

DAŽĀDA RAKSTURA SPORTA SLODŽU IETEKME UZ SKELETA MUSKUĻU ATTĪSTĪBU

EFFECT OF DIFFERENT SPORT LOADS ON SKELETAL MUSCLE DEVELOPMENT

Inese Pontaga

Latvijas Sporta pedagoģijas akadēmija
Brīvības gatve 333, LV-1006, Rīga, Latvija
e-pasts: Inese.Pontaga@lspa.lv

Abstract

Skeletal muscle hypertrophy, changes in muscle fibers structure and enzymes activity and mechanisms of neural regulation of muscle contractions are dependent on intensity and duration of physical loads. Strength, power and aerobic endurance training causes different changes in skeletal muscles of athletes.

The aim of the present investigation is to write a review of scientific literature about the effect of strength, power and endurance training on skeletal muscles.

Sport training with great resistances and using eccentric exercise causes the greatest skeletal muscles hypertrophy and strength gain. Increase of skeletal muscle strength is significantly greater after eccentric exercise in comparison with concentric and isometric exercise. An eccentric exercise bout stimulates myofibrillar and contractile protein synthesis to a greater extent than a concentric or isometric exercise bout.

Plyometric training increases muscle power and strength while causing minor changes in muscle fiber and skeletal muscle size. This suggests that performance increases due to training of neural mechanisms (using stretch – shortening cycle of muscle during exercise). The mechanical properties of tendons respond to plyometric training: the tendons become stiffer, but the cross-sectional area of them is not changed. Therefore the tendons become more efficient in the transmission of muscle tension.

Hypoxic training stimulates expression of several genes associated with improved metabolism and performance in skeletal muscle of athletes. This effect is probably mediated by the induction of hypoxia – inducible factor – 1 (HIF-1). This factor is involved in regulation of the expression of proteins involved in glycolysis, pH regulation and formation of new capillaries in muscle. Therefore the aerobic performance of athletes improves not only at altitude, but also at the sea level. The altitude conditions (1700 – 2000 m above the sea level) is possible to simulate in special environmental and hypoxic chambers and rooms. This allows to perform hypoxic training in Latvia.

Atslēgas vārdi: *skeleta muskuļi, hipertrofija, spēks, ātrspēks, aerobā izturība, ekscentriskie vingrinājumi, hipoksija*

Keywords: *skeletal muscle, hypertrophy, strength, power, aerobic endurance, eccentric exercise, hypoxia*

Ievads

Fizisku treniņu ietekmē muskuļos notiek izmaiņas, kuru raksturs ir atkarīgs no slodžu intensitātes un ilguma: mainās fermentu aktivitāte muskuļos, kas nosaka muskulatūras attīstības individuālās īpatnības; spēka, ātrspēka un izturības treniņu ietekmē attīstās atšķirīgi kustību neirālās regulācijas mehānismi, kas nosaka muskuļšķiedru ieslēgšanos darbā.

Pētījuma mērķis ir uzrakstīt jaunākās zinātniskās literatūras avotu pārskatu par izmaiņām skeleta muskuļos spēka, ātrspēka un izturības treniņu ietekmē.

Rezultāti un diskusija

Izmaiņas skeleta muskuļos spēka treniņu ietekmē.

Jebkura spēka vingrinājuma ietekmē pastiprinās olbaltumvielu sintēze skeleta muskuļos. Regulāri spēka treniņi vismaz 8 nedēļas ilgā laika periodā ilgstoši palielina muskuļa vielmaiņas intensitāti (72 stundas pēc treniņa) (Kim, u.c., 2005).

Visiem cilvēkiem normā darbojas miostatīna noteicošais gēns. Miostatīnas pieder pie beta augšanas faktoriem TGF- β . Normā tas samazina muskuļu masas pieaugumu veseliem cilvēkiem, jo hipertrofēta skeleta muskulatūra izraisa vajadzību pēc lielāka uztura daudzuma uzņemšanas un palielina cilvēka enerģijas patēriņu. Dažas dienas pēc intensīva spēka treniņa, it īpaši, pēc ekscentriskiem spēka vingrinājumiem miostatīna mRNS daudzums samazinās (Heinemeier, u.c. 2007). Tāpēc notiek skeleta muskuļu hipertrofija. Trenējoties muskuļu hipertrofija notiek ātri, ko pierāda novērojumi ar kodolmagnētiskās rezonanses metodi: m.quadriceps femoris hipertrofējas par 5,2 % pēc 20 dienu spēka treniņiem, kas veikti 5 nedēļas ilgi, veicot vingrinājumus, kas ietver apakšstilba ekstenziju (Russel, u.c., 2005).

Spēka treniņu ietekmē muskuļšķiedru šķērsriezuma laukuma palielināšanās notiek maksimāli par 30 – 70 %. Kultūristiem muskuļšķiedru šķērsriezuma laukums var būt līdz 2,5 reizes lielāks nekā cilvēkiem ar sēdošu dzīvesveidu (Alway, u.c. 1988). Spēka treniņi izraisa pārsvarā ātro jeb II tipa muskuļšķiedru hipertrofiju (Ewing, u.c., 1990; Hather, u.c., 1991). Spēka un ātrspēka treniņos izmainās ātro II tipa muskuļšķiedru paveidi: palielinās tīri glikolītisko II tipa muskuļšķiedru īpatsvars. Tas ir novērots m.quadriceps femoris (Andersen, Aagaard 2000) un m.triceps brachii (Jurimae, u.c., 1996). Spēka treniņu ietekmē palielinās II tipa ātro muskuļšķiedru šķērsriezuma laukums. Kolagēna u.c.nekontraktīlo olbaltumvielu daudzums izteikti hipertrofētos muskuļos samazinās (Sale, u.c., 1987). Datortomogrāfijas metode pierāda, ka izteikti hipertrofētos muskuļos miofibrillu blīvums šķiedrā ir lielāks (muskuļaudu rentgenoptiskais blīvums ir lielāks) (Jones, Rutherford, 1987). Spēka treniņu ietekmē palielinās daudzu muskuļu fermentu aktivitāte, tie ir: ATF-āze, kreatīnkināze, fosfofruktokināze, laktātdehidrogenāze, heksokināze, sukcinātdehidrogenāze, miokināze (Thorstenson, u.c., 1976, Tesch, u.c., 1990). Tie nosaka anaerobo enerģētisko reakciju intensitātes palielināšanos. Ja tiek veikti progresējošas intensitātes spēka vingrinājumi (piemēram, apakšstilba ekstenzija), vairāk nekā par 80 % palielinās olbaltumvielas desmīna daudzums muskuļšķiedrās. Desmīns ir muskuļšķiedras citoskeleta olbaltumviela, kas saista miofibrillas ar sarkolemmu jeb šūnas membrānu ar struktūru palīdzību, ko sauc par kostamēriem. Tas nosaka spēka pānesi muskuļšķiedrā (Clark, u.c., 2002).

Skeleta muskuļu hipertrofiju novēro gan pēc koncentriskiem, gan ekscentriskiem vingrinājumiem: ja treniņā muskuļi ir darbojušie koncentriski, pastiprinās pārsvarā muskuļu saistaudu, mitohondriju un sarkoplazmā šķīstošo olbaltumvielu sintēze; ja ir veikti ekscentriski vingrinājumi, tad pastiprinās arī miofibrillu jeb kontraktīlo olbaltumvielu sintēze. Veicot ekscentriskus vingrinājumus, muskuļu spēka pieaugums ir lielāks nekā pēc koncentrisku un izometrisku vingrinājumu veikšanas (Hortobagyi, u.c., 1996). Ekscentriskos vingrinājumos muskuļu iestiepuma laikā notiek slodzei visvairāk pakļauto sarkomēru bojāeja. Atkārtoti ekscentriski vingrinājumi rada muskuļu pielāgošanos šādām slodzēm. To var pamatot ar vairākiem iespējamiem mehānismiem: muskuļa darbības motorās regulācijas izmaiņas, lai mazinātu audu bojājumu, atkārtoti izpildot ekscentriskos vingrinājumus; palielinās saistaudu daudzums muskulī,

lai mazinātu muskuļa bojājumu atkārtotās ekscentriskās kontrakcijās; izmaiņas notiek sarkomēru līmenī (skaitā, struktūrā).

Tāpēc izvēloties spēka treniņus ar lielām pretestībām un izpildot ekscentriskas muskuļu kontrakcijas, muskuļu miobibrillārā hipertrofija būs daudz izteiktāka nekā veicot vingrinājumus ātrā tempā ar mazām pretestībām un bez ekscentriskas darbības..

Muskuļšķiedru hiperplāzija jeb muskuļšķiedru skaita pieaugums muskulī spēka slodžu ietekmē jau vairākus gadu desmitus atpakaļ tika pierādīta dzīvniekiem. Putniem tā ir izteiktāka (par 21 %) nekā zīdītājiem (par 8 %) (Kelley, u.c., 1996). Muskuļu hiperplāziju cilvēkam ilgu laiku nevarēja pierādīt, jo nebija pieejamas nepieciešamās izmeklēšanas metodes. Netieši par to liecina pagājušā gadsimta 80-jos gados veiktie pētījumi ar kultūristiem, kuriem tika izmeklēts m.biceps brachii biopsijas materiāls. Noteiktas ticamas pozitīvas korelācijas starp muskuļa šķērsriezuma laukumu un atsevišķu muskuļšķiedru šķērsriezuma laukumu (korelācija koeficients $r = 0,71- 0,81$), kā arī starp muskuļa šķērsriezuma laukumu un muskuļšķiedru skaitu tajā ($r = 0,35 - 0,60$) (Sale, u.c., 1987, MacDougall, u.c., 1984). Mūsdienās ir pierādīta muskuļšķiedru hiperplāzija cilvēkam spēka slodžu ietekmē (Cramerī, u.c., 2004). Šie autori pierādīja, ka vienreizējs, intensīvs spēka treniņš izraisa: muskuļu satelītšūnu aktivāciju. Daudzu bioķīmisku faktoru ietekmē notiek to dalīšanās, rodas jaunas muskuļšķiedras, veidojas kustības vienības motorās nervu šķiedras jauni izaugumi, kas inervē jaunizveidotās muskuļšķiedras.

Izmaiņas skeleta muskuļos ātrspēka treniņu ietekmē.

Izmaiņas muskuļos ir atkarīgas no tā, vai tie tiek slogoti dinamiskā vai statiskā režīmā. Svarcēlājiem un kultūristiem ir lielāks muskuļu spēks nekā netrenētiem cilvēkiem gan lēnās, gan ātrās kustībās (Sale, MacDougall, 1984).

Ja treniņi notiek ātrās kustībās, ir novērojama ātruma adaptācija. To nosaka neirālie mehānismi jeb motoneironu ieslēgšanās darbā. Eksplozīvie treniņi uzlabo atlēta darbības ātrspēka vingrinājumos. Šie treniņi palielina spēka pieauguma ātrumu slodzēs, t.sk. arī izometriskos vingrinājumos (Hakkinen, u.c., 1985). Ātrspēka īpašības var noteikt lēcienos, mērot vertikālā lēciena augstumu, lēcienā attīstīto darba jaudu ar vai bez roku kustībām.

Viens no ātrspēka treniņu veidiem ir pliometriskais treniņš. Pliometriskais treniņš veicina neirālo mehānismu iesaistīšanos muskuļu jaudas attīstīšanā, piemēram, veicot ātras lēcienus sērijās. Kāju muskuļi darbojas ekscentriski – tiek iestiepti ar ķermeņa svaru piezemējoties. Pēc tam seko koncentriska muskuļu darbība un maksimāls lēcien uz augšu. Pliometriskie treniņi paaugstina lēcienus augstumu un jaudu. Tomēr specifiskas morfoloģiskas izmaiņas muskuļos, to palielināšanās ir minimāla (Vissing, u.c., 2008). Tas nozīmē, ka adaptācija šāda rakstura slodzēm ir neirālas dabas: lēcienus augstumu un jaudu palielina iestiepuma jeb strečrefleksu izmantošana. Ātri iestiepjot kāju muskuļus ekscentriskā darbā, tiek uzbudinātas muskuļu vārpstas, kas reflektori iztaisa šī paša muskuļa ātru saraušanos.

Pierādīts, ka pliometriskais treniņš izraisa muskuļu cīpslu mehānisko īpašību izmaiņas, piemēram, Ahilla cīpslā (Foure, u.c., 2011). Šādas cīpslas labāk saglabā elastīgo deformācijas enerģiju (ar mazāku tās izkliedi audos) – ir stingākas. Cīpslu šķērsriezuma laukums nemainās. Tās efektīvāk pārnes muskuļu attīstīto vilkmes spēku.

Izmaiņas skeleta muskuļos aerobās izturības treniņu ietekmē.

Skeleta muskuļu īpašības nosaka aerobās izturības perifēro komponenti. Jo labāk noslogotie skeleta muskuļi ir adaptējušies izturības slodzēm, jo intensīvāku darbu attiecīgais atlēts var veikt uz

aerobo enerģētisko procesu rēķina. Trenējoties aerobās (izturības) slodzēs, notiek izmaiņas abu tipu muskuļšķiedrās, bet izteiktāk I tipa jeb lēnajās muskuļšķiedrās (Pette, Staron, 1997). Tāpēc paaugstinās laktātu uzkrāšanās (anaerobās maiņas) sliexnis (McPhee, u.c., 2008). Muskuļu masa palielinās nedaudz. Tas ir saistīts ar sarkoplazmas daudzuma pieaugumu muskuļšķiedrās. Palielinās muskuļšķiedru enerģētiskās rezerves: glikogēna daudzums un mioglobīna koncentrācija. Muskuļa tilpumu palielina arī jaunizveidotie kapilāri.

Metabolā adaptācija aerobām slodzēm: uzlabojas ATF aerobās resintēzes spējas, palielinās mitohondriju skaits un izmēri aerobi noslogoto skeleta muskuļu šķiedrās. Tas veicina ATF resintēzi oksidatīvās fosforilēšanās ceļā. Oksidatīvo fermentu aktivitātes pieaugums ir saistīts ar mitohondriju materiāla daudzuma palielināšanos (Fluck, Hoppeler, 2003), . Lielāks šo fermentu daudzums paaugstina anaerobās maiņas sliexni. Regulāras aerobas slodzes uzlabo cilvēka spējas oksidēt taukskābes un triglicerīdus, kas atrodas aktīvajā muskulī. Tas izturības sporta veidu pārstāvjiem dod iespēju ilgstošāk strādāt pirms organisma noguruma iestāšanās pēc organisma glikogēna rezervju iztērēšanas. Aerobo treniņu ietekmē pieaug muskuļu spējas oksidēt ogļhidrātus. Mitohondriju augstās oksidatīvās spējas un palielinātās glikogēna rezerves muskuļšķiedrās dod iespēju palielināt ogļhidrātu šķelšanās intensitāti (Jacobsel, u.c., 1993).. Ogļhidrātu šķelšanās: nodrošina ātrāku aerobo enerģijas ieguvu nekā tauku šķelšanās, atbrīvo par 6 % vairāk enerģijas nekā tauki, oksidācijas procesiem izmantojot vienādu skābekļa daudzumu.

Pēdējos gados populāra ir treniņu metode “dzīvot zemu, trenēties augstu”. Atlēti dzīvo zemienē, bet trenēties regulāri dodas ap 2000 m virs jūras līmeņa. Šāda treniņu metode dod iespējas aklimatizēties sacensībām viduskalnes apstākļos. Hipoksijas apstākļi izmaina dažu gēnu ekspresiju un muskuļu vielmaiņu. To nosaka hipoksijas izraisošais faktors 1 (HIF-1), kas ietekmē glikolīzes reakcijas norisi muskuļšķiedrās, pH regulāciju un veicina jaunu asinsvadu veidošanos skeleta muskuļos (Vogt, Hoppeler, 2010). Atlētiem, kas trenējušies hipoksijas apstākļos, ir priekšrocības aerobās izturības perifēro mehānismu ziņā arī jūras līmenī. Lai izmantotu treniņu metodi “dzīvot zemu, trenēties augstu” Latvijas apstākļos, ir nepieciešamas speciālas normobāras mērenas hipoksijas kameras, kas modelētu viduskalnes hipoksiju (1700 – 2000 m virs jūras līmeņa) (Katayama, u.c., 2010). Atlētiem tur būtu jātrenējas 30 minūtes līdz trīs stundas dienā.

Secinājumi

1. Lai panāktu lielāku muskuļu miobibrillāro hipertrofiju un spēka palielināšanos, ir jāizvēlas spēka treniņi ar lielām pretestībām un izpildot ekscentriskas muskuļu kontrakcijas, jo veicot ekscentriskus vingrinājumus, muskuļu spēka pieaugums ir lielāks nekā pēc koncentrisku un izometrisku vingrinājumu veikšanas. Ja ir veikti ekscentriski vingrinājumi, tad pastiprinās miofibrillu jeb kontraktīlo olbaltumvielu sintēze muskuļšķiedrās, ko nenovēro pēc koncentriskiem un izometriskiem vingrinājumiem.
2. Veicot pliometriskus treniņus, specifiskas morfoloģiskas izmaiņas muskuļos, to palielināšanās ir minimāla. Tas nozīmē, ka adaptācija šāda rakstura slodzēm ir neirālas dabas: lēcienaugstumu un jaudu palielina iestiepuma jeb strečrefleksu izmantošana. Ātri iestiepjot kāju muskuļus ekscentriskā darbā, tiek uzbudinātas muskuļu vārpstas, kas reflektori iztaisa šī paša muskuļa ātru saraušanos. Pliometriskais treniņš izraisa muskuļu cīpslu mehānisko īpašību izmaiņas, tās labāk saglabā elastīgo deformācijas enerģiju (ar mazāku tās izkliedi audos) – ir stingākas, bet cīpslu šķērssbiezuma laukums nemainās. Tās efektīvāk pārnes muskuļu attīstīto vilkmes spēku.

3. Hipoksijas apstākļi izmaina dažu gēnu ekspresiju un muskuļu vielmaiņu. To nosaka hipoksijas izraisošais faktors 1 (HIF-1), kas ietekmē glikolīzes reakcijas norisi muskuļšķiedrās, pH regulāciju un veicina jaunu asinsvadu veidošanos skeleta muskuļos. Tāpēc atlētiem, kas trenējušies hipoksijas apstākļos, ir priekšrocības aerobās izturības perifēro mehānismu ziņā arī jūras līmenī. Latvijas apstākļos, lai modelētu viduskalnes hipoksiju, ir nepieciešamas speciālas normobāras mērenas hipoksijas kameras, kurās apstākļi atbilstu 1700 – 2000 m virs jūras līmeņa.

Literatūra

1. Andersen, J.L. & Aagaard, P. (2000). Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. *Muscle and Nerve*, 23, 1095 – 1104.
2. Alway, S.E., MacDougall, J.D. & Sale, D.G. (1988). Functional and structural adaptations in skeletal muscle of trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 64, 1114 – 1120.
3. Clark, K., McElhinny, A., Beckerle, M. & Gregorio, C. (2002). Striated muscle cytoarchitecture: An intricate web of form and function. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 18, 637 – 706.
4. Crameri, R.M., Langberg, H., Magnusson, P., Jensen, C.H., Schroder, H.D., Olesen, J.L., Suetta, C., Teisner, B. & Kjaer, M. (2004). Changes in satellite cells in human skeletal muscle after a single bout of high intensity exercise. *Journal of Physiology*, 558, 333 – 340.
5. Ewing, J.L., Wolfe, D.R., Rogers, M.A., Amundson, M.L. & Stull, G.A. (1990). Effects of velocity of isokinetic training on strength, power, and quadriceps muscle fibre characteristics. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 159 – 163.
6. Fluck, M. & Hoppeler, H. (2003). Molecular basis of skeletal muscle plasticity – from gene to form and function. *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, 146, 159 – 216.
7. Foure, A., Nordez, A., McNair, P. & Cornu C. (2011). Effects of plyometric training on both active and passive parts of the plantarflexors series elastic component stiffness of muscle-tendon complex. *European Journal of Applied Physiology*, 111(3), 539 – 548.
8. Hakkinen, K., Komi, P.V. & Alen, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, 587 – 600.
9. Hather, B.M., Tesch, P.A., Buchanan, P., & Dudley, G.A. (1991). Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiologica Scandinavica*, 143, 177- 185.
10. Heinemeier, K.M., Olesen, J.L., Schjerling, P., Haddad., F., Langberg. H., Baldwin., K.M. & Kjaer, M. (2007). Short-term strength training and the expression of myostatin and IGF-I isoforms in rat muscle and tendon: Differential effects of specific contraction types. *Journal of Applied Physiology*, 102 (2), 573 – 581.
11. Hortobagay, T., Hill, J.P., Houmard, J.A., Fraser, D.D., Lambert, N.J. & Israel, R.G. (1996). Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *Journal of Applied Physiology*, 80, 765 -772.

12. JacobsEl, J., Ashley, W. & Russell, B. (1993). IIX and slow myosin expression follow mitochondrial increases in transforming muscle fibers. *American Journal of Physiology - Cell Physiology*, 265, C79 – 84.
13. Jones, D.A. & Rutherford, O.M. (1987). Human muscle strength training: The effects of three different regimes and the nature of the resultant changes. *Journal of Physiology*, 391, 1 – 11.
14. Jurimae, J., Blake, K., Abernethy, P.J. & McEniery, M.T. (1996). Changes in the myosin heavy chain isoform profile of the triceps brachii muscle following 12 weeks of resistance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74, 287 – 292.
15. Katayama, K., Goto, K., Ishida, K. & Futoshi Ogita, F. (2010). Substrate utilization during exercise and recovery at moderate altitude. *Metabolism Clinical and Experimental*, 59, 959–966.
16. Kelley, G. (1996). Mechanical overload and skeletal muscle fiber hyperplasia: A metaanalysis. *Journal of Applied Physiology*, 81, 1584 – 1588.
17. Kim, P.L., Staron, R.S. & Phillips, S.A. (2005). Fasted – state skeletal muscle protein synthesis after resistance exercise is altered with training. *Journal of Physiology*, 568, 283 – 290.
18. MacDougall, J.D., Sale, D.G., Alway, S.E. & Sutton, J.R. (1984). Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 57, 1399 – 1403.
19. McPhee, J., Williams, A., Stewart, C., Baar, K., Schindler, J., Aldred, S., Maffuli, N., Sargeant, A. & Jones, D. (2008). The training stimulus experienced by the leg muscles during cycling in humans. *Experimental Physiology*, 94 (6), 684 – 694.
20. Pette, D. & Staron, R.S. (1997). Mammalian skeletal muscle fiber type transitions. *International Review of Cytology*, 170, 143 – 223.
21. Russel, A.P., Hesselink, M.K.C., Lo, S.K. & Schrauwen, P. (2005). Regulation of metabolic transcriptional co-activators and transcription factors with acute exercise. *The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 19, NIL467 – 496.
22. Sale, D.G. & MacDougall, J.D. (1984). Isokinetic strength in weighttrainers. *European Journal of Applied Physiology*, 53, 128 – 132.
23. Sale, D.G., MacDougall, J.D., Alway, S.E. & Sutton, J.R. (1987). Voluntary strength and muscle characteristics in untrained men and women and male bodybuilders. *Journal of Physiology*, 62, 1786 – 1793.
24. Tesch, P.A., Thorsson, A. & Colliander, E.B. (1990). Effects of eccentric and concentric resistance training on skeletal muscle substrates, enzyme activities and capillary supply. *Acta Physiologica Scandinavica*, 140, 575 – 580.
25. Thorstenson, A., Hulten, B., Von Döbeln, W. & Karlsson, J. (1976). Effect of strength training on enzyme activities and fibre characteristics in human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 96, 392 – 298.

26. Vissing, K., Brink, M., Lonbro, S., Sorensen, H., Overgaard, K., Danborg, K., Mortensen, J., Elstrom, O., Rosenhoj, N., Ringaard, S., Andersen, J. & Aagaard, P. (2008). Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (6), 1799 – 1810.
27. Vogt, M. & Hoppeler, H. (2010). Is hypoxia training good for muscles and exercise performance? *Progress in Cardiovascular diseases*, 52 (6), 525 - 533

Akceptēts: 2013.gada 30.oktobrī