

Manifestacija snage u aerobnim vježbama i vježbama jakosti

Cvita Gregov

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

UVOD

Svaka se motorička aktivnost razlikuje prema mnoštvu parametara koji je određuju. Razlikuje se prema strukturi/obliku, opterećenju, vrsti i broju angažiranih mišića i mišićnih skupina te prema uvjetima u kojima se provodi. Motoričke se aktivnosti također razlikuju i prema najznačajnijim sastavnicama opterećenja – intenzitetu i trajanju. To su dvije komponente opterećenja koje su obrnuto proporcionalne s aspekta treninga. To jednostavno znači da što je intenzitet veći, to je trajanje kraće. Isto tako, što je trajanje duže, to je intenzitet manji.

Upravo udio tih komponenata ili njihova dominacija uvjetuje i metaboličku, odnosno energetska strukturu i usmjerenost pojedine vježbe te prema tome organizam reagira drugačije i naravno, s vremenom se drugačije i adaptira.

Iz toga proizlazi da je za pravilno programiran trening nužno pravilno dozirano opterećenje treninga koje nam predstavlja osnovu za programiranje treninga.

Jedna od mjera intenziteta, kao sastavnice opterećenja, jest i snaga. Snaga je manifestacija svakog mišićnog rada, a međunarodna fizikalna jedinica za snagu jest vat (W ; $watt=J/s$). Budući da je uvriježeno mišljenje kako je snaga isključivo vezana uz aktivnosti maksimalnog intenziteta i stoga nebitna za sve ostale aktivnosti, pogotovo one vezane uz *izdržljivost*, cilj je ovoga rada skrenuti pozornost na razlike u različitim motoričkim aktivnostima upravo na temelju količine generirane snage i ukazati na njenu važnost i manifestaciju tijekom aerobnih vježbi.

METABOLIČKA, MEHANIČKA SNAGA, MAKSIMALNA AEROBNA SNAGA (Knuttgen, 2007)

Radi lakšeg razumijevanja daljnjeg teksta, potrebno je objasniti nekoliko pojmova koji se često spominju i odnose na snagu, a to su *metabolička snaga*, *mehanička snaga* te *maksimalna aerobna snaga*.

U motoričkom prostoru, snagu bismo dominantno trebali smatrati fizikalnom veličinom koja je posljedica kretanja u zadanim uvjetima. Pod zadanim uvjetima misli se na vanjsku silu ili opterećenje i brzinu djelovanja na tu silu, odnosno vrijeme potrebno za izvođenje rada.

Snaga je po definiciji izvršeni rad u jedinici vremena ili promjena energije u jedinici vremena. SI mjerna jedinica za snagu je vat [$W=J/s$]. Iz definicije proizlazi i matematička formula za snagu

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta E}{t}$$

Motoričkom bismo sposobnošću mogli smatrati samo eksplozivnu snagu iz razloga što se dominantno eksplozivnim aktivnostima može generirati maksimalna snaga koju sportaš ili neki pojedinac može postići.

Pojam **metabolička snaga** predstavlja količinu energije koja se oslobađa u mišiću kako bi se izveo neki pokret, vježba ili sport. Kod toga je bitno napomenuti da metabolička snaga aktivnih mišića premašuje mehaničku snagu u omjeru 4-5:1, što znači da se ostatak metaboličke snage pretvara u toplinu i širi u okolinu kako bi se spriječila hipertermija.

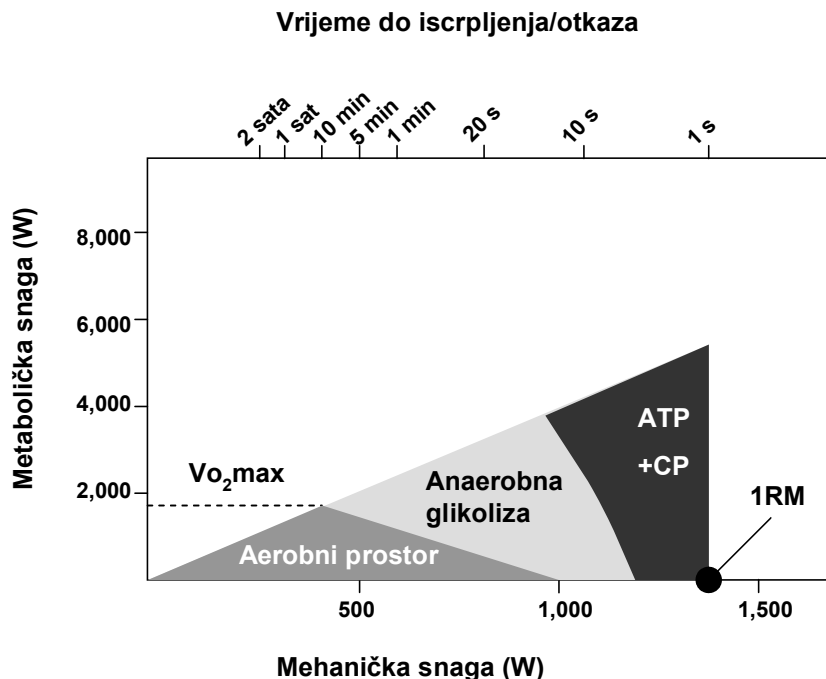
Znači **mehanička snaga** bi bila ona količina metaboličke snage koja je izvršila neki rad (vježbu) u zadanom vremenu.

Bez obzira na to o kojoj aktivnosti govorili, jedan od njenih produkata uvijek je snaga.

Što bi to onda bila aerobna snaga? To je pojam koji možemo poistovjetiti, odnosno smatrati sinonimom aerobne izdržljivosti. Bitniji je pojam **maksimalna aerobna snaga** koja zapravo predstavlja onaj intenzitet rada pri kojem dolazi do stagnacije primitka kisika (VO_2), odnosno do maksimalnog primitka kisika (VO_{2max}). Kada bismo dalje povećavali intenzitet rada, a time i proizvodnju snage, prešli bismo u područje anaerobnog rada počevši s anaerobnom glikolizom, o čemu svjedoče i povećane koncentracije laktata u mišićima i krvi tijekom mirovanja.

Na slici 1 prikazane su relacije između metaboličke i mehaničke snage koju proizvodi sportaš X tijekom zadanog vremena i energetske procesi koji se odvijaju. Tako sportaš X metaboličku snagu od 5000 W može generirati samo iz ATP-a. Između 3500 i 5000 W može generirati i resintezom ATP-a iz kreatin fosfata i adozin difosfata. U rasponu od 1500 i 3500W anaerobna glikoliza je glavni izvor energije za resintezu ATP-a. Kada su zahtjevi za snagom manji od 2000 W, mali dio energije za resintezu ATP-a koristi iz aerobnih procesa, ali što se više smanjuju zahtjevi za snagom, sve je veći doprinos aerobnog metabolizma

ugljikohidrata i masti u proizvodnji potrebne energije. Aerobni metabolizam prevladava kada se generira snaga manja od 1000 W, što sportašu omogućuje da trči, pliva, vozi bicikl, vesla, skija itd. duže vrijeme.

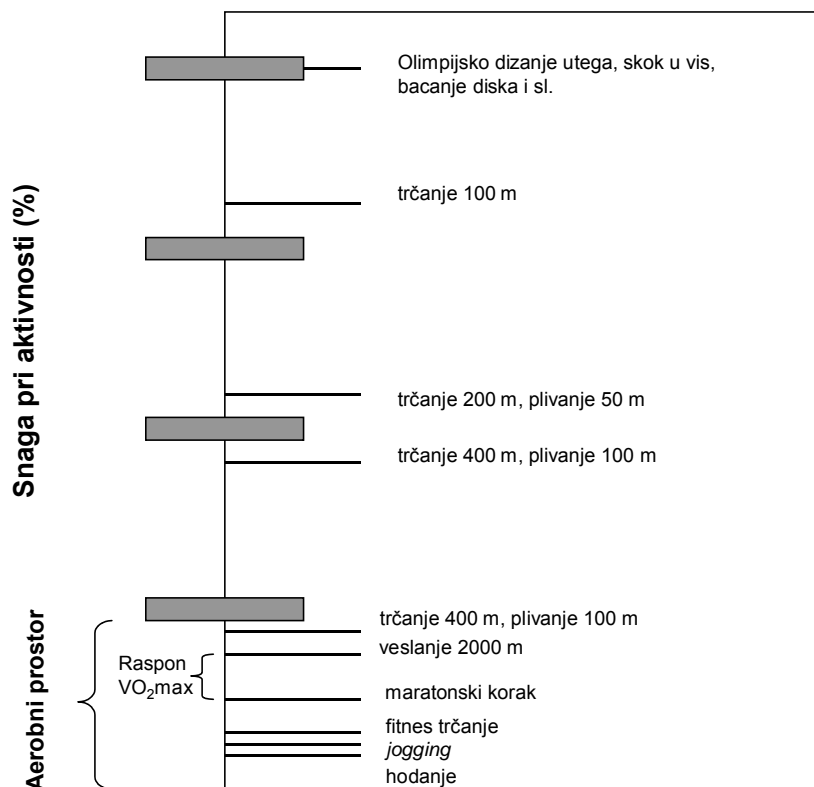


Slika 1. Relacije između metaboličke snage (u vatima - W) koja se stvara u skeletnom mišiću i mehaničke snage (u vatima - W) aktivnosti. Prikazane su relacije na temelju ergometrijskih vrijednosti pri konstantnoj brzini kretanja mladog i zdravog ispitanika. Izvori metaboličke snage označeni su kao aerobni prostor, anaerobna glikoliza i visokoenergetski fosfati. Na gornjoj je koordinati prikazano vrijeme vježbanja do iscrpljenja/otkaza (prema Knuttgen, 2007).

USPOREDBA VJEŽBI JAKOSTI I AEROBNIH VJEŽBI

Kada bismo vježbu jakosti i aerobnu vježbu izvodili na način da se angažiraju isti mišići i mišićne skupine, izvedbe tih vježbi, uzimajući u obzir proizvedenu snagu, nalazile bi se na suprotnim krajevima kontinuuma snage (Knuttgen, 2007). Prema Knuttgenu (2007), kontinuum snage predstavlja niz koji započinje s količinom metaboličke snage koja je potrebna da održi funkcije organizma (0% snage) u stanju mirovanja, a završava s očitovanjem maksimalne snage (100% snage) (slika 2).

Tako se na jednom kraju nalaze aktivnosti i sportovi kao što su hodanje, trčkanje, trčanje, a na drugom kraju olimpijsko dizanje utega, skok u vis, bacanje diska i kugle i slični.



Slika 2. Postotak maksimalne snage sportaša koja se generira pri različitim sportskim aktivnostima (prema Knuttgen, 2007).

Očito je da je najveći ograničavajući faktor u obje situacije veličina vanjskog opterećenja koji u slučaju vježbi jakosti omogućava izvedbu u rasponu od 1 do 10 ponavljanja, dok je izvedba u aerobnim vježbama ograničena na raspon od 200 pa i više ponavljanja. Kao ekstremni primjer može se uzeti maraton u kojem se bilježi više od 10.000 ponovljenih koraka.

Prema čemu se onda još razlikuju te dvije krajnosti vježbanja (veličine opterećenja) ako uzmemo u obzir da angažiramo iste mišićne skupine?

Jedna od razlika jest *aktivacija motoričkih jedinica*, odnosno inervirana mišićna vlakna.

Mišićna vlakna tipa I su spora i s nižim pragom podražaja. Što su zahtjevi za proizvodnjom snage veći, veći će biti ekscitacijski eferentni val iz motoričkog korteksa i leđne moždine, što opet određuje redosljed aktiviranja motoričkih jedinica tri tipa mišićnih vlakana. Mali podražaji uvjetovat će motoričke neurone tipa I, a ne one tipa II. No kada se zahtjevi za proizvodnjom sile ili snage povećaju, povećavat će se i broj aktiviranih motoričkih jedinica tipa I. Kada se sve motoričke jedinice tipa I aktiviraju, potreba za kisikom koji naravno omogućava aerobni metabolizam će dostići maksimalne vrijednosti, odnosno VO_2max .

Pri približno 20% maksimalne sile i snage, ekscitacijski val postaje dovoljno velik da premaši prag podražaja određenih motoričkih neurona tipa II, pa se tako aktivira i određeni broj motoričkih jedinica tipa IIa. Dokaz tome jest i prisutnost krajnjeg produkta anaerobne glikolize u mišiću i krvi – mliječne kiseline. Ako se i dalje povećava intenzitet vježbanja, tako i potrebe za metaboličkom snagom rastu i dolazi do tolike ekscitacije koja premašuje i prag velikih motoričkih neurona i stoga se aktivira veći broj motoričkih jedinica tipa IIx.

Ako se želi stimulirati mišić tako da razvije maksimalnu silu (tj. jakost), mora se razviti najveći mogući podražaj koji će aktivirati sve motoričke neurone koji inerviraju mišić. Tada će se aktivirati sva tri tipa motoričkih jedinica te će tako sve mišićne stanice generirati silu.

Druga bitna razlika odnosi se na *metabolizam mišićnih stanica*, odnosno dominantne energetske mehanizme. Proizvodnja najveće mišićne snage uvjetuje svu potrošnju energenata ATP-a i CP-a u mišiću. U sportovima velikog intenziteta, kao što je dizanje utega, potrebna je energija i snaga samo iz razgradnje ATP-a i CP-a. Generiranje sile i aktivnost premalo traje da bi se uključili ostali izvori energije, tj. ostali metabolički putovi. Naravno, nakon svake takve aktivnosti tijekom mirovanja potrošeni se fosfageni izvori obnavljaju aerobnim metabolizmom ugljikohidrata i masti u mitohondrijima.

Kada aktivnost visokog intenziteta traje malo dulje (npr. od 10 do 60 sekundi prije otkaza), anaerobna glikoliza glukoze i mišićnog glikogena povećava svoj udio u proizvodnji energije za generiranje snage. Što se ta aktivnost više približava vremenu od 60 sekundi, to je veći udio anaerobne glikolize i time veća koncentracija mliječne kiseline u mišićima i krvi. Fosfageni izvori također se obnavljaju tijekom oporavka aerobnim metabolizmom ugljikohidrata i masti.

Smanjenjem intenziteta vježbanja i produljivanjem trajanja, za proizvodnju snage najzaslužniji postaje aerobni metabolizam, osobito u motoričkim jedinicama tipa I. To se prema pravilu događa kao posljedica sve manjih neuralnih podražaja koji više nisu na razini

da bi se aktivirale motoričke jedinice tipa II. Aerobni metabolizam prevladava i aktivnost se može nastaviti zadanim intenzitetom. Takav je primjerice, intenzitet maratonske utrke (približno 75 do 86% od $VO_2\text{max}$) u kojemu se sva snaga proizvodi energijom dobivenom aerobnim metabolizmom u aktiviranim mišićnim stanicama.

I za treću veliku razliku zaslužni su *cirkulacijski faktori* kao što su: kapilarizacija mišićnog tkiva, volumen krvi, sastav krvi te minutni volumen srca koji su u potpunosti nebitni za vježbe visokog intenziteta. Tijekom olimpijskog dizanja utega, bacanja kugle i sprinta, opskrba mišića kisikom i uklanjanje CO_2 uopće nisu važni. Te se funkcije pojavljuju samo tijekom oporavka od takvih aktivnosti.

Smanjenjem intenziteta do razine na kojoj se proizvodnja snage temelji najviše na anaerobnoj glikolizi, povećava se i važnost cirkulacijskih faktora zbog potrebe za uklanjanjem viška CO_2 i mliječne kiseline (npr. u rasponu od 35 do 50% maksimalne snage). Smanjenjem intenziteta na razinu na kojoj se snaga dobiva putem aerobnih izvora energije i produljivanjem trajanja vježbanja, povećava se važnost opskrbe mišića kisikom i uklanjanja ugljičnog dioksida iz mišićnih stanica.

U rasponu od 30 do 35 % maksimalne snage vježba može trajati približno od 4 do 10 minuta i upravo u tom slučaju dolazi do maksimalne potrošnje kisika, odnosno maksimalne aerobne snage. Pri tome su vrlo važni čimbenici kao što su minutni volumen srca, volumen krvi, hematokrit te kapilarizacija mišićnog tkiva. Iz tog se razloga često pojam aerobna pripremljenost zamjenjuje s pojmom kardiovaskularna pripremljenost. Što su vrijednosti intenziteta vježbanja pri maksimalnoj aerobnoj snazi niže, to će vježbanja trajati dulje, od 10-ak minuta do nekoliko sati.

ZAKLJUČAK

Radi što boljeg razumijevanja strukture motoričkih aktivnosti, potrebno ih je analizirati s više aspekata, a pogotovo onih koji u velikoj mjeri određuju njihovu usmjerenost. Tako je svaku aktivnost potrebno analizirati i s aspekta snage koja se generira prilikom vježbanja. Poznavajući vrijednosti generirane snage, učinkovito ćemo programirati trening usmjeren upravo na razvoj onih sposobnosti i osobina koje su nam potrebne da bismo postigli zadovoljavajuću kondicijsku pripremljenost, a time stvorili uvjete za ostvarivanje najviših sportskih rezultata.

LITERATURA

1. Knuttgen, H.G. i Komi, P. (2003). Basic considerations for exercise. U P. Komi (ur.), *Strength and Power in Sport* (str. 3-7). Oxford: Blackwell Publishing.
2. Knuttgen, H.G. (2007). Strength training and aerobic exercise: Comparison and contrast. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 973-978.
3. Marković, G. (2008). Jakost i snaga u sportu: definicija, determinante, mehanizmi prilagodbe i trening. U I. Jukić, D. Milanović i C. Gregov (ur.), *Zbornik radova 6. godišnje međunarodne konferencije „Kondicijska priprema sportaša - Trening snage“* (str. 15-22). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.