

Pokrok vo výskume metódy celotelového vibračného tréningu a jej aplikácie

Li Yuzhang *

(Škola telesnej výchovy a tréningu, Univerzita športu Šanghaj, Čína)

E-mail: yuzhang07@126.com

Základné položky: Kľúčový projekt Šanghajskej vzdelávacej komisie (06IZ001), Projekt výstavby kľúčových disciplín Šanghajskej vzdelávacej komisie (J51001).

O autorovi:

Li Yuzhang, narodený r. 1975 v Shijiazhuang, provincia Hebei

PhD. na Škole telesnej výchovy a tréningu, Univerzita športu Šanghaj, Čína

Medzi jeho výskumné záujmy patrí monitorovanie športového tréningu a výučba športovej teórie a praxe.

Predmet štúdie:

Vibračný tréning celého tela ako nová tréningová metóda bol testovaný v mnohých inštitúciách v zahraničí a tiež v Číne.

Táto štúdia je zhrnutím poznatkov z odbornej literatúry o vplyve vibračného tréningu testovaného v domácich aj v klinických podmienkach. Cieľom je poskytnúť referenciu pre budúci výskum a aplikáciu vibračného tréningu.

Kľúčové slová: whole body vibration training; research progress; review physiological basis of exercise training

1. Úvod

Vibračný tréning celého tela (ďalej len WBVT) je nová metóda tréningu svalovej sily pre zlepšenie koordinácie a zlepšenie funkčnosti centrálného nervového systému.

Výskumov zameraných na maximálnu silu, výbušnú silu, koordináciu a flexibilitu svalov sa vo viacerých krajinách začalo hneď niekoľko.

Vibračný tréning sa široko uplatňuje napríklad v profesionálnom športe, plastickej chirurgii, rehabilitácii i v iných oblastiach. Štúdia vychádza zo zverejnených podkladov a zameriava sa hlavne na sedem pozitívnych aj negatívnych aspektov teórie WBVT a jeho efektu.

Štúdia sumarizuje výsledky s cieľom poskytnúť teoretické usmernenia a praktické referencie pre vedecké porozumenie a správnu aplikáciu metódy vibračného tréningu.

2. Spôsob vyhľadávania zdrojov

Štúdia využíva najmä dáta z dokumentov a z databázy elektronických zdrojov univerzitnej knižnice a medzinárodnej databázy elektronických zdrojov ako sú: CNKI, Pubmed a iné webové elektronické časopisy a nástroje na vyhľadávanie na internete.

Ako hľadané výrazy boli použité vibrácie a vibračný tréning celého tela. Bolo použitých viac ako 100 zdrojov relevantnej literatúry a takisto prevádzkové príručky zariadení SRT a Power Plate®.

3. Výsledky a diskusia

3.1 Pojem a klasifikácia vibračného tréningu

3.1.1 Koncepcia vibračného tréningu

WBVT popisuje cvičenia vykonávané na vibračnej plošine.

WBVT sa vykonáva buď v sede, v stoji na jednej alebo oboch nohách s prípadnou oporou rúk a na špeciálnej vibračnej podložke umiestnenej na zemi. Dopad vibračnej stimulácie na končatinu sa prenáša na svalovú skupinu a zvyšuje stupeň aktivity svalov. Efekt tréningu sa zlepšuje zvyšovaním aktivity vysokoprahových motorických jednotiek, čo spôsobuje, že zúčastnené motorické jednotky pri vysokej frekvencii dosahujú zlepšenie excitability nervovo-svalového systému.

Pôvodná forma vibračného tréningu je jednoduchá. Prvýkrát bola u gymnastov aplikovaná kombináciou externej vibračnej stimulácie a odporového tréningu ruským trénerom gymnastiky Nasarovom a vedcom Spivakom (1987). Získané výsledky ukázali signifikantne zvýšenú svalovú silu a extenziu [1].

Pri vibračnom tréningu a vibračnom tréningu spojenom s cvičením [2] sa väčšina nasledujúcich štúdií zamerala na aktiváciu svalového vretienka vyvolanú vibráciami (Bongiovanni, et al. 1990; de Gail, et al. 1966; Marsden, et al. 1969) a zmeny svalovej výkonnosti (Bosco, a kol. 1998a; Bosco, a kol. 1998b; Bosco a kol. 2000; Torvinen a kol. 2002a; Torvinen a kol. 2002b; Torvinen a kol. 2003; Delecluse a kol. 2003; Roelants a kol. 2004a; Roelants a kol. 2004b; Verschueren a kol. 2004).

3.1.2 Klasifikácia vibračného tréningu

Vibračný tréning možno rozdeliť do nasledujúcich dvoch typov podľa rôznych metód implementácie:

Metóda priameho stimulu

Svalový oscilátor pôsobí priamo na brušné svaly alebo šľachy. V mieste aplikácie je prichytený gumovým pásmom alebo pridržiavaný rukou. Už v 60. rokoch 20. storočia niektorí vedci používali malý sudovitý oscilátor umiestnený na bruchu alebo šľache svalu. Vytvára tak tonický vibračný reflex, čím pri určitej frekvencii vzniká kontrakcia svalu [3]. Napríklad Hagbarth a Eklund (1966) vykonali vibračnú stimuláciu u hemiplegických pacientov a zistili, že vibračná stimulácia môže aktivovať svalové proprioreceptory a reflexne spôsobiť kontrakciu svalov bez vôľového úsilia. Takýto reflex bol v elektrofyziológii definovaný ako tonický vibračný reflex (TVR). Na tomto princípe je v súčasnosti na trhu aj veľa vibračných produktov na odstránenie únavy.

Metóda nepriameho stimulu

Svalový oscilátor sa umiestni do blízkosti svalovej skupiny, ktorá sa plánuje trénovať, a vibračná vlna sa cez telo dostane k cieľenej svalovej skupine. Napríklad pri vykonávaní drepov na vibrujúcej plošine je WBVT nepriamym tréningom pre štvorhlavý stehenný sval. Vibračná plošina je umiestnená na zemi a počas státia na nej (na jednej alebo oboch nohách) dokáže rozvibrovať celé telo. V súčasnosti do tohto typu patria všetky druhy vibračných plošín ako Nemes Bosco System (Taliansko), Power-Plate (USA), Galileo-900/2000 (Nemecko), PNEU-Vibe Pro atď. Tieto zariadenia sú jednorozmerné vibračné produkty s výkyvom nahor a nadol alebo s výkyvom nahor a nadol so strednou osou otáčania v režime pravidelných sínusových vibrácií. V roku 2004 prišiel na trh prístroj SRT (Nemecko) s

trojrozmernou náhodnou kombinovanou vibráciou, ktorý prelomil predchádzajúci mód vertikálnej sínusovej vibrácie [4].

3.2 Fyziologické základy vibračného tréningu

Výskum ukazuje, že vibračná stimulácia ako vonkajší podnet môže aktivovať excitabilitu svalového vretienka cestou primárnych aferentných vlákien, a tým reflexne vyvolať kontrakciu okolitých svalových vlákien. Za predpokladu aktívnej kontrakcie svalov môže byť nábor motorických jednotiek pri aktivitách maximalizovaný. Z analýzy náboru motorických jednotiek vyplýva, že pri vôľou ovládanom pohybe svalov sa najprv aktivujú alfa motoneuróny, ktoré vedú k podráždeniu svalového vretienka. Následne sa aktivujú gama motoneuróny, ktoré riadia napätie a dĺžku svalu. Stimulácia vibráciami vyvoláva svalovú kontrakciu a počas cvičenia aktivuje svalové vlákna typu I aj II. Reflex tonického napätia produkovaný vibračnou stimuláciou je regulovaný hlavne prostredníctvom synaptického nervového kanála, zatiaľ čo sa vytvára aj malý počet multisynaptických neuzatvorených kanálov [5][6]. Podľa stupňa námahy, náboru a veľkosti motorických jednotiek sa pri vôľou ovládanom pohybe svalu zapoja najskôr pomalé motorické jednotky, zatiaľ čo veľké motorické jednotky sa zapoja až pri väčšej námahe. Podľa potrebnej sily sa zapojí určitý počet motorických jednotiek. Pri svalovej aktivite určitej záťaže sa zapája nábor motorických jednotiek od malých po veľké a aktivita svalových vlákien od pomalých po rýchle. To vytvára gradient svalovej kontrakcie. Mechanická vibračná stimulácia ako vonkajší podnet mení zapojenie svalov, ale nemení poradie náboru svalov. Vysokoprahová motorická jednotka a nízkoprahová motorická jednotka sa v procese pohybu aktivujú takmer súčasne vplyvom vibračnej stimulačnej frekvencie. Tá zvyšuje frekvenciu a intenzitu nervového vzruchu, zmyslového impulzu do pokožky a vplyvu vibrácií na mechanoreceptor stredného ucha a mechanizmus nervového centra. Za predpokladu zvyšujúceho sa zapojenia svalov do aktivít a zlepšenia svalovej koordinácie, zlepšuje sa aj tréningový efekt vlákna typu II, čím sa zvýši zapojenie rýchlych svalových vlákien a zvyšuje sa výbušná sila svalov. Dodatočná vibračná stimulácia zároveň zvyšuje počet a synchronizáciu nervových impulzov, zvyšuje počet motorických jednotiek pre svalovú kontrakciu, zlepšuje svalovú koordináciu, zvyšuje účinok tréningu svalovej sily a má dobrý vplyv na ďalšiu kontrakciu svalov [7][8].

3.3 Pojem a klasifikácia vibračného tréningu

3.3.1 Sila a sila reakcie

Ako efektívne zlepšiť svalovú silu a vyhnúť sa športovým zraneniam pri silovom tréningu bolo vždy záujmom väčšiny trénerov a výskumníkov. Mnohé príspevky študovali pozitívnu odozvu vibračných cvičení celého tela na svalovú silu a komponenty zodpovedné za výbušnú silu svalu. Účinky možno rozdeliť na okamžité a štrukturálne. Výskumníci zistili, že po 10 minútach vibrácií celého tela s frekvenciou 26 Hz a amplitúdou 4 mm sa priemerný tlak, rýchlosť a okamžitá sila natiahnutia nôh výrazne zvýšili, čo viedlo krivky V-F (rýchlosť-sila) a P-F (výkon-sila) k posunu doprava (Bosco, et al., 1998) [9]. Pri rovnakom trvaní, frekvencii a amplitúde výskumníci zaznamenali významné zvýšenie mechanickej práce a skokového výkonu extenzorov nôh (Bosco, et al. 2000) [10].

Issurin V. B. (1994) inštruoval Cormie P. (2006) [23] k štúdiu vplyvu jediného 30-sekundového intervalu vibrácií celého tela na izotenziiu v polodrepe a v spätnom skoku. Testoval maximálnu silu a maximálny výkon pred a okamžite po experimente, potom po 5, 15 a 30 minútach. Testoval tiež priemernú integrovanú elektromyografiu (ďalej len EMG) femorálneho, extrafemorálneho a bicepsového svalu. Výsledky ukázali, že sa výrazne zvýšila

iba výška vertikálneho výskoku (ďalej len CMJ, Counter Movement Jump). V ostatných ukazovateľoch nedošlo k výraznej zmene.

Rittweger J. [24] vykonal vibračné testy na 19 zdravých ľuďoch s cvikmi s polovičným drepom a diskutovali o akútnych účinkoch na neuromuskulárnu funkciu. EMG a vibračný tréning šliach pre 28 mužov s rôznymi cieľovými svalovými skupinami (frekvencia 44 Hz, amplitúda 3 mm, 3x týždenne počas 3 týždňov) ukázali, že vibračný tréning stimuloval maximálnu izometrickú silu svalových skupín k zvýšeniu o 49,8 % a schopnosti rozkročiť sa o 14,5 cm [11].

Torvinen (2002) zistil, že po 4-minútovej celotelovej vibrácii s vibračnou frekvenciou 20-30 Hz a amplitúdou 10 mm sa izometrická sila natiahnutia dolných končatín a pozdĺžna výška v skoku zvýšila [12]. Štúdium účinku vibrácií počas dlhšieho obdobia prinieslo viacero pozitívnych zistení. Napríklad po 10-dňovom WBVT s frekvenciou 26 Hz a amplitúdou 10 mm sa výkon a výška skoku zlepšili. Výskumníci zistili, že výška 5-sekundového súvislého skoku sa výrazne zvýšila (Bosco a kol. 1998) [13]. Torvinen (2002) [14] náhodne rozdelil 56 subjektov vo veku 19-38 rokov do skupiny vibračného tréningu a kontrolnej skupiny. Skupina vibračného tréningu musela absolvovať WBVT po dobu 16 týždňov s amplitúdou 2 mm a frekvenciou 25 Hz/60 s + 30 Hz/60 s + 35 Hz/60 s + 40 Hz/60 s, vždy 4 skupiny po 60 sekúnd. Výsledky ukázali, že skupina vibračného tréningu výrazne zlepšila výkon CMJ a maximálnu izometrickú svalovú silu extenzora kolena v 8. týždni a výrazne zlepšila výkon CMJ v 16. týždni. V 8. a 16. týždni však intervencia vibračného tréningu nezmenila silu úchopu účastníkov, rýchlosť v návratovom behu na 30 metrov či rovnováhu. Výskumníci tiež vykonávali WBVT s frekvenciou 25-45 Hz a amplitúdou 2 mm počas 8 mesiacov, čo výrazne zvýšilo výšku výskoku (Torvinen, a kol. 2003) [15].

Delecluse a kol. (2003) [16] náhodne rozdelili 67 netrénovaných žien vo veku 21,4 (\pm 1,8 roka) do 4 skupín:

1. skupinu posilňujúcu so záťažou a intenzitou tréningu 10-20 opakovaní (ďalej len RM, Repetition maximum) a tréningovými pohybmi ako kopanie, strečing dolných končatín a kolien, vždy 2 skupiny 3x týždenne;
2. skupinu s vibračným tréningom (amplitúda 2,5-5 mm, frekvencia 35-40 Hz, vždy 3 skupiny 3x týždenne);
3. skupinu s placebom (rovnaká ako 2. skupina vibračného tréningu, ale s amplitúdou 0) a
4. kontrolnú skupinu bez akéhokoľvek tréningu. Po 12 týždňoch tréningu sa zistilo, že izometrická dĺžka a dynamická svalová sila extenzorového svalu kolena sa výrazne zvýšili v 2. skupine vibračného tréningu a 1. skupine silového tréningu v tomto poradí: 2. WBVT ($16,6 \pm 10,8$ % $9,0 \pm 3,2$ %), 1. RES ($14,4 \pm 5,3$ % $7,0 \pm 6,2$ %). Skóre CMJ sa signifikantne zvýšilo ($7,6 \pm 4,3$ %) iba v 2. skupine WBVT, ale nepodporovalo maximálnu rýchlosť pohybu kolenného kĺbu, čo bolo podobné účinku tradičného silového tréningu. Štúdia navyše potvrdila, že prírastok sily vyvolaný vibračným tréningom nebol placebo efekt.

Roelants a kol. (2004) [17] študovali vibračný tréning celého tela s frekvenciou 35-45 Hz s amplitúdou 2,5-5 mm počas 24 týždňov. Zistili, že izometrická a dynamická sila natiahnutia kolena ($15,0 \pm 2,1$ % $16,1 \pm 3,1$ %), rýchlosť extenzie nôh ($7,4 \pm 1,8$ %) a výkonnosť pri spätnom skoku ($19,4 \pm 2,8$ %) sa významne zvýšili. Zároveň porovnávali nárast svalovej sily pri rôznych rýchlostiach 0, 50, 100 a 150 m/s. Výsledky ukázali, že nárast svalovej sily v skupine s vibračným tréningom bol signifikantne vyšší ako v skupine s tradičným tréningom ($24,4 \pm 5,1$ % oproti $5,9 \pm 2,1$ %; $8,3 \pm 4,4$ %; $7,6 \pm 1,5$ %).

Verschueren (2004) [18] po 6 mesiacoch WBVT s frekvenciou 35-40 Hz a amplitúdou 1,7-2,5 mm výrazne zvýšil statickú a dynamickú silu extenzorového svalu kolena.

Giorgos P. [19] viedol vibračný tréning (amplitúda 2,5 mm, zrýchlenie 2,28 g) pre 24 šprintérov (12 mužov, 12 žien) počas 6 týždňov (16-30 min. za deň, 3x týždenne). Výsledky sa po experimente zvýšili celkovo v priemere o 2,7 %, a to v nasledujúcich hodnotách: rýchlosť behu 3,6 %, dĺžka kroku 5,1 %, frekvencia kroku -3,4 %, CMJ 3,3 % a CVJT (Countermovement Vertical Jump Training) 30 s 7,8 %. Dospeli k záveru, že 6 týždňov vibračného tréningu môže efektívne zmeniť techniku a výbušnú silu šprintérov.

Zistenie je, že WBVT má pozitívny vplyv na silu a rýchlosť silového výkonu. Našli sa však aj negatívne výsledky z cvičení WBVT, čo sa týka sily a rýchlosti silového výkonu. Výskumníci zistili, že počas 4-minútového WBVT nenastala žiadna významná zmena výkonu (Torvinen a kol. 2002) a dôkladný WBVT viedol k výraznému zníženiu výšky skoku a momentu natiahnutia kolena (Rittweger a kol. 2000) [20]. Tieto zníženia však môžu byť spôsobené únavou.

De Ruiter [21] vykonal 11-týždňovú štúdiu, v ktorej 10 zdravých jedincov absolvovalo WBVT s frekvenciou 30 Hz a amplitúdou 8 mm (3x týždenne, 5-8 skupín súčasne, 1 minúta). Výsledky ukazujú, že dynamické sily merané v kvadricepse bez aktivity [105,4 (6,2) %, 99,9 (2,0) %, P = 0,69], pri vedomej aktivácii [107,1 (6,0) %, 101,1 (2,3) %, P = 0,55], v raste sily [95,4 (6,0) %, 103,3 (7,7) %, P = 0,57], pri výške CMJ [103,7 (1,8) %, 103,0 (2,8) %, P = 0,71] po 11 týždňoch vibračnej stimulácie nezlepšili funkciu extenzora kolena u zdravých dospelých.

Delecluse C. (2005) [22] vykonával vibračný tréning počas 5 týždňov na 20 šprintéroch (13 mužov a 7 žien vo veku 17-30 rokov). Všetci šprintéri pokračovali aj v tradičnom tréningu. V experimentálnej skupine bol 3x týždenne pridaný statický a dynamický tréning vibrácií nôh bez záťaže (frekvencia 35-40 Hz; amplitúda 1,7-2,5 mm, Power Plate®). Boli testované statické aj dynamické svalové silové charakteristiky dolných končatín zariadením Rev 9000. Výsledky ukázali, že vibračná stimulácia nezmenila dĺžku a ani dynamickú silu extenzorov a flexorov kolena ani rýchlosť extenzie kolena. Štartovacia rýchlosť, zrýchlenie a čas boli merané doskou na meranie sily a laserovým velodrometrom a nebol zaznamenaný žiadny rozdiel. Dospeli k záveru, že vibračný tréning pridaný k tradičnému silovému tréningu nemal žiadny vplyv na momentovú silu pri výkone šprintérov. Hoci niektoré štúdie naznačujú, že WBVT môže spôsobiť negatívne reakcie v sile a rýchlej sile, pozitívne výsledky prevažujú nad negatívnymi. Tie môžu byť spôsobené tiež zlým dizajnom štúdie či únavou testovaných. Luo a kol. (2005) [2] sa domnievali, že existujú dva možné dôvody svalovej únavy spôsobenej dlhodobým vibračným cvičením. Jedným z nich bolo, že vibračné cvičenie podporovalo silu a aktivitu svalovej kontrakcie v počiatočnej fáze cvičenia. Druhým bolo, že vibračné cvičenie inhibovalo nábor motorických jednotiek a znížilo výkon neuromuskulárneho cvičenia.

3.3.2 Neuromuskulárna aktivita

Cormie P. (2006) [23] študoval vplyv jediného kola (30 sekúnd) vibrácií celého tela na izotenziu v polodrepe a v spätnom skoku. Testoval maximálnu silu a maximálny výkon pred a bezprostredne po experimente (5, 15 a 30 minút) a aj priemerné integrované EMG femorálnych, extrafemorálnych a bicepsových svalov. Výsledky ukázali, že iba výška CMJ sa výrazne zvýšila. U ostatných ukazovateľov nedošlo k výraznej zmene.

Rittweger J. [24] vykonal vibračné testy na 19 zdravých ľuďoch s cvikmi v polovičnom drepe a diskutoval o akútnych účinkoch na nervovo-svalovú funkčnosť. EMG a šľachový reflex boli testované v procese rovnomerného naťahovania kolena v skoku po dobu 30 sekúnd s maximálnym momentom vystretia 70 %. Výsledky ukázali, že čas vyčerpania u skupiny testovanej na vibračnej plošine (V:349 ± 338 s; NV:515 ± 338 s) bol kratší ako u skupiny, kde nebola použitá vibračná plošina. Hodnota kyseliny mliečnej v krvi (V:5,49 ± 2,73 mmol/l; NV:

5,00 ± 2,26 mmol/l) a amplitúda šľachového reflexu (V:4,34 ± 3,63 Nm; NV:1,68 ± 1,32 Nm) sa výrazne zvýšila u skupiny bez vibračnej plošiny. Záverom je, že vibrácia s frekvenciou 26 Hz môže spôsobiť zmenu nábehu neuromuskulárneho systému a taktiež zlepšiť neuromuskulárnu excitabilitu.

Roelants M. (2006) [25] analyzoval aktivitu svalov nôh pri vibračnom tréningu pod rôznymi uhlami kĺbov bez záťažovej izometrickej kontrakcie a výsledky ukázali, že EMGrms (efektívna hodnota) dolných končatín v skupine vibračného tréningu bola výrazne vyššia ako v kontrolnej tréningovej skupine. Svalová aktivita pri vibráciách bola 12,6 až 82,4 % MVC (Maximum Voluntary Contraction).

Kvorning T. (2006) [26] rozdelil 28 mladých mužov do skupín a vykonali kombináciu polovičný drep (S) a polovičný drep + vibrácie (S+V). Porovnávacie štúdiá vibrácií (V) a analýza rozptylu ukázali, že medzi týmito tromi skupinami nebol žiadny významný rozdiel vo svalovej aktivite. Test ukazuje, že MVC kombinácie S+V je významne vyššie ako v skupine S. Zároveň sa testosterón (T) a rastový hormón (GH) výrazne zvýšili v každej skupine, ale kortizol (C) sa zvýšil iba v kombinácii s vibráciami.

Torvinen S. (2002) [27] skúmal vplyv jedného kola razových vibrácií na svalovú výkonnosť zdravých dospelých jedincov. Desať minút pred experimentom testoval stabilitu, silu úchopu, napätie dolných končatín, vertikálny skok, štart a ďalšie ukazovatele. Následne 2 minúty a 60 minút po experimente študoval EMG stav m. soleus, m. gastrocnemius a m. femoris. Výsledky ukázali, že vibračná stimulácia mala prechodný efekt, výška skoku sa zvýšila o 2,5 %, pnutie dolných končatín sa zvýšilo o 3,2 % a schopnosť rovnováhy tela vzrástla o 15,7 %. V ostatných oblastiach nebol štatistický rozdiel. Zníženie priemernej výkonovej frekvencie každej svalovej skupiny počas vibrácií naznačovalo svalovú únavu a EMGrms skupiny lýtkových svalov sa zvýšili, čo značí, že stimulácia vibráciami zlepšila svalovú výkonnosť dolných končatín a schopnosť rovnováhy tela. Metóda výskumu nervovo-svalovej aktivity sa spolieha hlavne na povrchový EMG test. Sumár poznatkov z odbornej literatúry preukazuje pozitívny vplyv vibračného tréningu na zlepšenie svalovej výkonnosti a tiež naznačuje, ako v budúcnosti lepšie navrhnuť špeciálne vibračné tréningové programy.

3.3.3 Flexibilné odozvy

Issurin (1994) [11] aplikoval metódu tréningu extenzie dolných končatín s frekvenciou 24 Hz, H = 3 mm, 22 m na športovcov. Po 3-týždňovom tréningu experimentálne výsledky ukázali, že flexibilita dolných končatín v cvičiacej skupine s dodatočnou vibračnou stimuláciou sa výrazne zvýšila a schopnosť rozkročenia nôh sa zvýšila v priemere o 8,7 % (pri kontrolnej skupine sa zvýšila iba o 2,4 %).

Lundeberg (1984) [28] zistil, že stimulácia vibráciami môže ovplyvniť polymodálne nociceptory vnímania bolesti kože práve tak ako Ruffiniho a Vater-Pacciniho telieska, ktoré zlepšujú sensorický prah vnímania bolesti kože. Poukázal na to, že keď sa vibračná stimulácia aplikuje na svaly alebo šľachy, vyvolá to analgetické účinky tak v čase stimulácie, ako aj bezprostredne po nej.

Roland Van Den Tillaar (2006) [29] vykonal 3x týždenne vibračný tréning pre 12 žien a 7 mužov počas 4 týždňov (ohyb kolena 90°, Nemes, 30 sekúnd × 6-krát, frekvencia 28 Hz, amplitúda 10 mm). Cvičenie pozostávalo z troch 5-sekundových izometrických kontrakcií každej nohy, po ktorých nasledovalo 30-sekundové vibračné cvičenie. Výsledky ukázali, že skupina s vibráciami Hamstrings ROM (Range of Motion, rozsah pohybu hamstringov) zaznamenala nárast o 30 % a kontrolná skupina o 14 %. Autori naznačujú, že zlepšenie

flexibility môže byť ovplyvnené najmä aktiváciou svalu a proprioreceptorov, ale nie zvýšením teploty a zrýchlením prietoku krvi.

3.3.4 Reakcie metabolického systému

Rittweger J a kol. (2002) [30] poukázali na to, že s postupným zvyšovaním frekvencie, amplitúdy a mimoriadneho zaťaženia vibračného pohybu sa výrazne zvýšila aj spotreba kyslíka za minútu. Počas nastavenia amplitúdy pohybu vibrácie na 5 mm bola zaznamenaná spotreba kyslíka za minútu pri 34 Hz (7,76 ml/kg) výrazne vyššia ako pri 26 Hz (6,41 ml/kg) a 18 Hz (5,72 ml/kg). Keď bola frekvencia fixovaná na 26 Hz, spotreba kyslíka za minútu (7,26 ml/kg) pri amplitúde 7,5 mm bola výrazne vyššia ako pri 5 mm (4,97 ml/kg). Takisto zistili, že spotreba kyslíka za minútu pri amplitúde 5 mm bola výrazne vyššia ako pri 2,5 mm (4,17 ml/kg). Okrem toho, keď je amplitúda 5 mm a pevná frekvencia 34 Hz a 18 Hz a použije sa dodatočné zaťaženie k hmotnosti tuku (40 %) v ramene a páse, bude spotreba kyslíka v ramene a páse za minútu výrazne vyššia so záťažou ako bez záťaže. Vidíme teda, že frekvencia a amplitúda vibračného pohybu sú skutočne indikátormi na posúdenie intenzity ich pohybu.

Pokiaľ ide o hemodynamické zmeny, Yamada a kol. (2001) [31] zistili, že koncentrácia kyseliny mliečnej a kreatínkinázy sa po vibračnom tréningu zvýšila, čo bolo v súlade s koncentráciou kreatínkinázy generovanou po krátkom období hyperizometrickej kontrakcie. Poukazujú tiež na to, že počas vibračného tréningu dochádza k hyperizometrickej kontrakcii a frekvencia a amplitúda vibrácií určujú intenzitu vibračnej stimulácie.

K. Kersch-Schind [32] nameral priemernú rýchlosť prietoku krvi v m. quadriceps femoris a m. gastrocnemius 6,5-13,0 cm/s. Meral vibračnú stimuláciu pomocou dopplerovskej ultrasonografie po dobu 9 minút s frekvenciou 26 Hz (3 mm) na chodidlách 20 zdravých jedincov na vibračnom zariadení Galileo2000.

Pokiaľ ide o zloženie tela, M. Roelants [17] vykonal 24 týždňovú porovnávaciu štúdiu tréningu u 48 náhodne netrénovaných žien. Výsledky ukázali, že skupina používajúca vibračnú plošinu (frekvencia 35-40 Hz, amplitúda 2,5-5 mm; Power Plate®) výrazne zvýšila spaľovanie tuku (+ 2,2 %).

Pokiaľ ide o hormonálnu odpoveď, Bosco a kol. (1999) [13] podrobili hádzanárov 1-minútovým vibráciám opakovaným 10x. Výsledky ukazujú, že T (+7 %, $p < 0,03$), GH (+460 %, $P < 0,014$), C (↓) a VJ schopnosť významne vzrástli. Podobné štúdie poukázali na významné zvýšenie hormónov a sérového testosterónu po razantnom cvičebnom cykle (Weiss a kol. 1983; Hakkinen a Pakarinen, 1985; Bosco a kol. 2000).

Loreto a kol. (2004) [33] skúmali 10 zdravých mužov a zistili, že vibračné cvičenie s frekvenciou 30 Hz znížilo hladinu glukózy v plazme (30-minútová vibračná skupina: $4,59 \pm 0,21$ mM; kontrolná skupina: $4,74 \pm 0,22$ mM, $P = 0,049$), zvýšilo koncentráciu a hladinu norepinefrínu v plazme (60 min. vibračná skupina: $1,29 \pm 0,18$; kontrolná skupina: $1,01 \pm 0,07$ mM, $P = 0,038$), ale nezmenilo koncentráciu iných hormónov.

3.3.5 Rovnováha počas výkonu

Pri WBVT môžu takmer všetky receptory celého tela prijímať stimuláciu vibračnej záťaže a súčasne aktivovať viac pohybových jednotiek, čím sa dá efektívne zlepšiť rovnováha a koordinačná schopnosť ľudského tela.

Van Nes IJ [35] vykonal experiment krátkodobej vibračnej stimulácie (frekvencia 30 Hz, amplitúda 3 mm) na 23 pacientoch s chronickou mozgovou príhodou a pozoroval ich zmeny v schopnosti kontrolovať držanie tela. Výsledky ukázali, že schopnosť kontrolovať zatváranie

očí a schopnosť vyrovnávať rýchlosť pohybu sa výrazne zlepšili. Záver tiež naznačuje, že táto metóda je dobrým spôsobom na zlepšenie schopnosti propioceptívnej kontroly.

Torvinen S. [27] vykonal následnú štúdiu na 56 ľuďoch (21 mužov, 35 žien vo veku 19-38 rokov) počas 4 mesiacov (4 min. denne, 3-5x týždenne) a výsledky ukázali, že sila v skoku sa zlepšila a bola indikovaná neuromuskulárna adaptácia na vibračnú stimuláciu. Zároveň bolo poukázané aj na to, že vertikálna vibračná stimulácia neovplyvňuje úpravu dynamickej rovnováhy a statickej rovnováhy u dospelých.

3.3.6 Rehabilitácia a liečebná procedúra (rehabilitácia/fyzikálna terapia)

Vibračný tréning sa tiež používa ako účinný prostriedok na prevenciu a liečbu osteoporózy u žien a rizika pádových zlomenín u starších žien.

Flieger (1998) [42] uvádza, že aplikácia mechanickej stimulácie vo forme vibrácií môže účinne predchádzať a liečiť úbytok minerálnych látok v kostiach po operácii, a tak účinne predchádzať osteoporóze u starších ľudí.

Verschueren a kol. (2004) [36] uskutočnili randomizovanú štúdiu na 70 ženách po menopauze a zistili, že vibračný tréning významne zvýšil BMD (Bone Mineral Density, minerálna hustota kostí) bedra o 0,93 %, zatiaľ čo v skupine s vlastnou váhou a v kontrolnej skupine nedošlo k žiadnej významnej zmene, ale mierne sa znížili (-0,60 % až -0,62 %).

Russo a kol. (2003) [37] vykonal 6-mesačnú štúdiu na 29 ženách a zistili, že vibračný tréning nemal žiadny významný vplyv na minerálnu hustotu holennej kosti.

Torvinen S. [38] navrhol nový vibračný program pre rôzne cviky pri frekvencii v rozmedzí 25~45 Hz, zrýchlení 2 g ~ 8 g, 4 min. za deň, 3-5x týždenne. Minerálna hustota holennej kosti sa merala pomocou pQCT (Peripheral Quantitative Computed Tomography, periférna kvantitatívna počítačová tomografia). Obsah minerálov v kostiach stavca, veľkého trochanteru a kalkanea sa merala pomocou DXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry, dvojitá energetická röntgenová absorpciometria). Výsledky ukázali, že 8 mesiacov tréningu zlepšilo výkonnosť pri skákaní (7,8 %), no nezmenilo minerálnu hustotu kostí a stavbu tela zdravých dospelých.

Na univerzite v rakúskom Grazi pacienti s rehabilitáciou ACL (Anterior Cruciate Ligament, predný skrížený väz) absolvovali vibračný tréning 2x týždenne počas celkovo 5 týždňov a zistilo sa, že kontrolná skupina sa zlepšila o 78,1 % a vibračná skupina o 126,7 % [39].

Garland S J [40] vykonal 4-týždňovú longitudinálnu štúdiu u pacientov s miernou mozgovou príhodou a zistil, že sa zlepšila rovnováha v stoji a funkčná pohyblivosť.

Bruyere O. [41] vykonal 6-týždňový test vibrácií a fyzioterapie u žien v strednom a staršom veku a zistil, že zlepšenie vo vibračnej skupine bolo $2,4 \pm 2,3$ %.

4. Záver

V určitom zmysle teda tieto znalosti odhalili základné mechanizmy účinkov, čo významne dopĺňa znalosti o ľudských motorických systémoch. V prírodovednej oblasti a športovej praxi sa najmä v posledných rokoch venuje vibračnému tréningu viac pozornosti. Metóda WBVT za relatívne malého úsilia mobilizuje k účasti viac svalových vlákien, takže sila svalovej kontrakcie sa výrazne zvyšuje. Hoci sú skúsenosti s vibračnou stimuláciou silového tréningu v Číne stále nedostatočné, o vedeckom a zrelom tréningovom programe, najmä o najlepšej intenzite tréningu, frekvencii a amplitúde vibrácií, je potrebné neustále diskutovať. Tieto aspekty musia byť naďalej študované a diskutované výskumníkmi, aby sa vytvoril vedecký a kompletný efektívny systém vibračnej sily v teórii a praxi.

Zoznam zdrojov

- [1] vibration training mechanisms and possible mechanisms relating to structural adaptations and acute effects [EB/OL]. <http://ADMOTION.NL>,2002,4.
- [2] Luo, J., McNamara, B., and Moran, K. The use of vibration training to enhance muscle strength and power[J]. *Sports Med* 2005; 35(1): 23-41.
- [3] Jin Luo, Brian P. McNamara, et al,. A portable vibrator for muscle performance enhancement by means of direct muscle tendon stimulation[J]. *Medical Engineering & Physics*, 2005, 27:513–522.
- [4] 李玉章.多方向振动训练的神经肌肉支配模式及其训练学意义[D].上海:上海体育学院博士学位论文,2007:16.
- [5] Cardinale, M. and Bosco, C. The use of vibration as an exercise intervention[J]. *Exerc Sport Sci Review* 2003; 31(1): 3-7.
- [6] 彭春政,危小焰.振动刺激与肌肉力量[J].*中国运动医学杂志*,2004,23(6):708-710,691.
- [7] 彭春政,危小焰,张晓韵.振动力量训练的机制和作用效果的研究进展[J].*上海体育学院学报*,2002,19(3):45-48.
- [8] 彭春政.一种肌肉力量训练的新方法—交变负荷法[D].上海:上海体育学院硕士论文, 2002.
- [9] BOSCO C, CARDINALE M, COLLI O, et al. The influence of whole-body vibration on jumping performance[J]. *Biol Sport*, 1998,15:157–164.
- [10] BOSCO C, LACOVELLI M, TSARPELA O. Hormonal Responses to Whole-Body Vibration in Men[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2000,81(6):449-454.
- [11] Issurin VB, Liebermann DG, Tenenbaum G. Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility[J]. *J Sports Sci*. 1994;12(6):561–566.
- [12] TORVINEN S, SIEVANEN H, JARVINEN TA, et al,. Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study[J]. *Int J Sports Med*, 2002,23(5):374-379.
- [13] BOSCO C, COLLI R, INTROINI E., et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure [J]. *Clinical Physiology*, 1998, 19(2):183-187.
- [14] Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance[J]. *Med Sci Sports Exerc*. 2002, 34(9): 1523–1528.
- [15] Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study[J]. *J Bone Miner Res*. 2003 May;18(5):876-84.
- [16] DELECLUSE C., M. ROELANTS, S. VERSCHUEREN. Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training [J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2003,35(6):1033–1041.
- [17] ROELANTS M., DELECLUSE C., GORIS M. et al. Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females[J]. *Int Journal Sports Med*, 2004,25(1):1-5.
- [18] VIBRATION TRAINING Mechanisms and possible mechanisms relating to structural adaptations and acute effects [EB/OL]. <HTTP://WWW.ADMOTION.NL>,2002.
- [19] GIORGOS PARADISIS, ELIAS ZACHAROGIANNIS. Effects of whole-body vibration

- training on sprint running kinematics and explosive strength performance[J]. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2007, (6):44-49.
- [20] RITTWEGER, J., G. BELLER, D. FELSEMBERG. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man[J]. *Clinical Physiology*, 2000, 20(2):134-142.
- [21] de Ruiter CJ, Van Raak SM, Schilperoort JV, et al., Hollander AP, de Haan A. The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors[J]. *Eur J Appl Physiol*. 2003;90(5-6):595–600.
- [22] Delecluse C, Roelants M, Diels R. Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes[J]. *Int J Sports Med*. 2005;26(8):662-668
- [23] Cormie P, Deane RS, Triplett NT, Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power[J]. *J Strength Cond Res*. 2006 May;20(2):257-61.
- [24] Rittweger J, Mutschelknauss M, Felsenberg D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2003, 23(6): 81–86.
- [25] Roelants M, Verschueren SM, Delecluse C. Whole-body-vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises[J]. *J Strength Cond Res*. 2006,20(1):124-9.
- [26] Kvorning T, Bagger M, Caserotti P. Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures[J]. *Eur J Appl Physiol*. 2006,96(5):615-625.
- [27] Torvinen S, Kannu P, Sievanen H, et.al. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2002 Mar;22(2):145-52.
- [28] LUNDEBERG T, NORDEMAR R, OTTOSON D. Pain alleviation by vibratory stimulation[J]. *Pain*, 1984, 20:25–44.
- [29] ROLAND VAN DEN TILLAAR. Will Whole Body Vibration Training Help increase the Range of Motion of the Hamstrings? [J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(1), 192–196.
- [30] Rittweger J, Ehrig J, Just K, et.al. Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load[J]. *Int J Sports Med*, 2002, 23:428-32.
- [31] Yamada, E., Kusaka, T., Miyamoto, K., et.al. Vastus lateralis oxygenation and blood volume measured by near-infrared spectroscopy during whole body vibration[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2005; 25(4): 203-208.
- [32] KERSCHAN-SHINDL K, GRAMPP S, HENK C, et al. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume[J]. *Clinical Physiology*, 2001, 21:377-382.
- [33] DI LORETO C, RANCHELLI A, LUCIDI P, et al.,. Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men[J]. *Journal of Endocrinological Investigation*, 2004, 27(4):323-327.
- [34] DI LORETO C, RANCHELLI A, LUCIDI P, et al.,. Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men[J]. *Journal of Endocrinological Investigation*, 2004, 27(4):323-327.

- [35] VAN NES IJ, Geurts ACH, Hendricks HT, et al,. Short-term effects of whole body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence[J]. *Am J Phys Med Rehabil.* 2004, 83(11): 867–873.
- [36] Verschueren SM, Roelants M, Delecluse C, et al,. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study[J]. *J Bone Miner Res,* 2004,19: 352-359.
- [37] Russo CR, Lauretani F, Bandinelli S, et al,. High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women[J]. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003, 84:1854–1857.
- [38] Torvinen S, Kannus P, Sievanen H. Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study[J]. *J Bone Miner Res.* 2003;18(5):876-84.
- [39] VAN NES IJ, Geurts ACH, Hendricks HT, et al. Short-term effects of whole body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence[J]. *Am J Phys Med Rehabil.* 2004, 83(11): 867–873.
- [40] Garland SJ, Willems DA, Ivanova TD, et al. Recovery of standing balance and functional mobility after stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(12):1753–1759.
- [41] Bruyere O, Wuidart MA, Di Palma E, et al. Gourlay M, Ethgen O, Richey F, Reginster JY. Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents[J]. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005, 86 (2): 303–307.
- [42] J. Flieger, Th. Karachalios, L. Khaldi. Mechanical Stimulation in the Form of Vibration Prevents Postmenopausal Bone Loss in Ovariectomized Rats[J]. *Calcif Tissue Int,* 1998, 63:510-515.