

NEURO-MIŠIĆNE KARAKTERISTIKE MAKSIMALNE SPRINTERSKE BRZINE

Milan Čoh¹ i Goran Bošnjak²

¹Fakulteta za šport, Ljubljana, Slovenija

²Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Banja Luka, BiH

Pregledni naučni članak

DOI: 10.5550/sgia.1001028

COBISS.BH-ID 1843992

UDK: 796.1/.616.8

SUMMARY

Locomotor speed sprint-type is one of the most important skills, which generates the success of athletes in many sports situations. The maximum speed that a person can manifest in any kind of movement depends on a number of different factors. These factors are related to morphological and physiological characteristics, the mechanisms of power, sex, age, motility skills, inter-intramuscular coordination and optimal biomechanics of movement techniques. The development of maximum sprint speed has certain laws that relate to the level of motility abilities, morphological characteristics, the degree of biomechanical efficiency and rationality of movement, and requires very subtle inter-muscular coordination of muscle groups of the lower extremities. The primary aim of speed training is to create an optimal model of movement, which is based on the conformity of action of muscle groups. Precise control of movement is controlled by the cerebellum and the information that they arrive there, mostly through proprioceptors which are located in the capsule and connective elements of the muscle. Since the optimum neuro-muscular coordination of the main is limiting factor for maximum speed, and that could explain the dynamics and changes in frequency and length of steps in the realization of maximum speed, it is necessary to explain the function of the central nervous system that generate muscle force. The development of maximum sprint speed is long-term process, which is related to the optimal control agonistic and antagonistic muscle groups in the structure of the sprint steps. The establishment of proper dynamic stereotype is a long process, which must have clearly defined methods and must start at an early age of young athletes.

Key words: *sprint, maximum speed, neuro-muscular coordination, central nervous system*

UVOD

Pokreti ostvareni u radu, sportu, kao i u svakodnevnom životu, zahtijevaju visok stepen efikasnosti. Ti procesi teže što većoj sinhronizaciji, automatizaciji i visokoj racionalizaciji. Čovjek upravlja tim pokretima uz njihove specifične biomehaničke uvjete izvođenja, na osnovu interakcije upravljačkog sistema (centralni nervni sistem) i sistema kojim se upravlja (lokomotorni aparat). Interakcija između ova dva sustava je moguća na osnovu motorne kontrole. Problem koordinacije i optimizacije

pokreta, njihove efikasnosti i motornog učenja su glavni zadaci motorne kontrole.

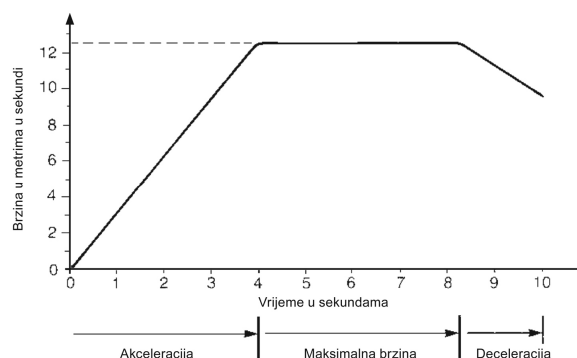
Maksimalna brzina koju čovjek može ispoljiti u bilo kakvom pokretu, zavisi od niza različitih faktora. Ti faktori su vezani na morfološke i fiziološke karakteristike, energetske mehanizme, spol, starost, biomotoričke sposobnosti, inter i intra mišićnu koordinaciju i optimalnu biomehaniku tehnike kretanja. Lokomotorna brzina tipa sprinta je jedna od najvažnijih sposobnosti, koja generira uspješnost sportaša u mnogim takmičarskim situacijama. Posmatrano sa aspekta urođenog genetskog motoričkog programa brzinu možemo svrstati u primarna filogenetska

kretanja čovjeka. U konkretnim sportskim situacijama, brzina se pojavljuje u obliku „trokomponentnog modela“. Model sačinjavaju brzina, snaga i koordinacija. Ponderiranje pojedinih komponenti tog modela je ovisno od specifičnosti konkretne sportske discipline.

DINAMIKA RAZVOJA SPINTERESKE BRZINE

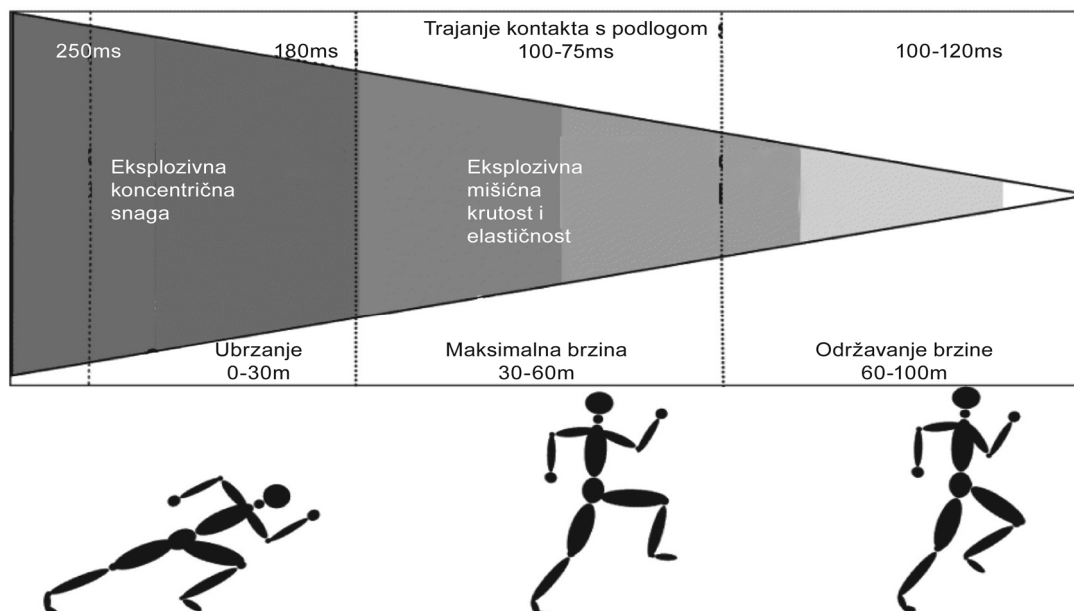
Razvoj maksimalne sprinterske brzine ima određene zakonitosti, koje se odnose na nivo biomotoričkih sposobnosti, morfoloških karakteristika, stepen biomehaničke efikasnosti i racionalnosti kretanja. U razvoju lokomotorne brzine imamo tri osnovne faze: fazu startnog ubrzanja – startna akceleracija, fazu maksimalne brzine i fazu smanjenja brzine - faza deceleracije. Dužina koraka i frekvencija su parametri koji u najvećoj mjeri generiraju promjene brzine. U prvoj fazi atletičar razvije 80-90% svoje maksimalne brzine. U principu, sprinteri svoju maksimalnu brzinu postižu između 50–80 metra. Nakom 80–90 metra brzina započinje padati (Slika 1).

SLIKA 1.
Dinamika sprinterske brzine



U startnom ubrzanju, kako se povećava frekvencija tako se povećava i dužina koraka. Vrijeme kontakta sprinterskog koraka se skraćuje, a vrijeme leta se produžuje. Sa skraćivanjem vremena kontakta promijeni se tip snage. U startnoj akceleraciji, gdje postoji relativno dugo kontaktno vrijeme, najvažnija biomotorička sposobnost je eksplozivna snaga koncentrične modalitete. U narednim fazama sprinterskog trčanja vrijeme kontakta se skraćuje, što rezultira znatnim povećanjem značaja elastične energije (Slika 2).

SLIKA 2.
Diferencijacija tipologije snage u sprinterskom trčanju



U fazi maksimalne sprinterske brzine frekvencija i dužina koraka se relativno stabiliziraju, a takođe se stabilizira odnos kontaktnih i letnih faza sprinterskog koraka. Zona u kojoj sprinter

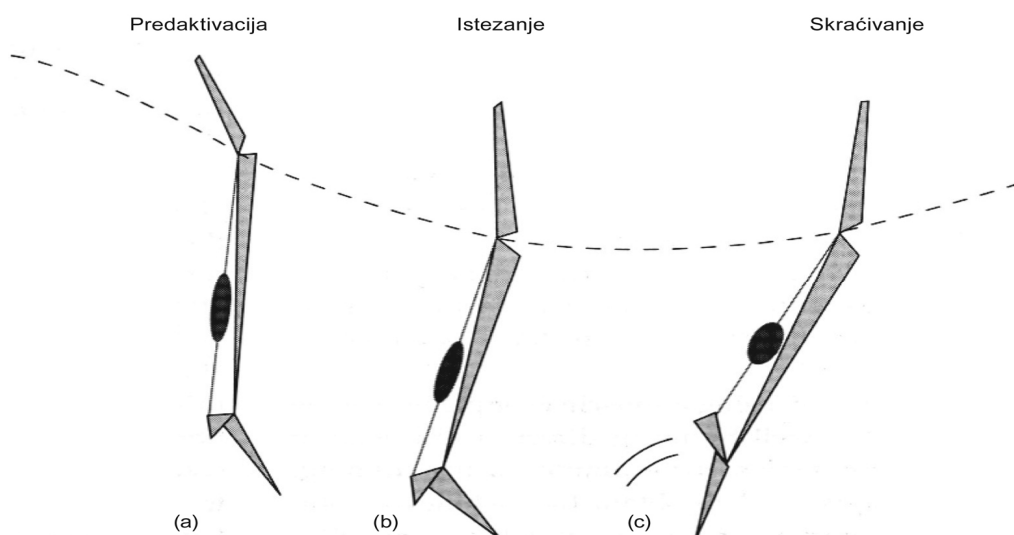
postiže svoju stvarno najveću brzinu je veoma ograničena. U principu, najbolji sprinteri mogu realizirati tu sposobnost na distanci najviše 10 do 20 metara. Zona maksimalne brzine je loci-

rana između 60 i 80 metra. Kod vrhunskih sprinterki je ta zona između 50 i 70 metra. Maksimalna sprinterska brzina je uvijek produkt optimalne dužine i frekvencije koraka. Autori Donatti (1996), Mackala (2007) navode, da među elitnim i subelitnim sprinterima nema razlike u dužini koraka, razlika postoji u frekvenciji koraka. Frekvencija koraka je jedan najvažnijih parametara maksimalne brzine koraka (Mero, Komi i Gregor, 1992; Delecluse i sur, 1995; Donatti, 1996). U zadnjoj fazi sprinterskog trčanja od 80 do 100 metra dolazi do pada brzine, reda veličine 0.5 do $1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Deceleracija je posljedica centralnog i perifernog umora sprintera. Centralni umor se manifestira kao smetnja u aktivaciji mišića, a to znači, da se smanji broj aktivnih motornih jedinica i frekven-

cija neuro-mišićnih impulsa. Rezultat toga je niži stepen intra i inter-mišićne koordinacije, koja se u krajnoj mjeri manifestira padom frekvencije koraka, pogotovo u zadnjih 10 metara sprinta na 100 metara. Centralni umor je povezan manjom aktivnošću kortikalnih i subkortikalnih centara (Semmler, Enoka, 2000). Povećani umor na kraju sprinterskog trčanja na 100 metara je takođe posljedica perifernih živaca i metaboličkih procesa u mišićima. U zadnjih 10 metara sprinterskog trčanja vrijeme kontaktnih faza i dužina koraka se produže. Kontrola kretanja u toj fazi brzine je na najnižoj granici, a to ovisi u velikoj mjeri od kvaliteta sprintera. Kod najboljih je poremećaj tih parametara manji nego kod subelitnih sprintera.

SLIKA 3.

Ekscentrično - koncentrična mišićna kontrakcija u fazi sprinterskog koraka (prema: Komi, 2000)



NEURO – MIŠIĆNI ASPEKTI SPRINTERSKE BRZINE

Odrasna akcija sprinterskog koraka je ključni generator razvoja maksimalne brzine. Kretanje sprintera vrednujemo po horizontalnoj brzini. Glavna kočnica tom kretanju je sila gravitacije, zato sprinter primarno mora razviti dovoljno veliku vertikalnu silu reakcije podloge u odraznoj akciji, koja ima tri faze. Prva faza je postavljanje stopala na podlogu, slijedi faza amortizacije i na kraju faza ekstenzije. Odrasna akcija sprinterskog koraka je najbolji primjer

mišićnog ciklusa izduženja i skraćivanja (eng. stretch-shortening cycle). U ekscentričnoj fazi se u mišićno-tetivnom kompleksu akumulira određena količina elastične energije, koja se može koristiti u drugoj fazi. Sa aspekta produkcije sile reakcije podloge, u ekscentričnoj fazi mišić mora razviti što veću silu u što kraćem vremenu. Na efikasnost ekscentrično – koncentrične kontrakcije veliki utjecaj ima vrijeme tranzicije, koje mora biti što kraće. Tetive i ligamenti, koji se odupiru istezanju, mogu pohraniti 100% više elastične energije nego mišići (Luhtanen, Komi, 1980; Mero, Komi, Gregor, 1992). Za mehaniku odraza je izuzetno važna predaktivacija m.

gastrocnemiusa, koji se aktivira 80 milisekundi prije kontakta stopala sa tlom (Slika 3a). Predaktivacija stvara krutost mišića (eng. stiffness) plantarnih fleksora u trenutku dodira prednjeg dijela stopala sa podlogom. Povećana krutost mišića, uz što manju amplitudu kretanja u skočnom zglobovima, omogućava bolji prenos elastične energije iz ekscentričke u koncentričku kontrakciju (Kyröläinen i sur, 2001; Mero i sur, 2006). Kod opterećenja u sprintu, tetiva se produži 3-4%. Istezanje tetive preko te granice predstavlja opasnost za frakturu, jer se tetive i ligamenti koje pohranjuju elastičnu energiju ponašaju kao opruge. Preveliko istezanje tetiva ima za posljedicu pretvaranje elastične energije u toplotno-kemijsku energiju. Visoka temperatura ćelija - fibroplasta i kolagenskih molekula, koje grade tetive, može utjecati na mogućnost povreda tog dijela lokomotornog aparata (Huiling, 1999).

U drugoj fazi kontakta dolazi do rastezanja mišićno-tetivnog kompleksa (Slika 3b), pri čemu se pohranjena elastična energija utilizira u obliku efikasne propulzije trkačkog koraka. Glavni amortizer u toj fazi je m. quadriceps. Povećana koaktivacija agonista i antagonista (m. vastus lateralis, m. biceps femoris, m. gastrocnemius i m. tibialis) povećava krutost koljena i skočnog zgloba. Na taj način noga se u cijelini priprema za kontakt sa podlogom. Povećana krutost skočnog zgloba kod sprinta umanjuje potrošnju kemijske energije u mišićima m. gastrocnemius – lateralis – medialis i m. soleus (Kuitunen, Komi i Kyröläinen, 2002). Mišićna aktivacija plantarnih fleksora i ekstenzora koljena se povećava u fazi predaktivacije u skladu sa povećanjem brzine. Pored toga, u fazi ekstenzije odrazne faze, predaktivacija m. triceps surae zajedno sa refleksom za istezanje, omogućuje visoku krutost mišića.

Istezanjem mišićnoga i tetivnoga kompleksa upravljaju – koordiniraju dva motorička refleksa: miotatički refleks istezanja i Golgijev tetivni organ. Ova dva sustava formiraju povratne sprege za održavanje mišića blizu optimalne dužine (odgovor na istezanje) i reagiranje na preveliko istezanje tetiva. Receptori miotatičkog refleksa – mišićna vretena su postavljena paralelno s mišićnim vlaknima. Kad se mišić zbog spoljašnje sile izdužuje, izdužuju se i mišićna vretena. Uslijed izduživanja mišićnog vretena aktiviraju se alfa motorni neuroni, koji kao odgovor na iztezanje

aktiviraju refleksnu kontrakciju izduženih mišića. Golgijevi tetivni organi postavljeni su serijski sa mišićnim vlaknima. Ti receptori reagiraju na sile koje se razvijaju u mišićima. Oni reagiraju isključivo na promjenu sile, ne na promjenu dužine. Ako se mišićno naprezanje brzo povećava, Golgijev tetivni kompleks sprečava mišićnu kontrakciju. Posljedično smanjenje mišićnog naprezanja sprečava oštećenje mišića i tetiva (Jacobs, Ingen Schenau, 1992; Zatsiorsky, Kraemer 2009). U fazi postavljanja stopala na podlogu i u fazi amortizacije (retropulzivna faza sprinterskog koraka) opružaci se izdužuju i na osnovu miotatičkog refleksa proizvedu kontrakciju u istom mišiću. Istovremeno, veliko mišićno naprezanje aktivira Golgijev tetivni organ, koji sprečava njegovu aktivnost. Kao rezultat specifičnog treninga, sprečava se djelovanje Golgijevog sustava i atletičar izdržava velike sile doskoka ne smanjujući ispoljenu silu mišića. Obzirom na to, da reverzibilna kontrakcija predstavlja integralni dio mnogih sportskih pokreta, ona se mora posebno učiti i trenirati. Trening skokova s reverzibilnom kontrakcijom (dubinski skokovi) postao je danas sastavi dio treninga brzine sportaša. Skokovi u dubinu ili, kako ga nazivamo, pliometrični trening, daje izuzetno kvalitetne rezultate u području razvoja odrazne snage. Da bi takav trening bio uspješan potrebna je višegodišnja svestrana priprema sa drugim sredstvima i metodama treninga snage. U suprotnom, dubinski skokovi mogu biti uzrok ozbiljnih povreda sportaša.

Kod sprinterskog koraka vrijeme od postavljanja stopala na podlogu do kraja odraza iznosi 80-100 milisekundi. Totalno kontaktno vrijeme je kraće kod boljih sprintera, a duže kod lošijih. Što je vrijeme kraće moguća je veća frekvencija i veća sila reakcije podloge. Odnos između faze kontakta i faze leta sprinterskog koraka je 20%:80%. Najveća sila reakcije podloge javlja se 30 do 40 milisekundi nakon prvog kontakta sa podlogom (Mann, Sprague, 1980). Prema Meru, Komiju i Gregoru (1992) vertikalna sila reakcije podloge kod sprintera iznosi 200% do 300% njihove tjelesne težine. Najveću silu reakcije podloge razvije sprinter u srednjoj fazi kontakata – fazi maksimalne amortizacije (Slika 4). Za razvoj maksimalne lokomotorne brzine potrebno je razviti što veću

silu u što kraćem kontaktnom vremenu. Savladavanje optimalne mehanike (tehnik) sprinterskog trčanja je predu-slov za utilizaciju sile koju generira nervno mišićni sustav.

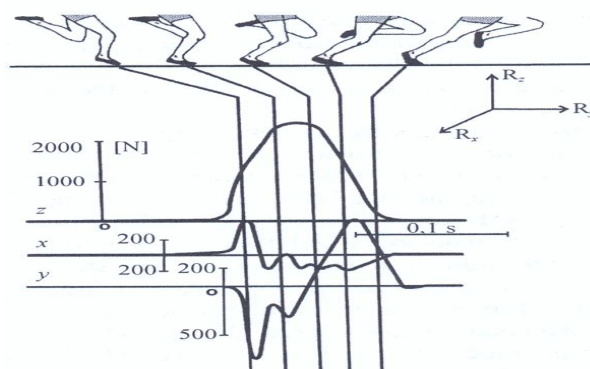
INTRA - INTER MUSKULARNA KOORDINACIJA U RAZVOJU SPRIINTERSKO BRZINE

Da bi se mogla objasniti dinamika i promjena frekvencije i dužine koraka kod realizacije maksimalne brzine, potrebno je objasniti funkciju centralnog nervnog sistema. Mišićnu silu ne određuje samo količina uključene mišićne mase već i stepen uključivanja pojedinačnih mišićnih vlakni. Za ispoljavanje mišićne sile mišići moraju biti aktivirani na odgovarajući način. Koordinirano pokretanje više mišićnih grupa povezano je sa intermuskularnom koordinacijom. Osnovna karakteristika vrhunskih sprintera je bolje usklađivanje aktiviranih vlakana u pojedinim mišićima i mišićnim grupama. Oni imaju bolju intra i intermuskularnu koordinaciju. Nervni sustav generira mišićnu silu na tri načina: aktiviranjem i deaktiviranjem pojedinih motornih jedinica, frekvencijom pražnjenja motornih jedinica i sinhronizacijom motornih jedinica. Sve tri mogućnosti se zasnivaju na postojanju motornih jedinica, koje predstavljaju osnovne elemente rada neuro – mišićnog sustava. Svaki motorni neuron se sastoji iz moto-neurona koji se nalazi u kičmenoj moždini i mišićnim vlaknima koje ona inervira. Motorne jedinice se, sa aspekta kontraktilnih osobina, dijele na brze i spore. Spore motorne jedinice specializirane su za produženo korištenje pri relativno niskim brzinama. One se sastoje iz malih moto-neurona niskog praga sa niskom frekvencijom pražnjenja i adaptirane su na aerobne aktivnosti. Brze mišićne jedinice ili motorne jedinice specializirane su za relativno kratke aktivnosti, koje zahtijevaju ispoljavanje velike brzine i visok stepen razvoja sile. One se sastoje iz velikih moto-neurona visokog praga frekvencije pražnjenja, aksona sa velikom brzinom provođenja i mišićnih vlakna koja su adaptirana na eksplozivne anaerobne aktivnosti. Motorne jedinice funkcioniraju po zakonu „sve ili ništa“. U bilo kom trenutku motorna jedinica je aktivna ili neaktivna. Najveća brzina skraćivanja brzih mišićnih vlakana za četiri puta je veća od sporih mišićnih vlakana (Zatsiorsky, Kraemer, 2009). U

principu, ljudski mišići sadrže motorne jedinice brze i spore akcije. Sprinteri i oni sportaši koji moraju razviti veliku brzinu ili silu u jedinici vremena, dominantano imaju motorne jedinice brzog djelovanja.

SLIKA 4.

Razvoj sile reakcije podloge (z, y, x) u kontaktnoj fazi sprinerskog koraka (prema: Payne, 1993)

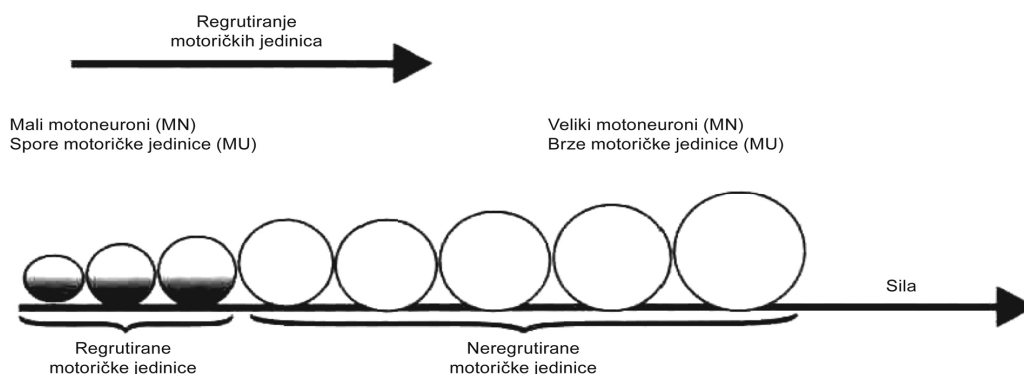


U voljnim kontrakcijama, aktivacija mišićnih vlakana zavisi od veličine moto – neurona. Tu važi „princip veličine“ (Slika 5). Prvo se aktiviraju mali motoneuroni - oni koji imaju nizak prag okidanja. Što su veće potrebe za razvijanjem velike sile, aktiviraju se veći moto-neuroni, koji imaju najbrže kontrakcije trzaja, najviši prag razdraženja i posljednje se rekrutuju. Mješoviti tipa mišića sadrži motorne jedinice sporog i brzog djelovanja bez obzira na stepen mišićnog naprežanja i brzinu koja se razvija. Samo visoko trenirani sportaši mogu aktivirati motorne jedinice brzog djelovanja.

Realizacija maksimalne lokomotorne brzine je vezana za visoku koordinaciju pokreta. U ciklusu sprinterskog koraka aktivno je više od 60 mišića donjih ekstremiteta, koji moraju raditi sinhronizirano i koordinirano. Za izvođenje preciznih pokreta motorne jedinice obično ne djeluju istovremeno. Za proizvodnju maksimalne sile, koja je jedna od ključnih faktora maksimalne brzine, potrebno je regrutovanje najvećeg broja sporih i brzih motoričkih jedinica, maksimalna frekvencija pražnjenja i istovremeno djelovanje motornih jedinica u periodu maksimalno voljnog napora. Primarni cilj treninga brzine je stvaranje optimalnog modela kretanja, koji temelji na usklađenosti djelovanja mišićnih grupa.

SLIKA 5.

Princip regrutiranja motornih jedinica u brzim pokretima (prima: Zatsiorsky & Kraemer, 2009)



KONTROLA MAKSIMALNE SPRINTERSKE BRZINE

Sprinterska brzina je visoko rigidna sposobnost s jako fiksiranim programom u centralnom nervnom sustavu. Nedostatak neuro-mišićne koordinacije jedan je od limitirajućih faktora brzine, zbog toga što je veća brzina kretanja praćena smanjenom mogućnošću optimalne kontrole kretanja. Što je brzina veća, to je veće odstupanje od idealne šeme kretanja. Kontrola kretanja je na najnižoj razini upravo u uslovima maksimalne brzine. Maksimalna sprinterska brzina spada u kategoriju takozvanih terminalnih kretanja, koja imaju točno određenu strukturu, definiranu početkom i završetkom pokreta (Latash, 1994). Terminalni pokreti se razlikuju po svojim dinamičkim i kinematičkim veličinama. Svaki terminalni pokret zahtijeva odgovarajući motorni program. Pod motornim programom se podrazumijeva grupa simultanih i sukcesivnih komandi mišićima da započnu a zatim završe željeni pokret. Na nivou centralnog nervnog sistema i kičmene moždine motorni program predstavlja grupu eferentnih signala, koji duž motornih nerava kreću ka mišićima. Poznato je da je veliki broj različitih brzih pokreta kontro-lisan procesom „otvorene petlje“ sa centralno uskladištenim programom bez učešća povratnih informacija (Schmidt, 1990). Najvažniju funkciju kod tih kretanja imaju mali mozak i kičmena moždina. Velika brzina kretanja ne dozvoljava analizu i korekcije kretanja. Precizna kontrola kretanja je tako u ingerenciji malog mozga i informacija koje tamo dopijevaju većinom preko proprioreceptora,

koji se nalaze u zglob-nim čahurama i vezivnim elementima mišića. Važnu funkciju u kontroli kretanja imaju takođe spinalni refleksi mišićno-tetivnog izvora u području kičmene moždine. Svaka promjena dužine i napetosti mišića prenosi se po miotatičnom refleksnom luku. Refleks na istežanje djeluje kao servo-mehanizam koji ojača ekscitatorni utjecaj na alfa motoričke neurone. S time se povećava preciznost kontrole djelovanja mišićnih grupa.

Jedan od glavnih problema u motornoj kontroli je uloga mišića agonista i antagonista i njihov neposredni utjecaj na kinematiku i dinamiku pokreta preko odgovarajućeg oblika, intenziteta i vremenskog redosljeda dejstva mišićne sile. U brzim terminalnim pokretima tipa sprinta razvijanje sile je ključni faktor efikasnosti kretanja. Varijable motornog programa su maksimalna sila agonista, maksimalna sila antagonista, vrijeme kašnjenja antagonista, vrijeme postizanja maksimalne sile antagonističkih mišića, koaktivacioni odnos mišića u funkciji položaja kinetičkog lanca, dužina pokreta, terminalni položaj, početni položaj, vrijeme trajanja pokreta i brzina pokreta (Ilić, 1999).

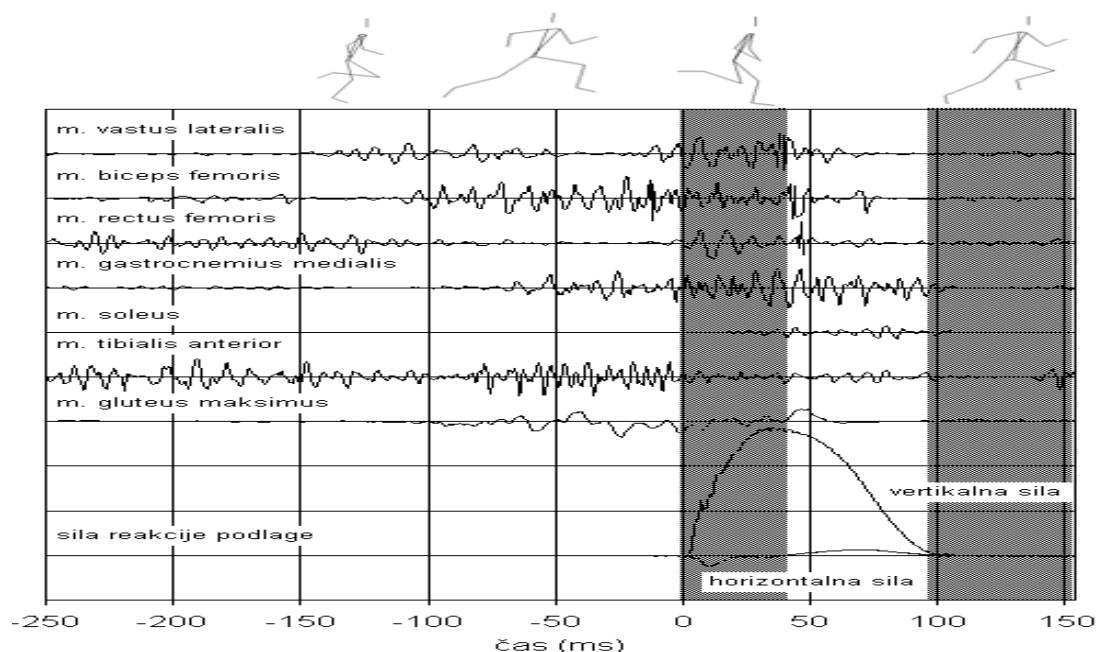
Razvijanje maksimalne brzine zahtijeva veoma suptilnu međumišićnu koordinaciju mišićnih grupa donjih ekstremiteta. Najvažniju ulogu imaju sljedeći mišići: m. gluteus maximus, m. tibialis anterior, m. soleus, m. gastrocnemius, m. rectus femoris, m. biceps femoris, m. vastus lateralis (Slika 6). Definiranje strateških mišića, koji generiraju silu odraza veoma je bitno sa aspekta sportskog treninga, optimalizacije tehnike i prevencije povreda. U fazi odraza mišići razvijaju silu reakcije veličine 280 do 350 kiloponda (kp) u vremenskom intervalu 85–95

milisekundi (Čoh et al, 2002). Neka istraživanja sa područja elektromiografije i izokinetike sprinterskog koraka su pokazala da je jedan od navažnijih mišića kod razvijanja maksimalne brzine m. biceps femoris (Mero, Komi & Gregor

1992; Komi, 2000; Čoh et al, 2002; Mackala, 2007). Taj mišić se kod sprinterskog treninga mnogo puta povrijedi, pa je njegova preventiva važna u smislu adekvatnog treninga.

SLIKA 6.

EMG aktivacija mišića donjih ekstremiteta u fazi maksimalne brzine (prema: Dolenc i Čoh, 2002)



Sa aspekta kondicijske pripreme sportista, trening maksimalne sprinterske brzine je povezan sa tehnikom trčanja, a tehniku trčanja je upravo najteže kontrolirati u uslovima maksimalne brzine. Optimalna neuromuskularna koordinacija je glavni limitirajući faktor maksimalne brzine. Zato je formiranje pravilnog dinamičkog stereotipa dugogodišnji proces, koji mora imati precizno definirano metodiku i mora započeti u rano doba mladih sportista.

ZAKLJUČAK

Sprinterska brzina je kompleksna i veoma suptilna biomotorička sposobnost koja se javlja u različitim sportskim situacijama. Jedna od najvažnijih komponenti brzinskog potencijala sportaša je maksimalna brzina. Sa biomehaničkog aspekta je maksimalna brzina definirana sa frekvencijom i dužinom koraka. Cilj trenajnog procesa je poboljšanje jedne i druge kompo-

nente, koje su relativno visoko genetsko ponderirane i ovisne o neuro-muskularnim faktorima. Nedostatak neuro-mišićne koordinacije je jedan od limitirajućih faktora brzine. Što je veća brzina kretanja, to je manja mogućnost optimalne kontrole kretanja, tj. veće je odstupanje od idealne šeme kretanja. Kontrola kretanja je na najnižoj razini upravo u uslovima maksimalne brzine. Maksimalna sprinterska brzina spada u kategoriju takozvanih terminalnih kretanja, koja imaju točno određenu strukturu definiranu početkom i završetkom pokreta. Najvažniju funkciju kod tih kretanja imaju mali mozak i kičmena moždina. Precizna kontrola kretanja je u ingerenciji malog mozga i informacija koje tamo stignu većinom preko proprioreceptora, koji se nalaze u sklopnim čahurama i vezivnim elementima mišića. Razvoj maksimalne sprinterske brzine je dogotrajan proces, koji je vezan na optimalnu kontrolu agonističkih i antagonističkih mišićnih grupa u strukturi sprinterskog koraka.

LITERATURA:

- [1] Čoh, M. (2008). *Biomechanical Diagnostic Methods in Athletic Training*. Ljubljana: Faculty of Sport, Institute of Kinesiology.
- [2] Čoh, M. (2002). *Application of biomechanics in track and field*. Ljubljana: Faculty of Sport, Institute of Kinesiology.
- [3] Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R. & Goris, M. (1995). Influence of high resistance and high velocity training on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(8), 1203-1209.
- [4] Donati, A. (1996). Development of stride length and stride frequency in sprint performances. *New Studies in Athletics*, 34(1), 3-8.
- [5] Hay, J. (1993). *The biomechanics of sports techniques (4 ed.)*. Prentice Hall.
- [6] Huiling, P. (1999). Elastic potential of muscle. V: *Strenght and power in sport*. Ured.: Komi, P. 1999. *The encyclopaedia of sport medicine*. Blackwell science.
- [7] Ilić, D. (1999). *Motorna kontrola i učenje brzih pokreta*. Beograd: Zadužbina Andrejević.
- [8] Jacobs, R. & Ingen Schenau, G. (1992). Intermuscular Coordination in a Sprint Push-Off. *Journal of Biomechanics*, 25 (9), 953-965.
- [9] Komi, P. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigue muscle. *Journal of Biomechanics*, 33 (10), 1197-2006.
- [10] Kuitunen, S., Komi, P. & Kyrolainen, H. (2002). Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Medicine & Science in sport & exercise*, 34 (1), 166 - 173.
- [11] Kyrolainen, H., Belli, A. & Komi, P. (2001). Biomechanical factors affecting running economy. *Medicine & Science in sport & exercise*, 8, 1330-1337.
- [12] Latash, M. (1994). *Control of Human movement*. Human Kinetics. Publishers. Champaign, Illinois
- [13] Luhtanen, P. & Komi, P. (1980). Force, power – and elasticity relationship in walking, running and jumping. *European Journal of Applied Physiology* 44 (3): 279-289.
- [14] Mackala, K. (2007). Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 meters. *IAAF*, 22 (2), 7-16
- [15] Mann, R. & Sprague, P. (1980). A kinetic analysis of ground leg during sprint running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 334-348.
- [16] Mero, A., Komi, P. & Gregor, R. (1992). Biomechanics of sprinting running. *Sport medicine* 13 (6): 376-392.
- [17] Mero, A., Luhtanen, P. & Komi, P. (1986). Segmental contribution to velocity of centre of gravity during contact at different speeds in male and female sprinters. *Journal of Human Movement Studies*, 12, pp. 215-235.
- [18] Schmidt, R. (1990). *Motor control and learning*. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
- [19] Semmler, J. & Enoka, R. (2000). Neural contributions to the changes in muscle strength. U V. Zatsiorsky (Ur.), *Biomechanics in sport: The scientific basis of performance*, (3-20), Oxford: Blackwell Science.
- [20] Zatsiorsky V. M. (1995). *Science and practice of strength training*. Human Kinetics, Champaign.
- [21] Zatsiorsky, V. (ur.). (2000). *Biomechanics in sport: performance enhancement and injury prevention*. Oxford: Blackwell Scientific.
- [22] Zatsiorsky, V. i Kraemer, W. (2009). *Nauka i praksa u treningu snage*. Beograd: Data status.

Rad primljen: 12.07.2010. godine
Rad odobren: 19.07.2010. godine

Adresa za korespondenciju:
Prof. dr Milan Čoh
Fakultet za šport
Gordanova 28
1000 Ljubljana, Slovenia
Tel: +386 41 72 93 56
E.mail: milan.coh@fsp.uni-lj.si