

VADBA MOČI





Vojko Strojnik,
Igor Štirn, Aleš Dolenc

Struktura moči kot izhodišče vadbe za moč

Izvleček

V članku je predstavljen pregled delovanja živčno-mišičnega sistema v povezavi s strukturo moči, ki predstavlja izhodišče za strukturiranje metod vadbe za moč. Na tej osnovi je mogoče določiti pet glavnih ciljev vadbe za moč: izboljšanje znotrajmišične koordinacije (nivoja aktivacije posamezne mišice), povečanje mišične mase, izboljšanje medmišične koordinacije v pogojih povečane obremenitve med izometričnimi in koncentričnimi naprezanji, izboljšanje medmišične koordinacije v pogojih povečane obremenitve med ekscentrično-koncentričnimi naprezanji in izboljšanje vzdržljivost v moči.

Ključne besede: živčno-mišični sistem, cilji vadbe za moč.

Strength and power abilities as a basis for strength and power training

Abstract

The paper presents neuro-muscular function related to the structure of strength and power as motor ability which constitutes a basis for structuring the strength and power training methods. According to that, five major training goals are defined: improving of intra-muscular coordination (muscle activation level), increasing muscle mass, improving of inter-muscular coordination during high-load action with isometric and concentric contraction, improving of inter-muscular coordination during high-load action with stretch-shortening cycle action, and improving strength endurance.

Key words: neuro-muscular system, goals of strength and power training.

Uvod

Moč je ena ključnih gibalnih sposobnosti za učinkovito izvajanje gibanja. V mnogih športih je rezultat neposredno odvisen od moči (meti, sprinti, skoki, alpsko smučanje ...), v drugih lahko omogoča večjo učinkovitost gibanja (teki na srednje in dolge proge), v tretjih poveča tehnične in taktične možnosti športnikov (športne igre).

Na moč lahko gledamo z vidika mehanike ali gibalnega obnašanja. V prvem primeru je moč delovanje sile pri določeni hitrosti in se izračuna kot produkt sile in hitrosti. V drugem primeru gre za področje človekovega gibalnega obnašanja, kjer je potrebno delovati proti velikemu zunanemu ali notranjemu upor. Moč kot gibalna sposobnost je tako definirana kot sposobnost učinkovitega gibalnega delovanja v prej omenjenih pogojih. V članku bo moč obravnavana kot gibalna sposobnost, razen kadar bo posebej označeno drugače.

Moč kot gibalna sposobnost ni enovita, temveč razdeljena na več podspodobnosti. Te so lahko deljene akcijsko ali topološko. Akcijsko pomeni, da se nanašajo na način izražanja moči, kamor spadajo največja moč, hitra moč in vzdržljivost v moči. Topološka delitev se nanaša na dele telesa, zato govorimo moči posameznih

delov telesa, kot so moč nog, moč rok, moč trupa ipd. Poleg teh delitev obstaja še funkcionalna delitev, ki se nanaša na funkcijo. V tem okviru delimo moč na odzivno moč, metalno moč, sprintersko moč ipd.

Izmed vseh zgoraj omenjenih delitev moči je najpomembnejša akcijska delitev. V klasičnem modelu moči, zasnovanem na statičnih analizah, so si vsi akcijski tipi moči enakovredni. Če pa jih obravnavamo iz fiziološko-biomehanskega vidika, potem je največja moč do določene nadrejena ostalima dvema podspodobnostima. Gre za to, da si posamezne podspodobnosti moči delijo nekatere skupne živčno-mišične mehanizme. Zato bo v nadaljevanju predstavljena struktura moči kot motorične sposobnosti z vidika delovanja živčno-mišičnega sistema.

Struktura moči predstavlja izhodišče za vadbo za moč, saj so posamezne metode vadbe za moč vezane na strukturo moči. Ko struktura moči izhaja neposredno iz gibalnega obnašanja (statični pristop), potem so metode vadbe za moč zasnovane na sintetičnem pristopu. V primeru izhodišč na osnovi živčno-mišičnega sistema pa bo vadba zasnovana na analitičnem pristopu. Sintetična vadba pomeni vadbo, zasnovano na analogiji obnašanja, na osnovi katerega je postavljen model moči. Tako na primer za razvoj

največje moči uporabljamo metode z največjimi bremenami, za hitro moč eksplozivna gibanja, za vzdržljivost v moči pa metode z večjim številom ponovitev in veliko utrujenostjo na koncu serije.

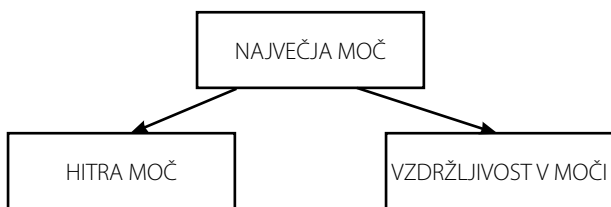
Sintetična vadba običajno omogoča dokaj zanesljivo doseganje cilja vadbe. Njena »slabša« stran je nižja transformacijska moč oziroma omejena možnost napredovanja oziroma velikosti razvoja sposobnosti. Obratno je z analitično vadbo. Poznavanje živčno-mišičnega delovanja v posameznih pogojih razvijanja moči omogoča vadbo posameznih živčno-mišičnih mehanizmov, ki jih lahko razvijemo na višji nivo kot pri sintetični metodi. Pri tem obstaja tveganje, da bomo razvijali napačne mehanizme oziroma uporabili neučinkovit način. Poleg tega bo treba posamezne analitično razvite mehanizme šele vključiti v učinkovito gibanje. Zato je možnost, da storimo napako pri analitični metodi, bistveno večja kot pri analitični metodi.

Dolgoročno je analitični pristop k vadbi za moč najbolj smiseln, saj omogoča doseganje večjega napredka na področju moči. Na osnovi poznavanja delovanja živčno-mišičnih mehanizmov je mogoče vadbo za moč bolj učinkovito vključiti v celoten koncept vadbe, tako v smislu analize potreb športnika z vidika tehnike in taktike kot z vidika postopnosti in organizacije kondicijske oziroma celotne športne vadbe. Podobno velja tudi za uporabo vadbe za moč pri posebnih skupinah oseb.

Članek je v znatni meri zasnovan po članku Schmidtblecherja (1984).

■ Struktura moči kot gibalne sposobnosti

V članku bo predstavljena fiziološko-biomehanska struktura moči kot gibalne sposobnosti (Slika 1). Ta struktura je zasnovana hierarhično z največjo močjo kot dominantno podspodobnostjo na področju moči. Velika največja moč pozitivno vpliva tako na izražanje hitre moči kot na izražanje vzdržljivosti v moči. Zato bo vadba za največjo moč vplivala hkrati na izboljšanje obeh drugih podspodobnosti. Učinki v obratni smeri so veliko manjši.



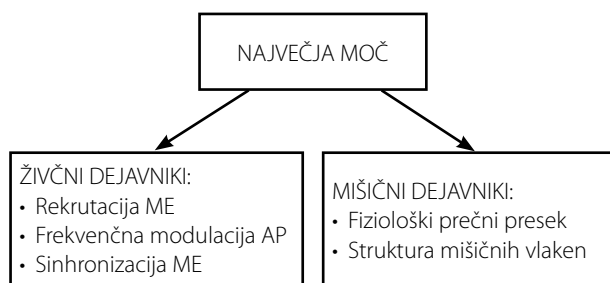
Slika 1. Struktura moči kot gibalne sposobnosti.

Vsaka od podspodobnosti pri moči bo v nadaljevanju prikazana kot specifičen način delovanja živčno-mišičnega sistema. Z vplivanjem na razvoj živčno-mišičnih mehanizmov, tipičnih za delovanje posamezne podspodobnosti, prispevamo k razvoju te sposobnosti. Ker so nekateri od teh mehanizmov skupni posameznim podspodobnostim, bo vadba hkrati vplivala tudi na te. Za razvoj posameznih živčno-mišičnih mehanizmov lahko uporabljamo različne metode vadbe oziroma stimulacije, kar poveča raznovrstnost vadb pri vadbi za moč.

Največja moč

Največja moč je sposobnost premagovati najtežja bremena. Povezana je z razvijanjem največje mišične sile med hotenim mišič-

nim naprežanjem. Največjo moč lahko delimo glede na vrsto mišičnega naprežanja na izometrično, koncentrično in ekscentrično največjo moč. Ne glede na to, da se največje sile med različnimi tipi mišičnih naprežanj razlikujejo, je glede delovanja živčno-mišičnega sistema in medsebojne povezanosti to enotna gibalna sposobnost. Glede na vrsto mišičnega naprežanja se največja moč v koncentričnih pogojih kaže v teži bremena, ki ga še lahko premaknemo, v izometričnih in ekscentričnih pogojih pa z največjo silo, ki jo lahko razvijemo. Največja sila pri izometričnem naprežanju je običajno označena kot 100 % največje mišične sile, pri koncentričnem naprežanju pa kot 1 RM (*repetition maximum*) oziroma breme, ki ga lahko dvignemo le enkrat.

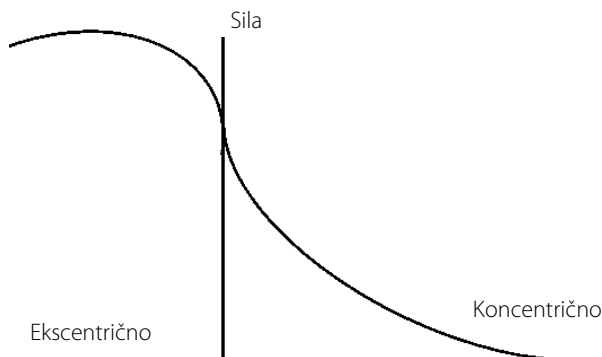


Slika 2. Dejavniki živčno-mišičnega sistema pri največji moči (ME – motorične enote, AP – akcijski potenciali).

Določanje največje ekscentrične sile je bolj zahtevno, običajno pa se pojavlja med kontroliranim spuščanjem bremena, kjer je trajanje spusta okoli 2 sekundi.

Na Sliki 2 so prikazani elementi živčno-mišičnega sistema, povezanega z največjo močjo. Od živčnih elementov so ključni mehanizmi znotraj-mišične koordinacije, kamor spadajo rekrutacija motoričnih enot, frekvenčna modulacija akcijskih potencialov in sinhronizacija motoričnih enot (Duchateau in Enoka, 2002). Med mišičnimi dejavniki pa sta pomembni fiziološki prečni presek mišice in struktura mišičnih vlaken.

Mišica predstavlja potencial za razvijanje sile. Funkcionalni prečni presek mišice je povezan z največjo silo, ki jo mišica lahko razvije. Večji, kot je funkcionalni presek mišice, večjo silo lahko mišica razvije. Specifična sila je lahko različna tako med mišicami kot med osebami. Ocene njene vrednosti pa so ocenjene okoli vrednosti 30 N/cm² (Enoka, 2008, str. 95). Struktura mišičnih vlaken ni neposredno vezana na velikost sile, saj je specifična sila hitrih



Slika 3. Odnos sila-hitrost.

in počasnih mišičnih vlaken podobna. Njihova vloga se kaže pri potencialu za povečanje mišične sile. Ker se hitrejša mišična vlakna lahko bolj odebelijo, imajo osebe s hitrejšo strukturo mišičnih vlaken možnost za večje povečanje prečnega preseka mišice in s tem posledično večji potencial za razvijanje največje moči. Funkcionalni prečni presek mišice se da ne-invazivno izmeriti s pomočjo določanja volumna mišice (slikanje z magnetno resonanco, računalniško tomografijo ...), strukturo mišičnih vlaken pa s pomočjo merjenja skrčka.

Živčni sistem določa, koliko mišičnega potenciala za razvijanje sile bo dejansko uporabljeno. Glavna mehanizma, odgovorna za mišično aktivacijo, sta rekrutacija motoričnih enot in frekvenčna modulacija akcijskih potencialov. Pri majhnih silah igra večjo vlogo rekrutacija. Začetni prirastki sile so predvsem na račun vključevanja vedno novih motoričnih enot. Frekvenca akcijskih potencialov teh enot se z večanjem mišične sile ne povečuje bistveno. Vse motorične enote se aktivirajo nekje med 60–85 % največje mišične sile (Enoka, 2008, str. 226). Nato je večanje sile odvisno od frekvenčne modulacije akcijskih potencialov in v manjši meri tudi sinhronizacije motoričnih enot. Konec rekrutacije je višji pri velikih mišicah. Tako se pri primikalki palca na roki vse motorične enote rekrutirajo že pri okoli 65 % največje sile, pri štiriglavi stegenski mišici pa pri okoli 85 % največje sile. Pri največji hoteni aktivaciji mišice je delež sinhroniziranih mišičnih vlaken okoli 5 %. Meri izkoristka mišičnega potenciala za razvijanje sile pravimo nivo aktivacije. Izrazimo ga kot % izkoristka mišice v smislu doseganja največje sile. Najpogostejše se ga izmeri s pomočjo metode vrinjenega skrčka ali vlaka dodatnih električnih impulzov.

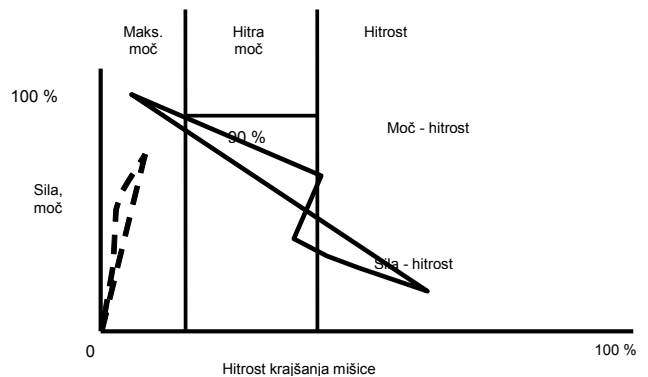
Največja koncentrična mišična sila je običajno 10–15 % nižja kot največja izometrična sila, največja ekscentrična mišična sila pa 130–150 % večja od nje (deVlugt idr., 2011). Razlog za razlike v sili med posameznimi vrstami naprežanj ni v mišični aktivaciji temveč v mišični mehaniki. Glavni dejavnik je odnos sila-hitrost (Slika 3). Pri koncentričnem naprežanju se mišična vlakna krajšajo, miozinske in aktinske niti drsijo ene mimo drugih, kar posledično zmanjša verjetnost sklepanja prečnih mostičev, hkrati pa se zmanjša tudi sila prečnih mostičev. Pri ekscentričnih naprežanjih se s hitrostjo ravno tako zmanjšuje število vzpostavljenih prečnih mostičev, vendar je smer obračanja miozinskih glavic obratna, kar prispeva k večji sili prečnega mostiča in posledično k večji skupni mišični sili. Mehanizem se imenuje togost na kratki razdalji. S hitrejšim raztezanjem mišice število prečnih mostičev upade bolj kot naraste sila prečnega mostiča, zato je sila v mišici pri hitrejšem raztezanju manjša.

Načinu mišične aktivacije pri največji moči ustrezajo velika bremena in enosklepne vaje.

Hitra moč

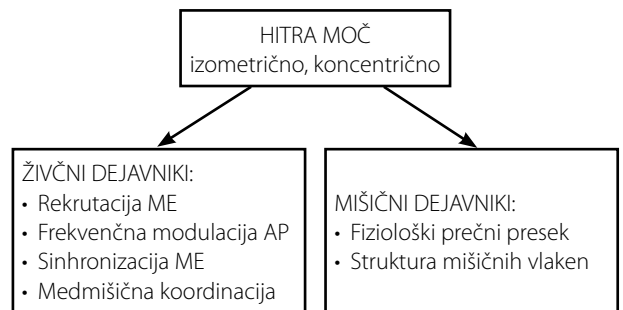
Hitra moč je sposobnost razvijanja čim večjega impulza sile v čim krajšem času. V izometričnih pogojih temu ustreza površina pod krivuljo sila-čas v prvih 200 ms, v koncentričnih in ekscentričnih pogojih pa povprečen pospešek, ki ga damo telesu ali predmetu oziroma hitrost. Za doseganje čim večje končne hitrosti je potrebno izkoristiti kinetično verigo v smislu prenosa energije med telesnimi segmenti. Če bi pogledali odnos sila-hitrost (Slika 4), potem področje hitre moči približno ustreza delu krivulje moč-hitrost, kjer je krivulja višja od 90 % svoje največje vrednosti. Gre za kombinacijo sile in hitrosti. Hitro moč glede delovanja živčno-mišične-

ga sistema delimo na izometrično-koncentrično in ekscentrično-koncentrično (Slika 6).



Slika 4. Predstavitev hitre moči v odnosu moč-hitrost.

Hitra moč v koncentričnih in izometričnih pogojih mišičnega naprežanja



Slika 5. Dejavniki živčno-mišičnega sistema pri hitri moči v izometričnih in koncentričnih pogojih mišičnega naprežanja.

Hitra moč v koncentričnih in izometričnih pogojih mišičnega naprežanja opisuje delovanje živčno-mišičnega sistema pri eksplozivnih gibanjih, ki se začnejo iz mirovanja (atletski start, skok iz počepa, ...) brez predhodnega gibanja (Slika 5). Izometrično naprežanje predstavlja izjemo, saj pri njem ne prihaja do medmišične koordinacije in prenosa energije med segmenti. Njena značilnost je posebna znotraj-mišična koordinacija, ki se glede na največjo moč bistveno spremeni.

Za čim večji prirastek mišične sile se prag rekrutacije motoričnih enot zniža celo do take mere, da se vse motorične enote aktivirajo hkrati. Tako vse hkrati začno prispevati k razvoju sile. Bistveno se spremeni tudi način proženja akcijskih potencialov. Pri počasnem naraščanju sile je na začetku rekrutacije motorične enote frekvenca akcijskih potencialov najnižja in potem postopno narašča. Pri maksimalno eksplozivni mišični aktivaciji pa se na začetku rekrutacije pojavijo najvišje frekvence akcijskih potencialov in se nato hitro zmanjšajo. Za doseganje največje mišične sile zadošča 30 Hz (počasna) oziroma 60 Hz (hitra) mišična vlakna, za največji prirastek sile v času pa se pojavljajo frekvence tudi do 400 Hz. Pri doseganju tako visokih frekvenc se v mišici pred samim začetkom aktivacije za kratek čas pojavi predgibalna tišina (Van Cutsem in Duchateau, 2005). Okoli 20 % oseb naj bi imelo tak način aktivacije prirojen. Meritve v našem laboratoriju takega % oseb ne potrjujejo, ampak kažejo na bistveno nižji delež. Pri zagotavljanju čim večjega prirastka sile igra pomembno vlogo tudi sinhronizacija motoričnih enot, saj je njihovo delovanje sinhronizirano v okoli 30 %.

Glede značilnosti mišic postane struktura mišičnih vlaken pomemben dejavnik storilnosti. Hitra mišična vlakna imajo približno 4 krat višjo hitrost krajšanja in približno 2 krat hitrejši prirastek sile. Zato je smiselno v športih, kjer je hitra moč pomembna, spreminjati strukturo vlaken v smeri hitrih. Prečni preseki mišice vpliva na hitrost prirastka sile. Mišica sicer sama predstavlja maso, ki jo je potrebno premikati, in če bi gledali z vidika posamezne mišice, potem bi ugotovili, da masa narašča na tretjo potenco, sila pa na drugo. Zato bi morala taka mišica z večanjem svojega preseka (sile) delovati proti masi, ki narašča hitreje od sile, kar pripelje do vedno manjšega pospeška, ki pa je mera eksplozivnosti. Če to velja za posamezno mišico, ne velja za celo telo. Če povečamo silo posamezne mišice in njeno maso, se to pri masi celega telesa skoraj ne pozna, pri sili pa. Zato taka mišica bolje pospeši celo telo.

Za doseganje čim večje hitrosti gibanja je pomemben prenos energije med posameznimi telesnimi segmenti, ki se zgodi po proksimalno-distalnem principu (Bobbert in van Ingen Schenau, 1988), ki je tukaj opisan na primeru skoka iz počepa. Gibanje se najprej začne z gibanjem v kolku, ko se začne dvigati trup, temu sledi iztegovanje v kolenu in na koncu v gležnju. Takšno zaporedje gibanja je posledica zaporedja aktivacije mišic. Najprej se aktivirajo iztegovalke kolka (mišice zadnje lože stegna), nato iztegovalke kolena in na koncu iztegovalke gležnja. Energijo med telesnimi segmenti prenašajo dvosklepne mišice. Za učinkovito gibanje trupa na začetku morajo mišice ustrezno stabilizirati trup oziroma zagotoviti njegovo togost, da bo sledil gibanju medenice. Pri končnem trupu se na začetku odnosa iztegovalke kolka vključujejo minimalno. V nožni preši, ki je na videz podobna skoku iz polčepa v smislu iztegovanja nog in trupa, je aktivacija celotne kinetične verige hkratna. Takšna aktivacija ima pomembno vlogo glede izbire vaj (praviloma večsklepne – kinetična veriga) in velikosti bremen, ki omogočajo takšno zaporedje aktivacije.

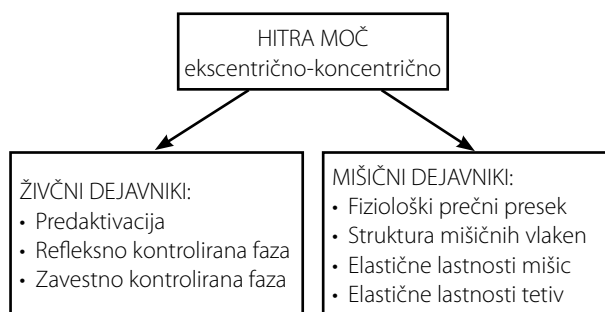
Hitra moč v pogojih ekscentrično-koncentričnega naprežanja

Glavna značilnost hitre moči v pogojih ekscentrično-koncentričnega mišičnega naprežanja je izkoriščanje elastične energije za doseganje večje hitrosti gibanja in večjo mehansko učinkovitost gibanja. Poleg tega ta način mišičnega delovanja omogoča doseganje največjih sil. Ločimo dve vrsti ekscentrično-koncentričnih akcij: z nasprotnim gibanjem in z udarcem (tipa poskok). Razlikujeta se v načinu mišične aktivacije, s katero živčno-mišični sistem kontrolira togost mišice in s tem hranjenje elastične energije v mišično-tetivnem sistemu. Elementi hitre moči v pogojih ekscentrično-koncentričnega naprežanja tipa poskok so prikazani na Sliki 6.

Pri poskokih se morajo mišice upirati sili reakciji podlage v trenutku kontakta s podlago. Da bi to nalogo lahko začele opravljati v trenutku kontakta, se morajo začeti aktivirati že pred kontaktom s podlago. Glede na pričakovano silo morajo mišice vzpostaviti ustrezno število prečnih mostičev, ki se bodo v trenutku prvega kontakta začeli upirati raztezanju mišice. Aktivacijo mišice pred kontaktom s podlago imenujemo predaktivacijo (Komi in Nicol, 2011). Njena naloga je zagotoviti začetno togost mišice na začetku raztezanja mišice. Ko se mišica začne raztezati, se vzdražijo mišična vretena, ki sprožijo refleks raztezanja. Ta refleks potrebuje 20–30 ms (glede na oddaljenost mišice od hrbtenjače) za začetek svojega pojavljanja in traja približno 90 ms. Po 120 ms od prvega kontakta je refleksne podpore konec. Če traja kontaktna faza še

naprej, se za refleksno kontrolirano fazo pojavi še zavestno kontrolirana faza aktivacije.

Začetno togost mišice določa število aktivnih prečnih mostičev v trenutku začetka raztezanja. Ko se začno miozinske glavice vrteti v obratno smer zaradi raztezanja mišice, se njihova sila poveča za do 50 %. S trajanjem zaviranja se hitrost raztezanja mišic zmanjšuje, kar pomeni, da se učinek togosti na kratki razdalji in s tem povečana sila posameznega prečnega mostiča zmanjšuje. Vendar v tem obdobju že začne učinkovati refleks na raztezanje, ki poveča število prečnih mostičev in na tak način ohranja povečano togost mišice. Velika togost mišice pomeni večjo silo za raztezanje tetive, ki na tak način shrani veliko elastične energije in jo na račun podaljševanja mišične togosti ohrani dalj časa. Ker se tetiva lahko krajša veliko hitreje kot mišica, je smiselno elastično energijo v tetivi hraniti, da bo uporabna na koncu naprežanja oziroma koncu odnosa.



Slika 6. Dejavniki živčno-mišičnega sistema pri hitri moči v ekscentrično-koncentričnih pogojih mišičnega naprežanja.

Pri časovnem poteku aktivacije je potrebno upoštevati tudi elektromehansko zakasnitev, to je čas med pojavom aktivacije v mišici in njenim mehanskim učinkom. Ključno vprašanje je, koliko časa traja mehanska posledica refleksa na raztezanje. Če je konec refleksne aktivacije 120 ms po začetku kontakta s podlago, trajanje elektromehanske zakasnitve pa je okoli 30 ms, kar znese 150 ms. K temu lahko dodamo še trajanje prečnih mostičev, kar pri hitrih mišičnih vlaknih prinese še kakšnih 30 ms. To pomeni, da lahko visoko mišično togost ohranjamo okoli 180 ms od začetka kontakta s podlago. To je blizu najdaljšega kontaktnega časa, ki je še smiselno pri izvajanju poskokov in globinskih skokov.

V refleksno kontrolirani fazi aktivacije se lahko pojavi tudi golgijev tetivni refleks, ki zmanjša mišično aktivacijo in s tem mišično togost ter izgubo elastične energije. Zato je pojav tega refleksa nezadržan. Z vadbo lahko mišično silo, pri kateri se pojavi ta refleks, povečamo na nivo, da se ta refleks v normalnih pogojih sploh ne vključuje.

S podaljševanjem kontaktnega časa se začne spreminjati tudi strategija mišične aktivacije. Pri krajših časih je vzdraženost sklada alfa-gibalnih živčnih vlaken povišana, pri daljših (preko 250 ms) pa znižana oziroma se pojavi strategija dušenja. Z znižano vzdražnostjo je težko ustrezno aktivirati mišico in vzdrževati njeno togost. Dušenje periferne eferentnega sistema se pojavlja tudi pri prevelikih višinah doskoka, strahu, povečani natančnosti naloge in zahtevah po ravnotežju. Zato v takih primerih ni mogoče učinkovito izvajati globinskih skokov in poskokov oziroma gibalnih akcij tipa poskok.

Ekscentrično-koncentrične gibalne akcije tipa nasprotno gibanje imajo drugačno kontrolo mišične togosti. Ker ni zunanje sile, ki bi hipno raztegnila mišico, je celotno raztezanje in krajšanje mišice pod zavestno kontrolo. Zato se pri tem tipu mišičnega naprežanja refleksi na raztezanje ne pojavlja. Lahko pa se pojavi golgijev kitni refleksi, ki inhibira mišico. Da bi shranili čim več elastične energije v mišico, je potrebno na koncu raztezanja mišice zagotoviti ustrezno število prečnih mostičev, ki bodo raztegnili tetivo in hkrati začeli koncentrični del mišičnega naprežanja z že veliko mišično silo. Pri koncentričnem naprežanju se mišična akcija hitre moči začne z nizko silo, ki potem narašča, tukaj pa se koncentrična akcija začne z največjo silo, ki jo skakalec poskuša ohraniti čim dlje časa in na tak način ohraniti elastično energijo v tetivah do konca odrida. Z vidika delovanja celotne verige tudi pri tem gibanju velja proksimalno-distalni princip (Chiu idr., 2014).

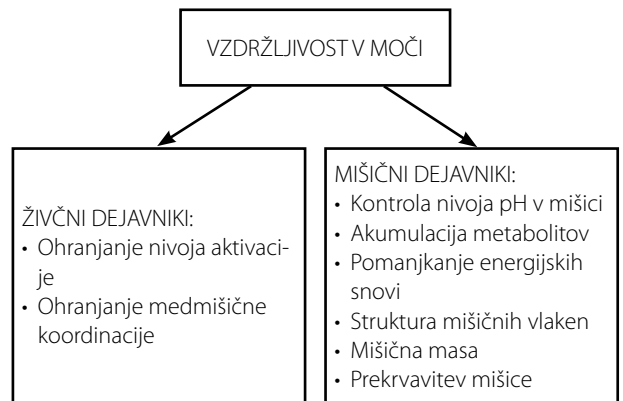
V obeh primerih ekscentrično-koncentričnega naprežanja velja, da je hranjenje elastične energije odvisno od sile na prehodu med raztezanjem in krajšanjem mišice in da mora biti odziv izveden v dovolj kratkem času, ki omogoča doseganje velikih pospeškov in s tem več shranjene elastične energije. Ekscentrično-koncentrično mišično naprežanje omogoča doseganje večjih hitrosti, večjih sil in porabi za enako delo kot koncentrično naprežanje manj energije.

Lastnosti mišice pomembno vplivajo na način izvajanja ekscentrično-koncentričnega naprežanja. Večji presek – večja sila mišice omogoča močnejše raztezanje tetive in s tem hranjenje več elastične energije vanjo. Poleg hranjenja elastične energije v tetive je mogoče elastično energijo shraniti tudi v mišice v približno enakem obsegu kot v tetivo. Bistvena razlika med mišico in tetivo je v času hranjenja elastične energije. Tetiva med gibanjem nima posebnih časovnih omejitev, mišica pa je omejena s trajanjem življenja prečnega mostiča. Ker je trajanje prečnega mostiča odvisno od strukture mišičnih vlaken v mišici, bodo za hitrejša mišična vlakna optimalnejše akcije s krajšim odrivnim časom, za počasna mišična vlakna pa z daljšim. To lastnost lahko na primer povežemo s tehnikami odrivov pri skoku v višino (*speed in power flop*), pri čemer je potrebno upoštevati tudi maso skakalca, ki mora biti v pravi kombinaciji s strukturo mišičnih vlaken (Ae idr., 2008).

Pri ekscentrično-koncentričnih mišičnih naprežanjih se pojavljajo največje sile v gibalnem aparatu, še posebej pri akcijah tipa poskok. Večina mišično-tetivnih poškodb in zakasnjenih mišičnih bolečin se pojavlja tukaj. Zato je potrebno biti pri njih še posebej previden in zahtevajo dobro predpripravo. Zaradi tega se tovrstna gibanja vključijo v vadbo praviloma na koncu pripravljalnega obdobja.

Vzdržljivost v moči

Vzdržljivost v moči je sposobnost posameznih mišic dalj časa opravljati delo v pogojih velikih obremenitev. Gre za delovanje v anaerobnih pogojih zagotavljanja energije, kjer je ključni energijski mehanizem anaerobna razgradnja glukoze in nastanek acidoze. Živčno-mišični dejavniki vzdržljivosti v moči so predstavljeni na Sliki 7. Eden ključnih dejavnikov vplivanja na velikost mišične sile in hitrost kontrakcije je stopnje acidoze (nivoja pH) mišice. Dovolj nizek nivo pH prekine mišično kontrakcijo (Fabiato in Fabiato, 1978) in deluje kot zaščitni mehanizem pred preobremenitvijo oziroma izčrpanjem. Mehanizmi, ki preprečujejo nižanje pH v mišici so zadostna obnova ATP po aerobni poti in mišični puferski sistemi.



Slika 7. Dejavniki živčno-mišičnega sistema pri vzdržljivosti v moči.

Pri vzdržljivosti v moči so ključni predvsem slednji. Vadba za vzdržljivost v moči izboljša delovanje puferskih sistemov.

Naslednji dejavnik zmanjšanja mišične sile je akumulacija metabolitov v mišici. Med pomembnejšima sta prosti fosfati (Pi) in amonij. Povečana koncentracija Pi vpliva na zmanjšanje izločanja Ca iz sarkoplazemskega retikuluma (Allen in Westerblad, 2001). Amonij iz mišic preko krvi potuje v možgane in povzroča centralno utrujenost, ki pride z zakasnitvijo (Štirn, 2009). Pomanjkanje energijskih snovi v mišici tudi vpliva na zmanjšanje mišične sile oziroma utrujenost pri visoko-intenzivni obremenitvi. Pomembna vira sta glikogen in kreatin fosfat. Z vadbo lahko njune zaloge v mišici povečamo.

V hitrih mišičnih vlaknih je anaerobna razgradnja veliko bolj intenzivna kot v počasnih. Zato v njih prihaja do bolj intenzivnih prej omenjenih procesov in večje utrujenosti. Po drugi strani pa hitra vlakna omogočajo večje opravljeno delo v anaerobnih pogojih zagotavljanja energije. Večja mišična masa predstavlja večji rezervoar energije, hkrati pa pri absolutnem bremenu omogoča delo na nižjem nivoju mišične aktivacije. Na tak način je lahko večji delež uporabljene energije iz aerobnih virov. Velikost mišične aktivacije je povezana s prekrvavitvijo mišice. Pri okoli 30 % največje mišične sile se začno žile v mišici zaradi znotraj-mišičnega pritiska ožiti in se pri približno 50 % največje sile povsem stisnejo ter preprečijo pretok krvi. To je še posebej pomembno pri neprekinjenih (tekoče ponovitve) in izometričnih naprežanjih. Zato so tovrstna naprežanja bolj učinkovita za zagotavljanje prej opisanih metaboličnih sprememb v mišici.

Med živčne dejavnike vzdržljivosti v moči spadata ohranjanje nivoja mišične aktivacije (znotraj-mišična koordinacija) in medmišična koordinacije. Motnja slednje je v prvi vrsti posledica prve. Metabolni procesi v mišici pomembno vplivajo na nivo aktivacije (Zajac idr., 2015). Kot že omenjeno, amonij povzroča centralno utrujenost. Nizek nivo pH in visok Pi v mišici zmanjša občutljivost sklada gibalnih živčnih vlaken na nivoju hrbtenjače. Možnih poti vplivanja na delovanje centralnega živčnega sistema pa je še veliko več.

Poseben vidik vzdržljivosti v moči bi lahko predstavljalo izvajanje ekscentrično-koncentričnih naprežanj. Pri njih poleg energijskih mehanizmov, kot omenjeno prej, lahko na pojav utrujenosti vplivajo tudi drugi, povezani s prevajanjem akcijskih potencialov po mišici, ki se kažejo kot visokofrekvenčna utrujenost. Tako se najprej pojavi visokofrekvenčna utrujenost, s podaljševanjem časa traja-

nja aktivnosti pa preide v nizkofrekvenčno oziroma utrujenost kot posledico metabolnih sprememb v mišici. Ker motnja prevajanja akcijskih potencialov po mišici ni posledica znižanja pH, pojava metabolitov ali pomanjkanja energije v mišice, se postavlja vprašanje, če so klasične metode za razvoj vzdržljivosti v moči učinkovite pri zmanjševanju visokofrekvenčne utrujenosti.

■ Zaključek

Moč kot gibalna sposobnost opisuje področje gibalnega obnašanja človeka. To področje je zelo raznoliko v smislu delovanja živčno-mišičnega sistema. Temu se mora prilagoditi tudi vadba za moč. Zato vadba za moč ni kar »neka vadba z velikimi bremenii«, temveč je sistem preišljenih aktivnosti, ki učinkovito vplivajo na posamezne dejavnike živčno-mišičnega sistema, opisane v tem prispevku. Z vidika prikazane strukture moči lahko določimo pet ključnih ciljev pri vadbi za moč:

- izboljšanje znotraj-mišične koordinacije (nivoja aktivacije posamezne mišice),
- povečanje mišične mase,
- izboljšanje medmišične koordinacije v pogojih povečane obremenitve med izometričnimi in koncentričnimi naprežanji,
- izboljšanje medmišične koordinacije v pogojih povečane obremenitve med ekscentrično-koncentričnimi naprežanji in
- izboljšanje vzdržljivost v moči.

Vsak od teh ciljev ima svojo skupino metod za izboljšanje moči. Njihove predstavitve so v povezanih člankih v tej številki revije *Šport* (Štirn idr. 2017; Dolenc idr. 2017).

Izbira metode vadbe za moč pomeni izbiro obremenitve, ki bo povzročila ustrezno živčno-mišično adaptacijo. Kje se bo ta sprememba zgodila, pa je odvisno od izbire vaje. S smiselnim časovnim zaporedjem in trajanjem obremenitev ter izbranih vaj, ciklizacija, bo vadba za moč postala resnično učinkovita.

■ Literatura

1. Ae M, Nagahara R, Ohshima Y, Koyama H, Takamoto M, Shibayama K. Biomechanical analysis of the top three men high jumpers at the 2007 World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*. 2008; 23:45–52.
2. Allen DG, H Westerblad H. Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *J Physiol*. 2001; 536(Pt 3): 657–665.
3. Bobbert MF, van Ingen Schenau GJ. Coordination in vertical jumping. *J Biomech*. 1988; 21(3):249–62.
4. Chiu LZ, Bryanton MA, Moolyk AN. Proximal-to-distal sequencing in vertical jumping with and without arm swing. *J Strength Cond Res*. 2014; 28(5):1195–202.
5. de Vlugt, Erwin et al. Short range stiffness elastic limit depends on joint velocity. *Journal of Biomechanics*. 2011; 44(11):2106–2112.
6. Duchateau J, Enoka RM. Neural adaptations with chronic activity patterns in able-bodied humans. *Am J Phys Med Rehabil*. 2002; 81(11 Suppl):S17–27.
7. Enoka M. *Neuromechanics of human movement – 4th ed., Human kinetics*. 2008.

8. Fabiato A, Fabiato F. Effects of pH on the myofilaments and the sarcoplasmic reticulum of skinned cells from cardiac and skeletal muscles. *J Physiol*. 1978; 276: 233–255.
9. Komi PV, Nicol C. Stretch-Shortening Cycle of Muscle Function. V: Komi PV (ed). *Neuromuscular Aspects of Sport Performance*, 1st edition. Blackwell Publishing Ltd. 2011: 15–31.
10. Štirn I. Vrednotenje mišičnega utrujanja z analizo površinskega elektromiograma : doktorska disertacija. UL FŠ, Ljubljana, 2009.
11. Van Cutsem M, Duchateau J. Preceding muscle activity influences motor unit discharge and rate of torque development during ballistic contractions in humans. *J Physiol*. 2005; 562(Pt 2):635–44.
12. Zajac A, Chalimoniuk M, Maszczyk A, Golaś A, Lngfort J. *Central and Peripheral Fatigue During Resistance Exercise – A Critical Review*. *J Hum Kinet*. 2015; 49: 159–169. Schmidtbleicher D. Strukturanalyse der motorischen Eigenschaft Kraft. *Leichtathletik*. 1984; 50: 1785–1792.

prof. dr. Vojko Strojnik
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
vojko.strojnik@fsp.uni-lj.si



Aleš Dolenc,
Igor Štirn, Vojko Strojnik

Metode vadbe moči

Izvleček

Vadba moči je eden od načinov, da izboljšamo ali ohranjamo dosežen nivo delovanja našega telesa. Za lažje načrtovanje in učinkovitejšo vadbo so v prispevku predstavljene metode vadbe moči. Pri vsaki metodi so navedeni njeni pričakovani učinki in osnovni parametri: tip ponovitev, velikost bremena, število ponovitev, odmor, število serij in kolikokrat na teden je metodo smiselno izvajati. Na koncu prispevka so za lažji pregled vse opisane metode prikazane v tabelah.

Ključne besede: trening moči, metode vadbe moči.

Methods of strength training

Abstract

Strength training is one way to improve or maintain the achieved fitness level of functioning of our body. To facilitate planning and effective workout, the article presents the methods of strength training. For each method listed its expected effects and the basic parameters: repetition type, load, number of repetitions, rest interval, number of series and the number of times a week is reasonable to implement the method. At the end of the article for better overview the review of all the described methods shown in the tables.

Key words: strength training, methods.

Uvod

V prispevku so opisane skupine metod vadbe za moč in njihove skupne značilnosti. Za uspešno načrtovanje in izvedbo vadbe je potrebno natančno poznavanje posameznih metod, kar vključuje poznavanje učinkov različnih metod na vadečega in pogojev za pravilno uporabo posamezne metode. V nadaljevanju so podrobno opisane metode, ki se uporabljajo pri vadbi za moč. Na koncu prispevka je prikazana še učinkovitost skupin metod za doseganje vadbenih ciljev.

Metode maksimalnih mišičnih napreznj

Metode maksimalnih mišičnih napreznj so namenjene povečanju maksimalne moči. Učinkujejo predvsem na živčne dejavnike moči. Mišična sila namreč ni odvisna samo od prečnega preseka oziroma velikosti mišic, ampak tudi od njihove učinkovitosti oziroma aktivacije. Aktivacija mišic je odvisna od mehanizmov znotraj mišične koordinacije – rekrutacije, frekvenčne modulacije ter sinhronizacije motoričnih enot, v primeru bolj kompleksne gibalne naloge, kjer v kinetični verigi sodeluje več mišic, pa tudi od med-mišične koordinacije.

Mišica razvije največjo mišično silo kadar je rekrutirano čim večje število tako hitrih kot počasnih motoričnih enot, kadar je frekvenca sproženja motoričnih enot optimalna, da povzroči gladko tetanično kontrakcijo in kadar motorične enote v kratkem času največjega mišičnega napreznja delujejo usklajeno.

Iz navedenih razlogov je pri metodah maksimalnih mišičnih napreznj – poleg doslednega upoštevanja velikosti bremen, števila ponovitev, serij in odmorov – pomembno predvsem izvajanje posameznih (ločenih) eksplozivnih ponovitev (glej prispevek *Skupne značilnosti posameznih skupin metod vadbe moči*). V povezavi z njimi je ključna izbira in organizacija vaje, ki takšne ponovitve, kjer je možno silovito razvijati silo od začetka, omogočajo.

V nadaljevanju so našteje metode maksimalnih mišičnih napreznj, katerih skupne značilnosti so predstavljene v *Skupne značilnosti posameznih skupin metod vadbe za moč*.

Metoda kvazi-maksimalnih mišičnih napreznj

Pri tej metodi gre za majhno število (tri do šest) maksimalno eksplozivnih koncentričnih ponovitev, ki jih izvajamo ločeno, torej z vsakokratnim odlaganjem bremena. Poudarek je na eksplozivnem začetku razvoja sile, zato je pomembno, da se na vsako ponovitev posebej pripravi – poveča vzdraženost oziroma se potencira delovanje živčnega sistema, izvede postopek abdominalne stabilizacije, se skoncentrira in nato »eksplodira«. Amplitudo giba z največjo možno hitrostjo se izvede v celem obsegu. Ekscentrični del ni pomemben in služi zgolj ponovnemu nameščanju bremena v začetni položaj. Nato se postopek eksplozivnega napreznja iz mirovanja ponovi. Odmor med ponovitvami s pripravo pred naslednjim dvigom lahko traja do deset sekund.

Breme je veliko (90 % 1 RM), zato hitrost dviga navzven ni videti velika, v notranjosti pa mora vadeči »eksplodirati«. Pri ločenih ponovitvah z odlaganjem bremena lahko dobro treniran vadeči dvigne do šest ponovitev. Večje število ponovitev ni možno ozi-

roma smiselno, ker ni več mogoče zagotoviti dovolj eksplozivne izvedbe. Bistvo je torej v kvaliteti in ne v številu ponovitev. Večje skupno število ponovitev se doseže z več serijami (tri do pet). Cikel je pet minut.

Metoda maksimalnih koncentričnih naprežanj

Metoda maksimalnih koncentričnih naprežanj je v osnovi enaka metodi kvazi-maksimalnih mišičnih naprežanj, le da je breme maksimalno (100 %), torej vadeči v eni seriji naredi samo eno ponovitev. Ta mora biti narejena čim bolj kvalitetno, torej z ustrežno motivacijo in pripravo. Cikel traja pet minut. Metoda je morda bolj primerna za tekmovalce v različnih disciplinah dviganja, kot priprava na samo tekmovalstvo in manj za pripravo ostalih športnikov, ki jo zato izvajajo le občasno. Na eni vadbeni enoti se naredi od tri do pet serij.

Metoda maksimalnih izometričnih naprežanj

Metoda maksimalnih izometričnih naprežanj se od ostalih najbolj razlikuje po načinu izvajanja ponovitev, medtem ko sta priprava in pristop enaka. Kot pri ostalih metodah šteje le vsako posamezno kvalitetno izvedeno maksimalno mišično naprežanje, ki pa je izometrično, torej se izvaja proti nepremagljivemu upor. V eni seriji se izvede eno ali dve 4–6 sekund trajajoči izometrični naprežanji, poudarek pa je na čim večjem končnem razvoju sile in ne na čim bolj silovitem razvoju sile na začetku, čeprav je pri zdravih vadečih eksplozivno razvijanje sile na začetku smiselno. Poleg nekaterih športov, kjer je izometrično naprežanje prisotno (gimnastika, nekateri borilni športi), je metoda zanimiva za športnike, ki zaradi poškodbe ne morejo izvajati dinamičnih vaj. Slednji ne bodo izvajali eksplozivnih mišičnih naprežanj, ampak bodo mišično silo razvijali postopno.

Učinek vadbe z metodo maksimalnih izometričnih naprežanj je izoliran na položaj, določen s kotom v sklepu, pri katerem vadbena poteka. Pomembni učinki vadbe se poznajo še pri položajih, ki od vadbene odstopajo za največ $\pm 20^\circ$ (Zatsiorsky in Raitsin, 1974). Razlog za omejen učinek izometrične metode je, da gre v osnovi za aktivacijsko vadbo, kar pomeni, da vadeči v nekem položaju aktivira mišice v določeni kombinaciji oziroma razmerju, pri spremenjenem položaju pa se to razmerje spremeni in zahteva novo prilagoditev, ki je vadba ni zajela. To pomeni, da je pri vadbi zdravih športnikov smiselno izbrati položaje, ki so tipični za njihov šport oziroma disciplino, pri poškodovanih pa tistega, ki jim ga dovoljuje stanje poškodbe.

Metoda maksimalnih ekscentričnih naprežanj

V ekscentričnih pogojih mišice lahko razvijejo največje sile. To dejstvo se izkorišča pri metodi maksimalnih ekscentričnih naprežanj, kjer bremena za 30–50 % presega tista, ki jih vadeči lahko dvigne v koncentričnih pogojih. Breme mora biti dovolj veliko, da povzroči ekscentrično mišično naprežanje in ne preveliko, da ga vadeči ne bi mogel skozi celoten gib nadzorovano (brez popuščanja) izvesti.

Pri tej metodi je zelo pomemben varnostni vidik. Breme mora biti v končnem položaju obvezno podprto, tako da je vadeči zanesljivo zavarovan. Takšno varovanje omogočajo tehnična varovala v vodilih, prečna varovala v kletkah ali pa posebej za ta namen čvrsto izdelane in stabilne podporne rešetke ali podesti.

Izvaja se okrog pet ponovitev, tri do pet serij. Cikel traja pet minut. Kljub temu, da gre za ekscentrično mišično naprežanje, kjer bre-

me »premaguje« vadečega, mora slednji upiranje bremenu oziroma ekscentrično naprežanje izvajati maksimalno eksplozivno. Za učinkovito in varno izvedbo je pomembno usklajeno sodelovanje s pomočniki (glej izvajanje posameznih ponovitev).

Metoda maksimalnih ekscentrično-koncentričnih naprežanj

Pri tej metodi je velikost bremena nekoliko manjša, posebnost pa je predvsem ta, da poleg znotraj mišične koordinacije v največji meri učinkuje na medmišično koordinacijo. Ponovitve so navezane, bistveno je hitro prehajanje iz ekscentričnega v koncentrično mišično naprežanje oziroma iz ene v naslednjo ponovitev, kar se kaže v veliki frekvenci izvajanja ponovitev. Poleg hitrega prehajanja iz koncentričnega v ekscentrični del vadeči čim bolj pospešuje v obeh posameznih delih mišičnega naprežanja, zato je metoda izredno učinkovita. Število ponovitev je od šest do osem, vendar zaradi hitrega izvajanja ena serija traja največ štiri sekunde. Cikel traja pet minut. Enako kot za vse metode najbolj intenzivnih mišičnih naprežanj se izvaja tri do pet serij.

Za izvajanje ponovitev, kjer je pomembna frekvenca izvajanja, torej hitro prehajanje iz ekscentričnega v koncentrični del posamezne ponovitve ter hitre navezave ponovitev med seboj, obstaja omejeno število vaj. Najbolj primerne so vaje z uporabo prostih uteži, roč in droga. Primer takšne vaje je delni počep z olimpijsko ročko, potisk s prsi, vodoravni potiski, zasuki s težko žogo ipd.

Uporaba posameznih metod maksimalnih mišičnih naprežanj

Najprej je smiselno izvajati metodo kvazi-maksimalnih mišičnih naprežanj, nato metodo maksimalnih ekscentričnih naprežanj in šele nazadnje metodo maksimalnih ekscentrično-koncentričnih naprežanj. Možno je tudi prepletanje izvajanja različnih metod. V tem primeru naj bi razmerje njihove uporabe sledilo zgoraj opisani logiki.

Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj

Ekstenzivna bodybuilding metoda

Ekstenzivna bodybuilding metoda uporablja tekoče koncentrične ponovitve. Ponovitve v seriji se izvajajo do odpovedi. V eni seriji se naredi od 15 do 18 ponovitev. Breme je približno 60 do 70 % 1RM oziroma takšno, da pride do odpovedi znotraj predvidenega števila ponovitev. Za določitev velikosti bremena je kriterij odpovedi pomembnejši od kriterija 60 do 70 % 1RM. Cikel traja dve minuti. Na eni vadbeni enoti se naredi tri do šest serij.

Intenzivna bodybuilding metoda

Pri intenzivni bodybuilding metodi se izvajajo tekoče koncentrične ponovitve. Ponovitve v seriji se izvajajo do odpovedi. V eni seriji se naredi pet do osem ponovitev. Breme je približno 85 do 90 % 1RM oziroma takšno, da pride do odpovedi znotraj predvidenega števila ponovitev. Za določitev velikosti bremena je kriterij odpovedi pomembnejši od kriterija 85 do 90 % 1RM. Cikel traja tri minute. Na eni vadbeni enoti se naredi od tri do pet serij.

Standardna metoda I

Pri standardni metodi I se uporablja tekoče koncentrične ponovitve. Ponovitve se izvaja do odpovedi. V eni seriji se naredi osem do 12 ponovitev. Breme je približno 80 % 1RM oziroma takšno, da pride do odpovedi znotraj predvidenega števila ponovitev. Kriterij odpovedi je pomembnejši kriterij za določitev velikosti bremena od kriterija 80 % 1RM. Cikel traja dve minuti. Na eni vadbeni enoti se naredi od tri do pet serij.

Standardna metoda II

Pri standardni metodi II se uporablja tekoče koncentrične ponovitve. Število ponovitev v seriji in velikost bremena se spreminjata iz serije v serijo. Serijo se vedno izvede do odpovedi. Naredi se štiri serije. V prvi seriji se naredi 12 ponovitev z bremenom 70 % 1RM. V drugi seriji se naredi deset ponovitev z bremenom 80 % 1RM. Za tretjo serijo se uporabi breme 85 % 1RM in se naredi sedem ponovitev. V zadnji oziroma četrti seriji se naredi pet ponovitev z bremenom 90 % 1RM. Cikel traja tri minute.

Metoda z okluzijo

Vadba z okluzijo pomeni, da se tekoče koncentrične ponovitve izvaja pri popolni ali delni okluziji pretoka krvi skozi obremenjeno mišico (Takarada idr., 2000). Okluzijo se običajno povzroči s prevezo (manšeto), podobno tisti pri merilniku krvnega tlaka, le veliko ožjo (25 mm). Pri vadbi za upogibalke v komolcu je pritisk v prevezi 110 mmHg (delna okluzija). Ponovitve se izvajajo do odpovedi. Breme je do 50 % 1RM. Cikel traja dve minuti. Pri vadbi je običajno prisotna neprijetna bolečina, ki je posledica okluzije. Zaradi majhnega bremena je vadba primerna za tiste posameznike, ki bi jim lahko večje breme pomenilo povečanje tveganja za poškodbo (starejše osebe, vadba po poškodbi ...). Pri vadbi z okluzijo je še veliko neznank (optimizacija, dolgoročni pozitivni in negativni učinki), saj še ni bilo narejenih veliko raziskav na tem področju, zato je pri uporabi te metode priporočljiva previdnost. Dolgotrajna okluzija (več kot 20 min) je zelo nevarna, ker lahko pride do poškodbe oziroma odmiranja tkiv.

■ Dodatne ponovitve za izčrpavanje mišic

Za popolno izčrpanje mišic se lahko na koncu serije, ko je prišlo do odpovedi, izvedejo še dodatne ponovitve. Njihov namen je povečati napor in obremenitev mišice in s tem povečati učinkovitost vadbe. Sem spadajo dodatne koncentrične, negativne, pekoče in goljufive ponovitve ter pred-utrujanje in super serije.

Goljufive ponovitve

Goljufive ponovitve so ponovitve, kjer pride med izvajanjem do spremembe tehnike izvedbe vaje (Weider, 1954). Namen spremembe tehnike izvedbe vaje je omogočiti nadaljevanje izvajanja ponovitev z istim bremenom po odpovedi. Sprememba tehnike omogoči vadečemu, da pri izvajanju ponovitve preide na težji del amplitude giba v sklepu. Pri vaji upogib roke v komolcu v stoji je goljufiva ponovitev tista, kjer vadeči na začetku ponovitve rahlo zamahne s trupom nazaj in tako pridobi dovolj inercije bremena ter bolj ugoden položaj v komolcu, da lahko izvede ponovitve. Uporaba goljufivih ponovitev je razširjena med »body builderji«. Pri uporabi goljufivih ponovitev je potrebno biti pazljiv, saj veliko breme in sprememba tehnike lahko povzročita poškodbo vadečega.

Pekoče ponovitve

Pekoče ponovitve so ponovitve, ki jih vadeči naredi, ko ne more več narediti tekoče koncentrične ponovitve s celotno predpisano amplitudo. Ponovitve so izvedene v delni ali polovični amplitudi od predpisane amplitude giba (Richford, 1966). Običajno se naredi pet do šest ponovitev.

Dodatne koncentrične ponovitve

Dodatne koncentrične ponovitve so ponovitve, ki jih vadeči naredi s pomočjo partnerja, ko ne more več narediti tekoče koncentrične ponovitve s celotno predpisano amplitudo. Partner pomaga pri koncentrični kontrakciji samo toliko, da vadeči lahko naredi ponovitev v celotni predpisani amplitudi. Pri ekscentričnem naprežanju partner ne pomaga, saj ga vadeči lahko izvede sam. Običajno se naredi dve do štiri dodatne ponovitve.

Negativne ponovitve

Pri negativnih ponovitvah vadeči najprej naredi tekoče koncentrične ponovitve do odpovedi, nato pa mu partner pomaga v koncentričnem delu, da naredi celotno predpisano amplitudo. V ekscentričnem delu partner s svojo težo ali močjo poveča breme. Povečanje obremenitve je takšno, da ekscentrični del ob maksimalnem naporu vadečega traja približno dve sekundi.

Superserije

Pod pojmom superserije sta večkrat razumljena dva načina izvajanja vadbe za moč (Fleck in Kremer, 2004). Prvi način je, da vadeči izvaja vaje v parih. Par vedno predstavlja vajo za agonista in vajo za antagonist. Primer enega para je vaja upogib roke v komolcu s pomočjo škripca in vaja izteg roke v komolcu s pomočjo škripca. Pri drugem načinu superserije vadeči zapovrstjo izvede dve ali tri različne vaje za isto mišico. Primer take superserije je, da vadeči najprej izvede vajo navpični priteg na prsi. Tej vaji takoj sledi vaja vodoravni priteg na prsi in nato še vaja priteg bremena na prsi v stoji v predklonu. Pri obeh načinih izvajanja superserij običajno vadeči naredi osem do deset ali celo več ponovitev v seriji s kratkim odmorom ali brez odmora med vajami in serijami (Fleck in Kremer, 2004).

Pred-utrujanje

Pri pred-utrujanju vadeči najprej naredi vajo, kjer je mišica izolirana (enosklepno), nato pa sledi kompleksna vaja, kjer je ista mišica vključena v obremenjeno kinetično verigo (večsklepno). Pri tem se uporablja tekoče koncentrične ponovitve.

Najbolj smiselna je uporaba dodatnih, negativnih in pekočih ponovitev, medtem ko so goljufive ponovitve, predutrujanje in superserije manj primerne.

■ Mešane metode

Osnovni namen mešanih metod je izboljšanje hitre moči, torej sposobnosti premikanja nekega srednje velikega bremena (ali telesa) s čim večjo hitrostjo. Metoda vpliva na živčne dejavnike moči, na mehanizme znotraj mišične in predvsem medmišične koordinacije. Mehanizmi v ozadju so torej enaki kot pri metodi maksimalnih mišičnih naprežanj, le da gre pri slednjih za dvigovanje velikih bremen, medtem ko so bremena pri mešanih metodah relativno majhna (od 35–50 % 1RM). Pri obeh metodah se breme

dviguje maksimalno hitro. Pomembna razlika je tudi ta, da se pri metodi maksimalnih mišičnih naprežanj večinoma (ne izključno) z eno-sklepnimi vajami vpliva na eno ciljno mišico, pri čemer pri premagovanju največjega bremena medmišična koordinacija ni prisotna. Pri mešanih metodah so mišice pri dvigu povezane v kinetično verigo in bistveno je prav njihovo usklajeno delovanje, da ima breme proti koncu dviga največjo hitrost. Kljub temu, da je bistvena predvsem hitrost bremena na koncu, se pri vsaki ponovitvi starta iz mirovanja kar se da eksplozivno. Na ta način se dobro izkoristi moč proksimalnih mišic, ki energijo pridobljeno v prvem delu giba, v drugem delu prenesejo na distalne mišice in s tem pomembno prispevajo h končni hitrosti.

Zaradi tega se pri mešanih metodah uporabljajo predvsem proste uteži, ročke in drog oziroma se izvajajo različni skoki in meti. Eksplozivnih koncentričnih ponovitev ni možno izvajati v napravah s škripci, ker zaradi velikih pospeškov, ki jih pri tem pridobi utež, lahko jeklenica pade iz kolesc (vodil). Prav tako je lahko težava pri izvajanju v nekaterih trenažerjih, kjer utež ali naprava v končnem položaju zaradi velike hitrosti nekam udari, s čimer se lahko poškoduje.

Priprava je enaka kot pri metodi maksimalnih mišičnih naprežanj: spočitost in motivacija, dobra ogretost, usmerjena pozornost in eksplozivna izvedba ponovitev.

Tipična metoda te skupine je metoda hitre moči. Velikost bremena je od 35–50 % 1RM, število ponovitev v seriji je pet do sedem, serij je tri do pet. Cikel traja pet minut. Bistveno je eksplozivno koncentrično mišično naprežanje. Ponovitve se tako kot pri metodi maksimalnih mišičnih naprežanj izvajajo ločeno.

V mikrociklu se metoda izvaja, ko je vadeči spočit, torej na začetku in po razbremenitvi znotraj mikrocikla. Prav tako se tekom ene vadbene enote vadba moči z mešano metodo izvaja na začetku, ko je športnik dobro ogret in še spočit. Ker gre za aktivacijsko metodo, ki vključuje športno specifična gibanja, se metoda v makrociklusu priprave športnika izvaja v drugem delu pripravljalnega obdobja ter v tekmovalnem obdobju za ohranjanje teh sposobnosti.

■ Reaktivne metode

Reaktivne metode se razlikujejo glede na način izvajanja ekscentrično koncentričnega naprežanja (tip nasprotno gibanje in poskok), posamične in povezane ponovitve ter uporabo dodatnih bremen. Ne glede na način izvajanja se vsaka ponovitev izvede maksimalno. V eni seriji se izvede pet do osem ponovitev. Cikel traja pet minut, kar pomeni, da so odmori dolgi. Na eni vadbeni enoti se naredi tri do pet serij. Skupno število maksimalno izvedenih naprežanj na eni vadbeni enoti je običajno 30 do 40 za isto kinetično verigo. Ekscentrično-koncentrične ponovitve predstavljajo zelo velike obremenitve, zato se običajno takšne vadbene enote izvaja dva-krat na teden.

Pri reaktivnih metodah se izvaja naslednje tipične vaje: globinski skok, poskoki, skok z nasprotnim gibanjem oziroma gibanja, ki imajo značilnosti prej opisanih vaj.

Globinski skok

Globinski skok je skok z določene višine s takojšnjim odzivom. Ob dotiku stopala s podlago je zaželeno, da vadeči doskoči na sprednji del stopala. Pri tem mora priti do optimalne ko-aktivacije v fazi pred-aktivacije, ki kontrolira začetno togost v gležnju. V fazi opore peta ne sme udariti ob podlago, trup mora ohraniti svojo stabilnost ter ostati vzravnani in napeti, pogled pa usmerjen naprej (ne

v podlago). Ob koncu odriava naj bo telo popolnoma iztegnjeno. Med skokom se izvede tudi zamah z rokami. Pristanek na koncu skoka naj bo izveden na sprednji del stopala in dušen. Navodilo za izvedbo skoka je: »Izvedi skok s čim krajšim kontaktnim časom.«

Poskoki

Poskoki so povezani skoki, ki so lahko izvedeni v vertikalni ali horizontalni smeri. Vertikalni poskoki so običajno izvedeni sonožno, horizontalni poskoki pa so običajno izvedeni enonožno (z noge na nogo ali po isti nogi). Vertikalni poskoki so v osnovi zelo podobni globinskemu skokom (položaj telesa, delo nog in rok). Začetno višino pri poskokih predstavlja višina odriava pri prejšnjem poskoku. Pri zadnjem poskoku je doskok izveden na sprednjem delu stopala. Za spreminjanje obremenitve se lahko uporabi teren z naklonom navzgor (zmanjšanje obremenitve), teren z naklonom navzdol (povečanje obremenitve) in dodatna bremena v obliki jopiča ali droga (povečanje obremenitve). Namesto naklonine se lahko uporabi stopnice.

Skok z nasprotnim gibanjem

Skok z nasprotnim gibanjem je skok, kjer pride do velike amplitude gibanja v kolenu in kolku. Skok se začne iz vzravnanе stoji, pogled je usmerjen naprej, roke pa so v ekstenziji. Sledi hitro spuščanje težišča telesa do kota 90 stopinj v kolenu in kolku ter posledično do hitre ekscentrične kontrakcije mišic nog. Temu takoj sledi odziv oziroma koncentrična kontrakcija. Ob koncu odriava naj bo telo popolnoma iztegnjeno. Med skokom se izvede tudi zamah z rokami. Doskok mora biti izveden na sprednjem delu stopala, brez da bi se peta dotaknila podlage.

■ Metode za povečanje vzdržljivosti v moči

V to skupino spadata ekstenzivna in intenzivna metoda za povečanje vzdržljivosti v moči.

Ekstenzivna metoda za povečanje vzdržljivosti v moči

Pri ekstenzivni metodi za povečanje vzdržljivosti v moči se uporabljajo tekoče koncentrične ponovitve. Ponovitve se izvaja do odpovedi. Breme je od 30 do 50 % 1RM, kar pomeni, da se naredi približno 30 ponovitev. Kriterij odpovedi je pomembnejši kriterij za določitev velikosti bremena od kriterija 30 do 50 % 1RM. Cikel traja dve minuti, kar pomeni, da je odmor med serijami kratek in traja 30 s. Na eni vadbeni enoti se naredi od tri do pet serij.

Intenzivna metoda za povečanje vzdržljivosti v moči

Pri intenzivni metodi za povečanje vzdržljivosti v moči se uporablja tekoče koncentrične ponovitve. Ponovitve se izvajajo do odpovedi. Breme je od 50 do 60 % 1RM oziroma takšno, da pride do odpovedi v 20 do 25 ponovitvah. Kriterij odpovedi je pomembnejši kriterij za določitev velikosti bremena od kriterija 50 do 60 % 1RM. Cikel traja dve minuti. Na eni vadbeni enoti se naredi od tri do pet serij.

■ Pregled metod za razvoj moči

Pregled vseh metod za razvoj moči in ustreznih naprežanj je prikazan v tabelah od 1 do 5. Tabela 1

Metode maksimalnih mišičnih naprežanj

Metoda	kvazimaksimalna naprežanja	maksimalna koncentrična naprežanja	maksimalna izometrična naprežanja	maksimalna ekscentrična naprežanja	maksimalna ekscentrično-koncentrična naprežanja
Naprežanje:					
Koncentrično	*	*			
Ekscentrično				*	
Izometrično			*		
Ekscentrično-koncentrično					*
Tempo:					
Eksplozivno	*	*	*	*	*
Breme (% 1RM)	90	100	100	130–150	70–90
Število ponovitev	3–6	1	2	5	6–8
Čas ponovitve (s)			4–6		
Število serij	3–5	3–5	3–5	3–5	3–5
Cikel (min)	5	5	5	5	5

Tabela 2

Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj

Metoda	standardna metoda 1	standardna metoda 2	bodybuilding ekstenzivna metoda	bodybuilding intenzivna metoda
Naprežanje:				
Koncentrično	*	*	*	*
Tempo:				
Tekoče	*	*	*	*
Breme (% 1RM)	80	70, 80, 85, 90	60–70	85–90
Število ponovitev	8–12	12, 10, 7, 5	15–18	5–8
Število serij	3–5	4	3–5	3–5
Cikel (min)	2	3	2	3

Tabela 3

Mešane metode

Metoda	hitra moč
Naprežanje:	
Koncentrično	*
Tempo:	
Eksplozivno	*
Breme (% 1RM)	35–50
Število ponovitev	5–7
Število serij	3–5
Cikel (min)	5

Tabela 4

Reaktivne metode

Metoda	poskoki	skoki	globinski skoki	poskoki z bremen
Naprežanje:				
Ekscentrično-koncentrično	*	*	*	*
Tempo:				
Eksplozivno	*	*	*	*
Breme (% 1RM)	brez	brez	brez	izmeri
Število ponovitev	6–12	6–10	6	6–8
Število serij	3	3	3–5	3
Cikel (min)	5	5	5	5

Tabela 5

Metode vzdržljivosti v moči

Metoda	ekstenzivna metoda	intenzivna metoda
Naprežanje:		
Koncentrično	*	*
Tempo:		
Tekoče	*	*
Breme (% 1RM)	30–50	50–60
Število ponovitev	30–60	20–30
Število serij	3–5	3–5
Cikel (min)	2	2

Tabela 6

Učinkovitost skupin metode za doseganje vadbenih ciljev

Vadbeni cilj	Metode maksimalnih mišičnih naprežanj	Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj	Mešane metode	Reaktivne metode	Metode vzdržljivosti v moči
Nivo aktivacije	***	*	**	**	
Medmišična aktivacija	**		***	***	
Togost pri ekscentrično-koncentričnih naprežanjih	*		*	***	
Mišična masa		***			
Vzdržljivost v moči					***

Legenda: Zvezdice predstavljajo moč metode za doseg cilja. Tri zvezdice pomenijo, da ima metoda največjo moč dosega cilja, ena zvezdica, da je moč majhna, brez pa pomeni, da metoda nima moči za doseg cilja.

Za lažjo uporabo metod za razvoj moči v sestavi treningov za športnike in druge populacije je učinkovitost skupine metod prikazana v Tabeli 6. Več zvezdic pomeni večjo učinkovitost za doseg vadbenega cilja.

Literatura

1. Fleck, S. J. in Kremer, W. J. (2004). *Designing Resistance Training Programs* (3rd ed.). Human Kinetics.
2. Richford, C. (1966). *Principles of successful bodybuilding*. Alliance, NE: Iron Man Industries.
3. Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y. in Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate va-

scular occlusion on muscular function in humans Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol*, 88, 2097–2106.

4. Weider, J. (1954). Cheating exercises build the biggest muscle. *Muscle Builder*, 3, 60–61.
5. Zatsiorsky, V. M. in Raitsin, L. M. (1974). Transfer of the results of training in strength exercises. *Theory and Practice of Physical Culture*, (6), 8–14.

doc. dr. Aleš Dolenc
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
ales.dolenc@fsp.uni-lj.si



Igor Štirn,
Aleš Dolenc, Vojko Strojnik

Skupne značilnosti posameznih skupin metod vadbe moči

Izvleček

Poznamo več skupin metod moči: metode maksimalnih mišičnih napreznj, metode ponovljenih sub-maksimalnih mišičnih napreznj, metode za izboljšanje vzdržljivosti v moči, mešane metode ter metode za razvoj reaktivnih sposobnosti. Vsaka skupina metod ima svoje značilnosti, ki izhajajo iz namena, ki je lahko izboljšanje živčnih ali mišičnih dejavnikov moči s ciljem povečanja največje moči, hitre moči ali vzdržljivosti v moči. Poleg priprave na vadbo, načina mišičnega napreznja, števila ponovitev in serij ter odmorov so za učinkovito izvajanje vadbe moči pomembni tudi načini izvajanja posameznih ponovitev in so iz tega razloga natančno opisani: tekoče, hitre in eksplozivne koncentrične, ekscentrične, ekscentrično-koncentrične in izometrične ponovitve. Poleg osnovnih značilnosti skupin metod je podana tudi njihova umestitev v mikro in makrociklus priprave športnika.

Ključne besede: vadba za moč, metode, ponovitve, mišično napreznje, ciklizacija.

Common characteristics of training methods for strength and power

Abstract

There are several methods of strength conditioning. They can be systemized regarding the goal they pursue: to gain muscle mass or improve neural drive to the muscle and therefore enhance muscle strength, power or muscle endurance performance. Beside preparation to training sessions, the type of muscle contraction, the number of repetitions and the number of series of repetitions and resting time between them, the way one repetition is executed is very important and therefore precisely defined and described. In addition, the position of the methods in a training micro and macro preparation cycle is defined.

Key words: vadba za moč, metode, ponovitve, mišično napreznje, ciklizacija.

■ Uvod

Vadbo moči lahko izvajamo na tri načine (Zatsiorsky in Kraemer, 2006): i) da dvigujemo maksimalna bremena in pri tem razvijamo največjo možno silo; ii) da dvigujemo submaksimalna (vendar še vedno dovolj velika) bremena do mišične odpovedi oziroma izčrpanosti, pri čemer mišice v zadnjih ponovitvah v stanju utrujenosti razvijajo največjo možno silo in iii) da dvigujemo (tudi skačemo, mečemo) submaksimalna bremena z največjo možno hitrostjo.

Skladno s tem poznamo metode za povečanje moči: i) metode maksimalnih mišičnih napreznj; ii) metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih napreznj in metode za izboljšanje vzdržljivosti v moči ter iii) mešane metode in metode za razvoj reaktivnih sposobnosti.

V nadaljevanju teksta so predstavljene skupne značilnosti skupin metod ter različni načini izvajanja posameznih ponovitev oziroma mišičnih napreznj v seriji, ki predstavljajo zelo pomemben del posameznih metod.

■ Načini izvajanja ponovitev v seriji

Različne metode vadbe moči imajo različen trenajni cilj in skladno s tem se razlikujejo tudi načini izvajanja posameznih ponovitev v seriji. Na primer, pri nekaterih ponovitvah želimo takojšnje aktivacijo največjega možnega števila ME in to v najkrajšem možnem času (hiter prirastek sile), pri drugih je glavni cilj izčrpanje mišice ipd. Iz tega razloga poznamo več načinov izvajanja ponovitev v seriji, ki so značilne oziroma primerne za posamezne metode. Pri vadbi za moč se uporabljajo tekoče, hitre in eksplozivne koncentrične, ekscentrične, ekscentrično-koncentrične in izometrične ponovitve.

Teško koncentrične ponovitve

Teško koncentrične ponovitve so ponovitve, kjer koncentričnemu mišičnemu napreznju takoj sledi ekscentrično in potem ponovno koncentrično mišično napreznje itd. Mišično napreznje je izvedeno teško, kar pomeni brez sunkovitega začetka ali konca gibanja. Koncentrično mišično napreznje traja približno

eno sekundo, ekscentrično naprežanje pa približno dve sekundi. Tekoče koncentrične ponovitve se običajno izvajajo do odpovedi (izčrpanosti) mišice. Izčrpanost mišice v tem primeru pomeni, da ni možno naredi še ene ponovitve s pravilno tehniko ali s celotno predpisano amplitudo giba. Predpisana amplituda giba v sklepu je omejena na amplitudo, ko mora biti agonistična mišica še napeta, da kontrolira položaj sklepa.

Hitre koncentrične ponovitve

Podobno kot tekoče ponovitve hitre koncentrične ponovitve še vedno izvajamo povezano, brez odlaganja uteži (bremena), vendar se pred koncentrično fazo zaustavimo in naredimo kratek premor. Premor izkoristimo za pripravo na koncentrični del ponovitve, v katerem se dodatno skoncentriramo, lahko pa tudi zadržimo dih in napnemo mišice ledvenega dela trupa (jedra), s čimer povečamo pritisk v trebušni votlini (McGill, 2010) in stabiliziramo trup. Sledi poudarjeno hiter oziroma eksploziven koncentrični del (po občutku naj bi ta eksplozivnost bila okrog 80 % največje), ki predstavlja bistvo hitrih ponovitev. Hitre koncentrične ponovitve je smiselno izvajati približno dva tedna, preden je mišica optimalno pripravljena na izvajanje eksplozivnih ponovitev, ki sledijo.

Eksplozivne koncentrične ponovitve

Pravilno in dosledno izvajanje eksplozivnih ponovitev predstavlja enega od ključnih dejavnikov za uspešno izvajanje MMMN in mešanih metod, saj omogočijo, da se optimalno izkoristijo mehanizmi mišične aktivacije (rekrutacija čim večjega števila ME, tudi največjih, ki se rekrutirajo najkasneje, frekvenčna modulacija in sinhronizacija). Največja posebnost eksplozivnih ponovitev je, da mora biti utež v startnem položaju podprta, kar vadečemu omogoča, da jo lahko koncentrično dvigne iz mirovanja. Pri tem je bistven čim večji razvoj sile na začetku, ki da uteži čim večji pospešek. Po koncentričnem dvigu in ekscentričnem spustu, se utež odloži v startni položaj, kar omogoča ponovni eksplozivni koncentrični dvig. Zaradi te posebnosti, da mora utež vadečega podprta čakati v startnem položaju, vsaka vaja ni primerna za eksplozivne ponovitve, zato jo je potrebno pravilno izbrati in jo prilagoditi.

Izvedba eksplozivnih ponovitev vsebuje naslednje faze:

- namestitve vadečega (vajo ustrezno pripravimo že prej),
- vdih, stabilizacija ledvenega dela trupa (ang. »bracing«),
- kontakt z utežjo,
- koncentracija,
- eksplozivno koncentrično mišično naprežanje,
- izvedba amplitude dviga do konca,
- izdih med izvedbo ali zadržan
- nadzorovano vračanje bremena v začetni položaj,
- odlaganje bremena in sprostitev.

Sledi nova ločena ponovitev. Po končani seriji ločenih ponovitev naredimo kratki razteg.

Izbor vaje in ustrezen začetni položaj sta ključna za učinkovito izvedbo eksplozivnih ponovitev. Dober primer vaje, ki omogoča eksplozivno koncentrično naprežanje, je potisk v vodoravni nožni preši. Vadeči si najprej pripravi napravo; sedalo na vodilih nastavi do želenega kota v kolenskem in kolčnem sklepu (na primer 110° v kolčnem in 90° v kolenskem sklepu). Uteži so podprte na skladovnici uteži in v začetnem položaju z nogami na navpični podlagi

nožne preše, vadeči ne občuti nobenega bremena. To mu omogoča eksplozivno mišično naprežanje iz mirovanja.

Enostavna je tudi nastavitev bremena pri potisku s prsi v vodilih, kjer s tehničnimi varovali nastavimo višino ročke in s tem določimo začetni kot v ramenih in komolcih. Pri škripcih si moramo včasih pomagati z verigo za podaljšanje jeklenice, da lahko vzamemo primeren startni položaj, poiskati moramo tudi dobro oporo za dele telesa, ki morajo biti med izvedbo podprti. Tipične vaje, kjer eksplozivna izvedba ni mogoča, so vaje z ročkami, kot na primer potisk s prsi z dvema ročkama, saj breme ni podprto in stabilno, kar onemogoča eksploziven začetek dviga. Podobno nestabilni pogoji so tudi pri večini vaj z uporabo traku (TRX). Pogojno zadovoljivi pogoji za izvedbo eksplozivnega naprežanja so počepi v Smithovi kletki, kjer ročka z utežmi na ustrezni višini leži na stranskih prečnih varovalih. Čeprav varovala podpirajo breme morajo mišice, ki bodo aktivne pri dvigu še vedno nositi lastno telesno težo, torej popolna sprostitev na začetku ni možna.

Zbran in potenciran se vadeči namesti v (že prej nastavljen) začetni položaj in usmeri svojo pozornost na dvig. Nato z aktivacijo trebušne prepone izvede nekoliko povečan vdih in ga zadrži ter hkrati napne mišice trebušne stene, s čimer poveča abdominalni pritisk, kar prispeva k varnosti in učinkovitosti dviga. Sledi rahel kontakt z bremenom, ki prepreči, da bi ob silovitem začetku dviga prišlo do udarca med delom telesa in bremenom ali do sunkovitega napenjanja razbremenjene jeklenice. Sledi najpomembnejši del ponovitve – koncentracija in eksplozivno koncentrično mišično naprežanje. Čeprav skoncentriran na začetni del dviga, vadeči čim hitreje izvede dvig skozi celotno amplitudo. Sledi počasen in kontroliran spust, ter odlaganje bremena v začetni položaj. Vadeči si lahko vzame nekaj sekund premora, nato se protokol ponovi – usmerjena pozornost, vdih in stabilizacija trupa, prednapetost oziroma kontakt z bremenom in eksplozivno naprežanje, odlaganje bremena.

Po končani seriji ločenih ponovitev vadeči izvede kratek razteg aktivnih mišic. Razteg traja 3–4 sekunde in je namenjen poravnavi ekstrafuzalnih in intrafuzalnih mišičnih vlaken, kar povzroči zmanjšanje pokontraktijskega senzornega odziva oziroma zmanjšanje vzdraženosti živčnega sistema, s čimer je počitek med serijami bolj učinkovit. Neposredno pred začetkom nove serije dvigov vzdraženost spet dvignemo s postopkom mišične potenciacije.

Ekscetrične ponovitve

Velikost bremena pri ekscetričnih ponovitvah je 130–150 % 1RM, torej večja, kot jo vadeči lahko dvigne, zato potrebuje pomoč pri dvigu bremena v začetni položaj. Pri enonožni (enoročni) izvedbi si vadeči pri dviganju bremena v začetni položaj pomaga z obema nogama (rokama), torej ponovitve lahko izvaja sam, sicer pa potrebuje enega, ali v primerih zelo velikih bremen, dva pomočnika. V končnem položaju mora biti breme nujno zavarovano na način, da se samo zaustavi, sicer vadečega lahko poškoduje.

V kolikor vadečemu pri dvigu bremena v začetni položaj pomaga en ali dva pomočnika, mora biti med njimi vzpostavljena dobra komunikacija. Najprej se vadeči pripravi na dvig in pomočniku signalizira, ko je pripravljen. Pomočnik (ali v primeru dviga olimpijske ročke dva, z vsake strani en) mu nato pomaga in mu s kratkim odštevanjem (»tri, štiri, spuščam«) signalizira, kdaj mu bo breme v celoti prepustil in bo le ta začel z ekscetričnim mišičnim naprežanjem. Zaradi teže bremen, ki se uporabljajo pri tej metodi, je pomaganje pri dvigu bremena lahko tvegano oziroma nevarno tudi za nepripravljenega ali nevesčega pomočnika.

Sledi maksimalno, vendar nadzorovano ekscentrično mišično naprežanje, ki naj bi trajalo okrog dve sekundi. Kriterij dveh sekund določa, da naj bo breme tako veliko, da ga vadeči lahko skozi celoten obseg giba nadzorovano spusti v dveh sekundah. Če breme spusti nenadzorovano, tako da v manj kot dveh sekundah prileti v končno pozicijo, je le to pretežno. Po drugi strani je breme, ki ga lahko nadzorovano brez največjih naporov v končni položaj spušča dlje kot dve sekundi, prelahko.

Potem, ko je ekscentrično naprežanje končano, vadeči in pomočniki usklajeno dvignejo breme v začetni položaj, nato se postopek lahko ponovi.

Ekscentrično-koncentrične ponovitve

Ekscentrično-koncentrična ponovitev je ponovitev, kjer ekscentričnemu naprežanju takoj (brez odmora ali sprostitev mišic) sledi koncentrično. Izvedeno je lahko na način, da izkorišča elastično energijo pridobljeno pri ekscentričnem naprežanju (skok z nasprotnim gibanjem) ali pa na način, da poleg elastične energije izkorišča še refleksno aktivacijo tekom koncentričnega naprežanja (globinski skoki in poskoki). Oba načina sta lahko izvedena kot ločene ponovitve ali kot povezane ponovitve. Poskoki in povezani kratki zibi ali zasuki so tipični primeri povezanih ponovitev. Ne glede na tip skokov ali poskokov morajo le-ti biti izvedeni maksimalno.

Izometrične ponovitve

Glavna značilnost izometričnih ponovitev je, da se mišično naprežanje izvaja proti nepremagljivemu uporu. Naraščanje sile od začetka pri izometričnem mišičnem naprežanju je lahko postopno ali pa eksplozivno, na koncu pa naj vadeči vedno razvije največjo silo. Trajanje ene ponovitve je 4–6 sekund. Prednost izometričnih ponovitev je, da ne pride do gibanja v sklepkih, zaradi česar so lahko primerne za nekatere poškodovane vadeče. Omejitveni dejavnik pri izometričnih ponovitvah je, da je izboljšanje mišične funkcije omejeno na kot v sklepu, pri katerem se naprežanja oziroma vadba izvaja.

■ Skupne značilnosti posameznih skupin metod vadbe za moč

Metode maksimalnih mišičnih naprežanj

Metode maksimalnih mišičnih naprežanj (MMM) so namenjene povečanju maksimalne in hitre moči (Moss idr., 1997; Cormie, McGuigan in Newton, 2011). Gre za kratkotrajna eksplozivna maksimalna mišična naprežanja, s katerimi vplivamo predvsem na živčne dejavnike moči, ki jih predstavljajo mehanizmi znotraj-mišične aktivacije: rekrutacija in sinhronizacija motoričnih enot ter frekvenčna modulacija. Rezultat je zvišan nivo aktivacije mišice, medtem ko večjih hipertrofičnih učinkov ni. Nekatere metode (metoda največjih ekscentrično-koncentričnih naprežanj) vplivajo tudi na izboljšanje medmišične koordinacije. Glavna značilnost metod so velika bremena, ki znašajo od 90 % do 150 % največjega bremena in eksplozivni način izvajanja posameznih ponovitev. Vadba po MMMN je zelo intenzivna; aktivira največje možno število motoričnih enot, akcijski potenciali se prožijo z največjimi možnimi frekvencami, zato zahteva spočitost, dobro ogretost in mentalno pripravo vadečega ter dolge (5 min) odmore med serijami.

Tekom mikrociklusa se MMMN izvajajo v tistih vadbenih enotah, ko je športnik najbolj spočit, torej na začetku in potem spet po razbremenitvi, ki jo lahko predstavlja pasivni ali aktivni odmor oziroma regeneracijsko usmerjena vadbeni enota. Tudi tekom ene vadbene enote je vadbo moči po MMMN smiselno izvajati na začetku, ko je športnik spočit. V makrociklusu MMMN nastopijo v drugem delu pripravljalnega obdobja, po uvodnem delu in obdobju vadbe namenjenem pridobivanju mišične mase. V tekmovalnem obdobju se MMMN uporabljajo za ohranjanje nivoja mišične aktivacije. V obdobju tempiranja forme je smiselno MMMN izvajati dvakrat tedensko, trening po metodi MMN športniki izvajajo tudi še samo dan ali dva pred tekmovanjem, s čimer izkoriščajo učinek mišične potenciacije (Hartmann, 2015).

Pri MMMN se izvajajo eksplozivne ponovitve, kar predstavlja zelo intenzivna mišična naprežanja, zato je potrebna dobra ogretost. Ogrevanje vpliva na biološke in mehanske lastnosti tkiv ter zmanjša verjetnost poškodb (Bennett, 1985; Huang, Wang, Flatow in Mow, 2009). Poleg splošnega ogrevanja vadeči lahko izvede tudi specialno ogrevanje, tako da pri izbrani vaji pred eksplozivnimi izvede nekaj tekočih koncentričnih ponovitev, ki so sicer značilne za metode submaksimalnih mišičnih naprežanj.

Odmori med serijami pri MMMN so dolgi 4–5 minut. Vadbeno enoto lahko organiziramo na način, da določimo odmor, ki je potreben po posamezni seriji, ali pa ciklus. Ciklus predstavlja čas, ki ga vadeči porabi za izvedbo vaje in odmor skupaj. Pri prvem načinu lahko bolj natančno kontroliramo odmor, pri drugem načinu pa je lažje časovno organizirati vadbo, kar je pomembno predvsem, kadar organiziramo vadbo za več vadečih, torej na več vadbenih postajah hkrati. Na ta način je možno lažje kontrolirati vadeče ter časovno uskladiti menjave med vadbenimi postajami.

Zaradi dolgih odmorov izvedba petih serij ene vaje traja 25 minut, kar je časovno zelo potratno. Zato v praksi pri MMMN vaje pogosto organiziramo v pare, kjer sta ciljni mišici lokacijsko ločeni; npr. ena mišica spodnjega in druga zgornjega dela telesa). Vadeči najprej izvede prvo serijo ponovitev ene vaje in nato po približno dveh minutah prvo serijo druge vaje. Ko mine predviden odmor od konca serije prve vaje, začne ponovno serijo te vaje itn. Na ta način ima posamezna mišica predviden odmor, hkrati pa v istem času opravimo vadbo za dve mišici. Najbolj tipična je tako organizirana vadba za dva para najbolj pomembnih vaj oziroma ključnih mišic, ki v primeru izvajanja petih serij brez ogrevanja traja od 50 minut do ene ure.

Z MMMN želimo vplivati na živčne dejavnike moči, zato sta za učinkovito izvajanje ponovitev pomembna mentalni pristop in mišična potenciacija. Vadeči mora biti spočit in motiviran za vadbo, pred izvedbo se mora zbrati in usmeriti pozornost na vsak posamezen dvig. Tik pred začetkom izvajanja ponovitev mora vadeči izvesti postopek mišične potenciacije, s katero doseže začasno izboljšanje mišične funkcije; najboljši učinki se dosežejo s kratkimi maksimalnimi izometričnimi naprežanji, intenzivnimi ekscentrično-koncentričnimi naprežanji ali pa kar s kombinacijo obeh – npr. poskoki s hkratnim izometričnim naprežanjem mišic zgornjega dela telesa (Seitz in Haff, 2016).

Po opravljeni seriji maksimalno intenzivnih ponovitev je potrebno vzdraženost živčnega sistema oziroma mišice spet znižati, kar omogoča bolj učinkovit odmor. Zato mora vadeči po vsaki seriji ponovitev narediti kratki razteg. To je kratek 3–4 sekunde trajajoč razteg, ki je namenjen poravnavi ekstra in intrafuzalnih mišičnih vlaken, kar povzroči zmanjšanje po-kontrakcijskega senzornega

odziva oziroma zmanjšanje vzdraženosti živčnega sistema. Pred izvedbo naslednje serije ponovitev se vzdraženost spet poveča s postopkom mentalne priprave in mišične potenciacije.

Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih napreznj

Namen metod ponovljenih submaksimalnih mišičnih napreznj je povečanje mišične mase, posledično pa se izboljša še maksimalna moč in vzdržljivost v moči. Za rast mišice je pomemben sistemski odziv telesa. Tega se zagotovi tako, da se aktivira dovolj veliko količino mišične mase. V aktivni mišični masi je potrebno povzročiti ustrezne mikropoškodbe (cepljenje Z linij), ki se jih povzroči s kombinacijo znotrajmišičnega pritiska in zunanje mehanske obremenitve. Znotrajmišični pritisk se zagotovi preko ustreznega števila ponovitev in srednje dolgega odmora. Običajno se naredi od 7 do 18 ponovitev. Uporablja se tekoče koncentrične ponovitve. To pomeni, da med izvajanjem ponovitev ne prihaja do hitrih pospeševanj ali zaustavljanj, med menjavami koncentričnega in ekscentričnega mišičnega napreznja pa se takoj preide iz ene v drugo napreznje (ni daljšega zaustavljanja). Število ponovitev zagotovi delovanje mišice v časovnem intervalu, ko je najbolj aktiven anaerobni laktatni energijski sistem. Le ta pri proizvodnji ATP-ja proizvede tudi stranske produkte, ki na sebe vežejo vodo. Zaradi tega se volumen vode v mišici poveča, posledično pa se poveča tudi znotrajmišični pritisk. Temu je bila že od začetka dodana zunanja mehanska obremenitev preko zunanjega bremena. Breme mora predstavljati vsaj 60 % 1RM, da je zagotovljena dovolj velika sila, za povzročitev zaželenih mikropoškodb v mišici. Običajno se uporablja bremena vse do 95 % 1RM. Ustrezno breme je tisto, ki omogoči, da pride do odpovedi mišice v zadanem številu ponovitev, kar pomeni, da ni možno narediti še ene ponovitve. Za izvajanje tekočih koncentričnih ponovitev do odpovedi je pomembno, da ima mišica na voljo dovolj glikogena, ki ga uporablja kot dominantni vir energije. To pomeni, da metode submaksimalnih mišičnih napreznj ne moremo uporabiti po dolgotrajni vadbi, kjer je že prišlo do veliko porabe ali celo izčrpanja glikogena. Zaradi specifičnih mikropoškodb v mišici in izčrpanja glikogena taka mišica približno dva do tri dni ni sposobna premagovati velikih obremenitev, zato se z metode submaksimalnih mišičnih napreznja mišico običajno obremeni dvakrat na teden.

MPSN so učinkovite v kolikor mišico tekom vadbene enote popolnoma izčrpamo. Zato takšne vadbe ni možno izvajati pred drugimi vsebinskimi enotami vadbe, npr. pred vadbo tehnike, ampak na koncu vadbe oziroma kot samostojno vadbena enota. V makrociklusu naj bi vadba po MPSN zasedala prvi del pripravljalnega obdobja, v idealnih časovnih pogojih do 12 tednov. Po načelih MPSP se izvaja tudi uvodna vadba pred tem (1–3 tedne), namenjena anatomski adaptaciji mišično tetivnega kompleksa na obremenitve značilne za vadbo za moč.

Mešane metode

Značilnost mešanih metod (MM) je izvajanje kratkotrajnih eksplozivnih mišičnih napreznj s sub-maksimalnimi bremenami (35 %–50 %), sem spadajo tudi balistična gibanja. Pri posamezni ponovitvi želi vadeči ustvariti čim večjo mehansko moč, ki je produkt hitrosti gibanja bremena in sile, ki jo mišica pri tej hitrosti lahko razvije. Bremena so relativno lahka, kar omogoča hitro izvedbo posameznih ponovitev in rezultira v izboljšanju hitre moči in povečanju nivoja aktivacije mišice. MM vključujejo večsklepna gibanja, kjer

je več mišic povezanih v kinetično verigo, kar povzroči izboljšanje medmišične koordinacije. Enako kot pri MMMN je za izvajanje MM potrebna spočitost vadečega in usmerjena pozornost pri izvajanju maksimalno hitrih (eksplozivnih) koncentričnih ponovitev. Vaje, ki jih izbiramo pri MM, so športno specifične, torej podobne športnikovemu osnovnemu gibanju.

Enako kot MMMN želimo z MM vplivati na izboljšanje mišične aktivacije, zato za umeščanje MM znotraj ene vadbene enote, mikrociklusa in makrociklusa veljajo enaka načela kot za MMMN.

Metode za razvoj reaktivne sposobnosti

Glavni učinek metod za razvoj reaktivne sposobnosti (MRS), ki jih imenujemo tudi pliometrična vadba, je izboljšanje živčnega delovanja pri ekscentrično-koncentričnih mišičnih napreznjih in rezultira v izboljšani refleksni aktivaciji mišice oziroma povečani mišični togosti, katerih končna posledica je izboljšano koncentrično mišično napreznje in s tem večja mišična sila ali hitrost krajšanja. Gre za gibanja tipa nasprotno gibanje in poskok. Za učinkovito pliometrično vadbo je potrebna dobra predpriprava, in sicer močne agonistične in podporne mišice. Pri poskokih so zunanje sile na mišično skeletni sistem zelo velike, zato MRS poleg dobre predpriprave zahtevajo tudi spočitost in mentalno pripravljenost vadečega.

Reaktivne metode enako kot MMMN in MM predstavljajo metode za izboljšanje mišične aktivacije in se znotraj ene vadbene enote mikrociklusa in makrociklusa umeščajo takrat, ko je športnik spočit, in se v večji meri izvajajo v drugem delu pripravljalnega obdobja, ko športnika spravljamo v formo praviloma za MMMN in MM, in v samem tekmovalnem obdobju, ko želimo le to ohraniti. Učinek mišične potenciacije po pliometrični vadbi traja od 48 do 148 ur. To vrsto vadbe je mogoče izvajati isti dan kot druge metode moči, če je vmes vsaj tri ure odmora (Hartman idr., 2015).

Metode za izboljšanje vzdržljivosti v moči

Metode vzdržljivosti v moči imajo za cilj povečati vzdržljivost strateško pomembnih mišic za tekmovalno tehniko. Gre za izboljšanje delovanja mišice v anaerobnih laktatnih pogojih, zato se vzdržljivost v moči ne sme enačiti z vzdržljivostjo pri dolgotrajnih aktivnostih, kjer je pomembno delovanje mišice v aerobnih pogojih. Pri vadbi vzdržljivosti v moči se poskuša mišico pripeljati do odpovedi oz. izčrpanosti, pri tem pa ne sme priti do mikropoškodb, ki bi stimulirale rast mišice. Odpoved mišice se povzroči z velikim številom ponovitev (20 do 30 ponovitev) in relativno majhnim bremenom (30 do 60 % 1RM). Uporablja se tekoče koncentrične ponovitve (povezane ponovitve) v tempu ena sekunda koncentrično napreznje in dve sekundi ekscentrično napreznje. Veliko število ponovitev zagotovi, da je čas aktivnosti mišice od 60 do 75 s, kar spada v področje, ko je najbolj aktiven anaerobni laktatni energijski sistem. Anaerobni laktatni energijski sistem pri proizvodnji ATP-ja proizvede tudi stranske produkte, ki se kopičijo v mišici in povzročijo izboljšanje delovanja puferskih sistemov v mišici in adaptacijo mišice na delovanje v zelo kislem okolju. Breme od 30 do 60 % 1RM omogoča, da se mišico pripelje do odpovedi v zaželenem času, hkrati pa za mišico ne predstavlja dovolj velike mehanske obremenitve, ki bi lahko povzročila mišično rast. Če bi bilo breme manjše od 25 % 1RM, bi bilo potrebno za doseg odpovedi delovanja mišice 50 in več ponovitev, kar pa bi povzročilo, da bi mišica delovala bolj v aerobnem območju in posledično ne

bi prišlo do zaželenih sprememb v mišici (Zatsiorsky in Kraemer, 2006).

Vadba po MVM se običajno izvaja na koncu vadbene enote kot nadaljevanje intenzivnega intervalnega treninga. V makrociklusu se MVM izvajajo neposredno pred tekmovalnim obdobjem (običajno 6–8 tednov, dvakrat tedensko), v tekmovalnem obdobju pa za ohranjanje.

■ Literatura

1. Bennett, A.F. (1985). Temperature and muscle. *Journal of experimental Biology*, 115, 333–44.
2. Cormie, P., McGuigan, M.R. in Newton, R.U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–46.
3. de Salles, B.F., Simão, R., Miranda, F., Novaes J., da S., Lemos, A. in Willardson, J.M. (2009). Rest interval between sets in strength training. *Sports Medicine*, 39(9), 765–77.
4. Hartmann, H., Wirth, K., Keiner, M., Mickel, C., Sander, A. in Szilvas, E. (2015). Short-term Periodization Models: Effects on Strength and Speed-strength Performance. *Sports Medicine*, 45(10), 1373–86.
5. Huang, C.Y., Wang, V.M., Flatow, E.L. in Mow, van C. (2009). Temperature-dependent viscoelastic properties of the human supraspinatus tendon. *Journal of Biomechanics*, 11, 42(4), 546–549.
6. McGill, S. (2010) Core Training: Evidence Translating to Better Performance and Injury Prevention. *Strength and Conditioning Journal*, 32 (3), 33–46.
7. Moss, B.M., Refsnes, P.E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K. in Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load±power and load±velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 193–199.
8. Nordin, M. in Frankel, V. H. (2001). *Basic Biomechanics of The Musculoskeletal System (third edition)*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
9. Seitz, L.B. in Haff, G.G. (2016). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231–40.
10. Zatsiorsky, V.M. in Kraemer, W.J. (2006) *Science and Practice of Strength Training (2nd Ed)*. Champaign, IL: Human Kinetics.

izr. prof. dr. Igor Štirn
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
igor.stirn@fsp.uni-lj.si



Anton Ušaj¹,
Sepe A.², Serša I.²

Razlike v trajanju dinamičnega krčenja mišic z uporabo dveh intervalov krčenja in sproščanja

Differences in duration of dynamic contractions influenced by two contraction and relaxation intervals

Izvleček

Cilj naloge je bil ugotoviti morebitne razlike med dvema različnima krčenjema: enim z izmenjujočima se enosekundnim intervalom (1 : 1) ter drugega, z dvosekundnim intervalom krčenja in sprostitve (2 : 2), če mišice podlakti obremenimo z 15 kp. V ta namen sta dve skupini: 6 in 11 preiskovancev opravili stiskanje gumijastega obroča v zapestju do utrujenosti, in sicer s krčenjema 1 : 1 in 2 : 2. Mišična presnova je bila merjena z MRS (magnetna resonančna spektroskopija) in NIRS (bližnja infrardeča spektroskopija). Merjene so bile vsebnosti kreatin fosfata (CrP) in kazalci oksigenacije v mišici. Izračunane so fluktuacije oksigenacijskih kazalcev. Rezultati ne kažejo razlik v trajanju obeh krčenj, čeprav kaže krčenje 1 : 1 izrazito tendenco krajšega trajanja (337 ± 249 s) v primerjavi z 2 : 2 (578 ± 271 s). Tudi kazalci presnove ne razlikujejo obeh vrst krčenj. Toda fluktuacije oksigeniranega hemoglobina (O_2Hb), pri 1 : 1 in pri 2 : 2 kažejo jasno tendenco po večjih vrednostih pri krčenjih 2 : 2. Mogoče je zaključiti, da sta si krčenja 1 : 1 in 2 : 2 dokaj podobni. Toda jasna tendenca po bolj izraženih fluktuacijah oksigeniranega hemoglobina pri krčenjih 2 : 2 nakazuje, da mišica poskuša privzeti več kisika, ki ji ga omogoča daljši interval sprostitve. Pri tem kaže tendenco po podaljšanju trajanja krčenja do utrujenosti.

Gljučne besede: vzdržljivost v moči, MRS, NIRS, dinamično krčenje, mišice podlahti.

Abstract

Possible differences between two dynamic contractions to fatigue: the one sec and 15 kp contraction followed by one sec relaxation intervals (1:1) and two sec 15 kp contraction followed by two sec relaxation (2:2) were studied. Two groups of 6 and 11 subjects performed 1:1 and 2:2 exercises of squeezing of rubber ring, to fatigue. Muscle metabolism was estimated by MRS (magnetic resonance spectroscopy) and NIRS (near infrared spectroscopy). Creatin phosphate (CrP) and parameters of muscle oxygenation were measured. Fluctuation characteristics of oxygenation parameters were calculated. Results shows that used exercises 1:1 (337 ± 249 s) and 2:2 (578 ± 271 s) were not different in their duration in spite of a clear tendency that 2:2 became longer. In according to these results also metabolic parameters weren't different. However, fluctuations of oxygenated hemoglobin (O_2Hb) at 1:1 and at 2:2 has shown a clear tendency for larger fluctuations of muscle oxygenation in 2:2. It may be concluded that muscle tried to enhance its oxygen consumption during larger (2 s) relaxation. The possible effect of this phenomenon may be tendency for enhancement of exercise duration.

Key words: strength endurance, NMR, NIRS, dynamic contraction, forearm muscles.

Uvod

Sila zavestnega krčenja neke mišice je največja tedaj, ko je začetna dolžina te mišice tolikšna, da omogoča največje število sklopov med aktinskimi in miozinskimi vlakni v časovni enoti. Takšno krče-

nje je izometrično in lahko traja le kratek čas. Če želimo trajanje izometričnega krčenja podaljšati, potem moramo nujno znižati silo krčenja. Njuna odvisnost se spreminja po hiperboli, katere asimptota pomeni vsaj teoretično tisto silo, pri kateri bi bilo trajanje neskončno. Trajanje se podaljša predvsem zaradi tega, ker se ob znižanju tlaka v mišici povečata pretok in perfuzija s krvjo. Pri tem se poveča tudi oksigenacija mišice (Ušaj, 2002). Podoben učinek, toda pri enaki sili izometričnega krčenja, ima tudi vadba

¹Laboratorij za biodinamiko, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani,
²Laboratorij za slikanje z magnetno resonance, Odsek za fiziko trdne snovi, Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana.

vdržljivosti v moči pri 30–40 % največjega izometričnega krčenja (Ušaj, 2001).

Nekoliko drugačno je dinamično krčenje mišice, za katerega velja podobna odvisnost s trajanjem. Najpomembnejša razlika v primerjavi z izometričnim krčenjem je v trajanju takšnega krčenja pri enaki sili. Dinamično krčenje lahko traja dlje časa. Kako velika razlika bo v trajanju obeh krčenj, je odvisno od več dejavnikov. Pomemben dejavnik predstavljata interval krčenja in interval sproščanja mišice. Medtem ko je mišica v interval krčenja, se v njeni notranjosti poveča tlak, ki povzroči zmanjšanje odprtega števila kapilar (razporeditev perfuzije v mišici). Poveča se upor krvi skozi mišico, zato se posledično znižata perfuzija in pretok krvi (van Beekvelt idr., 2001). Mišica postane bolj zaprt sistem. V interval sprostitve pa se prej povečan tlak zniža, zmanjša se upor krvi skozi mišico, poveča pretok in mišica postane bolj odprt sistem. S primerjanjem izometričnega krčenja z dinamičnim, pri katerem sta interval krčenja in sproščanja znašala po 1 sekundo (1 : 1), smo ugotovili, da se krčenje pri dinamičnem krčenju podaljša ob povečanju oksigenacije v mišici (Ušaj A., neobjavljeno). Še večja razlika pa je nastala, ko je neprekinjeno visenje na lednih cepinih pri alpinistih zamenjala intervalna obremenitev, pri kateri sta se visenje in odmor izmenjevala v 30 sekundnih intervalih. Tudi pri tem poskusu se je povečala oksigenacija mišice (Ušaj idr., 2007).

Frekvenca, s katero se izmenjujeta interval krčenja in sprostitve, pomembno učinkuje tudi na presnovo mišice. Vlogi presnove iz aerobnega in anaerobnega vira se izmenjujeta tako, da je med intervalom krčenja bolj poudarjen anaerobni, v odmoru pa aerobni, tudi odvisno od tega, kako dolga sta oba intervala (Hamann idr., 2003). Ker je najrazličnejših kombinacij, pri katerih je smiselno opazovati tovrstne pojave veliko, nas je zanimalo predvsem dogajanje med kratkotrajnimi intervali ene in dveh sekund. Poskušamo namreč opazovati, kdaj in zakaj postane zmogljivost krčenja v zapestju različna (dalja ali krajša), če spreminjamo interval krčenj in sproščanj, njuno razmerje pa ostane enako. Zato predvidevamo, da se bo pri nekaterih kombinacijah dinamičnega krčenja pojav podaljšanja krčenja zopet zgodil. Ne vemo pa, pri kateri kombinaciji krčenj in sproščanj se bo to zgodilo, niti ali bi enak mehanizem (povečanje perfuzijske distribucije krvi v mišici) povzročil razlike.

Torej je bil glavni cilj naloge ugotoviti morebitne razlike med dvema dinamičnima krčenjema do utrujenosti. Zanimalo nas je, ali bi bilo mogoče morebitne razlike v trajanju tega krčenja razložiti z opazovanjem energijskih procesov in oksigenacije v obremenjenih mišicah.

Metode

V preiskavah sta sodelovali dve skupini zdravih preiskovancev, ki so prostovoljno pristali na sodelovanje pri poskusu. Njihova starost: 22 ± 2 leti in 24 ± 3 leta, ter telesna masa (TM) 67 ± 5 kg in 68 ± 6 kg se nista razlikovali med skupinama. Nihče med preiskovanci se ni načrtno ukvarjal z vadbo, posebej ne z vadbo moči rok, kljub temu da so bili fizično dejavni.

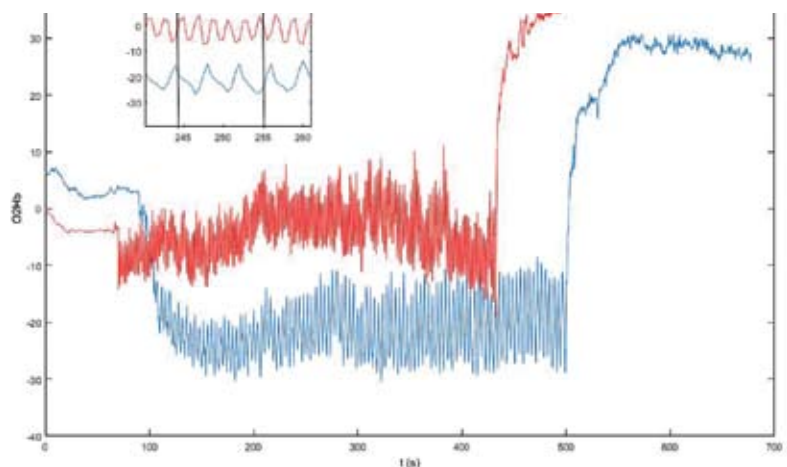
Obe skupini sta opravili nalogo stiskanje gumijastega obroča do utrujenosti s silo 15 kp. Skupina "1 : 1" je opravljala interval krčenje in sproščanja tako,

da je bila mišica 1 s skrčena, eno sekundo pa sproščena. Skupina "2 : 2" pa je enako nalogo opravljala z izmenjavo 2 s intervalov krčenja in sproščanja mišice. Ritem krčenja in sproščanja je narekoval metronom. Vsak preiskovanec je nalogo opravljal dvakrat: enkrat z meritvijo MRS in enkrat z meritvijo NIRS. Vmes je bil nekajdnevni presledek. Vrsten red meritev je bil naključen. Pri analizi smo uporabili daljši čas krčenja izmed obeh nalog.

Magnetna resonančna spektroskopija (MRS). V superprevodnem magnetu se spini feromagnetnih atomov uredijo. Lahko pa jih zmotimo s specifičnimi radijskimi frekvencami za zelo kratek čas in opazujemo značilnosti vračanja v prvoten spin. Izračunani spekter je nadalje uporabljen za izračunavanje vsebnosti nekaterih tipičnih substratov in produktov v energijskih procesih. Opazovali smo fosforjev (P) spekter. V njem je mogoče opazovati spremembe CrP, Pi in pH mišice (McCully idr., 1991). Izmerjenim vrednostim smo sledili v 1 min intervalih. Podroben opis tehnologije MRS je navedene drugje (McCully idr., 1991).

Bližnje infrardeča spektroskopija (NIRS). Princip delovanja NIRS temelji na različni absorpciji svetlobe, ki osvetli oksigeniran ali deoksigeniran hemoglobin. Pri tem je uporabljena laserska svetloba s točno določenima valovnima dolžinama: 760 in 840 nm, s katero je bila osvetljena mišica, v prostoru približno 3 cm³ in do približne globine 3–4 cm. Ko svetloba prodre v notranjost mišice se en del absorbira, del pa se zazna na senzorju, ki se nahaja 4 cm od vira svetlobe. Po prilagojenem Beer-Lambertovem zakonu se izračuna spremembe v oksigeniranem hemoglobin (O₂Hb), deoksigeniranem hemoglobin (HHb) in spremembe v prostornini krvi v mišici (tHb). Spremembam smo sledili s frekvenco 2 Hz. Podrobnejši opis tehnologije je opisan drugje (Ferrari idr., 2004, Kalliokoski idr., 2006).

Pri opazovanju dinamičnega krčenja opazimo fluktuacije kazalcev, ki jih povzroča izmenjava med krčenjem in sproščanjem mišice (Slika 1). Z računanjem razlike med najvišjo in najnižjo vrednostjo v vsakem ciklu krčenja in sproščanja mišice (diff) pri O₂Hb, HHb in tHb smo v intervalih po prvi, drugi, tretji in četrti minuti ter ob koncu naloge opazovali morebitne spremembe v omenjenih razlikah ter morebitne razlike med obema krčenjema 1 : 1 in 2 : 2. Pri tem smo uporabili MatlabR2015b (Mathworks, ZDA).

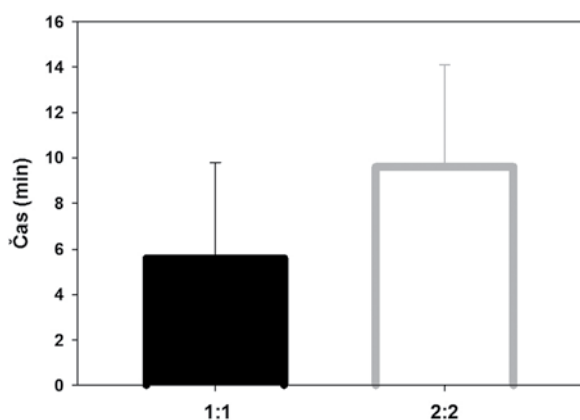


Slika 1. Časovni potek sprememb relativnih vrednosti oksigeniranega hemoglobina (O₂Hb) med 1 : 1 (rdeča črta) in 2 : 2 (modra črta). V manjšem grafikonu je opaziti razliko med obema krčenjema v povečanem merilu. Fluktuacije (diff O₂Hb) so izračunane kot razlike med vrhovi in najnižjimi vrednostmi posameznega cikla krčenja in sproščanja.

Razlike med obema krčenjema so izračunane s primerjavo povprečnih vrednostih v 1 min intervalih, in sicer po 1., 2., 3., in 4. min ter ob koncu naloge, ko se je pojavila utrujenost. Za primerjavo smo uporabili analizo variance za ponovljene vzorce z dvema faktorjema: različnima načinoma krčenja (1 : 1 in 2 : 2) ter opazovanim intervalom. Posebej smo še uporabili primerjave vrednosti med obema vzorcema s pomočjo t-testa. V ta namen je bil uporabljen SigmaPlot11 (SigmaStat, ZDA). Kot mejno vrednost statistične značilnosti smo upoštevali $p = 0.05$.

Rezultati

Trajanje mišičnega krčenja 1 : 1 je znašalo 337 ± 249 s, trajanje krčenja 2 : 2 pa 578 ± 271 s (Slika 2). Kljub temu da se kaže jasna tendenca, da je bilo krčenje 2 : 2 daljše, pa razlike niso bile dovolj velike, da bi postale statistično pomembne ($p = 0.11$).



Slika 2. Razlike med krčenjema 1:1 in 2:2 nista statistično značilni, čeprav je tendenca razlik med njima izražena.

CrP se pri obeh načinih krčenja spreminja zelo podobno. Tako ni opaziti razlik med obema načinoma krčenja (Slika 3).

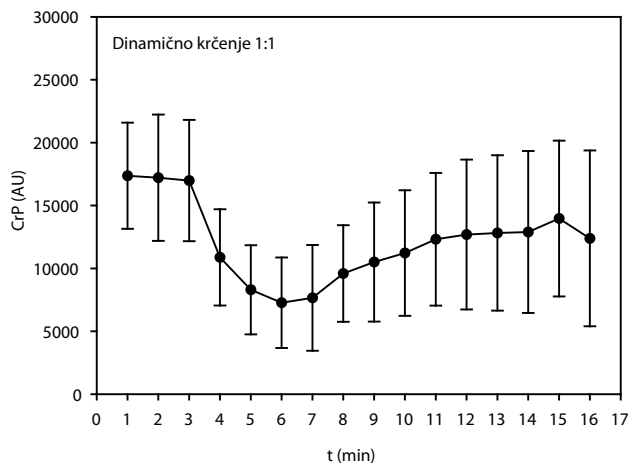
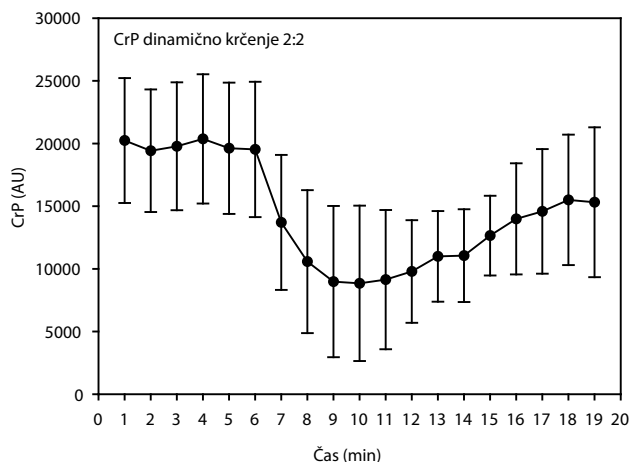
Pri opazovanju O_2Hb , HHb in tHb nismo opazili nobenih značilnih razlik (Slika 4).

Primerjava fluktuacij (diff) med opazovanimi kazalci tudi ni dala značilnih razlik. Toda opaziti je izraženo tendenco povečanja fluktuacij O_2Hb (diff O_2Hb) pri 2 : 2.

Ob koncu krčenja, ko je nastopila utrujenost, ni opaziti nobenih razlik pri nobenem od kazalcev oksigenacije v mišicah. V tem trenutku so preiskovanci opravljali nalogo z največjim naporom.

Razprava

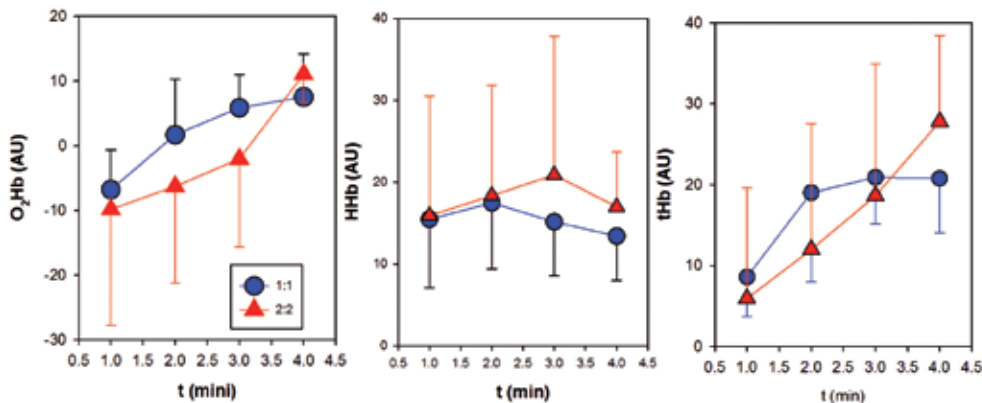
Cilj poskusa je bil pojasniti, ali dve vrsti različnih dinamičnih krčenj mišic pri stiskanju zapetja povzročata različen trenutek utrujenosti. Ugotovili smo, da izmenjava mišičnih krčenj in sproščanj v intervalih ene (1 : 1) ali dveh (2 : 2) sekund ne povzroča značilnih razlik v trajanju naloge, čeprav obstaja tendenca, da bi naloga 2 : 2 omogočala daljši napor, to je več ponovitev. Podobno nismo ugotovili nobene značilne razlike v spremembah kreatin fosfata (CrP) in kazalcev oksigenacije mišice (O_2Hb , HHb, tHb) ter njihovih fluktuacij (diff O_2Hb , diff HHb in diff tHb). Kljub temu opažamo jasno tendenco po bolj izraženih fluktuacijah O_2Hb (diff O_2Hb) pri



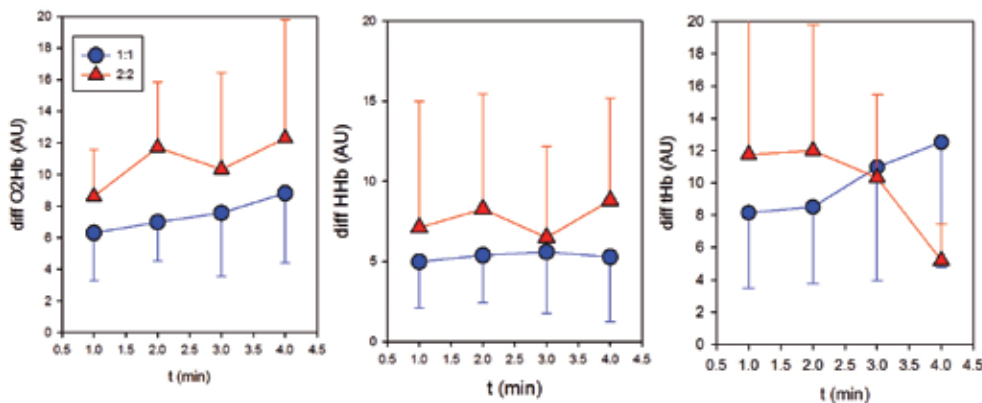
Slika 3. Časovni potek CrP med 1 : 1 in 2 : 2 krčenjema. Časovna poteka sta zelo podobna in se med seboj ne razlikujeta.

krčenju 2 : 2. Izgleda, da bi nadaljnje podaljšanje intervalov krčenja in sproščanja pri nespremenjenem razmerju med obema lahko prispevalo k podaljšanju trajanja naloge do utrujanja.

Primerjava različnih vrst dinamičnega krčenja narekuje dokaj veliko standardizacijo protokola. Primerjava rezultatov različnih mišic je neprimerna (van Beekvelt idr., 2001). Ravno tako je pomembno, da je sila krčenja natančno izbrana. Mišični pretok krvi in perfuzija sta namreč različna pri silah okrog 10–20 % največje izometrične sile in pri silah, ki znašajo več kot 30 % največje izometrične sile, pa čeprav sta krčenje in sproščanje kratkotrajna in enaka (Hugson idr., 1996). Glede na največjo izometrično silo, ki je znašala 53 ± 9 kp pri skupini 1 : 1 in 53 ± 3 kp pri skupini 2 : 2, je relativna sila pri uporabljenem naporu znašala okrog 30 % največje izometrične sile. Pri takšni sili smo pričakovali bolj izražene razlike med obema krčenjema, saj je v intervalu krčenja pričakovana kratkotrajna, toda izražena okluzija. Morebiti je tudi to razlog, da se je pojavila tendenca po bolj izraženih spremembah v O_2Hb (diff O_2Hb) pri nalogi 2 : 2. To se je namreč lahko zgodilo le v intervalih sprostitve mišice. Ker je vsebnost deoksigeniranega hemoglobina podobna, torej se privzem kisika ni spremenil, saj se tudi sila krčenja ni spremenila, kaže pa se tendenca po povečani oksigenaciji, lahko predvidevamo smiselnost nadaljevanja poskusov pri petsekundnih, morebiti še daljših intervalih. Če sklepamo iz časovnega poteka sprememb O_2Hb (Slika 1, manjša slika), potem je spreminjanje bolj dinamično



Slika 4. Razlike med 1 : 1 in 2 : 2 v O₂Hb, HHb in tHb vrednostmi po 1., 2., 3. in 4. min. Vrednosti so podane kot aritmetična sredina ± SD. Med vrednostmi ni opaziti značilnih razlik.



Slika 5. Razlike med fluktuacijami O₂Hb (diff O₂Hb), HHb (diff HHb) in tHb (diff tHb) niso značilne. Toda opazna je jasna tendenca po različnosti diff O₂Hb. Vrednosti so podane kot aritmetične sredine ± SD.

v intervalu krčenja mišice in počasnejše med sprostitevjo. Podaljšanje intervalov obeh bi lahko v večji meri učinkovalo na O₂Hb v intervalu sprostitve, ko so spremembe verjetno počasnejše.

Literatura

- Ferrari, M., Mottola, L. in Quaresima, V. (2004). Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy. *Ca, J Appl Physiol*, 463–487.
- Hamann, J., Valic, Z., Buckwalter, J. B. in Clifford, P. S. (2003). Muscle pump does not enhance blood flow in exercising skeletal muscle. *J Appl Physiol*, 94, 6–10.
- Hugson, R. L., Shoemaker, J. K., Tschakovsky, M. in Kowalchuk, J. M. (1996). Dependence of muscle Vo₂ on blood flow dynamics at the onset of forearm exercise. *J Appl Physiol*, 1619–1626.
- Kalliokoski, K. K., Scheede-Bergdahl, C., Kjaer, M. in Boushel, R. (2006). Muscle perfusion and metabolic heterogeneity: insights from non-invasive imaging techniques. *Exercise and sport sciences reviews*, 164–170.
- McCully, K. K., Kakihiro, H., Vandenborne, K. in Kent-Braun, J. (1991). Non-invasive measurements of activity-induced changes in muscle metabolism. *J. Biomechanics*, 153–161.
- Patz, S. (1986). Basic Physics of Nuclear Magnetic Resonance. *Cardio-vasc Intervent Radiol*, 225–237.
- Ušaj, A. (2001). The endurance training effect on the oxygenation status of an isometrically contracted forearm muscle. *Pflugers Archiv*(6, suppl.), R155–156.
- Ušaj, A. (2002). Difference in the oxygenation of the forearm muscle during isometric contraction in trained and untrained subjects. *Cellular & molecular biology letters*, 7(2), 375–377.
- Ušaj, A., Jereb, B., Pritrznik, R. in Duvillard, S. P. (2007). The influence of strength-endurance training on the oxygenation of the isometrically contracted forearm muscle. *European journal of applied physiology*, 100(6), 685–692.
- van Beekvelt, M. C., Shoemaker, J. K., Tschakovsky, M. E., Hopman, M. T. in Hughson, R. L. (2001). Blood flow and muscle oxygen uptake at the onset and end of moderate and heavy dynamic forearm exercise. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol*, 280(R1741–R1747).

prof. dr. Anton Ušaj
Laboratorij za biodinamiko
Fakulteta za šport
Gortanova 22
1000 Ljubljana



Darjan Smajla,

Meta Rovan, Kaja Perne, Vojko Strojnik, Katja Tomažin, Petra Prevc

Model vadbe mišične hipertrofije in njegovi učinki na nekatere spremenljivke ravnotežja pri aktivnih starejših

Workout model of muscle hypertrophy and effects on some characteristics of balance in active seniors

Izvleček

Želeli smo ugotoviti, ali je mogoče z vadbo moči na napravah povečati mišično moč in izboljšati ravnotežje pri že aktivnih starejših. V raziskavi je sodelovalo 15 vadečih ($65 \pm 4,6$ let, $160,45 \pm 8$ cm, $68,74 \pm 11$ kg), ki so predhodno obiskovali različne vadbene programe vsaj dvakrat tedensko. Skupina je osem tednov dvakrat tedensko izvajala vadbo hipertrofije na vadbenih napravah za moč. Vadba je vključevala mišice spodnjih okončin in trupa. Pred in po vadbenem obdobju smo opravili izbrane teste moči in ravnotežja. Rezultati so pokazali statistično značilno izboljšanje največjega navora odmikalk kolka, iztegovalk gležnja in iztegovalk nog. Pri funkcionalnih dosegih so se statistično značilno izboljšali rezultati v vseh testih, razen v funkcionalnem dosegu z rokami. Med stajo na mehki podlagi je prišlo do značilno manjšega gibanja središča pritiska na podlago. Ugotavljamo, da je vadba za moč pri starejših aktivnih osebah pomembno izboljšala ravnotežje in da moč predstavlja pomemben dejavnik ravnotežja tudi pri teh osebah.

Ključne besede: vadba za moč, starostniki, ravnotežje, mišična moč.

Abstract

The purpose of study was to determine whether a resistance training on fitness machines could increase muscle strength and improve balance in already active seniors. Fifteen persons older than 65 years ($65 \pm 4,6$ let, $160,45 \pm 8$ cm, $68,74 \pm 11$ kg) volunteered in the study. They were participated in different supervised exercise programs at least twice per week prior the study. The training group met twice weekly for 8 weeks for training on fitness machines. Hypertrophy based strength training was designed to strengthen the muscles of the legs and body (core). Different strength and balance test were measured before and after training period. The results of the strength tests after training period showed statistically significant improvements in maximum torques of hip abductors, ankle extensors, and leg extensors. Results in functional reach tests significantly improved except in functional arm reach. During soft surface stance, statistically significant smaller movement of center of pressure was recorded. It was concluded that strength training on training machines can improve muscle strength in already physically active older persons. Strength is important for better balance also in this group of older persons.

Key words: strength training, seniors, balance, muscle strength.

Uvod

Staranje je biološki proces, ki se kaže kot postopno slabšanje fizioloških funkcij organizma, zmanjševanje sposobnosti vzdrževanja ravnovesja v telesu in povečanje občutljivosti na spremembe. S staranjem povezane živčno-mišične spremembe vplivajo na upad mišične moči, ki posledično vplivajo tudi na ravnotežje in hojo.

Moč spodnjih okončin in ravnotežne sposobnosti se kažejo kot pomembni dejavniki za nemoteno opravljanje vsakodnevnih aktivnosti in ohranjanje samostojnosti v starosti (Lee, Kang, Lee in Oh, 2015; Ponce-Bravo, Ponce, Feriche in Padial, 2015). Z vadbo lahko upočasnimo degenerativne procese staranja in tako pripomoremo k ohranjanju kvalitete življenja v starosti. Znano

je, da tudi osebe nad 60 let z vadbo z relativno visokimi bremenmi (60–85 % največjega bremena) lahko izboljšajo mišično moč, kar se zgodi zaradi povečanja mišične mase in nivoja aktivacije (Mayer, Scharhag-Rosenberger, Carlsohn, Cassel, Müller in Scharhag, 2011). Številne študije so proučevale vpliv moči na statično in dinamično ravnotežje pri starostnikih (Lee in Park, 2013; Muehlbauer, Gollhofer in Granacher, 2015; Orr idr., 2006) in ugotovile, da staranje vpliva na povezanost komponent ravnotežja in moči spodnjih ekstremitet in da je izboljšanje mišične moči povezano z izboljšanjem ravnotežja.

Kljub tem ugotovitvam optimalni model vadbe za moč, ki bi izboljšal ravnotežje, še ni poznan. Zaradi tega smo preizkusili naš model vadbe in poskušali ugotoviti, ali specifična vadba za mišič-

no maso na vadbenih napravah izboljša izvedbo nalog statičnega in dinamičnega ravnotežja pri aktivnih starejših. V primerjavi s prej omenjenimi raziskavami smo v vadbeni model vključili še mišice trupa, ki so prav tako pomembne za vzdrževanje in vzpostavljanje ravnotežja.

Metode

Vzorec merjencev

V raziskavi je sodelovalo 15 vadečih ($65 \pm 4,6$ let, $160,45 \pm 8$ cm, $68,74 \pm 11$ kg), ki so predhodno obiskovali različne vadbene programe vsaj dvakrat tedensko. V analizo smo vključili tiste, ki so se vadbe udeležili več kot sedemkrat, kar predstavlja 50 % vseh vadbenih enot (14 žensk in 1 moški). Vsi merjenci so sodelovali prostovoljno in so podpisali informirani pristanek v skladu s Helsinško-tokijsko deklaracijo.

Postopek in pripomočki

Pred začetkom vadbe za moč so bile izvedene uvodne meritve, ki so vsebovale antropometrijske meritve, teste dinamičnega in statičnega ravnotežja in teste moči. Pri antropometrijskih meritvah smo izmerili telesno maso, telesno višino, dolžino roke in dolžino noge vadečih.

Testi statičnega ravnotežja so vsebovali paralelno stoji na tenziometrijski plošči na trdni in mehki podlagi z odprtimi očmi. Za mehko podlago smo uporabili ravnotežno blazino (Airex Balance Pad Elite, Švica). V stoji smo izmerili skupno hitrost gibanja središča pritiska (SP) na podlago (mm/s), hitrost gibanja SP v anterio-posteriorni (AP) smeri (mm/s) in medialno-lateralni (ML) smeri (mm/s), povprečno amplitudo gibanja (mm) SP v AP smeri in ML smeri.

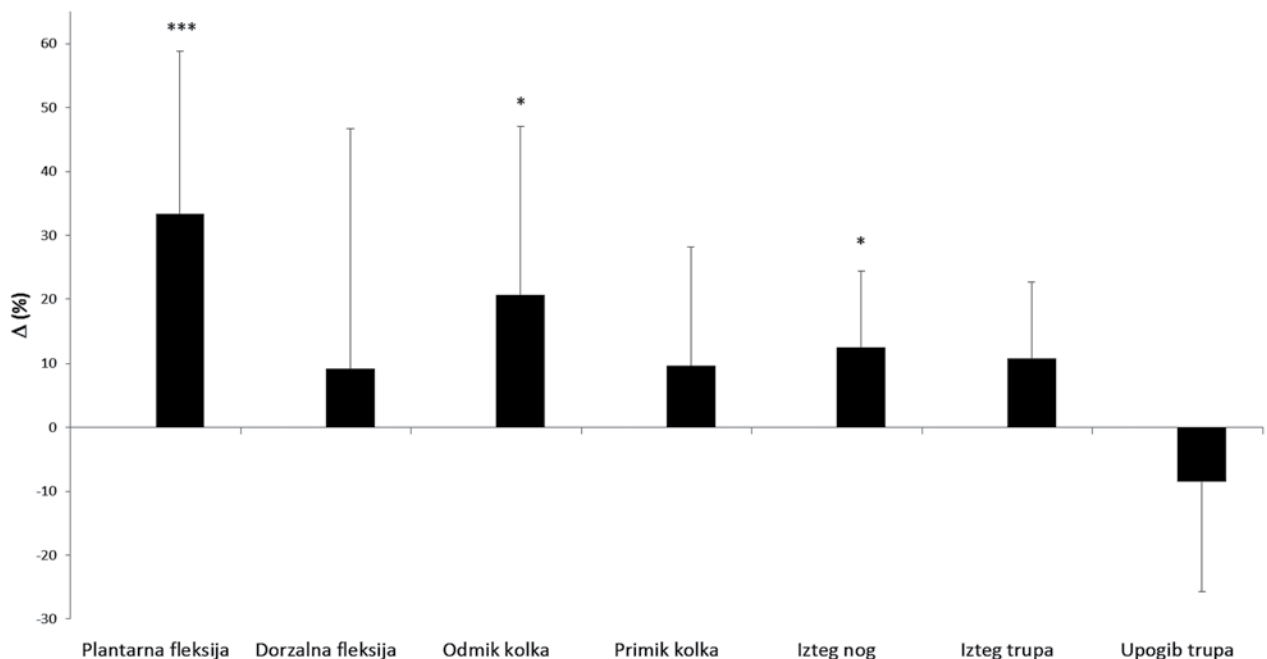
Teste dinamičnega ravnotežja so sestavljali funkcionalni dosegi z roko (naprej) in z nogo (v vse smeri) ter test štirih kvadratov. Pri testu dosega z nogo (sposobnost ohranjanja ravnotežja na eni

nogi med doseganjem razdalje z drugo nogo) smo izmerili maksimalno doseženo razdaljo, ki je bila normalizirana glede na dolžino noge (Gribble in Hertel, 2003). Oceno AP stabilnosti smo izmerili s funkcionalnim dosegom z rokami, pri katerem smo merili najdaljšo razdaljo, ki jo lahko oseba doseže z iztegnjenimi rokami, ne da bi premaknila stopala. Izračunana je bila razlika med končnim in začetnim položajem najbolj distalnega dela prstov v centimetrih (Behrman idr., 2002), upoštevana je bila povprečna vrednost štirih ponovitev, normalizirana na dolžino roke (%). Dinamično ravnotežje smo ocenili tudi s pomočjo testa štirih kvadratov, pri katerem smo merili čas izvedbe testa (s) (Sonc in Rugelj, 2014). Za oceno moči smo izmerili največji izometrični navor (Nm) iztegovalk nog, iztegovalk in upogibalk gležnja, iztegovalk in upogibalk trupa ter odmikalk in primikalk kolka.

Po prvem testiranju so vadeči začeli z vadbo moči z obremenitvami, tipičnimi za povečanje mišične mase, ki so jo izvajali na vadbenih napravah v trajanju od 8 tednov. Po vadbi pa smo izvedli zaključno testiranje, ki je vključevalo enako zaporedje in izvedbo testnih meritev.

Vadba

Vadeči, ki so obiskovali fitness, so bili zaradi lažje organizacije razdeljeni v dve skupini. Vadba na napravah je potekala dvakrat tedensko po 1 uro. V uvodnem delu vadbene enote je potekalo dinamično ogrevanje. Glavni del vadbe je bil sestavljen iz iztega hrbta sede na napravi za izteg hrbta, iztega nog v nožni preši, upogiba levega in desnega stopala preko škripca v sedečem položaju, odmika in primika leve ter desne noge v stoji preko škripca in dviga na prste sede na trenažerju. Vadeči so pri omenjenih vajah izvajali tekoče koncentrične ponovitve. Zasuka trupa v desno in levo stran sede na trenažerju pa so izvajali s pomočjo izometričnih kontrakcij (30 s). Vadba je torej vsebovala enajst vaj (Tabela 1), če upoštevamo vaje za levo in desno stran telesa posebej. Določitev bremena je bila med 60 in 80 % največjega bremena. Pri obremenitvah do 60



Slika 1. Relativne spremembe pri največjih hotenih mišičnih napreznjih po vadbi (* $p < 0,05$, *** $p < 0,001$).



Tabela 1
Vaje in glavne delujoče mišične skupine, ki so bile vključene na vadbeni enoti

Vaja	Glavne delujoče mišične skupine
Iztegovanje nog v preši (TechnoGym, Italija)	Iztegovalke nog
Plantarna fleksija sede na trenažerju – dvig na prste v vodilih (TechnoGym, Italija)	Iztegovalke gležnja
Dorzalna fleksija sede – škripec (TechnoGym, Italija)	Upogibalke gležnja
Odmik v kolku stoje – škripec (TechnoGym, Italija)	Odmikalke kolka
Primik v kolku stoje – škripec	Primikalke kolka
Rotacija trupa sede – trenažer (TechnoGym, Italija)	Obračalke trupa
Izteg trupa sede – trenažer (TechnoGym, Italija)	Iztegovalke trupa

Tabela 2
Značilnosti in stopnjevanje obremenitve pri tekočih koncentričnih kontrakcijah

Teden	Breme (% 1RM)	Št. pon.	Št. ser.	Ciklus (min)	Odmor (min)	RPE ob koncu serije
Test	Merjenje 1RM					
1	60	13–15	2	2	2–3	7
2	60	13–15	2	2	2–3	8
3	70	10–12	2	2	2–3	9
4	70	10–12	2	2	2–3	10
5	70	10–12	2	2	2–3	10
6	75	10–12	2	2	2–3	10
7	75	10–12	2	2	2–3	10
8	80	10–12	2	2	2–3	10

% 1 RM so izvajali 13 do 15 ponovitev, ob povečevanju bremena pa 10 do 12 ponovitev v dveh serijah. Odmori med dvema serijama so trajali dve do tri minute, prav tako tudi odmori med vajami. Na koncu vadbe je sledila kratka umiritev in raztezanje na vadbi aktivnih mišic.

V Tabeli 2 lahko vidimo relativna bremena, število ponovitev, serij in trajanje ciklusa ter odmora med nalogami pri tekočih koncentričnih kontrakcijah. Prikazano je tudi predvideno stopnjevanje obremenitve oz. periodizacija.

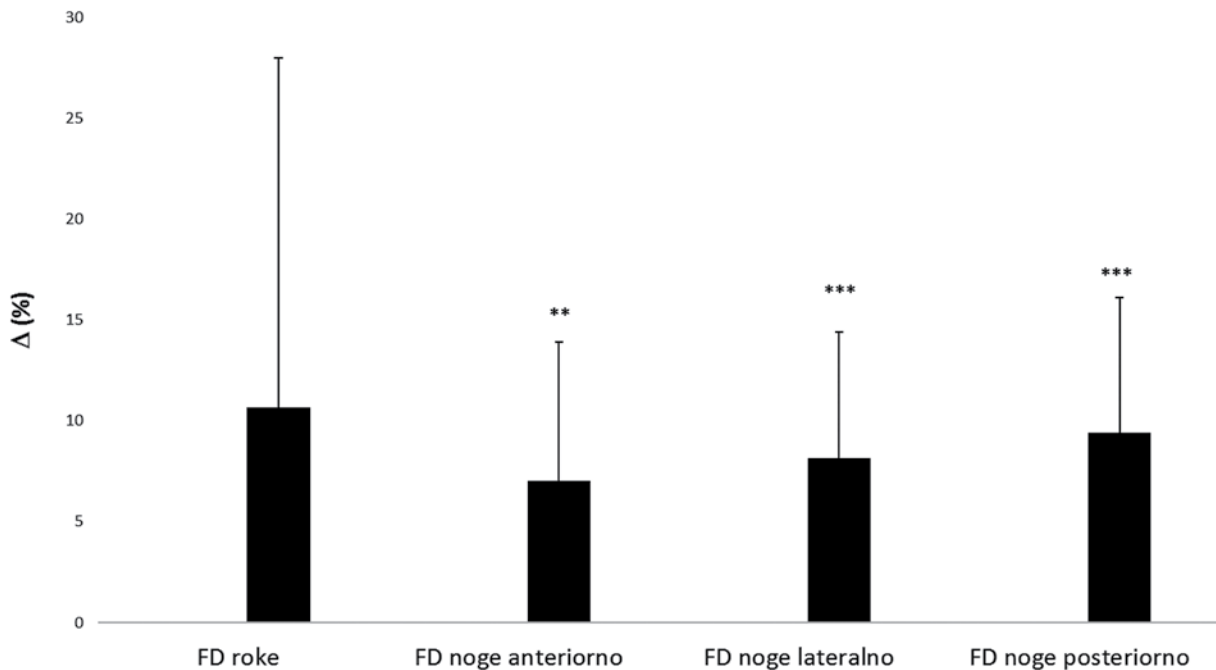
Stopnjevanje, bremena, število ponovitev, serij in trajanje ciklusa ter odmora med nalogami in izvajanje izometričnih kontrakcij je predstavljeno v Tabeli 3. Prikazano je tudi predvideno stopnjevanje obremenitve v času trajanja vadbe.

Metode obdelave podatkov

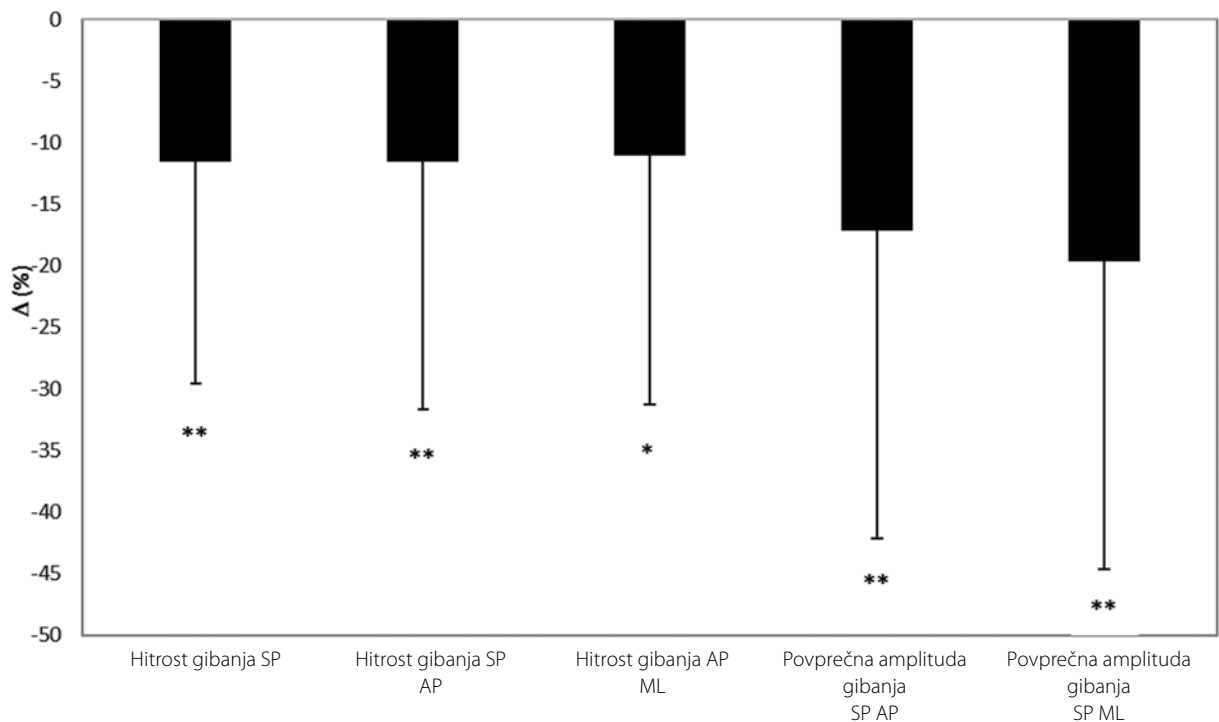
Za vse obravnavane spremenljivke smo izračunali osnovne statistične parametre in preverili normalnost porazdelitve. Razlike

Tabela 3
Značilnosti in stopnjevanje obremenitve pri izometričnih kontrakcijah

Teden	Trajanje (s)	Št. serij	Ciklus (min)	Odmor (min)	RPE ob koncu serije
1	30	2	1	2–3	7
2	30	2	1	2–3	8
3	30	2	1	2–3	9
4	30	2	1	2–3	10
5	30	3	1	2–3	10
6	30	3	1	2–3	10
7	30	3	1	2–3	10
8	30	3	1	2–3	10



Slika 2. Relativne spremembe pri funkcionalnih dosegih (FD) z roko in nogo po vadbi (**p < 0,01, ***p < 0,001).



Slika 3. Relativne spremembe pri stoji sonožno na mehki podlagi (*p < 0,05, **p < 0,01).

pred vadbo in po njej smo izračunali s pomočjo analize variance za ponavljajoče meritve. Povezanost med relativnimi spremembami merjenih spremenljivk moči in ravnotežja smo računali s Pearsonovim koeficientom korelacije. Za vse uporabljene statistične teste je bila značilnost sprejeta pri $p < 0,05$ pri dvosmernem testiranju. Za obdelavo podatkov je bil uporabljen statistični program (SPSS, 23.0, IBM, ZDA).

Rezultati

Slika 1 prikazuje relativne spremembe največjih hotenih mišičnih naprezanj po vadbi moči glede na začetno stanje. Lahko opazimo, da se pri vadečih nakazuje napredek v skoraj vseh merjenih testih moči, vendar so statistično značilen napredek dosegli pri treh od sedmih testov. Največji statistično značilen napredek ($p < 0,001$)

je bil dosežen pri plantarni fleksiji (iztegovalke gležnja), ki je pred vadbo znašal 70 ± 16 Nm, po vadbi pa 92 ± 25 Nm. Pri dorzalni fleksiji je bila začetna povprečna vrednost skupine 25 ± 7 Nm, po vadbi pa 27 ± 5 Nm ($p > 0,05$). Največji navor odmikalk kolka je pred vadbo povprečno znašal 86 ± 27 Nm in so ga vadeči statistično značilno izboljšali ($p < 0,05$) na 103 ± 29 Nm. Pri primiku kolka in iztegu trupa napredek ni bil dovolj velik za statistično značilno izboljšanje. Statistično značilen napredek je bil opazen še pri iztegu nog (iz 1125 ± 324 Nm na 1263 ± 400 Nm, $p < 0,01$), medtem ko se je navor pri upogibu trupa zmanjšal (iz 136 ± 53 Nm na 125 ± 47 Nm), vendar ne statistično značilno.

Vpliv vadbe moči je bil opazen tudi pri dinamičnem ravnotežju oz. testih funkcionalnih dosegov in testu štirih kvadratov. Na Sliki 2 so prikazane relativne spremembe pri funkcionalnih dosegih (FD) z roko in nogo po vadbi. Največji hoteni funkcionalni doseg z roko je pred vadbo znašal 38 ± 5 % dolžine roke, po vadbi pa 42 ± 9 %, spremembe niso bile statistično značilne. Pri funkcionalnih dosegih z nogo so vadeči statistično značilno napredovali v vseh treh smereh. V anteriorni smeri so se rezultati iz 68 ± 9 % dolžine noge izboljšali na 73 ± 10 % dolžine noge ($p < 0,01$). Funkcionalni doseg z nogo v lateralni smeri je pred vadbo znašal 71 ± 10 %, po vadbi pa 77 ± 11 % ($p < 0,001$). Podobno se je zgodilo tudi pri funkcionalnem dosegu z nogo posteriorno, pri katerem je bil povprečni rezultat pred vadbo 73 ± 10 %, po vadbi pa 83 ± 10 % napredek ($p < 0,001$). Vadeči so statistično značilno napredovali tudi pri testu štirih kvadratov ($p < 0,001$). Pred vadbo je povprečen rezultat znašal $7,6 \pm 1,5$ sekund, po vadbi pa $6,4 \pm 0,9$ sekund, kar pomeni 19 % relativni napredek.

Pri stoji sonožno na trdi podlagi so bile vse spremembe v smeri izboljšanja, vendar brez statistično značilnih razlik. Hitrost gibanja SP so vadeči zmanjšali iz $21,8 \pm 6$ mm/s na $19,7 \pm 4,6$ mm/s, v AP smeri so hitrost gibanja SP zmanjšali iz $11,7 \pm 2,6$ mm/s na $10,6 \pm 2,6$ mm/s, v ML smeri pa iz $15,9 \pm 5,0$ mm/s na $14,4 \pm 3,6$ mm/s. Izboljšanje rezultata se kaže tudi pri povprečni amplitudi gibanja SP v AP (iz $2,1 \pm 0,9$ mm na $1,8 \pm 0,9$ mm) in v povprečni amplitudi gibanja SP v ML (iz $2,5 \pm 1,7$ mm na $2,2 \pm 1,0$ mm).

Pri stoji sonožno na mehki podlagi (Slika 3) so vadeči statistično značilno napredovali v vseh parametrih. Hitrost celotnega gibanja SP so iz $39,9 \pm 14$ mm/s zmanjšali na $34,9 \pm 11$ mm/s ($p < 0,01$), v AP smeri iz $23,2 \pm 8$ mm/s na $20,4 \pm 6$ mm/s ($p < 0,01$) in v ML iz $27,6 \pm 10$ mm/s na 24 ± 7 mm/s ($p < 0,05$). Največji napredek je viden pri povprečni amplitudi gibanja SP v ML (iz $6,5 \pm 5$ mm na $5,2 \pm 3$ mm, $p < 0,01$) in povprečni amplitudi gibanja SP v AP smeri (iz $6,6 \pm 3$ mm na $5,4 \pm 3$ mm, $p < 0,01$).

Pri ugotavljanju povezanosti med spremembami v testih moči in ravnotežja po vadbi so se statistično značilne povezanosti pokazale med relativno spremembo največje sile iztegovalk nog in relativno spremembo dolžine funkcionalnega dosega z nogo naprej ($r = 0,570$; $p < 0,05$), med relativno spremembo največje hotene sile iztegovalk nog in relativno spremembo hitrosti gibanja središča pritiska med stojo na mehki podlagi ($r = -0,810$; $p < 0,001$) ter med relativno spremembo največjega hotenega navora iztegovalk trupa in spremembo hitrosti gibanja središča pritiska med stojo na mehki podlagi ($r = -0,545$; $p < 0,05$).

■ Razprava

Vadba na napravah je povzročila značilno povečanje največjega hotenega napreznja iztegovalk nog, iztegovalk gležnja in odmi-

kalk kolka. Prirastek v razvoju sile po začetnem obdobju vadbe (po prvih 4 tednih) je bil povezan z mehanizmi rekrutacije, frekvenčne modulacije in sinhronizacije proženja akcijskih potencialov oz. z višjem nivojem aktivacije mišice, kasneje pa zaradi povečanja mišične mase. Znano je, da lahko že z 8-tedensko vadbo za moč (2–3 x na teden), ki vsebuje 8–12 ponovitev vsake vaje (70–85 % 1RM) v treh serijah povečamo mišično maso pri starejših osebah (Mayer idr., 2011). V naši raziskavi so bile uporabljene podobne obremenitve, zato lahko sklepamo, da se je povečanje moči zgodilo tudi na račun hipertrofije. Tudi druge raziskave, ki so izvajale vadbo za moč v podobnih pogojih, poročajo o povečanju navora spodnjih okončin. Eckart (2016) navaja 14 % izboljšanje moči spodnjih ekstremitet po 10 tedenskem treningu, medtem ko Padilha idr. (2015) poročajo o 18,4 % povečanju moči iztegovalk nog po 12 tedenskem treningu, kar je podobno kot v našem primeru.

Vzroki, da vadeči niso značilno napredovali v vseh izmerjenih testih moči, so lahko različni. Eden od razlogov je predstavljala tehnika izvedbe vaj in določitev največjega bremena, ki ga posameznik lahko dvigne, ker je bila maksimalna izvedba vaj pri nekaterih vadečih vprašljiva. Kljub stalnemu nadzoru vadbe, so lahko vadeči vaje izvajali tako, da so ob izvedbi vključevali še druge mišice in si tako olajševali vajo, saj vse vaje niso bile popolnoma izolirane. Nekateri udeleženci vaj niso izvajali z ustrežno obremenitvijo zaradi strahu pred poškodbami. Tudi na meritvah je najbrž prišlo do zadrževanja, čeprav so bili opozorjeni, da morajo meritve opraviti maksimalno. Drugi razlog je lahko tudi dolžina odmora med posameznimi serijami. Borde idr. (2015) navajajo, da je trajanje počitka med serijami pomembno, saj temelji na različnih metabolnih in hormonskih odzivih. Naš počitek je bil nekoliko daljši (2–3 minute) od priporočljivega (1–2 min), zaradi česa smo lahko izgubili dražljaj, ki bi pomembno vplival na mišične mehanizme pomembne za razvoj največje sile.

Rezultat funkcionalnega dosega z roko, ki je narejen za ocenjevanje anteriorno-posteriorne stabilnosti, se ni statistično spremenil, čeprav se kaže tendenca napredka (11 %). Izboljšanje rezultata verjetno lahko pripišemo povečanju mišične moči iztegovalk nog in gležnja, saj omenjene mišice kontrolirajo pomike težišča v anterioro-posteriorni smeri. Razlago potrjuje tudi izračunana korelacija med relativno spremembo največje hotene sile iztegovalk nog in relativno spremembo hitrosti gibanja središča pritiska med stojo na mehki podlagi. Mišice na ta način stabilizirajo držo in omogočijo, da se preizkušanci lahko nagnejo dlje naprej. Pri izvajanju testa doseg naprej je mogoče uporabiti različne strategije. Waroquier-Leroy idr., (2014) navajajo, da starejši pri tem testu bolj uporabljajo strategijo kolka glede na mlajše, ki v večji meri uporabljajo strategijo gležnja. Test je tudi dober pokazatelj za nevarnost padcev v starosti. Behram idr. (2002) navajajo, da so osebe, ki imajo manjši doseg od 25,4 cm, bolj dovzetne za padec. Povprečje naše skupine je znašalo okrog 30 cm, kar pomeni, da niso v kritični skupini za možen padec.

Pri testih funkcionalnih dosegov z nogo je bila ocenjena sposobnost ohranjanja ravnotežja na eni nogi med doseganjem razdalje z drugo nogo (Gribble in Hertel, 2003). Po treningu moči je prišlo do statistično značilnih sprememb v anteriorni, lateralni in posteriorni smeri. Test funkcionalnega dosega z nogo ni odvisen samo od mehanizmov nadzora in upravljanja ravnotežja, temveč tudi od moči iztegovalk mišic nog in trupa (Kahle in Tevold, 2014). To lahko povežemo tudi z našimi rezultati, saj so se statistično značilno povečali največji navor iztegovalk nog, pri iztegovalkah hrb-

ta pa se je pokazal tendenca izboljšanja moči. Posledica tega je boljša stabilizacija trupa in stojne noge, kar je omogočilo večjo stabilnost med doseganjem z drugo nogo.

S pomočjo testa štirih kvadratov, ki je veljaven in zanesljiv test, smo ocenjevali agilnost, zmožnost prenašanja teže, spreminjana smeri in stopanja preko ovir. Test ima tudi poudarjeno kognitivno komponento, saj mora oseba ob koncu enega kroga spremeniti smer in se vrniti v izhodiščni položaj (Rugelj, Tomšič, Ovca in Sevšek, 2009). Do izboljšave rezultatov testa je lahko prišlo zaradi učinkov povečanja moči, pa tudi zaradi procesa učenja.

Kot mera statičnega ravnotežja je bila uporabljena analiza gibanja središča pritiska med stoji. Največje razlike so se pojavile pri stoji na mehki podlagi. Po treningu so se znižale skupna hitrost premika središča pritiska na podlago, hitrost premika središča pritiska v AP smeri kot tudi v ML smeri in v povprečni amplitudi gibanja središča pritiska v obe smeri. Menimo, da so se značilne spremembe na mehki podlagi lahko pojavile zato, ker je na nestabilni podlagi potrebna veliko večja stabilizacija sklepov nog in trupa kot pa na trdni podlagi. Vadeči so med stoji najverjetneje poskušali povečati togost celega telesa s hkratnim aktiviranjem iztegovalke trupa in nog ter s tem zmanjšati odklik telesa iz ravnotežnega položaja. Izračunana povezanost nakazuje, da so vadeči, ki so bolj povečali največji hoteno navor iztegovalke nog in trupa, bolj zmanjšali hitrost gibanja SP med mirno stoji na mehki podlagi. Zaradi učinkov vadbe se je tako najverjetneje izboljšala sposobnost stabilizacije sklepov in mišične koaktivacije, ki so vplivali na manjše gibanje središča pritiska med stoji. Manjše nihanje središča pritiska je pomembno pri starejših osebah, še posebej v ML smeri, ker preprečujejo zdrse in s tem tudi padce (Lizama idr., 2015).

Vzroke, da uporabljena vadba moči ni izboljšala vseh parametrov ravnotežja, je mogoče iskati v razlikah v delovanju živčno-mišičnega sistema pri posameznih nalogah. Čeprav se za ravnotežje in moč uporabljajo podobni nevrofiziološki mehanizmi, ti delujejo specifično za vsakega posebej oziroma se poslužujejo različnih vzorcev delovanja. Muehlbauer idr. (2015) so ugotovili, da vadba ravnotežja ne vpliva na mišično moč in obratno. Ugotovili so, da je za izboljšanje ravnotežja poleg vadbe moči potrebna tudi vadba ravnotežja.

Pomanjkljivost te študije je v majhnem in homogenem (večina ženski spol) vzorcu vadečih ter odsotnosti kontrolne skupine, čeprav v tako kratkem času ni za pričakovati bistvenih sprememb v moči in ravnotežju ob ohranjanju redne telesne aktivnosti. Omejitveni dejavnik je predstavljala tudi tehnika izvedbe vaj pri nekaterih vadečih in neupoštevanje plana povečevanja bremena zaradi strahu pred poškodbami.

■ Zaključek

Po zaključku raziskave lahko povzamemo, da je imela uporabljena vadba za moč pozitivne učinke na rezultate moči, statičnega in dinamičnega ravnotežja pri osebah, ki so telesno aktivne. Rezultati so pokazali, da je za ohranjanje dobrega ravnotežja in telesne drže potrebna mišična moč. Vadba za mišično moč in ravnotežje je v tem življenjskem obdobju smiselna, saj lahko učinkovito zmanjša število padcev in poškodb ter tako ohranja kvaliteto življenja.

■ Literatura

- Behrman, A. L., Light, K. E., Flynn, S. M. in Thigpen, M. T. (2002). Is the Functional Reach Test Useful for Identifying Falls Risk Among Individuals With Parkinson's Disease. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(4), 538–542.
- Behrman, A. L., Light, K. E., Flynn, S. M. in Thigpen, M. T. (2002). Is the Functional Reach Test Useful for Identifying Falls Risk Among Individuals With Parkinson's Disease. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(4), 538–542.
- Borde, R., Hortobágyi, T. in Granacher, U. (2015). Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 45, 1693–1720
- Eckardt, N. (2016). Lower-extremity resistance training on unstable surfaces improves proxies of muscle strength, power and balance in healthy older adults: a randomised control trial. *BMC Geriatrics*, 16(1), 191–205.
- Gribble, P. A. in Hertel, J. (2003). Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7(2), 89–100.
- Kahle, N. in Tevald, M.A. (2014). Core muscle strengthening improves improvement of balance performance in community-dwelling older adults: a pilot study. *J Aging Phys Act*, 22(1), 65–73.
- Lee, D.K. Kang, M.H., Lee, T.S in Oh, J.S. (2015). Relationships among the Y balance test, Berg balance scale, and lower limb strength in middle-aged and older females. *Braz J Phys Ther*, 19(3), 227–234.
- Lee, I. H. in Park, S. (2013). Balance Improvement by Strength Training for the Elderly. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(12), 1591–1593.
- Lizama, L. E. C., Pijnappels, M., Rispens, S. M., Reeves, N. P., Verschueren, S. M., van Dieën, J. H. (2015). Mediolateral balance and gait stability in older adults. *Gait and Posture*, 42(1), 79–84.
- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlssohn, A., Cassel, M., Müller, S. in Scharhag, J. (2011). The Intensity and Effects of Strength Training in the Elderly. *Dtsch Arztebl Int*, 108(21), 359–364.
- Muehlbauer, T., Gollhofer, A. in Granacher, U. (2015). Associations Between Measures of Balance and Lower-Extremity Muscle Strength/Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1671–1692.
- Orr, R., Vos, N. J., Singh N. A., Ross, D. A., Stavrinou, T. M. in Fiatarone-Singh, M. A. (2006). Power Training Improves Balance in Healthy Older Adults. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 61(1), 78–85.
- Padilha, C.S., Ribeiro, A.S., Fleck, S.J., Nascimento, M.A., Pina, F.L.C., Okino, A.M. idr. (2015). Effect of resistance training with different frequencies and detraining on muscular strength and oxidative stress biomarkers in older women. *Age*, 37(5), 104–112.
- Ponce-Bravo, H., Ponce, C., Feriche B, Padijal, P. (2015). Influence of two different exercise programs on physical fitness and cognitive performance in active older adults: functional resistance-band exercise vs. recreational oriented exercises. *J Sports Sci Med*, 14(4), 716–722.
- Rugelj, D., Tomšič, M., Ovca, A. in Sevšek, F. (2009). *Za ravnotežje specifična vadba in zmanjševanje ogroženosti za padce* (Raziskovalno poročilo). Pridobljeno iz spletne strani Repozitorij Univerze v Ljubljani: <http://www2.zf.uni-lj.si/ri/publikacije/dan2009/3.pdf>
- Sonc, N., Rugelj, D. (2014). Normativne vrednosti časovno merjenega testa korakanja v štirih kvadratih. *Fizioterapija*, 22(1), 31–37.
- Waroquier-Leroy, L., Bleuse, S., Serafi, R., Watelain, E., Pardessus, V., Tiffreau, A.V. in Thevenon, A. (2014). The functional reach test: strategies, performance and the influence of age. *Ann Phys Rehabil Med*, 57(6-7), 452–464.

Darjan Smajla, mag. kin.
Rupa 40, 51214 Šapjane, Hrvaška
Fakulteta za šport, Gortanova 22, 1000 Ljubljana
Telefon: 040 727 407
darjan.smajla@fsp.uni-lj.si



Bojan Jošt

Izbrani biomehanski vidiki vloge in pomena odzivne moči smučarjev skakalcev

Selected biomechanical aspects of the role and importance of ski jumpers' take-off power

Izvleček

Odrivna moč smučarjev skakalcev predstavlja njihovo pomembno gibalno sposobnost. Ta sposobnost se izraža med izvedbo odskoka v oporni fazi odziva, ko je skakalec v stiku s podlago. V oporni fazi odziva mora skakalec razviti ustrezno odzivno hitrost gibanja skupnega težišča sistema skakalec-smuči usmerjeno pravokotno na podlago in hkrati zagotoviti optimalno rotacijo telesa pri prehodu v let. Pri odzivu v oporni fazi odskoka se energija potrebne moči tvori pretežno v kolenskem in kolčnem sklepu. Več kot 90 % energije oziroma moči se ustvari v kolenskem in kolčnem sklepu. Delež energije, ki se ustvarja v drugih delih telesa je minimalen. Z velikostjo skakalnice upada korelacija med močjo odziva in uspešnostjo skakalcev in narašča korelacija z dejavniki aerodinamične učinkovitosti tehnike gibanja. Na velikih skakalnicah oziroma letalnica se manjši impulz odzivne sile lahko nadomesti z naraščanjem impulza sile vzgona. Pri odskoku smučarja skakalca, kjer pri relativnem majhnem zunanem odporu prevladuje mišično naprežanje eksplozivno-balinističnega tipa, je izpopolnjevanje delovnega učinka povezano s koncentracijo velikosti delovnega napora na začetnem delu amplitude gibanja, t.j. z značilnim povečanjem maksimalnega napora in skrajševanjem potrebnega časa, da se le-ta doseže. Takšne tendence pa zahtevajo zadostno razvito eksplozivno moč smučarja skakalca. Razvoj specialne odzivne moči se mora izvajati ob upoštevanju specifičnega režima mišičnega delovanja, ki se pojavlja ob izvedbi tehnike smučarskega skoka.

Ključne besede: smučarski skoki, trening, moč, odziv

Abstract

Ski jumpers' push-off power is considered to be an important motor ability. This ability is reflected in performance of the take-off in the support phase of the push-off, when a ski jumper is in contact with the surface. In the support phase of the take-off, a ski jumper must develop appropriate take-off speed in the overall centre of gravity of the jumper-skis system, directed perpendicularly to the surface, and at the same time ensure optimal rotation of the body during the transition to the flight phase. During the take-off in the support phase of the take-off, the energy of the necessary power is mainly generated in the knee and hip joints. More than 90% of energy and/or power is generated in the knee and hip joints. The share of energy produced in other parts of the body is minimum. Correlation between a ski jumper's push-off power and performance decreases with the size of the ski jump, while correlation with the factors of aerodynamic efficiency of the movement technique increases. In the case of large ski jumps or ski flying hills, the smaller impulse of the take-off force can be compensated for by the stronger impulse of the buoyant force. During a ski jumper's take-off, where the explosive-ballistic type of muscle contraction prevails in the circumstance of relatively small external resistance, an improved performance is connected with the concentration of the extent of work strain in the initial part of the movement amplitude, i.e. with a typical increase in the maximum strain and a reduction in the time needed to achieve it. Such tendencies require a ski jumper to have sufficiently developed explosive power. The development of special take-off power has to take into consideration the specific regime of muscle activation that characterises the ski jumping technique

Keywords: ski jumping, power, strength, take-off

■ Uvod

Smučarski skoki sodijo med monostrukturne aciklične športne zvrsti. Celotna izvedba smučarskega skoka traja le nekaj sekund, odvisno od velikosti skakalnice in dolžine skoka. Na uspešnost smučarjev skakalcev vpliva mnogo različnih objektivnih in biopsihosocialnih dejavnikov (Jošt, 2009).

Uspešnost tehnike smučarskega skoka (**U**) je v danem času izvedbe tehnike (τ) odvisna od dejavnikov:

- gibalna uspešnost športnika (**GUŠ**),
- oprema športnika (**OŠ**),
- značilnosti inercialnega okolja, v katerem se tehnika realizira (**ZIO**),
- napake (**e**).

V matematičnem jeziku se lahko uspešnost tekmovalne tehnike smučarskega skoka izrazi z enačbo:

$$\mathbf{U} = \int [\mathbf{UTG}(t)_{\Delta t} + \mathbf{OŠ}(t)_{\Delta t} + \mathbf{ZIO}(t)_{\Delta t}] + \mathbf{e}(t)_{\Delta t}$$

Δt – pomeni čas med začetkom in koncem tekmovalnega nastopa.

■ Uspešnost izvedbe tehnike smučarskega skoka je odvisna od motoričnih sposobnosti smučarjev skakalcev

Gibalna uspešnost tehnike gibanja (**UTG**) je hipotetično odvisna od delovanja generalnega motoričnega faktorja (**GMF**), ki določa energijsko (**EKG**) in informacijsko komponento (**IKG**) gibanja.

$$\mathbf{UTG} = \mathbf{GMF} = (\mathbf{EKG} + \mathbf{IKG})$$

Uspešnost tehnike gibanja je v vsakem trenutku odvisna od informacijske in energetske komponente gibanja. Njunjo delovanje in izražanje je odvisno od številnih dejavnikov kompleksne motorične strukture.

Uspešnost tehnike gibanja (**UTG**) se na manifestni ravni obravnava s pomočjo modela motoričnega obnašanja, pri katerem je gibalna uspešnost tehnike smučarskega skoka določena kot seštevek dejavnikov oziroma faktorjev, ki jih predstavljajo posamezne manifestne gibalne sposobnosti:

- Koordinacija (**K**)
- Hitrost (**H**)
- Ravnotežje (**R**)
- Preciznost (**P**)
- Gibljivost (**G**)
- Moč (**M**)
- Vzdržljivost (**V**)

$$\mathbf{UTG} = \int [\mathbf{K}(t)_{\Delta t} + \mathbf{H}(t)_{\Delta t} + \mathbf{M}(t)_{\Delta t} + \mathbf{G}(t)_{\Delta t} + \mathbf{R}(t)_{\Delta t} + \mathbf{P}(t)_{\Delta t} + \mathbf{V}(t)_{\Delta t}] + \mathbf{e}$$

Uspešnost tehnike gibanja (**UTG**) je hipotetično toliko večja, kolikor večji je seštevek vrednosti posameznih specialnih gibalnih sposobnosti.

Problem v tej enačbi predstavljajo šibke točke oziroma kritične točke, ki lahko povsem spremenijo končni seštevek. Zato je osnovni namen pri menedžmentu specialne motorične priprave dvigniti skupni seštevek in hkrati odpravljati šibke točke.

Drugi problem se skriva v nejasnih in nepredvidljivih relacijah med sposobnostmi, ki se lahko kažejo v bolj ali manj sinergističnih učinkih.

Zaradi tega vsota ni in ne more biti zgolj običajen matematični seštevek.

V smučarskih skokih motorične sposobnosti pomembno določajo uspešnost smučarjev skakalcev pri izvedbi tehnike smučarskega skoka. Vsaka od navedenih osnovnih motoričnih sposobnosti ima pri izvedbi tehnike skoka specifično vlogo. V vsakem trenutku delujejo pri izvedbi smučarskega skoka vse motorične sposobnosti hkrati, spreminja se le njihov pomen in vloga glede na posamezno fazo smučarskega skoka.

■ Prepletenost specialnih motoričnih sposobnosti in specialnih motoričnih nalog smučarjev skakalcev

Specialne motorične sposobnosti smučarjev skakalcev so tisti dejavniki, ki v največji meri določajo uspešnost tehnike smučarskega skoka in v osnovi izvirajo iz razsežnosti skakalčevega psihosomatičnega statusa (niso odvisne od opreme in vpliva zunanjih bolj ali manj slučajnih dejavnikov). To so psihološki, morfološki, motorični in funkcionalni dejavniki, ki tvorijo biodinamično strukturo osebnosti smučarja skakalca.

Specialne motorične sposobnosti smučarjev skakalcev so osnova in nujni pogoj za uspešen razvoj tehnike smučarskega skoka oziroma specialnih gibalnih nalog smučarja skakalca, ki se lahko analitično razdelijo na:

1. start in vzpostavitev zaletnega položaja;
2. vožnja v skakalnem počepu po ravnem delu zaletišča;
3. vožnja v skakalnem počepu v prehodnem loku in priprava na odskok;
4. aktivni odziv v oporni fazi odskoka;
5. prehod v fazo leta do optimalne iztegnitve telesa v bokih in iztegnitev nog;
6. vzpostavitev optimalnega letnega položaja;
7. prilagajanje na krivuljo leta in aerodinamične momente v osrednjem delu leta;
8. optimalno vztrajanje v položaju leta in priprava na doskok;
9. doskok;
10. vožnja v iztek in zaustavljanje.

V praksi se gibalne naloge smučarja skakalca pri izvedbi tehnike smučarskega skoka deli na:

- 1) tehnika gibanja v fazi zaleta;
- 2) tehnika gibanja v fazi vzleta;
- 3) tehnika gibanja v osrednji fazi leta;
- 4) tehnika gibanja v fazi doskoka in
- 5) tehnika gibanja pri vožnji v iztek in zaustavljanje.

Vloga in pomen specialnih motoričnih sposobnosti smučarjev skakalcev se spreminja tudi glede na značilnosti inercialnega sistema, v katerem se tehnika gibanja skakalca izvede.

Velikost inercialnega sistema določa osnovna hitrost gibanja skakalca (velikost skakalnice) in velikost odrejenih zunanjih fizikalnih sil, ki pri tem gibanju nastopajo. Loči se:

- ničelno inercialno okolje – hitrost je 0 m/s (normalen, olajšani, oteženi);
- nizko inercialno okolje – hitrost do 5 m/s do 10m/s (normalen, olajšani, oteženi);
- srednje zahtevno inercialno okolje (hitrost je od 10m/s do 20m/s) in
- visoko zahtevno inercialno okolje (hitrost je 25m/s in več).

S porastom zahtevnosti inercialnega dinamičnega sistema se povečuje velikost vplivanja zunanjih fizikalnih sil in njihovih momentov na tehniko gibanja. S kinematičnega vidika se osnovni zakoni tehnike gibanja ohranjajo ne glede na velikost inercialnega sistema. Spreminjajo se le dinamične značilnosti gibanja. Prehod iz enega inercialnega sistema delujočih sil v drug inercialni sistem je zahteven, saj od skakalca zahteva visok raven specifične motorične spretnosti, ustvarjalnosti, poguma in motoričnih sposobnosti.

Konfliktna situacija, ki nastane zaradi nedodanosti tehnike smučarskega skoka, se z zvišanjem zahtevnosti inercialnega sistema enormno povečuje in pri skakalcu povzroča neugodne psihične in osebne strese, ki lahko povzročijo tudi nepredvidljive negativne posledice.

Povezanost bazičnih motoričnih sposobnosti z uspešnostjo smučarjev skakalcev je bila predmet številnih študij, pri katerih so avtorji na splošno ugotavljali značilno korelacijo med rezultati v motoričnih sposobnostih in uspehom v smučarskih skokih (Bregar, 2000; Jošt, 2009; Vaverka, Janura, Elfmark in Salinger, 1997; Virnavirta in Komi, 1993a in 1993b; Virnavirta in Komi, 1994).

■ Vloga in pomen specialne moči smučarjev skakalcev

Moč je sposobnost smučarja skakalca da posamezne gibalne naloge tehnike smučarskega skoka izvede z optimalno silo.

Skakalec potrebuje visoko raven moči predvsem v oporni fazi odskoka in oporni fazi doskoka. Maksimalna potreba po moči se največkrat pojavi prav v fazi doskoka pri ekstremno dolgih skokih oziroma poletih. Včasih sile pri doskoku dosežejo tudi 10-kratno velikost sile telesne teže skakalca. Odlični skakalci so zaradi svoje odličnosti tudi žrtev predolgih skokov, ki preprosto povzročijo pritiske, ki jih človeško telo ne more uspešno ublažiti brez padca.

Skakalec mora imeti dobro razvito statično in dinamično komponento moči.

Statično moč potrebuje predvsem v fazi vožnje po ravnem delu zaletišča, pri vožnji v prehodnem loku zaletišča, v osrednjem delu leta in pri vožnji v iztek skakalnice.

Dinamična moč je odločilna za uspešno izvedbo faze vzleta in faze doskoka.

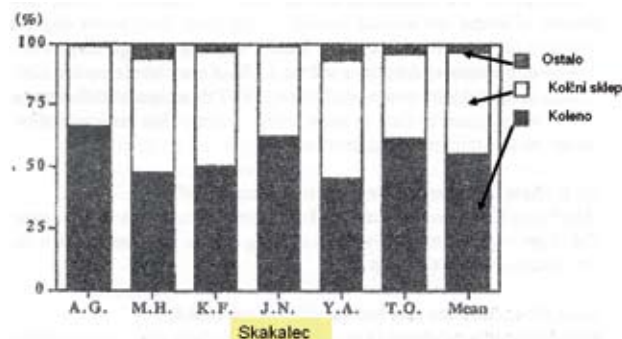
V oporni fazi odziva mora skakalec razviti ustrezno odzivno hitrost gibanja skupnega težišča sistema skakalec-smučar usmerjeno pravokotno na podlago. Omenjena hitrost omogoča skakalcu posledično dvig skupnega težišča v fazi vzleta. Če se ne upošteva vpliv aerodinamike, se s spreminjanjem velikosti odzivne hitrosti dosežejo naslednje mehanske količine (Tabela 1):

Tabela 1

Izbrane mehanske vrednosti, odvisne od velikosti odzivne hitrosti smučarja skakalca

Hitrost (m/s)	Višina dviga T.T (cm)	Čas dviganja do točke $v_y = 0$ (s)	Opravljen pot letenja v x smeri (m) ob predpostavki $v_x = 25$ m/s
1	5	0.05	1.25
2	20	0.2	5.0
3	45	0.3	7.5
4	80	0.4	10.0

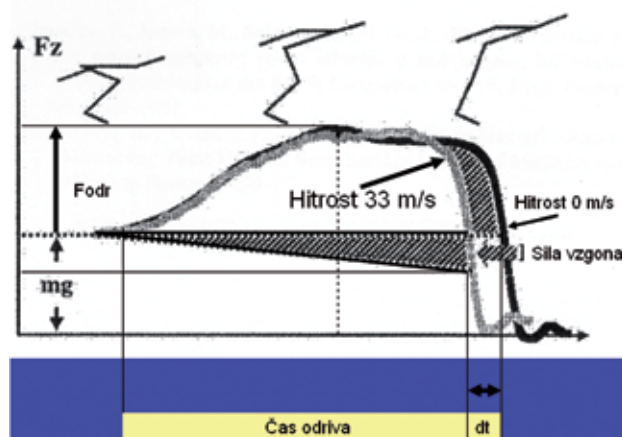
Pri odzivu v oporni fazi odskoka se energija potrebne moči tvori pretežno v kolenskem in kolčnem sklepu (Slika 1). Več kot 50 % energije oziroma moči se ustvari v kolenskem sklepu in od 30 do 40 % se ustvari v kolčnem sklepu. Delež energije, ki se ustvarja v drugih delih telesa je minimalen (Sasaki, Tsunoda, Uchida, Hoshino in Ono, 1997).



Slika 1. Delež tvorjenja energije oziroma moči pri odzivu v oporni fazi odskoka v kolenskem in kolčnem sklepu (Sasaki, Tsunoda, Uchida, Hoshino in Ono, 1997).

■ Vloga odzivne moči smučarjev skakalcev v povezavi z velikostjo skakalnice

Dilema optimalnega razvoja odzivne moči je povezana tudi z njeno koristnostjo z vidika velikosti skakalnice. Znano je, da z velikostjo skakalnice upada korelacija med močjo odziva in uspešnostjo skakalcev in narašča z dejavniki aerodinamične učinkovitosti tehnike gibanja. V eksperimentu Virnavirta in sod (2001) je bila proučevana struktura odzivne moči pri simulaciji različnih velikosti skakalnic oziroma hitrosti gibanja. Hitrost gibanja je bila izračunana na podlagi moči delovanja sile vetra, umetno ustvarjene v vetrovniku. Ugotovitve so pokazale (Slika 2), da se maksimalna odzivna sila pri odzivu ni bistveno spremenila.



Slika 2. Struktura impulza odzivne sile pri simulaciji osnovne hitrosti gibanja in z njo povezane velikosti delovanja sile gibanja zraka (Virnavirta, Kivekäs in Komi, 2001).

Do bistvenih sprememb je prišlo v času odziva. Z večanjem skakalnic se odzivni čas zmanjšuje. Na letalnicah je ta sprememba že izrazita. Končna hitrost odziva je ne glede na velikost skakalnice približno enaka.

Na velikih skakalnicah oziroma letalnica se manjši impulz odzivne sile lahko nadomesti z naraščanje impulza sile vzgona. Kar skakalec izgubi na računa moči odziva, pridobi nazaj na račun povečane sile vzgona. Tovrstno spoznanje potrjuje hipotezo o diferenciaciji skakalcev na dva tipa. Prvi tip so skakalci za manjše skakalnice (dominacija moči odziva) in drugi tip so skakalci za večje skakalnice, predvsem letalnice. Pri poletih lahko uspejo tudi skakalci z manjšo odzivno močjo, če uspejo primanjkljaj odzivne moči nadomestiti z aerodinamično bolj učinkovito tehniko vzleta in leta.

■ Osnova za izražanje moči odziva skakalca je mišična sila odziva

Na osnovi impulza mišične sile in njenega momenta (navora) se posledično v odvisnosti od značilnosti inercialnega okolja dinamičnih sil (sila teže, trenja, zračnega upora, aerodinamični vzgon, sile lepenja ...) in njihovih momentov razvija oziroma spreminja hitrost gibanja telesnih segmentov oziroma telesa smučarja skakalca.

V fizikalnem smislu sta mišična sila in hitrost povezani kot vzrok in posledica. Pri tem je mehanična hitrost telesa odvisna od polnega impulza mišične sile, tj. od integrala moči $I = \int F(t) dt$ in ne od splošne funkcije $F(t)$. Enaka končna vrednost hitrosti gibanja z vidika razmerja med impulzom mišične sile (I) in maso (m) ($v = I/m$) je lahko dosežena pri različni obliki funkcije $F(t)$ ob pogoju enakosti površine izpod krivulje »sila-čas«.

Ta naravni mehanični zakon v pogojih skakalčeve aktivnosti v fazi odskoka velja v omejeni meri, ker se oblika krivulje $F(t)$ odreja z determinantnimi cilji tehnike skoka, ki pa je poleg zadostnega izražanja moči pogojena tudi z aerodinamično učinkovitostjo (Vaverka, 1987; Virnavirta, Kivekäs in Komi, 2001).

Specialna moč smučarja skakalca se lahko razvije le z ustrežno adaptacijo živčno-mišičnega sistema (Bernstein, 1967). Sposobnost prilagajanja tehniki gibanja predstavlja specifično »danost« živčno-mišičnega aparata in poseduje prizvok sredstev, ki so bila koriščena v toku transformacijskega procesa. Neupoštevanje te okoliščine je groba napaka, ki lahko stane smučarja skakalca mnogo leta težkega in neučinkovitega dela.

Za smučarja skakalca je pomemben kriterij hitrost razvoja maksimalnega napora (sile), ki dopolnjuje kriterij absolutne velikosti moči.

Specifične tendence v kvantitativnem izpopolnjevanju gibanja smučarjev skakalcev pri odzivu se izražajo v stalnem skrajševanju časa gibanja z istočasnim porastom mišične sile. Ta kvalitativna značilnost je neposredno povezana s specifičnimi lastnostmi živčnomišičnih mehanizmov gibanja in zahteva njihovo usmerjeno izpopolnjevanje.

Mišična sila pri odzivu deluje vektorsko. Samo glavna projekcija mišične sile odziva F_{odr} , ki predstavlja translatorsko komponento sile reakcije tal F_{rea} , povzroči, da se spreminja velikost hitrosti skupnega težišča telesa smučarja skakalca v smeri gibanja skupnega težišča. Druga tangencialna komponenta mišične sile odziva omogoča obračanje telesa smučarja skakalca okoli točke skupnega težišča v sagitalni smeri.

Skakalec bo torej razvil toliko večjo mišično moč v fazi odskoka, v kolikor krajšem času bo opravil večje delo, ki se kaže

v premiku skupnega težišča telesa v optimalni smeri gibanja in zmožnosti doseganja ustrezne rotacije telesa pri prehodu v let.

Odskok smučarja skakalca se izvaja pri znatnem vplivanju zunanjih fizikalnih sil, kar ruši normalni tok mišičnega delovanja. Gibanje smučarja skakalca se ustvarja s pomočjo celotnega živčno mišičnega sistema in lokomotornega aparata. Znotraj tega sistema obstaja veliko število prostostnih stopenj gibanja. Nepredvidene prostostne stopnje stalno menjajo napetost mišic. To ustvarja stalno plastično menjavo živčno mišične inervacije, ki v vsakem trenutku izvedbe gibanja odgovarja spremembi položaja telesnih ekstremitet in stanju živčno mišičnega sistema.

■ Povezava med mišično silo in hitrostjo gibanja

Hitrost gibanja skupnega težišča je mehansko odvisna od osnovnega mehanskega zakona oziroma od razmerja med impulzom mišične sile in maso skakalca.

Ta nesporen mehanični zakon pa v pogojih realizacije odskoka smučarja skakalca zaradi omejenosti amplitude gibanja ne izraža pravega stanja. Skakalec ne more povečati časa realizacije gibalne naloge, ker bi to pomenilo čisto nelogično in nerazumno tendenco z vidika doseganja večje hitrosti gibanja pri konstantno določeni amplitudi gibanja (Jošt in Vaverka, 1988). Seveda se tukaj vmeša še množica drugih dejavnikov, kar pa v tem trenutku presega predmet naše obravnave. Prav tako skakalec ne more zmanjšati svoje telesne mase. Zaradi tega je logično, da mora skakalec med odzivom še najbolj povečati mišično silo. Hitrost gibanja težišča sistema skakalec-smučarja v želeni smeri je torej predvsem odvisna od velikosti producirane mišične sile v določenem času.

Delovni učinek smučarja skakalca v oporni fazi odskoka je odvisen od več komponent mišične odzivne moči (startne, pospeševalne, eksplozivne, maksimalne, hitrostne).

Struktura mehanizma, ki regulira velikost mišične sile, je zapletena in je predvsem determinirana s koordiniranim in usklajenim delovanjem tistih delov centralnega živčnega sistema, ki v osnovi regulirajo frekvenco živčnih impulzov, količino aktiviranih motoričnih enot in prevodnost nevronskih polisinaptičnih poti, od katere je še posebej odvisna hitrost prenašanja živčnih impulzov.

Z vidika zagotavljanja potrebne rezultante mišične sile je pomembna mobilnost živčno-mišičnega aparata, predvsem pri postopnem vključevanju novih motoričnih enot v odvisnosti od funkcionalnega položaja mišic glede na anatomske značilnosti lokomotornega aparata in biomehanske zahteve samega odskoka. S tega vidika je potrebna izredno prefinjena medmišična in znotrajmišična koordinacija. Le tako bo lahko zagotovljena optimalna rekrutacija (proces vključevanja) novih motoričnih enot.

Rezultanta delujočih mišičnih sil bo pri odskoku največja takrat, kadar bo ob optimalni rekrutaciji delovalo kar največ motoričnih enot z njihovo največjo možno frekvenco.

Pomemben dejavnik, ki določa uspešnost bliskovitega motoričnega akta v fazi odskoka, je tudi visoka sposobnost aktiviranja in sproščanja tako agonističnih kot tudi antagonističnih mišic.

Izhod mišične sile je odvisen tudi od velikosti in strukture mišičnih vlaken. Pri veliki hitrosti v pogojih eksplozivno-balističnega mišičnega naprežanja se pretežno aktivirajo mišična vlakna, sposobna hitre kontrakcije (Latash, 1998). Še vedno ni ugotovljeno, ali se struktura mišičnih vlaken na osnovi trenažnih stimulusov spreminja, zato se hipotetično predpostavlja, da vrhunski skakalci razpolagajo z visokim odstotkom hitrih (fazičnih) mišičnih vlaken.

S povsem fiziološkega vidika je hitrost mišične kontrakcije odvisna od koncentracije adenozintrifosfata (ATP), od hitrosti razpadanja kreatinfosfata pod vplivom živčnih impulzov in tudi od časa razpadanja ATP.

S treniranjem se lahko vpliva na količino aktivne mišične mase, ki sodeluje v gibanju, relaksacijo antagonistov in nekatere mehanske, biokemične ter anatomske lastnosti mišic.

Z mehanskega vidika je poleg dolžine ročic, dolžine mišic, fiziološkega presega mišice, hitrosti kontrakcije mišice, trajanje giba pomembno, da se aktivira čim več motoričnih enot, predvsem tistih, ki vsebujejo dolga, hitra mišična vlakna, locirana bolj na površju mišičnega tkiva. Poleg teh dejavnikov po vsej verjetnosti obstaja še več drugih, ki vezani na različne mehanizme, vplivajo na hitrost in moč mišičnega krčenja.

Končni uspeh z vidika maksimalnega koriščenja potenciala mišične moči v pogojih specialno-motoričnega akta smučarja skakalca je odvisen tudi od sposobnosti kontroliranja lastne volje, ki mora biti na ravni potreb in zahtev motoričnega akta.

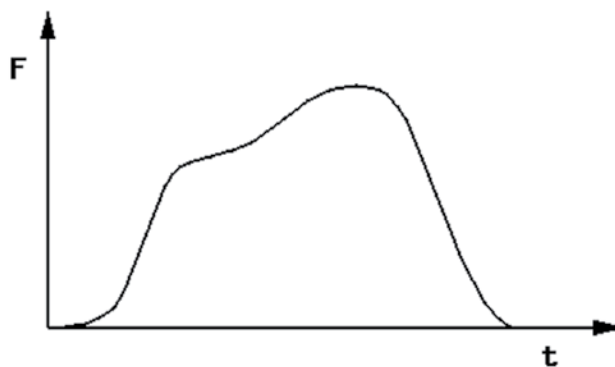
Med psihološkimi faktorji je pomembna zlasti motivacija skakalca, ki neposredno vpliva na sposobnost tekmovalca, da mobilizira maksimalno možno število motoričnih enot. Pri maksimalni voljni kontrakciji se lahko aktivira do 95 % motoričnih enot, če je ta na nizkem ravenju, pa le 70 % (Verhošanski, 1979).

■ Vloga različnih oblik impulza mišične sile pri razvijanju odrivne moči

Če se odmisli obliko tehnike gibanja smučarja skakalca v oporni fazi odskoka, konkretno smer gibanja, delovne vzvode, ki ga realizirajo, in tudi režim mišičnega naprežanja, potem se karakter razvoja obremenitve lahko predstavi z grafikonom poteka sile v času $F(t)$. Začetek in konec grafa vedno leži na apscisi glede na to, da se gibanje začne in konča z ničelno hitrostjo (Slika 3). Delovni učinek napora se odreja z impulzom sile ($I = F \cdot t$) v skladu z zakonom o ohranitvi gibalne količine:

$$\int_{t_1}^{t_2} F(t) dt = mv_1 - mv_2$$

(t_1 – prva začetna časovna točka opazovanja sile; t_2 – druga končna časovna točka opazovanja sile; v_1 – hitrost ob začetku opazovanja sile, v_2 – hitrost ob koncu opazovanja sile; m – masa oziroma teža).



Slika 3. Krivulja delovnega napora (impulza mišične sile v času) v fazi odskoka.

Sprememba gibalne količine v določeni smeri v času odskoka smučarja skakalca je odvisna od impulza rezultantne sile odriva v dani smeri. Če bi pri odskoku upoštevali samo delovanje sile teže, potem bi bila sprememba gibalne količine oziroma hitrosti gibanja skupnega težišča v vertikalni smeri odvisna od površine impulza sile reakcije tal F_{REA1} , ki je odvisna od velikosti impulza sile mišic:

$$dv = \int_{t_1}^{t_2} F_{REA1}(t) dt \cdot (0,81 / G \cos Q) dt$$

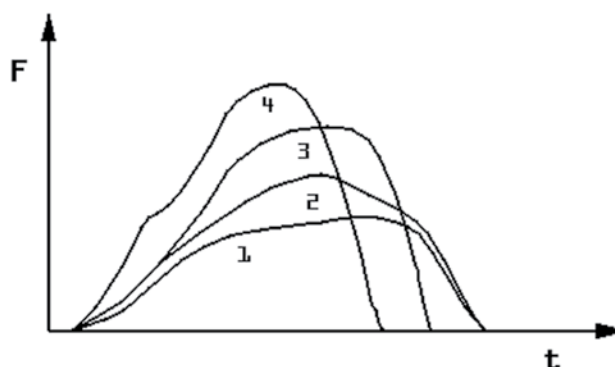
– potek časa od začetka odriva (t_1) do konca odriva (t_2)

m – masa sistema skakalec in oprema

$\cos Q$ – naklon odskočne mize

Povečanje delovnega učinka v gibanju se lahko omogoči s povečanjem površine impulza sile, s čimer se v bistvu tudi odraža cilj funkcionalnega izpopolnjevanja gibanja v fazi odskoka smučarja skakalca. Vsled vztrajnemu treniranju smučarja skakalca se spreminja tudi grafikon. Več avtorjev (Verhošanski, 1979; Virnavirta in Komi, 1994) je prišlo do zaključkov, da se te krivulje v toku treninga spreminjajo po nekih splošnih zakonitostih.

Na Sliki 4 je prikazan načelni karakter spremembe grafikona $F(t)$ v procesu treninga.



Slika 4. Sprememba oblike poteka impulza mišične sile.

Na osnovi raziskovalnih ugotovitev se predpostavlja, da se skozi proces večletnega treninga izoblikovanje impulza sile vrši na naslednji način:

- V začetku prihaja do relativno enakomernega povečanja naporov (glede na začetni raven) v toku gibanja (krivulja 2). Pri tem pa se trajanje gibanja bistveno ne spreminja;

- v nadaljevanju prihaja do znatnega porasta maksimuma napora in značilnega skrajšanja časa, ki je potreben za realizacijo gibanja (krivulja 3);
- na koncu, prihaja do povečanja vrednosti sile predvsem na začetku delovnega napora po znatnem pomanjšanju časa, ki je potreben, da se ta vrednost sile doseže (krivulja 4).

Pri odskoku smučarja skakalca, kjer prevladuje mišično naprezanje eksplozivno-balističnega tipa pri relativnem majhnem zunanem odporu, je izpopolnjevanje delovnega učinka povezano s koncentracijo velikosti delovnega napora na začetnem delu amplitude gibanja, tj. z značilnim povečanjem maksimalnega napora in skrajševanjem potrebnega časa, da se le-ta doseže.

Torej se povečanje delovnega učinka gibanja v času izgrajevanja tehnike smučarja skakalca odvija neodvisno od režima in zunanjih pogojev funkcioniranja motoričnega aparata z določeno zakonitostjo. **Ta zakonitost se pri realizaciji oporne faze odskoka izraža:**

- s povečanjem maksimuma delovnega napora,
- s premikom momenta doseganja maksimuma napora proti začetku delovnega napora mišic in
- s povečanjem delovne amplitude gibanja in skrajševanjem časa za realizacijo gibanja.

Takšne tendence pa zahtevajo zadostno razvito eksplozivno moč smučarja skakalca. Za njo je karakteristična sposobnost mišic za realizacijo velikih dinamičnih naprezanj v minimalnem času.

■ Kvalitativna ocena eksplozivne moči smučarja skakalca

Za kvalitativno oceno eksplozivne moči se v smislu fiziološke definicije običajno koristi odnos med maksimalno silo oziroma naporem in časom, ki je potreben, da se razvije:

$$I = \frac{F_{\max}}{t_{\max}} \quad I - \text{gradient (eksplozivna moč)}$$

$$F_{\max} - \text{maksimalna sila}$$

$$t_{\max} - \text{čas od } F = 0 \text{ do } F = \max$$

Krivulja eksplozivnega napora $F(t)$ se odraža s pomočjo treh komponent (J. V. Verhošanski, 1979):

- z absolutno maksimalno silo mišic (maksimalna moč);
- z sposobnostjo mišic za hitro premagovanje zunanje sile v začetku delovnega naprezanja (štarzna moč) in
- s sposobnostjo mišic za hitro doseganje maksimalnih vrednosti zunanje sile v toku razvoja delovnega naprezanja (eksplozivna moč).

Za kvalitativno oceno startne moči mišic, ki se realizira pri dinamičnem režimu, se uporablja odnos $Q = \frac{F_p}{t_p}$ ali vrednost tangensa kota nagiba tangente ($\text{tg } \alpha$) glede na krivuljo $F(t)$ v točki F_p , ki predstavlja točko doseganja polovične vrednosti maksimalne sile **F REA1**.

Štarzna moč v oporni fazi odskoka omogoča, da delovno naprezanje mišic kar najhitreje doseže raven, na katerem se vključujejo mehanizmi, »zadolženi« za realizacijo pospeševalne moči.

V prvem delu odrida pri obstajanju največjega zunanjega odpora sile teže startna moč temelji na izometričnem potencialu mišične moči. Ta je izražena toliko bolj, kolikor večji je zunanji odpor. V prvem trenutku odrida smučarja skakalca je prisotno močno dinamično eksplozivno balistično naprezanje mišic, ki daje telesu smučarja skakalca čim večji pospešek in začetno hitrost gibanja.

V naslednjem trenutku pa se vključujejo mehanizmi pospeševalne moči v dinamičnem režimu dela. Za pospeševalno moč mišic se v kvalitativni analizi uporabi ($\text{tg } \alpha$) tangens kota tangente na krivuljo pri vrednosti ordinate enaki $\frac{1}{2} F_{\max}$. Pospeševalna moč je sposobnost mišic za hitro povečanje delovnega napora v pogojih, ko je mišična sila dosegla polovico svoje maksimalne vrednosti od začetka mišične kontrakcije.

Pospeševalna moč je hipotetično toliko večja, kolikor večja je štarzna moč. To je še toliko bolj pomembno ob upoštevanju časovne in prostorske omejenosti pri realizaciji odskoka.

Hipotetično se predpostavlja, da je delovni učinek smučarja skakalca v fazi odskoka odvisen najmanj od petih kvalitativno specifičnih komponent odridne moči (Verhošanski, 1979):

1. absolutne maksimalne moči, izražene v izometričnem režimu naprezanja mišic (P_0), v tistem delovnem položaju, ki odraža najbolj učinkovit položaj za produkcijo sile v dinamičnem režimu mišičnega delovanja,
2. startne moči ($Q - \text{gradient}$),
3. pospeševalne moči ($G - \text{gradient}$),
4. eksplozivne moči ($I - \text{gradient}$)
5. absolutne hitrosti gibanja (V_0).

Faktorska analiza je na vzorcu atletov skakalcev srednje kvalitete pokazala, da so bile posamezne komponente moči med seboj neodvisne. Predpostavlja se tudi, da trening ne menja strukture sposobnosti, hitrosti in moči v odvisnosti od karakterja in pretežne usmerjenosti treninga, menja se le faktorska utež posameznih komponent sposobnosti moči, kot tudi velikost deleža vsake komponente oziroma faktorja. Za smučarske skoke je to spoznanje pomembno.

V procesu razvoja moči odrida v oporni fazi odskoka smučarja skakalca se mora razvijati vse komponente moči s ciljem, da se v optimalnem času odrida (0,15 sek. do 0,25 sek.) doseže v vseh komponentah optimalno maksimalne vrednosti.

Eksplozivna moč je močno povezana z uspešnostjo v smučarskih skokih (Jošt, 2009; Komi in Virmavirta, 1993a; Virmavirta in Komi, 1993b; Virmavirta in Komi, 1994).

V procesu treniranja odridne moči smučarjev skakalcev je moč oblikovati naslednja načela in spoznanja:

- Kadar je zunanji napor oziroma obremenitev majhna, je prisotna velika hitrost gibanja ob nizki vrednosti maksimuma eksplozivnega naprezanja.
- S povečevanjem zunanjega napora do vrednosti 20 % maksimalnega napora hitrost gibanja upade na 30 % maksimalne hitrosti.
- Pri 60 % in več maksimalnega zunanjega napora hitrost gibanja praktično pade na nič. Obratno pa narašča velikost

maksimalnega eksplozivnega naprežanja, ki se vse bolj odraža v izometričnem režimu mišičnega delovanja.

V Tabeli 2 so prikazane vrednosti razvoja maksimalne sile pri dinamičnem mišičnem delovanju v odvisnosti od velikosti zunanje obremenitve izražene v % **Po** (Verhošanski, 1979):

Tabela 2

Razvoj maksimalne sile v dinamičnih pogojih mišičnega delovanja (F_{max}) glede na velikost absolutne maksimalne sile mišic izražene v pogojih izometričnega delovanja (**Po**) (povzeto po Verhošanski, 1979)

Gibanje z bremenom	F_{max} v % od Po	Deficit moči	Korelacija F_{max}/Po
80 % od Po	94,0	6,0	0,82
60 % od Po	82,7	17,3	0,79
40 % od Po	64,4	35,6	0,65
20 % od Po	47,7	52,3	0,31

Z naraščanjem zunanjega bremena narašča tudi maksimalna sila mišic. Pri nizkih zunanjih obremenitvah (20 % od **Po**) se pojavlja več kot 50 % deficit moči. Prav tako se znižuje korelacija med maksimalno silo mišic, izraženo v dinamičnih pogojih (F_{max}), in maksimalno absolutno silo mišic, izraženo v izometričnih pogojih delovanja (**Po**).

- Za razvoj maksimalne eksplozivne moči smučarja skakalca v oporni fazi odskoka je potrebno uporabljati zunanje obremenitve v bližini absolutne maksimalne vrednosti (P_o), seveda ob predpostavki kratkega oziroma optimalnega časa mišičnega naprežanja (od 0,15 do 0,25 sek). Prav to bo povzročilo posledično maksimalno hitrost giba v pogojih ničelnega ali pa nizkega zunanjega napora (do 10 % od P_o).
- Trening za razvoj eksplozivne moči, ki bo vključeval nizke in srednje (od 10 do 60 % od P_o) zunanje obremenitve v dinamičnem režimu mišičnega delovanja, ne bo posebej uspešen.
- Razvoj specialne odzivne moči se mora izvajati ob upoštevanju specifičnega režima mišičnega delovanja, ki se pojavlja ob izvedbi tehnike smučarskega skoka (Jošt, 1988; Jošt, 1998; Komi in Virnavirta, 1994; Virnavirta, Kivekäs in Komi, 2001).

Literatura

- Bernstein, N. A. (1967). *The coordination and regulation of movements*. Oxford, Pergamon Press.
- Bregar, R. (2000). *Povezanost izbranih spremenljivk vertikalnega odskoka z nekaterimi motoričnimi in morfološkimi dimenzijami smučarjev skakalcev* (diplomsko delo). Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Jošt, B. (1988). Trenažerji za specialno motorično pripravo smučarjev skakalcev. *Šport*, 36, 1-2: 1520.
- Jošt, B., Vaverka, F. (1988). *Osnove biomehanike smučarskih skokov*. Ljubljana: Fakulteta za telesno kulturo.
- Jošt, B. (1998). Vadbena naprava za razvoj specialne odzivne moči smučarjev skakalcev. *Šport*, 46, 1: 58.
- Jošt, B. (2009). *Teorija in metodika smučarskih skokov*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Komi P. V., Virnavirta M. (1997). Ski-jumping take off performance: Determining factors and methodological advances. In: *Proceedings book of the First International Congress on Skiing and Science, St. Christoph a. Arlberg, Austria, January 7-13, 1996*, (pp. 326). Cambridge: Cambridge University Press.
- Latash, M. (1998). *Neurophysiological basis of movement*. USA: Human Kinetics.
- Sasaki, T., Tsunoda, K., Uchida, E., Hoshino, H & Ono, M. (1997). Joint Power Production in Take-Off Action during Ski-jumping. In: (Muller, E., Schwameder, H., Kornaxl, E., Raschner, C., eds.). *Proceedings of the first International Congress on Skiing and Science St. Christoph a. Arlberg, Austria, January 7-13, 1996*; 49-60.
- Vaverka, F. (1987). *Biomechanika skoku na lyžich*. Olomouc: Univerzita Palackeho.
- Vaverka, F., Janura, M., Elfmark, M. in Salinger, J. (1997). Inter-and intra-individual variability of the Ski jumpers take-off. In Müller, E., Schwameder, H., Kornaxl, E. & Raschner, C. (Ed.), *Science and Skiing (Proceedings book of the First International Congress on Skiing and Science, St. Christoph a. Arlberg, Austria, January 7-13, 1996)*. (pp.6171). Cambridge: Cambridge University Press.
- Virnavirta M. in Komi P. V. (1993a). Measurement of take-off forces in ski jumping part I. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 3, 229-236.
- Virnavirta M. in Komi P. V. (1993b). Measurement of take-off forces in ski jumping part II. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 3, 237-243.
- Virnavirta M. in Komi P. V. (1994). Take-off analysis of a champion ski jumper. *Coaching and Sport Science Journal*, 1, 23-27.
- Virnavirta M., Kivekäs, J. in Komi P. V. (2001). Take-off aerodynamics in ski jumping. *Journal of Biomechanics*, 34, 465-470.

Prof. dr. Bojan Jošt, prof. šp. vzg
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
bojan.jost@fsp.uni-lj.si



Robi Kreft,

Samo Rauter, Janez Vodičar, Jožef Šimenko, Milan Čoh

Vpliv izbranih testov moči na rezultat teka na 60 m pri mlajših atletih

The effect of selected strength tests on the running the 60m sprint for young athletes aged 9 to 13 years

Abstract

The purpose of the research was to determine the effect of selected *strength* tests on the running the 60m sprint for young athletes aged 9 to 13 years. In a sample of test takers were included 57 young athletes, in which the youngest was 9 years old and the oldest 13 years old. All young athletes involved in the training process in their athletic clubs. The sample of predictors variables have been included following strength tests: the standing long jump and the standing triple jump, vertical jump with a counter movement (CMJ) and five consecutive vertical jumps over obstacles. According to the results of the regression analysis in the category of young athletes U12 there is a significant correlation between the multiple running at 60 m and the set of predictors ($R = .86$). A statistically significant predictor of the individual is the standing long jump. In the category of young athletes U14, there is also significant multiple connection running at 60 m with a strength test ($R = 0.85$). But we can not identify any individual characteristic connection strength test with a score sprint to 60 m. Near the statistical significance of the test is two legged vertical jumping over 5 obstacles.

Keywords: athletics, sprint 60m, strength, younger athletes.

Izvleček

Namen raziskave je bil ugotoviti vpliv nekaterih testov moči na rezultat teka na 60 m pri mlajših atletih, starih od 9 do 13 let. V vzorcu testirancev je bilo zajetih 57 mlajših atletov. Vsi mlajši atleti so vključeni v sistematični trenažni proces v svojih atletskih klubih. V vzorec prediktorskih spremenljivk so bilo vključeni naslednji testi moči: skok v daljino z mesta, troskok z mesta, vertikalni skok z nasprotnim gibanjem in pet zaporednih vertikalnih skokov čez ovire. Glede na rezultate regresijske analize pri kategoriji mladih atletov U12 obstaja signifikantna multipla povezanost med tekom na 60 m in setom prediktorjev moči ($R = .86$). Statistično značilen individualni prediktor je le skok v daljino z mesta. Pri kategoriji mladih atletov U14 obstaja prav tako signifikantna multipla povezanost teka na 60 m s testi moči ($R = 0.85$). Vendar ne moremo ugotoviti nobene individualne značilne povezave testa moči z rezultatom sprinta na 60 m. Blizu statistične značilnosti se nahaja test sonožni vertikalni skoki čez 5 ovir.

Ključne besede: atletika, tek na 60 m, moč, mlajši atleti.

Uvod

Moč je fizikalno opredeljena kot sposobnost opravljanja dela v nekem času. Ko govorimo o moči kot gibalni sposobnosti, se ta definicija pogosto zamegli. Zlasti v slovenski terminologiji zasledimo izraz mišična moč tudi takrat, ko gre v resnici za mišično silo (časovno odvisno ali neodvisno). Literatura deli mišično moč v glavnem po manifestnem kriteriju (statična, dinamična, odzivna) ali topološkem kriteriju (moč nog, moč rok, moč trupa) oz. z vidika silovitosti mišičnega krčenja (največja moč, hitra moč, vzdržljivost v moči) (Šarabon, 2007). Po Ušaju (2003) je moč kot motorično sposobnost mogoče definirati z različnih vidikov. Z vidika deleža telesa (mišične mase), s katerim premagujemo obremenitev, je možno definirati splošno in specifično moč. Drugi vidik deli moč z vidika tipa mišičnega krčenja, in sicer na statično in dinamično.

Tretji vidik deli moč glede na silovitost, in sicer na maksimalno moč, hitro moč ali eksplozivno moč in vzdržljivost v moči. Strojnik (1997) definira moč na podlagi manifestne in latentne strukture moči. Manifestna struktura moči vsebuje pojavne oblike moči, kot so: odzivna, sprinterska, metalna, suvalna, udarna itd. Latentna struktura uporablja poenostavljen model delovanja človeka, ki pri največjem naporu predstavlja specifično delovanje živčno-mišičnega sistema v treh tipičnih pogojih: maksimalna moč, hitra moč in vzdržljivost v moči. Zatsiorsky (1995) je uporabil eno najenostavnejših delitev moči, ki deli moč na absolutno in relativno. Absolutna je največja moč, ki jo športnik razvije pri določenem gibu, relativna pa razmerje med absolutno močjo in telesno težo. Trenažni moči je dražljaj, ki izzove določene spremembe v telesu kot posledico prilagoditev telesa na obremenitve. V predpubertetnem obdobju je napredek v absolutni moči zlasti posledica

živčnih dejavnikov, medtem ko je kapaciteta povečanja mišične mase v tem obdobju izjemno majhna in se začne povečevati v pubertetnem obdobju. V predpubertetnem obdobju še ni bioloških temeljev, ki bi omogočali povečevanje mišične mase. S tem mislimo zlasti na endokrini sistem in raven hormonov, ki omogočajo učinkovit anabolizem mišičnih vlaken (Šarabon 2007).

Moč pri mladih

Bizjan (2004) ugotavlja, da je moč v današnjih časih pri mladih fantih in dekletih slaba, saj sodoben način življenja od otrok in mladine ne zahteva težjih fizičnih del, pa tudi športne discipline, s katerimi se otroci ukvarjajo, praviloma vplivajo le na določene mišične skupine. Mnogokrat je zapostavljen zgornji del telesa (mišice rok in ramenskega obroča in mišice trupa). Zato moramo biti v višjih razredih osnovne šole in srednji šoli najbolj pozorni na splošen razvoj moči. Z vadbo razvijamo vse mišične skupine, posameznikom prilagodimo vaje tako, da lahko ponovijo vajo 8 do 12 krat v enakomernem tempu, zadnje tri ponovitve pa opravijo že s težavo. Obdobje otroštva in predvsem mladosti je najbolj pomembno za razvoj moči.

Šarabon (2007) utemeljuje, da mora biti trening moči primerno oblikovan in nadzorovan, le tako je lahko varen za mladostnike. Z redno vadbo moči skeletne mišice postanejo močnejše zaradi povečane učinkovitosti regulacije živčnega sistema, povečane mišične mase, izboljšanja elastičnih mišičnih komponent in povečanih zalog energije, poleg tega takšen trening prispeva h kakovostnejši izvedbi drugih športnih gibanj in zmanjšuje dovzetnost za poškodbe. V predpubertetnem obdobju je napredek v absolutni moči zlasti posledica živčnih dejavnikov, medtem ko je kapaciteta povečevanja mišične mase v tem obdobju izjemno majhna. Pri tej starosti še ni razvitih bioloških temeljev, ki bi omogočali povečevanje mišične mase. Razvoj moči, ki nastopi kot posledica vadbe, je v tem obdobju zlasti rezultat učenja gibanja, ki se odraža v boljši znotraj mišični koordinaciji in s tem višji ravni hotene aktivaciji mišic.

Sposobnost za trening moči v pravem pomenu se lahko začne šele z zaključkom pospešenega telesnega razvoja v pozni puberteti, ko se ustvarijo biološki pogoji in podlage za omenjeno vadbo. Napredek v moči in razvoju največje mišične sile v omenjenem obdobju je vsota izboljšanja živčnih mehanizmov (v prvih 8 tednih) in mišične hipertrofije (v kasnejših fazah vadbe). Zato so učinki vadbe v tem obdobju lahko zelo izraziti, toda le pod pogojem, da upoštevamo osnovne biološke omejitve. Vsaj do 16. leta (pri nekaterih pa do 17. ali celo 18. leta) je dvigovanje maksimalnih bremen nevarno, saj rast dolgih kosti še ni zaključena, zato ne sodi v vadbeni program te starostne skupine. Po obdobju pubertete pa vadba moči (metode in oblike dela) postaja enaka kot pri odraslih (Škof, 2007a).

Biološki razvoj

Biološki razvoj lahko označimo kot proces kvantitativnih (proces celičnih delitev, njihovo rast) in kvalitativnih sprememb (diferenciranje celične funkcije), ki se zgodijo od spočetja do obdobja polne biološke zrelosti (Luzar, 2010 v Škof in Kalan, 2007). V času rasti (od rojstva do odraslosti) se človeku poveča telesna masa, poveča se velikost skeleta, mišic, večina organskih sistemov, poveča se produkcija energije itd. Živčni sistem ob rojstvu omogoča le grobe in slabo koordinirane gibe ter nekatere neonatalne reflekse, ki otro-

ku omogočajo hranjenje in enostavne odzive na zunanje okolje. Z razvojem pa postane sposoben uravnavanja zapletenih gibalnih nalog. Razvija se sposobnost učenja, kreativnost. Ob biološkem razvoju človek v tem obdobju razvije tudi svoj socialni in čustveni potencial (Luzar, 2010). Mišigoj-Duraković in Matković (2007) poudarjata, da je športna vadba po eni strani v primernem izboru, načrtovanju in nadzoru spodbujevalni dejavnik rasti in razvoja in da po drugi strani lahko ob neustrezni usposobljenosti strokovnih kadrov predstavlja velik dejavnik tveganja in povzroči več škode kot koristi.

Obdobje od rojstva do odraslosti biologi običajno razdelijo v štiri obdobja. Vsako ima svoje časovne okvire in specifične značilnosti (Škof in Kalan, 2007). Tako ločimo:

- 1. Obdobje dojenčka in malčka** obsega prvi dve leti in pol življenja oziroma do končnega prodora mlečnega zobovja. Prepoznavno je po zelo hitri rasti.
- 2. Zgodnje otroštvo** traja približno od dve leti in pol do zaključka predšolskega obdobja (do 6. leta starosti ali do prodora prvega stalnega zoba). V zgodnjem obdobju otroštva se rast zelo umiri. To je obdobje zelo hitrega razvoja živčnega sistema in osnovnih gibalnih spretnosti.
- 3. Srednje/pozno otroštvo** je obdobje nižjih razredov osnovne šole (do 10. leta za dekleta in do 12. leta starosti za fante). To je obdobje relativno stabilne in umirjene rasti in obdobje, ko se pojavijo prvi znaki spolne diferenciacije.
- 4. Mladostništvo** je razvojno obdobje, ki traja pri dekletih od 10. do 16. leta starosti in pri fantih od 12. do 18. leta. V tem obdobju pride do polnega razvoja telesnih sistemov tako v strukturnem kot funkcionalnem pomenu.

Obdobje mladostništva zajema predpuberteto, ki traja približno 2 leti (od 10. do 12. leta starosti pri dekletih in od 12. do 14. leta starosti pri fantih) in puberteto, s katero se obdobje mladostništva zaključuje. Za to razvojno obdobje sta značilni hitra telesna rast (pubertetni sunek rasti ali ang. *adolescent growth spurt*) in spolni razvoj, ki zajema spremembo dejavnosti živčnega in hormonskega sistema (Škof in Kalan, 2007).

Sprinterski tek pri mladih atletih

Tek je ena od najbolj naravnih oblik človekovega gibanja. Sprinterski tek kot najhitrejša oblika premikanja človeka z lastnimi silami spada med monostrukturne športne discipline. Z biomehanskega vidika je hitrost sprinterskega teka odvisna od frekvence in dolžina koraka. Ta dva parametra sta v medsebojni soodvisnosti in se v biološkem razvoju izrazito spreminjata. Moč kot motorična sposobnost definira predvsem dolžino koraka. Frekvenca koraka pa je odvisna predvsem od medmišične koordinacije in nevtbralnih dejavnikov ter je gensko pogojena. Sprinterski tek kot gibalni stereotip je sestavljen iz ponavljanja korakov v časovni enoti. Razmerje med frekvenco in dolžino koraka je pri posamezniku individualno definirano in avtomatizirano (Čoh in Tomažin, 2009 v Čoh s sodelavci, 2009).

V razvoju otrok se najbolj spreminjajo morfološke značilnosti: telesna teža, telesna višina in dolžina nog, ki neposredno vplivajo na hitrost in tehniko teka ter na oblikovanje motoričnega stereotipa (Strel, 1994). Na razvoj biološkega potenciala hitrosti v največji meri vpliva moč, ki je predmet naše študije.

Cilj pričujoče študije je ugotoviti vpliv nekaterih testov moči na rezultat teka na 60 m pri kategoriji (U 12 in U 14) mlajših atletov. Hipotetično lahko predvidevamo visoko stopnjo vpliva prostora moči na učinkovitost sprinterskega teka pri mladih atletih tako pri kategoriji U 12 kot kategoriji U14.



Slika 1. Tek na 60 m za mlade atlete U12.

Metode dela

Vzorec merjencev

V vzorcu merjencev je bilo zajetih 30 mlajših atletov (U 12): starost 9 do 11 let, višina 146.89 ± 7.06 ; teža 36.19 ± 5.74 in 27 mlajših atletov (U14): starost 12 do 13 let, višina 159.45 ± 7.16 ; teža 45.13 ± 7.54 , ki so vključeni v trenajni proces v enem izmed slovenskih klubov. Meritve so potekale v mesecu aprilu 2015 v sodelovanju Atletske zveze Slovenije in Fakultete za šport.

Vzorec spremenljivk

Za analizo vpliva izbranih testov moči pri mlajših atletih smo uporabili najboljši rezultat teka na 60 m (SPR60 [s]), **Slika 1**, ki je neodvisna spremenljivka, in odvisne spremenljivke (testi moči: skok v daljino z mesta (SDM [cm]), troskok z mesta (TRO [cm]), sonožni vertikalni skoki preko 5 ovir VERT_5 [sec]) in skok z nasprotnim gibanjem (CMJ [m]), **(Tabela 1)**.

Tabela 1

Vzorec spremenljivk – motoričnih testov

Št.	OZNAKA	ENOTA	SPREMENLJIVKA
1	SPR60	sec	Čas teka na 60 m
2	SDM	cm	Dolžina skoka v daljino z mesta
3	TRO	cm	Dolžina troskoka z mesta
4	CMJ	m	Višina vertikalnega skoka
5	VERT_5	sec	Čas 5 zaporednih vertikalnih skokov čez ovire

Postopek meritev

Meritve so potekale v mesecu aprila 2015 na lokacijah atletske dvorane Šport Šiška (stadion ŽAK) v Ljubljani in v dvorani atletskega kluba Kladivar v Celju.

Tek na 60 m so vadeči morali preteči čim hitreje v čim krajšem času. Startali so z visokega starta. Vsak je tekel enkrat. Čase smo merili z merilnim sistemom fotocelic (Brower-Timing System).

S tenziometrijsko ploščo ameriškega proizvajalca Amti smo merili sile reakcije podlage, na katero deluje merjenec v vseh smereh gibanja (X, Y in Z osi). Vertikalni skok z nasprotnim gibanjem (CMJ) je merjenec izvedel tako, da je stopil na pritiskovno ploščo ter izvedel skok. Navodila pri sonožnem skoku z nasprotnim gibanjem (CMJ) so bila, da se merjenec na znak merilca iz pokončnega položaja telesa (iztegnjena kolena in boki) čim hitreje spusti v pol čep (kot v kolenih 90°) ter se čim hitreje in čim višje odrine brez zamaha rok (z rokami se drži za boke od začetka do konca izvedbe skoka – doskoka). Merjenci so opravili 3 skoke. Početek med skoki je bil med 30 s in 60 s. Podatki najvišjega skoka so bili uporabljeni za nadaljnjo obdelavo (**Slika 2**).



Slika 2. Skok z nasprotnim gibanje (CMJ).

Pri skoku v daljino z mesta so vadeči morali odriniti sonožno in skočiti čim dlje. Pri skoku v daljino z mesta je vsak skočil dvakrat. Najboljši rezultat se je bil uporabljen za nadaljnjo obdelavo podatkov.

Tudi pri troskoku z mesta je bil cilj vadečega skočiti v treh zaporednih skokih čim dlje. Prvi skok je vadeči izvedel tako, da je odrinil sonožno in pristal na eno nogo (levo ali desno) in takoj povezal v naslednji skok (odriv je bil enonožni) ter pristal sonožno.

Cilj pri vertikalnih skokih čez 5 ovir je v čim krajšem času preskočiti vseh 5 ovir. Vadeče smo izmerili trikrat. Najboljši rezultat se je bil uporabljen za nadaljnjo obdelavo podatkov (**Slika 3**).



Slika 3. Preskakovanje ovir pri testu vertikalni skoki preko 5 ovir (VERT_5).

Statistična obdelava podatkov

Za statistično obdelavo smo uporabili program SPSS 21.0. Za opis vzorca smo uporabili orodja opisne statistike. Za pregled normalnosti porazdelitve podatkov smo uporabili Kolmogorov-Smirnov test. Za izračun vpliva izbranih testov (višina skoka z nasprotnim gibanjem, skok v daljino z mesta, troskok in vertikalni skoki) na rezultat testa sprinta na 60 m smo uporabili metodo linearne regresije, s katero smo testirali postavljeno hipotezo. Testiranje statistične značilnosti razlik smo ugotavljali na ravni 5-odstotnega tveganja.

Rezultati

Kolmogorov-Smirnov test ni bil statistično značilen, kar nam je pokazalo, da so podatki normalno porazdeljeni in primerni za nadaljnjo obdelavo (Tabela 2).

Tabela 2

Osnovna statistika testov starostih skupin U12 in U14

Spremenljivka	U12		U14	
	Mean	SD	Mean	SD
SPR60 (s)	9,85	0,66	9,19	0,66
SDM (cm)	180,40	19,00	201,27	17,28
TRO (cm)	521,07	49,09	594,58	58,92
VERT_5	2,58	0,23	2,49	0,22
CMJ (m)	0,22	0,04	0,25	0,03

Linearna regresija pri starostni skupini U12 je pokazala, da obstaja signifikantna povezanost med prediktorji (višina skoka z nasprotnim gibanjem, skok v daljino s mesta, troskok in vertikalni skoki preko 5 ovir) in odvisno spremenljivko čas teka na 60 m ($F(4,25) = 18.54, p = 0.00$). Model odvisno spremenljivko časa sprinta na 60 m pojasnjuje z $R^2 = 74.8\%$. Vzorcju merjencev skupine U12 je prediktor časa teka na 60 m enak $14.68 - 0.019$ (SDM) $- 0.003$ (TRO) $- 2.228$ (CMJ) $+ 0.211$ (VERT_5), kjer je SDM opredeljen kot cm, TRO kot cm, CMJ kot m in VERT_5 kot s. Statistično značilen prediktor v modelu predstavlja variabla SDM $p = 0.032$ (Tabela 3).

Tabela 3

Regresijska analiza sprinta na 60 m v prostoru izbranih testov moči za starostno skupino U12

Model	R	R ²	Prilagojeni R ²	Std. Error of the Estimate
U 12	,865a	,748	,708	,35856

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	14,675	1,250		11,742	,000
SDM	-,019	,008	-,539	-2,278	,032
U 12 TRO	-,003	,003	-,208	-1,054	,302
vert_5	,211	,304	,073	,695	,493
višina	-2,288	2,465	-,145	-,928	,362

a. Dependent Variable: SPR60

Linearna regresija pri starostni skupini U14 (Tabela 4) je pokazala, da obstaja signifikantna povezanost med prediktorji (višina skoka z nasprotnim gibanjem, skok v daljino s mesta, troskok in vertikalni skoki preko 5 ovir) in odvisno spremenljivko čas teka na 60 m ($F(4,21) = 13.98, p = 0.00$). Model neodvisnih spremenljivk pojasnjuje $R^2 = 72.7\%$ odvisne spremenljivke časa sprinta na 60 m. Vzorcju merjencev skupine U14 je prediktor časa teka na 60 m enak $11.66 - 0.15$ (SDM) $- 0.004$ (TRO) $+ 2.232$ (CMJ) $+ 0.844$ (VERT_5), kjer je SDM opredeljen kot cm, TRO kot cm, CMJ kot m in VERT_5 kot s. Nobena od variabel ne predstavlja statistično značilnega prediktorja v izbranem modelu. Blizu meje statistične značilnosti je test VERT 5.

Tabela 4

Regresijska analiza sprinta na 60 m v prostoru izbranih testov moči za starostno skupino U14

Model	R	R ²	Prilagojeni R ²	Std. Error of the Estimate
U 14	,853a	,727	,675	,37333

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	11,661	2,244		5,197	,000
SDM	-,015	,011	-,392	-1,402	,176
U 14 TRO	-,004	,003	-,330	-1,233	,231
vert_5	,844	,486	,284	1,735	,097
višina	2,232	2,852	,117	,782	,443

a. Dependent Variable: SPR60

Razprava

Na osnovi rezultatov študije lahko ugotovimo, da obstaja visoka povezanost med neodvisno spremenljivko teka na 60 m (SPR60) in odvisnimi spremenljivkami, multipla korelacija znaša ($R = .86$). To pomeni, da moč zelo vpliva na rezultate sprinterskega teka mlajših atletov. Šarabon (2007) govori o pozitivnih učinkih vadbe moči pri mlajših otrocih, ki so vključeni v različne športne panoge. Meni, da je najboljše okrepiti mišične skupine, ki so bliže trupu in kasneje postopoma tiste, ki so bolj oddaljene. Poudaril je tudi, da naj uporabljamo sub maksimalna bremena in poudarimo pravilno tehniko izvedbe vaj. Tudi Škof (2007) navaja pozitivne učinke vpliva moči pri mlajših otrocih. Meni, da naj bi se športni pedagogi in trenerji ravnali po osnovnih didaktičnih načelih razvijanja moči. Trdi, da če želimo, da bi bila športna vadba koristna, mora biti prilagojena trenutnim sposobnostim in lastnostim posameznika. To je osnovna didaktična zahteva vsake humane športne dejavnosti. Vadba mora biti torej usmerjena v individualne cilje in upoštevati posameznikove želje, sposobnosti in motivacijo. Pri tem pa navaja načelo postopnosti, načelo neprekinjenosti, raznovrstnost in pestro vadbo, načelo sistematičnosti in načelo nihajoče obremenitve.

Tudi Kreft (2010) je v svoji raziskavi ugotovil, da imajo tisti, ki imajo več moči, večjo hitrost v zaletu pri skoku v daljino, dosežejo boljši rezultat skoka in tudi tisti, ki imajo bolj razvito moč, so dosegli višjo višino pri skoku z nasprotnim gibanjem (CMJ).

Naša študija je pokazala, da rezultat v teku na 60 metrov pri mlajših atletih (U12) pojasnjuje le en statistično značilen prediktor moči: skok v daljino z mesta. Razlog je verjetno v homogenosti prostora moči oziroma supresorskem delovanju testov. Vsi izbrani testi: skok v daljino z mesta, troskok z mesta, vertikalni skok in vertikalni skoki čez 5 ovir so predstavniki eksplozivne moči, ki je dominantna sposobnost v sprinterskem teku. Sprinterski tek je v bistvu serija skokov v horizontalni ravnini, kjer pride do razvoja moči s kombinacijo ekscentrično-koncentričnih kontrakcij. Ta model razvoja moči je prisoten tudi pri naših izbranih testih. Zlasti pri skoku v daljino in troskoku z mesta. Skok v daljino z mesta kot dober prediktor sprinterske hitrosti pri mladih sprinterjih je bil ugotovljen že v več raziskavah (Šturm, 1992; Tomažin, 1999; Bračić, 2008).

Pri mladih atletih (U14) lahko ugotovimo prav tako visoko statistično značilno multiplo korelacijo teka na 60 m z izbranimi testi moči ($R = 0.85$). Hkrati pa noben test moči ne kaže značilne individualne predikcije na rezultat sprinta. Še najbližje statistični značilnosti ($\text{sig} = .97$) je test: vertikalni skoki čez 5 ovir, ko tipičen predstavnik elastične – hitre moči ekscentrično-koncentričnega mišičnega delovanja.

Da ima moč pozitiven učinek in velik vpliv na rezultat na tek na 60 m tako pri mlajših športnikih kot tudi pri vrhunskih športnikih je pokazala raziskava Baker in Nance (1999), ki sta testirala igralce rugbyja. Ugotovila sta veliko povezanost med testi moči in teki od 10 m do 40 m. Njuna študija govori, da igralci, ki so povečali moč nog na počepih, so tudi izboljšali hitrost na krajših sprintih (teki na 10 m, 20 m, 30 m in 40 m). Ugotovljena je bila velika korelacijska povezanost s počepom s težkimi utežmi in tekom na 40 m ($r = -0.76$ ($p \leq 0.05$)).

Tudi raziskava Kale in sodelavci (2009) je pokazala veliko korelacijsko povezavo med testi odzivne moči in testi hitrosti (tek na 100 m). V raziskavi, kjer je sodelovalo 21 sprinterjev, so jih izmerili v naslednjih testih: 100 m sprint, skok iz čepa (SJ), skok z nasprotnim gibanjem (CMJ), globinski skok (DP), skok v daljino z mesta (SDM), troskok z mesta (TRO) in še nekaj drugih testov. Kale in sodelavci (2009) so dobili podobne podatke kot naša raziskava. Kale in sodelavci (2009) so dobili visoko korelacijo med maksimalno hitrostjo teka na 100 m in globinskim skokom (DP) ($r = 0.69$; $p < 0.05$) in nizko korelacijo med rezultatom teka na 100 m in skok iz čepa (SJ) ($r = 0.39$; $p < 0.05$).

Avtorja (Phogat in Ahlawat, 2015) sta ugotovila visoko povezanost med nekaterimi testi moči in spoznanja rezultatom teka na 400 m. Izmerjenih je bilo 25 atletov, starih od 16 do 25 let, ki tekmujejo na državnem nivoju. Ugotovila sta visoko korelacijo med tekom na 400 m, skokom v daljino z mesta (SDM) in troskokom z mesta (TRO) ($r = .462$, $p < 0.05$). Dobila pa sta tudi zanimiv rezultat, kjer sta ugotovila, da rezultati dviga trupa (DTR), met težke žoge iz čepa nazaj in 10 zaporednih vertikalnih skokov nimajo vpliva na rezultat teka na 400 m.

■ Zaključek

Kljub temu da je tek prirodno, genetsko gibanje, je rezultat v sprintu na 60 metrov pri mladih atletih odvisen od mnogih dejavnikov, ki žal niso bili upoštevani v naši študiji. Moč je le ena od komponent tega rezultata. Obdobje od 10 do 13 leta starosti je pomembno z vidika razvoja osnovne in specialne motorike in z vidika začetnega izbora in usmerjanja mladih v sprinterski tek.

Zato je pomembno, da poznamo tiste značilnosti in sposobnosti, ki v tem starostnem obdobju največ prispevajo k pojasnjevanju sprinterske učinkovitosti. Na osnovi poznavanja sposobnosti in značilnosti bomo lahko bolj zanesljivo izbirali tiste posameznike, ki kažejo največji sprinterski potencial. Ta spoznanja pa nam omogočajo tudi kvalitetnejše in bolj objektivno načrtovanje in spremljanje trenažnega procesa mladih atletov.

■ Literatura

1. Baker, D., Nance, S. (1999). The Relation Between Running Speed and Measures of Strength and Power in Professional Rugby League Players. Velika Britanija. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
2. Bašič, M. (2007). Metodike osnove treninga snage kod djece [elektronska izdaja]. 5. Godišnja međunarodna konferencija: *Kondicijska priprema sportaša 2007*. 108–113.
3. Bizjan, M. (2004). *Šport mladim : priročnik za športno vzgojo v srednji šoli s kriteriji za ocenjevanje*. Ljubljana: Chatechismus.
4. Čoh, M. in sodelavci (2009). *Sodobni diagnostični postopki v treningu atletov*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za kineziologijo, Inštitut za šport.
5. Kale, M. in sodelavci (2009). Relationships Among Jumping Performances and Sprint Parameters During Maximum Speed Phase in Sprinters. Turčija. *Journal of Strength & Conditioning Research: November 2009 - Volume 23 - Issue 8 - pp 2272-2279*.
6. Kreft, R. (2010). *Biodinamična analiza skoka v daljino pri 11 do 13 let starih dečkih in deklicah*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
7. Luzar K. (2010). *Kondicijska priprava rokometashev v obdobju pubertete*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
8. Mišigoj-Duraković, M. in Matković, B. (2007). Biološke i funkcionalne osobitosti dječje i adolescentne dobi i sportski trening [elektronska izdaja]. 5. Godišnja međunarodna konferencija: *Kondicijska priprema sportaša 2007*. 39–45.
9. Singh Phogat, W. in Pal Ahlawat, R. (2015). Relationship of Selected Biomotor Variables to the Performance of 400 Meter Male Sprinters. Indija. *International Journal of Physical Education, Sports and Health 2015; 1(5): 46–48*.
10. Strel, J. (1994). *Motorični in morfološki status otrok in mladine v Sloveniji*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo in šport.
11. Strojnik, V. (1997). Spremljanje učinkov vadbe moči – primer iztegovalk nog. *Šport 45(4)*, 37–41.
12. Šarabon, N. (2007). Vadba gibljivosti. V B. Škof (ur.), *Šport po meri otrok in mladostnikov* (str. 246–259). Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za kineziologijo.
13. Škof, B. (2007a). Razvoj gibalnih spretnosti in gibalnih sposobnosti v otroštvu in mladostništvu. V B. Škof (ur.), *Šport po meri otrok in mladostnikov* (str. 206–242). Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za kineziologijo.
14. Škof, B., Kalan, G. (2007). Biološki razvoj – telesni in spolni razvoj. V B. Škof (ur.), *Šport po meri otrok in mladostnikov* (str. 136–164). Ljubljana: Fakulteta za šport.
15. Ušaj, A. (2003). *Osnove športnega treniranja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
16. Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and practice of strenght and strenght training*. United States: Human Kinetics.

strok. sod. Robi Kreft, prof. šp. vzg.
Fakulteta za šport
Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana
robi.kreft@fsp.uni-lj.si



Rok Urbančič,
Maja Dolenc, Borut Pistotnik

Vaje za stabilen trup so pomemben del sodobne telovadbe

Izvleček

V zadnjem času postaja t. i. funkcionalna vadba vse bolj popularna. Eden ključnih vidikov te vadbe je tudi razvijanje in ohranjanje gibalnih vzorcev, ki so pomembni za življenjski vsakdan. Pri izvedbi takšnih sestavljenih gibalnih nalog pa se zahteva dobra stabilnost in mobilnost (gibljivost) trupa, ki predstavlja »jedro« telesa. Glede na to smo sestavili in slikovno prikazali nekaj sklopov vaj za izboljšanje stabilnosti trupa, ki si sledijo v smiselnem zaporedju, od lažjih do težjih in od enostavnejših do zahtevnejših. Z boljšo stabilnostjo trupa se namreč uspešno preprečuje poškodbe ter zagotovi učinkovitejšo izvedbo gibanj pri vsakodnevnih opravilih in tudi v športni praksi.

Ključne besede: vaje za stabilen trup, funkcionalna vadba.

Core stability exercises are important part of functional training

Abstract

In recent years, the so-called functional training has been steadily gaining popularity. One of the key aspects of this type of training is developing and maintaining certain movement patterns which are important in everyday lives. However, performing such complex movement exercise routines requires great stability and mobility of the torso, known also as core stability and mobility. Having taken this into account, we have combined and demonstrated with pictures some core stability exercise routines in which exercises follow one another in logical succession from easier to more difficult, and from simpler to more complex exercises. Better core stability successfully prevents injuries and guarantees a more efficient performance of different movement patterns in everyday chores, as well as in various sports.

Key words: core stability exercises, functional training.

■ Uvod

Sedeč življenjski slog pri človeku v večji meri vzpodbuja mentalno dejavnost in vedno manj telesno, kar lahko privede do degeneracije temeljnih življenjsko-energijskih funkcij (Šturm in Strojnik, 2003). Z vidika zagotavljanja boljše kvalitete življenja pa je potrebna redna telesna vadba, ki naj bi vsebovala vsa ključna gibanja, ki se izvajajo v vseh smereh koordinatnega sistema ter so potrebna za vsakodnevno delovanje človeka. To se kaže v gibalni učinkovitosti pri vsakodnevnih opravilih, kot so sedanje in vstajanje, hoja po ravnem in po stopnicah, dviganja in nošenja predmetov ipd. (Rosa, Benicio, Latorre in Ramos, 2003). Človek namreč vsak dan izvaja potege in potiske, tako vodoravno, kot navpično, upogiba in izteguje trup, dela odklone in suke ter upogiba in izteguje noge v vseh treh sklepih, v kolku pa jih tudi odmika in primika. T. i. funkcionalna vadba, ki je ustrezno načrtovana in zajema prej omenjena gibanja, tako omogoči, da postane izvajanje vsakodnevnih opravil (doma, v službi, v prostočasnih telesnih dejavnosti) lažje, učinkovitejše ter z manjšim tveganjem za poškodbe. Boyle (2004) namreč meni, da je najpomembnejši cilj splošne telesne pripravljenosti zmanjšanje možnosti poškodb. Zato mora biti funkcionalna vadba zasnovana tako, da razvija in ohranja tiste gibalne vzorce, ki so potrebni za

čim učinkovitejšo opravljanje vsakdanjih obveznosti (Boyle, 2004). Cook, Burton, Hoogenboom in Voight (2014) namreč ugotavljajo, da nepravilno izvedeni gibalni vzorci, pri katerih se pojavljajo odvečni, tj. nadomestni gibi, vodijo v manj učinkovito izvedbo gibanja ter večjajo možnost poškodb. Prepoznavanje teh nadomestnih gibov je ključno za načrtovanje vadbenih programov, zato se pri funkcionalni vadbi skuša vadečega postopno, preko enostavnih gibov, pripeljati do izvedbe zahtevnejših gibalnih vzorcev. Med take vzorce sodijo vse več sklepne gibalne naloge, ki se jih izvaja v več ravninah in na zmanjšani podporni površini.

■ Pomen vaj za stabilnost trupa

Eno glavnih načel funkcionalne vadbe je izvajanje vaj v več sklepih, pri katerih je potrebna dobra stabilizacija trupa (Boyle, 2004). Če se torej v izvedbo gibanja vključijo mišice gornjih in spodnjih okončin hkrati, je potrebna tudi dobra stabilizacija trupa. Ljudje imajo mnogokrat največje primanjkljaje prav v stabilnosti trupa, kar jih posledično pripelje do negativnih stanj, ki so največkrat povezana s hrbtenico. Javadian, Akbari, Talebi, Taghipour-Darzi in Janmohammadi (2015) so v svoji študiji ugotovili, da je vadba za

krepitev stabilizatorjev trupa, v kombinaciji s splošno vadbo, ki je vsebovala: ogrevanje, raztezne gimnastične vaje in lažje krepilne gimnastične vaje za celo telo, učinkovitejša kot samo splošna vadba. Izvajanje stabilizacijskih vaj je vplivalo na povečanje mišične moči ter na boljšo aktivacijo *m. transversus abdominis* (prečna trebušna m.) in *m. multifidus* (globoka mišica hrbta), izboljšala se je kontrola gibanja ter zmanjšale bolečine v ledvenem delu hrbta. Koristi funkcionalnega vadbenega pristopa se kažejo v boljši gibalni kontroli ter boljši gibalni izraznosti (Goss, Christopher, Faulk in Moore, 2009; Chapman, Laymon in Arnold, 2014). S funkcionalnim načinom vadbe, tj. krepitvijo in stabilizacijo določenega

področja telesa, se lahko zagotovi varno in načrtno napredovanje posameznika do želenega stanja (Pori, Pori, Jakovljevič in Ščepanovič, 2012). Trup namreč sestavljajo vse mišice, od sramne kosti pa do ramenskega obroča, tako površinske, kot globoke, ki so povezane in morajo zato delovati kot celota. V vadbenem žargonu se trup lahko poimenuje tudi kot »jedro« in s tem se ponazarja, da vse gibanje izhaja iz trupa, ki daje oporo okončinam.

Za funkcionalno vadbo se uporabljajo tako statične kot dinamične vaje. Z boljšo stabilizacijo trupa pa se potroši manj energije za izvedbo gibanja in le-to je bolj učinkovito (Laurenčak, 2014). V smučanju, nogometu, tenisu, košarki in drugih eksplozivnih

Sklop A (krepilne gimnastične vaje za stabilizatorje trupa – Slika 1)

1. Upogibi trupa, iz leže na hrbtu skrčno z eno nogo (dlani pod ledvenim delom).
2. Upogibi trupa z izmeničnimi zasuki, iz leže na hrbtu skrčno.
3. Vztrajanje v opori ležno bočno na podlahti in kolenu (na obe strani).
4. Vzkloni iz predklona v polčepu (vzročenje not, dlan na dlan).
5. Dvigi bokov, iz leže na hrbtu skrčno, raznožno (lopatice na blazini).



Slika 1. Sklop A (krepilne gimnastične vaje za stabilizatorje trupa) (osebni arhiv).

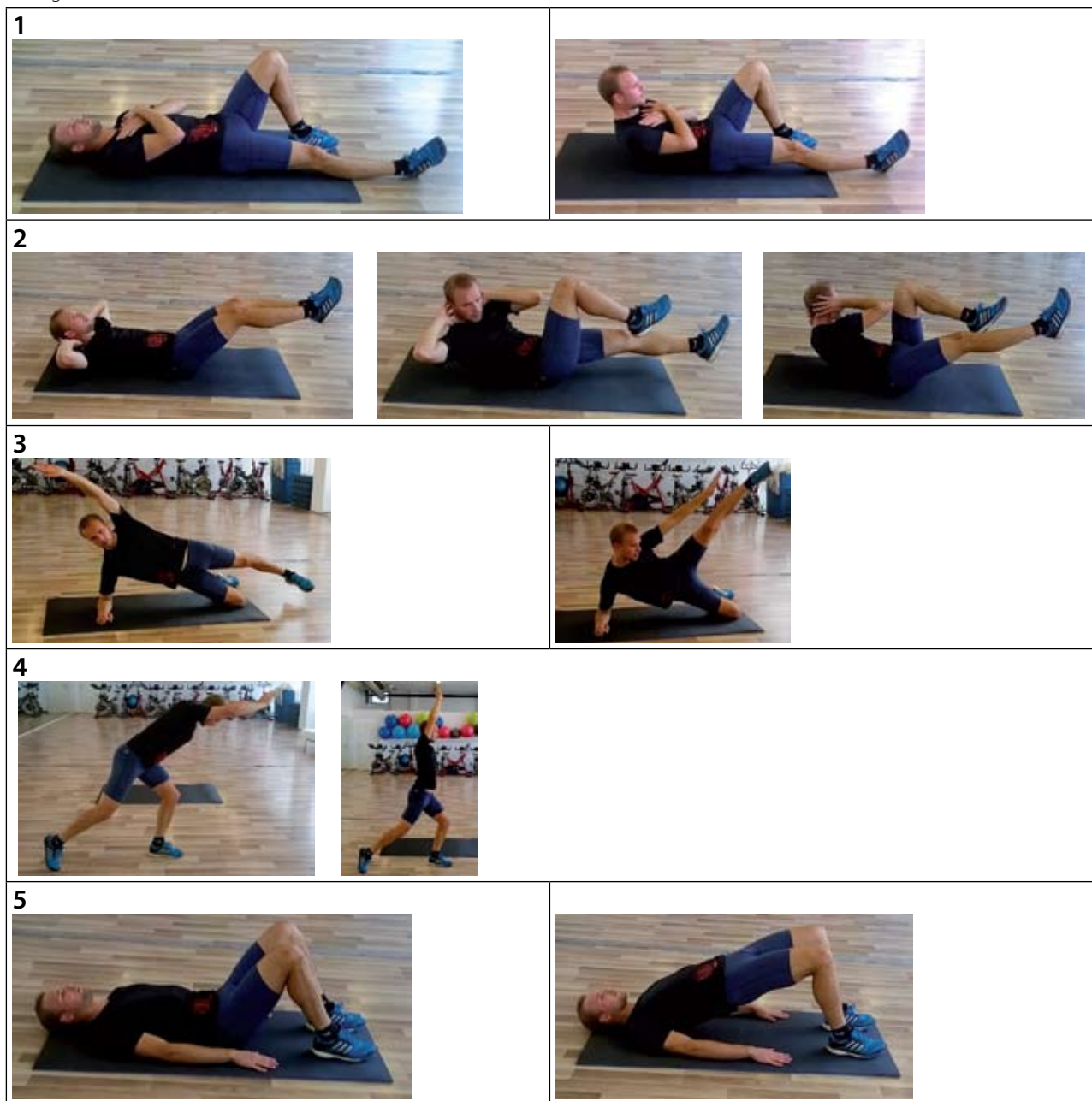
športih prihaja do precejšnjih obremenitev telesnih struktur, zato je temeljna priprava z vidika moči zelo pomembna. Človeški mišično-vezivno-skeletni sistem mora vključevati stabilnost enih in mobilnost drugih sklepov. Slaba stabilnost ali gibljivost v enem sklepu se samodejno nadoknadi s povečano stabilnostjo ali gibljivostjo sosednjega sklepa. Posledica tega je disfunkcionalen vzorec giba, ki je manj učinkovit, hkrati pa povečuje možnost nastanka poškodb in bolečinskih sindromov. Med najpogostejše »po-

zabljene« mišice glede krepitev sodijo predvsem globoke mišice trupa (Šarabon, 2015).

Funkcionalno stabilnost trupa se lahko opredeli kot sposobnost nadzora položaja in gibanja hrbtenice znotraj fizioloških obremenitev in meja gibljivosti. Glavni funkciji človekove hrbtenice sta: varovanje hrbtenjače in prenos obremenitev med gornjim delom telesa in medenico. Dobra stabilizacija trupa namreč omogoča

Sklop B (krepilne gimnastične vaje za stabilizatorje trupa – Slika 2)

1. Upogibi trupa, iz leže na hrbtu skrčno z eno nogo (roke prekrižane na prsih).
2. Upogibi trupa z izmeničnimi zasuki, iz leže hrbtno prednožno skrčeno (dotiki nasprotnega komolca in kolena).
3. Primiki zgornjih okončin, v opori ležno bočno na podlahti in kolenu (na obe strani),
4. Vzkloni iz predklona v izpadu naprej (vzročenje not, dlan na dlan).
5. Dvigi bokov, iz leže na hrbtu skrčno, raznožno.



Slika 2. Sklop B (krepilne gimnastične vaje za stabilizatorje trupa) (osebni arhiv).

učinkovitejšo izvedbo skoraj vseh gibalnih nalog distalnih delov telesa (Voglar in Šarabon, 2015). Vadbo za stabilizacijo trupa se tako lahko izvaja kot del vadbene enote po pripravljalnem delu ali kot samostojno vadbo v glavnem delu. Dobra moč mišic trupa je eden glavnih dejavnikov za zmanjšanje tveganja poškodb in pripomore k uspešnejšemu izvajanju športnih dejavnosti ter tudi vsakodnevnih opravil (Cook, 2010).

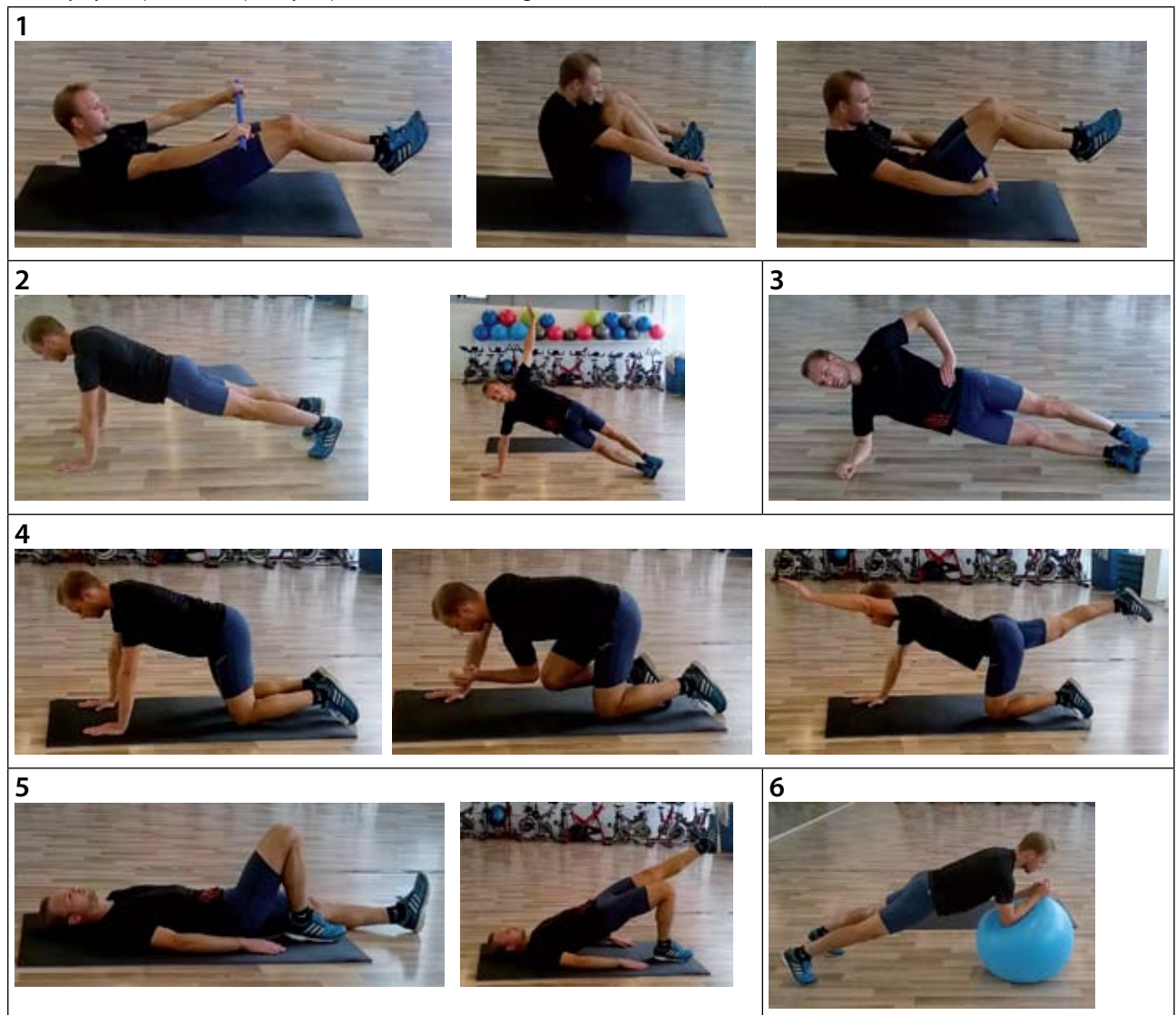
Nabor vaj za izboljšanje stabilnosti trupa

V nadaljevanju so navedeni primeri sklopov krepilnih gimnastičnih vaj, ki si sledijo po težavnosti. Najprej se izvaja sklop A, v katerem so podane lažje vaje za krepitev stabilizatorjev trupa, nato pa

sledijo sklopi B, C in D, v katerih se izvajajo težje različice vaj. Vsako dinamično krepilno gimnastično vajo se izvede v 15 ponovitvah, pri statičnih pa se vztraja 30 sekund v položaju, vse v 2–3 nizih s 30 sekund odmora (po potrebi se lahko vadečemu prilagodi število ponovitev oz. čas trajanja, število nizov in dolžina odmora). V sklopu E pa so predstavljene vaje za razvoj eksplozivne moči trupa, ki predstavljajo zahtevnejša gibanja, podobna akcijam, ki se pojavljajo v posameznih športih. Te vaje se izvaja v 5 ponovitvah, 2–3 nize in z 2–5 minut odmora med nizi. V vseh sklopih je predstavljenih več vaj, ki se jih lahko izvede kot del vadbene enote (običajno takoj po ogrevanju) ali pa kot samostojen trening za krepitev.

Sklop C (krepilne gimnastične vaje za stabilizatorje trupa – Slika 3)

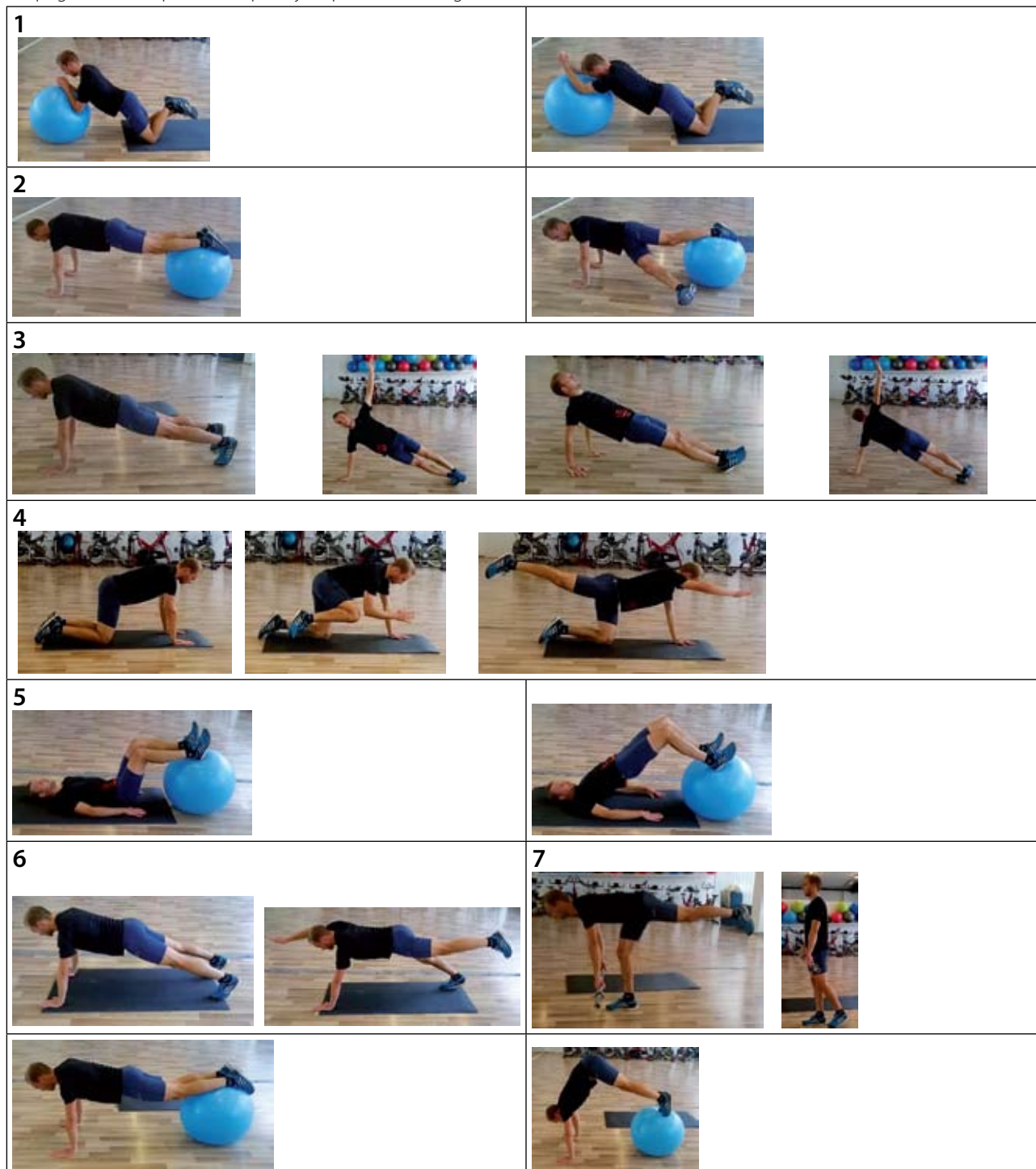
1. Upogibi trupa in kolka, iz leže na hrbtu, prednožno (premah stopal preko palice).
2. Izmenični polobrat, iz opore ležno spredaj v oporo ležno bočno.
3. Vztrajanje v opori ležno bočno na podlahti (na obe strani).
4. Dotiki komolca in kolena nasprotnih okončin pod trupom in iztegnitev, v opori klečno spredaj (nato drugi dve okončini).
5. Dvigi bokov in iztegnjene noge, iz leže na hrbtu skrčno z drugo (menjava položaja nog).
6. Vztrajanje v opori ležno spredaj na podlakteh, na veliki žogi.



Slika 3. Sklop C (krepilne gimnastične vaje za stabilizatorje trupa) (osebni arhiv).

Sklop D (krepilne gimnastične vaje za stabilizatorje trupa – Slika 4)

1. Potiskanje in pritegovanje žoge, v opori ležno spredaj na podlaketih in koljenih, na žogi.
2. Izmenični sukli trupa s potiskom nasprotna noge v prednoženje not – gor, v opori ležno spredaj, stopala na veliki žogi.
3. Izmenični obrati v levo in desno, iz opore ležno spredaj.
4. Dotiki komolca in kolena pod trupom, okončin na isti strani in iztegnitev, v opori klečno spredaj (nato drugi dve okončini).
5. Dvigi bokov, iz leže na hrbtu skrčno, pete na žogi.
6. Dotiki komolca in kolena nasprotnih okončin pod trupom in iztegnitev, v opori ležno spredaj (nato drugi dve okončini).
7. Vzkloni z ročko iz predklona, v stoji zanožno (menjava položaja nog).
8. Upogibi kolka, v opori ležno spredaj, stopala na veliki žogi.



Slika 4. Sklop D (krepilne gimnastične vaje za stabilizatorje trupa) (osebni arhiv).

Sklop E (eksplozivne krepilne gimnastične vaje – Slika 5)

1. Met težke žoge s sukrom.
2. Met težke žoge naprej, iz polčepa.
3. Met težke žoge v tla, s predklonom.
4. Met težke žoge preko glave nazaj, iz polčepa.



Slika 5. Sklop E (eksplozivne krepilne gimnastične vaje) (osebni arhiv).

Zaključek

V zadnjem času postaja t. i. funkcionalna vadba, katere eden ključnih ciljev je razvijanje in ohranjanje gibalnih vzorcev, ki so pomembni za življenjski vsakdan, vse bolj popularna. Zaradi zagotavljanja boljše kvalitete življenja je namreč potrebna redna telesna vadba, ki naj bi vsebovala vsa osnovna gibanja človeka, ki potekajo v vseh smereh ter so potrebna za človekovo vsakodnevno delovanje. Takšna vadba pripomore k boljši gibalni učinkovitosti pri vsakodnevnih opravilih, kot so sedanje in vstajanje, različni načini hoje, dviganja in nošenja predmetov ter ohranjanje pravilne telesne drže med različnimi aktivnostmi. Stabilizatorji trupa so pomembni pri vseh teh gibalnih nalogah. Trup namreč predstavlja osnovno oporo za izvajanje vseh teh gibanj ter sodeluje pri prenosu obremenitev med gornjim delom telesa in medenico, zato so krepilne vaje za stabilizatorje trup zelo pomembne. Glede na to so v prispevku v hierarhičnem redu glede na zahtevnost vaj predstavljeni sklopi krepilnih gimnastičnih vaj za povečanje moči stabilizatorjev trupa. V sklopu A so predstavljene enostavnejše vaje, katerih težavnost se postopno povečuje do sklopa E. Večjo zahtevnost vaj se lahko doseže z vključenostjo več mišičnih skupin v izvedbo, z izvajanjem vaje na manjši podporni površini in z dodajanjem vadbenih pripomočkov ter eksplozivno izvedbo gibanja.

Literatura

1. Boyle, M. (2004). *Functional training for sports*. Champaign: Human Kinetics Publishers.
2. Chapman, R. F., Laymon, A. S. in Arnold, T. (2014). Functional Movement Scores and Longitudinal Performance Outcomes in Elite Track and Field Athletes [Ocenjevanje funkcionalnih gibanj in nastopov pri vrhunskih športnikih]. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 9(2), 203–211. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Functional+Movement+Scores+and+Longitudinal+Performance+Outcomes+in+Elite+Track+and+Field+Athletes>.
3. Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J. in Voight, M. (2014). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1 [Analiza funkcionalnih gibanj: uporaba temeljnih gibanj za oceno funkcionalnosti 1. del]. *International journal of sports physical therapy*, 9(3), 396–409. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4060319/>.
4. Cook, G., Burton, L., Kiesel, K., Rose, G. in Bryant M. F. (2010). *Functional Movement Systems*. Chichester: Lotus Publishing.
5. Goss, D. L., Christopher, G. E., Faulk, R. T. in Moore, J. (2009). Functional training program bridges rehabilitation and return to duty [Funkcionalni program rehabilitacije in vrnitev na dolžnost]. *Journal of Special Operations Medicine: a Peer Reviewed Journal for SOF Medical Professionals*, 9(2), 29. Pridobljeno iz <http://www.jsomonline.org/Publications/2009229Goss.pdf>
6. Javadian, Y., Akbari, M., Talebi, G., Taghipour-Darzi, M. in Janmohammadi, N. (2015). Influence of core stability exercise on lumbar vertebral instability in patients presented with chronic low back pain: A randomized clinical trial [Vpliv vaj za stabilizacijo trupa na nestabilnost v ledvenem delu hrbtenice pri pacientih s kroničnimi težavami z bolečino v spodnjem delu hrbta: Ustajeno klinično preizkušanje]. *Caspian Journal of Internal Medicine* 6(2), 98–102. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4478459/>.

7. Laurenčak, K. (2014). Tekaška tehnika in stabilizacija trupa. *Polet*. Pridobljeno iz <http://www.polet.si/maratonec/tekaska-tehnika-stabilizacija-trupa>.
8. Pori, P., Pori, M., Jakovljevič, M. in Ščepanovič, D. (2012). *Zdrava vadba ABC*. Ljubljana: Športna unija Slovenije.
9. Rosa T. E., Benicio M. H., Latorre Mdo R., Ramos L. R. (2003). Determinant factors of functional status among the elderly [Odločilni dejavniki funkcionalnega statusa starejših]. *Saude Publica*, 37(1):40–48.
10. Šarabon, N. (2015). Poletova uporabna znanost: Gib, učinkovit in varen. *Polet*. Pridobljeno iz <http://www.polet.si/gladiator/poletova-uporabna-znanost-gib-ucinkovit-varen>.
11. Šturm, J. in Strojnik, V. (2003). *Uvod v antropološko kineziologijo (skripta za študente Fakultete za šport)*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
12. Voglar, M. in Šarabon, N. (2015). O hrbtenici drugače. *Polet*. Pridobljeno iz <http://www.polet.si/zdravje-prehrana/o-hrbtenici-drugace>.

Rok Urbančič, dipl. šp. vzg.
Cesta IX. korpusa 19C, 5250 Solkan
roky.urbis@gmail.com

