


Procena mišićne funkcije:
Primena u sportskom treningu i sportskoj medicini

Dr Predrag Božić



Sadržaj

- Kretanje i mišićna aktivnost
- Faktori koji utiču na sposobnost mišića da ispolji silu
- Testovi za procenu mišićne funkcije
- Praktične implikacije



Kretanje kao osnovna funkcija mišićnog sistema

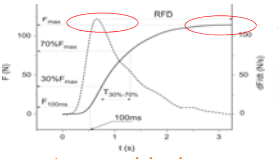
Funkcionalne sposobnosti mišića

- Sposobnost ispoljavanja velike sile
- Sposobnost ispoljavanja velike sile u relativno kratkom vremenskom intervalu (sposobnost ispoljavanja velike sile pri velikim brzinama)
- Sposobnost relaksacije



Definisanje pojmova: Jačina

- Jačina predstavlja sposobnost savladavanja otpora ili suprotstavljanja opterećenju (Kukolj, 1996).

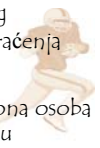


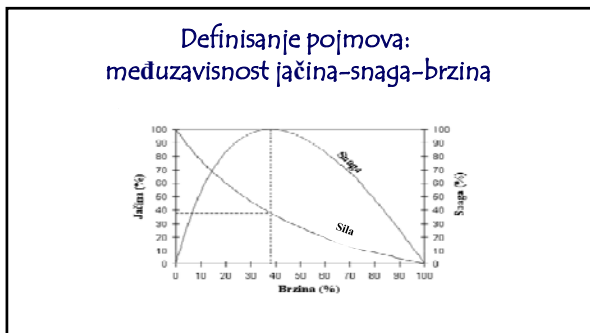
- (Maksimalna) jačina
- Eksplozivna jačina

Mirkov, Eur J Appl Physiol, 2004

Definisanje pojmova: Snaga

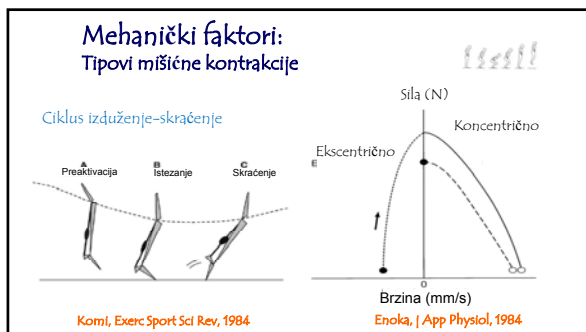
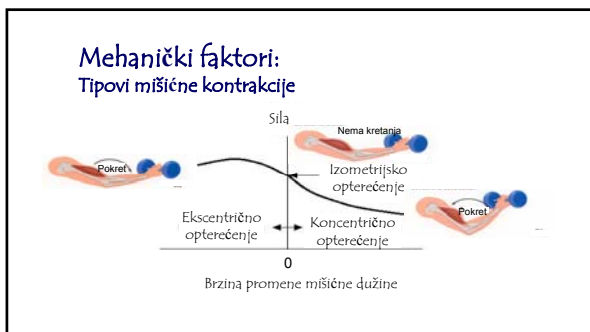
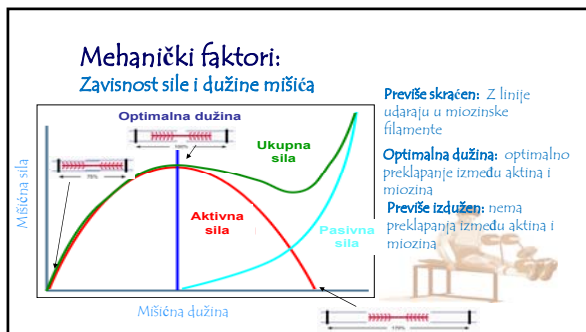
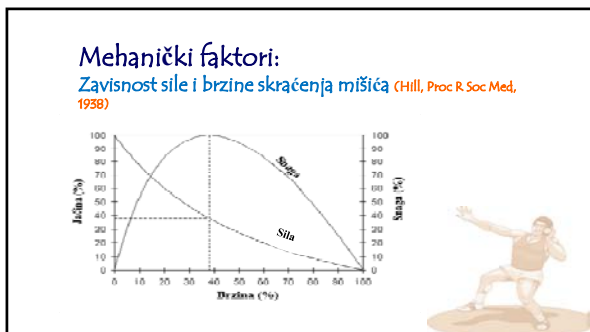
- Snaga – $P (W) = F (N) \times V (m/s)$
- Snaga – sposobnost mišića da deluje relativno velikim silama protiv manjeg spoljašnjeg opterećenja, ali pri velikim brzinama skraćivanja mišića (Jarić i Kukolj, Fizička kultura, 1996).
- Ukoliko dve osobe podižu istu težinu, ona osoba koja to podiže brže proizvodi veću snagu





Faktori koji utiču na sposobnosti ispoljavanja mišićne sile i snage

Mehanički faktori (McMahon, 1984, Faulkner i sar., 1986b, Newton, 1997),
 Morfološki faktori (McMahon, 1984, Edgerton i sar., 1986, Newton, 1997)
 Neuralni faktori (Komi, 1992, Cormie i sar., Sports Med, 2011a).
 Faktori mišićnog okruženja (Cormie i sar., Sports Med, 2011a).



Morfološki faktori:

- Poprečni presek mišića
- Tip mišićnih vlakana (brza i spora kontrahujuća vlakna)
- Arhitektura mišića (ugao pripajanja mišićnih vlakana)
- Dužina mišićnih vlakana
- Osobine tetiva

(a) Force/cross-section vs Velocity of shortening. High V_{max} (blue) and Low V_{max} (red) curves.

(b) Mechanical power/cross-section vs Velocity of shortening. High V_{max} (blue) and Low V_{max} (red) curves.

Neuralni faktori

- Regrutacija motornih jedinica (po principu veličine)
- Frekvencija pražnjenja
- Sinhronizacija
- Neuralna šema aktivacije različita za brze i spore mišićne kontrakcije

Fig. 3.1.8. Sequential motor unit activation of the plexus of a unit. Motorization curve are shown between 0 and 100% of unit potential, obtained from measurements and direct control. The curve are representative of voluntary skeletal muscle.

Faktori mišićnog okruženja

- Zamor
- Hormonski status
- Temperatura mišića
- Protokol
- Familijarizacija
- Iskustvo ispitanika

SVRSISHODNOST PROCENE MIŠIĆNE FUNKCIJE

Procena mišićne funkcije u sportu i sportskoj medicini

- Utvrđivanje kapaciteta za višenje različitih fizičkih aktivnosti
- Identifikacija talenata i modelovanje
- Kontrola procesa treninga i rehabilitacije
- Praćenje stanja zamora i oporavka
- Identifikacija funkcionalnih slabosti mišića (utvrđivanje faktora rizika za povređivanje)
- Identifikacija zdravstvenih rizika (kardiovaskularni rizici, osteoporoza, kancer i sl.)

Metrijske karakteristike testova- Validnost

- Meri baš ono za šta je i namenjen

Metrijske karakteristike testova – Pouzdanost

- Saglasnost rezultata ponovljenih merenja



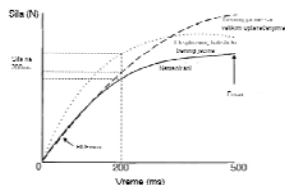
Metrijske karakteristike testova – Objektivnost

- Objektivnost – nezavisnost rezultata od merioca



Metrijske karakteristike testova – Osetljivost

- Mogućnost detekcije malih razlika



Metrijske karakteristike testova – Specifičnost

- Energetski sistemi, kretne strukture koje su zastupljene u testu iste kao i specifična aktivnost



Standardni testovi jačine (STJ)

Izometrijski testovi



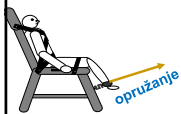
Izoinercijani testovi



Isokinetički testovi



Standardni izometrijski test jačine (STJ)



Procena mišićne funkcije preko naizmeničnih maksimalnim kontrakcijama

f = 1,00 - 2,00 Hz
 -Bozic i sar., J Strength Con Res, 2011, 2013
 -Bozic i sar., Eur J App Physiol, 2012

Izoinercijalni testovi (1RM testovi)

Pređikcija 1RM

1 RM—Repetition Table	
Repetitions	% 1 RM
1	100
2	95
3	93
4	90
5	87
6	85
7	83
8	80
9	77
10	75
11	70
12	67
15	65

Izokinetički testovi

- Brzina izvođenja konstantna
- Različiti režimi rada (ecc, con, iso)
- Veliki opseg brzina
- Mogućnost testiranja svih najvažnijih zglobova
- Moment sile tokom celog opsega pokreta
- Snaga
- Izvršeni rad
- Odnosi između strana tela
- Odnosi između antagonističkih mišićnih grupa
- Odnosi između različitih kontrakcija

Testovi snage

Direktni testovi

Indirektni testovi

Procena maksimalne snage (direktna)

Platforme sila i sonde

Ergometri

Enkoderi

Procena maksimalne snage (indirektna)



Vertikalni skok sa počučnjem sa zamahom rukama

7 uzastopnih vertikalnih skokova sa rukama na bokovima

Izbacivanje medicinke sa grudi

Skok udalj iz mesta



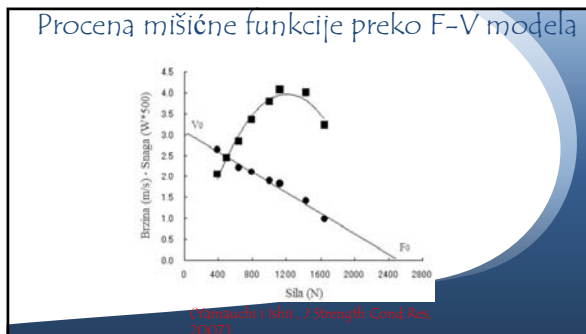
Procena mišićne funkcije preko F-V modela

Ispijavanje sile-snage pri različitim opterećenjima



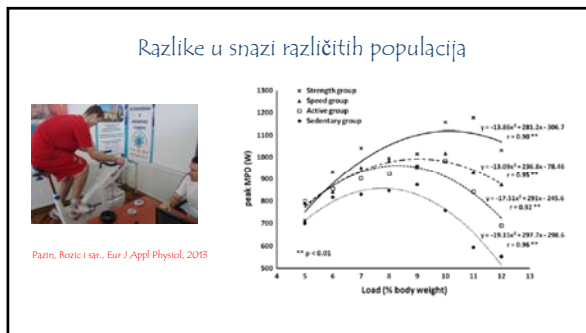
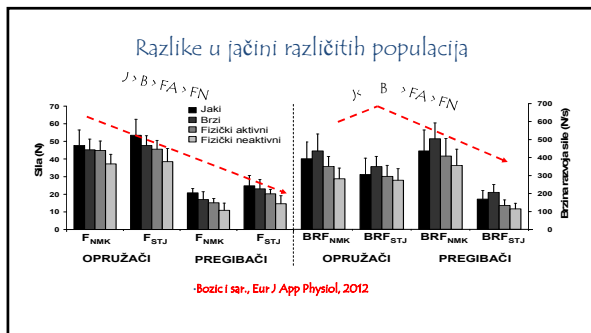
Primer 1: Vertikalni skok sa opterećenjima i rasterećenjima (Leontijević, Pazić, Božić i sar., J. Elektromiogr. Kinesiol. 2013)

Primer 2: Sa spiral test (Pazić, Božić i sar., Eur. J. Appl. Physiol. 2011)



- ### Pouzdanost standardnih testova mišićne funkcije
- Uglavnom potvrđena visoka pouzdanost, tačnost i objektivnost (Božić i sar., J. Strength Con Res, 2011, 2015; Wilson i Murphy, Sports Med, 1996; Abemethy et al., Sports Med, 1995)
 - Nešto manja pouzdanost BRF u odnosu na F (Božić i sar., Eur. J. Appl Physiol, 2012)
 - U cilju održavanja visoke pouzdanosti preporučuje se:
 - Standardizacija instrukcija testa i položaja ispitanika
 - Odvojeni pokušaji i instrukcije za procenu F i BRF (Bemben et al., Res Q Exerc Sport, 1990; Sahaly et al., Eur. J. Appl Physiol, 2001)
 - Familijarizacija ispitanika sa protokolima (probni pokušaji)
 - Nivo veština iskustvo ispitanika značajne kod izoinercijalnih testova i pojedinih testova snage (McCurd i sar., J. Strength Con Res, 2008)

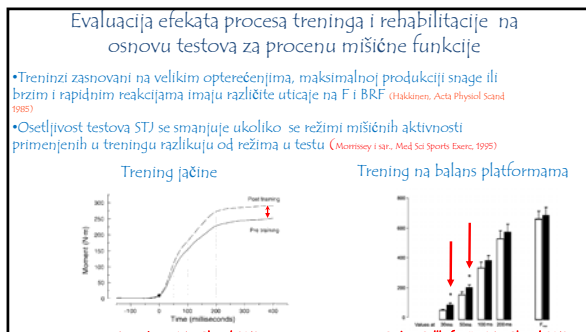
- ### Povezanost rezultata testova mišićne funkcije sa funkcionalnim kretanjima
- Standardni testovi i dalje ne prate šemu neuralne aktivacije tipičnu za brzu produkciju mišićne sile (Van Cutsem et al., J. Physiol, 1998; Enoka and Fuglevand, Muscle Nerve, 2001)
 - Sposobnosti predikcije funkcionalnih kretanja mala do umerena (Wilson i Murphy, Sports Med, 1996; Abemethy et al., Sports Med, 1995)
 - Izoinercijalni testovi pokazuju nešto veću spoljašnju validnost u odnosu na izometrijske i izokinetičke testove (Harris i sar., 2008)
 - Razvoji novih testova mišićne funkcije (brze kratkotrajne kontrakcije, balističkih pokreta i ciklična kretanja i dr.) (Božić i sar., J. Strength Con Res, 2011, 2013; Pazić i sar., 2011; Harris i sar., 2008; Wilson i Murphy, Sports Med, 1996; Abemethy et al., Sports Med, 1995)



Razlikovanje između različitih populacija sportista

Osetljivost STJ često nedovoljna u pravljenju razlika u homogenijem uzorcima sportista (npr. elitni-subelitni, starteri-nestarteri i sl.) (Wilson i Murphy, Sports Med, 1996; Abernethy et al., Sports Med, 1995)

Zbog sličnosti sa brojnim funkcionalnim kretanjima, testovi snage osetljiviji za razlikovanje različitih populacija ljudi (MacDug)



Evaluacija zamora i oporavka na osnovu testova za procenu mišićne funkcije

- Smanjena sposobnost mišića da ispolji maksimalnu silu posle intenzivnih ekcentričnih kontrakcija (7-14 dana)
- Jačina mišića pregibača u zglobovima kolena u većoj meri smanjena nakon specifičnih fudbalskih vežbi u odnosu na mišiće opružače (Small i sar., J Sci Med Sport, 2010)
- Funkcionalni odnos između različitih mišića može biti narušen nakon treninga i takmičenja (povećavanje rizika od povredavanja) (Delestrat i sar., Scand J Med Sci Sports, 2011)

Utvrđivanje slabosti i faktora rizika

- Kinetički lanac je jak koliko mu je jaka i najslabija karika!
- Procena mišićne funkcije može utvrditi specifične slabosti koje povećavaju rizik za povredavanje
- Primer 1: Povrede mišića zadnje lože natkolence dešavaju se zbog (Knapik i sar., Am J Sports Med, 1991):
 - smanjene jačine (koncentrične, posebno ekcentrične kontrakcije),
 - neodgovarajućih odnosa sa jačinom mišića kvadricepsa
 - većih razlika u jačini kada se poredi leva i desna noga i dr.
- Primer 2: Slabost i nedovoljna izdržljivost mišića rotatora u zglobovima ramena mogu uticati na povećanu nestabilnost zgloba (Davies i sar., J Orthop Sports Phys Ther, 1992)

Praktične implikacije.

- Testovi jačine i snage su visoko pouzdani i omogućavaju dobijanje objektivnih i preciznih podataka
- Izometrijski testovi:
 - Za: Kontrola uslova veća nego kod testova zasnovanih na složenim kretanjima
 - Protiv: Ne mogu da prate šemu neuralne aktivacije tipičnu za funkcionalna kretanja zasnovana na brzim i/ili cikličnim mišićnim aktivnostima

Praktične implikacije..

- Izoinercijalni testovi:
 - Za: Lako dostupna dinamička metoda
 - Protiv: Zahteva iskustvo ispitanika u radu sa opterećenjima. Iako ima veću od izometrijskih testova, brzine, položaji još uvek dovoljno ne sličnost sa funkcionalnim zahtevima (postura, brzine i dr.)
- Izokinetički testovi:
 - Za: Najveća kontrola uslova (režimi rada, brzine, protokoli). Procena jačine i snage tokom iste kontrakcije. Bezbedna metoda testiranja
 - Protiv: Slaba sličnost sa većinom sportskih aktivnosti. Velika cena

Praktične implikacije...

- Testovi snage:
 - Za: Velika sličnost sa velikim spektrom sportskih i svakodnevnih funkcionalnih zadataka.
 - Protiv: Nešto slabija kontrola uslova.
- U cilju povećavanja spoljašnje validnosti preporučuje se evaluacija novih testova zasnovanih na mišićnim aktivnostima koja odgovaraju prirodnom kretanjima
- Voditi računa da se novim testovima osim povećavanja spoljašnje validnosti održi i odgovarajući nivo pouzdanosti i preciznosti

HVALA NA
PAŽNJI!

PITANJA...?