

**PRIMJENA TEORIJSKOG MODELA U
NORMALIZACIJI REZULTATA TESTOVA
VERTIKALNOG SKOKA U ODNOSU NA
TJELESNU MASU**

**APPLICATION OF THE
THEORETICAL MODEL IN
NORMALIZATION OF VERTICAL JUMP
TEST RESULTS WITH RESPECT TO THE
BODY MASS**

SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je da se ispita efikasnost primjene teorijskog modela u normalizaciji rezultata testova motoričkih sposobnosti u svrhu neutralisanja uticaja tjelesne mase na ispoljavanje mišićne snage pri izvođenju različitih vertikalnih skokova. Uzorak ispitanika činilo je 60 košarkaša koji u svojim timovima igraju na pozicijama krilnog centra i centra. Nezavisne varijable bile su tjelesna masa, tjelesna visina i procenat masnog tkiva, dok su zavisne varijable podijeljene na varijable koje direktno i indirektno procjenjuju mišićnu snagu pri izvođenju različitih vertikalnih skokova. Rezultati testova motoričkih sposobnosti normalizovani su koristeći teorijski predviđen eksponent $b=0,67$ za direktnu procjenu snage mišića, dok je za indirektnu procjenu snage mišića korišten eksponent $b=0$. Na osnovu dobijenih rezultata zaključeno je: 1) prije normalizacije rezultata testova vertikalnih skokova postoji umjerena pozitivna povezanost između rezultata testova direktne procjene mišićne snage i tjelesne mase (0,44; 0,38) i 2) izostala je povezanost između testova indirektno procjene mišićne snage i tjelesne mase (-0,09;-0,14). Nakon primjene teorijskog modela u normalizaciji rezultata zabilježeno je smanjenje koeficijenta korelacije između testova direktne procjene mišićne snage i tjelesne mase (-0,08;-0,14). Koeficijenti korelacije u testovima indirektno procjene mišićne snage ostali su nepromijenjeni (-0,09;-0,14). Na taj način dobijeni su rezultati mišićne snage u vertikalnim skokovima nezavisni od tjelesne mase.

Ključne riječi: geometrijsko skaliranje, vertikalni skok, maksimalna snaga mišića, tjelesna masa

**Aleksandar Kukrić¹,
Borko Petrović¹,
Radenko Dobraš¹,
Željko Sekulić¹ i Igor
Vučković¹**

¹Fakultet fizičkog
vaspitanja i sporta
Univerzitet u Banjoj Luci,
Bosna i Hercegovina

Originalni naučni članak
doi:10.5550/sgia.171301.se.KPDSV
UDK: 796.012.414
COBISS.RS-ID 6759192

Primljeno: 22.05.2017.
Odobreno: 02.06.2017.

Korespondencija:
Doc. dr Aleksandar Kukrić
Fakultet fizičkog vaspitanja
i sporta
Univerzitet u Banjoj Luci
Bosna i Hercegovina
aleksandar.kukric@ffvs.unibl.org

Sportlogia 2017, 13 (1), 9-17.
E-ISSN 1986-6119

UVOD

Jedna od čestih tema istraživanja u fizičkom vaspitanju, sportu i rekreaciji je uticaj određenih dimenzija tijela na motoričke sposobnosti pojedinca. Od svih tjelesnih dimenzija najčešće je analiziran uticaj tjelesne mase na rezultate testova motoričkih sposobnosti. Uticaj dimenzija lokomotornog aparata na mehaniku njegovih pokreta naziva se efekat skale, a dovođenje neke mehaničke veličine koja opisuje kretanje u vezu sa određenom dimenzijom tijela naziva se skaliranje (Jarić, 1997). U sportskoj dijagnostici često se procjenjuje relativna jačina ili sila u odnosu na tjelesnu masu kao količnik savladanog spoljašnjeg opterećenja i tjelesne mase. Pri tome, normalizovanje rezultata testova motoričkih sposobnosti pojedini autori predstavljaju po kilogramu tjelesne mase (m) (Frontera, Hughes, Lutz i Evans, 1991; Hakkinen, Komi i Alén, 1985). Sa druge strane, postoje autori koji smatraju da ovaj način normalizovanja rezultata nije adekvatan, te su kroz niz istraživanja dokazali nelinearnu zavisnost tjelesnih dimenzija i motoričkih sposobnosti, odnosno, rezultate testova predstavljaju u odnosu na $m^{2/3}$ (Nevill, Ramsbottom i Williams, 1992; Jarić, 2002, 2003; Nevill, 1995; Winter, 2005; Marković i Jarić, 2007). Jednostavan primjer značaja efekata skale vidi se u rezultatima dizača tegova. Wu Jingbiao je u kategoriji do 56 kg, u disciplini trzaj, postavio svjetski rekord savladavši opterećenje od 139 kg. Kako je relativna sila jednaka količniku savladanog opterećenja i tjelesne mase, to bi značilo da je njegova relativna sila jednaka 2,48. Sa druge strane, ako bi sportista u teškoj kategoriji (+105 kg) imao relativnu silu od 2,48, to bi značilo da bi on u toj disciplini mogao ostvariti rezultat od 260,4 kg. Međutim, svjetski rekorder, bugarin Aramnau Andrei, u toj disciplini uspio je da savlada opterećenje od 200 kg. Na osnovu ovog, može se zaključiti da masa i sila nisu proporcionalne i da sa porastom tjelesne mase ispoljavanje mišićne sile sve sporije raste, odnosno, raste sa $m^{2/3}$. Još jedan primjer koji ukazuje na značaj efekata skale jeste procjena relativne potrošnje kiseonika (VO_{2max}) izražena u mililitrima po kilogramu tjelesne mase u minutu ($ml/kg/min$). Iako je poznato da je snaga proporcionalna utrošku metaboličke energije, tj. da obe veličine rastu sa $m^{2/3}$, u praksi je uobičajeno da se određivanje relativne potrošnje kiseonika računa po jedinici tjelesne mase (po m), a ne po $m^{2/3}$. Na taj način, i dalje se prave greške pri predstavljanju rezultata maksimalne potrošnje kiseonika.

U normalizovanju rezultata testova motoričkih sposobnosti danas se najčešće primjenjuju dva modela: teorijski model ili geometrijsko skaliranje i eksperimentalni model ili alometrijsko skaliranje. Oba modela se često primjenjuju u praksi, a razlika između ova dva modela je veoma mala. Ukoliko bi se ispitivali efekti skale kod ljudi izrazito različitih dimenzija tijela, razlika između ova dva modela bi bila izraženija. Pored ova dva modela, u praksi se primjenjuje i model multiple regresije. Njegova prednost ogleda se u tome što u normalizovanju rezultata, pored tjelesnih dimenzija, uključeni su i ostali faktori koji utiču na ispoljavanje funkcionalnih i motoričkih sposobnosti.

Geometrijsko skaliranje se bazira na pojmu geometrijske sličnosti, po kojoj razlika između dva čovjeka postoji jedino u njihovim dimenzijama. Ako je jedno tijelo dva puta veće od drugog, onda će sve dužinske mjere tog tijela biti dva puta veće, sve površinske mjere biti $2^2=4$ puta veće, a sve zapremine, mase i težine $2^3=8$ puta veće. Geometrijsko skaliranje primijenjeno na ljudima podrazumijeva da su sva ljudska tijela istog oblika, a da razlika postoji samo u njihovim dimenzijama. Zbog toga bi odnos različitih dužina tijela bio za sve ljude jednak. Pošto su razlike u dužinskim dimenzijama ljudi obično manje od odnosa 2:1, onda je iz praktičnih razloga najbolje predstaviti odnos dimenzija tijela gdje je $l=1$. Broj l bi bio 1.05 ako je prvi čovjek za 5% viši od drugog ili 0.97, ako je za 3% niži od drugog. Slijedi da je jedna osoba l puta viša ili niža od druge osobe, a onda i sve ostale dužine (dužine ekstremiteta, obim grudi, širine

zglobova...) se takođe razlikuju za l puta. Sve površine se razlikuju l^2 puta (površina tijela, površina fiziološkog presjeka mišića, površina poprečnog presjeka kostiju...). Sve zapremine, a što je još važnije, mase i težine ove osobe se l^3 puta razlikuju (masa tijela, težina segmenata tijela...). Npr., ako je jedna osoba 10% viša od druge osobe ($l=1.1$), onda su sve dužine njenog tijela veće za 10%, sve površine 21% veće ($l^2=1,21$), a sve mase i težine 33% veće ($l^3=1,33$). Koristeći princip geometrijskog skaliranja, objašnjeni su efekti skale na jačinu čovjeka. Izmjerena mišićna sila (F) zavisi od mišićne sile (F_m) i koeficijenta prenosa poluge (k), tj. $F=F_m \times k$. Ako se dimenzije tijela promijene za l puta, oba kraka sila se proporcionalno mijenjaju i njihov odnos $k=a/b$ ostaje nepromijenjen. Dakle, promjenom dimenzija tijela, koeficijent prenosa poluga lokomotornog aparata ostaje nepromijenjen. Mišićna sila (jačina), između ostalog, u velikoj mjeri zavisi od površine poprečnog presjeka mišića. Kao i sve druge površine, proporcionalna je sa l^2 , odnosno, ukupna mišićna jačina biće proporcionalna sa l^2 ($F = l^2$). Ovo navodi na zaključak da će rezultati svih testova jačine rasti sa kvadratom visine tijela. Najčešće se mišićna jačina normalizuje u odnosu na tjelesnu masu, jer se tjelesna visina pokazala kao nepouzdan indeks u normalizaciji rezultata. Već je napomenuto da masa raste sa l^3 , ili obrnuto, dužina raste sa trećim korijenom mase $l \sim m^{1/3}$. Zbog toga je $l^2 \sim m^{2/3}$, pa će ukupna mišićna jačina biti jednaka $F = m^{2/3}$. Može se zaključiti da su sile koje čovjek razvija proporcionalne trećem korijenu kvadrata njegove tjelesne mase (Jarić, 1997).

Geometrijskim skaliranjem različitih grupa testova motoričkih sposobnosti u odnosu na tjelesnu masu dobijaju se različiti eksponenti. Fleishman (1964) vertikalne skokove svrstava u grupu testova za procjenu brzih pokreta. U skladu s tim, u ovom članku biće govora samo o eksponentima koji se odnose na ovu grupu testova. Neće se predstavljati eksponenti koji se koriste za normalizovanje rezultata u drugim testovima motoričkih sposobnosti. Rezultati testova za direktnu procjenu mišićne snage pri izvođenju brzih pokreta normalizuju se sa $m^{2/3}$, a teorijski predviđen eksponent za normalizaciju rezultata je $b=0,67$. Rezultati testova za indirektnu procjenu snage mišića pri izvođenju brzih pokreta normalizuju se sa m^0 , a teorijski predviđen eksponent za normalizaciju rezultata je $b=0$ (Aasa, Jarić, Barnekow-Bergkvist i Johansson, 2003; Jarić, 2002).

Cilj istraživanja bio je da se ispita efikasnost primjene teorijskog modela u normalizovanju rezultata testova u odnosu na tjelesnu masu pri izvođenju različitih vertikalnih skokova.

METODE

U istraživanju je učestvovalo 60 košarkaša, članova Premijer lige Bosne i Hercegovine i Prve lige Republike Srpske. Ispitanici su selektovani prema poziciji koju igraju u timu na krilne centre i centre, koji se zajedničkim imenom u košarci nazivaju unutrašnji igrači. Svi ispitanici su bili potpuno zdravi, bez povreda donjih ekstremiteta, koje bi mogle uticati na rezultate testiranja. Dobrovoljno su pristali na sva mjerenja i testiranja.

Varijable su podijeljene u dvije grupe. Nezavisne varijable bile su tjelesna masa (TM), tjelesna visina (TV) i procenat masnog tkiva (MT) i određivale su morfološke karakteristike ispitanika. Koristeći metod bioelektrične impedance (*Tanita BC 418*), izmjerena je tjelesna kompozicija, te su dobijeni precizni podaci o tjelesnoj masi i procentu masnog tkiva ispitanika. Visinometrom (*Seca*) je izmjerena tjelesna visina ispitanika. Budući da se testovi za procjenu izvođenja brzih pokreta mogu podijeliti na testove direktne i indirektno procjene mišićne snage, zavisne varijable podijeljene su u dvije grupe. Koristeći platforme sile (*Globus Ergo Tesys*

System 1000, Mega Twin Plates) u testovima direktne procjene mišićne snage, izmjerena je vertikalna komponenta sile reakcije podloge dva različita vertikalna skoka. Analizirana je samo ispoljena snaga (W) u koncentričnoj fazi vertikalnog skoka u skoku sa izolovanim rukama na bokovima (*Countermovement jump*-CMJP) i u skoku iz polučučnja sa izolovanim rukama na bokovima (*Squat jump*-SJP). U testovima indirektno procjene mišićne snage, pri izvođenju različitih varijanti vertikalnog skoka, izmjerena je maksimalna visina skoka, a dobijena vrijednost izražena je u centimetrima (cm).

Vertikalni skok sa izolovanim rukama na bokovima izvodi se tako što se ispitanik iz uspravnog stava spušta u položaj polučučnja i, bez zaustavljanja, u tački promjene smijera kretanja (ugao natkoljenica i potkoljenica približno iznosi 90°), izvodi maksimalan vertikalni skok. Izvodila su se tri pokušaja, a za dalju analizu uzeo se najbolji ostvaren rezultat.

Vertikalni skok iz polučučnja sa izolovanim rukama na bokovima izvodi se tako što se ispitanik iz uspravnog stava spušta u položaj polučučnja (ugao natkoljenica i potkoljenica približno iznosi 90°), zadrži taj položaj tri sekunde, te izvodi maksimalan vertikalni skok. Izvodila su se tri pokušaja, a za dalju analizu uzeo se najbolji ostvaren rezultat.

Dobijeni podaci obrađeni su deskriptivnim i komparativnim statističkim procedurama. U okviru deskriptivne statistike za sve varijable određene su: aritmetička sredina, standardna devijacija, minimum i maksimum. U okviru komparativne statistike primijenjena je korelaciona analiza (Pirson metod). Svi prikupljeni podaci obrađeni su uz pomoć statističkog programa Statistika 7.

REZULTATI

U tabeli 1 prikazani su deskriptivni pokazatelji (aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), raspon (minimalna i maksimalna vrijednost) morfoloških karakteristika (tjelesna visina, tjelesna masa i procenat masnog tkiva) i motoričkih sposobnosti košarkaša (vertikalni skok sa izolovanim rukama na bokovima, vertikalni skok iz polučučnja sa izolovanim rukama na bokovima).

Tabela 1. Deskriptivni parametri morfoloških karakteristika i motoričkih sposobnosti košarkaša

Varijable	Raspon	AS ± SD
TV (cm)	179.50-211.00	197.77±8.13
TM (kg)	70.70-115.40	94.59±10.58
MT (%)	5.50-19.70	12.01±3.34
CMJ (cm)	26.00- 46.00	34.18±4.43
CMJP (W)	3251.60-6298.90	4652.51±679.08
SJ (cm)	24.00-45.00	32.80±4.41
SJP (W)	2662.60-5797.20	4525.77±659.51

Legenda: TV-Tjelesna visina; MT-Procenat masnog tkiva; TM-Tjelesna masa; CMJ-Vertikalni skok sa izolovanim rukama na bokovima; CMJP-Maksimalna snaga u CMJ; SJ-Vertikalni skok iz polučučnja sa izolovanim rukama na bokovima; SJP-Maksimalna snaga u SJ

U tabeli 2 prikazana je međusobna povezanost tjelesne mase i rezultata testova motoričkih sposobnosti košarkaša prije i poslije primjene teorijskog modela u normalizaciji rezultata. Iznad dijagonale prikazana je povezanost rezultata prije, a ispod dijagonale poslije primjene teorijskog modela u normalizaciji motoričkih sposobnosti u odnosu na tjelesnu masu.

Tabela 2. Povezanost tjelesne mase i rezultata testova motoričkih sposobnosti košarkaša prije i poslije normalizacije podataka

	TM	CMJ	CMJP	SJ	SJP
TM	1.00	-0.09	0.44*	-0.14	0.38*
CMJ	-0.09	1.00	0.16	0.96	0.13
CMJP	-0.08	0.41*	1.00	0.06	0.58
SJ	-0.14	0.96	0.34	1.00	0.11
SJP	-0.14	0.36	0.48	0.37*	1.00

Legenda: TM-Tjelesna masa; CMJ-Vertikalni skok sa izolovanim rukama na bokovima; CMJP-Maksimalna snaga u CMJ; SJ-Vertikalni skok iz polučučnja sa izolovanim rukama na bokovima; SJP-Maksimalna snaga u SJ

DISKUSIJA

Upoređujući tjelesne dimenzije ispitivanog uzorka (tabela 1) sa sličnim istraživanjima (Drinkwater, Pyne i McKenna, 2008; Jeličić, Sekulić i Marinović, 2002; Ostojić, Mazić i Dikić, 2006) može se vidjeti da se ovdje radi o selektovanom uzorku košarkaša, čije su vrijednosti tjelesne mase, tjelesne visine i procenta masnog tkiva približno slične vrijednostima koje karakterišu evropske košarkaše na pozicijama unutrašnjih igrača. Budući da se u većini istraživanja, tjelesna visina, izolovana od ostalih dimenzija tijela, pokazala kao nepouzdan indeks u normalizaciji rezultata (Jarić, 2002; Marković i Jarić, 2005), rezultati testiranja normalizovani su samo u odnosu na tjelesnu masu. Prema teoriji o geometrijskoj sličnosti ljudi ispoljena snaga mišića u testovima direktne procjene mišićne snage zavisna je od tjelesne mase, te je neophodno izvršiti normalizaciju rezultata, dok u testovima indirektno procjene mišićne snage ispoljena mišićna snaga ne zavisi od tjelesne mase (Aasa, Jarić, Barnekow-Bergkvist i Johansson, 2003; Marković, Mirkov i Jarić, 2005, Marković i Jarić, 2007). Na uzorku studenata Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, Marković je testirao eventualnu razliku između testova vertikalne skočnosti u koncentričnom i ekscentrično-koncentričnom režimu. Dobio je približno slične vrijednosti teorijski predviđenim eksponentima. Analizirajući Squat jump, u odnosu na tjelesnu masu, dobio je eksponent $b=0,68$, odnosno, $b=0,82$ kad je u pitanju Countermovement jump. Kad je rezultate posmatrao u odnosu na visinu skoka izraženu u centimetrima, dobio je u oba skoka eksponente blizu nule (Marković i Jarić, 2005). Ovakvi rezultati upućuju na zaključak da je nepotrebno normalizovati rezultate testova ako se procjenjuju kao visina skoka izražena u centimetrima.

Na osnovu rezultata prezentovanih u tabeli 2 može se zaključiti da prije normalizacije rezultata testova vertikalnih skokova postoji umjerena pozitivna povezanost rezultata testova direktne procjene mišićne snage i tjelesne mase, što potvrđuju koeficijenti korelacije (0,44; 0,38). Niski koeficijenti korelacije (-0,09;-0,14) potvrđuju izostanak povezanosti testova indirektno procjene mišićne snage i tjelesne mase. Nakon primjene teorijskog modela u normalizaciji

rezultata, zabilježeno je smanjenje koeficijenta korelacije između testova direktne procjene mišićne snage i tjelesne mase (-0,08;-0,14). Koeficijenti korelacije u testovima indirektno procjene mišićne snage ostali su nepromijenjeni (-0,09;-0,14) jer su normalizovani sa m^0 . Dobijeni rezultati u skladu su sa dosadašnjim istraživanjima (Marković i Jarić, 2005, 2007; Nedeljkovic, Mirkov, Kukolj, Ugarković i Jarić, 2007; Crewther, Gill, Weatherby i Lowe, 2009; Crewther, Kilduff, Cook, Cunningham, Bunce, Bracken i Gaviglio, 2012). Pored toga, usljed normalizovanja rezultata, povećala se povezanost između rezultata testova direktne i indirektno procjene mišićne snage pri izvođenju različitih varijanti vertikalnih skokova. To potvrđuju i koeficijenti korelacije prije (0,16; 0,11) i poslije (0,41; 0,37) normalizacije rezultata.

Primijenjeni teorijski model u normalizaciji podataka pokazao se efikasnim u neutralisanju uticaja tjelesne mase na rezultate testova motoričkih sposobnosti. Geometrijskim skaliranjem neutralisan je uticaj tjelesne mase na ispoljavanje mišićne snage u testovima direktne procjene mišićne snage pri izvođenju različitih varijanti vertikalnih skokova. Do sličnih zaključaka došli su Crewther i saradnici u dva istraživanja (2009 i 2012) testirajući ragbi igrače na različitim igračkim pozicijama.

ZAKLJUČAK

U širem smislu, cilj istraživanja bio je da se ukaže na greške koje su česte u sportskoj praksi pri testiranju funkcionalnih i motoričkih sposobnosti sportista, a koje se odnose na normalizovanje rezultata u odnosu na tjelesnu masu. U užem smislu, cilj istraživanja bio je da se dokaže da se primjenom teorijskog modela u normalizaciji rezultata testova motoričkih sposobnosti uspješno neutrališe uticaj tjelesne mase na ispoljavanje mišićne snage pri izvođenju različitih vertikalnih skokova. Rezultati istraživanja pokazali su da mišićna snaga i tjelesna masa nemaju linearan odnos, već da sa porastom tjelesne mase, snaga mišića sve sporije raste. Teorijski predviđeni eksponenti za testove direktne i indirektno procjene mišićne snage pri izvođenju brzih pokreta, u ovom slučaju vertikalnih skokova, uspješno neutrališu uticaj tjelesne mase, tako da se dobijaju rezultati vertikalne skočnosti nezavisni od tjelesne mase. Na osnovu rezultata mogao bi se donijeti jedan opšti zaključak: tjelesna masa utiče na ispoljavanje mišićne snage u vertikalnom skoku, ali ne utiče na visinu skoka. Značaj istraživanja se ogleda i u tome što je istraživanje sprovedeno na selektovanom uzorku košarkaša, koje karakterišu tjelesne dimenzije značajno različite u odnosu na prosječnu populaciju. U nekim narednim istraživanjima bilo bi interesantno analizirati efekte skale kod ljudi izrazito različitih tjelesnih dimenzija, različitog pola, uzrasta i rase. Tada bi značaj normalizacije rezultata primjenom nekog od modela bio još izraženiji.

LITERATURA

- Aasa, U., Jarić, S., Barnekow-Bergkvist, M., & Johansson H. (2003). Muscle strength assessment from functional performance tests: role of body size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 644-670.
<https://doi.org/10.1519/00124278-200311000-00007>
[https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0664:MSAFP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0664:MSAFP>2.0.CO;2)
- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Cunningham, D.J ., Bunce, P. J., Bracken, R. M., & Gaviglio, C. M. (2012). Scaling strength and power for body mass differences in rugby union players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(1), 27-32.
PMid:22327083
- Crewther, B.T., Gill, N., Weatherby, R. P., & Lowe, T. (2009). A comparison of ratio and allometric scaling methods for normalizing power and strength in elite rugby union players. *Journal of Sports Science*, 27(14), 1575-1580.
<https://doi.org/10.1080/02640410903348657>
PMid:19967595
- Drinkwater, E. J., Pyne, D. B., & McKenna, M. J. (2008). Design and interpretation of anthropometric and fitness testing of basketball players. *Sports Medicine*, 38(7), 565-578.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200838070-00004>
PMid:18557659
- Fleishman, E. A. (1964). *The structure and measurement of physical fitness*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Lutz K. J., & Evans, W. J. (1991). A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology*, 71(2), 644-650.
PMid:1938738
- Häkkinen, K, Komi, P. V., & Alén, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4), 587-600.
<https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1985.tb07760.x>
<https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1985.tb07759.x>
PMid:4091002
- Jarić, S. (1997). *Biomehanika humane lokomocije sa biomehanikom sporta*. Beograd, RS: Dosije.
PMCID:PMC1184399
- Jarić, S. (2002). Muscle strength testing: use of normalisation for body size. *Sports Medicine*, 32(10), 615-631.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200232100-00002>
PMid:12141882
- Jarić, S. (2003). Role of body size in the relation between muscle strength and movement performance. *Exercise and Sport Science Reviews*, 31(1), 8-12.
<https://doi.org/10.1097/00003677-200301000-00003>
- Jeličić, M., Sekulić, D., & Marinović, M. (2002). Anthropometric characteristics of high level european junior basketball players. *Collegium Antropologicum*, 26, 69-76.

- PMid:12674837
Markovic, G., & Jarić, S. (2005). Scaling of muscle power to body size: the effect of stretch-shortening cycle. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 11-19.
<https://doi.org/10.1007/s00421-005-1385-5>
- PMid:16007449
Markovic, G., & Jarić, S. (2007). Is vertical jump height a body size independent measure of muscle power? *Journal of Sport Science*, 25, 1355 – 1363.
<https://doi.org/10.1080/02640410601021713>
- PMid:17786688
Marković, G., Mirkov, M., & Jarić, S. (2005). Maximum exercise performance and body size. *Nova Science Publishers*, 167-185.
PMCID:PMC4436647
- Nedeljkovic, A., Mirkov, D. M., Kukolj, M., Ugarković, D., & Jarić, S. (2007). Effect of maturation on the relationship between physical performance and body size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 245-250.
<https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00044>
- PMid:17313295
Nevill, A. M. (1995). Scaling, normalizing, and per ratio standards: an allometric modeling approach. *Journal of Applied Physiology*, 79, 1027–1031.
PMid:8567498
- Nevill, A. M., Ramsbottom, R., & Williams, C. (1992). Scaling physiological measurements for individuals of different body size. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 110–117.
<https://doi.org/10.1007/BF00705066>
- Ostojic, S. M., Mazić, S., & Dikić, N. (2006). Profiling in basketball: physical and physiological characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 740-744.
<https://doi.org/10.1519/00124278-200611000-00003>
<https://doi.org/10.1519/R-15944.1>
- PMid:17149984
Winter, E.M. (2005). Jumping: power or impulse. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 523.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155703.50713.26>

SUMMARY

The aim of this study was to examine the efficiency of application of the theoretical model in normalization of motor ability tests in order to neutralize the influence of body mass on muscle strength during various vertical jumps. The sample of participants was consisted of 60 basketball players that play in positions of power forward and center. Independent variables were body mass, body height and body fat percentage, whereas dependent variables were divided into variables that directly and indirectly estimate muscle strength during various vertical jumps. The results of motor ability tests were normalized using a theoretical exponent $b=0,67$ for direct assessment of muscle strength, while exponent $b=0$ was used for indirect muscle strength assessment. Based on the obtained results it has been concluded that: 1) before the normalization of the vertical jump test results, there was a moderate positive correlation between the results of the direct muscle strength assessment and body mass (0,44; 0,38) and 2) a correlation between the tests of the indirect muscle strength assessment and body mass was inadequate (-0,09;-0,14). After the application of the theoretical model in normalization of results, it has been noted that correlation coefficients decrease between the tests of direct muscle strength assessment and body mass (-0,08;-0,14). Correlation coefficients in the indirect muscle strength assessment tests remained unchanged (-0,09;-0,14). In that way, we obtained muscle strength results in vertical jumps independently from the body mass.

Keywords: *geometric scaling, vertical jump, maximal muscle strength, body mass.*