimas priklauso nuo raumenų kompozicijos – greiti sportininkai geriau panaudoja elastinę energiją greitai bei lengvai amortizuojamai pritūpdami šuolio hp135 būdu, o lėti – lėtai bei smarkiai pritūpdami (šuolio hp90 metu) (Bosco et al., 1983c; Skurvydas ir kt., 1988; Komi, 1992). Beje, hp135 būdu atliekamų šuolių aukštis ypač priklauso nuo raumens susitraukimo greičio, šis nuo procentinio greitųjų RS kiekio raumenyse, o hp90 būdu atliekamų šuolių aukštis priklauso nuo raumens susitraukimo jėgos, kuriai mažai įtakos turi raumenų kompozicija. Taigi aiškinantis krepšininkų greitumo jėgos (šoklumo) nevienodumą būtina atsižvelgti į registruojamo šoklumo rodiklio specifiką, nes vienų sportininkų šoklumas labiau priklauso nuo genetinių faktorių, o kitų nuo ugdymo pobūdžio.

Mūsų tyrimų rezultatai rodo, kad įvairiais būdais atliekamų šuolių biodinaminiai rodikliai gali pasižymėti specifiškumu. Pavyzdžiui, jei žmogus geba atlikti labai galingą šuolį Dj135 būdu, tai dar nereiškia, kad lygiai taip pat jis atliks šuolius hp90 būdu. Mūsų tiriamųjų Dj135 šuolių vidurkis 34,16 centimetrai, o hp90 32,97 centimetrai. Šis skirtumas skiriasi patikimai ( $p < 0,05$ ).

### 3.2. Raumenų nuovargio ir atsigavimo indeksų nustatymas

#### Rezultatai

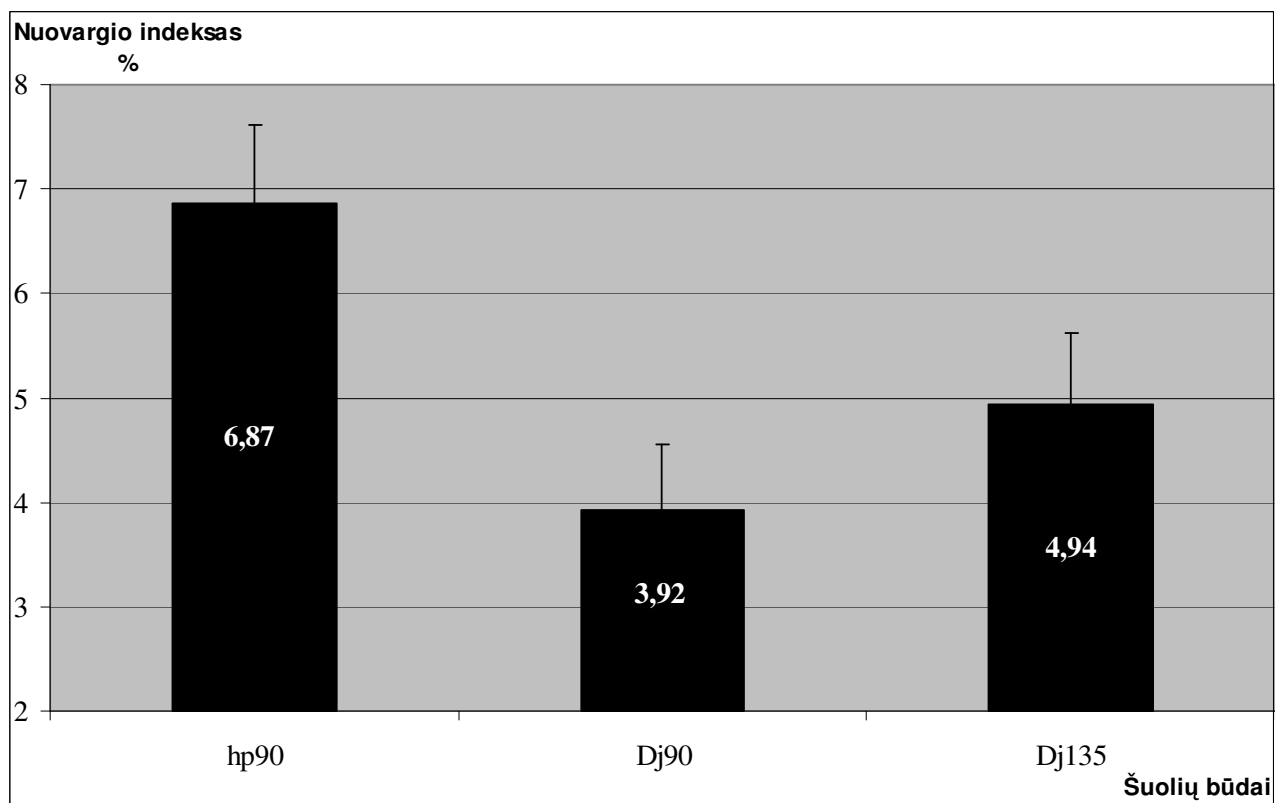
Atliekant šuolius hp90 būdu nuovargio indeksas (NI) buvo  $6,87 \pm 2,81\%$ , o šoklumo atsigavimo laipsnis (AI)  $97,28 \pm 3,30\%$ . Dj90 būdu atliekamų šuolių šie rodikliai buvo atitinkamai NI –  $3,92 \pm 2,38\%$ , AI –  $98,80 \pm 4,27\%$ . Dj135 būdu atitinkamai NI –  $4,94 \pm 2,58\%$ , AI –  $98,24 \pm 2,66\%$  (žiūrėti 4 lentelę; 8, 9 pav.).

*4 lentelė. Krepšininkų nuovargio indeksas (NI) bei šoklumo atsigavimo laipsnis (AI), atliekant šuolius hp90, Dj90, Dj135 būdais*

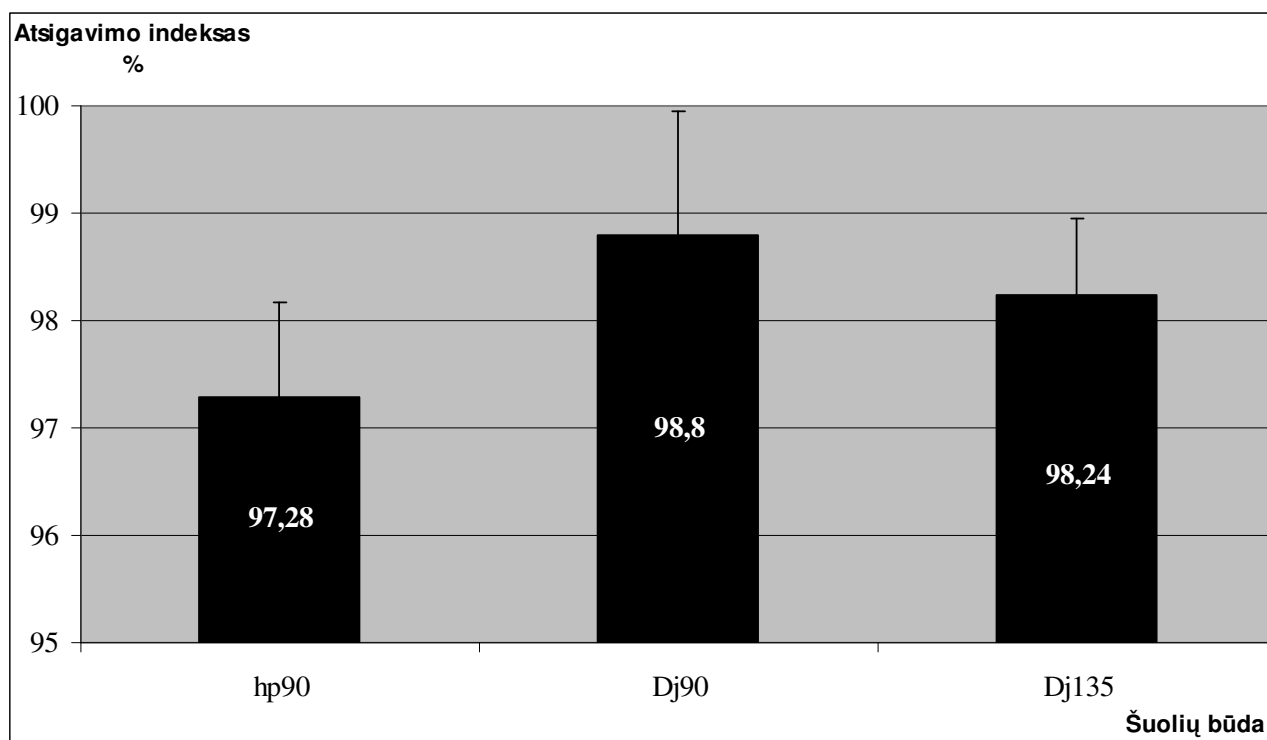
Šuolio būdas	NI%	AI%
Hp90	$6,87 \pm 2,81$	$97,28 \pm 3,30$
Dj90	$3,92 \pm 2,38$	$98,80 \pm 4,27$
Dj135	$4,94 \pm 2,58$	$98,24 \pm 2,66$

**PASTABA:** NI – nuovargio indeksas, t.y. darbo galimumo sumažėjimas

AI – šuolio aukščio atsigavimas praėjus 1 val. po šuolių



*8 pav. Krepšininkų nuovargio indeksai (procentais), atliekant šuolius hp90, Dj90, Dj135 būdais*



**9 pav.** Krepšininkų atsigavimo indeksai (procentais), atliekant šuolius hp90, Dj90, Dj135 būdais

### ***Aptarimas***

Sportininkų greitumo jėgos (šoklumo) rodiklių pokytis, atliekant šuolius maksimaliu intensyvumu labai priklauso nuo nuovargio, kuris pasireiškia raumenyse, nervų sistemoje. Maksimalaus intensyvumo krūviai nuvargina psichiką. Sportininkui būtina labai stipri motyvacija, susikaupimas. Tokio darbo metu patikimai sumažėja hp90, Dj90, Dj135 būdais atliekamų šuolių aukštis ( $p < 0.05$ ).

Krepšininkų šoklumo ištvėrmės rodikliai rodo, kad sportininkų nuovargio indeksai labai skiriasi. Vieni sportininkai, atlikdami krūvį (šuolius) labai vargo, o kiti ne, jų šuolių aukštis kito nežymiai. 1 min. krūvio metu sumažėjo visais būdais atliekamų šuolių aukštis ir pailgėjo jų atsispyrimo fazės trukmė. Lygindami šuolių aukščio ir atsispyrimo laiko dinamiką pastebėjome, kad atsispyrimo fazės trukmė pakito mažiau negu šuolio aukštis. Didžiausias nuovargio indeksas pastebimas, atliekant šuolius hp90 būdu 6,87%. Pastebėta, kad kuo didesnis šuolių aukštis, tuo mažesnis nuovargis.

Svarbiu faktoriumi, gerinančiu krepšininkų greitumo jėgą (šoklumą), reikėtų laikyti šoklumą ugdančius krūvius. Nustatyta, kad net per kelias pratybas padidėja valingoji raumens susitraukimo jėga, nes išmokstama geriau atlikti judesį (Sale, 1988; Schmidt, 1988). Kadangi buvo atlikti tik vienkartiniai tyrimai, nežinome, kaip pakito greitumo jėga (šoklumas) per vieną treniravimosi laikotarpį. Tarp atliekamo krūvio dydžio ir intensyvumo yra atvirkštinė priklausomybė: kuo intensyviau dirbama, tuo darbas trumpesnis. Sportininkų organizmo adaptacinių rezervų

mobilizavimas labiausiai priklauso nuo pratybų krūvio intensyvumo. Pirma, kuo intensyvesnis darbas, tuo daugiau mobilizuojama greitųjų raumeninių skaidulų, o pačioms greičiausioms raumeninėms skaiduloms mobilizuoti būtina labai stipri sportininko motyvacija bei susikaupimas. Ir tai galima pasiekti tik trumpą laiką tarpą. Atliekant eksperimentą, pastebėjome, kad tiriamiesiems buvo vis sunkiau susikaupti ir atlikti kiekvieną šuolį maksimaliai. Pasireiškė nuovargis. Galima daryti išvadą, kad reguliariai taikant per pratybas maksimalaus intensyvumo krūvius, sportininkų organizmas persitemptų. Nustatyta, kad maksimalaus intensyvumo krūviai nuvargina sportininkų psichiką labiau negu raumenis (Sale, 1988; Komi, 1992; Hakkinen, 1994). Be to, jei ilgą laiką taikomi dideli krūviai, organizmas gali prie jų priprasti, o tai reiškia, kad toliau didinti organizmo funkcinį pajėgumą įmanoma tik daug didesniais krūviais (Skurvydas, 1991). Jei per didelis pratybų krūvis, nespėja atsigaivinti nervų ir raumenų sistemos funkcija (Astrand & Rodahl, 1986; Wilmore & Costill, 1994). Dėl to greičio jėga (šoklumas) nepagerėja, tačiau lavinama šoklumo ištvermė. Šiandien vienas sudėtingiausių klausimų yra nuovargis, jo atsiradimo vieta. Mokslininkai vien nervų sistemoje randa 3–5 vietas, kuriose gali prasidėti motorinis sistemos nuovargis (Enoka & Stuard, 1992; Fitts, 1994). Raumenyse nuovargio pradžios vietų randama dar daugiau (Fitts, 1994). Šiuolaikinis nervų ir raumenų sistemos nuovargio aiškinimas toks: priklausomai nuo atliekamo darbo specifikos, nuovargio vieta gali nuolat kisti (Fitts, 1994). Šiandien aiškiai suprasti motorinės sistemos nuovargį trukdo informatyvių ir patikimų nuovargio vietos nustatymo būdų stoka. Taip pat diskutuojama kaip raumenys perduoda nervų sistemai tikslią informaciją, apie savo būseną, o nervų sistema priima teisingą sprendimą dėl jų aktyvavimo (Fitts, 1994).

Ilgai trunkančio intensyvaus darbo metu, kaip didėjančio nuovargio kompensacija įvyksta „pakaitinis“ atskirų motorinių vienetų rekrutavimas – derekrutavimas. Tokio motorinių vienetų „tylėjimo“ (deaktyvacijos) trukmė darbo metu sudaro 200–400 milisekundžių. Šie tyrimų duomenys leido padaryti prielaidą, kad „pavargusiam“ motoriniam vienetui pakanka labai trumpo laiko tarpsnio jo funkcijai atgaivinti. Atsistatymo metu mažėja metabolitų, kurie slopina miofibrilių susitraukimo jėgą, kiekis (Bosco et al., 1986).

Šuolių atlikimo efektyvumui didelę reikšmę turi tempimo refleksas, kuris gali pasilpti dėl nuovargio. Šie tyrimų duomenys rodo, kad dėl nuovargio vieni greičio jėgą (šoklumą) lemiantys mechanizmai pasilpsta, o kiti priešingai – pradeda dirbti dar efektyviau. Šoklumo atsigaivimo tempai priklauso nuo daugelio procesų, vykstančių ne tik raumenyse, bet ir kitose organizmo sistemose, o ypač nuo raumenų aerobinio energijos gamybos pajėgumo, kuris yra intensyvesnis lėtosiose raumeninėse skaidulose. Taigi interpretuojant krepšininkų greičio jėgos (šoklumo) nevienodumą, būtina atsižvelgti į registruojamo šoklumo rodiklio specifiką.

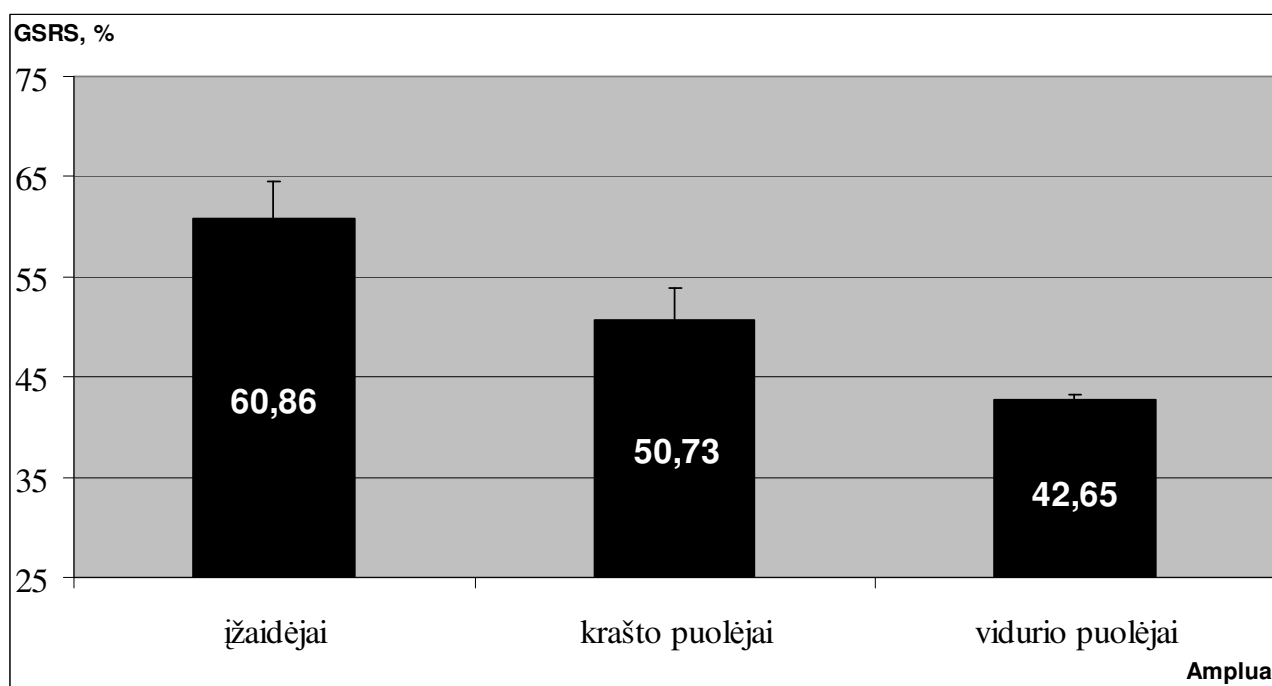
### 3.3. Raumenų kompozicijos nustatymas ir šuolių aukščio kitimas 1 min. testo metu

#### Rezultatai

Jaunųjų krepšininkų raumenyse vyrauja greitosios raumeninės skaidulos jos sudaro  $52,49 \pm 9,34\%$ . Skirstant pagal amplua daugiausia greitųjų raumeninių skaidulų yra išaidėjų tarpe  $60,86\%$ , krašto puolėjų –  $50,73\%$ , o vidurio puolėjų tik  $42,65\%$  (žiūrėti 5 lentelę; 10 pav.).

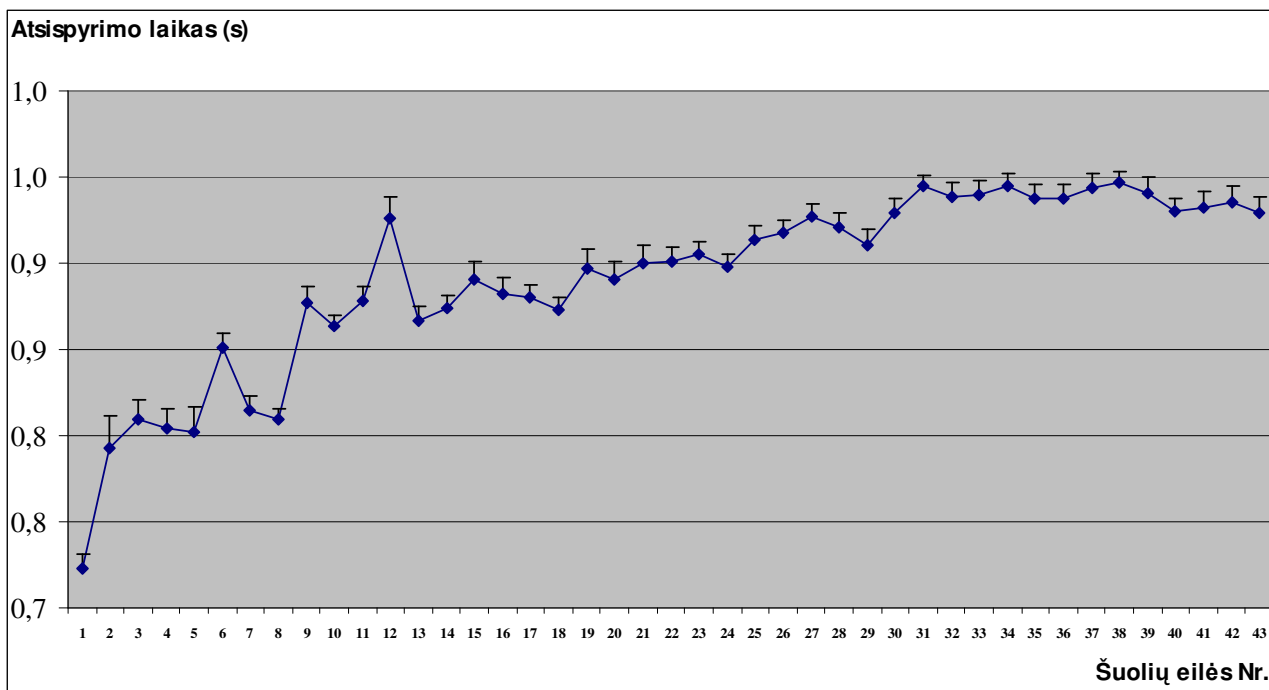
5 lentelė. Jaunųjų krepšininkų ūgio, svorio ir greitųjų raumeninių skaidulų kiekio rodikliai

Eil. nr.	Vardas, pavardė	Amplua	Ūgis, cm	Svoris, kg	GSRs, %
1.	Ž. A.	vidurio puolėjas	188	74	43,27
2.	B. T.	išaidėjas	165	52	60,40
3.	J. N.	krašto puolėjas	178	72	46,70
4.	J. S.	krašto puolėjas	177	58	42,65
5.	M. M.	išaidėjas	170	60	50,48
6.	J. L.	krašto puolėjas	179	63	61,65
7.	I. G.	išaidėjas	173	56	58,10
8.	B. M.	krašto puolėjas	183	61	45,04
9.	B. S.	krašto puolėjas	185	70	51,59
10.	P. J.	išaidėjas	175	55	67,30
11.	S. M.	išaidėjas	176	64	68,05
12.	G. D.	vidurio puolėjas	187	79	42,96
13.	E. G.	krašto puolėjas	183	68	60,69
14.	R. B.	vidurio puolėjas	186	77	41,73
15.	A. B.	krašto puolėjas	184	63	46,79
<b>Min</b>			165	52	41,73
<b>Max</b>			188	79	68,05
<b>Vidurkis</b>			$179,27 \pm 6,7$	$64,80 \pm 8,25$	$52,49 \pm 9,34$

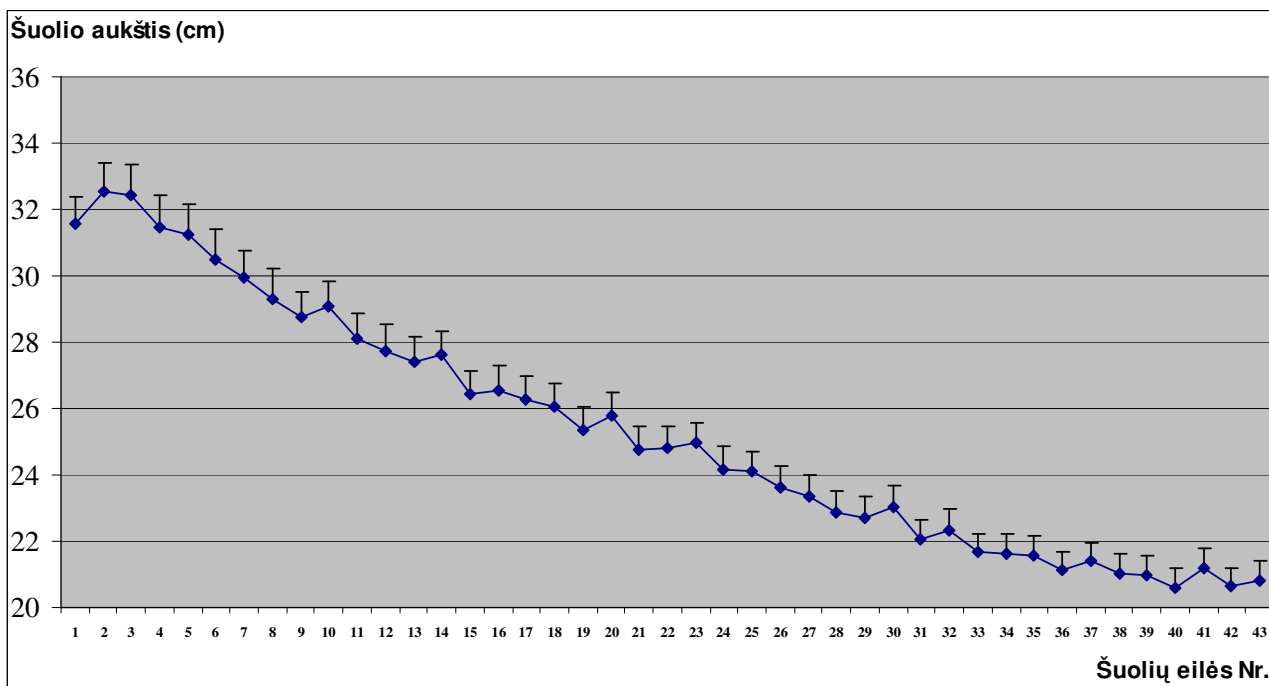


10 pav. Jaunųjų krepšininkų greitai susitraukiančių raumeninių skaidulų kiekis (procentais)

Atliekant fizinį krūvį (1 min. testą), pastebėtas šuolių aukščio rodiklių ir atsispyrimo fazės pokytis. Jaunųjų krepšininkų šuolių aukščio rodikliai turėjo tendenciją statistiškai patikimai ( $p < 0,05$ ) mažėti, o atsispyrimo fazės rodikliai statistiškai patikimai ( $p < 0,05$ ) didėti. Reikia atkreipti dėmesį į tai, kad labiau pakito šuolių aukščio rodikliai, negu atsispyrimo fazės trukmė (žiūrėti 11, 12 pav.).



11 pav. Krepšininkų atsispyrimo laiko kitimas atliekant 1 min. testą



12 pav. Krepšininkų šuolių aukščio kitimas atliekant 1 min. testą maksimaliu intensyvumu

## *Aptarimas*

Mūsų tyrimų rezultatai parodė, kad tarp šuolio aukščio ir atsispyrimo laiko yra ryšys. Kuo didesnis šuolio aukštis, tuo mažesnis atsispyrimo laikas ir atvirkščiai, kuo didesnis atsispyrimo laikas, tuo mažesnis šuolio aukštis.

Krepšinių pasirenka tie vaikai, kurių raumenyse vyrauja greitosios raumeninės skaidulos (RS). Tai rodo gauti tyrimo rezultatai ir patvirtina kiti autoriai (Jaščaninas ir kt., 1989; Hakkinen, 1994). Taigi, krepšininkai turi daugiau įgimtų greitumo jėgos (šoklumo) ypatybių.

Darbas maksimaliu intensyvumu trunkantis apie vieną minutę plačiai taikomas testuojant sportininkų šoklumo ištvermę, kuri priklauso nuo raumeninių ir centrinių nervinių mechanizmų pajėgumo (Bosco et al., 1983a., 1983b). Pagrindinis tokio darbo energijos šaltinis yra anaerobinė glikolizė, o šio bioenergetinio šaltinio pajėgumas priklauso nuo glikogeno kiekio raumenyse, raumenų susitraukimo ir atsipalaidavimo funkcinų procesų atsparumo (Bosco et al., 1983a, 1983b). Ištirta, kad krepšininkų atlikusių tokius krūvius, kraujyje randama apie 8–12 mmol/l laktato, kas rodo darbo metu vyraujant anaerobinės energijos gamybos būdą (Bosco et al., 1983a, 1983b). Kadangi mūsų ir paminėtų autorių nuovargio indeksas panašus, galima prielaida, kad net ir nematavę laktato koncentracijos turime pagrindo teigti esant jų reikšmes panašias. Be to nustatyta, kad jei raumenyse vyrauja greitosios raumeninės skaidulos, tai raumenų nuovargio tempai atliekant šuolius yra didesni (Bosco et al., 1983a). Jeigu raumenyse vyrauja lėtosios raumeninės skaidulos, nuovargis būna labai mažas.

Atliekant šuolius, būtina maksimali psichikos mobilizacija, priešingu atveju tiriamieji neatlieka šuolių maksimaliomis pastangomis, todėl ir nuovargio didėjimo tempai būna mažesni, arba nuovargis nepasireiškia. Tyrimų metu mes ypatingą dėmesį kreipėme į testuojamų asmenų motyvaciją, nuolat raginame susikaupti ir maksimaliai atlikti kiekvieną šuolį. Be to, ilgai trunkančio krūvio metu greitosios raumeninės skaidulos ypač pavargsta ir dėl to pradeda geriau panaudoti elastinę energiją (Bosco et al., 1986). Tai leidžia suformuoti tokią prielaidą: kuo greitesnis yra tiriamasis asmuo, tuo greičiau pavargsta jo raumenys, bet tokiomis sąlygomis jis racionaliau panaudoja elastinę raumenų energiją, tam tikru laikotarpiu kompensuodamas pasireiškiantį nuovargį. Ritmiškai atliekamų šuolių metu raumuo gali šiek tiek pailsėti polėkio fazės metu (kuri nors ir trunka keletą sekundės dešimtuju), todėl tokio darbo nuovargis yra mažesnis negu atliekant nenutrūkstamą darbą.

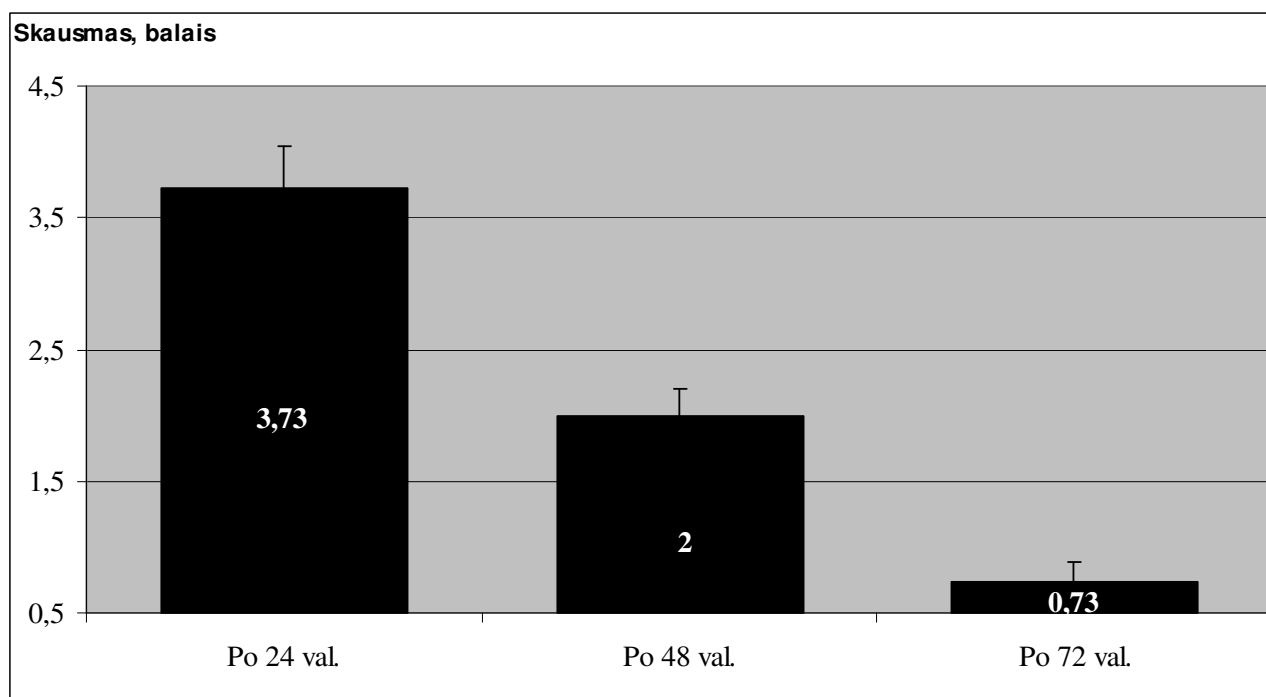
Įvairiais būdais atliekamų šuolių rezultatų nevienareikšmišką kitimą taip pat gali lemti ir nevienodas jų pradinis lygis, tačiau mes dar negalime pagrįsti šio reiškinio. Atrodo, kuo geresnis fizinės ypatybės pradinis lygis, tuo sunkiau ją išugdyti (Komi, 1992). O jei pradinis tos ypatybės lygis yra geresnis dėl įgimtų faktorių, pvz.. raumenų kompozicijos, tai ir jos kitimo tempai gali būti

spartesni. Tokiu atveju krepšininkų, kurių raumenyse yra daugiau greitųjų raumeninių skaidulų, šoklumas turėtų lavėti sparčiau. Tai patvirtintų kartotiniai tyrimai.

### 3.4. Kojų raumenų skausmo įvertinimas po darbo

#### *Rezultatai*

Mūsų tiriamieji įvertino kojų raumenų skausmą po 24, 48, 72 valandų. Krepšininkai jautė skausmą skirtingai (žiūrėti 5 lentelę). Visų sportininkų kojų raumenų skausmas turėjo tendenciją patikimai mažėti ( $p < 0,05$ ). Po 24 valandų skausmas buvo įvertintas 3,73 balais, po 48 val. – 2 balais, o po 72 val. – 0,73 balais. Rastas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp raumenų skausmo ( $p < 0,05$ ), lyginant su skausmu po 24 valandų (žiūrėti 13 pav.).



*13 pav. Krepšininkų raumenų skausmo įvertinimo balais po 24, 48, 72 val. vidurkiai*

5 lentelė. Krepšininkų raumenų skausmo įvertinimas balais

Eil. nr.	Vardas, pavardė	Amplua	Po 24 val.	Po 48 val.	Po 72 val.	Vidurkis
1.	Ž. A.	vidurio puolėjas	4	3	1	2,67
2.	B. T.	įžaidėjas	4	2	1	2,33
3.	J. N.	krašto puolėjas	2	1	0	1,00
4.	J. S.	krašto puolėjas	5	3	1	3,00
5.	M. M.	įžaidėjas	2	1	0	1,00
6.	J. L.	krašto puolėjas	3	1	0	1,33
7.	I. G.	įžaidėjas	3	2	1	2,00
8.	B. M.	krašto puolėjas	5	3	1	3,00
9.	B. S.	krašto puolėjas	4	2	1	2,33
10.	P. J.	įžaidėjas	4	2	0	2,00
11.	S. M.	įžaidėjas	3	2	1	2,00
12.	G. D.	vidurio puolėjas	3	2	1	2,00
13.	E. G.	krašto puolėjas	3	1	0	1,33
14.	R. B.	vidurio puolėjas	6	3	2	3,67
15.	A. B.	krašto puolėjas	5	2	1	2,67
<b>Min</b>			2	1	0	1
<b>Max</b>			6	3	2	3,67
<b>Vidurkis</b>			3,73±1,16	2±0,76	0,73±0,59	2,16±0,78

### Aptarimas

Atliekant neįprastus fizinius pratimus ir ypač ekscentrinius, pasireiškia nuovargis, lydimas raumenų skausmo. Šis skausmas išlieka net kelias paras. Mūsų tyrimai sutampa su mokslininkų tyrimais, rodančiais, kad ekscentrinių fizinių pratimų (šuolių) metu atsiradęs raumenų nuovargis išlieka net kelias paras, o jį dažnai lydi raumenų skausmas (Fitts, 1994). Iš 13 pav. matyti, kad raumenų skausmas didžiausias buvo praėjus 24 val. po krūvio. Jis patikimai didesnis ( $p < 0,05$ ) lyginant su skausmu praėjus 48 ir 72 val. po krūvio. Krepšininkų raumenų skausmas buvo nevienodas, tai matyti 5 lentelėje. Įžaidėjams skausmas pasireiškė mažiausiai – 1,87 balo, o vidurio puolėjams daugiausiai – 2,78 balo.

## IŠVADOS

1. Vertikalaus šuolio aukštis priklauso nuo motorinės programos, tačiau ji kaip ir kiti refleksiniai bei raumeniniai mechanizmai gali būti modifikuojama, priklausomai nuo šuolio atlikimo būdo, mokėjimo jį atlikti bei susikaupimo laipsnio. Didžiausias vertikalaus šuolio aukštis atliekant Dj90 būdu ( $35,82 \pm 4,46$ ), mažiausias hp90 būdu ( $34,05 \pm 3,58$ ) ( $p < 0,05$ ).
2. Atliekant šuolius maksimaliu intensyvumu, pasireiškia nuovargis. Tai rodo šuolių aukščio rodiklių sumažėjimas darbo metu. Didžiausias nuovargio indeksas  $6,87 \pm 2,81\%$  pasireiškia atliekant šuolius hp90 būdu.
3. Krepšininkų šuolių aukščio pokyčiai atliekant 1 min testą maksimaliu intensyvumu, lyginant su atsispyrimo laiku, yra didesni. Tokio darbo metu pastebimas ryškus krepšininkų vertikalaus šuolio aukščio patikimas ( $p < 0,05$ ) sumažėjimas. Nustatyta, kad jaunųjų krepšininkų raumenyse vyrauja ( $52,49\%$ ) greitosios raumeninės skaidulos.
4. Atliekant vertikalius šuolius, pasireiškia nuovargis lydymas kojų ir raumenų skausmo, išliekančio net kelias paras, kuris patikimai ( $p < 0,05$ ) mažėja.

## LITERATŪRA

1. Armstrong, R.B., Warren, G.L., & Warren, J. A. (1991). Mechanisms of exercise induced muscle fibre injury. *Sports Med.*, 12 (3), 184–207.
2. Anderson, F.C. & Pandy, M.G. (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *J.Biomech.*, 26(12), 1413–1427.
3. Astrand P-O. & Rodahl K. (1986). *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise*. McGraw-Hill.
4. Aura, O., Viitasalo, J.T. (1989). Biomechanical characteristics of jumping. *Journal of Sports Biomechanics*, 5, 89–98.
5. Balčiūnas, M. (2005). *Optimalių fizinių krūvių taikymo veiksmingumas rengiant jaunuosius (15–16 m.) krepšininkus*. Daktaro disertacija, socialiniai mokslai, edukologija, 07S. Kaunas: LKKA.
6. Ball, R. K. (1989). The basketball jump shot: a kinesiology analysis with recommendations for strength and conditioning programs. *NSCA Journal*, 11(5), 4–12.
7. Bobbert, M.F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Med.*, 9(1), 7–22.
8. Boileau, R., Misner, J., Dyksta, G. & Spitzer, T. (1983). Blood lactic acid removal during treadmill and bicycle exercise at various intensities. *Sports Med.*, 23, 159–167.
9. Bompa, T. (2000). *Total training for young champions*. Human Kinetics: Illinois.
10. Bosco, C., Tihanyi, J. Komi, P.V. Fekete, G. & Apor, P. (1982). Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand*, 116(4), 343–349.
11. Bosco, C., Komi, P.V., Tihanyi, J., Fekete, G. & Apor, P. (1983a.). Mechanical Power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *Eur J Apple Physiol*, 51 (1), 129–135.
12. Bosco, C, Luhtanen, P. & Komi, P.V. (1983b). A simple method for measurement of mechanical Power in jumping. *Eur J Apple Physiol*, 50 (2), 273–282.
13. Bosco, C. & Rsko, H. (1983c). The effect of prolonged skeletal muscle stretch shortening cycle on recoil of elastic energy and on energy expenditure. *Acta Physiol Scand*, 119 (3), 219–224.
14. Bosco, C, Mogroni, P. & Luhtanen, P. (1983d). Relationship between isocinetic performance and ballistic movement. *Eur J Apple Physiol*, 51 (3), 357–364.

15. Bosco, C., Zanon, S., Rusko, H., Dal Monte, A., Bellotti, P., Latteri, F., Canderolo, N., Locatelli, E., Azzaro, E., Pozzo, R., et al. (1984). The influence of extra load on the mechanical behavior of skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol*, 5(2), 149–154.
16. Bosco, C., Tihanyi, J., Latteri, F., Fekete, G., Apor, P. & Rusko, H. (1986). The effect of fatigue on store and re-use elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*, 128(1), 109–117.
17. Bosco, C., Montanai, G., Tarkka, I., Latteri, F., Cozzi, M., Iachelli, G., Faina, M., Coli, R., Dal Monte, A., La Rosa, M. Et al. (1987). The effect of pre-stretch on mechanical efficiency of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*, 131 (3), 323–329.
18. Bouchard, C., Dione, F. T., Simoneau, J.A. & Boulay, M.R. (1992). Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exers Sports Sci Rev.*, 20, 27–58,
19. Brenner, B. (1988). Effect of  $Ca^{2+}$  on cross – bridge turnover kinetics in skinned single fibers: Implication of muscle contraction II Proc. *Nat. Acad USA*, 85, 3542–3546.
20. Brittenham G. (1996). *Complete conditioning for basketball*. USA: Human Kinetics
21. Bruton, J.J.D., Lannergren, J., & Westerblad, H. (1995). Mechano – sensitive linkage in excitation – contraction coupling in frog skeletal muscle. *J Physiol (Lond)*, 484 (3), 737–741.
22. Carmenati, R. (1998). *Educating for Basketball*. Roma: World Association of Basketball Coaches.
23. Cecchi, G., Lombardi, V., Menchette, G. (1984). Development of force–velocity relation and rise of isometric tetanic tension Measures the time course of different processes. *Pflugers–Arch*, 401, 396–401.
24. Choutka, M., Dovalil, J. (1987). *Sportovni trenink*. Praha: Olympia.
25. Dedrick, M.E. & Clarkson, P.M (1990). The effects of eccentric exercise on motor performance in young and older women. *Eur J Appl Physiol*, 60(3), 183–186.
26. Dobry, L. (1986). *Mala škola basketbalu*. Praha: Olympia.
27. Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical basis of kinesiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
28. Falk, B. & Bar–Or, O. (1993). Longitudinal changes in peak aerobic and anaerobic mechanical power of circumpubertal boys. *Ped Exe Sci.*, 5, 318–331.
29. 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. *J Biomechanics*, 24 (1), 111–122.
30. Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev.*, 74 (1), 49–94.
31. Friden, J. & Lieber, R.L. (1997). *Muscle damage induced by cyclic eccentric contractions: biomechanical and structural studies*. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press.

32. Glenmark, B., Hedberg, G. & Jansson, E. (1992). Changes in muscle fiber type from adolescence to adulthood in women and men. *Acta Physiol Scand*, 146, 251–259.
33. Goldspink, G. (1992). *Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle*. Oxford, 211–230.
34. Gurfinkel, V. S., Levik, J. S. (1985). *Skeletnaja myšca: struktura I funkcija*. Moskva: Nauka.
35. Hakkinen, K., Komi, P.V. & Kauhanen, H. (1986). Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various stretch – shortening cycle exercises. *Sports Med.*, 7(3), 144–151.
36. Hakkinen, K. (1994). Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining and immobilization. *Critical Rev Phys Rehabil Med.*, 6(2), 161–198.
37. Jaščaninas, J., Skurvydas, A., Mamkus, G. ir Ratkevičius, A. (1989). Įvairaus kryptingumo treniruočių krūviai, raumens susitraukimo greičio jėgos ypatybės ontogenezė ir sportinės atrankos aspektai. *Sveikatos apsauga*, 6, 24–29.
38. Karoblis, P. (1999). *Sporto treniruotės teorija ir didaktika*. Vilnius: Elada.
39. Kellis, S., E., Tsiskaris, G., T., Nokopolou, M., D., Mousikou, K.C. (1999). The evaluation of jumping ability of male and female basketball players according to their chronological age and major leagues. *Strength and Conditioning Research*, 13(1), 40–46.
40. Klimantowicz, W. (1999). *Koszykowka*. Warszawa: Centralny ośrodek sportu.
41. Klinzinc, J., E. (1994). Basketball training for improved jumping ability of basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 27–32.
42. Komi, P.V. & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports*, 10(4), 261–265.
43. Komi, P. V. (1992). *Strength and power in sport*. Oxford.
44. Kraemer, W. J. & Fleck, S. J. (1993). *Strength training for young athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics.
45. Mc Cathy, J., (1996). *Coaching Youth basketball*. Cincinnati, Ohio: Betterway Books
46. Neumann, H. (1999). *Trening Koszykowki: Taktyka. Technika. Kondycja*. Wrocław: Oficyna wydawnicza Marshal Polska.
47. Pollack, G. H. (1990). *Muscles and molecules: uncovering the principles of biological motion*. Seattle: Ebner and Sons.
48. Racker, E. (1965). *Mechanisms in bioenergetics*. New York, Academic Press.

49. Ratkevičius, A., Skurvydas, A. & Lexell, J. (1995). Submaximal– exercise–induced impairment of human muscle to develop and maintain force at low frequency of electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol*, 70(4), 294–300.
50. Ratkevičius, A., Skurvydas, A., Povilonis, E., Quistroff, B. & Lexell, J. (1998). Effects of contraction duration on low-frequency fatigue in voluntary and electrically induced exercise of quadriceps muscle in humans. *Eur J Appl Physiol*, 77(5), 462–468.
51. Rios, E., Pizzaro, G. (1991). The voltage sensor of excitation – contracting coupling in skeletal muscle. *J. Physiol*, 71, 849–908.
52. Sale, D.G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Med and Sci in Sports and Exerc.*, 20, 135–145.
53. Sale, D. G. (1992). *Neural adaption to Strength training. Strength and Power in Sport.* Oxford: Blackwell Sei. Publ.
54. Salmons, G. (1994). Exercise, stimulation and type transformation of scelet muscle//Int. *Sports Med.*, 15 (3), 136–141.
55. Schmidt, R.A. (1988). *Motor control and motor learning.* Champaign, IL: Human Kinetics.
56. Schmidtbleicher, D., Gollhofer, A., Frick, U. (1987). Auswirkungen eines Tiefsprungtrainings auf die Leistungsfähigkeit und das Innervationsverhalten der Beinstreckmuskulatur. *Deutsche Zeitschrift fur Sportmedizin*, 38 (9), 389–394.
57. Skernevičius, J., Raslanas, A., Dadelienė, R. (2004). *Sporto mokslo tyrimų metodologija.* Vilnius: Lietuvos sporto informacijos centras.
58. Skurvydas, A., Stasiulis, A. ir Vilčinskas, P. (1988). *Šoklumo fiziologiniai pagrindai.* Vilnius: Lietuvos švietimo ministerija.
59. Skurvydas, A., Mamkus, G. (1990). *Sportininkų, perspektyvumo nustatymas remiantis raumenų kompozicija.* Vilnius.
60. Skurvydas, A. (1991). *Organizmo adaptacijos prie fizinių krūvių pagrindiniai dėsniniai.* Vilnius: Sporto metodikos kabinetas.
61. Skurvydas, A., Zuožienė, I., Mamkus, G. Gedvilas, V. (1995). Berniukų griaučių raumenų susitraukimo savybių kitimas dėl amžiaus. *Kūno kultūra*, 28, 40–53.
62. Skurvydas, A. (1998). *Judesių valdymo ir sporto fiziologijos konspektai.* Kaunas: LKKA.
63. Stanislovaitis, A. (1998). *Specializuotų jėgos, greitumo ir ištvėmės treniruočių krūvių poveikis griaučių raumenų funkcijos adaptaciniams ypatumams.* LKKI, Kaunas.
64. Stasiulis, A. (1996). *Sporto fiziologijos laboratoriniai darbai.* LKKI Kaunas.
65. Stasiulis, A., Dubininkaitė, L., Venckūnas, T. (2005). *Sporto ir pratimų fiziologijos laboratoriniai darbai.* Kaunas: LKKA.

66. Stonkus, S. (2002a). *Krepšinio testai*. Kaunas: LKKA
67. Stonkus S. (2002b). *Sporto terminų žodynas*. Kaunas: LKKA
68. Stonkus S. (2003). *Krepšinis: Istorija Teorija Didaktika*. Kaunas: LKKA.
69. Viitasalo, J.T. & Bosco, C. (1982). Electromechanical behavior of human muscle in vertical jumps. *Eur J Appl Physiol*, 48, 253–261.
70. Viitasalo, J.T., Osterback, L., Alen, M. & Rahkila, P. (1987). Mechanical jumping power in young athletes. *Acta Physiol Scand*, 131, 139–145.
71. Wahren, J. (1977). Glucose turnover during exercise in man. *NY Acad Sci Proc.*, 301, 45–55.
72. Westerblad, H., Lee J.A., Lannergren, J., & Allen, D.G. (1991). Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *Am J Physiol*, 261, 195–209.
73. Westerblad, H., Duty, S., & Allen, D. G. (1993). Intracellular calcium concentration during low - frequency fatigue in isolated single fibers of mouse skeletal muscle. *J Appl. Physiol*, 75 (1), 382–388.
74. Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (1994). *Physiology of exercise and sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.
75. Zachovajevas, P. (1998). *Raumenų mažų dažnių nuovargis atliekant fizinius pratimus maksimaliu intensyvumu*. LKKI, Kaunas.
76. Курамщин. Ю. Б. (2004). *Скоростные способности и методика их развития. Теория и практика физической культуры*. Москва: Советский спорт.
77. Платонов, В. Н. (2004). *Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте*. Киев: Олимпийская литература.
78. Сологуб, Е. Б. (1987). *Возрастные особенности юнных спортсменов. Юнный баскетболист*. Москва: Физкультура и спорт.
79. Хартманн, Ю. Тюннеманн, Х. (1988). *Современная силовая тренировка*. Берлин: Спортферлаг.
80. Яковлев, И. И. (1974). *Биохимия спорта*. Москва.