

Procena kapaciteta sistema za kretanje preko relacije SILA-BRZINA



Predrag Božić Phd



Mehaničke osobine mišića

- Uspešno izvođenje različitih motoričkih zadataka zavisi od mogućnosti ispoljavanja visokog nivoa:
 - Sile (F)
 - Brzine (V)
 - Snage ($P = F \times V$)

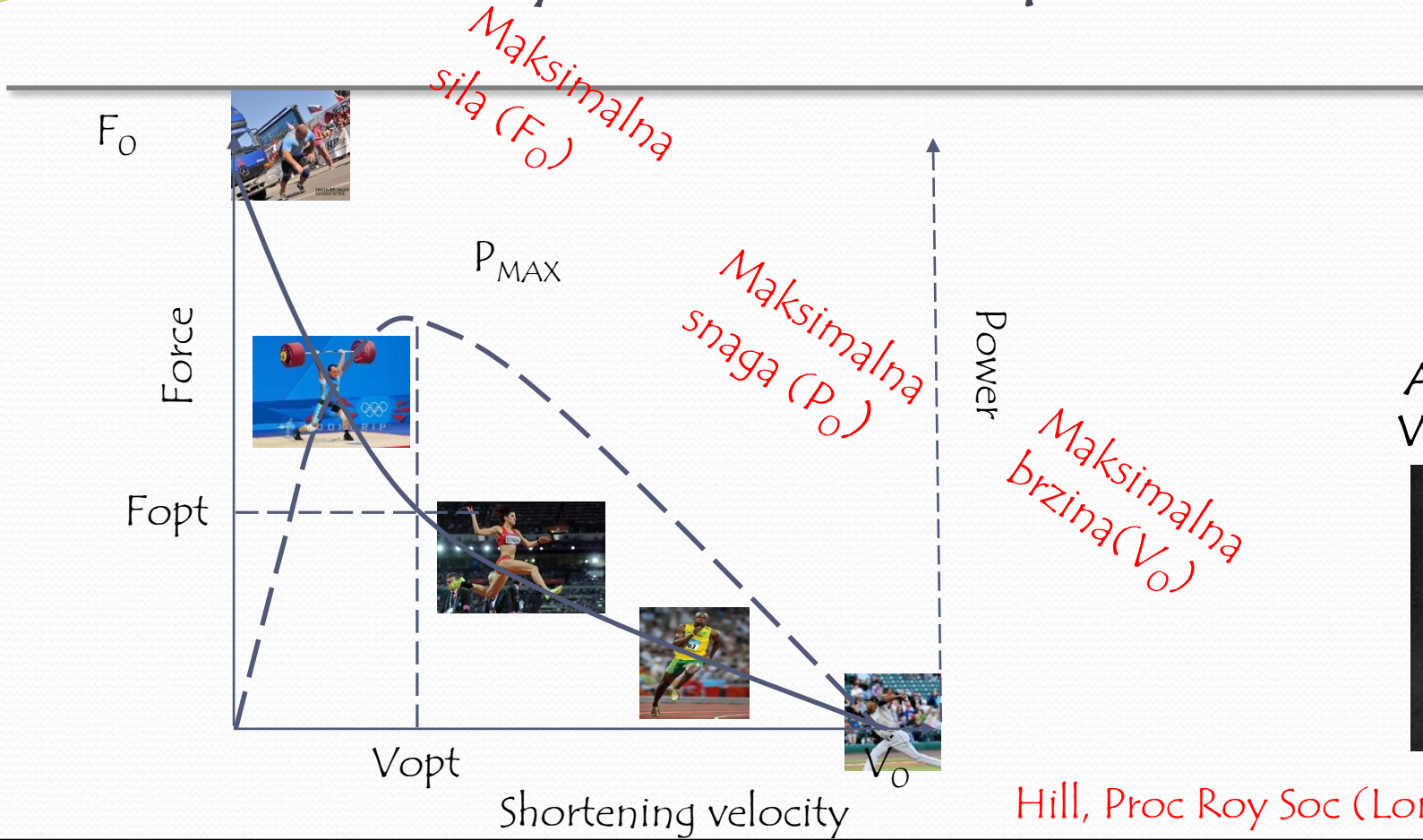


Mišićne osobine – jačina, brzina i

snaga :

- Nezavisne sposobnosti kada se procenjuju različitim testovima i uslovima (Fleishman, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1964).
- Različite trenajne metode ili rehabilitacione intervencije mogu imati selektivan uticaj na F, V ili P (Cormie et al., Sports Med, 2011).
- Različiti morfološki (Mc Mahon, Princeton, 1984) i neuralni faktori (van Soest and Casius, Med Sci Sports Exerc, 2000) definišu ispoljavanje F, V i P

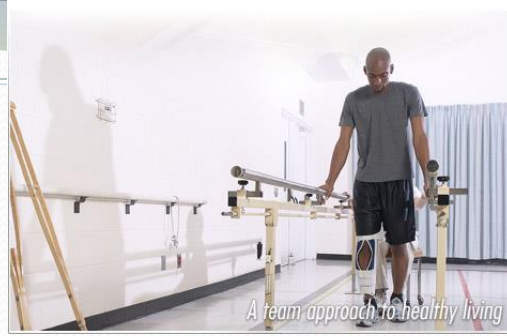
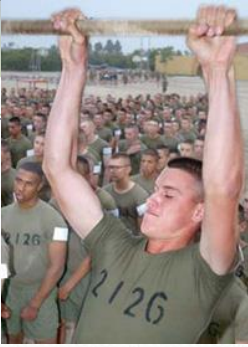
Force-velocity relationship



Archibald
Vivian Hill



Hill, Proc Roy Soc (Lond), 1938



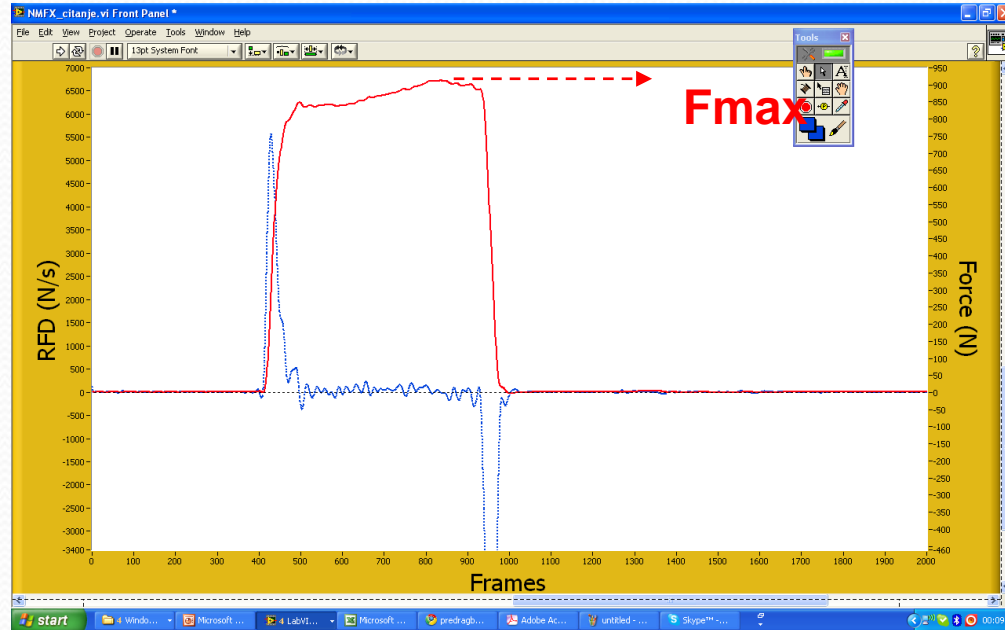
Razlozi za procenu maksimalnih mišičnih kapaciteta



Nedostaci standardne procene.

- Većina rutinskih testiranja i savremenih istraživanja zasnovani testovima tokom kojih savladavamo pojedinačna predefinisana opterećenja!!!
- Tipični rezultati koji pojedinačnih testova (visina skoka, frekvencija okretanja pedala, ispoljena sila) – ne mogu da razdvoje različite mišićne kapacitete!!!

Standardna procena mišićne funkcije savladavanjem maksimalnih opterećenja.



Standardni test jačine

Procena mišićne funkcije savladavanjem umerenih opterećenja..



Testovi snage

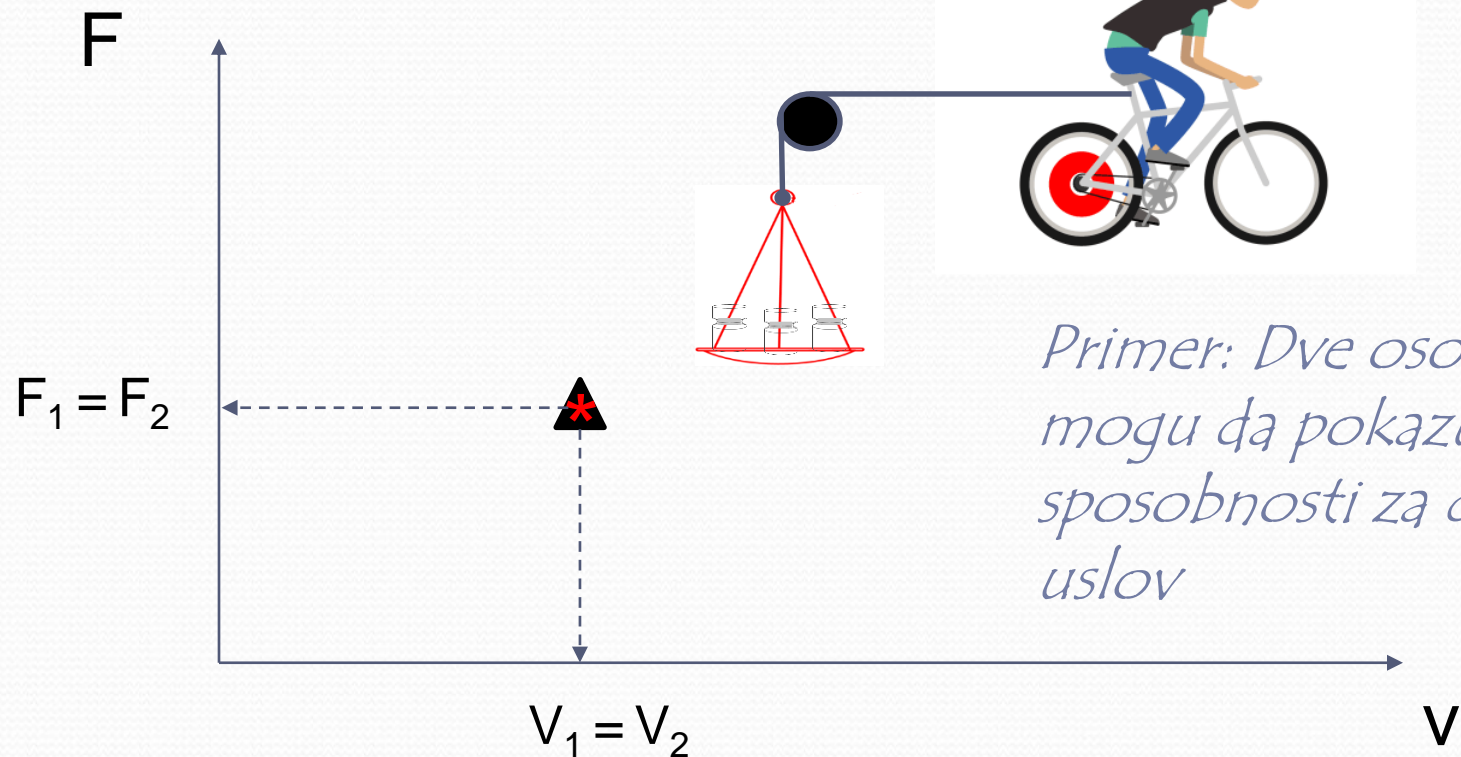


Procena mišićne funkcije pri maksimalnim brzinama..



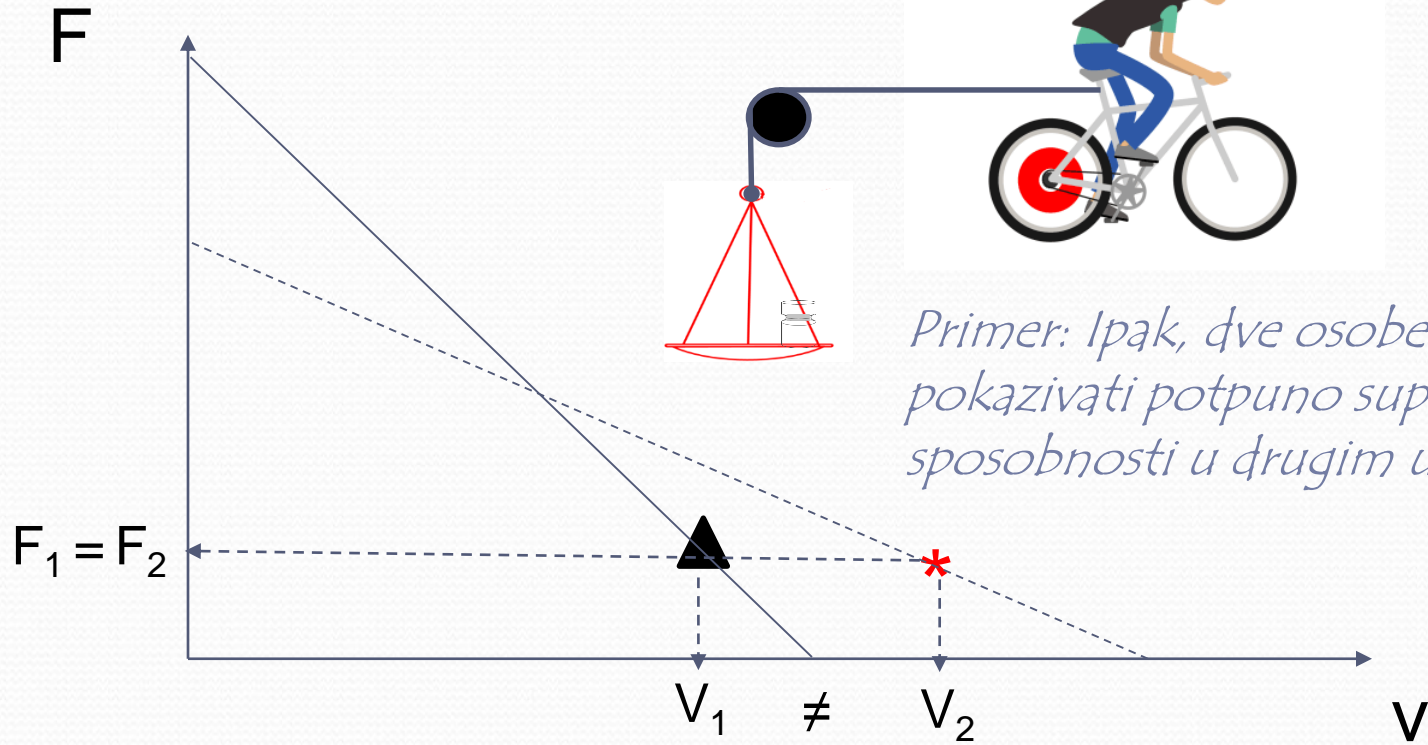
Test za procenu brzine pokreta

Testiranje savladavanjem pojedinačnih opterećenja daje nam mogućnost da procenimo sposobnosti izvođenja samo za dati uslov



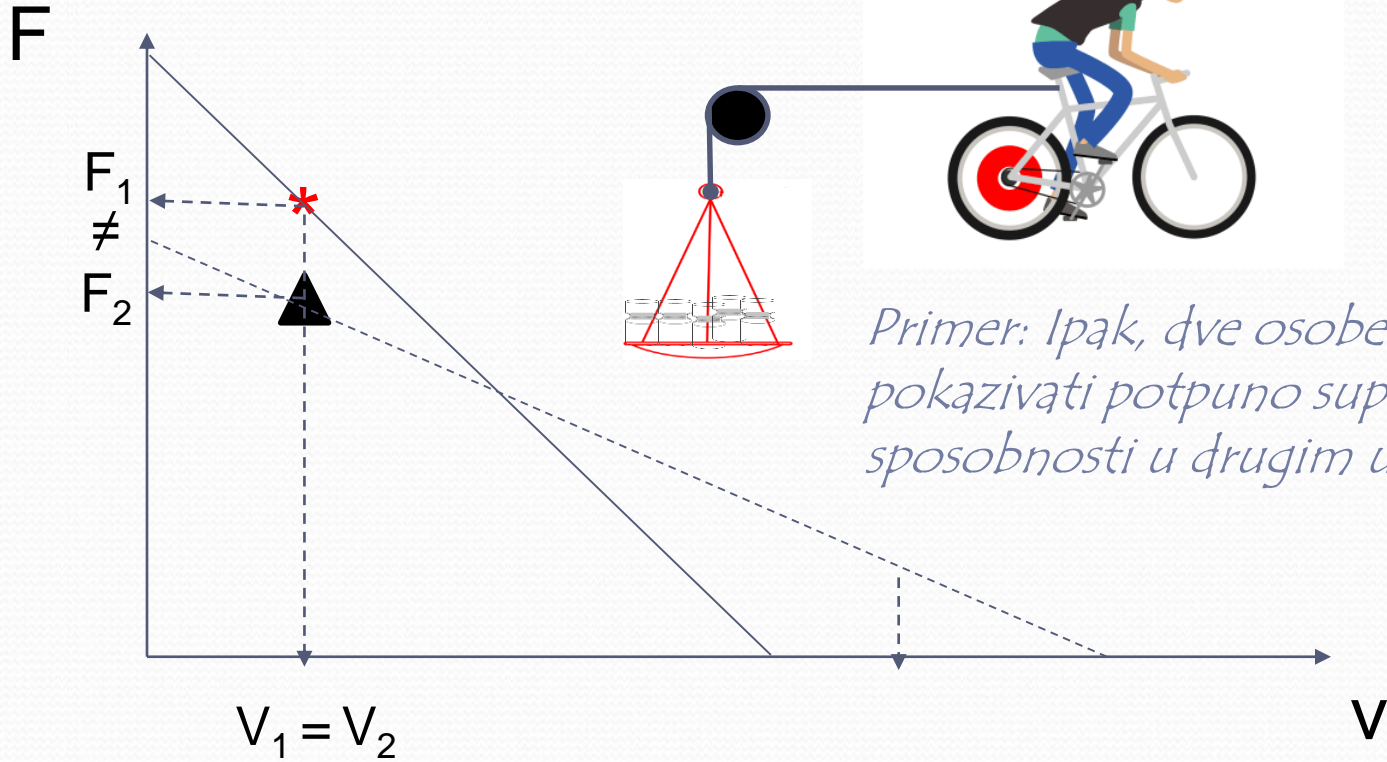
Primer: Dve osobe mogu da pokazuju iste sposobnosti za dati uslov

Kapaciteti za izvođenje u drugačijim uslovima ostaju nepoznati - značajne razlike mogu da postoje na drugim pozicijama F-V relacije (menjanjem uslova izvođenja - menjanjem brzine ili opterećenja).



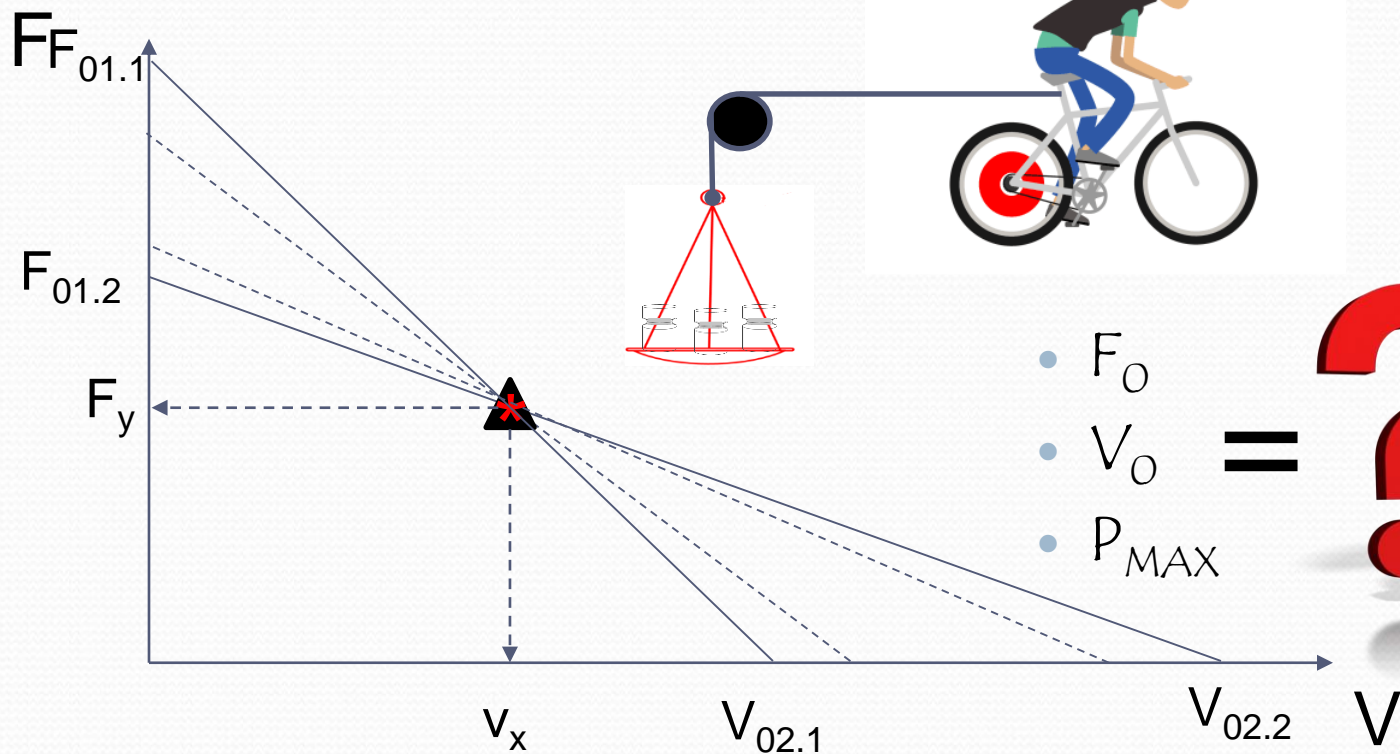
Primer: Ipak, dve osobe mogu pokazivati potpuno suprotne sposobnosti u drugim uslovima

Kapaciteti za izvođenje u drugačijim uslovima ostaju nepoznati - značajne razlike mogu da postoje na drugim pozicijama F-V relacije (menjanjem uslova izvođenja - menjanjem brzine ili opterećenja)..



Primer: Ipak, dve osobe mogu pokazivati potpuno suprotne sposobnosti u drugim uslovima

Maksimalni mehanički kapaciteti ne mogu biti procenjeni preko testiranja u pojedinačnim predefiniranim uslovima



• F_0

• $V_0 =$

• P_{MAX}



Journal of Strength and Conditioning Research, 1999, 13(1), 58-66
© 1999 National Strength & Conditioning Association

J Physiol 562.7

A Comparison of Strength and Power Characteristics Between Olympic Lifters, and Sprinters,

JEFFREY M. MCBRIDE, TRAVIS T. COOPER, ROBERT U. NEWTON, and SANDRA J. SHULTZ

Triple-Jump Distance as a Valid Predictor of Lower Limb Strength and Power

By Tyler Hamilton, MS, ATC; Sandra J. Shultz, PhD, ATC, CSCS; David H. Perrin, PhD, ATC, FACSM; Paul J. Schmitz, PhD, ATC; David H. Perrin, PhD, ATC, FACSM

The University of North Carolina at Greensboro, Greensboro, NC

By JOHN E. DESMEDT and GUY...

Testiranje mišićne funkcije u pojedinačnim predefinisanim uslovima je jedan od značajnih metodoloških ograničenja koji postoji u dosadašnjim istraživanjima!!!

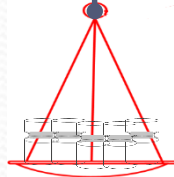
Journal of Science and Medicine in Sport
www.sportsci.org/locate/jsams



Međutim ukoliko bi testiranje izvršili primenom većih opterećenja...

F

sig. { ▲
* }



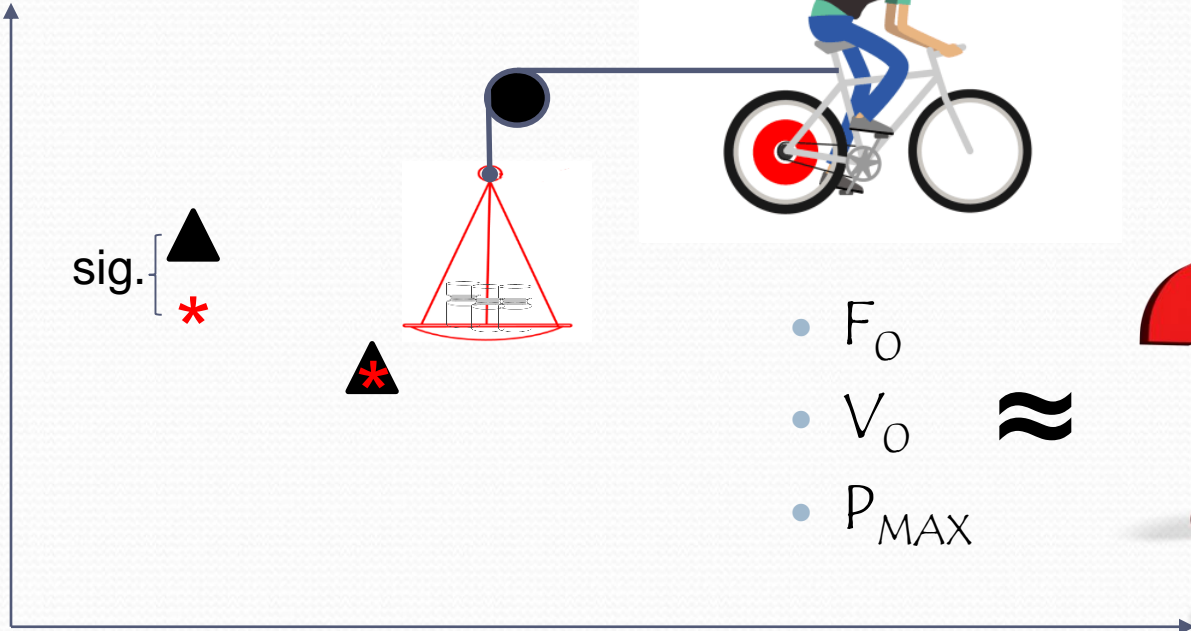
- F_0
- $V_0 \approx$
- P_{MAX}



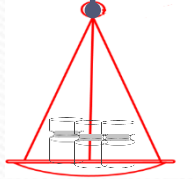
V

...pa isti zadatak savladavali primenom
umerenih...

F



sig. { ▲
* }

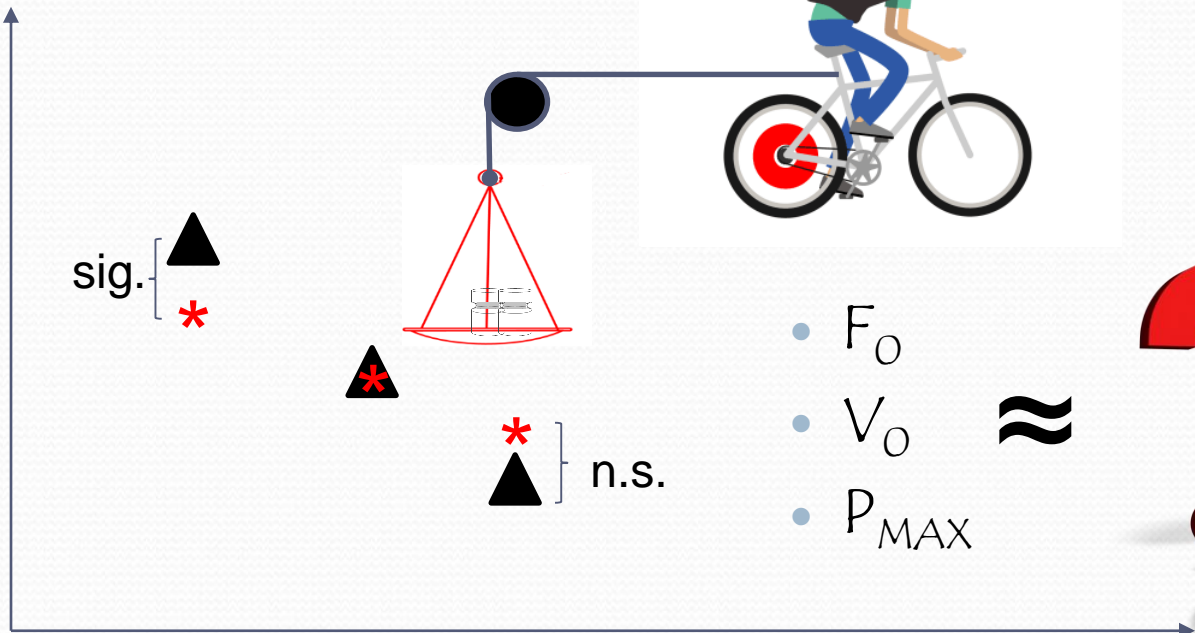


- F_0
- $V_0 \approx$
- P_{MAX}

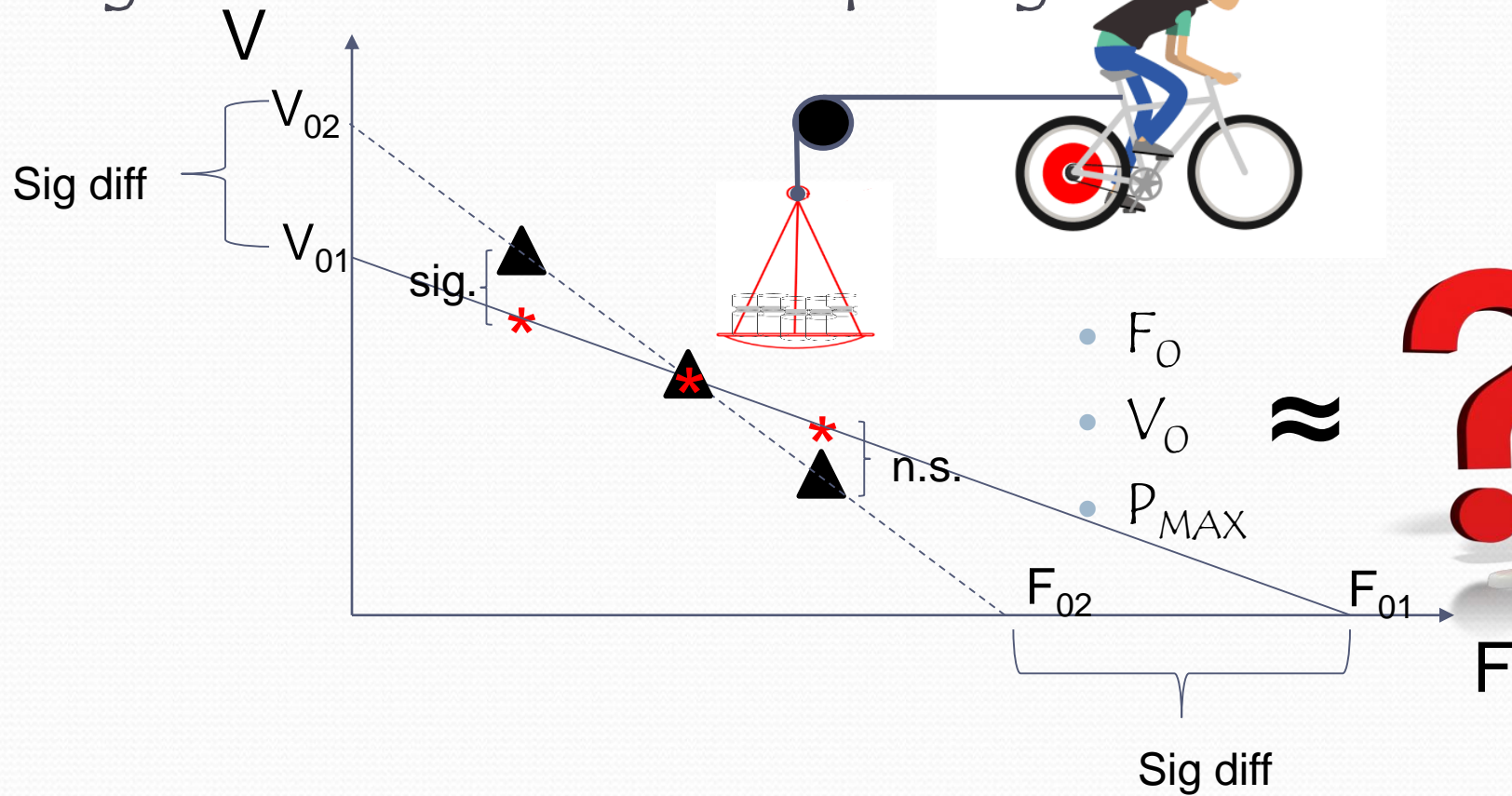


...i na kraju manjih opterećenja...

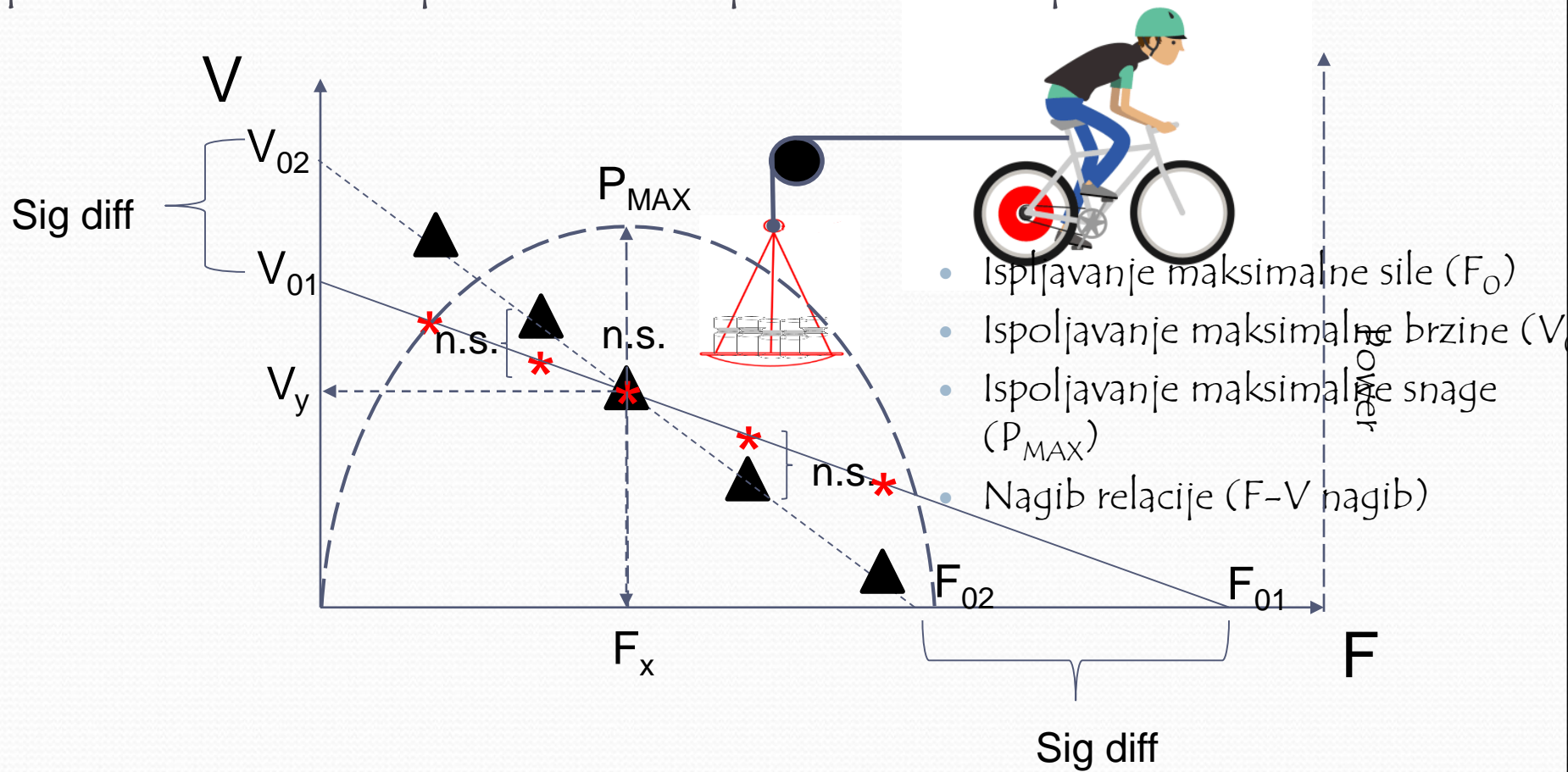
F



...dobili bi preciznije podatke za procenu
mogućnosti za izvođenje tog zadatka



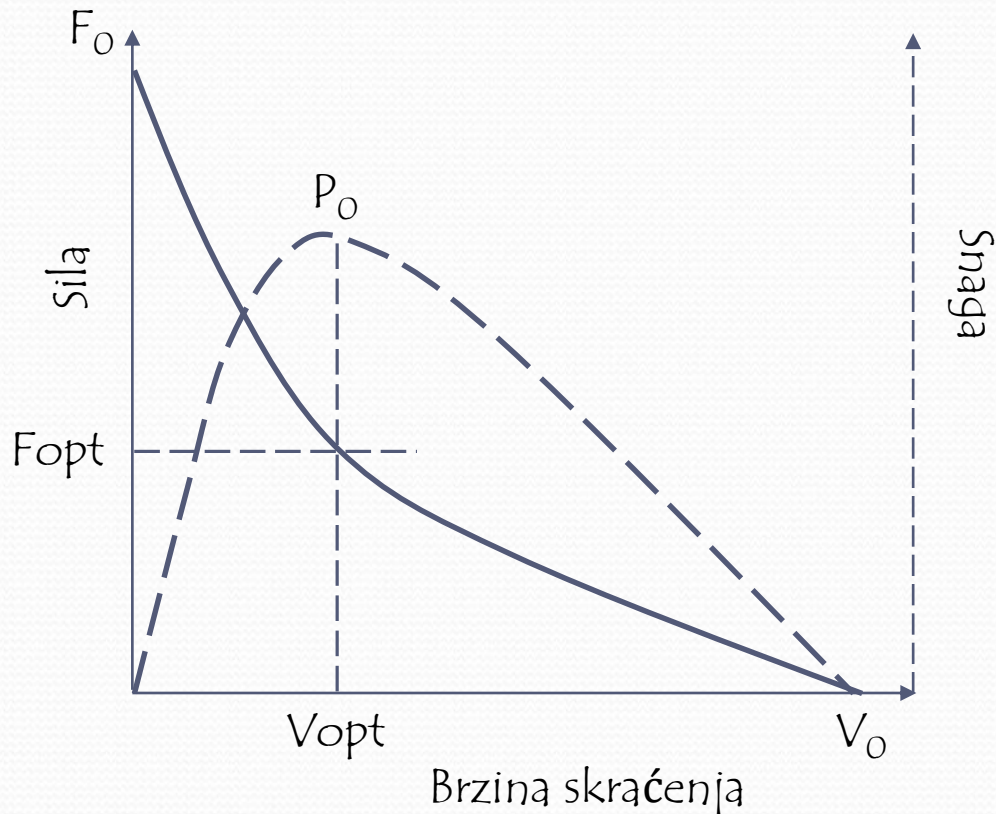
Rešenja koje daje nadu za prevazilaženje nedostataka standardne procene - Testiranje modelovanjem F-V relacije



Pre nego što F-V modelovanje primenimo u standardnoj rutinskoj proceni potrebno je da znamo:

- Koji je oblik the F-V relacije (jednozglubni vs višezglobni pokreti i kretanja)?
- Koji je to optimalan opseg, lokacije i broj različitih uslova da bi se dobila pouzdana i validna F-V relacija?
- Kolika je pouzdanost, validnost i senzitivnost parametara F-V relacije?

F-V relacija dobijena u in-vitro istraživanjima na izolovanim mišićima



a) $(v+b)(F+a) = b(F_0+a)$

b) $P_{MAX} = bF \left(\frac{F_0+a}{F+a} - 1 \right)$

c) $P_0 = a \sqrt{\frac{1+F_0}{a-1}}$

F_0 – Maksimalna sila u izomet uslovima

V_0 – maksimalna brzina kontrakcije (skraćenja mišića)

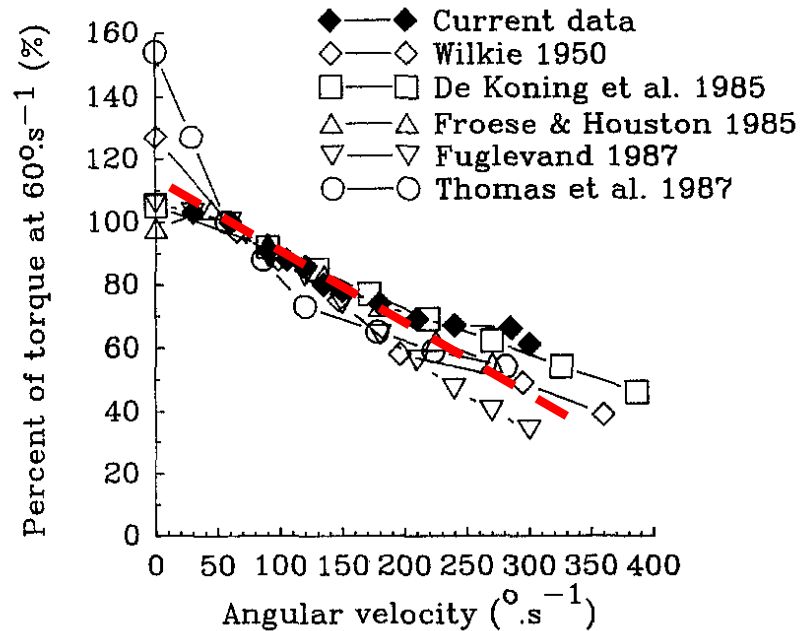
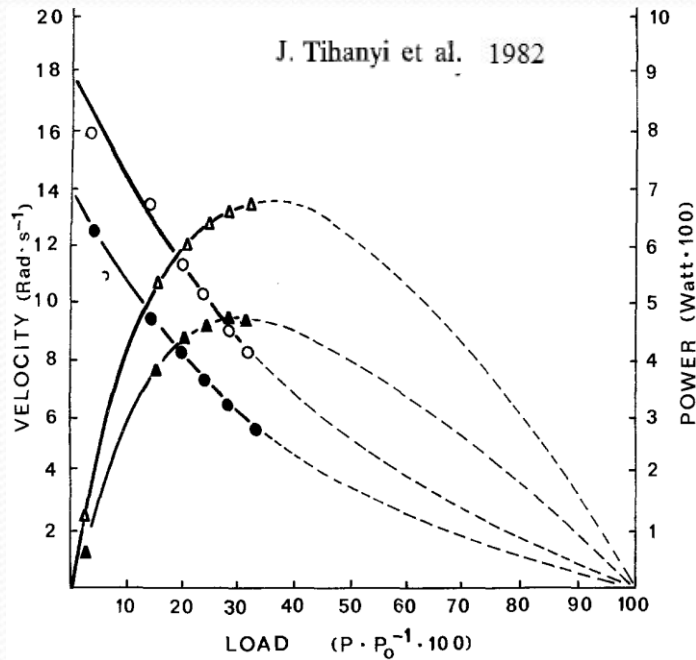
P_0 – maksimalna sila

a and b – dinamičke konstantne

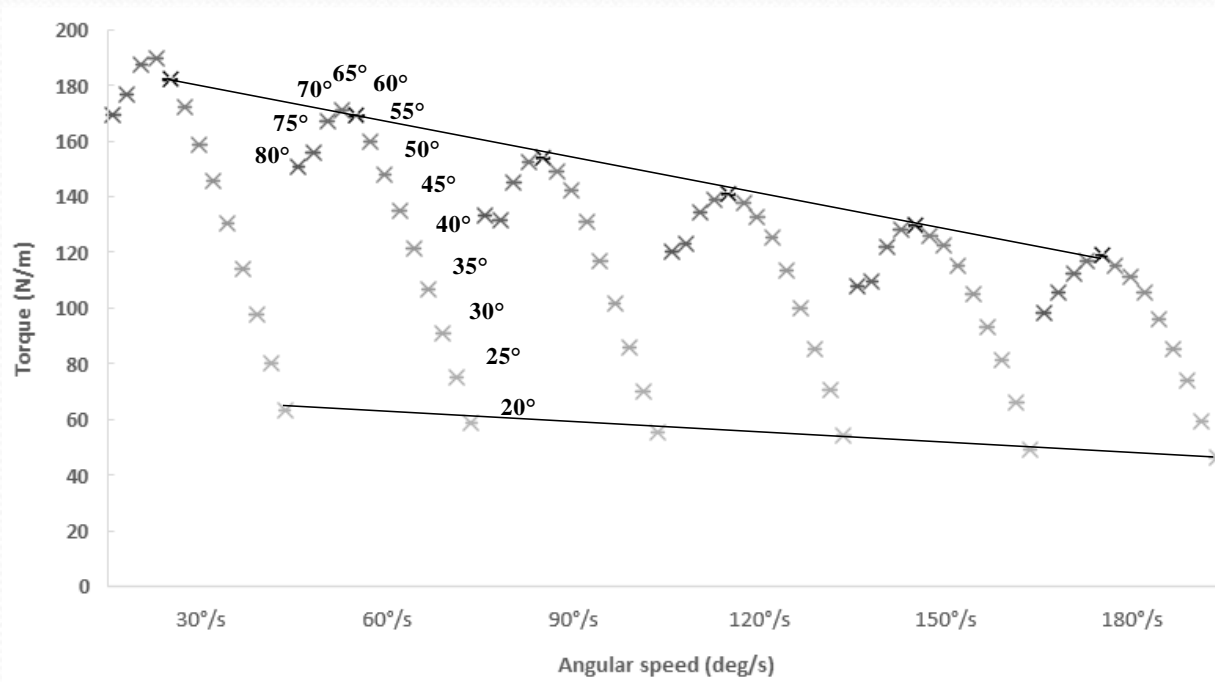
F-V relacija u jednozglobnim pokretima.

- Za razliku od in-vitro istraživanja rezultati sile i momenata sila dobijeni u in vivo uslovima zavise od dodatnih faktora:
 - Interakcije između kontraktilnih i elastičnih elemenata (Caldwell et al. 1993)
 - Varijabilnosti pripoja i krakova sila različitih mišića (Whickiewicz et al, J App Physiol, 2012)
 - Kompleksnih relacija segmentalne dinamike (Bobbert 2012)
 - Neuralnih mehanizama (e.g. Antagonistička koaktivacija) (Yamauchi et al. 2007)
 - Kompozicije različitih tipova vlakana (Thorstensson et al. 1976b)...

F-V relationship dobijene na jednozglobnim pokretima obično se razlikuju od onih koji su dobijeni na izolovanim mišićima (ne mogu se potpuno opisati hiperboličnom relacijom)..

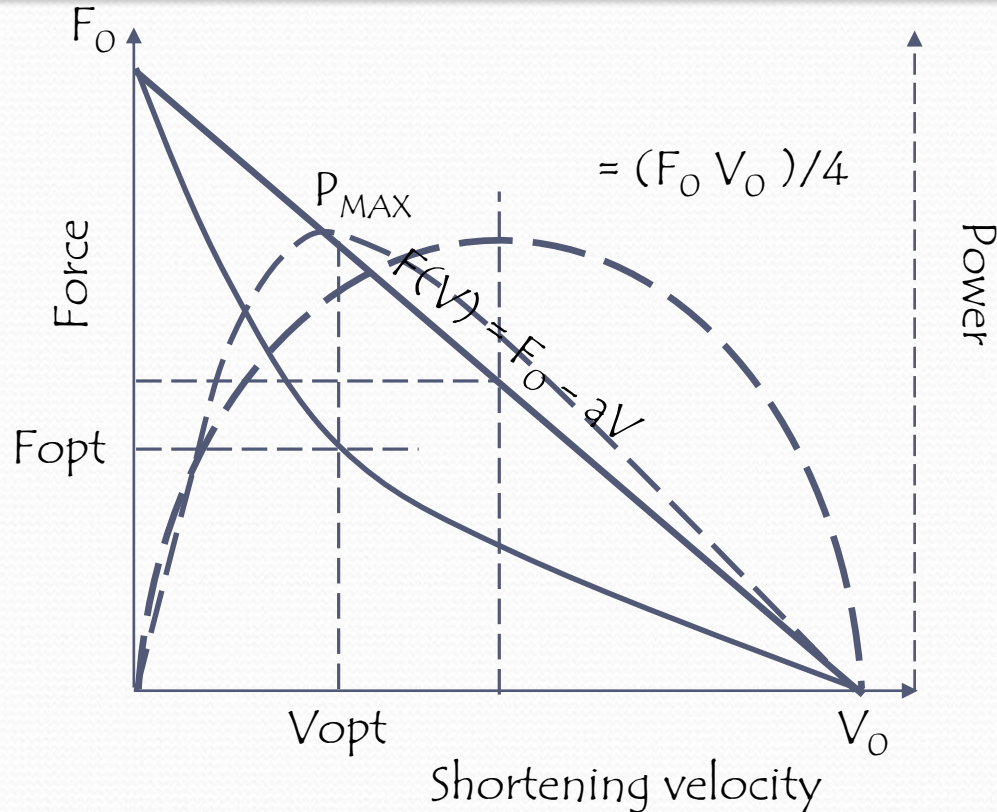


...u određenim istraživanjima su dobijene i pravolinijske relacije



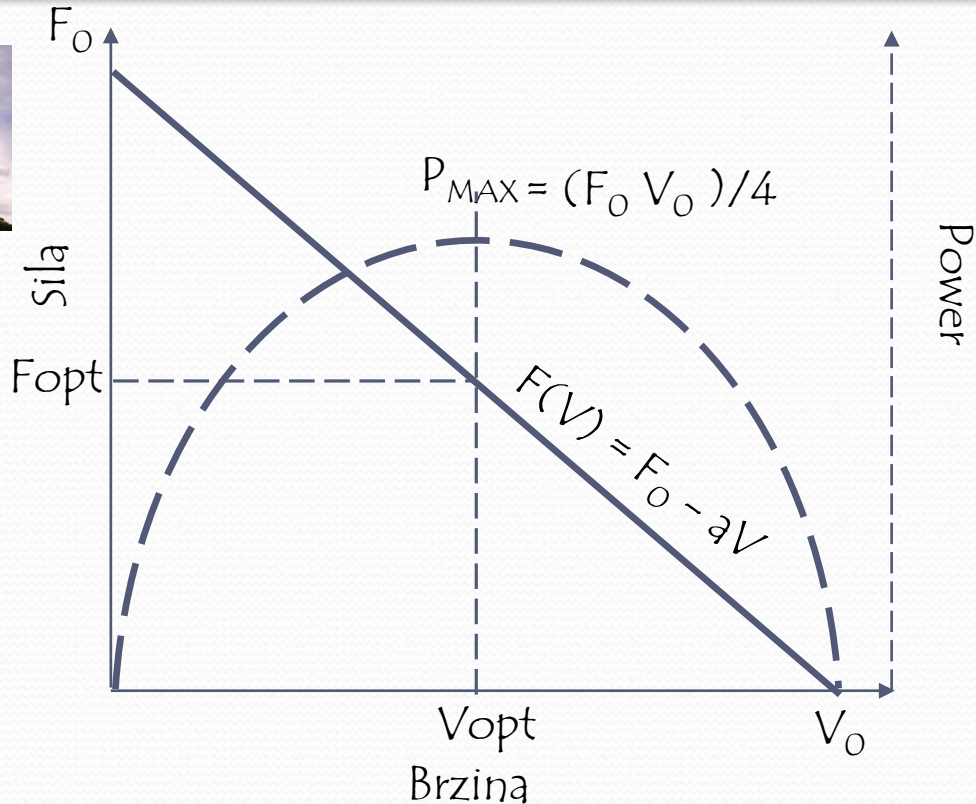
(Bozic et al., Sports Biomech, in press)

F-V relacije višezglobnih pokreta



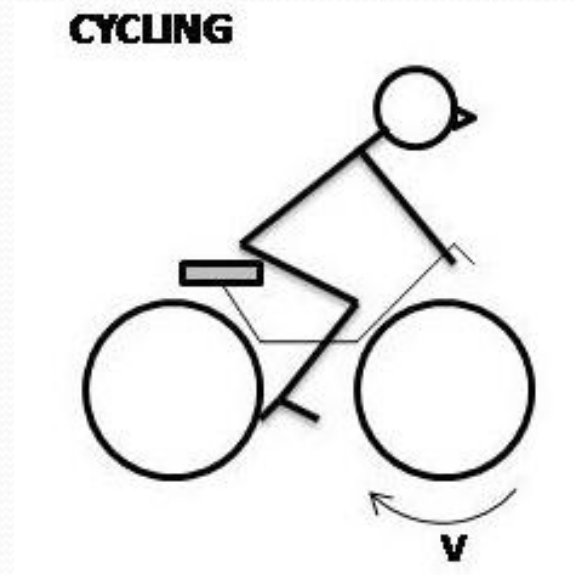
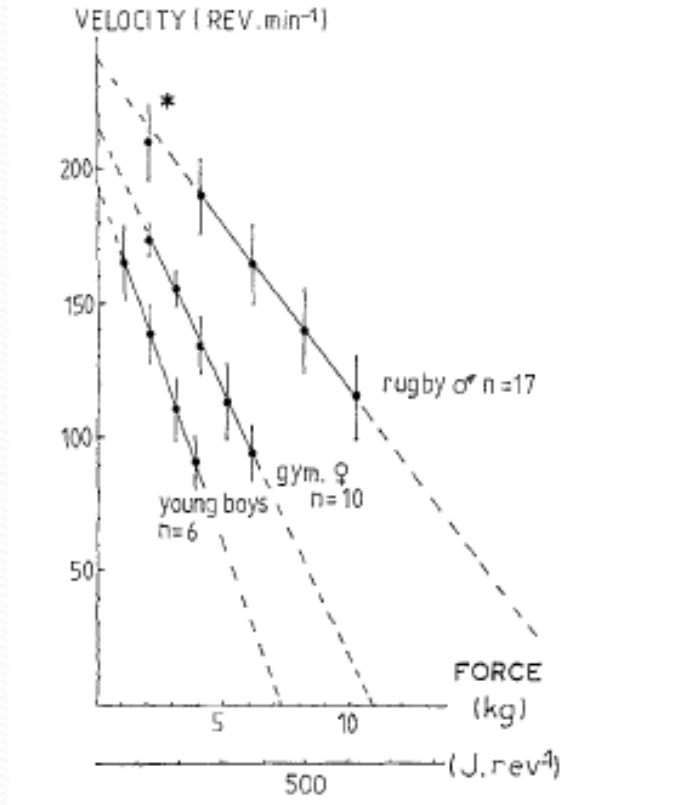
Jaric, S. (2015). Force-velocity relationship of muscles performing multi-joint maximum performance tasks. *International Journal of Sports Medicine*, 36(9), 699–704.

F-V odnos višezglobnih pokreta može se opisati linearnom funkcijom



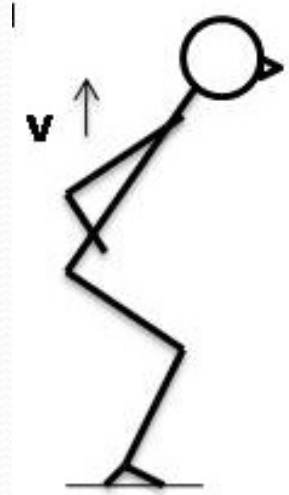
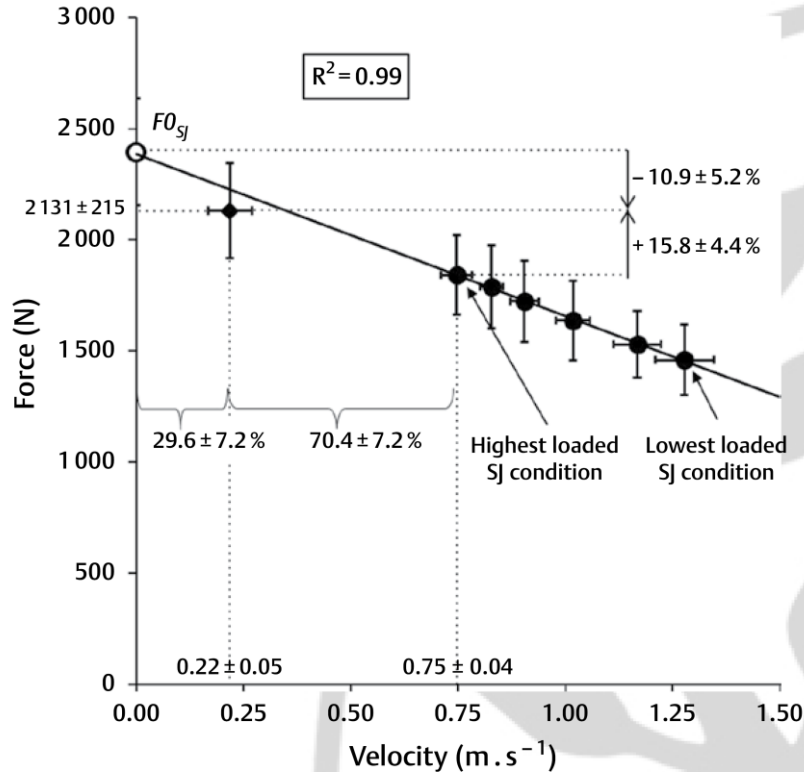
Jaric, S. (2015). Force-velocity relationship of muscles performing multi-joint maximum performance tasks. *International Journal of Sports Medicine*, 36(9), 699–704.

F-V linearna relacija - Biciklizam



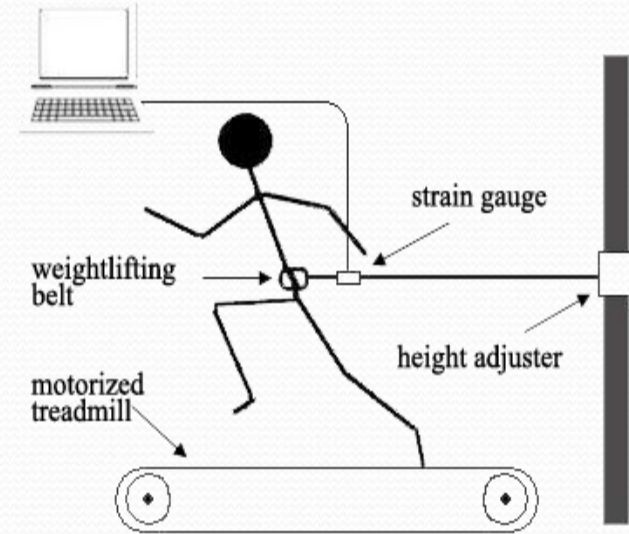
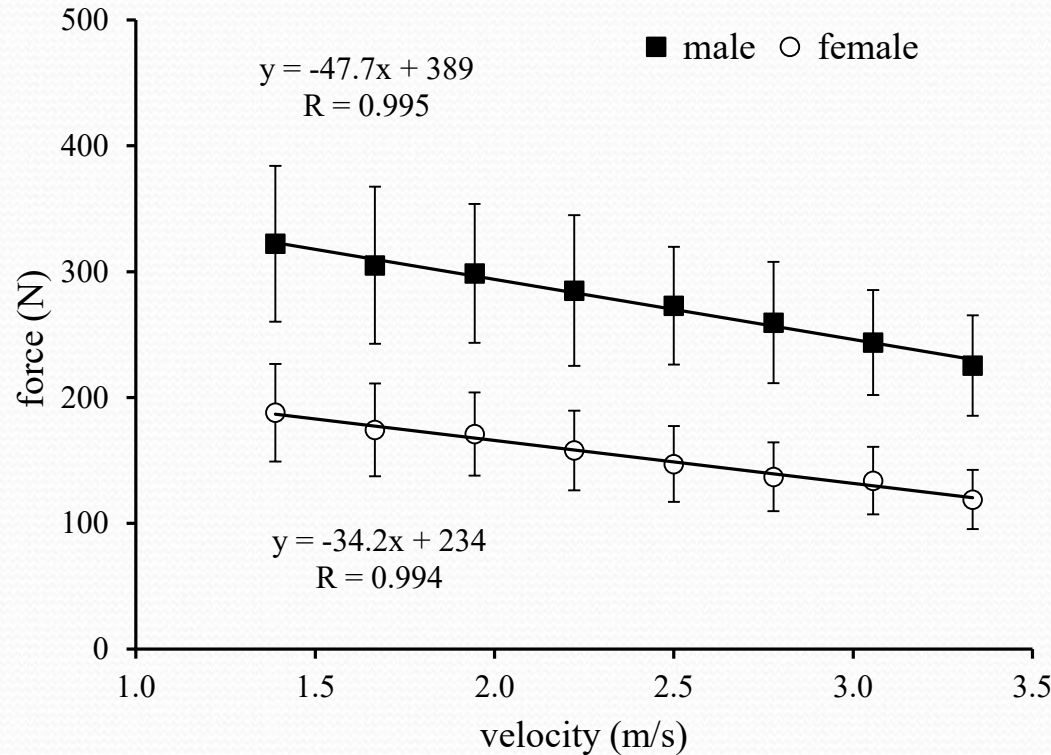
(Vanderwalle et al., E J App Physiol, 1987)

F-V linearna relacija - Skakanje

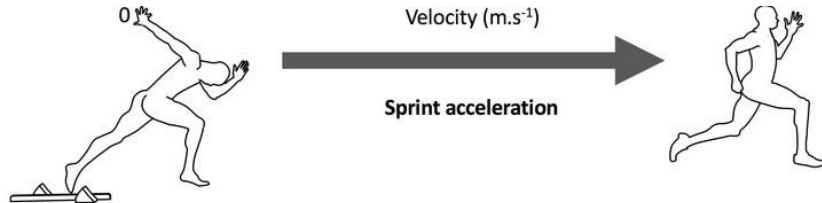
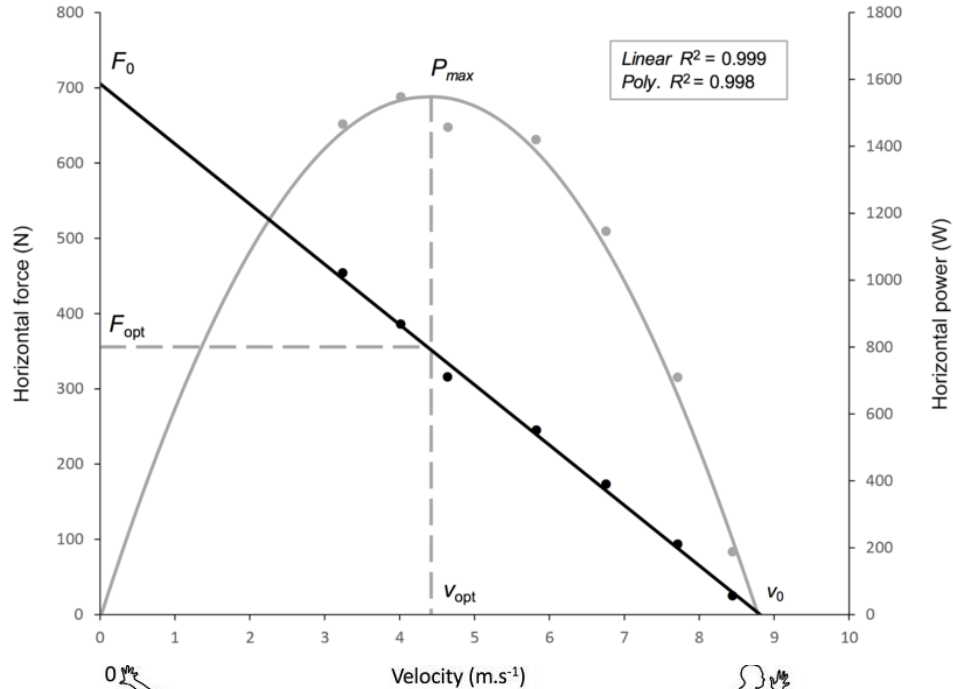


(Ramos et al., Gait & Posture, 2017)

F-V linearna relacija - trčanje

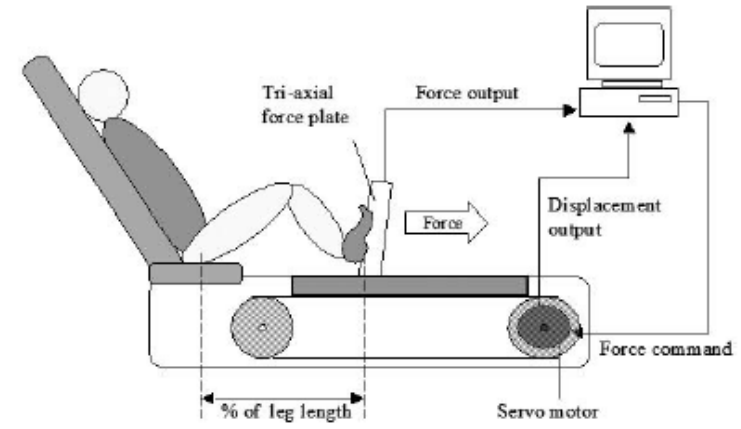
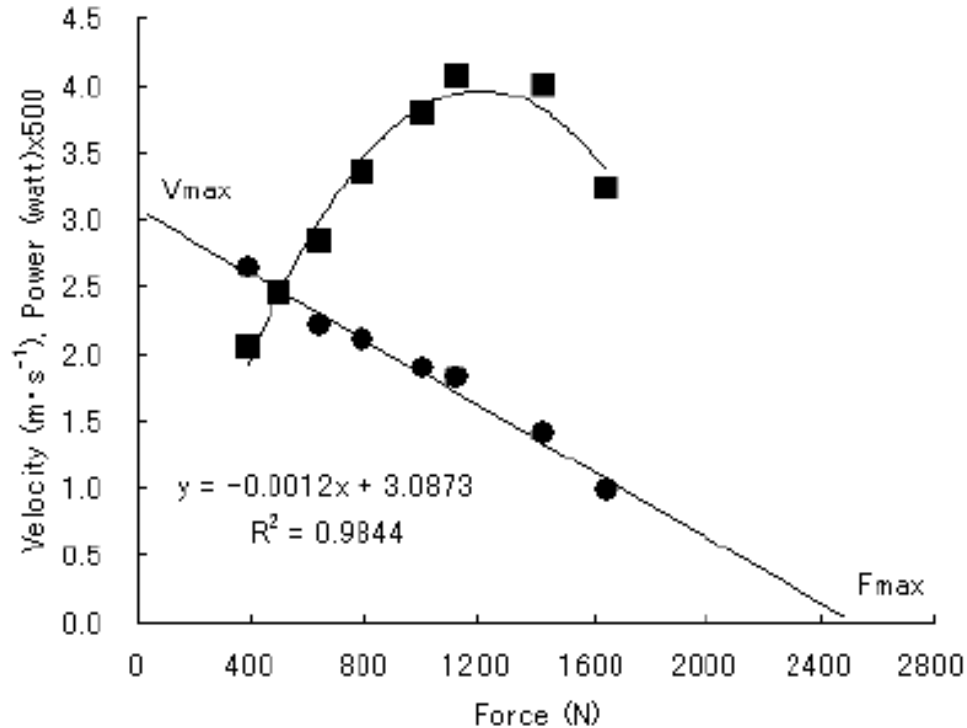


F-V linearna relacija - Sprint

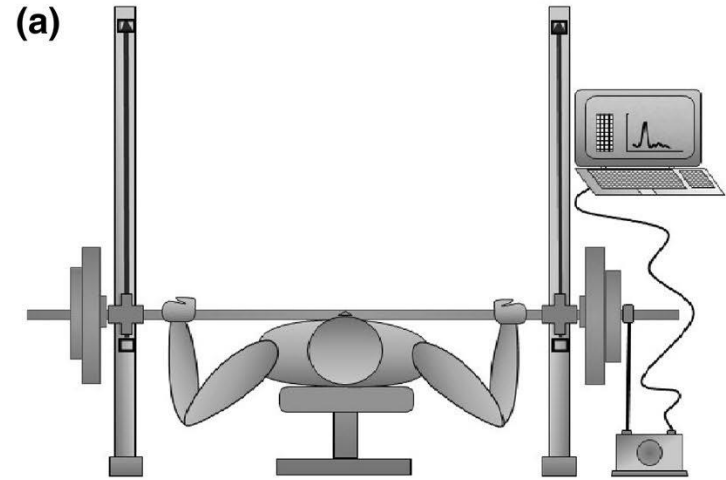
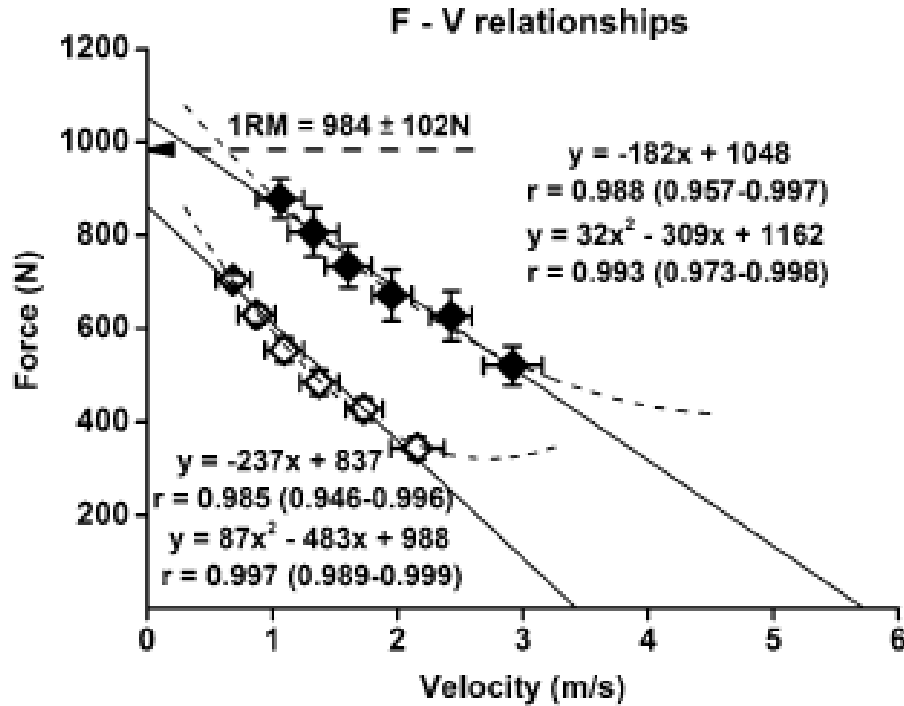


(Cross, Morin i Samozino, unpublished)

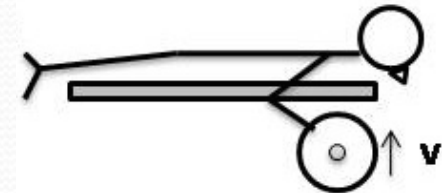
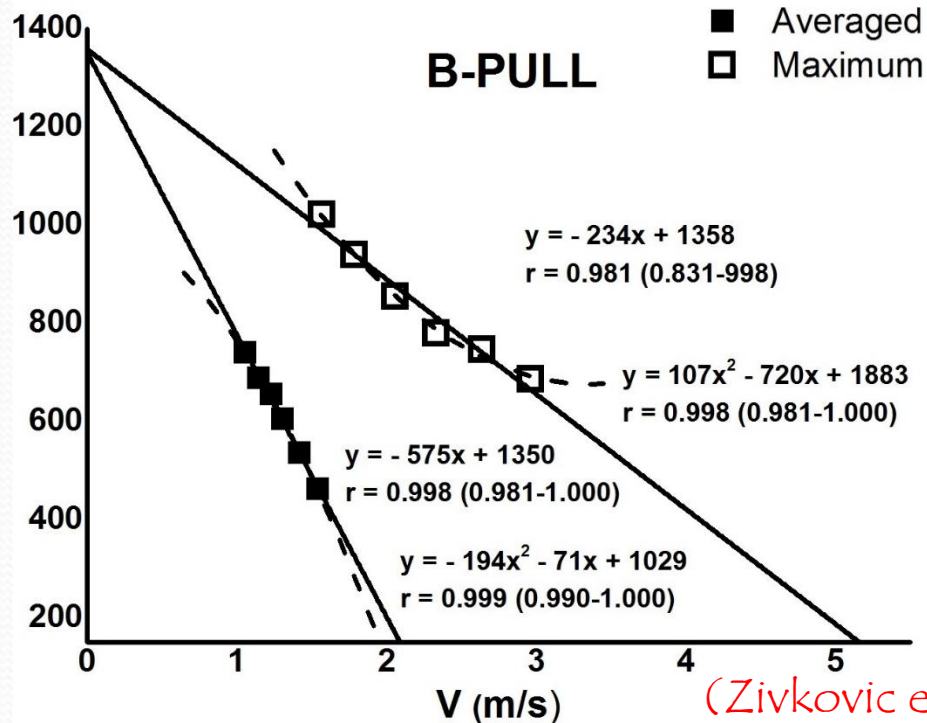
F-V linearna relacija – Potisak nogama



F-V linearna relacija – Potisak rukama

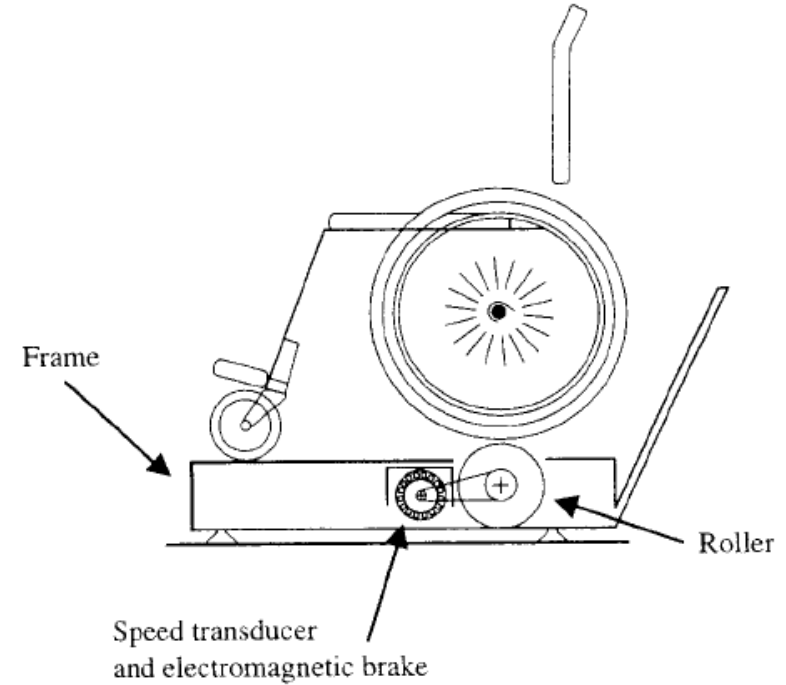
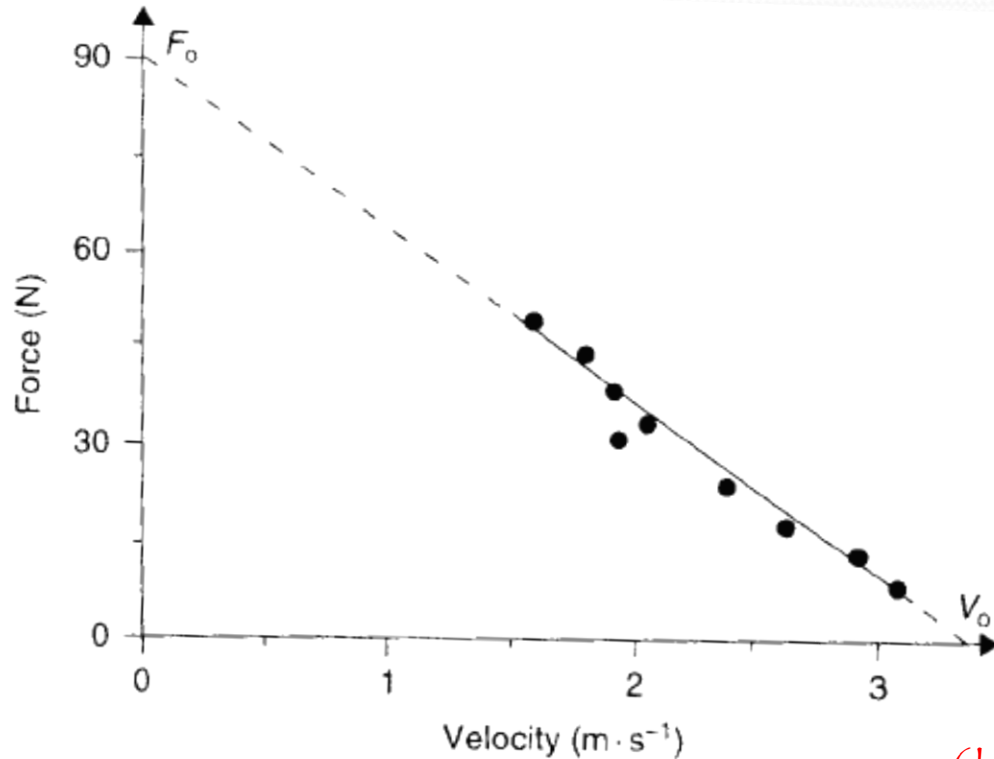


F-V linearna relacija - Vučenja



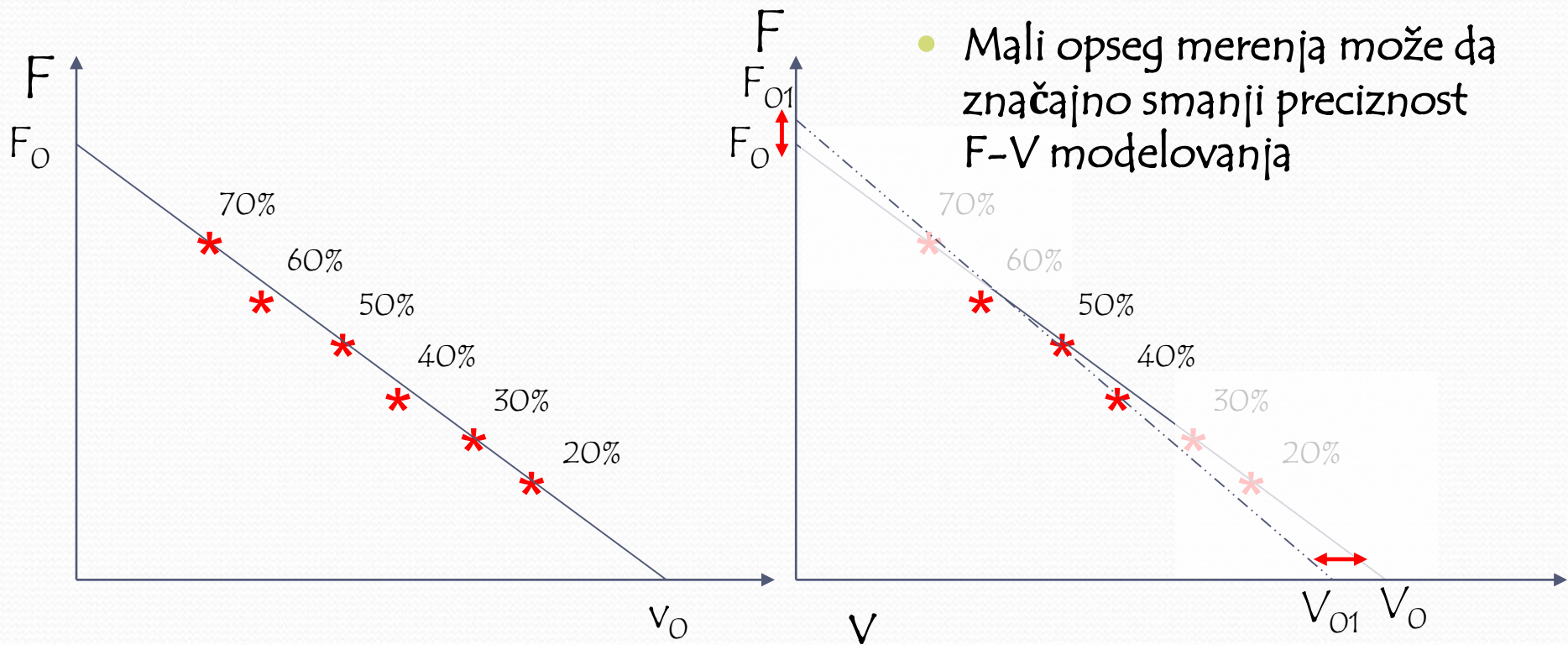
(Zivkovic et al., J Human Kinetics, 2017)

F-V linearna relacija – guranje kolica

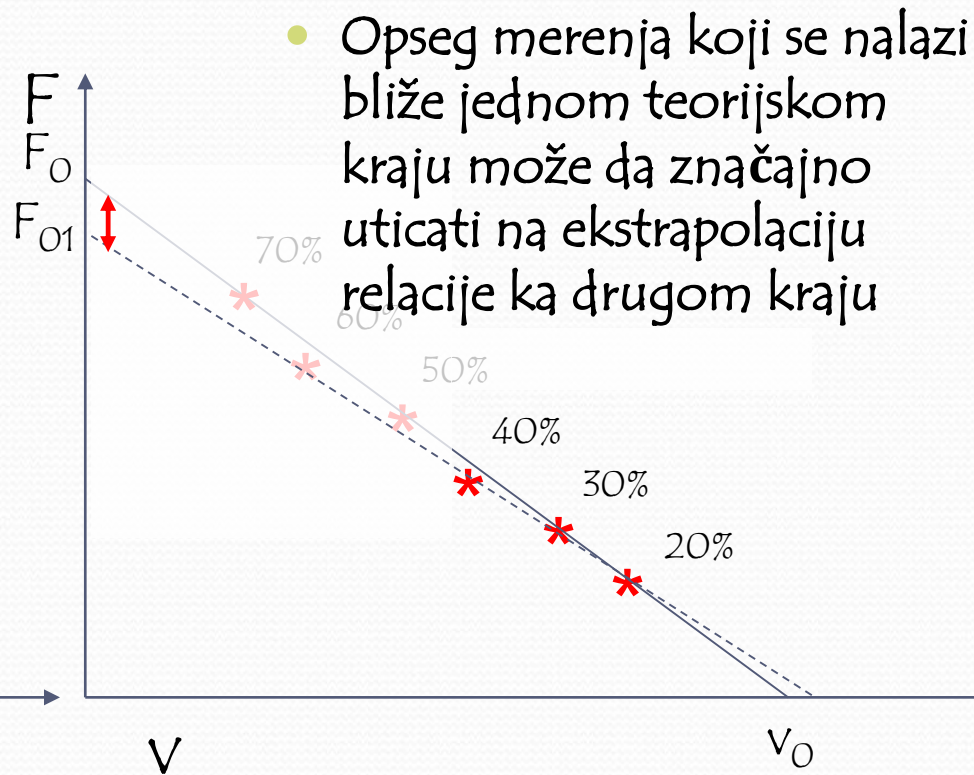
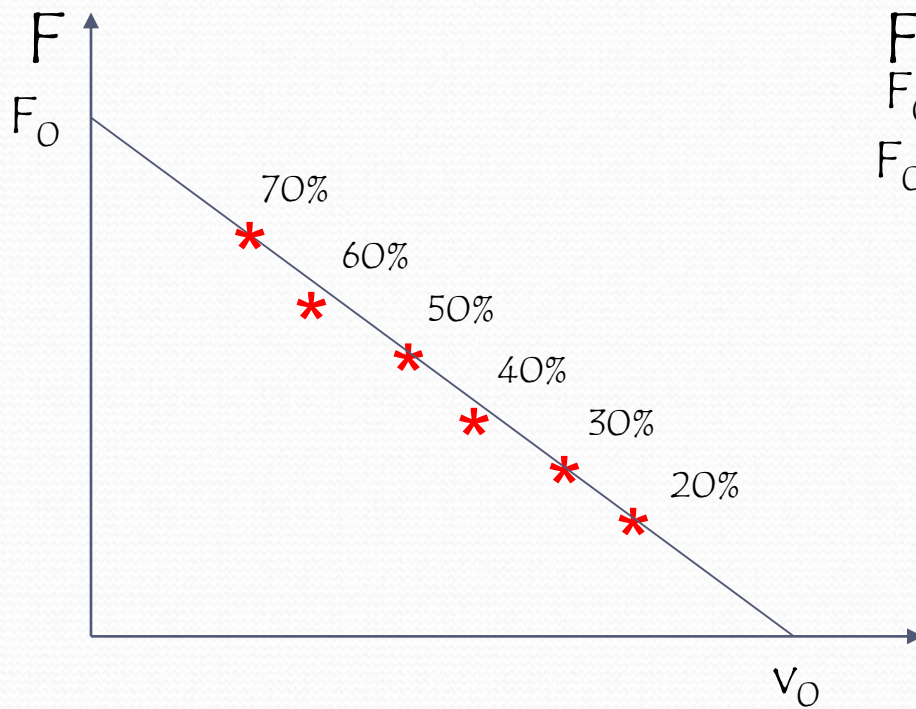


(Hintzy et al., J Sport Sciences, 2003)

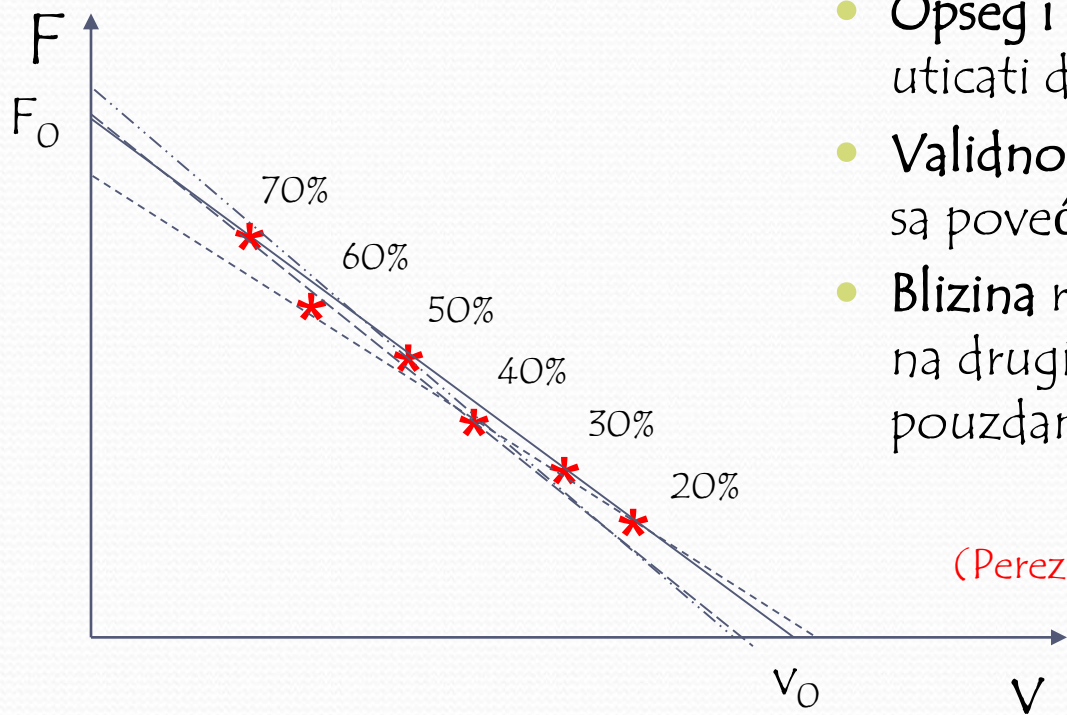
Da li rezultati testiranja dobijeni tokom različitog opsega eksperimentalnih uslova utiču na modelovanje F-V relacije?.



Da li rezultati testiranja dobijeni tokom različitog opsega eksperimentalnih uslova utiču na modelovanje F-V relacije?..



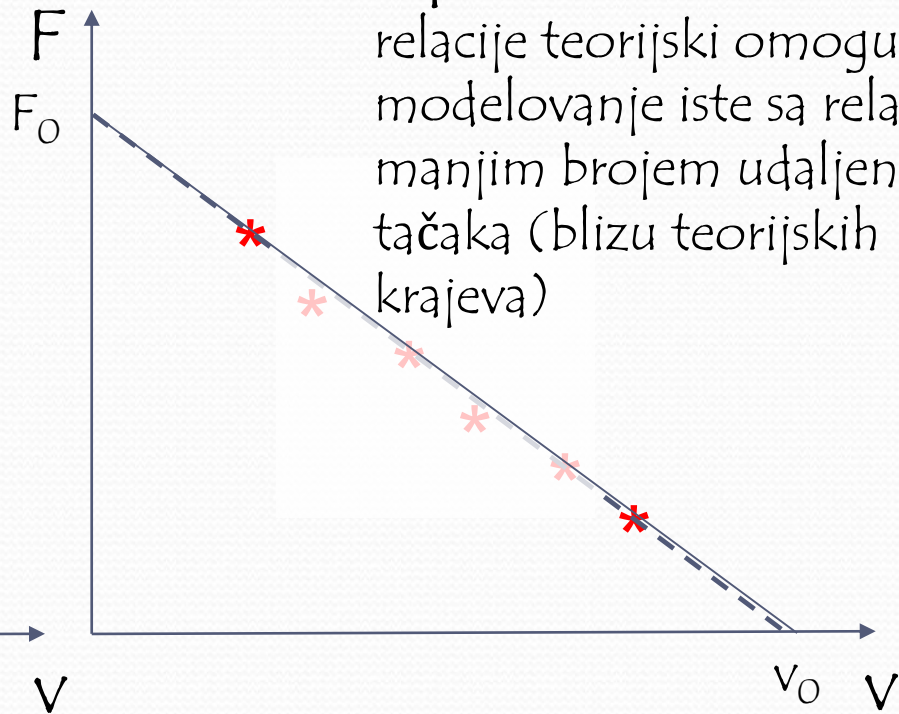
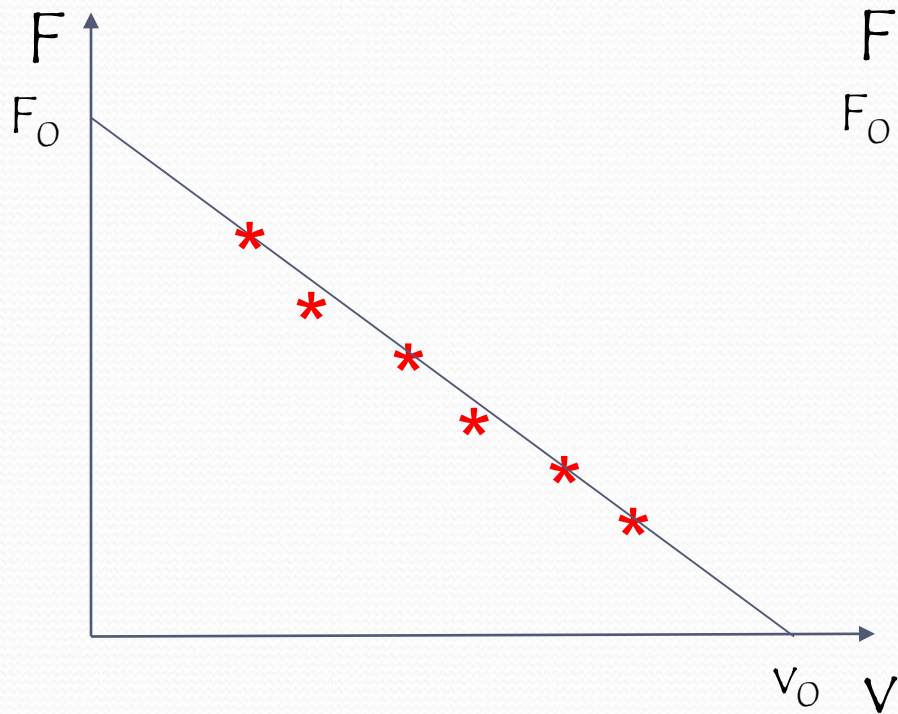
Da li rezultati testiranja dobijeni tokom različitog opsega eksperimentalnih uslova utiču na modelovanje F-V relacije?...



- **Opseg i lokacija** podataka merenja može uticati dobijanje parametara F-V relacije
- **Validnost i pouzdanost** relacije se povećava sa povećavanjem opsega merenja
- **Blizina** rezultata merenja **jednom** u odnosu na drugi **teorijski kraj** relacije smanjuje pouzdanost i validnost F-V modelovanja

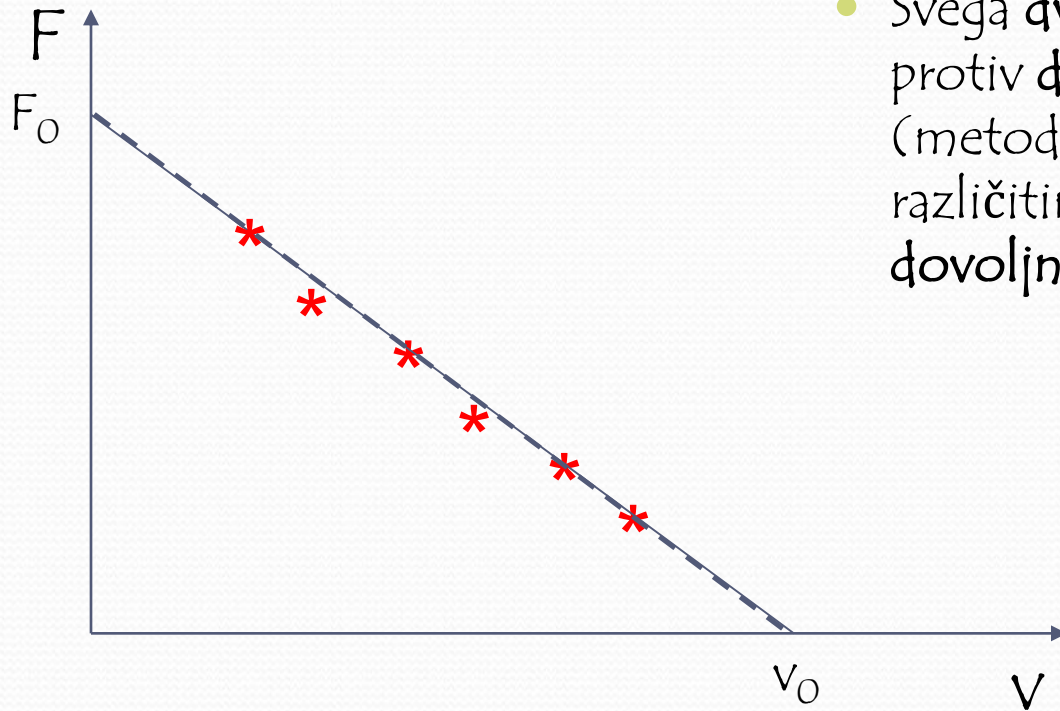
(Perez-Castilla et al., J Strength Cond Res, 2017)

Koji je to optimalan broj esperimentalnih tačaka (rezultata merenja) za F-V modelovanje?.



- **Hipoteza:** Linearnost F-V relacije teorijski omogućava modelovanje iste sa relativno manjim brojem udaljenih tačaka (blizu teorijskih krajeva)

Koji je to optimalan broj esperimentalnih tačaka (rezultata merenja) za F-V modelovanje?..



- Svega **dva** maksimalna pokušaja izvedena protiv **dijametralno različitih opterećenja** (metod sa dva opterećenja koja se nalaze na različitim krajevima relacije) mogu biti **dovoljna** za F-V modelovanje



Jaric, S. (2016). Two-Load Method for Distinguishing Between Muscle Force, Velocity, and Power-Producing Capacities. *Sports Medicine*, 46, 1585–1589.

Pouzdanost

- Dosadašnja istraživanja su potvrdila visoku pouzdanost rezultata merenja F, P, i V dobijenih tokom zasebnih pokušaja (Abernethy, Sports Med, 1995),
- Na osnovu rezultata skorijih istraživanja (Ramos and Jaric, Strength Con J, 2015), pouzdanost parametara F-V relacije se obično opisuje kao visoka za različite funkcionalne zadatke i uslove (ICC > 0.8; CV < 5-10%)
- Ipak, za pouzdanije uslove preporučuje se širi opseg merenja, tj. da opterećenja budu raširena a ne grupisana na krajevima ili u sredini relacije (Ramos et al, J App Biomechanics, 2017)

Validnost.

- Spoljašnja validnost – u skorjim istraživanjima (nema ih dovoljno) dobijena je visoka validnosti između pojedinačnih parametara i zadataka u kojima se ti specifični kapaciteti zahtevaju:
 - F_0 dobijena u skokovima sa opterećenjem visoko korelira sa 1RM u čučnju (Ramos and Jaric, Strength Con), 2017)
 - P_{MAX} dobijena u skokovima sa opterećenjem i potiscima nogama predviđa sa visokim koeficijentom visinu vertikalnog skoka (i.e. jump height) (Samozino, Med Sci Sports Exerc, 2011),
 - V_0 dobijena iz sprinteva sa opterećenjem visoko korelira sa maksimalnom brzinom sprintanja (Cross, PhD thesis, 2016),
- Optimalano izvođenje balističkih zadataka zavisi ne samo od P_{MAX} već i od F-V nagiba (Morin and Samozino, Int J Sports Physiol Perform, 2016)

Validity..

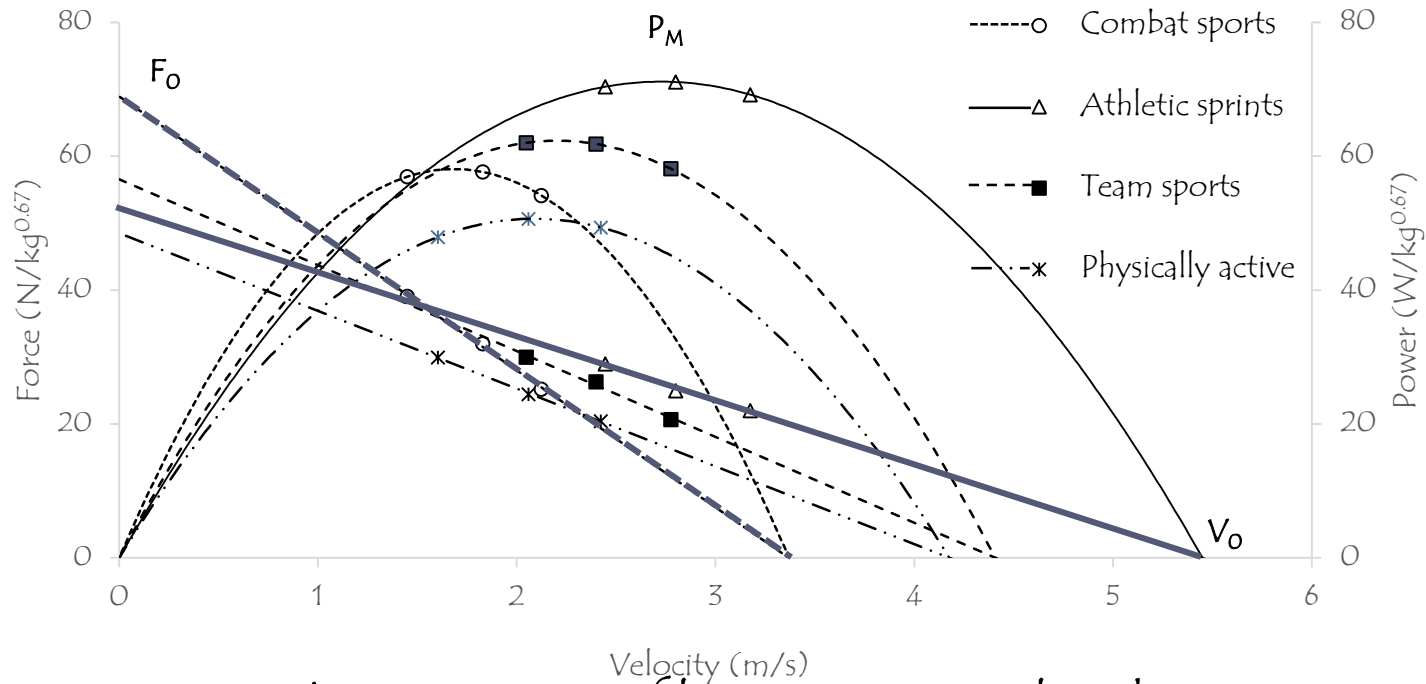
- Spoljašnja validnost umerena za testove koji nisu potpuno slični sa funkcionalnim zadacima
 - P_{MAX} dobijena tokom vožnje bicikl ergometra umereno predviđa izvođenje i visinu vertikalnog skoka (Vandewalle et al. Eur J App Physiol., 1987)
 - V_0 dobijena tokom vožnje bicikl ergometra umereno predviđa izvođenje i visinu vertikalnog skoka (Driss et al, Med Sci Sports Exerc, 2011)
 - P_{MAX} and V_0 dobijene tokom potiska nogama umereno predviđa izvođenje i visinu vertikalnog skoka (Yamauchi and Ishii., J Strength Cond Res, 2007)

Validity...

- Konkurentna validnost za F_0 and P_{MAX} pokazana u pojedinim radovima kao umerena za različite funkcionalne zadatke
 - F_0 dobijena tokom vožnje bicikl ergometra i jačine opružača kolena procenjene preko izometrijskog testa (Driss et al, Med Sci Sports Exerc, 2011)
 - F_0 dobijena u zadacima kojij uključuju potiske rukama i vučenje rukama (Zivkovic et al., J Human Kinetics, 2011)
 - P_{max} and F_0 dobijena tokom vožnje bicikl ergometra i skokova sa opterećenjima (Zivkovic et al., J Human Kinetics, 2011)
- Konkurentna validnost za V_0 obično mala između različitih zadataka (Zivkovic et al., J Human Kinetics, 2011)

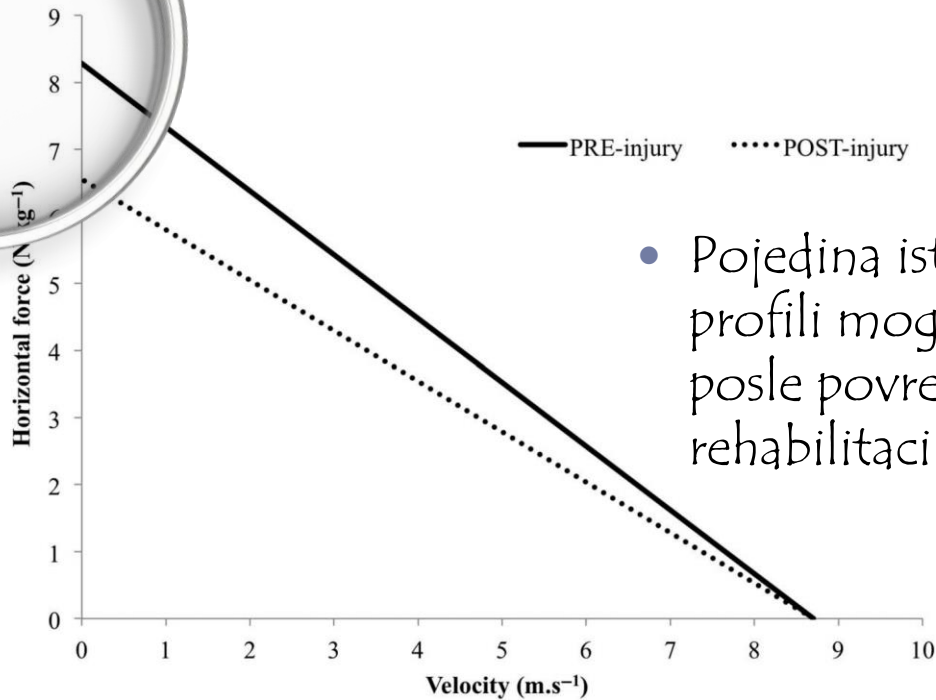
Osetljivost F-V parametara – razlike između sportova

(Bozic and Berjan Bacvarevic, Monten J Sports Sci Med, 2018)



- Pojedina istraživanja pokazuju F-V profili sportista iz različitih sportova su urazličiti (zbog ticaja treninga i selekcije)

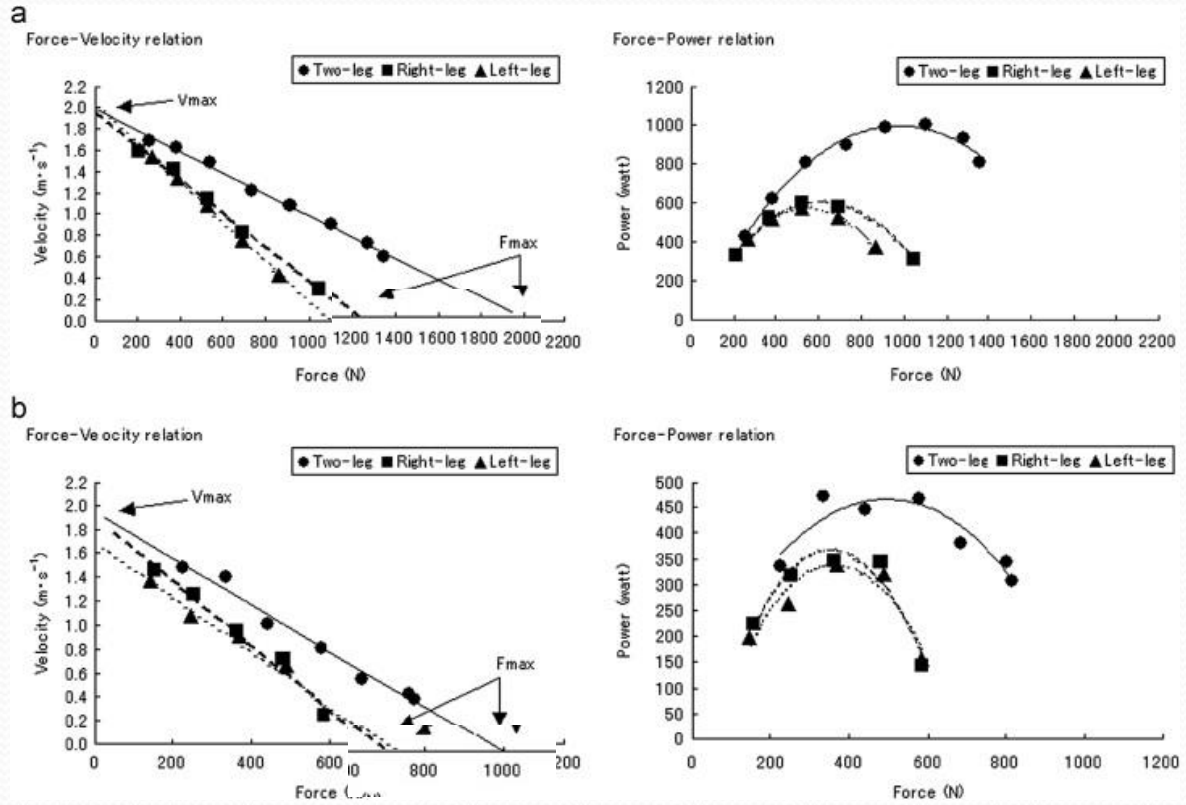
Osetljivost F-V parametara – povreda zadnje lože natkolenice smanjuje ispoljavanje maksimalne sile u horizontalnoj ravni



- Pojedina istraživanja pokazuju F-V profili mogu biti suboptimalni posle povrede i tokom procesa rehabilitacije

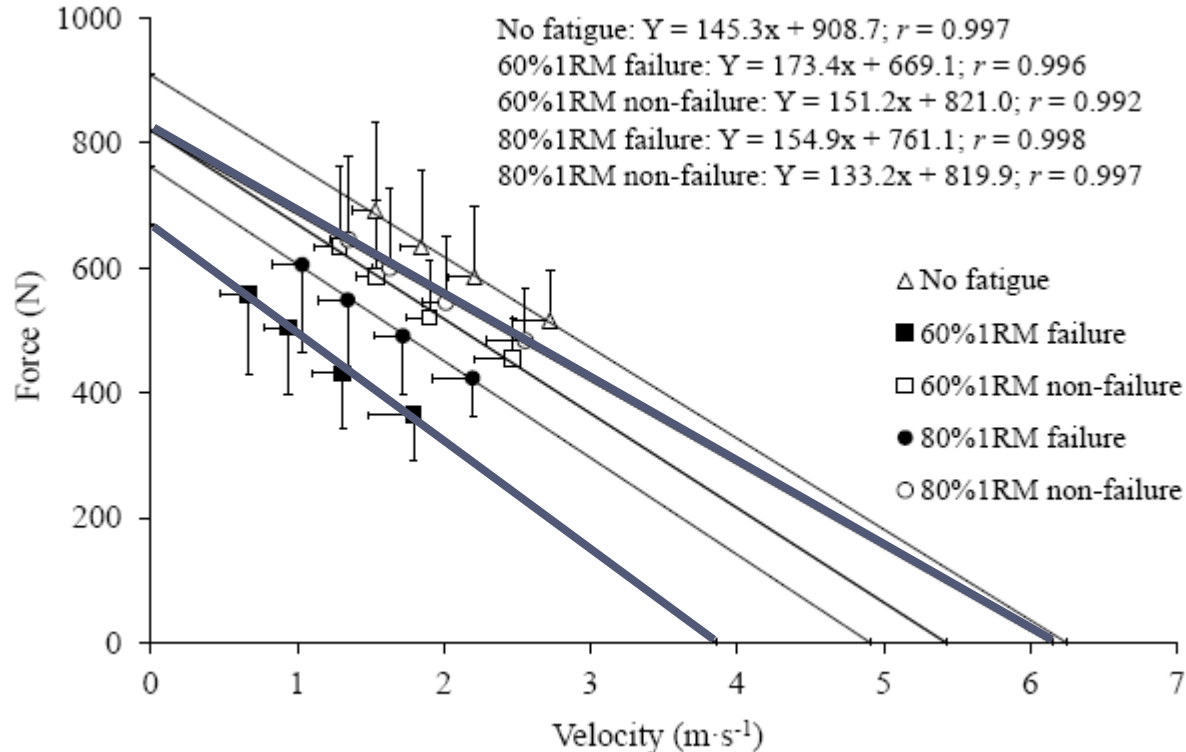
(Mendiguchia et al., J Sport Sci, 2015)

Osetljivost F-V parametara – starenjem se smanjuju kapaciteti za ispoljavanje snage i sile



(Yamauchi et al., J Biomechanics, 2009)

Osetljivost F-V parametara – različiti protokoli zamaranja mogu da različito utiču na specifične F-V parametre

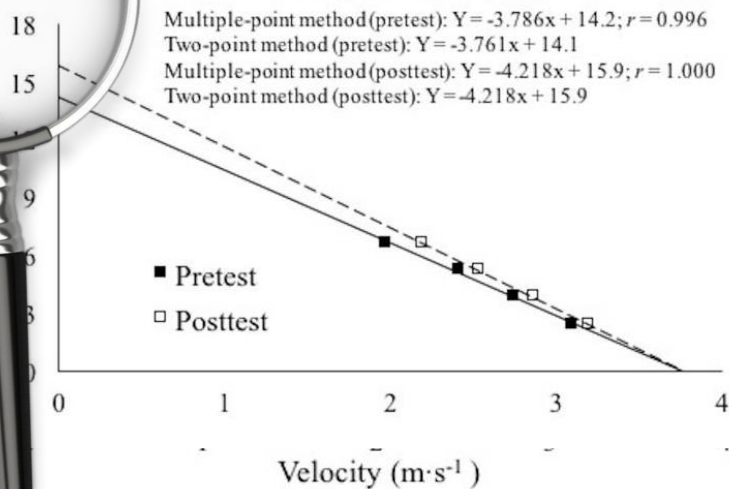


(García-Ramos et al., Eur J App Physiol, 2017)

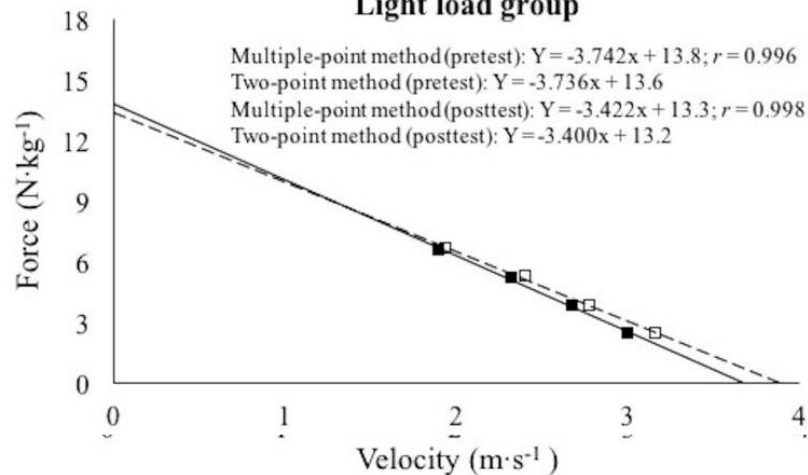
Osetljivost F-V parametara – specifični treninzi selektivno menjaju F-V parametre



Heavy load group



Light load group



- Treninzi sa visokim opterećenjima utiču na povećavanje F_0 , dok treninzi sa ispoljavanjima maksimalne brzine povećavaju V_0

(García-Ramos et al., Int J Sports Physiol Perform, 2017)

Praktične implikacije za korišćenje F-V modelovanja

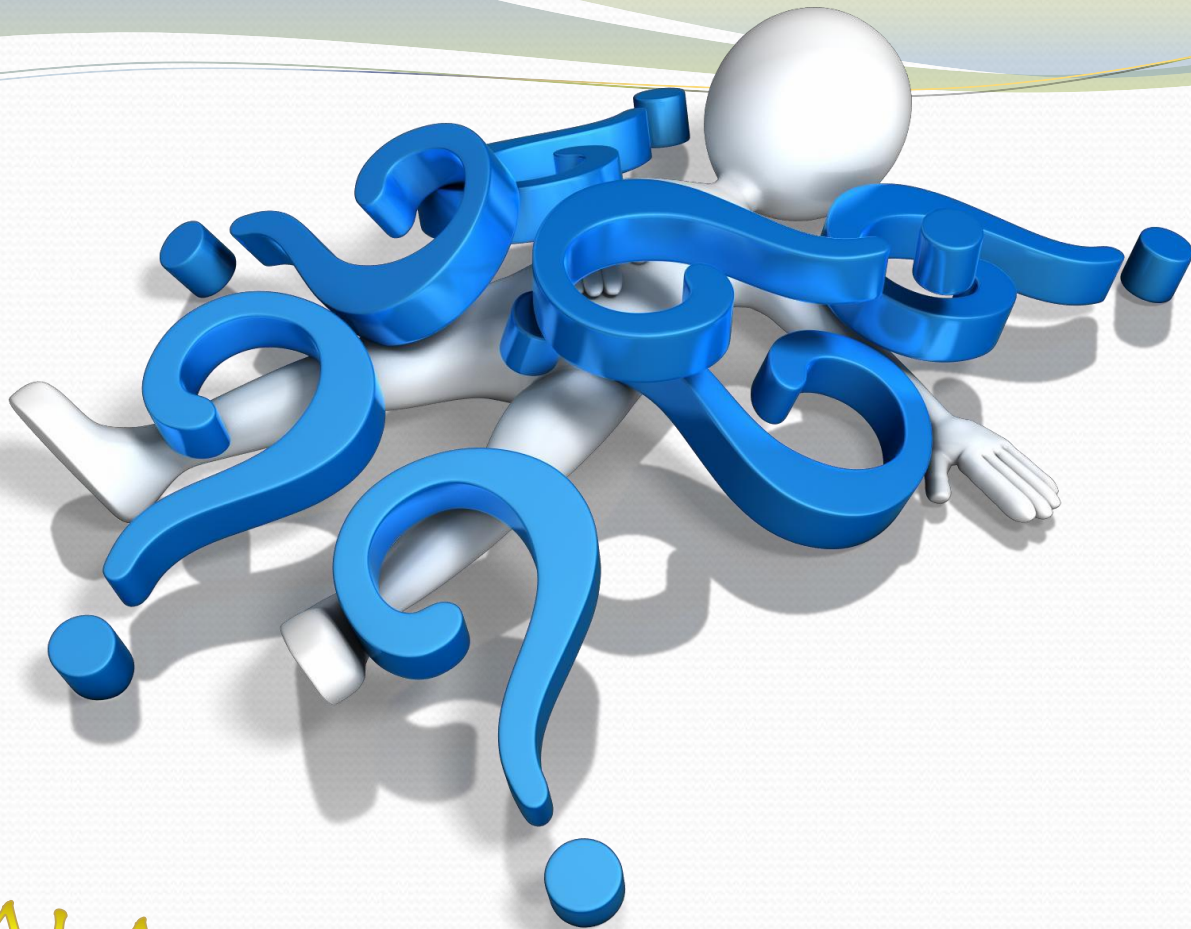
- Ispitivanje fundamentalnih osobina i kontrole mišićno-skeletnog sistema (e.g. bilateralni deficit, optimizacija F-V nagiba, ispoljavanje mišićnog sistema nezavisno od jačine...)
- Korišćenje u rutinskim testiranjima – specifične adaptacije mehaničkih osobina mišića na različite protokole treninga, rehabilitacije, netreniranja, starenja...
- Korišćenje funkcionalnih zadataka u F-V modelovanju omogućava ekološki validnije testiranje maksimalnih fizičkih sposobnosti
- Veoma mali opseg opterećenja (verovatno samo 2) su neophodna da bi se dobila pouzdana i validna procena važnih mišićnih kapaciteta

Ograničenja i potreba za daljim istraživanjima

- Veštine ispitanika u odnosu na različite uslove (opterećenja) mogu da utiču na oblik F-V and P-V relacije (e.g. Dubina spuštanja u vertikalnom skoku može da značajno menja ispoljavanje F i P)
- Različite kombinacije primenjenih opterećenja (gravitaciono, inerciono ili kombinacije oba) mogu da imaju različite efekte na ispoljavanje F, V, P i F-V nagib
- Još uvek ispitivanje najoptimalnijg oblika relacije (linearni, polinomijani...) potreban je za različite jednzglobne i višezglobne pokrete ali i za različite uslove (opsege opterećenja)
- Metrijske karakteristike F-V parametara kao što su pouzdanost, validnost, osetljivost i sl zahtevaju i dalju pažnju istraživača

Zaključak

- Za evaluaciju mehaničkih kapaciteta mišićnog sistema preporučuje se korišćenje jednostavnog metoda F-V modelovanja koji se može dobiti izvođenjem funkcionalnih zadataka na svega dva dijametralno odvojena opterećenja
- Dosadašnja istraživanja su pokazala dobijanje pouzdanih i validnih F-V parametara što dalje potvrđuje primenu i izučavanje linearnog F-V modelovanja
- F-V modelovanje korišćenjem višezglobnih motoričkih zadataka moglo bi da se razvije u relativno jednostavnu i ekološki validnu procenu kapaciteta neuromišićnog sistema



HVALA

predrag.bozic@rzsport.gov.rs