

ISPOLJAVANJE MIŠIĆNE SNAGE PRI NESTABILNIM USLOVIMA

Marjan Marinković

Upotreba različitih vežbi pri nestabilnim uslovima u cilju poboljšanja ravnoteže i koordinacije privlači pažnju poslednjih nekoliko godina. Njihov uticaj na poboljšanje snage je u velikoj meri neproučen, što ograničava njihovu praktičnu primenu. Izvođenje pokreta pri nestabilnim uslovima rezultuje smanjenjem maksimalne mišićne snage zbog smanjenja ukupne sile mišića, povećanja ko-kontraksija i izmene mišićne koordinacije. Korišćenje nestabilnih platformi u treningu snage trebalo bi da omogući razvoj viših nivoa aktivacije mišića, preko povećanog oslanjanja na njihove stabilizirajuće funkcije. Kako se ovaj viši nivo aktivacije mišića postiže sa manjim otporom, ovakva vrsta treninga može imati pozitivne učinke u rehabilitaciji mišića i zglobova nakon povreda, kao i u treningu specifičnom za određene sportove. Međutim, istraživanja sprovedena u periodu rehabilitacije ne mogu se primeniti na oblast sportskog treninga, zbog različitih zahteva za ispoljavanje mišićne snage tokom svakodnevnih aktivnosti (mala opterećenja, spori pokreti) i sportskih aktivnosti (veliko opterećenje, dinamički pokreti). *Acta Medica Medianae 2011;50(2):53-56.*

Ključne reči: mišićna snaga, nestabilni uslovi, trening, mišićna sila.

Vojna akademija Beograd, Srbija

Kontakt: Marjan Marinković
Vojna akademija
Pavla Jurišića Šturma 33
11000 Beograd
E-mail: marinkovicvr@gmail.com

Uvod

Održavanje položaja tela je kontinuirani proces minimalnih prilagođavanja iznad postojeće baze ili oslonca. Što je oslonac manji, prilagođavanja moraju biti preciznija da bi se održavala ravnoteža. Posturalno prilagođavanje trupa ili nogu, u pojedinim situacijama, može biti inicirano pre početka voljnih pokreta trupa ili gornjih udova (1). Smatra se da ovakva posturalna prilagođavanja imaju za cilj minimiziranje poremećaja ravnoteže izazvanih pokretima. Kada je podloga nestabilna, promena mišićnih potencijala prethodi momentu apliciranja sile, što se označava kao „mišićna anticipacija“ (2). Navedeno se može objasniti činjenicom da se potporne strukture moraju prvo stabilizovati pre nego što se motorni pokret efikasno pobudi. Uz to, merenja posturalnih prilagođavanja pri različitim položajima tela pokazala su da se stabilizirajući mišići aktiviraju oko 30 ms pre mišićne aktivacije pokreta (3).

Kada se čovek kreće, najčešće nije svestan složenih neuromišićnih procesa koji kontrolišu položaj tela. Pri stabilnim uslovima, zahtevi stabilizovanja položaja pod dejstvom prolaznih,

za pokret vezanih poremećaja, su smanjeni. S druge strane, u vrlo nestabilnoj situaciji, anticipatorna posturalna prilagođavanja, sama po sebi, mogu se posmatrati kao izvori poremećaja, kada se centar gravitacije (težište) pomeri van željene potporne površine. Ovaj anticipatorni porast sinergističke mišićne aktivnosti je dokumentovan pomoću obrnutog klatna koje indukuje nestabilnost ruke (4).

Upotreba spoljašnjih sila u pokušaju da se održi dinamička ravnoteža ključan je faktor uspešnosti u većini sportova i nužnost u svakodnevnim aktivnostima (npr. u nošenju torbi tokom kupovine, nošenju bebe itd). Ovaj stabilizacioni proces sastoji se iz uspostavljanja aktivnih mišićnih kontrola u minimiziranju stepena slobode u jednom ili nizu zglobova, što rezultuje stabilizovanjem prevelikog kretanja spoljašnjih objekata. Trening motornih veština, uključujući trening ravnoteže, povećava senzitivnost mehanizama povratne sprege i skraćuje vreme do aktivacije odabranih mišića poboljšavajući senzitivnost osećaja položaja i agonističkih i antagonističkih mišića (5). Mišići, kao završni delovi mehanizma senzomotornog sistema, posebno doprinose održanju ravnoteže tela.

Upotreba različitih vežbi pri nestabilnim uslovima u cilju poboljšanja ravnoteže i koordinacije privlači pažnju poslednjih nekoliko godina. Međutim, njihov uticaj na poboljšanje snage je u velikoj meri neproučen, delimično zbog problematične pouzdanosti aktuelnih metoda za procenu mišićne snage pri ovakvoj vrsti pokreta, što ograničava njihovu praktičnu primenu.

Ciklus izduženja i skraćanja skeletnih mišića pri stabilnim uslovima

Kombinacija ekscentrične i koncentrične mišićne akcije čini prirodni oblik mišićne funkcije nazvan ciklus izduženja i skraćanja-CIS (stretch-shortening cycle-SSC) (6). Ovaj tip mišićne funkcije takođe uključuje i fazu preaktivacije. CIS ima jasno izraženu funkciju povećanja učinka za vreme finalne faze (koncentrične kontrakcije) u poređenju sa izolovanom koncentričnom kontrakcijom.

Značajni naponi uloženi su u objašnjavanje mehanizma za povećanu produkciju sile za vreme CIS. Ekscentrično izduživanje mišića izaziva tenziju u mišiću, slično kao kod gumene trake. Elastična energija se stvara u tetivama, ostalim vezivnim tkivima, ali i u miozinskim poprečnim mostićima. Iako postoji mogućnost skladištenja elastične energije na nivou miozinskih poprečnih mostića, zbog njihovog veoma kratkog vremena vezivanja (oko 30 ms), koje je nedovoljno za prelazak iz ekscentrične u koncentričnu kontrakciju, najveći deo elastične energije ipak se stvara u vezivnim tkivima (7). Ovako stvorena i uskladištena energija može povećati silu predstojeće koncentrične kontrakcije. Međutim, kontrakcija treba da usledi odmah nakon istezanja ili će uskladištena energija stvorena tenzijom nestati u vidu toplote (8). Količina tenzije stvorena izduživanjem mišića zavisi od ugla i brzine kojom mišić izvodi izduživanje.

Efekte treninga pri nestabilnim uslovima na mišićnu snagu

Nedavno su vežbe sa opterećenjem koje se izvode pri nestabilnim uslovima postale deo treninga i programa rehabilitacije. Shodno tome, njihov uticaj na fizičke sposobnosti i zdravlje privukao je pažnju i trenera i istraživača. Odsustvo stabilnosti može poticati od podloge ili platforme na kojoj se vežba izvodi (npr. lopta ili njihajuća ploča) ili iz položaja u kojima se segmenti tela postavljaju van potporne baze tela (npr. jednoručni tegovi). Ipak, mora se imati u vidu da kada osoba pokuša da aplikuje silu u uslovima nestabilnosti, maksimalne sile koje se postižu u stabilnim uslovima nisu moguće zbog značajnijih funkcija mišićne stabilizacije. To zahteva da se broj maksimalnih ponavljanja prilagodi, kako bi se kompenzovali nestabilni uslovi. Studije koje su sprovedene pokazale su znatno veću elektromiografsku aktivnost mišića stabilizatora trupa tokom vežbi sa opterećenjem pri nestabilnim, nego pri stabilnim uslovima (9,10). Ovi nalazi sugerišu da nestabilni uslovi pri treningu sa opterećenjem mogu da olakšaju neurološke adaptacije mišića stabilizatora trupa, što dovodi do poboljšanja stabilnosti tela.

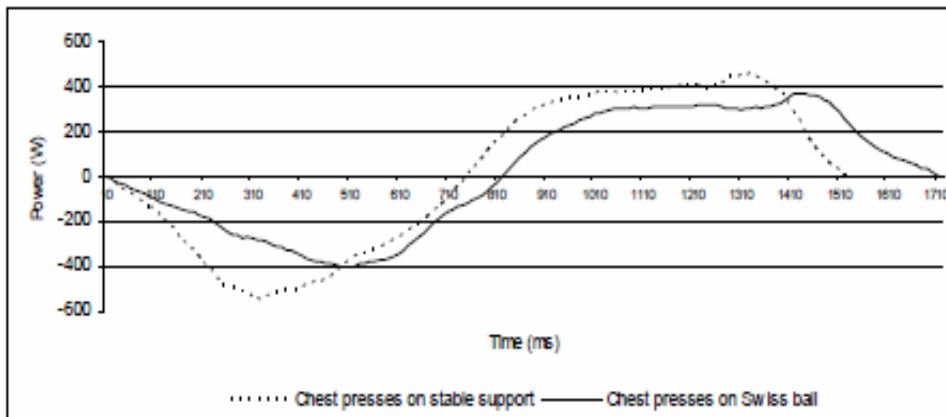
Izvođenje pokreta pri nestabilnim uslovima rezultuje smanjenjem maksimalne mišićne snage zbog smanjenja ukupne sile mišića, povećanja ko-kontrakcija i izmene mišićne koordinacije (11). Iako je ispoljavanje najveće mišićne snage

u uslovima nestabilnosti, promena ravnoteže pri treningu na nestabilnoj podlozi može da aktivira mišiće ekstremiteta i trupa i time obezbedi veću stabilnost zglobova. Korišćenje nestabilnih platformi u treningu snage treba da omogući razvoj viših nivoa aktivacije mišića, preko povećanog oslanjanja na njihove stabilizirajuće funkcije. Kako se ovaj viši nivo aktivacije mišića postiže sa manjim otporom, ovakva vrsta treninga može imati pozitivne učinke u rehabilitaciji mišića i zglobova nakon povreda, kao i u treningu specifičnom za određene sportove. Pošto većina sportova podrazumeva kombinaciju funkcija stabilizacije i proizvodnje sile, trening snage pri nestabilnim uslovima obezbeđuje slične nadražaje za nervni i mišićni sistem, dovodeći adekvatnim ponavljanjima do fizioloških adaptacija. Trening snage pri nestabilnim uslovima može smanjiti verovatnoću povreda donjih ekstremiteta zbog povećanja osetljivosti mišićnih vretena i bolje posturalne kontrole.

Još su prva ciljana istraživanja pokazala da švajcarska lopta obezbeđuje široki spektar pokreta pri nestabilnim uslovima, sa optimalnom početnom pozicijom od nekoliko stepeni aktivne ekstenzije trupa (12). Švajcarska lopta (poznata i pod nazivima: fitnes lopta, lopta za vežbanje, pilates lopta, terapijska lopta, lopta za jogu itd.) je elastična lopta na naduvavanje napravljena od mekog polivinilhlorida (PVC). Uduvanje vazduha se vrši posebno oblikovnom vazdušnom pumpom kroz otvor koji se zatim zatvara sigurnosnim čepom. Važnost švajcarske lopte u rehabilitaciji dokumentovana je u re-edukaciji posturalnih mišića, kao i u olakšavanju pokreta i posturalnih reakcija kod bolesnika sa neurološkim oštećenjima (13). Najčešće vežbe sa švajcarskom loptom se karakterišu izometrijskom mišićnom aktivnošću, malim opterećenjima i dugim periodima kontrakcije mišića, što vodi razvoju centralne izdržljivosti (14,15). Istraživanje sa subjektima koji su izvodili različite tipične vežbe za jačanje trupa u stabilnim i nestabilnim uslovima (švajcarska lopta) pokazalo je da je aktivacija lumbosakralnog i gornjeg lumbalnog podizača kičme, kao i dubokih abdominalnih stabilizatora, bila znatno veća u nestabilnim uslovima (16). Značajno veća nestabilnost podloge ili platforme u odnosu na uobičajne stabilne uslove uzrokuje pokretanje i ostalih mehanizama neurološke i neuro-mišićne adaptacije, što kao rezultat ima povećanje mišićne snage (17).

Ciklus izduženja i skraćanja pri nestabilnim uslovima

Iako postoje rezultati nekoliko već izvedenih studija koji podržavaju uključivanje programa vežbi pri nestabilnim uslovima u programe rehabilitacije, retki su izveštaji o njihovoj upotrebi u sportskom treningu. Istraživanja sprovedena u periodu rehabilitacije ne mogu se primeniti na oblast sportskog treninga, zbog različitih zahteva za ispoljavanje mišićne snage tokom svakodnevnih aktivnosti (mala opterećenja, spori pokreti) i sportskih aktivnosti (veliko opterećenje, dinamički pokreti).



Grafikon 1. Odnos snaga-vreme pri potisku sa grudi pri stabilnim i pri nestabilnim uslovima (Prema: Zemkova, 2010).

Značajno manje vrednosti maksimalne snage izmerene su kada se vežbe sa opterećenjem izvode pri nestabilnim nego pri stabilnim uslovima (18). Analiza mišićne kontrakcije jednog potiska s grudi pokazuje različit karakter krivulja pri stabilnim i pri nestabilnim uslovima. Maksimalne vrednosti snage tokom vežbe potisak sa grudi pri stabilnim uslovima (ravna klupa) bile su ne samo veće, nego su i postizane ranije u poređenju sa vežbom potisak sa grudi pri nestabilnim uslovima (švajcarska lopta), kao što se vidi na Grafikonu 1.

Manje vrednosti maksimalne snage tokom koncentrične faze vežbi sa opterećenjem, sa pokretom u suprotnom pravcu, pri nestabilnoj površini, može se pripisati odloženoj amortizacionoj fazi CIS. U trenutku kada se tokom prelaska ekscentrične u koncentričnu fazu mišićne kontrakcije postižu najveće vrednosti sile, subjekti moraju da održavaju stabilnost pri nestabilnoj površini kako bi ubrzali kretanje spoljašnjeg opterećenja (šipke sa tegovima) naviše, tj. suprotno sili zemljine teže. Zbog toga ova faza CIS može trajati duže u poređenju sa vežbom koja se izvodi pri stabilnim uslovima. Posledice smanjenja vrednosti sile i manje brzine izvođenja vežbe su smanjenje vrednosti maksimalne snage narednoj koncentričnoj fazi (19, 20). Preciznije, u najvećoj je meri kompromitovana snaga u akcelerationoj fazi potiska s grudi. Može se pretpostaviti da švajcarska lopta uzrokuje veći stepen nestabilnosti i otežava zadatak. Navedeno se može dokumentovati znatno većom EMG aktivnošću mišića koji stabilizuju trup pri

nestabilnim u poređenju sa stabilnim uslovima tokom potiska dvoručnih tegova s grudi (21). To je posledica dodatnih stresova na mišiće koji deluju kao stabilizatori trupa tokom potiska s grudi na švajcarskoj lopti postavljenoj u regiju gornjeg dela grudnog koša i sa stopalima na podu (22).

Zaključak

Ispoljavanje najveće mišićne snage smanjeno je u uslovima nestabilnosti, ali promena ravnoteže pri treningu na nestabilnoj podlozi može da aktivira mišiće ekstremiteta i trupa i time obezbedi veću stabilnost zglobova. Korišćenje nestabilnih platformi u treningu snage treba da omogući razvoj viših nivoa aktivacije mišića, preko povećanog oslanjanja na njihove stabilizirajuće funkcije. Doprinos treninga sa opterećenjem pri nestabilnim uslovima može biti naglašeniji kod osoba kojima su cilj zdravlje i rehabilitacija i koji ne učestvuju u napornim sportskim treninzima i takmičenjima. Zbog svega prethodno navedenog, jasno je uočljivo da u ovoj oblasti treba odgovoriti na mnoga nerešena pitanja. Neophodno je sprovesti istraživanje u kojem će biti ispitani parametri mišićne kontrakcije tokom različitih oblika treninga pri nestabilnim uslovima, kao i dugoročne fiziološke adaptacije, koje su posledica takvog tipa treninga. Takva saznanja mogu poslužiti kao osnova za izradu metoda testiranja i treninga koji bi se primenjivali u sportu i rehabilitaciji.

Literatura

- Gantchev G, Dimitrova D. Anticipatory postural adjustments associated with arm movements during balancing on unstable support surface. *Int J Psychophysiol* 1996; 22(1-2): 117-22. [[CrossRef](#)]
- Kornecki S, Kebel A, Siemiński A. Muscular cooperation during joint stabilization, as reflected by EMG. *Eur J Appl Physiol* 2001; 85(5): 453-61. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Nouillot P, Bouisset S, Do M. Do fast voluntary movements necessitate anticipatory postural adjustments even if equilibrium is unstable? *Neurosci Lett* 1992; 147(1): 1-4. [[CrossRef](#)]
- Stokes I, Gardner-Morse M. Strategies used to stabilize the elbow joint challenged by inverted pendulum loading. *J Biomech* 2000; 33(6): 737-43. [[CrossRef](#)]
- Kollmitzer J, Ebenbichler G, Sabo A. Effects of back extensor strength training versus balance training on postural control. *Med Sci Sport Exerc* 2000; 32(10): 1770-6. [[CrossRef](#)]
- Komi PV. Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects on muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exerc Sport Sci Rev* 1984; 12: 81-121. [[PubMed](#)]
- Komi PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech* 2000; 33: 1197-206. [[CrossRef](#)]
- Wilk K, Voight M, Keirns M, Gambetta V, Andrews R, Dillman C. Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *J Orth Sport Phys Ther* 1993; 17(5): 225-39. [[PubMed](#)]
- Anderson K, Behm DG. Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 637-40. [[PubMed](#)]
- Behm DG, Leonard AM, Young WB, Bonsey WAC, Mackinnon SN. Trunk muscle electromyography activity with unstable and unilateral exercises. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 193-201. [[PubMed](#)]
- Anderson K, Behm DG. The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sport Med* 2005; 35 (1): 43-53. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Siff M. The functional mechanics of abdominal exercise. *South Afr J Sport Med*, 1991; 6: 15-9.
- Stanforth D, Stanforth P, Hahn A. A 10-week training study comparing resistaball and traditional trunk training. *J Dance Med Sci* 1998; 2(4): 134-40.
- Cosio-Lima LM, Reynolds KL, Winter C, Paolone V, Jones MT. Effects of physioball and conventional floor exercise on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. *J Strength Cond Res* 2003; 17: 721-5. [[PubMed](#)]
- Carter JM, Beam WC, McMahan SG, Barr ML, Brown L. The effects of stability ball training on spinal stability in sedentary individuals. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 429-35. [[PubMed](#)]
- Behm DG, Leonard AM, Young WB, Bonsey WAC, Mackinnon SN. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 193-201. [[PubMed](#)]
- Radovanović D, Ignjatović A. Fiziološke osnove treninga sile i snage [Physiological bases of strength and power training; in Serbian]. Niš: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja; 2009.
- Zemková E. Muscular power in traditional and instability resistance exercises. Proceedings of the XIV International Conference of Sport and Physical Education "FIS Communication 2010" Niš: Faculty of Sport and Physical Education; 2010. pp. 17-27.
- Zemková E, Hamar D. Unstable support base compromises power output in concentric phase of resistance exercise. Proceedings of the 7th International Conference on Strength Training. Bratislava: Faculty of Physical Education and Sport; 2010. pp. 243-44.
- Ignjatović A, Radovanović D, Stanković R. Influence of strength training program on isometric muscle strength in young athletes. *Acta Medica Medianae* 2007 ;46(3):16-20.
- Marshall PW, Murphy BA. Increased deltoid and abdominal muscle activity during Swiss ball bench press. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 745-50. [[PubMed](#)]
- Behm DG, Anderson K. The role of instability with resistance training. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 716-22. [[PubMed](#)]

MUSCLE STRENGTH IN UNSTABLE CONDITIONS

Marjan Marinković

The use of various exercises in unstable conditions aiming to improve balance and coordination has attracted much attention in the recent years. However, the impact of such exercises on strength has been poorly studied, partly because of the problematic reliability of the current methods of muscle strength assessment during such movements, limiting thus their practical use. Movement production in unstable conditions results in the reduction of maximum muscle strength since the total muscle force is diminished, co-contractions are increased, and muscle coordination is altered. The use of unstable platforms in resistance training should result in the development of higher levels of muscle activation via increased reliance on their stabilizing functions. Since this higher level of muscle activation is achieved with less resistance, such trainings could have a positive impact on muscle and joint rehabilitation after injuries, as well as in sport-specific trainings. However, the researches performed in the field of rehabilitation cannot be directly translated into the field of sports training due to different demands for muscle strength exercise in everyday activity (low loads, slow movements) and in sports activities (large loads, highly dynamic movements). *Acta Medica Medianae* 2011;50(2):53-56.

Key words: muscle strength, unstable conditions, training, power