

ATSIGAVIMO PRIEMONIŲ POVEIKIS BLAUZDOS RAUMENŲ FUNKCINEI BŪKLEI IR KRAUJOTAKAI PO STATINIO FIZINIO KRŪVIO

Albinas Grūnovas¹, Jonas Poderys¹, Danguolė Grūnovienė²
Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno kolegija², Kaunas, Lietuva

Albinas Grūnovas. Biomedicinos mokslų daktaras, e. prof. p. Lietuvos kūno kultūros akademijos Individualių sporto šakų katedroje. Mokslinių tyrimų kryptis — periferinės ir sisteminės kraujotakos kaita fizinio krūvio metu ir taikant atsigavimą skatinančias priemones.

SANTRAUKA

Sportininko organizmo darbingumą ir atsigavimą po sekinamų fizinių krūvių lemia daugelis veiksnių, iš jų ypač reikšminga raumenų kraujotakos kaita. Nuo fiziologinių reguliavimo mechanizmų ir jų tarpusavio sąveikos priklauso galutinis rezultatas — kraujotakos intensyvumas, todėl siūlomi įvairūs organizmo kraujotakos aktyvinimo būdai, tarp jų papildomos atsigavimo priemonės. Tyrimo tikslas — išanalizuoti atsigavimo priemonių — pasyviojo poilsio (PP), griaučių raumenų elektrostimuliacijos (RES), pasyvaus pėdų lenkimo ir tiesimo (PPL) — poveikį funkciniai raumenų būklei ir kraujotakai po statinio fizinio krūvio.

Buvo tiriami 22 prisitaikę prie ištvermės krūvių sportininkai. Arterinei kraujotakai ramybės sąlygomis registruoti naudota venų okliuzinė pletizmografija, pėdos lenkiamųjų raumenų jėgai matuoti — dinamometrija. Išmatavus maksimaliąjį valingą jėgą, tiriamieji atliko du lokalius statinius fizinius krūvius (pasipriešinimas — 75% maksimaliosios valingos jėgos) iki visiško nuovargio. Po pirmo ir antro statinio krūvio praėjus 305 s, buvo registruojama arterinės kraujotakos kaita blauzdos raumenyse. Tarp abiejų fizinių krūvių daroma 20 min pertrauka. Po pirmo statinio krūvio užregistravus kraujotakos rodiklius, buvo taikomos trys atsigavimo priemonės: PP, RES, PPL.

Tyrimo rezultatai parodė, kad prieš statinį fizinį krūvį pasyvaus poilsio grupės sportininkų arterinė kraujotaka buvo $2,7 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, tuojau pat po krūvio padidėjo $52,4 \pm 3,3$ ml / min / 100 ml ($p < 0,001$), praėjus 305 s po krūvio ir po PP — $4,0 \pm 0,3$ ml / min / 100 ml ($p < 0,05$). Prieš statinį fizinį krūvį elektrostimuliacijos grupės sportininkų arterinė kraujotaka buvo $2,6 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, tuojau pat po krūvio padidėjo $55,8 \pm 3,4$ ml / min / 100 ml ($p < 0,001$), praėjus 305 s po krūvio ir po RES — $3,3 \pm 0,3$ ml / min / 100 ml ($p > 0,05$). Prieš statinį fizinį krūvį pasyvaus pėdų lenkimo ir tiesimo grupės tiriamųjų arterinė kraujotaka buvo $2,8 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, tuojau pat po krūvio padidėjo $51,3 \pm 2,7$ ml / min / 100 ml ($p < 0,001$), praėjus 305 s po krūvio ir po PPL — $3,1 \pm 0,3$ ml / min / 100 ml ($p > 0,05$). RES ir PPL po fizinio krūvio teigiamai veikė arterinės kraujotakos intensyvumą ir kraujotakos grįžimą į pradinį lygį. Atlikus RES, pėdos lenkiamųjų raumenų darbingumas padidėjo 0,2%, po PPL — 8,2%, po PP sumažėjo 8,2%. Po antro statinio fizinio krūvio kraujotakos kaita buvo tokia pat kaip ir po pirmo.

Apibendrinant galima teigti, kad tokios papildomos atsigavimo priemonės kaip pasyvus pėdų lenkimas ir tiesimas, raumenų elektrostimuliacija po statinio fizinio krūvio paspartina pėdos lenkiamųjų raumenų darbingumo atsigavimą. Tiek raumenų elektrostimuliacija, tiek pasyvūs pėdų judesiai organizmo atsigavimo laikotarpiu padidina arterinės kraujotakos intensyvumą ir jį greičiau grįžta į pradinį lygį.

Raktažodžiai: raumenų darbingumas, raumenų kraujotaka, atsigavimo priemonės.

IVADAS

Sportininko organizmo darbingumą ir atsigavimą po sekinamų fizinių krūvių lemia daugelis veiksnių, iš jų ypač reikšminga raumenų kraujotakos kaita. Įvairūs fiziologiniai reguliavimo mechanizmai ir jų tarpusavio sąveika lemia galutinį rezultatą — kraujotakos intensyvumą. Ieškodami geresnio šios problemos sprendimo būdo, tyrėjai siūlo aktyvinti kraujotaką papildomomis atsigavimo priemonėmis. Kiekviena aktyvi

atsigavimo priemonė yra papildomas krūvis, veikiantis daugelį organizmo funkcinių sistemų. Vis dėlto dažnai pasirenkamos ir pasyvios atsigavimo priemonės. Daugelis tyrėjų pripažįsta, kad aktyvios atsigavimo priemonės yra veiksmingesnės negu pasyvios (Crisafulli et al., 2003; Platonov, 2004). Elektros procedūros sportininkų organizmą veikia specifiskai. Jos gali stimuliuoti atsigavimą po konkrečios raumenų veiklos ir pasirinktinai

aktyvinti funkcinės sistemos prieš sporto pratimus arba varžybas. Griaučių raumenų elektrostimuliacija dažniausiai taikoma sutrikus raumens funkcijai ir atgaunant ją po ligų (Sweeney, 1998; Lavec et al., 2008). Dar mažai žinoma, kaip fibriliacinis susitraukimas (elektromasažas) veikia raumenų kraujotaką po fizinių krūvių, nors elektrostimuliacija plačiai naudojama treniruočių programose raumenų darbingumui didinti (Therriault et al., 1996; Maffiulletti et al., 2000, 2002, 2006; Malatesta et al., 2003; Brocherie et al., 2005).

Nenutrūkstami 60 s trukmės pasyvūs pėdos lenkimo judesiai mažina nelankstumą per kulkšnies sąnarį (McNair et al., 2001), pasyvus ir aktyvus lenkimas didina kraujo tekėjimo greitį (Sochart, Hardinge, 1999), o nenutrūkstami 10 min pasyvūs judesiai, atliekami mechaniniu prietaisu, skatina veninį kraują greičiau grįžti iš apatinių galūnių po kulkšnies sąnario operacijų (Bonnaire et al., 1994). Mechaninis poveikis kraujagyslėms yra vienas savęs reguliavimo fenomenų, sukeliantis vazodilatacinį atsaką (Boutcher, Boutcher, 2005). Kaip pasyvūs pėdų lenkimo ir tiesimo judesiai bei griaučių raumenų elektrostimuliacija fibriliaciniais susitraukimais veikia arterinės kraujotakos intensyvumą po lokalaus statinio darbo, dar netirta. Raumenų kraujotakos ir darbingumo sąsaja taip pat nėra nuodugnai ištirta (Hughson et al., 1996; Gonzalez-Alonso et al., 2008).

Tyrimo tikslas — išanalizuoti atsigavimo priemonių — pasyviojo poilsio (PP), griaučių raumenų elektrostimuliacijos (RES), pasyvaus pėdų lenkimo ir tiesimo (PPL) — poveikį raumenų funkcinėi būklei ir kraujotakai po statinio fizinio krūvio.

TYRIMO METODIKA

Labai intensyvu darbą gali atlikti sportininkai, prisitaikę prie ištvermės fizinių krūvių. Kita vertus, atsigavimo priemonių taikymas po ištvermės fizinių krūvių yra labai aktuali problema. Todėl buvo tiriami 22 vidutinių ir ilgųjų nuotolių bėgikai (jų amžius — $21 \pm 1,0$ m., ūgis — $182,1 \pm 1,2$ cm, kūno masė — $70,0 \pm 1,7$ kg). Ištvermę lavinančių sportininkų grupę sudarė geriausi Lietuvos kūno kultūros akademijos, Kauno miesto ir Lietuvos vidutinių bei ilgųjų nuotolių bėgikai. Visi tiriamieji atsitiktine tvarka buvo suskirstyti į tris grupes pagal jiems taikomas atsigavimo priemones: pirmai grupei buvo taikoma PP 20 min, PP 10 min + 10 min RES, PP 5 min + PPL 15 min;

antrai — PP 10 min + 10 min RES, PP 5 min + PPL 15 min, PP 20 min; trečiai — PP 5 min + PPL 15 min, PP 20 min, PP 10 min + 10 min RES. Toks priemonių kaitaliojimas reikalingas tam, kad tiriamiesiems nebūtų treniravimosi ir adaptacijos efekto eksperimento sąlygomis. Tyrimų dieną sportininkai neturėjo treniruočių ar pratimų krūvio. Visų grupių tyrimai vyko darant dviejų dienų poilsio pertrauką. Per kiekvieną tyrimą buvo atliekami du fiziniai krūviai, tarp jų — 20 min pertrauka (Macarez, 1976). Visų tyrimų metu po 20 min adaptacijos, sportininkui sėdint ant dinamometrines kėdės, pletizmografu buvo registruojamas arterinio kraujo kiekis blauzdos raumenyse, matuojama pėdos lenkiamųjų raumenų maksimalioji valinga jėga ir atliekamas lokalus statinis darbas iki visiško nuovargio (pasipriešinimas — 75% maksimaliosios valingos jėgos). Po pirmo ir antro statinių krūvių praėjus 305 s, buvo registruojami blauzdos raumenų kraujotakos pokyčiai.

RES buvo atliekama elektrostimuliatoriumi (*Mioritm 021, Kiev*). Naudota impulsų amplitudinė-dažninė moduliacija, impulsų dažnis — nuo 20 iki 120 Hz, jaudinimo ir poilsio trukmė — 1 : 1 (2—2 s). Elektrodo dydis — 20×3 cm². Vienas elektrodas dedamas ant blauzdos raumenų proksimaliosios, kitas — ant distaliosios dalies nugarinio paviršiaus. Elektros signalo stiprumas buvo parenkamas kiekvienam sportininkui individualiai pagal nervų ir raumenų atsaką, t. y. fibriliaciniu režimu, kai matomi pavienių raumeninių skaidulų grupių susitraukimai, tačiau visas raumuo nesusitraukia. Vienu metu buvo stimuliuojami abiejų blauzdų raumenys. Optimalus RES poveikis, po kurio pasiekiamas didžiausias darbingumas, trunka 10 min (Кибиша и др., 1983).

Pasyvūs pėdų judesiai buvo atliekami mechaniniu prietaisu (Кибиша и др., 1980): pėdos pritvirtinamos prie pedalų, kuriuos valdė elektros variklis. Pėdos lenkimo ir tiesimo judesių amplitudė — 35 laipsniai, dažnis — 30 judesių per minutę. Optimalus PPL poveikis, po kurio pasiekiamas didžiausias darbingumas, trunka 15 min (Кибиша и др., 1983).

Matematinė statistika. Buvo skaičiuojami visų grupių rodiklių aritmetiniai vidurkiai ir aritmetinio vidurkio paklaidos. Imčių vidurkių lygibė vertinta pagal Studento *t* kriterijų. Skirtumas $p < 0,05$ buvo laikomas patikimu. Prieš tikrinant vidurkių lygibę buvo patikrinama dispersijų lygibė. Skaičiavimai atlikti naudojantis statistiniu *Microsoft Excel* paketu ir specializuotąja statistikos programa *Statistika*.

REZULTATAI

Pasyviojo poilsio grupės sportininkų maksimalioji raumenų ištvėrmė buvo $74,02 \pm 2,96$ s, tuojau pat po PP sumažėjo iki $68,8 \pm 3,4$ s; reikšmių skirtumo pokytis sudarė $5,22 \pm 1,97$ s ($p < 0,05$). Pasyviai ilsintis, pėdos lenkiamųjų raumenų darbingumas po antro statinio fizinio krūvio labai sumažėjo.

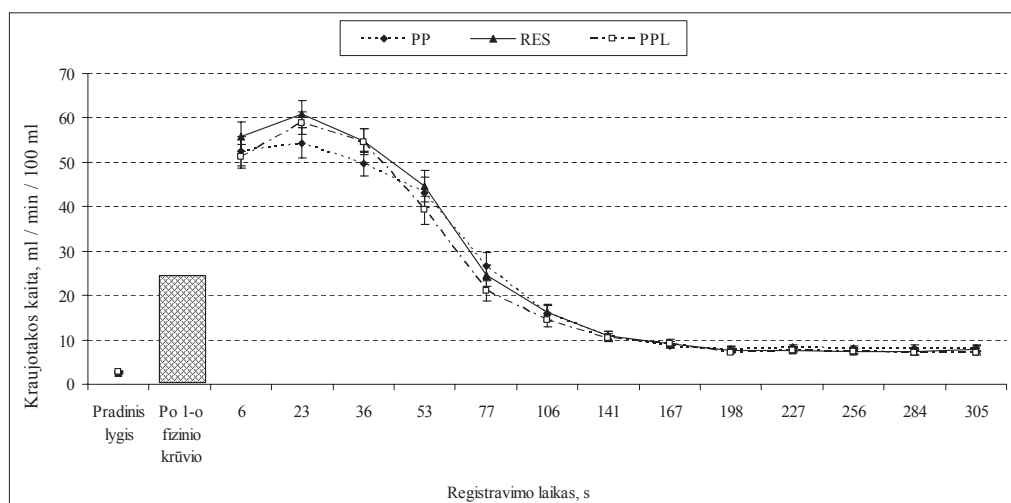
Elektrostimuliacijos grupės tiriamųjų maksimalioji raumenų ištvėrmė buvo $72,5 \pm 2,06$ s, tuojau pat po RES — $72,53 \pm 2,81$ s; reikšmių skirtumo pokytis sudarė $0,08 \pm 1,76$ s ($p > 0,05$). Stimuliuojamų griaučių raumenų darbingumas po antro fizinio krūvio nesumažėjo, išliko pradinio dydžio.

Pasyvaus pėdų lenkimo ir tiesimo grupės sportininkų maksimalioji raumenų ištvėrmė buvo $72,07 \pm 3,01$ s, tuojau pat po PPL ji padidėjo iki $77,71 \pm 3,26$ s; reikšmių skirtumo pokytis sudarė $5,64 \pm 1,69$ s ($p < 0,05$). Pasyviai lenkiant ir tiesiant pėdas, griaučių raumenų darbingumas po

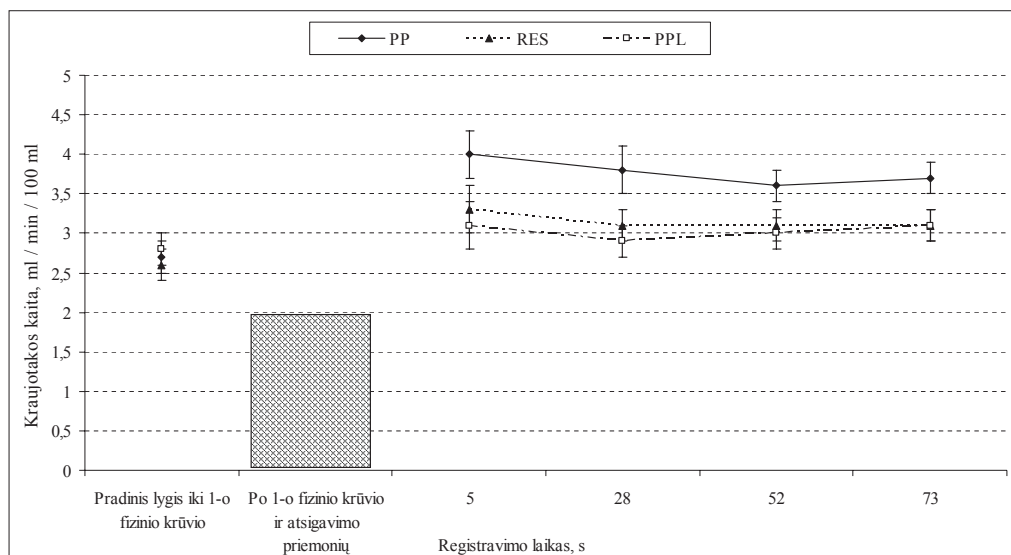
antro fizinio krūvio labai padidėjo. Papildomos atsigavimo priemonės (RES ir PPL) gerino dirbančių raumenų fizinį darbingumą.

Pasyvaus poilsio grupės sportininkų prieš statinį fizinį krūvį arterinė kraujotaka buvo $2,7 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, tuojau pat po krūvio padidėjo ($52,4 \pm 3,3$ ml / min / 100 ml, $p < 0,001$), praėjus 305 s buvo $8,1 \pm 0,7$ ml / min / 100 ml, $p < 0,001$ (1 ir 3 pav.). Po fizinio krūvio pasyviai ilsintis arterinės kraujotakos intensyvumas ($4,0 \pm 0,3$ ml / min / 100 ml, $p < 0,05$ — 5,0 s; $3,8 \pm 0,3$ ml / min / 100 ml, $p < 0,05$ — 28 s; $3,6 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, $p < 0,05$ — 52 s; $3,7 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, $p < 0,05$ — 73 s) buvo daug didesnis, palyginti su pradiniu dydžiu ($2,7 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml) (2 pav.).

Prieš statinį fizinį krūvį elektrostimuliacijos grupės sportininkų arterinė kraujotaka buvo $2,6 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, tuojau pat po krūvio padidėjo ($55,8 \pm 3,4$ ml / min / 100 ml, $p < 0,001$), praėjus 305 s — $7,8 \pm 0,9$ ml / min / 100 ml, $p < 0,001$ (1 ir 3 pav.). Po fizinio krūvio stimuliuo-

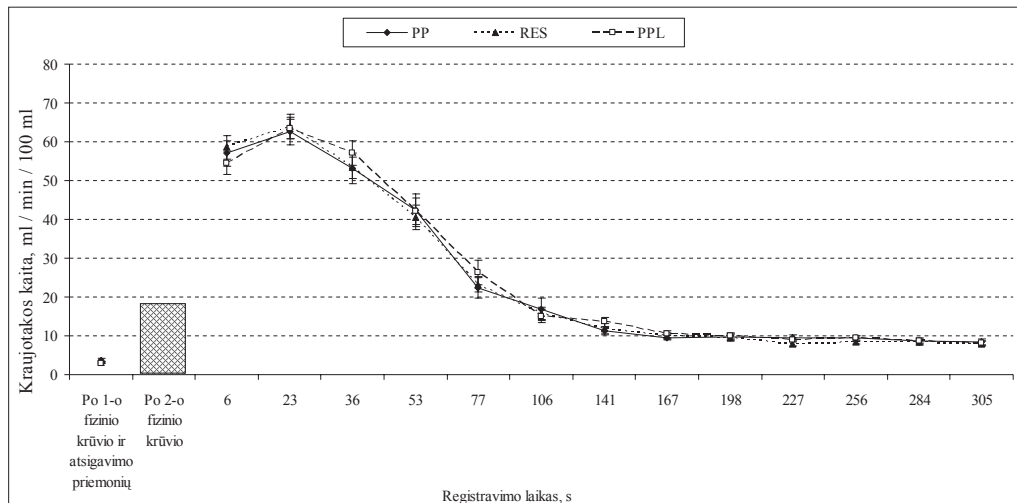


1 pav. Blauzdos raumenų arterinės kraujotakos (ml / min / 100 ml) kaita po pirmo statinio fizinio krūvio (75% maksimaliosios valingos jėgos iki visiško nuovargio)



2 pav. Blauzdos raumenų arterinės kraujotakos (ml / min / 100 ml) kaita po pirmo statinio fizinio krūvio ir atsigavimo priemonių

3 pav. Blauzdos raumenų arterinės kraujotakos (ml / min / 100 ml) kaita po antro statinio fizinio krūvio (75% maksimaliosio valingos jėgos iki visiško nuovargio)



jant griaučių raumenis elektra, arterinės kraujotakos intensyvumas ($3,3 \pm 0,3$ ml / min / 100 ml, $p > 0,05$ — 5,0 s; $3,1 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, $p > 0,05$ — 28 s; $3,1 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, $p > 0,05$ — 52 s; $3,1 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, $p > 0,05$ — 73 s) buvo šiek tiek didesnis už pradinį dydį ($2,6 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml) (2 pav.).

Prieš statinį fizinį krūvį pasyvaus pėdų lenkimo ir tiesimo grupės sportininkų arterinė kraujotaka buvo $2,8 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, tuojau pat po krūvio padidėjo ($51,3 \pm 2,7$ ml / min / 100 ml, $p < 0,001$), praėjus 305 s — $7,1 \pm 0,5$ ml / min / 100 ml, $p < 0,001$ (1 ir 3 pav.). Po fizinio krūvio atliekant pasyvius pėdų lenkimo ir tiesimo judesius arterinės kraujotakos intensyvumas ($3,1 \pm 0,3$ ml / min / 100 ml, $p > 0,05$ — 5 s; $2,9 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, $p > 0,05$ — 28 s; $3,0 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, $p > 0,05$ — 52 s; $3,1 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml, $p > 0,05$ — 73 s) buvo truputį didesnis už pradinį lygį ($2,8 \pm 0,2$ ml / min / 100 ml) (2 pav.). Po fizinio krūvio papildomos atsigavimo priemonės (RES ir PPL) teigiamai veikė arterinį kraujotakos intensyvumą ir kraujotaka greičiau sugrįžo į pradinį lygį.

Po antro statinio fizinio krūvio kraujotakos kaita buvo tokia pat kaip ir po pirmo.

REZULTATŲ APTARIMAS

Atsigavimo metu RES teigiamai veikė raumenų funkcinę būklę, nes pėdos lenkiamųjų raumenų darbingumas buvo didesnis nei po pasyviojo poilsio. Galima manyti, kad darbingumo didėjimas dirbtinai aktyvinant raumenis elektrostimuliacijos metodu yra susijęs su raumeninių skaidulų rekrutavimu. Mažieji alfa-motoriniai neuronai inervuoja lėtuosius motorinius vienetus,

turinčius mažesnę jautrumo lygį, o didieji — greituosius (Burke, 1981). Lėtieji motoriniai vienetai ima trūkčioti, kai apytikris dažnis — 5—10 Hz, ir tetaninę būseną pasiekia esant 25—30 Hz, o greitiesiems motoriniams vienetams būtinas 80—100 Hz dažnis (Burke, 1981). Naudotasi elektrostimuliatoriumi, kuriame yra impulsų amplitudinė-dažninė moduliacija, o impulsų dažnis siekė 20—120 Hz. Dirginimo stiprumas — apie 15 mA. Priimama prielaida, kad RES fibriliaciniu režimu (elektromasažo metu) veikė mažus ir didelius motorinius vienetus atsigavimo fazėje, todėl stimuliuojamų raumenų funkcinė būseną pagerėjo.

PPL teigiamai veikė raumenų funkcinę būseną atsigavimo laikotarpiu: pėdos lenkiamųjų raumenų darbingumas po antro fizinio krūvio reikšmingai padidėjo, palyginti su pasyviojo poilsio poveikiu. Raumenų funkcinę būseną veikė arterinės kraujotakos pokyčiai atsigavimo laikotarpiu taikant papildomas atsigavimo priemones (PPL ir RES).

Didžiausios arterinės kraujotakos reikšmės buvo užregistruotos tik po 21 sekundės. Jėgos, užspaudžiančios kraujagysles, išnyksta tuoj pat po fizinio krūvio atsipalaidavus raumenims. H. V. Sparks (1964) įrodė, kad dalis arterijos, veikiamą greito ištempimo, susitraukia. R. T. Grant (1930) ištyrė, kad chroniškai denervuotos triušio arteriolės reaguoja į nestiprų prisilietimą vietiškai išsiplėsdamos, į stiprų suspaudimą — staigiai, bet vietiškai susitraukdamos. Vėliau lėtai ima reikštis dilatacija. Kodėl kraujotaka didžiausia ne tuoj po fizinio darbo, o po tam tikro laiko, galima paaiškinti remiantis H. V. Sparks ir R. T. Grant tyrimais. Šie autoriai teigia, kad darbo metu arterinės kraujagyslės yra stipriai suspaudžiamos, o po jo reikia laiko, kad arterijos prisipildytų krauju.

Joms prisipildžius kraujo, arterinės kraujotakos reikšmės būna didžiausios.

Po fizinio krūvio prasideda darbingumo atsigavimo fazė. Atsigavimo greitis priklauso nuo raumenų kraujotakos intensyvumo. Arterinės kraujotakos intensyvumas po pasyvaus poilsio, prieš antrą statinį fizinių krūvį visų matavimų metu (5 s, 28 s, 52 s ir 73 s) buvo didesnis, palyginti su pradiniu dydžiu. Šio rodiklio intensyvumui turi įtakos padidėjęs metabolitų kiekis ir deguonies trūkumas. Suaktyvinus kraujotaką RES metodu, atsigavimo laikotarpiu greičiau pašalinami iš organizmo metabolitai ir geriau pernešamas deguonis į dirbusius raumenis. Galima teigti, kad dėl RES poveikio arterinės kraujotakos intensyvumas greičiau sumažėja iki pradinio dydžio. Raumu nevarginamas, jei jaudinimo stiprumas sukelia tik matomus pavienių raumeninių skaidulų susitraukimus, o visas raumu nesusitraukia. Toks elektromasažas padidina raumenų kraujotakos intensyvumą apie 20–30%, palyginti su ramybės būseną (Кибиша и др., 1983).

Taikant PPL prieš antrą fizinių krūvį arterinė kraujotaka buvo šiek tiek didesnė ($p > 0,5$) už pradinį dydį. PPL metu vyksta išilginis raumenų tempimas ir trumpėjimas. Eksperimentai su gyvūnais parodė (Fales et al., 1962; Brandi et al., 1969; Matsen et al., 1977), kad tokiu būdu tempiant gyvūnų išilginius raumenis kraujotaka mažėja dėl

tempimo metu padidėjusio slėgio tarp raumenų, t. y. dėl atsiradusios kraujagysles veikiančių ir suspaudžiančių aplinkinių audinių jėgos. Slėgis kraujagyslėse padidėja. Hidraulinis pasipriešinimas taip pat didėja (spindis sumažėja) ilgėjant kraujagyslėms (Kirkebo, Wisnes, 1982).

Deguonies vartojimo intensyvumas raumenyse priklauso nuo jų kraujotakos intensyvumo ne tik fizinio krūvio pradžioje, bet ir jo metu (Gonzalez-Alonso, Calbert, 2003) atsigavimo po krūvio laikotarpiu (Crisafulli et al., 2006). Raumenų kraujotakos kaita tiesiogiai veikia oksidacinių metabolinių procesų intensyvumą (Friedmann et al., 2007), todėl tikėtina, kad aktyvinant raumenų kraujotaką galima padidinti kvėpavimo greitį audiniuose, pagerinti raumenų darbingumą.

IŠVADOS

1. Sportininkams taikomos papildomos atsigavimo priemonės — pasyvus pėdų lenkimas ir tiesimas, raumenų elektrostimuliacija po statinio fizinio krūvio — skatina pėdos lenkiamųjų raumenų darbingumo atsigavimą.
2. Raumenų elektrostimuliacija, pasyvus pėdų lenkimas ir tiesimas atsigavimo laikotarpiu didina arterinės kraujotakos intensyvumą ir ji greičiau grįžta į pradinį lygį.

LITERATŪRA

- Bonnaire, F., Brandt, T., Raedecke, J., Bonk, A. (1994). Mechanical dynamic ankle passive motion for physical prevention of thrombosis? Changes in hemodynamics in the lower pressure system with new dynamic splints. *Der Unfallchirurg*, 97, 366—371.
- Boutcher, Y. N., Boutcher, S. H. (2005). Limb vasodilatory capacity and venous capacitance of trained runners and untrained males. *European Journal of Applied Physiology*, 95 (1), 83—87.
- Brandi, G., McGregor, M. (1969). Intramural pressure in the left ventricle of the dog. *Cardiovascular Research*, 3 (4), 472—475.
- Brocherie, F., Babault, N., Cometti, G., Maffiuleti, N., Chatard, J. C. (2005). Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 455—460.
- Burke, R. E. (1981). Motors units: Anatomy, physiology and functional organization. In V. B. Brooks (Ed.), *Handbook of Physiology Section 1: The Nervous System. Vol. III. Motor Systems*, American Physiology Society, Bethesda, MD. P. 345—422.
- Crisafulli, A., Orru, V., Melis, F., Tocco, F., Concu, A. (2003). Hemodynamics during active and passive recovery from a single bout of supramaximal. *European Journal of Applied Physiology*, 89 (2), 209—216.
- Crisafulli, A., Tocco, F., Pittau, G. et al. (2006). Effect of differences in post-exercise lactate accumulation in athletes' haemodynamics. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31 (4), 423—431.
- Fales, I. T., Heisey, R. S., Zierler, K. L. (1962). Blood flow from and oxygen uptake by muscle during and after partial venous occlusion. *American Journal of Physiology*, 203, 470—474.
- Friedmann, B., Frese F., Menold, E., Bartsh, P. (2007). Effects of acute moderate hypoxia on anaerobic capacity in endurance-trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 101 (1), 67—73.
- Grant, R. T. (1930). Observations on local arterial reactions in rabbit's ear. *Heart*, 15, 257—271.
- Gonzalez-Alonso, J., Calbet, J. A. (2003). Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation*, 107 (6), 824—830.
- Gonzalez-Alonso, J., Mortensen, S. P., Jeppesen, T. D. et al. (2008). Haemodynamic responses to exercise, ATP infusion and thigh compression in humans: Insight into the role of muscle mechanisms on cardiovascular function. *The Journal of Physiology*, 586 (9), 2405—2417.
- Hughson, R. L., Shoemaker, J. K., Tschakovsky, M. E., Kowalchuk, J. M. (1996). Dependence of muscle VO_2 on

- blood flow dynamics at onset of forearm exercise. *Journal of Applied Physiology*, 81 (4), 1619—1626.
- Kirkebo, A., Wisnes, A. (1982). Regional tissue fluid pressure in rat calf muscle during sustained contraction or stretch. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114 (4), 551—556.
- Lavec, G., Millet, G. P., Jouglia, A., Micallef, J. P., Bendahan, D. (2008). Electrostimulation improves muscle perfusion but does not affect either muscle deoxygenation or pulmonary oxygen consumption kinetics during a heavy constant-load exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 102 (3), 289—297.
- Macarez, J. A. (1976). La place du réflexogramme achilléen dans l'examen médico-sportif. *Symbioses*, 8 (4), 261—274.
- Maffiulletti, N. A., Cometti, G., Amiridis, I. G. et al. (2000). The effects of electrostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 437—443.
- Maffiulletti, N. A., Dugnani, S., Folz, M., Di Pierno, E., Mauro, F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 1638—1644.
- Maffiulletti, N. A., Zory, M., Miotti, D. et al. (2006). Neuromuscular adaptations to electrostimulation resistance training. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 167—175.
- Malatesta, D., Cattaneo, F., Dugnani, S., Maffiulletti, N. A. (2003). Effects of electrostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 573—579.
- Matsen, F. A., Mayo, K. A., Sheridan, Y. W., Krugmire, R. B. (1977). Continuous monitoring of intramuscular pressure and its application to clinical compartmental syndromes. *Bibliotheca Anatomica*, (15 Pt 1), 112—115.
- Mcnair, P. J., Dombroski, E. W., Hewson, D. J., Stanley, S. N. (2001). Stretching at the ankle joint: Viscoelastic responses to holds and continuous passive motion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 354—358.
- Sochart, D. H., Hardinge K. (1999). The relationship of foot and ankle movements to venous return in the lower limb. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 81, 700—704.
- Sparks, H. V. (1964). Effect of quick stretch of isolated vascular smooth muscle. *Circulation Research*, 15, 254—260.
- Sweeney, J. D. (1998). Skeletal muscle response to electrical stimulation. In J. P. Reilly (Ed.), *Applied Bioelectricity: From Electrical Stimulation to Electropathology* (pp. 299—340). New York: Springer-Verlag.
- Therault, R., Boulay, M. R., Therault, G., Simoneau, J. A. (1996). Electrical stimulation-induced changes in performance and fiber type proportion of human knee extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74, 311—317.
- Кибиша, Р. П., Бредикис, Ю. Ю., Пукас, А. (1980). *Устройство для массажа конечностей*. Изобр. №766597 от 6.07.1980.
- Кибиша, Р. П., Подерис, И. А., Грюновас, А. П. (1983). *Применение электростимуляции мышц и пассивных движений стоп для восстановления работоспособности: методические рекомендации*. Каунас.
- Платонов, В. Н. (2004). *Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте: общая теория и её практическое приложение*. Киев: Олимпийская литература.

THE EFFECT OF MEANS OF RECOVERY ON FUNCTIONAL CONDITION OF CALF MUSCLES AND BLOOD CIRCULATION AFTER STATIC PHYSICAL EXERCISE

Albinas Grūnovas¹, Jonas Poderys¹, Danguolė Grūnovienė²
Lithuanian Academy of Physical Education¹, Kaunas College², Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

Working capacity and recovery of the athlete's body function after exhaustive exercising depends on a number of factors among which a special place is taken by peculiarities of systemic and muscular blood circulation. The final result, i. e. intensity of blood circulation is determined by various regulatory mechanism and their interaction. In search of more efficient solution of activating of blood circulation by supplementary means of recovery are suggested.

This research was aimed at analysing the effect of electrical stimulation of the skeletal muscle (ESSM), passive foot flexion (PFF) and passive rest (PR) on functional condition of muscles and blood circulation after static physical exercise.

The research involved 22 endurance athletes. After establishing the arterial blood circulation in conditions of rest, having used the method of venous occlusive plethysmography by means of the method of dynamometry the force of foot flexors was measured and the first local static physical exercise (resistance

up to 75% of maximum voluntary force) till exhaustion was undertaken. After the first and the second static physical load changes in calf muscles were registered for 305 s. Through the research an interval of 20 min was retained between the two physical exercises. After the first static physical load having registered blood circulation three types of recovery means, i. e. ESSM, PFF and PR were applied..

In the PR group prior to static physical load the arterial blood circulation was 2.7 ± 0.2 ml / min / 100 ml and then it increased 52.4 ± 3.3 ml / min / 100 ml ($p < 0.001$). After 305 s the arterial blood circulation and after PR was 4.0 ± 0.3 ml / min / 100 ml ($p < 0.05$). In the ESSM group prior to static physical load the arterial blood circulation was 2.6 ± 0.2 ml / min / 100 ml and then it increased 55.8 ± 3.4 ml / min / 100 ml ($p < 0.001$). After 305 s the arterial blood circulation and after applying ESSM was 3.3 ± 0.3 ml / min / 100 ml ($p > 0.05$). In the PFF group prior to static physical load the arterial blood circulation was 2.8 ± 0.2 ml / min / 100 ml and then it increased 51.3 ± 2.7 ml / min / 100 ml ($p < 0.001$). After 305 s the arterial blood circulation and after applying PFF it was 3.1 ± 0.3 ml / min / 100 ml ($p > 0.05$). Applying the additional means for recovery after physical load has made an influence on the intensity of arterial blood flow in muscles why the faster recovery up to initial level was observed.

After applying ESSM the working capacity of foot flexors increased by 0.2%, after PFF applied — by 8.2% and after applying PR the working capacity of foot flexors had decreased by 8,2% accordingly. After the second static load changes in the arterial blood circulation were analogous to those registered after the first static load.

Conclusions. Passive foot flexion and electrical stimulation as the additional means for recovery applied after isometric workload stimulated the recovery of muscular performance. The efficiency of passive foot movements was higher than electrical stimulation. Applying the means of electrical stimulation of the muscles, passive foot flexion stimulates the processes of recovery and the arterial blood circulation faster returns to its basic level.

Keywords: physical capacity, muscle blood flow, recovery means.

Gauta 2008 m. gruodžio 5 d.
Received on December 5, 2008

Priimta 2009 m. gegužės 6 d.
Accepted on May 6, 2009

Albinas Grūnovas
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Aušros g. 42, LT-Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302674 ir 302650
E-mail a.grunovas@lkka.lt