

Ph. D. szakdolgozat szinopszisa

A vibráció emberi teljesítményre és hormonműködésre gyakorolt hatásai

Marco Cardinale

a Semmelweis Egyetem Doktori Iskolája
Testnevelési és Sporttudományi Kar

Doktori program:

A sporttudomány empirikus és teoretikus kérdései

programvezető: Prof. Dr. Frenkl Róbert

Konzulens: Prof. Dr. Carmelo Bosco

Budapest, 2002

BEVEZETÉS

A vázizomzat olyan különleges szövet, amelynek nagy terhelés alatt, rendszeresen végzett gyakorlatok hatására megváltoznak a funkcionális képességei (pl. Mc Donagh és Davies 1984). Az edzési stimulushoz való alkalmazkodás azoknak az adott mozgásra tipikusan jellemző változásoknak köszönhetően jön létre, amelyeket a napi gyakorlatok ismétlése vált ki a szervezetben (Edington and Edgerton, 1976). Az erőedzésre adott reakciót a kutatási eredmények szerint neurogén és miogén tényezők egyaránt közvetítik (pl. Moritani and De Vries, 1979). Az intenzív és hosszú ideig tartó erőedzéssel kapcsolatban köztudott, hogy néhány hónapon belül tipikus neuromuszkuláris (pl. Sale, 1988) és hormonális (pl. Guezennec et al., 1986) adaptív reakciókat vált ki az emberi szervezetben, míg a morfológiai szerkezetben csupán később jelentkeznek változások (pl. Sale, 1988). Azokat a mechanizmusokat azonban, amelyek a szervezet adott terheléshez való alkalmazkodását szabályozzák, még nem ismerjük pontosan. Az egyszeri gyakorlatvégzés során fellépő fáradtsággal, erővesztéssel és hormonális változásokkal kapcsolatban pedig még ennél is kevesebbet tudunk (pl. Hakkinen and Pakarinen, 1995). Lényeges, hogy az erőedzés és a kirobbanó teljesítményre felkészítő edzésprogramok a gravitációs gyorsulás nagy sebességű és dinamikus változtatásával járó gyakorlatokra épülnek (Bosco, 1992). A gravitáció rendszerint fontos szerepet játszik a mindennapi élet és a sportolás során felépülő izomstruktúra létrejöttéért felelős mechanikus stimulációban. Ezzel összefüggésben, a hipergravitációs viszonyok szimulálását (pl. súlyzós mellény viselése) hagyományosan alkalmazzák a robbanékony izomnövelésre (Bosco et al., 1984; Bosco, 1985). A gravitációs feltételek változása azonban a test egészére kiterjedő mechanikus vibrációval (rezgéssel) is eloldítható. A fenti megállapítások tükrében feltételezhetjük, hogy a fizikailag aktív alanyok esetében alkalmazott, a test egészére kiterjedő és/vagy lokális vibráció befolyásolja az alsó és felső végtag izomzatának mechanikus viselkedését. A vibráció hatásaival a munkaegészségügy és az ergonómia behatóan foglalkozik, hiszen olyan ingerrel van szó, amelynek mindegyikünk ki van téve mindennapi élete során. A kapcsolódó szakirodalom többnyire diagnosztikai módszerként foglalkozik a vibrációval, illetve a tartós kitettség által kiváltott hatások szempontjából vizsgálja a jelenséget. A munkaegészségügy és az ergonómia területén végzett kutatások és állatkísérletek többsége a vibráció emberi szervezetre gyakorolt hatását kívánta feltárni. A témával kapcsolatban rendelkezésre álló tudományos munka tiszteletreméltó mennyisége ellenére nehéz egyértelmű következtetéseket levonni, mivel a vizsgálatok során különféle eszközöket és vibrációs kezeléseket alkalmaztak (frekvenciaváltoztatás,

gyorsulás, helyváltoztatás). Ráadásul a vibráció mint edzési módszer alkalmazása meglehetősen új téma a szakirodalomban (Issurin 1994, Issurin et al., 1999). A szakirodalmi utalások alapján megállapítható, hogy a rezgés erős ingerként hat a neuromuszkuláris rendszerre, illetve magára a csont- és izomszövetre. Emellett az embereken és állatokon végzett kísérletek alkalmával hormonális reakciót is megfigyeltek a vibrációs kezelések után (McCall et al., 2000; Dmitriev & Tropnikova, 1988). Jelen szakdolgozat célja a vibráció emberi teljesítményre és hormonműködésre gyakorolt hatásának vizsgálata, valamint további információ szolgáltatása a vibrációs kezelés sportbeli alkalmazására nézve.

Kutatási feltételezések

Kísérleteim során azt vizsgáltam, milyen hatást gyakorol a vibráció az emberi teljesítményre és hormonműködésre. A szakirodalomban fellelt megállapítások alapján az alábbi feltételezésekből indultam ki:

- 1) A vibrációs kezelés hosszan tartó alkalmazása a kirobbanó ugrásos edzéshez (explosive jump training) és az ellenállásos gyakorlatokhoz hasonló módon növeli a neuromuszkuláris teljesítményt.
- 2) A vibrációs kezelés akut hatásként a dinamikus ugrásra épülő edzéséhez (explosive jump training) és a rezisztencia-gyakorlatokéhoz hasonló változásokat eredményez a neuromuszkuláris teljesítményben és a hormonműködésben.
- 3) A vibrációs kezelés növeli a neuromuszkuláris hatékonyságot.

MÓDSZEREK

A vizsgálatokban hatvankét önkéntes vett részt. Valamennyien fizikailag aktívak és rendszeresen sportolnak. A minta jellegzetességeit az alábbi táblázat részletezi:

Kísérlet	Létszám	Nem	Életkor (év) ± szórás	Magasság (cm) ± szórás	Súly (kg) ± szórás
1	14	?	20,2 ± 0,9	179,5 ± 10,1	72,8 ± 5,9
2	6	?	19,5 ± 2,1	174,9 ± 3,2	65,1 ± 3,7
3	12	?	20,1 ± 3,1	173,7 ± 7,2	69,6 ± 21,4
4	14	?	25,1 ± 4,6	177,4 ± 12,3	80,9 ± 12,9

5	8	?	30,7 ± 5,3	188 ± 4,7	89,3 ± 7,2
6	8	?	21,8 ± 2,2	180,1 ± 6,4	81,4 ± 21,5

A résztvevők antropometrikus adatait (magasságát és súlyát) – életkorukkal együtt – az egyes vizsgálatok kezdetekor rögzítettük.

Függőleges ugrás – Az alábbi ugrásos gyakorlatokat végeztettük el: ugrás térdhajlításból (CMJ) és folyamatos ugrálás öt másodpercen keresztül (5s CJ). Az egyes ugrásoknál a levegőben töltött időt (tf) és a talajkontaktus (tc) idejét rezisztív (kapacitatív) platformhoz (Bosco et al., 1983) csatlakoztatott digitális idoméró segítségével rögzítettük (pontosság: ± 0,001 másodperc) (Ergojump, Psion XP, MA.GI.CA. Róma, Olaszország). A nem mérhető munka elkerülése végett minimalizáltuk a vízszintes és oldalirányú elmozdulást, és a kísérleti alanyok a teszt során mindvégig a csípőjükön tartották a kezüket. A térdhajlításból végzett ugrásnál a szögmozdulást úgy egységesítettük, hogy a résztvevőket térdük kb. 90 fokos behajlítására kértük. A súlypont földfelszíntől számított elmozdulását (h – méter) a ballisztika törvényeinek alkalmazásával, a levegőben töltött időből (tf – másodperc), az alábbi képlet alapján számítottuk ki:

$$h = tf^2 \cdot g \cdot 8^{-1} \text{ (m)} \quad [1]$$

Az egyenletben a g a gravitációs gyorsulást jelöli (9.81 m•s⁻²). A folyamatos ugrálásos kísérletben arra kértük a résztvevőket, hogy a lehető legnagyobb ugrási erőt fejtsék ki térdük minimális behajlítása mellett. A rögzített tf és tc értékekből a folyamatos ugrálás teljes, öt másodperces időtartamára nézve kiszámítottuk az átlagos mechanikus teljesítményt (AP) és az átlagos súlypontemelkedést (AH). Az öt másodperces folyamatos ugrálás eredményei közül kiválasztottuk a legjobb ugrási teljesítményt és a Bosco és társai (1983) által kidolgozott egyenlet segítségével kiszámítottuk a maximális mechanikus teljesítményt (PBJ) és a legnagyobb súlypontemelkedést (HBJ):

$$AP = Tf \cdot T \cdot 24.06 \cdot (Tc)^{-1} \text{ (W \cdot kg \cdot bm^{-1})} \quad [2]$$

Az egyenletben a P a testtömeg kilogrammjára jutó mechanikus teljesítményt, a Tf a teljes levegőben töltött időt, a Tt a teljes munkával töltött időt (5 másodperc), a Tc pedig a talajkontaktus összesített idejét jelöli. Az öt másodperces folyamatos ugrálás során elért átlagos magasságot és a HBJ-t az [1]-es képlet alapján számítottuk ki. A mechanikus teljesítményt vizsgáló teszt (5 másodperces folyamatos ugrálás) és a térdhajlításból végzett ugrás során elért teljesítmény magas reprodukálhatóságot mutatott (r = 0,95 illetve r = 0,90 (Bosco et al., 1983; Viitasalo & Bosco, 1982).

Izo-inerciális dinamometria – A 2., 3., 4., 5. és 6. vizsgálat során izo-inerciális dinamometriát alkalmaztunk. A teszt során a súlyok függőleges elmozdulását egyszerű mechanikai eszközökkel és érzékelőkkel (Muscle Lab®, Ergotest Technology A.S., Langensund, Norvégia) követtük nyomon. A súlyokat mechanikus úton összekapcsoltuk egy elektronikus mikroprocesszorhoz csatlakoztatott kódolóval (Muscle Lab, szabadalom száma: 1241671). Amikor a kísérleti alany megmozdította a súlyt, az érzékelő minden 3 milliméternyi elmozdulás után jelet továbbított a rendszerbe. Így ki tudtuk számítani az adott súlyelmozdulásra érvényes átlagsebességet (AV), gyorsulást, átlagos erőt (AF) és átlagteljesítményt (AP) (további részletek: Bosco et al., 1995).

A dinamikus gyakorlatok reprodukálhatósági tesztjei során $r = 0,95$ újratestelési korrelációt kaptunk az átlagteljesítményre (P) (Bosco et al., 1995).

Elektromiográfia – Az EMG-elemzésekhez bipoláris felületi elektródákat használtunk (1,2 cm-es elektródák közti távolsággal). A vizsgálatnál alkalmazott erősítőt (erősítési tényező: 600, bemeneti impedancia: 2 gigaohm, CMMR: 100 dB, sáváteresztő szűrő: 6-1500 Hz; Biochip Grenoble, Franciaország) hosszában rögzítettük a hasizom fölé. A MuscleLab beépített hardverhálózata (frekvenciafelvétel: 450 kHz, átlagolási állandó: 100 milliszekundum, teljes hibaarány: $\pm 0,5\%$) átlagos effektív jellé (átlagos négyzetes középérték – rms) alakította a felerősített nyers EMG-jelet. A rendszer az idő függvényeként fejezte ki az EMGrms értéket (millivoltban illetve mikrovoltban). Mivel az EMGrms jeleket a MuscleLab által mért biomechanikai paraméterekkel kapcsolatban használtuk, párhuzamos mintavételt alkalmaztunk 100 Hz-en. A résztvevők testhez simuló sportdresszt viseltek, hogy a kábelek lengése ne torzítsa az eredményt. Az adatok összegyűjtésére és tárolására személyi számítógépet (PC 486 DX-33MHz) használtunk.

Hormonális mérések – Az első vérmintát könyökhajlati vénából vettük, reggel nyolc órakor, 12 óra koplalást és 1 nap pihenést követően. A második vérmintát közvetlenül a vibrációs kezelés vége után vettük. A résztvevőket megkértük, hogy üljenek le a rezegtető gép mellé, ahol már minden elő volt készítve a vérvételhez. A vérminta levétele a vibrációs kezelés vége után 1 percen belül megtörtént. A hormonszint-meghatározáshoz használt szérummintákat a vizsgálatig -20 Celsius fokon fagyasztva tartottuk. Az összes szérum T és a kortizol (C) szintjének meghatározását radioimmun-eljárás (RIA) keretében, reagenskészletek alkalmazásával végeztük el (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, Kalifornia, USA). A növekedési hormont (GH) rádiumból kinyert RIA reagens-készletek (Pomezia, Olaszország) segítségével mértük. A vizsgálat résztvevőitől vett valamennyi mintát RIA-számlálóval elemeztük (COBRA 5005, Packard Instruments, Meriden, USA). A

dupla minták vizsgálaton belüli variációs koefficiensei: T = 3,63%, C = 5,1% és GH = 2,1%.

A vér tejsavszintjének mérése – A tejsav csúcskoncentrációját a résztvevők fülcimpájából vett vérminta segítségével állapítottuk meg az 1. sz. vizsgálat előtt, és 3, 5 illetve 7 perccel a 30r-N és 30r-V után / vizsgálat előtt és 1, 3, 5 illetve 7 perccel a 30r-N és 30r-V után. A mintákat jéghideg perklórsavban fehérjementesítettük a tejsavelemzéshez (Enzimes módszer, Biochimica, Boehring, Mannheim, Németország).

Statisztikai módszerek – A vizsgálatok során közönséges statisztikai módszereket alkalmaztunk, például középérték- és szórásszámítást. A tesztelés-újratesztelés mérés megbízhatósági és a korrelációs elemzésekhez a Pearson-féle korrelációs koefficiens (r) használtuk. Az újratesztelési mérések szórási (SD) és variációs koefficiens (CV) értékeit az alábbi egyenlet segítségével számítottuk ki (Thorstensson, 1976):

$$CV = \left(200 \times \frac{SD}{\sqrt{x_1 + x_2}}\right) \times 100 \quad [3]$$

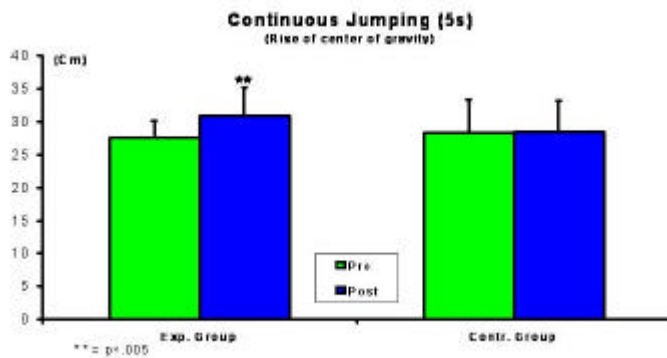
ahol x_1 és az x_2 két egymást követő mérés átlagos középértékeit, az SD pedig a mérés és az újramérés közötti átlagos különbség szórását jelöli. A vibrációs kezelés előtt és után kapott középértékek közötti különbségeket szignifikancia szempontjából a páros megfigyelésekhez kidolgozott Student-féle t-próba segítségével vizsgáltuk meg. A 6. kísérletben az ismételt megfigyelésekhez kidolgozott ANOVA-modellt is alkalmaztunk. Az alfa értékét valamennyi vizsgálatnál $p < 0,05$ szinten határoztuk meg.

KEZELÉSEK A test egészére kiterjedő vibrációt rezegtető felület segítségével hoztuk létre (Galileo, Novotec, Németország és Nemes, Ergotest, Görögország). Ezek a speciális gépek szinuszrezgést képesek kibocsátani, viszonylag alacsony amplitúdón (6-10 mm csúcstól csúcsig). A kísérletek során 26 és 30 MHz-es frekvenciaszintet használtunk. Helyi alkalmazáskor a vibrációt különleges kialakítású rezegtető kéziszúlyzókkal keltettük (Galileo, Novotec, Németország). Ezek az eszközök is viszonylag alacsony amplitúdó (4-6 mm) és frekvenciaszint (0-30 Hz) mellett bocsátottak ki szinuszrezgést.

EREDMÉNYEK

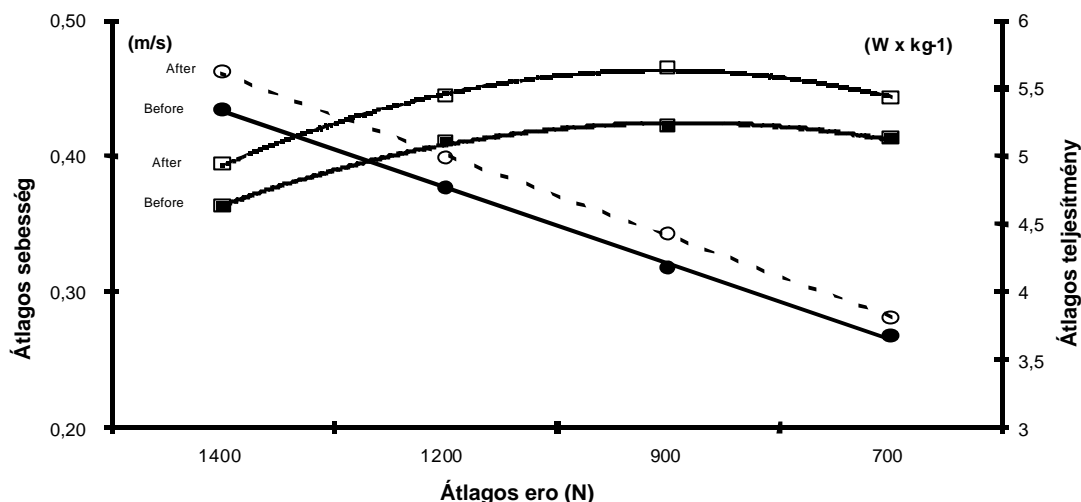
Az első kísérletben azt kívántuk megvizsgálni, miként befolyásolja tíz napos, tartós vibrációs edzés fizikailag aktív alanyok függőleges ugrási teljesítményét. A vibrációs edzési szakaszt követően végzett 5 másodpercnyi folyamatos ugrálás során a kísérleti csoport átlagos ugrási magassága jelentős – 11,9 százalékos – növekedést mutatott. A súlypontemelkedés magassága és az 5 másodperc alatt rögzített legjobb ugrás átlagos

teljesítménye szintén javult. A térdhajlításból végzett felugrás terén nem tapasztaltam változást. Úgy tunt, hogy a vibrációs edzés által kiváltott adaptív reakció neurális okokra vezetheto vissza, mivel a 2 hétnél rövidebb edzési idoszak alatt az izom méretében nem volt észlelhető növekedés. Az is bebizonyosodott, hogy a vibráció befolyásolja a merevség változását, ami a vibrációs edzés la hurokra gyakorolt komoly hatására utal.



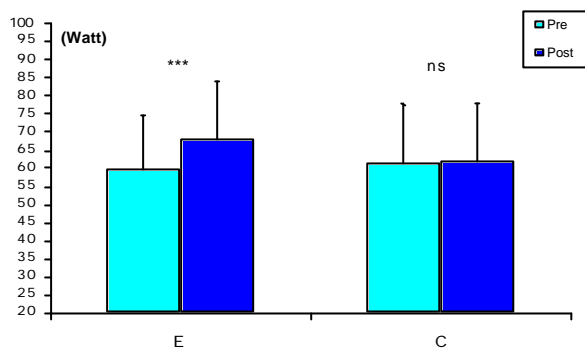
1. ábra Tíz nap vibrációs edzés hatása a súlypontemelkedésre folyamatos, függőleges irányú ugrálás során. A csillag a statisztikailag szignifikáns különbségeket jelöli ($p < 0,05$)

A második kísérlettel azt kívántam kideríteni, milyen akut hatást gyakorol a vibrációs edzés az alsó végtag ero-gyorsaság viszonyára. Öt percnyi, nyugvó helyzetben alkalmazott vibráció jobbra mozdította el a kísérletben részt vevő profi röplabdajátékosok ero-sebesség és teljesítmény-sebesség görbéjét. Úgy tunt, hogy az ero-sebesség és teljesítmény-sebesség viszonyban tapasztalt javulás az emberi vázizomzat erokifejto képességével kapcsolatos neurális tényezokre vezetheto vissza. A szakirodalom szerint abban az esetben, ha az izmok átmérojében nem figyelhető meg változás, a neurális adaptáció az elsodleges, megnövekedett erokifejto képességet eredményező adaptív reakció (Sale, 1988). A vibrációs edzés alkalmazásának rövid idejét (5 perc), valamint a gyors javulást figyelembe véve megállapítottam, hogy az általam észlelt reakcióban is a neuromuszkuláris tényezok játszották a legfontosabb szerepet.



2. ábra Izo-inerciális dinamometriával mért erő-sebesség és teljesítmény-sebesség viszony négy különféle terhelés alkalmazása esetén a lábtoló gyakorlatban. Valamennyi adat szignifikánsan eltér a kezelés előtti értékektől ($p < .05$).

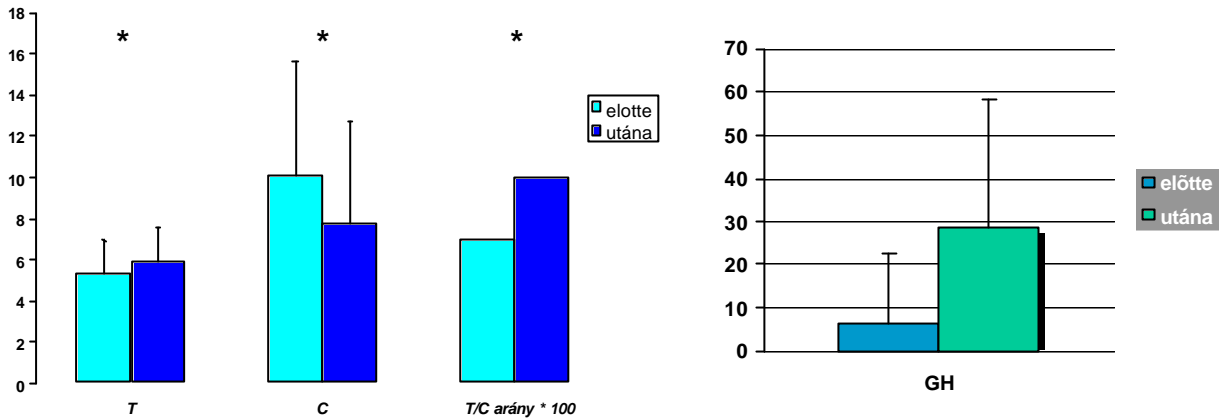
A harmadik kísérletben azt vizsgáltam, milyen hatásokkal alkalmazható a vibrációs kezelés fokozottan edzett, nemzetközi szintű ökölvívók felső végtagja esetében. Megállapítottam, hogy a második kísérletben leírthoz hasonló protokoll szerint alkalmazott 5 perces vibrációs kezelés 13 százalékkal képes növelni a karhajlító izmok mechanikus teljesítményét. Az EMG-elemzések a vibrációs edzést követően – az átlagos teljesítmény növekedésével párhuzamosan – csökkenést mutattak az EMGrms-aktivitás szintjében. Ez az eredmény megnövekedett neuromuszkuláris hatékonyságra utalt a vibrációs kezelést követően. A vibrációs kezelés során mért EMGrms több mint 200%-a volt a normál körülmények között tapasztalt EMGrms értéknek, ami alátámasztotta a vibráció által kiváltott erősítő vibrációs reflex jelenlétét. Az eredmények megerősítették azt a feltételezést, mely szerint a vibrációs edzésre adott akut adaptív reakciók neurális tényezőkre vezethetők vissza. A csökkent EMG és a mechanikus teljesítmény ezzel párhuzamosan észlelt növekedése javította az alfa és a gamma hurok működésének hatékonyságát, ami elonyös hatással volt az ízületi merevség változására.



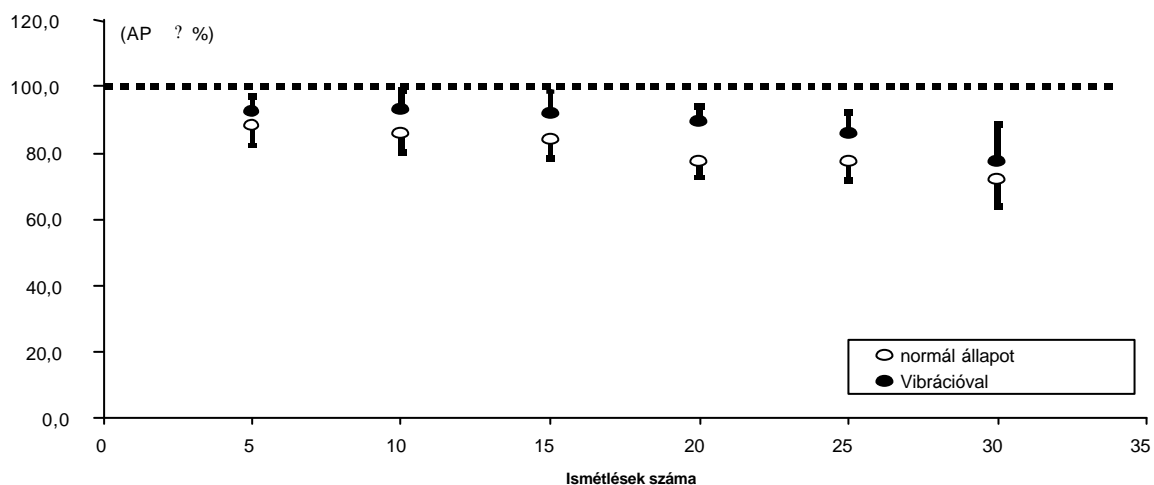
A negyedik kísérlettel a fokozottan edzett alanyok vibrációra adott akut hormonális reakcióját kívántam bizonyítani. Ennek érdekében magas edzettségi szintű kézilabdajátékosokat tettünk ki 7 percnyi vibrációnak, rezegtető felület közvetítésével. A függőleges ugrási képesség – a szérumban a tesztoszteron és a szérumban a kortizol koncentráció csökkenésével párhuzamosan – romlott. Az eredmények tanúsága szerint a 7 perces vibrációs kezelési protokoll megterhelő a szervezet számára, és csökkent neuromuszkuláris teljesítményhez vezet. A tesztoszteron és a kortizol szintjében tapasztalható visszaesés szintén arra utalt, hogy a 7 perces protokoll rontotta a hipofízis-mellékvesekéreg illetve a hipofízis-here tengely aktivitását.

Az ötödik kísérlettel az volt a célom, hogy megvizsgáljam, milyen hatást gyakorol a negyedik kísérletben leírtól eltérő vibrációs kezelési protokoll a hormonműködésre és a függőleges ugrási képességre. Ebben az esetben összesen 10 percnyi vibrációs kezelést alkalmaztunk két 5 perces sorozatban úgy, hogy a vibráció minden perce után 6 perc szünetet tartottunk. A kezelést követően a tesztoszteron-szint 7 százalékos növekedést mutatott. A növekedési hormon szintje 460 százalékkal megemelkedett, míg a kortizolé 32 százalékkal csökkent. Ezzel párhuzamosan 4 százalékkal javult a függőleges ugrási képesség, az alsó végtagok 7 százalékkal magasabb mechanikus teljesítményt nyújtottak a lábtoló gyakorlat során, a lábfej izmok EMG-aktivitása pedig 10 százalékkal csökkent. Az eredmények tanúsága szerint a vibrációs edzésre adott fiziológiai reakció az alkalmazott protokolltól függően változhat. Az észlelt hormonális hatásokból és neuromuszkuláris teljesítmény-reakciókból emellett az is kitűnik, hogy a vibrációs kezelés

még magas edzettségi szintű személyek esetében is hatékonyan alkalmazható az erőkifejti képesség növelésére és a hormonmunkódás befolyásolására.



Az utolsó kísérletben vibrációval kísért és vibráció nélkül alkalmazott, kimerítő edzési protokollok hatását hasonlítottam össze. E vizsgálat során a vibrációval kísért dinamikus izomaktiválás 8 százalékkal magasabb átlagos teljesítményt eredményezett a normál edzésnél. A vibrációval kísért karizomfeszítésnél észlelt EMG-aktivitás 14 százalékkal magasabb volt, mint vibráció nélkül. A teljesítmény és az LA ($r = -0,83$; $p < 0,05$) közötti negatív kapcsolat alapján megállapítható, hogy a kísérő vibráció során jelentkező fáradtságot foként perifériás tényezők határozták meg. Ez a jelenség azt valószínűsíti, hogy a vibráció nagyobb motoros egységeket aktivál, ezért alkalmazásakor magasabb teljesítmény és fokozottabb tejsav-felhalmozódás jelentkezik, mint normál esetben.



A legfrissebb szakirodalommal összhangban, a szakdolgozatban ismertetett eredmények megerősítették az alábbiakat:

1. Vibrációs edzéssel még jó edzettségi állapotú alanyoknál is javítható a függőleges ugrási képesség.
2. A vibrációs edzés képes növelni az alsó végtag mechanikus teljesítményét.
3. A vibrációs edzés javítja az emberi vázizomzat erőkifejtő képességét.
4. A vibrációs edzés – kezelési protokolltól függően – tipikus reakciókat vált ki a hormonmunkásban.
5. A vibrációs edzés a stimulus időtartamától és jellegétől függően befolyásolja a neuromuszkuláris teljesítményt és a hormontermelést.

Következtetések

A fenti eredmények alapján a vibráció hatékony edzési módszerként használható a sportolók neuromuszkuláris teljesítményének növelésére. A népesség többi része esetében azonban érdemes más alkalmazási lehetőségeket is fontolóra venni. Meggyozódásunk például, hogy a vibráció hatékony kezelés lehet a musculoskeletális struktúrák öregedési folyamatai által kiváltott hatások enyhítésére. A vibráció hormonmunkásra gyakorolt lehetséges hatása érdekes lehetőséget nyit meg a különféle betegségekhez kidolgozott edzési és rehabilitációs programokban történő alkalmazás előtt. A vibrációs kezeléseknél rejlik óriási potenciál tekintve, fontos lenne megvizsgálni a hosszú távú vibrációs programok különféle fiziológiai paraméterekre kifejtett hatását és biztonságos alkalmazási protokollokat kidolgozni a vibrációs ingerre adott egyéni reakciók alapján. Végül pedig, a csontátépítés (remodelling) terén történő alkalmazás hatékonyságának megállapítása érdekében érdemes lenne elemezni a vibrációs gyakorlatok musculoskeletális interakciókra gyakorolt hatását, a csonttritkulás esetében kifejtett hatást is beleértve.

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

1. Bosco C., **Cardinale M.**, Tsarpela O., Colli, R., Tihanyi J., von Duvillard S.P., Viru A. (1998). The influence of whole body vibration on jumping performance. *Biology of Sport* (15), 3: 157-164
2. Bosco C., **Cardinale M.** (1998). Nuove frontiere dell'allenamento sportivo : le vibrazioni. Effetti sul comportamento meccanico del muscolo scheletrico. *Coaching & Sport Science Journal*, 3 (1): 53-59
3. Bosco, C., Colli, R., Introiini, E., **Cardinale, M.**, Tihanyi, J., von Duvillard S., &Viru, A. (1999). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*, (19), 2: 183-187
4. Bosco C., **Cardinale, M.**, Tsarpela O. (1999). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexors muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 79: 306-311
5. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., **Cardinale, M.**, Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, A. (1999). Effect of acute whole body vibration treatment on mechanical power, electromyogram and hormonal profile of male athletes. In: Proceedings of the 4th Annual Congress of the European College of Sport Science. Pp.279
6. Bosco C., Colli, R., **Cardinale M.**, Tsarpela O., Bonifazi, M., (1999). The effect of whole body vibration on mechanical behavior of skeletal muscle and hormonal profile. Musculo Skeletal Interactions; basic and clinical aspects. Volume 2: pp.67-76. Eds. GR Lyritis Hylonome Editions ISBN 960-86410-0-4
7. Bosco, C., **Cardinale, M.**, Tsarpela, O., & Locatelli, E. (1999). New trends in coaching science: The use of vibrations for enhancing performance. *New Studies in Athletics*, 14 (4): 55-62
8. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., **Cardinale, M.**, Manno, R., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A. & Viru, A. (2000). Hormonal responses to whole body vibrations in man. *European Journal of Applied Physiology*, 81 (6): 449-454
9. **Cardinale, M.**, (2000). Le vibrazioni: aspetti fisiologici ed effetti sul profilo ormonale. *Scienza della Riabilitazione*, 1 (1-2): 15-19 (ISSN 1590-6647)
10. **Cardinale, M.**, Andersson, H.(2000). Forbättring av prestationsformagan genom vibrationstraining. *Idrottforskning* , 3 (9): 45-49
11. **Cardinale, M.**, Bosco, C. (in-press). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews* .

