

Aleš Dolenc



## Primerjava največje sile pri dveh protokolih meritve stiska pesti

### Izvleček

Stisk pesti je pogosto uporabljen test, s katerim se meri največjo silo stiska pesti in vzdržljivost v moči. V praksi se največjo silo stiska pesti pogosto izmeri kar v okviru meritve vzdržljivosti v moči. Namen raziskave je bil primerjati največje sile stiska pesti, izmerjene pri meritvi, katere cilj je bil razviti čim večjo silo (samostojna meritev največje sile), in največje sile, izmerjene pri meritvi, katere cilj je bil razviti čim večjo silo in jo zadržati 25 s (vzdržljivost v moči). V raziskavi je sodelovalo 29 merjencev moškega spola (velikost  $171 \pm 12$  cm; teža  $58,2 \pm 5,4$  kg; starost 15 let). Stisk pesti z dominantno roko in nedominantno roko je bil merjen z elektronskim dinamometrom. Za primerjavo največje sile pri meritvi največje sile in pri meritvi vzdržljivosti v moči ter za primerjavo dominantne in nedominantne roke je bil uporabljen t-test za vezane vzorce. Rezultati raziskave so pokazali, da je bila največja sila stiska pesti statistično značilno večja (dominantna roka –  $p < 0,001$ ; nedominantna roka –  $p < 0,001$ ), če so imeli merjenci za cilj samo doseg največje sile, kot če so imeli za cilj poleg dosega največje sile še vzdrževanje te sile 25 s. Na osnovi rezultatov je mogoče zaključiti, da je pri meritvi največje sile stiska pesti pomembno, da se meritev izvaja samostojno, torej, da je ločena od meritve vzdržljivosti v moči.

*Ključne besede:* stisk pesti, največja sila, podzavestno varčevanje, vzdržljivost v moči.



## Comparison of maximal force in two handgrip measurement protocols

### Abstract

Handgrip is a commonly used test to measure maximal handgrip strength and endurance. In practice, the maximal handgrip strength is often measured as part of a measurement of endurance in strength. The purpose of the study was to compare the maximal handgrip strength measured in a task aimed at developing maximal force (independent measurement of maximum strength) and the maximal strength measured in a task aimed at developing maximal force and keep it for 25 s (endurance in strength). The study involved 29 male subjects (size  $171 \pm 12$  cm; weight  $58.2 \pm 5.4$  kg; age 15 years). Handgrip with dominant hand and non-dominant hand was measured with a manual electronic dynamometer. For comparison of maximal strength in independent measurement of maximal strength and in measurement of endurance in strength and for comparison of dominant and non-dominant arm, a t-test for related samples was used. The results of the study showed that the maximal handgrip strength was statistically significantly greater (dominant arm –  $p < 0.001$ ; non-dominant arm –  $p < 0.001$ ) in independent measurement of maximal strength than in measurement of endurance in strength. Based on the results, it can be concluded that when measuring the maximal handgrip strength it is important that the measurement is performed independently, that is, it is separate from the measurement of endurance in strength.

*Key words:* handgrip strength, maximal force, subconscious inhibition, endurance in strength.

## ■ Uvod

Stisk pesti je pogosto uporabljen test za oceno funkcionalnosti roke. Pri športih, kot so tenis, hokej, squash, se uporablja za oceno stanja športnih sposobnosti (Cronin, Lawton, Harris, Kilding in McMaster, 2017; Gerodimos, 2012; Nicolay in Walker, 2005; Shyam Kumar, Parmar, Ahmed, Kar in Harper, 2008), pri starejših osebah se uporablja za oceno funkcionalnosti zgornjih ekstremitet in verjetnosti izgube samostojnosti (Sallinen idr., 2010), pri rehabilitaciji roke se uporablja za oceno učinkovitosti terapije (Fraser in Benten, 1983), po operacijah vratu stegenice (Davies, Jones in Shearer, 1984) in operacijah ožilja (Griffith, Whyman, Bassey, Hopkinson in Makin, 1989) pa kot ocena možnosti post operativnih zapletov. Stisk pesti se izvaja z dinamometrom, s katerim se meri moč oziroma največjo silo stiska pesti in vzdržljivost v moči. V testno baterijo sta pogosto vključeni obe meritvi, ki se v praksi potem pogosto združita v eno meritev. Namesto, da se izvede dve meritvi stiska pesti, se izvede samo ena, kjer se začetni del meritve uporabi za oceno največje sile, hkrati pa se isti začetni del meritve uporabi skupaj z zadnjim delom meritve še za izračun indeksa utrujanja oziroma za oceno vzdržljivosti v moči. V dostopni literaturi ni bila najdena raziskava, ki bi primerjala izmerjeno največjo silo stiska pesti, kadar je to edini cilj meritve, in izmerjeno največjo silo stiska pesti, ko sta meritvi največje sile stiska pesti in meritev vzdržljivosti v moči združeni v eno meritev.

Pri stiku pesti se meri moč oziroma vzdržljivost upogibalk prstov. Pri meritvi je potrebno biti pozoren na položaj roke in na pravilno nastavitve dinamometra. Optimalna nastavitve razdalje med oporo dlani in prstov dinamometra je odvisna od velikosti dlani. Ženske največjo silo stiska pesti dosežejo, ko je razdalja med oporo dlani in prstov od 50 do 60 mm, moški pa, ko je ta razdalja od 55 do 65 mm (Fransson in Winkel, 1991). Zapestje mora biti med meritvijo stiska pesti v nevtralnem položaju, saj odmik v smeri fleksij oziroma pronacije ali supinacije pomeni manjšo največjo izmerjeno silo v izometričnih pogojih (Farooq in Ali Khan, 2012; Marley in Wehrman, 1992). Glede tega, v kakšnem položaju naj bo komolec oziroma kakšen je najbolj primeren kot v komolcu med meritvijo stiska pesti, si raziskave niso enotne. V nekaterih raziskavah so merjenci dosegli večjo silo, če je bil kot v komolcu 90 stopinj (Mathiowetz, Rennells in Donahoe, 1985; Murugan, Dhurmika, Ki-

njal, Madhuri in Pranjali, 2013), v nekaterih je bila sila večja, če je bila roka v komolcu iztegnjena (Marley in Wehrman, 1992; Parvatikar in Mukkannavar, 2009), v nekaterih pa niso ugotovili razlik v največji sili stiska pesti glede na kot v komolcu (Shyam Kumar idr., 2008). Zaradi nasprotujočih rezultatov raziskav je priporočljivo, da je pri ponavljajočih meritvah položaj roke v komolcu vedno v enakem položaju. Nadlaket mora biti med meritvijo spuščena ob telesu, saj je takrat sila stiska pesti in vzdržljivost v moči največja (Farooq in Ali Khan, 2012; Parvatikar in Mukkannavar, 2009). Kadar se stisk pesti meri samo na eni roki, se meritev izvede na dominantni roki. Če je dominantna desna roka, je največja sila povprečno za 10 % večja kot največja sila nedominantne oziroma leve roke, če je dominantna leva roka, pa razlike v največji sili med rokama ni (Incel, Ceceli, Durukan, Rana Erdem in Rezan Yorgancioglu, 2002; Petersen, Petrick, Connor in Conklin, 1989).

Največjo silo stiska pesti se meri v izometričnih pogojih. Meritev ima veliko zanesljivost (Bemben, Massey, Boileau in Misner, 1992). Priporoča se, da se naredi več ponovitev. Za končni rezultat se uporabi najboljši rezultat meritev. Vsaka ponovitev lahko traja od 3 do 10 s oziroma toliko časa, da ima merjenec občutek, da je dosegel največjo silo (Bearne, Coomer in Hurley, 2007; Kamimura in Ikuta, 2001). Odmor med dvema ponovitvama naj bo vsaj 60 s, še bolje pa 120 s, da se izognemo efektu utrujanja (Shiratori, Iop, Júnior, Domenech in Gevaerd, 2014; Trossman in Li, 1989).

Za merjenje vzdržljivosti v moči se pri stisku pesti uporabljajo različni protokoli meritve, ki se med seboj razlikujejo glede na čas, velikost in število ponovitev izometrične kontrakcije. Meritev se lahko izvaja tako, da je čas izometrične kontrakcije točno določen (Nicolay in Walker, 2005), ali pa se meri, koliko časa lahko merjenec ohranja določen nivo sile (Gerodimos, Karatrantou, Psychou, Vasilopoulou in Zafeiridis, 2017). Kadar je čas izometrične kontrakcije določen, poskuša merjenec ves čas stiskati pest z največjo možno silo (Nicolay in Walker, 2005). Kadar se meri čas ohranjanja določenega nivoja sile, predstavlja ciljan nivo sile 40 ali 50 % največje izometrične sile (Chatterjee in Chowdhuri, 1991; Farooq in Ali Khan, 2012; Gerodimos idr., 2017). Pri ponovljenih izometričnih kontrakcijah je število kontrakcij od 8 do 25 (Bonitch-Góngora, Almeida, Padial, Bonitch-Domínguez in Feriche, 2013; Gerodimos idr., 2017; Wallström in Nordenskiöld, 2001). Vsaka kontrakcija traja od

2,5 do 10 s in je izvedena z največjo možno silo. Odmor med kontrakcijami je 1 do 10 s (Bonitch-Góngora idr., 2013; Wallström in Nordenskiöld, 2001; White, Dixon, Samuel in Stokes, 2013). Glede na protokol meritve se lahko rezultat izračuna kot absolutna razlika ali kot relativna razlika med največjo silo na začetku meritve in silo na koncu meritve oziroma pri prvi in zadnji ponovitvi ali pa se rezultat izrazi s časom, ki pove, koliko časa je merjenec ohranjal določen nivo sile (Chatterjee in Chowdhuri, 1991; Farooq in Ali Khan, 2012; Gerodimos idr., 2017). V vseh primerih meritve vzdržljivosti v moči se zaradi utrujanja izvede eno meritev.

Ne glede na to, ali se pri stisku pesti meri največja moč ali vzdržljivost v moči, je za boljši rezultat pomembno verbalno spodbujanje, povratna informacija in usmerjena pozornost. Merjenci, ki so verbalno spodbujani in imajo povratno informacijo, izboljšajo rezultat v primerjavi z meritvijo, kjer ni verbalnega spodbujanja in povratne informacije (Campenella, Mattacola in Kimura, 2000). Pozornost je lahko usmerjena navzven ali navznoter. Usmerjenost pozornosti navzven pomeni, da je merjenec z mislimi usmerjen v dosego čim boljšega rezultata. Pri stisku pesti to pomeni, da je merjenec osredotočen na dosego največje sile ali vzdržljivosti. Usmerjenost navznoter pomeni, da se merjenec osredotoči na način izvajanje naloge, kar pri stisku pesti pomeni, da je merjenčeva pozornost usmerjena na krčenje prstov roke. Za boljši rezultat je pomembno, da je merjenčeva pozornost usmerjena navzven (Marchant, 2011; Nolan, 2011). Pri izvedbi nalog, kjer je pozornost usmerjena navzven, deluje živčni sistem avtomatsko, zato je taka izvedba naloge izvedena z večjo močjo in bolj ekonomično kot, če je pozornost usmerjena navznoter (Marchant, 2011; Marchant, Greig, Bullough in Hitchen, 2011; Nolan, 2011; Vance, Wulf, Töllner, McNevin in Mercer, 2004).

Na največjo moč pri merjenju vzdržljivosti vpliva tudi informacija o času trajanja meritve. Pri kolesarjenju je bilo ugotovljeno, da bo kolesar, pri avtomatskem izvajanju nalog, podzvestno kolesaril z manjšo močjo, če ve, da bo moral kolesariti več kot 15 s, kot če ve, da mora kolesariti 10 s ali manj (Wittekind, Micklewright in Beneke, 2009).

Namen raziskave je bil primerjati največje sile stiska pesti, ko je bila meritev izvedena tako, da je bil cilj meritve samo največja sila stiska pesti in največje sile stiska pesti, ko sta bila v meritvi združena dva cilja: razviti največjo silo in jo vzdrževati 25 s.

## Metode dela

V raziskavi je sodelovalo 29 merjencev moškega spola (velikost  $171 \pm 12$  cm; teža  $58,2 \pm 5,4$  kg; starost 15 let). Starši ali uradni skrbniki preizkušancev so pred meritvijo dali pisno soglasje k sodelovanju na meritvah.

### Protokol meritve

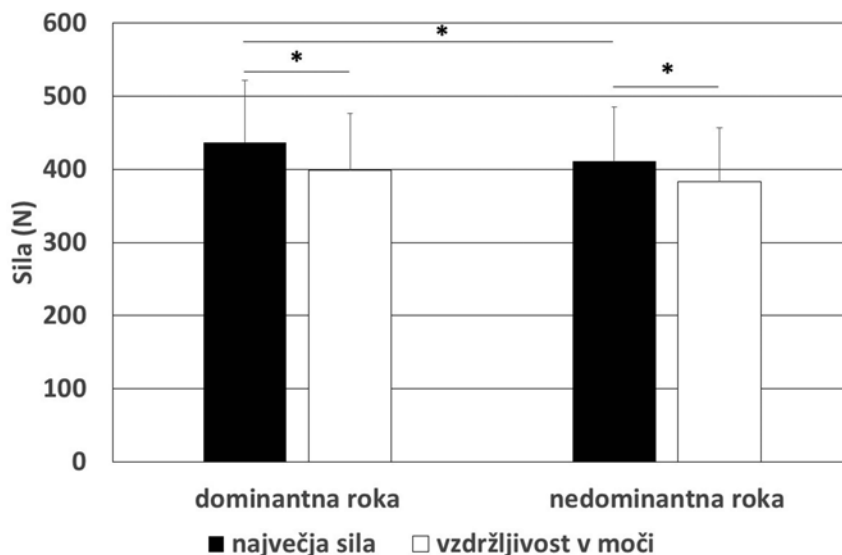
Vsak merjenec se je pred meritvami ogled in seznanil z dinamometrom ter potekom meritev. Širina opor dinamometra je bila prilagojena vsakemu posamezniku tako, da je bil prijem udoben. Merjenci so sami določili, katera je njihova dominantna roka. Vrsten red meritve glede na dominantnost roke je bil izbran tako, da je vsak naslednji merjenec meritev začel z drugo roko: če je bila pri prvem merjencu najprej izvedena meritev z dominantno roko, je bila potem pri drugem merjencu najprej izvedena meritev z nedominantno roko ... Najprej je bila izmerjena največja sila v izometričnih pogojih. Z vsako roko sta bili narejeni dve meritvi. Merjenec je pri vsaki meritvi stiskal pesti najprej izvedel z eno roko, potem pa še z drugo. Da bi se izognili vplivu utrujanja, so bili za dolžino odmorov določeni odmori, kot so jih predlagali Trossman in Ping-Wu (1989). Odmor med meritvijo ene in druge roke je bil vsaj 30 s, tako da je bil odmor med meritvijo z isto roko daljši od 60 s. Kot zadnja meritev je bila izvedena meritev vzdržljivosti v moči.

### Meritve največje sile

Za meritve sile v izometričnih pogojih je bil uporabljen elektronski dinamometer (Noxoxon Scientific Handgrip Dynamometer, Scottsdale, Arizona, USA). Podatki so bili preko A/D pretvornika LabView system (v. 7.3, National Instruments, Austin, TX, USA) brani z LabChart računalniškim programom s frekvenco branja 1000 Hz. Merjenec je dobil navodilo, da pri meritvi največje sile stiska pesti doseže največjo silo v približno dveh sekundah. Nato je bil verbalno spodbujan, hkrati je lahko na ekranu računalnika spremljal krivuljo sile. Merjenčeva pozornost je bila usmerjena navzven, to je v dosego čim večje sile. Meritev je trajala vsaj 4 s oziroma toliko časa, da je bilo na ekranu računalnika videti opazno padanje sile.

### Meritve vzdržljivosti v moči

Meritve vzdržljivosti v moči v izometričnih pogojih je bila izvedena z istim dinamometrom kot meritev največje sile stiska pesti.



Slika 1. Največja sila stiska pesti.  $P < 0,001$ ; največja sila – največja sila pri meritvi, katere cilj je bil razviti čim večjo silo; vzdržljivost v moči – največja sila pri meritvi, katere cilj je bil razviti čim večjo silo in jo zadržati 25 s.

Merjenec je dobil navodilo, da mora stisniti pest z največjo možno silo in pri tem vztrajati 25 s. Na začetku je imel približno dve sekundi časa, da doseže največjo silo. Od trenutka, ko je bilo iz poteka krivulje sile videti, da se je merjenec približal največji sili, smo začeli meriti čas. Merjenec je bil med meritvijo verbalno spodbujan. Na ekranu računalnika je lahko ves čas spremljal krivuljo sile. Pozornost merjenca je bila usmerjena navzven, to je v dosego in vztrajanje pri čim večji sili stiska pesti.

### Obdelava podatkov

Izmerjena sila pri meritvi največje sile in pri meritvi utrujanja je bila najprej filtrirana z »median filtrom«, da smo signal očistili motenj. V nadaljevanju je bila uporabljena največja sila, izmerjena za posamezno roko pri meritvi največje sile, in največja sila, izmerjena za posamezno roko pri meritvi vzdržljivosti v moči. Statistična obdelava je bila narejena z računalniškim programom IBM-SPSS Statistics 25 (IBM, New York, USA). Izračunana je bila opisna statistika. Za primerjavo največje sile pri meritvi največje sile in največje sile pri meritvi vzdržljivosti v moči ter za primerjavo dominantne in nedominantne roke je bil uporabljen t-test za vezane vzorce.

## Rezultati

Rezultati raziskave (Slika 1) so pokazali, da je bila največja sila stiska pesti statistično

značilno večja (dominantna roka –  $p < 0,001$ ; nedominantna roka –  $p < 0,001$ ), če so imeli merjenci za cilj samo doseg največje sile, kot če so imeli za cilj poleg dosega največje sile še vzdrževanje te sile 25 s. Z dominantno roko so merjenci dosegli povprečno največjo silo  $437 \pm 84,2$  N. Sila je bila povprečno za  $39 \pm 34,4$  N večja kot največja sila pri meritvi vzdržljivosti v moči. Podobno je bilo tudi z nedominantno roko, kjer so merjenci dosegli povprečno največjo silo  $411 \pm 74,3$  N. Pri nedominantni roki je bila sila povprečno za  $28 \pm 27,2$  N večja kot največja sila pri meritvi vzdržljivosti v moči. Razlika med meritvama med dominantno in nedominantno roko ni bila statistično značilna ( $p = 0,224$ ). Primerjava povprečne največje sile, ko je bil cilj samo doseg največje sile, je pokazala, da so merjenci z dominantno roko razvili za  $26 \pm 25,2$  N večjo silo ( $p < 0,001$ ) kot z nedominantno roko. Pri dominantni roki je bila največja sila za 6 % večja kot pri nedominantni.

## Razlaga

V raziskavi je bila narejena primerjava izmerjene največje sile stiska pesti pri meritvi, katere cilj je bil razviti čim večjo silo, z izmerjeno največjo silo stiska pesti pri meritvi, katere cilj je bil razviti čim večjo silo in jo zadržati 25 s. Primerjava je bila narejena za dominantno in nedominantno roko. Za obe roki je bila povprečna največja sila stiska pesti pri kratkotrajni meritvi moči večja kot pri meritvi vzdržljivosti v moči.

Na osnovi rezultatov raziskave je mogoče zaključiti, da je pomembno, na kakšen način je izvedena meritev največje sile stiska pesti.

Da bi dosegli čim boljši rezultat, so bili merjenci v raziskavi pri obeh meritvah verbalno spodbujani, na enak način jim je bilo omogočeno spremljanje takojšnje povratne informacije in njihova pozornost je bila usmerjena navzven. Raziskave so pokazale, da pri pozornosti usmerjeni navzven izvajanje nalog poteka avtomatsko z minimalno zavestno kontrolo (Vance idr., 2004). V raziskavi je bila pozornost tako pri meritvi največje sile kot pri meritvi vzdržljivosti v moči usmerjena navzven, torej so bile naloge pri obeh meritvah izvedene avtomatsko.

Za razliko od drugih raziskav, ki so proučevale pomen pozornosti na izvedbo gibalne naloge (Marchant, 2011; Nolan, 2011; Vance idr., 2004), sta bili v raziskavi uporabljeni nalogi, ki zahtevata rekrutacijo različnih motoričnih enot. Pri dosegu največje sile je pomembna rekrutacija čim večjega števila motoričnih enot, medtem ko je pri vzdrževanju sile pomembna aktivacija motoričnih enot, ki so odporne na utrujanje (Alan St Clair Gibson, Lambert in Noakes, 2001). Razlika v načinu delovanja živčnega sistema in temu ustrezne rekrutacije različnih motoričnih enot je verjetno razlog, da so merjenci v raziskavi dosegli večjo silo stiska pesti, ko je bil cilj razviti čim večjo silo v primerjavi s silo stiska pesti, ko je bil cilj razviti čim večjo silo in jo zadržati 25 s. Drugi možen dejavnik, ki je lahko vplival na različne rezultate največje sile stiska pesti pri različnih načinih meritve, je podzavestno varčevanje. Kadar vemo, da bomo morali nalogo izvajati dolgo časa, podzavestno varčevanje povzroči, da posameznik začne dolgotrajno nalogo izvajati z nižjo intenzivnostjo, kot bi jo, če bi bila naloga kratkotrajna (Alan St Clair Gibson in Noakes, 2004; Wittekind idr., 2009). Pri meritvi vztrajnosti v moči, kjer so morali merjenci vztrajati pri vzdrževanju čim večje moči 25 s, je lahko na nižje vrednosti največje sile vplivalo podzavestno varčevanje. Kateri od naštetih razlogov je v raziskavi prevladal, ni možno odgovoriti, saj v raziskavi ni bila merjena električna aktivnost mišic.

Na podlagi rezultatov raziskave je bilo ugotovljeno, da je bila razlika v velikosti največje sile stiska pesti, izmerjene pri kratkotrajni meritvi moči, in največjo silo, izmerjeno pri vzdržljivosti v moči, enaka pri dominantni in nedominantni roki. Rezultati so še pokazali, da je bila največja sila pri dominantni

roki za 6 % večja kot pri nedominantni roki, kar se ujema z rezultati dosedanjih raziskav (Chatterjee in Chowdhuri, 1991; Fraser in Bente, 1983).

Na osnovi izvedene raziskave je mogoče zaključiti, da je pri meritvi največje sile stiska pesti pomembno, da se meritev izvaja samostojno, torej, da je ločena od meritve vzdržljivosti v moči. Največja sila stiska pesti pri kratkotrajni meritvi je večja kot največja sila stiska pesti pri meritvi vzdržljivosti v moči, zato je pri interpretaciji podatkov o največji sili stiska pesti potrebno upoštevati tudi, na kakšen način oziroma s kakšno meritvijo so bili pridobljeni rezultati. Pri merjenju največje sile stiska pesti je poleg tega pomembno, da se za meritev izbere ustrezno roko glede na cilj meritve. To pomeni, da pri izvedbi meritve ne merimo največje sile na levi ali desni roki, ampak da roki ločimo na dominantno in nedominantno roko.

## Literatura

1. Bearne, L. M., Coomer, A. F. in Hurley, M. V. (2007). Upper limb sensorimotor function and functional performance in patients with rheumatoid arthritis. *Disability and Rehabilitation*, 29(13), 1035–1039. <https://doi.org/10.1080/09638280600929128>
2. Bembien, M. G., Massey, B. H., Boileau, R. A. in Misner, J. E. (1992). Reliability of isometric force-time curve parameters for men aged 20 to 79 years. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(3), 158–164.
3. Bonitch-Góngora, J., Almeida, F., Padial, P., Bonitch-Domínguez, J. in Feriche, B. (2013). Maximal isometric handgrip strength and endurance differences between elite non-elite young judo-isometric, hand grip, maximal strength, intermittent, hand grip, measurement.pdf. *Archives of Budo, Science Martial Arts*, 9(4), 239–248.
4. Campenella, B., Mattacola, C. G. in Kimura, I. F. (2000). Effect of visual feedback and verbal encouragement on concentric quadriceps and hamstrings peak torque of males and females. *Isokinetics and Exercise Science*, 8(1), 1–6. <https://doi.org/10.3233/ies-2000-0033>
5. Chatterjee, S. in Chowdhuri, B. J. (1991). Comparison of grip strength and isometric endurance between the right and left hands of men and their relationship with age and other physical parameters. *Journal of Human Ergology*, 20, 41–50.
6. Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A. in McMaster, D. (2017). A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31, 1. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002149>
7. Davies, C. W. T., Jones, D. M. in Shearer, J. R. (1984). Hand Grip — A Simple Test for Morbidity after Fracture of the Neck of Femur. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 77(10), 833–836. <https://doi.org/10.1177/014107688407701006>
8. Farooq, M. in Ali Khan, A. (2012). Effect of elbow flexion, forearm rotation and upper arm abduction on MVC grip and grip endurance time. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 18(4), 487–498. <https://doi.org/10.1080/10803548.2012.11076955>
9. Fransson, C. in Winkel, Jø. (1991). Hand strength: the influence of grip span and grip type. *Ergonomics*, 34(7), 881–892. <https://doi.org/10.1080/00140139108964832>
10. Fraser, C. in Bente, J. (1983). A Study of Adult Hand Strength. *British Journal of Occupational Therapy*, 46(10), 296–299. <https://doi.org/10.1177/030802268304601009>
11. Gerodimos, V. (2012). Reliability of Handgrip Strength Test in Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 31, 25–36. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0003-y>
12. Gerodimos, V., Karatrantou, K., Psychou, D., Vasilopoulou, T. in Zafeiridis, A. (2017). Static and Dynamic Handgrip Strength Endurance: Test-Retest Reproducibility. *The Journal of Hand Surgery*, 42, e175–e184. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2016.12.014>
13. Griffith, C. D. M., Whyman, M., Bassey, E. J., Hopkinson, B. R. in Makin, G. S. (1989). Delayed recovery of hand grip strength predicts postoperative morbidity following major vascular surgery. *BJS (British Journal of Surgery)*, 76(7), 704–705. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800760717>
14. Incel, N. A., Ceceli, E., Durukan, P. B., Rana Erdem, H. in Rezan Yorgancioglu, Z. (2002). Grip Strength: Effect of Hand Dominance. *Singapore Medical Journal*, 43(5), 234–237.
15. Kamimura, T. in Ikuta, Y. (2001). Evaluation of grip strength with a sustained maximal isometric contraction for 6 and 10 seconds. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 33(5), 225–229. <https://doi.org/10.1080/165019701750419626>
16. Marchant, D. C. (2011). Attentional focusing instructions and force production. *Frontiers in Psychology*, 1(JAN), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2010.00210>
17. Marchant, D. C., Greig, M., Bullough, J. in Hitchen, D. (2011). Instructions to adopt an external focus enhance muscular endurance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(3), 466–473. <https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599779>
18. Marchant, D. C., Greig, M. in Scott, C. (2009). Attentional focusing instructions influence force production and muscular activity during isokinetic elbow flexions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2358–2366.

19. Marley, R. J. in Wehrman, R. R. (1992). Grip Strength as a Function of Forearm Rotation and Elbow Posture. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 36(10), 791–795. <https://doi.org/10.1177/154193129203601033>
20. Mathiowetz, V., Rennels, C. in Donahoe, L. (1985). Effect of elbow position on grip and key pinch strength. *The Journal of Hand Surgery*, 10, 694–697. [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(85\)80210-0](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(85)80210-0)
21. Murugan, S., Dharmika, P., Kinjal, P., Madhuri, G. in Pranjali, P. (2013). Grip strength changes in relation to different body postures, elbow and forearm positions. *International Journal of Physiotherapy and Research*, 1, 116–121.
22. Nicolay, C. W. in Walker, A. L. (2005). Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(7), 605–618. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.01.007>
23. Nolan, R. P. (2011). *An External Focus of Attention Enhances Isometric Wall Sit Endurance Time: A Quantitative and Qualitative Analysis of the Attentional Focus Effect*. Southern Illinois University Carbondale.
24. Parvatikar, V. in Mukkannavar, P. (2009). Comparative Study of Grip Strength in Different Positions of Shoulder and Elbow with Wrist in Neutral and Extension Positions. *JOURNAL OF MEDICAL EXERCISE SCIENCE AND PHYSIOTHERAPY (JESP)*, 5, 67–75.
25. Petersen, P., Petrick, M., Connor, H. in Conklin, D. (1989). Grip Strength and Hand Dominance: Challenging the 10 % Rule. *American Journal of Occupational Therapy*, 43(7), 444–447. <https://doi.org/10.5014/ajot.43.7.444>
26. Sallinen, J., Stenholm, S., Rantanen, T., Heiliövaara, M., Sainio, P. in Koskinen, S. (2010). Hand-Grip Strength Cut Points to Screen Older Persons at Risk for Mobility Limitation. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(9), 1721–1726. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.03035.x>
27. Shiratori, A. P., Iop, R. da R., Júnior, N. G. B., Domenech, S. C. in Gevaerd, M. da S. (2014). Evaluation protocols of hand grip strength in individuals with rheumatoid arthritis: A systematic review. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 54(2), 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.rbre.2014.03.009>
28. Shyam Kumar, A. J., Parmar, V., Ahmed, S., Kar, S. in Harper, W. M. (2008). A study of grip endurance and strength in different elbow positions. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 9(4), 209–211. <https://doi.org/10.1007/s10195-008-0020-8>
29. St Clair Gibson, A. in Noakes, T. D. (2004). Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine*, 38(6), 797 LP – 806. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.009852>
30. St Clair Gibson, Alan, Lambert, M. I. in Noakes, T. D. (2001). Neural control of force output during maximal and submaximal exercise. *Sports Medicine*, 31(9), 637–650. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131090-00001>
31. Trossman, P. B. in Li, P.-W. (1989). The Effect of the Duration of Intertrial Rest Periods on Isometric Grip Strength Performance in Young Adults. *The Occupational Therapy Journal of Research*, 9(6), 362–378. <https://doi.org/10.1177/153944928900900604>
32. Vance, J., Wulf, G., Töllner, T., McNevin, N. in Mercer, J. (2004). EMG activity as a function of the performer's focus of attention. *Journal of Motor Behavior*, 36(4), 450–459. <https://doi.org/10.3200/JMBR.36.4.450-459>
33. Wallström, Å. in Nordenskiöld, U. (2001). Assessing hand grip endurance with repetitive maximal isometric contractions. *Journal of Hand Therapy*, 14(4), 279–285. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0894-1130\(01\)80006-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0894-1130(01)80006-5)
34. White, C., Dixon, K., Samuel, D. in Stokes, M. (2013). Handgrip and quadriceps muscle endurance testing in young adults. *Springer-Plus*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-451>
35. Wittekind, A., Micklewright, D. in Beneke, R. (2009). Teleoanticipation in all-out short-duration cycling. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 114–119. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.061580>

doc. dr. Aleš Dolenec

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport  
Gortanova 22, 1000 Ljubljana  
[ales.dolenec@fsp.uni-lj.si](mailto:ales.dolenec@fsp.uni-lj.si)