

Az excentrikus edzés és az egésztest vibráció hatása az izom mikrostruktúrájára és az energia felhasználására

Doktori tézisek

Ureczky Dóra

Testnevelési Egyetem
Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Tihanyi József egyetemi tanár, DSc

Hivatalos bírálók: Dr. Gyimes Zsolt egyetemi docens, PhD
Dr. Wielhelm Márta egyetemi tanár, PhD

Szigorlati bizottság elnöke: Dr. Sipos Kornél
Szigorlati bizottság tagjai: Dr. Pavlik Gábor egyetemi tanár, DSc
Dr. Kiss Rita egyetemi docens, CSc
Dr. Tóth Orsolya

Budapest
2014

Bevezetés

Az excentrikus edzés okozta izomrost mikrosérülés (izomláz) és az izom rostösszetétele

Az excentrikus edzés hatására az edzetlen izomban izomláz keletkezik, ami a nemzetközi irodalomban delayed onset of muscle soreness (DOMS) néven ismeretes. Az izomláz esetén az izomban mikrosérülések keletkeznek.

A mikrosérülés indirekt jelzői a nyomásra jelentkező izomfájdalom (Armstrong et al. 1991, Lieber and Friden 1999, McNeil and Khakee 1992), erőkifejtés nagyságának csökkenése (Cheung et al. 2003, Clarkson et al. 1992, Connolly et al. 2003, Gibala et al. 1995, Hortobagyi et al. 1998, Nosaka and Clarkson 1995), motoros kontroll gyengülése (Leger and Milner 2001, Miles et al. 1997, Pearce et al. 1998), az izomfehérjék (kreatinkináz, mioglobin, az izom nehéz lánc részecskéi) megjelenése a vérben (Brown et al. 1997, Clarkson et al. 1986, Kirwan et al. 1986, MacIntyre et al. 2001, Sorichter et al. 1997), és a laktát dehidrogenáz (LDH) mennyiségének növekedése.

A mikrosérülés direkt jelzői a „Z” lemez felbomlása (Friden and Lieber 1998, Friden et al. 1983b), sejt membrán integritásának megváltozása (Armstrong et al. 1991, Lieber and Friden 1999, McNeil and Khakee 1992), desmin (Friden and Lieber 1998, 2001, Lieber et al. 1996, Small et al. 1992) és energiaszolgáltató anyagok csökkenése (Evans 1991, Ferry et al. 1992), kalcium ionok abnormális felszaporodása a szarkoplazmatikus retikulum sérülése miatt (Armstrong 1990), valamint a fibronektin megjelenése a sérült izomrostokban (Crenshaw et al. 1993, Holmbom 1997, Lieber et al. 1996, Thornell et al. 1992, Yu et al. 2002).

Az izomláz legkönnyebben a nem anti-gravitációs izmokban váltható ki edzetlen személyeknél nagy terjedelmű izomnyújtással (Chleboun et al. 1998, Howell et al. 1993, Jones et al. 1987, Murayama et al. 2000, Nosaka et al. 2001a). A megismételt excentrikus edzés protektív hatást vált ki, az izmok adaptálódnak a nyújtáshoz, és a DOMS jelenség jelentősen kisebb lesz. A mikrosérülést követően azonnal elkezdődik az izomszerkezet újbóli felépítése, amelynek hormonális és gén expressziós háttere van (Yu et al. 2002, 2003).

A motoros egységek rostösszetételétől függetlenül méret elv alapján kerülnek bekapcsolásra (Henneman et al. 1965). Ugyanakkor mások vizsgálati eredményeikből azt a következtetést vonták le, hogy excentrikus kontrakció során a motoros egység bekapcsolódási sorrend módosul, ami a nagy, gyors motoros egységek szelektív

bekapcsolását jelenti (Howell et al. 1995, Nardone and Schieppati 1988, Nardone et al. 1989).

A gyors és lassú izomrostok felépítése alapvetően nem különbözik egymástól, azonban a gyorsrostok „Z” lemeze vékonyabb (30-50 nm), mint a lassúrostokban (100 nm) (Eisenberg 2010, Friden et al. 1983b, Horowitz 1992), valamint a kereszthíd ciklus különbözik a két rosttípusban (Reggiani et al 1997; He et al. 2000). Ezek alapján az feltételezhető, hogy az izomnyújtásra különbözőképpen reagálnak a gyors és lassú rostok. Ennek bizonyítására számos kutatás született. Egyes kutatók arról számoltak be, hogy a gyors rostok (Cermak et al. 2013, Friden et al. 1983b, Friedmann et al. 2004, Jones et al. 1986, Macaluso et al. 2012), míg mások, hogy a lassú rostok sérültek inkább (Armstrong et al. 1983, Hody et al. 2013, Mair et al. 1995, Vijayan et al. 2001a). Ezen vizsgálatokban zömében gyors, vagy lassú rostokat tartalmazó izmokat vizsgáltak. Mindeközül egy olyan humán vizsgálatot közöltek, amelyben a DOMS indirekt jelzői és az izom százalékos rostösszetétele között kerestek kapcsolatot (Magal et al. 2010). Szignifikáns kapcsolatot csak az izomfájdalom és a rostösszetétel között találtak.

Az egésztest vibráció hatásmechanizmus

A vibráció kiváltja az úgynevezett tónusos vibrációs reflexet (Hagbarth et al. 1976), amelynek következtében megnövekszik az izmok aktivációja és ezáltal az izomorsók ingerlékenysége megnövekszik, amely magyarázza a vibráció alatti (Bosco et al. 1999a, Cardinale and Lim 2003, Cardinale et al. 2006, Issurin 2005, Issurin et al. 1994) és közvetlen az utáni teljesítmény növekedést (Cochrane et al. 2004, Delecluse et al. 2003, Issurin and Tenenbaum 1999, Bosco et al. 1998, Cormie et al. 2006). Minthogy a vibráció alatt az izomrostokat nagyon kis amplitúdójú, de nagyon gyors nyújtás éri, a vibrációs edzés speciális excentrikus edzésnek is felfogható, amely neurális úton növeli meg az izom feszülését a vibráció alatt. Mindazonáltal az utóbbi időben a vibráció utáni erő és teljesítmény csökkenésről is beszámoltak a kutatók (de Ruyter et al. 2003, Erskine et al. 2007, Herda et al. 2009).

A vibrációs terhelést alapvetően a vibrációs frekvencia nagysága, a vibrációs amplitúdó és a frekvencia és az amplitúdó hatásából származó gyorsulás határozza meg (Luo et al. 2005). További befolyásoló tényezők az egésztest vibráció alatti testhelyzet

(Gyulai et al. 2013), az izomkontrakció fajtája (izometriás, vagy dinamikus), a vibráció időtartama, a vibrációs hatások gyakorisága és az egyes alkalmazások közötti pihenőidő. A vibráció hatását továbbá befolyásolhatja a személyek edzettségi és egészségi állapota (Delecluse et al. 2003, Tihanyi J. et al. 2010, Tihanyi T. K. et al. 2007).

Kevés vizsgálat foglalkozott a vibráció alatti energiafelhasználással. Rittveger et al (2002), azt találták, hogy az oxigén felvétel és a vibrációs frekvencia növekedése lineáris kapcsolatban vannak egymással, azonban az amplitúdó növelése nagyobb fokú oxigén szükségletnövekedést eredményez.

A vibráció hatását a nagy energia tartalmú foszfátvegyületek felhasználására csupán egy vizsgálat kutatta (Zange J. et al. 2008). Azt találták, hogy az artéria leszorításával, ha gátolják a keringést, akkor a vibrációs csoport esetén megnövekszik az ATP felhasználás, és a kreatin foszfát csökken (PCr), de a vérkeringés gátlása nélkül alkalmazott vibráció nem okozott jelentős változást a nagy energiatartalmú foszfátvegyületek spektrumában.

³¹P-MR spektroszkóp lehetővé teszi a nagy energiát szolgáltató foszfátvegyületek mérését. Az izommunka hatására az izomban az energiát szolgáltató foszfát tartalmú vegyületek mennyisége, aránya megváltozik. Excentrikus edzés esetén kreatin foszfát és a nem organikus foszfát arány (PCr/Pi), valamint a kreatin foszfát és ATP arány (PCr/ATP) szignifikánsan nő, míg koncentrikus edzés hatására nem volt szignifikáns változás (Walker et al. 1998).

Az irodalom nem egységes abban, hogy a vibráció utáni akut erő és fizikai teljesítménycsökkenés idegrendszeri vagy izom eredetű. A vibráció a nagy energiatartalmú foszfátvegyületek mennyiségének és arányára gyakorolt hatására csak közvetett úton következtethetünk. A rendelkezésre álló ³¹P-MR spektroszkópia vizsgálatok szinte hiányoznak a probléma tanulmányozására.

Célkitűzés

Vizsgálatunkban azt a célt tűztük ki, hogy a hat napos excentrikus edzés hatására kialakuló izomsérülés direkt és indirekt markereinek napi változását mérjük, valamint ezek összefüggését a rostösszetétellel. Fibronektin antitest festés alapján pedig az egyes rosttípusok sérülésre való hajlandóságának megállapítása a volt célunk.

Második vizsgálatunkban célkitűzésünk az volt, hogy ^{31}P MR spektroszkópiával megvizsgáljuk az egésztest vibráció hatását a térdfesztítő izmok energia metabolizmusára 20 és 40 Hz vibrációs frekvenciát alkalmazva.

Módszerek

Első vizsgálatunkban 15 edzetlen férfi vett részt, közülük kilencet excentrikus edzést végző csoportba osztottunk, hatot pedig a kontroll csoportba (életkor: 22.5 ± 1.64 év, testsúly: 82.2 ± 8.01 kg, testmagasság: $180,0 \pm 5.08$ cm). Az edzést végzők bemelegítés után hat napon keresztül, naponta 6×15 maximális erő kifejtésű excentrikus kontrakciót végeztek 120° -os szögtartományban. Multicont II. komputerizált Dinamométer segítségével minden kontrakció alatt tároltuk a forgatónyomaték, szögelfordulás és szögsebesség adatokat az idő függvényében. Meghatároztuk minden kontrakciónál csúcsforgatónyomatékot, valamint kiszámoltuk az átlagforgatónyomatékot. A vizsgálati személyek naponta jelölték az izomfájdalmukat, valamint három alkalommal vettünk vér és izommintát. A vérmintából meghatároztuk a kreatin kináz (CK) és laktát dehidrogenáz (LDH) aktivitását. A paraffinba ágyazott mintákból 4 mikrométer vastagságú sorozat metszeteket készítettünk mikrotommal. A metszeteket üveglemezekre helyeztük, amelyeken az immunhisztokémiai festéseket végeztük. Antitestek segítségével elkülönítettük a gyors és lassú izomrostokat (Monoclonal anti-Myosin, Skeletal, Fast; antibody produced in mouse, 1:400, Cat. number: M4276, Sigma, secondary antibody Alexa Fluor 488 goat anti-rabbit IgG, Alexa Fluor 546 goat anti-mouse), kimutattuk a fibronectint (polyclonal, rabbit antihuman, DakoCytomation, A 0245). A minták elemzéséhez LSM510 META konfokális fluoreszencia mikroszkópot használtunk.

Második vizsgálatunkban 15 edzett személy vett részt. 7 nő és 8 férfi (életkor: $19,7 \pm 0,8$ év, testmagasság: $175,3 \pm 9,2$ cm és a testtömeg: $68,8 \pm 9,7$ kg), akiket három csoportra osztottunk. Tíz személy vibrációs edzésen vett részt (Nemes-Bosco vibrációs platformot használtunk), közülük 5-en 3×1 percen keresztül 20Hz majd 40Hz-es vibrációt végeztek, öten pedig 40Hz-es vibrációs frekvencia után edzettek 20Hz frekvencián. Öt személy a kontroll csoportba került, akik a vibrációs testhelyezettel (félguggolás) azonos helyzetben álltak kétszer 3×1 percen keresztül. ^{31}P -MRS segítségével meghatároztuk az inorganikus foszfát (Pi), kreatinfoszfát (PCr), αATP ,

β ATP, γ ATP, összes ATP spektrumterületét, valamint ezek arányát a vibrációs/kontrollédzés előtt, két edzés között, valamint a második edzést követően.

A statisztikai elemzéshez Statistica 7.0 programot használtuk. A vizsgált változóknál átlagot és szórást számoltunk. A különbségvizsgálatnál nem paraméteres Kruskal-Wallis ANOVA felhasználásával határoztuk meg a szignifikáns eltéréseket. A különbségeket $p < 0,05$ -nél fogadtuk el szignifikánsnak.

Eredmények

Excentrikus edzés és izomrost összetétel

Az izomfájdalom szignifikánsan emelkedett, a harmadik napon volt a legmagasabb, a hetedik napra csaknem teljesen megszűnt. A CK koncentráció normál tartományban volt edzések előtt (N1), de a harmadik (N3) és a hetedik (N7) napon a kiinduló érték 70,6 és 75,5-szörösére emelkedtek. A változás mértéke szignifikáns volt mindkét esetben ($p < 0,001$). Az LDH koncentrációja a vérben edzések előtt nem volt emelkedett. A harmadik edzésnapon a mért érték 1,5-szeresére emelkedett ($p = 0,013$), a hetedik napon is még szignifikánsan magasabb volt, mint az alapmérés átlaga ($p = 0,014$).

Mind az átlagforgatónyomaték (-38,8%, $p < 0,001$), mind pedig a csúcsgörgőnyomaték (-39,4%, $p < 0,001$) szignifikáns csökkenést mutatott a harmadik edzésnapig, majd fokozatosan emelkedett. A hatodik edzésnapon a csúcsgörgőnyomaték 37,0 %-kal volt nagyobb, mint a harmadik edzésnapon mért legkisebb forgatónyomaték ($p < 0,02$), de nem érte el az első edzésen számított átlagot. Igaz a különbség nem volt szignifikáns az első és hatodik nap között. Az utolsó edzésnapon (N6) teljesített átlag forgatónyomaték 39,6 %-kal volt nagyobb, mint a harmadik napon mért legkisebb átlagforgatónyomaték ($p < 0,001$), de 15,6 %-kal kisebb, mint az első edzésen számított érték. A különbség az első és a hatodik edzésnap átlag forgatónyomatéka között azonban nem szignifikáns.

A CK és LDH aktivitás, valamint a koncentrációváltozás és a rostösszetétel között nem találtunk szignifikáns kapcsolatot.

Az átlagforgatónyomaték (N1-N3: $r = 0,81$, $p < 0,01$; N3-N6: $r = -0,80$, $P < 0,01$) és csúcsgörgőnyomaték (N1-N3: $r = 0,76$, $p < 0,02$; N3-N6: $r = -0,76$, $P < 0,02$) csökkenése a harmadik edzésnapig, valamint a harmadik edzésnapot követő forgatónyomaték

emelkedés az edzések végéig jelentős összefüggést mutatott a vizsgálati személyek rostösszetételével.

A fibronectin mennyiségét, sűrűségét nem állt módunkban kvantifikálni. A fibronectin többségében gyors rosttal rendelkező személyeknél a második izombiopsziás mintában alig festődött, de a lassú izmok gyorsrostjaiban megjelent a szarkolazmában. Az utolsó edzésnapot követő napon (N7) a harmadik biopsziában a magasabb lassú rostúaknál a gyors és lassú rostokban is festődött, míg a legkevesebb lassúrost %-kal rendelkezőknél csak a gyors rostokban festődött a fibronectin, illetve két személynél nem festődött.

Egésztest vibráció és energia metabolizmus

A vibrációs vizsgálatban a vibrációs/kontroll edzést követő méréseknél az inorganikus foszfát területe csökkent a vibrációs és kontroll edzések hatására. A változás mértéke csupán a V20-40 csoportban volt szignifikáns ($F=8,8$; $p=0,005$) a második ($p<0,01$) és harmadik ($p<0,01$) mérési eredményt összehasonlítva az első mérés eredményével. A csökkenés mértéke: K: 27,5%; V20-40:26,0%; V40-20:13,5%. Az egy perces tesztfeszítések után egyik csoportban, egyik mérés esetén sem találtunk szignifikáns változást.

A két vibrációs csoport összevonásakor az összevont vibrációs csoportban is szignifikáns csökkenés volt megfigyelhető az első és a második kezelést követően is ($F=5,5$, $p<0,01$), míg a kontroll csoportban nem volt jelentős a változás.

A kreatin foszfát nagy stabilitást mutatott a mérések során. Sem csoportonként, sem pedig az összevont vibrációs csoport esetén nem volt különbség megfigyelhető a hat mérés során.

A Pi/PCr arány mindhárom csoportban csökkent a vibrációs kezelés hatására. A csökkenés mértéke a K csoportba 26,75 és 25,9%, a V20-40 csoportban 22,7% és 25,4%, a V40-20 csoportban 18,2% és 22,4% volt. A változás egyik esetben sem volt szignifikáns. Az összevont vibrációs csoportban a Pi/PCr arányában szignifikáns csökkenést (20,5% és 24,0%) regisztráltunk a vibrációt követően.

Az α ATP, a β ATP és a γ ATP spektrumterületek változása a vibrációs kezelés és az izometriás kontrakció hatására minimális volt és az átlagok között egyetlen esetben

sem találtunk szignifikáns különbséget. A két vibrációs csoport összevonásával sem találtunk szignifikáns változást az ATP spektrumterületeiben.

Amikor az α ATP, β ATP és γ ATP spektrumterületeket összeadtuk és így vizsgáltuk a vibrációs kezelés illetve az izometriás erő kifejtés hatását, szintén nem volt jelentős változás a spektrumterületre sem a kontroll, sem a vibrációs csoportokban.

Következtetések

Excentrikus edzés és izomrost összetétel

Eredményeink, egyetértésben a korábbi vizsgálatokkal, azt bizonyítják, hogy a gyors izomrostok érzékenyebben reagálnak (sérülnek) az excentrikus edzésre, mint a lassú izomrostok.

Eredményeink azt bizonyítják, hogy a hat napon keresztül alkalmazott, nagyszámú és terjedelmű izomnyújtás nem növeli a mikrosérülések nagyságát annak ellenére, hogy a CK koncentráció a vérben még a hatodik napon is extrém magas.

Eredményeink azt sugallják, hogy a zömében gyorsrostokból felépülő izmok erő kifejtő képessége kevésbé esik vissza, és hamarabb regenerálódnak, mint a lassúrost dominanciájú izmok.

Vizsgálatunk bizonyította, hogy az excentrikus edzés okozta izomláz nemcsak izomrost típus függő, de izomrost összetétel függő is, amely meghatározza, hogy csak a gyors vagy mindkét izomrost sérül átmenetileg.

A fibronectin felszaporodása a szarkoplazmában a hetedik napon megerősíti, hogy a fibronectin részt vesz a kontraktilis fehérje állomány regenerációjában.

Egésztest vibráció és energia metabolizmus

A vizsgálat korábban felsorolt korlátait is figyelembe véve, az alábbi óvatos következtetések vonhatók le az eredményekből.

Ebben a vizsgálatban alkalmazott egésztest vibrációs kezelés kis mértékben okozott változásokat a leginkább érintett vastus laterális izom bioenergetikájában.

Vizsgálati eredményeink azt sugallják, hogy a 20 Hz-es vibrációs frekvencia jelentősebben hatott a Pi spektrum területre és Pi/PCr arányra, mint a 40 Hz-es vibrációs frekvencia. Ugyanakkor nem egyértelmű, hogy a Pi spektrum terület és a Pi/PCr területarány csökkenés a vibráció okozta izomfáradást jelenti, amely erő és fizikai teljesítményt csökkenést eredményezne.

Vizsgálati eredményeink inkább azt erősítik meg, hogy a vibrációs terhelés (frekvencia, amplitúdó, izomfeszülés és a vibráció időtartama) a jelentősebb befolyásoló tényező, mint egyedül a vibrációs frekvencia a macroerg foszfátok spektrális változására.

Gyakorlati szempontból ki kell hangsúlyozni, hogy a mechanikai vibrációs kezelés hatására bekövetkezett izomfáradás és ezzel összhangban az erőkifejtő képesség csökkenés stimulálólág hathat az izom proliferizációjára.

Saját publikációk jegyzéke

Disszertációhoz kapcsolódó közlemények:

Ureczky D, Vacz G, Costa A, Kopper B, Lacza Z, Hortobagyi T, Tihanyi J. The effects of short-term exercise training on peak-torque are time- and fiber-type dependent. *J Strength Cond Res* 02/2014; DOI:10.1519/JSC.0000000000000414

Kopper B, Ureczky D, Tihanyi J. Trunk position influences joint activation pattern and physical performance during vertical jumping. *Acta Physiol Hung* 99(2): 194-205. (2012)

Ureczky D, Vác G, Costa A, Lacza Zs, Tihanyi J. Az izom nyújtására bekövetkező mikrosérülést jelző fibronectin és a rostösszetétel közötti kapcsolat. *Magyar Sporttudományi Szemle* 12(45): 21-24. (2011)

