Sveučilište u Zagrebu

Kineziološki fakultet

Branimir Šola, Marin Mandarić, Matilda Šola, Goran Kontić

**ZAVISNOST TESTOVA ZA PROCJENU EKSPLOZIVNE SNAGE GORNJIH EKSTREMITETA I VELIČINE TIJELA: ALOMETRIJSKI PRISTUP**

Zagreb, 2017.

Ovaj rad izrađen je u prostorijama Kineziološkog fakulteta pod vodstvom mentorice dr.sc.Cvite Gregov i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2016/2017.

**Skraćenice:**

**AS** aritmetička sredina

***b*** alometrijski koeficijent

**BEZ1kg** bacanje medicinke s prsa bez zamaha 1 kg

**BEZ3kg** bacanje medicinke s prsa bez zamaha 3 kg

**CMJ** eng. *countermovement jump* (skok iz čučnja s pripremom)

**DRd** dužina desne ruke

**GRF**  eng.*ground reaction force* (sila reakcije podloge)

**Koskl** koncentrični sklek s odrazom

**Max** maksimum

**Min** minimum

**N** broj ispitanika

***P*** originalni rezultat

$P\_{n}$ normalizirani rezultat

**Plskl** pliometrijski sklek s odrazom

***r*** Pearsonov koeficijent korelacije

**RR** raspon ruku

***S*** dimenzija tijela

**SA1kg**  bacanje medicinke sa zamahom 1 kg

**SA3kg**  bacanje medicinke sa zamahom 3 kg

**SD** standardna devijacija

**SJ** eng. *squat jump* (vertikalni skok iz čučnja)

**SSC**  eng. *strech shortening cycle* (ciklus istezanja i skraćivanja mišića)

**SV**  sjedeća visina

**TM**  tjelesna masa

**TV** tjelesna visina

**EAK** eksperimentalni alometrijski koeficijent

**TAK** teorijski alometrijski koeficijent

**SADRŽAJ**

**1.UVOD .....................................................................................................................................1**

**2.METODE ...............................................................................................................................5**

 2.1. Procedura testiranja..................................................................................................5

 2.2. Uzorak ispitanika......................................................................................................5

 2.3. Uzorak varijabli i njihovo mjerenje.........................................................................6

 2.4. Obrada podataka.......................................................................................................8

**3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .........................................................................................9**

**4. RASPRAVA ........................................................................................................................27**

4.1.Alometrijski koeficijenti za testove bacanja...........................................................27

 4.2.Alometrijski koeficijenti za testove sklekovi s odrazom........................................28

**5. ZAKLJUČAK .....................................................................................................................29**

**6. ZAHVALA...........................................................................................................................30**

**7. LITERATURA ...................................................................................................................31**

**8. SAŽETAK............................................................................................................................33**

**9. SUMMARY.........................................................................................................................34**

**1. UVOD**

 Jakost je najveća voljna mišićna sila koju sportaš može proizvesti u dinamičnom ili statičnom režimu mišićnog rada, a koja se najviše očituje pri svladavanju velikih vanjskih opterećenja, dok mišićnu snagu možemo definirati jednako kao i jakost, ali uz uvjet da sportaš generira silu u što kraćem vremenu (Milanović, 2013) te koja se očituje u bacanju projektila ili eksplozivnom podizanju opterećenja. Jakost i snaga značajno utječu na sportsku izvedbu, očuvanje zdravlja te prevenciju ozljeda, kako u sportaša tako i u opće populacije te starijih osoba. Stoga je mjerenje i procjena (testiranje) jakosti i snage sveprisutno u različitim područjima primijenjene kineziologije, a iznimno ih je važno provoditi radi: a) utvrđivanja stupnja razvijenosti u pojedinaca; b) utvrđivanja učinaka programa tjelesnog vježbanja/treninga; c) radi utvrđivanja relacija između različitih testova; d) selekcije pojedinaca u sport i procjene mišićne funkcije (Jarić i sur., 2005). U tu svrhu koriste se testovi koji predstavljaju direktne mjere (npr. maksimalna sila ili vrijeme potrebno za njeno generiranje) ili posebno konstruirani protokoli čije rezultate uzimamo kao mjere, odnosno procjene stupnja razvijenosti pojedinih sposobnosti (npr. visina skoka/odraza, duljina bacanja i sl.) (Gregov, 2013).

Rezultati testova jakosti često se izražavaju tako da se relativiziraju u odnosu na tjelesnu masu za što primjer predstavlja izražavanje apsolutne vrijednosti proizvedene mišićne sile (N) u relativnim vrijednostima (N/kg), a testovi za procjenu eksplozivne snage, kao što je primjerice visina odraza, se ne relativiziraju. Pretpostavka takvog pristupa jest linearan odnos između veličine tijela, odnosno tjelesne mase i jakosti/sile, u prvom slučaju, te nezavisnost testirane sposobnosti o veličini tijela u drugom slučaju. No, navedeni, općeprihvaćeni odnosi veličine tijela i performansi nisu u skladu ni s teorijskim niti s empirijski utvrđenim vrijednostima pogotovo ako se u obzir uzme odraz gornjim ekstremitetima i bacanja većih opterećenja.

Jakost i snaga su djelomično do jako pozitivno povezani sa veličinom tijela kada su rezultati prikazani u apsolutnim vrijednostima (Dore i sur., 2000; Nevill i sur., 1992; Winter i sur., 1991), ali kada su prikazani u relativnim vrijednostima, odnosno podijeljeni s pripadajućom tjelesnom masom, imaju nisku negativnu povezanost sa veličinom tijela. Prema tome, očito je da prikazivanje rezultata testova jakosti i snage kao njihova omjera s tjelesnom masom ne proizvodi vrijednost neovisnu o veličini tijela (Nevill i sur., 1992, prema Marković i Jarić, 2005).

U potrazi za metodom prikazivanja rezultata neovisnih o veličini tijela neki su autori (Astrand i Rodahl, 1986; Nevill i sur. 1992; Heil, 1997; Jarić, 2002; Jarić i sur. 2005; Gregov, 2013) utvrdili da je alometrijsko skaliranje prihvatljivije kada se snaga ili jakost i ostale mjere veličine tijela, poput mase tijela ili longitudinalne dimenzije, logaritmiraju (Marković i Jarić, 2005). Iako postoje istraživanja koja ukazuju na neke metodološke nedostatke ove metode skaliranja (Jackson, 1986; Batterham i George, 1997; Davies i Dalsky, 1997; Kauhanen, Komi i sur., 2002; prema Gregov 2013), ona se ipak izdvaja kao najprimjenjivaniji pristup u procjeni povezanosti različitih motoričkih sposobnosti i tjelesnih dimenzija (Batterham i George, 1997; prema Gregov 2013). Alometrijsko skaliranje označava metodu pomoću koje se matematički izražava količina povezanosti neke varijable u odnosnu na veličinu tijela (Gregov, 2013). Nadalje, kaže: ,,Metoda alometrijskog skaliranja zasniva se na primjeni jednadžbe *y = axb*, kojom se određuje veza između motoričkih sposobnosti i dimenzija veličine tijela. Primijenjenom jednadžbom, svaka motorička sposobnost (*y*) može se predstaviti kao funkcija dimenzija veličine tijela (*m*): *y = amb* gdje je *a* konstantni množitelj, a *b* alometrijski eksponent.“.

**Tablica 1.** Teorijski alometrijski parametri (Jarić i sur., 2005)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Preporučeni alometrijski parametar** | **Grupa testova** | **Primjeri testova** | **Mjerena varijabla** |
| **b = 1** | Mišićni moment sile  | Jakost mišićne grupe mjerena izokinetičkim uređajem | Moment sile |
| **b = 2/3 = 0,67** | Mišićna silaBrzina generiranja sile/momenta sile Generiranje vanjske sile Mišićna snaga | Jakost mišićne skupine mjerena dinamometromMaksimalni nagib krivulje sila – vrijeme ili moment sile – vrijeme Dizanje utega, ručna manipulacija objektimaWingate testovi, snaga mjerena na izokinetičkom uređaju | Sila Sila ili moment sile u jedinici vremenaSila ili težina utega Snaga |
| **b = 0** | Izvedba brzih pokreta Vrijeme postizanja određene relativne razine na krivulji sila/moment sile – vrijeme  | Sprintevi, skokovi, bacanja, udarciVrijeme za postizanje 30% ili vrijeme za povećanje sile/momenta sile između 20 i 80% od maksimalne voljne kontrakcije  | Brzina, vrijeme pokreta  |
| **b = -1/3 = -0,33** | Svladavanje tjelesne težine  | Zadržavanje teških pozicija, zgibovi, sklekovi, podizanje jedne noge | Vrijeme ili broj ponavljanja |

**Tablica 2.** Alometrijski parametri za testove koji procjenjuju relativnu jakost, odnosno repetitivnu jakost pri svladavanju vlastite tjelesne mase u odnosu na dimenzije veličine tijela (modificirano prema Gregov, 2013)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Autori** | **Test** | **Uzorak ispitanika** | **Sport/zanimanje**  | **Eksperimentalni AP** |
| Crowder i Yunker (1996) | Sklekovi | 238 M | Vojni kadeti na akademiji | btm=-0,38 (95% CI: -0,18 do -0,58)bbtm=-0,28 (95% CI: -0,04 do -0,52) |
| Marković i Jarić (2004) | Sklekovi | 77 M (18-26) | Studenti Kineziološkog fakulteta  | btm=-0,42btv=-1,80 |
| Vanderburgh i sur. (2011) | Sklekovi | 56 M | Vojni kadeti | btm=0,66 (95% CI: ± 0,46) |

 **Tablica 3.** Alometrijski parametri za testove koji procjenjuju brze pokrete (indirektna procjena eksplozivne snage) u odnosu na dimenzije veličine tijela (modificirano prema Gregov, 2013)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Autori** | **Test** | **Uzorak ispitanika** | **Sport/zanimanje** | **Eksperimentalni AP** |
| Marković i Jarić (2004) | Testovi brzih pokreta (ukupni prosjek)  | 77 M (18-26 god) | Studenti kineziologije | btm=0,07 (SD:0,15)btv=0,11 (SD:0,46) |
| Vertikalni skok iz čučnja (SJ) | btm= -0,01btv= -0,20 |
| Skok iz čučnja s pripremom (CMJ) | btm= -0,03btv= -0,20 |
| Bacanje loptice (ms-1) | btm= 0,36btv= 0,97 |
| Marković i Jarić (2005) | Vertikalni skok iz čučnja (SJ) | 159 M (18-25) | Studenti kineziologije | btm= 0,02 (95% CI: 0,14 – 0,18)  |
| Skok iz čučnja s pripremom (CMJ) | btm=0,04 (95% CI: 0,12 – 0,20) |
| Poskoci iz stopalau mjestu  | Btm= 0,31 (95%CI: 0,15 – 0,48)  |

 Jakost se mjeri pomoću dinamometra (izometrična jakost), pomoću izokinetičkog uređaja (izokinetička jakost) te se procjenjuje na temelju podignutog opterećenja u određenoj vježbi. Snaga se procjenjuje, primjerice, na temelju visine skoka (Marković i Jarić, 2005) ili na temelju udaljenosti bačenog predmeta, ako je riječ o testovima za procjenu eksplozivne snage tipa bacanja (Van den Tillar& Marques, 2013), ali može se i direktno procijeniti na temelju sile reakcije podloge (eng. *Groundreactionforce, GRF)* tijekom izvedbe različitih varijanti skokova(Marković i Jarić 2005). Upravo su Marković i Jarić (2005) u svom radu utvrdili da postoji razlika u načinu procjenjivanja snage i utjecaja veličine tijela na tu snagu. Dakle, rezultati snage dobiveni na temelju GRF tijekom izvedbe skoka imaju veliku pozitivnu povezanost sa veličinom tijela, dok je visina skoka gotovo nezavisna o veličini tijela kad je riječ o testu Vertikalni skok iz čučnja (eng.*SquatJump*, SJ) i Skok iz čučnja s pripremom (eng. *Counter movement Jump*, CMJ). Međutim, to ne vrijedi za test Poskoci iz stopala u mjestu, koji više ovisi o elastičnoj sili tijekom ekscentrično – koncentrične kontrakcije (eng. *Strech – shortening Cycle,* SSC). Taj test ima pozitivnu povezanost sa veličinom tijela u oba slučaja, uzimajući u obzir visinu skoka i snagu na temelju GRF, što dovodi do zaključka da veći ljudi imaju više koristi od SSC-a (Marković i Jarić, 2005). Također, postoji razlika između snage procijenjene na temelju GRF tijekom SJ (koncentrična kontrakcija) i CMJ (ekscentrično – koncentrična kontrakcija). CMJ ima veću pozitivnu povezanost sa veličinom tijela od SJ, dok te razlike nema kada se uspoređuje visina skoka između ta dva testa, tada su oba neovisna o veličini tijela (Marković i Jarić, 2005). Upravo su ti podaci zanimljivi jer se u ovom istraživanju uspoređuju dvije vrste skleka - koncentrični sklek, koji sadrži samo koncentričnu kontrakciju kao i SJ, te pliometrijski sklek koji sadrži ekscentrično – koncentričnu kontrakciju odnosno SSC kao i CMJ. Isto tako, istraživanjem se uspoređuju rezultati dva različita načina bacanja - jedan samo s koncentričnim pokretom, a drugi sa SSC-om.

 Cilj ovog istraživanja jest utvrditi utjecaj mase tijela i longitudinalnih dimenzija, kao što su tjelesna visina (TV), dužina ruke (DR), raspon ruku (RR) i sjedeća visina (SV) na rezultate u testovima bacanja medicinke s prsa iz sjedeće pozicije, pliometrijski sklek (Plskl) i koncentrični sklek (Koskl) dobivanjem alometrijskog koeficijenta te eksperimentalno dobivene vrijednosti tih koeficijenata usporediti s teorijskim vrijednostima i rezultatima dosadašnjih istraživanja.

**2. METODE ISTRAŽIVANJA**

**2.1. Procedura testiranja**

 Sva testiranja provedena su u dvorani Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ispitanici su testirani kroz 5 tjedana u grupama po 10, odnosno 11 ispitanika utorkom i četvrtkom. Svi ispitanici su bili studenti Kineziološkog fakulteta starosti od 18 do 27 godina i prije samog testiranja su bili upozoreni da dva dana prije samog testiranja ne provode jake treninge.

 Ispitanici su prvo mjereni u varijablama veličine tijela: tjelesna visina (TV), tjelesna masa (TM), raspon ruku (RR), dužina desne ruke (DRd) i sjedeće visine (SV). Nakon antropometrije ispitanici su provodili standardizirani protokol zagrijavanja koji je uključivao četverominutno lagano trčanje, zatim kruženja zglobovima - ramenima, rukama i šakama (10 puta naprijed - natrag), rotacije trupom (10 puta obostrano), skokove s odručenjem i raskorakom (eng. *jumping jacks*) (20 puta), bacanje medicinke u zid s prsa (3serije po 5 ponavljanja), bacanje medicinke u pod (3 serije po 5 ponavljanja) i pliometrijske sklekove s rukama na povišenju (3serije po 5 ponavljanja).

 Po završetku zagrijavanja ispitanici su započeli s izvođenjem prve skupine testova za procjenu eksplozivne snage gornjih ekstremiteta kroz bacanja: bacanje medicinke s prsa bez zamaha 1 kg (BEZ1kg), bacanje medicinke bez zamaha 3 kg (BEZ3kg), bacanje medicinke sa zamahom 1 kg (SA1kg), bacanje medicinke sa zamahom 3 kg (SA3kg). Svaki test proveden je 3 puta s jednom minutom pauze između ponavljanja, a rezultate su predstavljale srednje vrijednosti postignute tijekom 3 ponavljanja.

 Nakon bacanja ispitanici su izvodili drugu skupinu testova za procjenu eksplozivne snage gornjih ekstremiteta izvodeći sklekove s odrazom: pliometrijski sklek s odrazom (Plskl) i koncentrični sklek s odrazom (Koskl). Testovi su provedeni 3 puta s jednom minute pauze između ponavljanja, a rezultate su predstavljale srednje vrijednosti postignute tijekom 3 ponavljanja.

**2.2. Uzorak ispitanika**

 U istraživanju su sudjelovala 102 zdrava, tjelesno aktivna muškarca, studenti Kineziološkog fakulteta u dobi od 18 do 27 godina s minimalno jednom godinom iskustva u treningu jakosti. Svi ispitanici su dobrovoljno i volonterski sudjelovali u istraživanju i bili su upoznati s predmetom i ciljem istraživanja. Kompletan protokol testiranja bio im je detaljno objašnjen s posebnim naznakama vezanim uz moguće rizike od ozljeđivanja.

**2.3. Uzorak varijabli i njihovo mjerenje**

 *Tjelesna visina (TV)*

 Visina tijela mjerila se antropometrom na način da je ispitanik stajao uspravno, bez obuće, na ravnoj podlozi, u spetnom stavu i težinom ravnomjerno raspoređenom na obje noge, a glavu je držao u frankfurtskoj horizontali. Vodoravni krak antropometra se spuštao do tjemena glave i rezultat se očitavao u centimetrima. Mjerenje se provodilo samo jedanput.

 *Tjelesna masa (TM)*

 Masa tijela se mjerila tako da je ispitanik stao na digitalnu vagu bez tenisica. Masa se mjerila u kilogramima i mjerenje se provodilo samo jednom.

 *Raspon ruku (RR)*

 Raspon ruku se mjerio na način da je ispitanik podizao ruke u odručenje do vodoravnog položaja. Vrh srednjeg prsta jedne ruke dodirivao je zid, a na vrh srednjeg prsta druge ruke postavljao se pomični krak antropometra. Rezultat je očitavan u centimetrima i mjerenje se provodilo jedanput.

 *Dužina desne ruke (DRd)*

 Dužina desne ruke se mjerila od desnog akromiona do vrha desnog srednjeg prsta. Akromion se tražio palpacijom, rezultat se očitavao u centimetrima, a mjerenje se provodilo jednom.

 *Sjedeća visina (SV)*

 Sjedeća visina se mjerila skraćenim antropometrom na način da je ispitanik sjedio na stolici leđima u neutralnoj poziciji, a glavom u poziciji frankfurtske horizontale. Pomični krak antropometra postavljao se na tjeme glave, a rezultat se očitavao u centimetrima i mjerenje se provodilo jednom.

 *Bacanje medicinke bez zamaha 1 kg i 3 kg (BEZ1kg i BEZ3kg)*

Test se izvodi iz sjedeće pozicije s medicinkom oslonjenom na prsa nakon čega slijedi maksimalno opružanje ruku i izbačaj medicinke bez pomicanja trupa. Prvo su bacali medicinku od 1 kilograma, a nakon toga medicinku od 3 kilograma. Ispitanici su imali 3 pokušaja sa svakom težinom medicinke. Rezultat je označavala udaljenost od projekcije ruba stolice do mjesta gdje je medicinka pala, a očitavao ju je uvijek isti ispitivač na dvadesetmetarskom metru. Pauza nakon svakog pokušaja bila je 1 minuta.

 *Bacanje medicinke sa zamahom 1 kg i 3 kg (SA1kg i SA3kg)*

Test se izvodi iz sjedeće pozicije držeći medicinku u predručenju. Ispitanici su iz predručenja maksimalno brzo privlačili medicinku i nakon toga radili maksimalni izbačaj, također prvo medicinkom od jednog kilograma, zatim medicinkom od 3 kilograma. Rezultat je očitavao uvijek isti ispitivač na dvadesetmetarskom metru. Pauza nakon svakog pokušaja bila je 1 minuta.

 *Pliometrijski sklek (Plskl)*

 Test se izvodi iz pozicije upora s rukama u proizvoljnoj širini s nogama u širini kukova. Ispitanici su radili brzo spuštanje u nisku poziciju nakon čega je uslijedilo maksimalno brzo opružanje i odraz od tla. Test se izvodio na parketu u dvorani, a visina odraza procjenjivana je *Optojump* sustavom na temelju izmjerenog vremena provedenog u zraku. Ispitanici su imali tri pokušaja. Pauza nakon svakog pokušaja bila je 1 minuta.

 *Koncentrični sklek (Koskl)*

 Test se izvodi iz pozicije upora s rukama u proizvoljnoj širini s nogama u širini kukova. Ispitanici su se na znak ispitivača spuštali u nisku poziciju i zadržavali ju 2 sekunde bez dodirivanja tla trupom, nakon čega je uslijedilo maksimalno brzo opružanje i odraz od tla. Test se izvodio na parketu u dvorani, a visina odraza procjenjivana je *Optojump* sustavom na temelju izmjerenog vremena provedenog u zraku. Ispitanici su imali 3 pokušaja. Pauza nakon svakog pokušaja bila je 1 minuta.

**2.4. Obrada podataka**

 Izmjereni podaci analizirani su programskim paketom Statistica for Windows, verzija 10.0., a korištene su metode deskriptivne statistike, korelacijska analiza i regresijska analiza.

 Za sve podatke izračunati su deskriptivni pokazatelji: aritmetička sredina (AS), minimum (Min), maksimum (Max) i standardna devijacija (SD)

 Kako bi se vidjela povezanost između varijabli veličine tijela i varijabli testova za procjenu eksplozivne snage gornjih ekstremiteta provedena je korelacijska analiza, odnosno izračunati su Pearsonovi koeficijenti korelacije (*r*) i prikazan kroz matricu korelacija.

 Kod utvrđivanja eksperimentalnih alometrijskih koeficijenata za svaki pojedini test, prema navedenim pokazateljima veličine tijela, koristila se regresijska analiza prethodno logaritamski transformiranih originalnih podataka.

 Formula,

$$P\_{n}=P ∙ S^{-b}$$

 gdje je *P* - originalni rezultat, $P\_{n}$- normalizirani rezultat, *S* - pokazatelj veličine tijela, a *b***-** alometrijeski koeficijent

 logaritamski se transformira i daje sljedeću jednadžbu:

*logP=log*$P\_{n}$ *+ b* $∙$ *logS*

 pri čemu log$P\_{n}$ i S predstavljaju odsječak i nagib regresijskog pravca po logaritmiranim vrijednostima eksperimentalno dobivenih rezultata i odabranog pokazatelja veličine tijela. Alometrijski koeficijent *b* zasebno je izračunat za svaku varijablu veličine tijela.

 Tako dobiveni podaci t-testom za jednu grupu i testom razlika između uzoraka i populacije utvrdile su se razlike između eksperimentalno dobivenih i teorijski predviđenih alometrijskih koeficijenata za skupine testova i pojedinačne testove.

**3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA**

 Osnovni deskriptivni pokazatelji, odnosno mjere centralne tendencije (AS), mjere disperzije (SD), minimum (Min) i maksimum (Max) prikazani su u tablici 1 za varijable veličine tijela (TV, TM, RR, DRd, SV) te brze pokrete.

 **Tablica 4.** Osnovni deskriptivni pokazatelji veličine tijela i eksplozivne jakosti ispitanika (N=102). Prikazane su srednje vrijednosti, minimum, maksimum i standardna devijacija.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  **N** | **AS** | **Min** | **Max** | **SD** |
| **TV** | 102 | 182,83 | 170,40 | 198,70 | 5,60 |
| **TM** | 102 | 83,98 | 64,60 | 106,70 | 8,58 |
| **RR** | 102 | 186,76 | 172,70 | 204,40 | 6,51 |
| **DRd** | 102 | 79,62 | 72,80 | 87,70 | 2,92 |
| **SV** | 102 | 96,39 | 88,70 | 102,10 | 2,77 |
| **BEZ1kgav** | 102 | 9,76 | 6,96 | 12,41 | 1,02 |
| **BEZ3kgav** | 102 | 6,31 | 3,90 | 8,23 | 0,67 |
| **SA1kgav** | 102 | 10,14 | 7,76 | 13,07 | 1,06 |
| **SA3kgav** | 102 | 6,21 | 4,67 | 8,40 | 0,67 |
| **Plsklav** | 102 | 14,39 | 4,97 | 27,87 | 5,05 |
| **Kosklav** | 102 | 13,34 | 5,10 | 25,27 | 4,95 |

 U tablici 5 prikazana je matrica međusobnih korelacija između pokazatelja morfoloških karakteristika veličine tijela i rezultata postignutim u dvama različitim skupinama testova za procjenu brzih pokreta. Brojevi prikazuju Pearsonov koeficijent korelacije *r* (p<0,05), a masno otisnute brojke su statistički značajni koeficijenti korelacija. Pregledom matrice korelacija možemo zaključiti da je puno varijabli koje predstavljaju testove brzih pokreta značajno povezano s varijablama koje predstavljaju dimenzije tijela.

 Zanimljivo je da su varijable tjelesne visine (TV), tjelesne mase (TM), raspona ruku (RR) i dužina desne ruke (DRd) statistički značajno povezane sa svim varijablama u prostoru brzih pokreta, ali kroz bacanja medicinke (BEZ1kgav, BEZ3kgav, SA1kgav, SA3kgav), a da nijedna varijabla veličine tijela nije u statistički značajnoj korelaciji sa drugom skupinom testova za procjenu brzih pokreta, sklekovi s odrazom (Plsklav, Kosklav). Također, zanimljivo je kako je varijabla sjedeće visine (SV) statistički značajno povezana samo s onim varijablama bacanja koje su koristile težu medicinku (3kg) prilikom izvedbe testa, dok kod lakše medicinke (1kg) ta značajnost ne postoji. Sjedeća visina također ne korelira statistički značajno ni sa jednom varijablom iz druge grupe testova za procjenu brzih pokreta, sklekovi s odrazom (Plsklav, Kosklav). Gledajući korelacije svih varijabli zaključujemo da dimenzije veličine tijela jesu statistički značajno povezane s većinom varijabli za procjenu brzih pokreta, a jedna od osnovnih pretpostavki primjene jednostavnog alometrijskog skaliranja putem regresijske analize jest da postoji statistički snažna veza između zavisne i nezavisne varijable, odnosno testirane varijable i varijable veličine tijela (Batterham i George,1997).

**Tablica 5.** Matrica međusobnih korelacija između pokazatelja morfoloških karakteristika i motoričkih sposobnosti ispitanika. Prikazani su Pearsonovi koeficijenti korelacije *r*  (p < 0,05).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **TV** | **TM** | **RR** | **DRd** | **SV** | **BEZ1kgav** | **BEZ3kgav** | **SA1kgav** | **SA3kgav** | **Plsklav** | **Kosklav** |
| **TV** | 1,00 | **0,57** | **0,80** | **0,77** | **0,76** | **0,37** | **0,49** | **0,37** | **0,44** | -0,10 | -0,12 |
| **TM** | **0,57** | 1,00 | **0,54** | **0,49** | **0,54** | **0,40** | **0,54** | **0,50** | **0,58** | -0,06 | -0,04 |
| **RR** | **0,80** | **0,54** | 1,00 | **0,90** | **0,51** | **0,39** | **0,54** | **0,38** | **0,53** | -0,02 | -0,05 |
| **DRd** | **0,77** | **0,49** | **0,90** | 1,00 | **0,46** | **0,33** | **0,49** | **0,34** | **0,48** | -0,04 | -0,05 |
| **SV** | **0,76** | **0,54** | **0,51** | **0,46** | 1,00 | 0,17 | **0,34** | 0,17 | **0,30** | -0,02 | -0,04 |
| **BEZ1kgav** | **0,37** | **0,40** | **0,39** | **0,33** | 0,17 | 1,00 | **0,71** | **0,83** | **0,71** | **0,27** | **0,24** |
| **BEZ3kgav** | **0,49** | **0,54** | **0,54** | **0,49** | **0,34** | **0,71** | 1,00 | **0,77** | **0,86** | **0,30** | **0,25** |
| **SA1kgav** | **0,37** | **0,50** | **0,38** | **0,34** | 0,17 | **0,83** | **0,77** | 1,00 | **0,84** | **0,29** | **0,25** |
| **SA3kgav** | **0,44** | **0,58** | **0,53** | **0,48** | **0,30** | **0,71** | **0,86** | **0,84** | 1,00 | **0,36** | **0,34** |
| **Plsklav** | -0,10 | -0,06 | -0,02 | -0,04 | -0,02 | **0,27** | **0,30** | **0,29** | **0,36** | 1,00 | **0,91** |
| **Kosklav** | -0,12 | -0,04 | -0,05 | -0,05 | -0,04 | **0,24** | **0,25** | **0,25** | **0,34** | **0,91** | 1,00 |

 Prikazi 1 do 5 predstavljaju pravce linearne regresije logaritamski transformiranih podataka u kojima su na osi *y* prikazani rezultati testova za procjenu eksplozivne snage, a na osi *x* rezultati dimenzija veličine tijela (TV, TM, RR, DRd, SV).

 Iz jednadžbe regresijskog pravca

 *log(P) = a + b log(S)*,

u kojoj vrijednost *P* predstavlja rezultat postignut u pojedinom testu, a *S* tjelesnu visinu, tjelesnu masu, raspon ruku, dužinu desne ruke ili sjedeću visinu, možemo lako iščitati vrijednost parametra *a* koji predstavlja odsječak na ordinati te vrijednost alometrijskog koeficijenta *b*, parametra koji odgovara nagibu pravca.



 **Prikaz 1.** Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova bacanja u odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable tjelesne visine (TV).



 **Prikaz 2.** Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova sklekova s odrazomu odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable tjelesne visine (TV).



 **Prikaz 3.** Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova bacanja u odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable tjelesne mase (TM).



 **Prikaz 4.** Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova sklekova s odrazom u odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable tjelesne mase (TM).



 **Prikaz 5.** Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova bacanja u odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable raspona ruku (RR)



 **Prikaz 6.** Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova sklekova s odrazom u odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable raspona ruku (RR).



 **Prikaz 7.**Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova bacanja u odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable sjedeće visine (SV).



 **Prikaz 8.**Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova sklekova s odrazom u odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable sjedeće visine (SV).



 **Prikaz 9.** Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova bacanja u odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable dužina desne ruke(DRd).



 **Prikaz 10.** Pravci linearne regresije za logaritmirane rezultate testova sklekova s odrazomu odnosu na logaritmirane vrijednosti varijable dužina desne ruke (DRd).

**Tablica 6.**Alometrijski koeficijenti prema različitim mjerama veličine tijela u testovima za procjenu eksplozivne snage. Odsječak na ordinati predstavlja parametar *a*, dok parametar *b* predstavlja alometrijski koeficijent koji odgovara nagibu regresijskog pravca *log(P)= a + b log(S)*. Vrijednost *P* predstavlja rezultat u pojedinom testu, a *S* tjelesnu visinu, tjelesnu masu, raspon ruku, sjedeću visinu ili dužinu desne ruke. Vrijednost *r* predstavlja koeficijent korelacije (p < 0,05).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **BEZ1kgav** | **BEZ3kgav** | **SA1kgav** | **SA3kgav** | **Plsklav** | **Kosklav** |
| **TV** | *Loga* | -1,87 | -3,09 | -1,86 | -2,63 | 4,38 | 5,0 |
| *b* | 1,26 | 1,72 | 1,26 | 1,51 | -1,44 | -1,73 |
| *r* | 0,36 | 0,48 | 0,37 | 0,43 | -0,12 | -0,13 |
| **TM** | *Loga* | 0,19 | -0,26 | 0,04 | -0,36 | 1,56 | 1,33 |
| *b* | 0,41 | 0,55 | 0,50 | 0,60 | -0,22 | -0,12 |
| *r* | 0,39 | 0,50 | 0,48 | 0,56 | -0,06 | -0,03 |
| **RR** | *Loga* | -1,64 | -2,99 | -1,49 | -2,87 | 1,90 | 2,31 |
| *b* | 1,16 | 1,67 | 1,10 | 1,61 | -0,34 | -0,53 |
| *r* | 0,38 | 0,52 | 0,36 | 0,52 | -0,03 | -0,05 |
| **SV** | *Loga* | -0,31 | -1,79 | -0,22 | -1,36 | 2,12 | 2,30 |
| *b* | 0,65 | 1,30 | 0,61 | 1,09 | -0,50 | -0,61 |
| *r* | 0,18 | 0,34 | 0,17 | 0,29 | -0,04 | -0,04 |
| **DRd** | *Loga* | -0,81 | -1,98 | -0,78 | -1,86 | 2,15 | 2,06 |
| *b* | 0,94 | 1,46 | 0,94 | 1,39 | -0,54 | -0,51 |
| *r* | 0,33 | 0,49 | 0,33 | 0,47 | -0,05 | -0,05 |

 U sljedećim tablicama (tablica 7 i 8) prikazani su podaci koji prikazuju eksperimentalno dobivene alometrijske komponente za dvije različite skupine brzih pokreta i to posebno za tjelesnu visinu, tjelesnu masu, raspon ruku, sjedeću visinu i dužinu desne ruke. Osim alometrijskih koeficijenata *b* u tablici su prikazani i odsječci na ordinatnoj osi, te vrijednost koeficijenta korelacije *r* varijabli veličine tijela u odnosu na testove za procjenu eksplozivne snage.

 U tablici 7 prikazani su rezultati linearne regresije na logaritmiranim podacima prve skupine testova za procjenu brzih pokreta, bacanja (BEZ1kgav, BEZ3kgav, SA1kgav, SA3kgav) i varijabli veličine tijela, odnosno, tjelesne visine, tjelesne mase, raspona ruku, sjedeće visine i dužine desne ruke.

 **Tablica 7.**Alometrijski koeficijenti prema različitim mjerama veličine tijela u testovima za procjenu eksplozivne snage/ brzih pokreta (bacanja). Odsječak na ordinati predstavlja parametar *a*, dok parametar *b* predstavlja alometrijski koeficijent koji odgovara nagibu regresijskog pravca *log(P)= a + b log(S)*. Vrijednost *P* predstavlja rezultat u pojedinom testu, a *S* tjelesnu visinu, tjelesnu masu, raspon ruku, sjedeću visinu ili dužinu desne ruke. Vrijednost *r* predstavlja koeficijent korelacije (p < 0,05).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **BEZ1kgav** | **BEZ3kgav** | **SA1kgav** | **SA3kgav** |
| **TV** | *Loga* | -1,87 | -3,09 | -1,86 | -2,63 |
| *b* | 1,26 | 1,72 | 1,26 | 1,51 |
| *r* | 0,36 | 0,48 | 0,37 | 0,43 |
| **TM** | *Loga* | 0,19 | -0,26 | 0,04 | -0,36 |
| *b* | 0,41 | 0,55 | 0,50 | 0,60 |
| *r* | 0,39 | 0,50 | 0,48 | 0,56 |
| **RR** | *Loga* | -1,64 | -2,99 | -1,49 | -2,87 |
| *b* | 1,16 | 1,67 | 1,10 | 1,61 |
| *r* | 0,38 | 0,52 | 0,36 | 0,52 |
| **SV** | *Loga* | -0,31 | -1,79 | -0,22 | -1,36 |
| *b* | 0,65 | 1,30 | 0,61 | 1,09 |
| *r* | 0,18 | 0,34 | 0,17 | 0,29 |
| **DRd** | *Loga* | -0,81 | -1,98 | -0,78 | -1,86 |
| *b* | 0,94 | 1,46 | 0,94 | 1,39 |
| *r* | 0,33 | 0,49 | 0,33 | 0,47 |

 U tablici 8 prikazani su rezultati linearne regresije na logaritmiranim podacima druge skupine testova za procjenu brzih pokreta, sklekovi s odrazom (Plsklav, Kosklav) i varijabli veličine tijela, odnosno, tjelesne visine, tjelesne mase, raspona ruku, sjedeće visine i dužine desne ruke.

 **Tablica 8.**Alometrijski koeficijenti prema različitim mjerama veličine tijela u testovima za procjenu eksplozivne snage/brzih pokreta (sklekovi s odrazom). Odsječak na ordinati predstavlja parametar *a*, dok parametar *b* predstavlja alometrijski koeficijent koji odgovara nagibu regresijskog pravca *log(P)= a + b log(S)*. Vrijednost *P* predstavlja rezultat u pojedinom testu, a *S* tjelesnu visinu, tjelesnu masu, raspon ruku, sjedeću visinu ili dužinu desne ruke. Vrijednost *r* predstavlja koeficijent korelacije (p < 0,05).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Plsklav** | **Kosklav** |
| **TV** | *Loga* | 4,38 | 5 |
| *b* | -1,44 | -1,73 |
| *r* | -0,12 | -0,13 |
| **TM** | *Loga* | 1,56 | 1,33 |
| *b* | -0,22 | -0,12 |
| *r* | -0,06 | -0,03 |
| **RR** | *Loga* | 1,9 | 2,31 |
| *b* | -0,34 | -0,53 |
| *r* | -0,03 | -0,05 |
| **SV** | *Loga* | 2,12 | 2,3 |
| *b* | -0,5 | -0,61 |
| *r* | -0,04 | -0,04 |
| **DRd** | *Loga* | 2,15 | 2,06 |
| *b* | -0,54 | -0,51 |
| *r* | -0,05 | -0,05 |

 Sljedeća tablica (tablica 9) prikazuje eksperimentalno dobivene prosjeke alometrijskih koeficijenata za dvije skupine brzih pokreta (bacanja i sklekovi s odrazom), koji procjenjuju eksplozivnu snagu gornjih ekstremiteta i varijabli veličine tijela, tjelesna visina, tjelesna masa, raspon ruku, sjedeća visina i dužina desne ruke. Tablica 10 prikazuje odnos eksperimentalno dobivenih alometrijskih koeficijenata i teorijskih alometrijskih koeficijenata za brze pokrete. Također, tablica 11 prikazuje odnos eksperimentalno dobivenih alometrijskih koeficijenata za sklekove kao test relativne jakosti u odnosu na teorijske koeficijente (TAK) za relativnu jakost.

 **Tablica 9.** Prosječne vrijednosti alometrijskih koeficijenata, odsječaka na ordinati i koeficijenta korelacije za dvije skupine brzih pokreta, prema različitim mjerama veličine tijela u testovima za procjenu eksplozivne snage (svladavanje vanjskog opterećenja i svladavanje vlastite težine tijela).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Bacanja 1 kg** | **Bacanja 3 kg** | **Sklekovi s odrazom** |
| **TV** | *Loga* | -1,87 | -2,86 | 4,69 |
| *b* | 1,26 | 1,62\* | -1,59 |
| *r* | 0,37 | 0,46 | -0,13 |
| **TM** | *Loga* | 0,12 | -0,31 | 1,45 |
| *b* | 0,46 | 0,58\* | -0,17 |
| *r* | 0,44 | 0,53 | -0,05 |
| **RR** | *Loga* | -1,57 | -2,93 | 2,11 |
| *b* | 1,13\* | 1,64\* | -0,44 |
| *r* | 0,37 | 0,52 | -0,04 |
| **SV** | *Loga* | -0,27 | -1,58 | 2,21 |
| *b* | 0,63\* | 1,20 | -0,56 |
| *r* | 0,18 | 0,32 | -0,04 |
| **DRd** | *Loga* | -0,80 | -1,92 | 2,11 |
| *b* | 0,94 | 1,43\* | -0,53\* |
| *r* | 0,33 | 0,48 | -0,05 |

(\* - statistički značajni podaci u odnosu na TAK *bTM = 0*)

 **Tablica 10.** Usporedba eksperimentalno dobivenih (EAK) i teorijski predviđenih TAK) alometrijskih koeficijenata. Za različite testove koji procjenjuju brze pokrete prikazane su srednje vrijednosti eksperimentalno dobivenih alometrijskih koeficijenata *b* i njihove teorijski predviđene vrijednosti.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **AK** | **Bacanja 1 kg** | **Bacanja 3 kg** | **Sklekovi s odrazom** |
| **TV** | EAK | 1,26 | 1,62\* | -1,59 |
| TAK | 0 | 0 | 0 |
| **TM** | EAK | 0,46 | 0,58\* | -0,17 |
| TAK | 0 | 0 | 0 |
| **RR** | EAK | 1,13\* | 1,64\* | -0,44 |
| TAK | 0 | 0 | 0 |
| **SV** | EAK | 0,63\* | 1,20 | -0,56 |
| TAK | 0 | 0 | 0 |
| **DRd** | EAK | 0,94 | 1,43\* | -0,53\* |
| TAK | 0 | 0 | 0 |

(\* - statistički značajni podaci u odnosu na TAK *bTM = 0*)

 **Tablica 11.** Usporedba eksperimentalno dobivenih (EAK) i teorijski predviđenih TAK) alometrijskih koeficijenata. Za različite testove sklekova koji procjenjuju relativnu jakost prikazane su srednje vrijednosti eksperimentalno dobivenih alometrijskih koeficijenata *b* i njihove teorijski predviđene vrijednosti.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|   | **AK** | **Sklekovi s odrazom** |
| **TV** | EAK | -1,59 |
| TAK | -1 |
| **TM** | EAK | -0,17 |
| TAK | -0,33 |
| **RR** | EAK |  -0,44 |
| TAK | -1 |
| **SV** | EAK |  -0,56 |
| TAK | -1 |
| **DRd** | EAK | -0,53\* |
| TAK | -1 |

(\* - statistički značajni podaci u odnosu na TAK *bTM = -0,33*; *bTV,RR,DRd,SV= -1*)

**4. RASPRAVA**

 Cilj ovog istraživanja bio je istražiti zavisnost između dimenzija tijela i rezultata u dvije skupine testova koji procjenjuju eksplozivnu snagu gornjih ekstremiteta – bacanja i sklekovi s odrazom. Također, cilj je bio eksperimentalno dobivene alometrijske koeficijente usporediti sa teorijskim alometrijskim koeficijentima te sa rezultatima iz prijašnjih radova koji su eksperimentalno utvrđivali alometrijske koeficijente, radi povezanosti sa određenim dimenzijama tijela. Prema Jensenu i sur. (2001) optimalan broj ispitanika za ovakav tip istraživanja je više od 100, što je u ovom istraživanju i ostvareno. Nadalje, ispitanici su dosta homogenizirani, svi su tjelesno aktivni - što je vrlo bitno jer faktori kao što su dob, spol, razina tjelesne aktivnosti i vještine mogu značajno utjecati na rezultate (Abernethy i sur., 1995; Keating i Matyas, 1996). Upravo ta homogeniziranost i broj ispitanika doprinose pouzdanosti rezultata. Postoje testovi koji pozitivno ovise o veličini tijela (jakost stiska šake ili maksimalna izometrična kontrakcija), dok neki negativno ovise o veličini tijela (testovi i vježbe s vlastitom težinom: sklek, čučanj, itd.) (Aasa i sur., 2003).

Nadalje, u ovom radu bacanja s medicinkom od 3 kg pripadaju skupini testova koji pozitivno ovise o veličini tijela jer se radi s vanjskim opterećenjem, bez obzira što je relativno malo opterećenje, dok su sklekovi negativno povezani sa veličinom tijela jer je potrebno svladati težinu vlastitog tijela.

**4.1. Alometrijski koeficijenti za testove bacanja**

Teorijski alometrijski koeficijent (TAK) za brze pokrete iznosi *b=0* i za TM i za TV (Tablica 10), što znači da veličina tijela ne utječe na rezultat u takvim testovima. Također, s obzirom da su RR, SV i DRd longitudinalne dimenzije kao i TV - teorijski koeficijent iznosi *b=0*. Isto tako utvrđena je velika korelacija između tih dimenzija i TV (*rRR=0,80; rDRd=0,77; rSV=0,76*). Prema dobivenim eksperimentalnim alometrijskim koeficijentima (EAK) za bacanja medicinke od 1kg, možemo reći da je ovo istraživanje potvrdilo teorijski koeficijent brzih pokreta (*b=0*) za TV, TM i DRd koji se statistički značajno ne razlikuju od TAK (*bTV=1,26; bTM=0,45; bDRd=0,94*), dok se EAK za SV i RR statistički značajno razlikuju od TAK (*bSV=0,63; bRR=1,13*). Rezultati bacanja medicinke od 3kg se razlikuju od onih za 1kg. Slijedi da se EAK od TV, TM, RR i DRd statistički značajno razlikuju od TAK (*bTV=1,62; bTM=0,58; bRR=1,64; bDRd=1,42* ), pa možemo zaključiti da veličina tijela ima veći utjecaj na rezultat bacanja medicinke većeg opterećenja. Samo se EAK za SV (*b=1,2*) statistički značajno ne razlikuje od TAK za brze pokrete (*b=0*). Ako ove rezultate usporedimo sa rezultatima koje su u sličnom istraživanju dobili Marković i Jarić (2004) za bacanja rukometne lopte (0,425 kg), koji se također statistički značajno ne razlikuju od TAK (*bTM=0,36 i bTV=0,97*), možemo zaključiti: što je veće opterećenje predmeta koji se baca, rezultat više ovisi o veličini tijela.

**4.2. Alometrijski koeficijenti za testove sklekovi s odrazom**

Kao što je već spomenuto, sklekovi su negativno povezani sa veličinom tijela jer je potrebno svladati težinu vlastitog tijela. Kada promatramo sklekove kao test za procjenu repetitivne jakosti, tada je TAK za TM *b = -0,33*, a za TV *b= -1*(Tablica 11). Nadalje, postoje i eksperimentalni alometrijski koeficijenti (EAK) za sklekove (kao test koji procjenjuje repetitivnu jakost). Tako prema Crowder i Yunker (1996) koeficijent iznosi *bTM = -0,38*, odnosno, prema Markoviću i Jariću (2004) koeficijent iznosi *bTM = -0,42* i *bTV = -1,80* (Tablica 2). Zanimljivo je kako ne postoji statistički značajna korelacija između sklekova s odrazom (Plskl i Koskl) i varijabli dimenzija tijela (TM, TV, SV, RR i DRd) (Tablica 5). Iako nije statistički značajna, korelacija je negativna jednako kao i EAK. Testove sklekovi s odrazom možemo usporediti sa testovima Skok iz čučnja (SJ) koji se izvodi kao i Koskl (odraz samo sa koncentričnom kontrakcijom) i Skok s pripremom (CMJ) koji se izvodi kao Plskl (odraz sa ekscentrično - koncentričnom kontrakcijom). Marković i Jarić (2005) su utvrdili da ne postoji statistički značajna razlika između EAK za SJ i CMJ u odnosu na TAK (*b=0*) promatrajući rezultat za visinu odraza. Stoga je ovo istraživanje uspoređivalo EAK od Plskl i Koskl sa TAK za brze pokrete (*b=0*), a utvrđeno je da se statistički značajno ne razlikuju u varijablama TV, TM, RR i SV (*bTV= -1,58; bTM= -0,17; bRR= -0,44; bSV= -0,56*), dok se statistički značajno razlikuju u varijabli DRd (*bDRd= -0,52*). Iako test sklekova u ovom istraživanju nije rađen za procjenu repetitivne jakosti gornjih ekstremiteta kao što se koristio u drugim istraživanjima, EAK usporedili smo s TAK za repetitivnu jakost koji za TM iznosi *b= -0,33*, a za TV *b= -1*. Nadalje, valja napomenuti da smo za varijable SV, RR i DRd također koristili TAK *b= -1* kao za TV, jer su i to longitudinalne dimenzije koje visoko koreliraju sa TV (Tablica 5). Iz dobivenih rezultata može se također očitati da se varijable TV, TM, RR i SV statistički ne razlikuju od TAK, dok se EAK od DRd statistički razlikuje od TAK.

**5. ZAKLJUČAK**

 Testovi bacanja se izvode sa vanjskim opterećenjem koje je relativno malo i pokreti su brzi i eksplozivni prilikom izvedbe, tako da tu skupinu testova možemo svrstati u grupu testova brzih pokreta, gdje je TAK *b=0* za sve dimenzije veličine tijela. No, prema rezultatima ovog istraživanja bacanje medicinke od 3kg se statistički značajno razlikuje od TAK za brze pokrete u varijablama TV, TM, DRd i RR, dok s druge strane, bacanja medicinke od 1kg se statistički značajno ne razlikuju od TAK u varijablama TV, TM i DRd. To dovodi do zaključka da s povećanjem opterećenja medicinke dolazi do veće zavisnosti rezultata o veličini tijela te da bacanja medicinke od 1 kg možemo svrstati u brze pokrete, a bacanja medicinke od 3 kg i više u pokrete u kojima je naglasak na svladavanju vanjskog opterećenja. Time se i alometrijski koeficijenti razlikuju za ta dva tipa bacanja te ih nije poželjno normalizirati istim. Sklekovi su test relativne jakosti jer opterećenje predstavlja težina vlastitog tijela. Taj test se uglavnom koristi za procjenu repetitivne relativne jakosti, a u toj skupini testova TAK iznosi *bTM= -0,33i bTV= -1.* U ovom istraživanju sklekovi se izvode eksplozivno kao test za procjenu eksplozivne snage/brzi pokreti i uspoređeni su s TAK za relativnu jakost (*bTM= -0,33 i bTV= -1*) i sa TAK za brze pokrete (*b=0*). U oba slučaja EAK statistički se značajno nisu razlikovali od TAK, osim za varijablu DRd. Prema tome, možemo zaključiti da se pravi alometrijski koeficijent za sklekove s odrazom najvjerojatnije nalazi između vrijednosti od *-1 i 0* za tjelesnu visinu, a za tjelesnu masu između *-0,33 i 0*. Također, važno je napomenuti da je s obzirom na manjak istraživanja u području normalizacije testova za procjenu eksplozivne snage gornjih ekstremiteta potrebno provesti daljnja istraživanja kako bi se utvrdili pravi i pouzdaniji alometrijski koeficijenti.

**6. ZAHVALA**

Jedno veliko HVALA želimo reći i uputiti našoj mentorici dr.sc.Cviti Gregov koja nas je vodila, usmjeravala i ohrabrivala kroz cijeli put ovog našeg istraživanja. Hvala joj na svim savjetima, na svim konstruktivnim kritikama, ali najveće hvala na svim riječima ohrabrenja koja su nam mnogo značila. Hvala!

 Velike zahvale želimo uputiti i svim studentima koji su se odazvali da volonterski budu ispitanici u ovom našem istraživanju.

 Hvala Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na dopuštenom korištenju dvorane u svrhu istraživanja. Hvala Dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i firmi *Biotrening* na opremi koju su ustupili na korištenje.

 Na kraju želimo zahvaliti svim našim prijateljima i kolegama na pomoći i podršci!

**7. LITERATURA**

1. Aasa, U., Jaric, 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), 664–670.
2. Abernethy, P., Wilson, G., Logan, P. (1995). Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Medicine*, 19 (6), 401 – 417.
3. Astrand, P.O& Rodahl, K. (1986). Textbook of work physiology, 3rd edn. McGraw-Hill, New York.
4. Batterham, A. M., Tolfrey, K., George, K. P. (1997.). Nevill's explanation of Kleiber's 0.75 mass exponent: an artifact of collinearity problems in least squares models, *Journal of Applied Physiology,* 82 (2), 693 – 697.
5. Crowder, T., Yunker, C. (1996.). Scaling of push-up, sit-up and two-mile run performances by body weight and fat-free weight in young, fit men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (5) - p 183.
6. Davies, M. J. & G. P. Dalsky (1997.). Normalizing strength for body size differences in older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29 (5), 713 – 717.
7. Dore E, Diallo O, Franca NM, Bedu M, Van Praagh E (2000). Dimensional changes cannot account for all differences in short-term muscle power during growth. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 360 – 365.
8. Gregov, C. (2013). Alometrijsko skaliranje pokazatelja kondicijske pripremljenosti u odnosu na veličinu tijela (Doktorski rad). Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
9. Heil DP (1997). Body mass scaling of peak oxygen uptake in 20- to 79-yr-old adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22, 1602 – 1608.
10. Jackson, A. (1986). Strength measurement: controlling for individual differences. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 57, 82 – 84.
11. Jaric, S. (2002.). Muscle Strength Testing. Use of normalisation for body size. *Sports Medicine*, 32 (10), 615 – 631.
12. Jarić, S., Mirkov, D., Markovic, G. (2005.). Normalizing Physical Performance Tests for Body Size: A Proposal for Standardization. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (2), 467 – 474.
13. Jensen, K., Johansen, L., Secher, N.H. (2001.). Influence of body mass on maximal oxygen uptake: effect of sample size. *European Journal of Applied Physiology*,84 (3), 201 - 205.
14. Kauhanen, H., Komi, P. V. i suradnici. (2002). Standardization and validation of the body weight adjustment regression equations in olympic weightlifting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (1), 58 – 74.
15. Keating, JL, Matys, TA. (1996). The influence of subject and test design on dynamometric measurements of extremity muscles. *Physical Therapy,* 76(8), 866 – 889*.*
16. Markovic, G., Jaric, S. (2004.). Movement performance and body size: the relationship for different groups of tests. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 139 – 149.
17. Markovic, G., S. Jaric (2005.). Scaling of muscle power to body size: the effect of stretch-shortening cycle. *European Journal of Applied Physiology*, 95 (1), 11 – 19.
18. 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.
19. Van den Tillaar R, and Marques C M. (2013). Reliability of seated and standing throwing velocity using differently weighted medicine balls. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 27(5), 1234 – 1238.
20. Winter E.M., Brookes, F.B.C., Hamley, E.J. (1991). Maximal exercise performance and lean leg volume in men and women. *Journal of Sports Science*, 9, 3 – 13.

**8. SAŽETAK**

Branimir Šola, Marin Mandarić, Matilda Šola, Goran Kontić

**ZAVISNOST TESTOVA ZA PROCJENU EKSPLOZIVNE SNAGE GORNJIH EKSTREMITETA I VELIČINE TIJELA: ALOMETRIJSKI PRISTUP**

Rezultati pojedinih testova mogu se prikazati u apsolutnim te relativnim vrijednostima. Ako su prikazani u apsolutnim vrijednostima tada su pozitivno povezani sa veličinom tijela, dok su u relativnim vrijednostima negativno povezani sa veličinom tijela. Tako se na ovaj način ne mogu dobiti vrijednosti nezavisne o veličini tijela. Zbog toga je proizašla ideja o alometrijskom načinu skaliranja, koje se smatra jednom od najpouzdanijih metoda za utvrđivanje povezanosti veličine tijela i rezultata u pojedinim testovima. Stoga je cilj ovog rada bio utvrditi zavisnost između rezultata u testovima za procjenu eksplozivne snage gornjih ekstremiteta (sklekovi s odrazom i bacanje medicinke) i pojedinih parametara veličine tijela (TV, TM, RR, DRd i SV), te utvrditi eksperimentalne alometrijske koeficijente i usporediti ih sa teorijskim. U istraživanju su sudjelovala 102 ispitanika, studenti Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, dobi 18 – 27 godina. Rezultati djelomično potvrđuju TAK za brze pokrete. Promatrajući bacanja medicinke od 1kg (BEZ1kg i SA1kg), EAK se statistički značajno ne razlikuje od TAK u varijablama: *bTV=1,26, bTM=0,46* i *bDRd=0,94*. Kod bacanja medicinke od 3kg (BEZ3kg i SA3kg) istraživanje je potvrdilo samo TAK u varijabli SV (*bSV=1,20*), dok se EAK u ostalim varijablama statistički značajno razlikuju od TAK. Nadalje, EAK iz skupine testova sklekovi s odrazom (Plskl i Koskl) uspoređivani su sa TAK za brze pokrete (*b=0*) i tada se dobiveni EAK statistički značajno ne razlikuje od TAK u sljedećim varijablama: TV, TM, RR i SV (*bTV= -1,56, bTM= -0,17, bRR= -0,44* i *bSV= -0,56*). Također, EAK za sklekove uspoređeni su i sa TAK za relativnu jakost/repetitivnu jakost (*bTV,RRDRr,SV,= -1* i *bTM= -0,33*). EAK se statistički značajno ne razlikuje od TAK za relativnu jakost u sljedećim varijablama: TV, TM, RR i SV (*bTV= -1,56, bTM= -0,17, bRR= -0,44* i *bSV= -0,56*). Rezultati djelomično potvrđuju pretpostavke teorijskih razmatranja za većinu testova, dok je za testove bacanja medicinke od 3kg dokazana statistički značajna razlika EAK od TAK u gotovo svim dimenzijama veličine osim SV što upućuje na zavisnost rezultata u tim testovima o veličini tijela (TV, TM, RR i DRd). ***KLJUČNE RIJEČI :*** *tjelesna visina, tjelesna masa, sklekovi, bacanja, brzi pokreti*

**9. SUMMARY**

Branimir Šola, Marin Mandarić, Matilda Šola, Goran Kontić

**UPPER BODY POWER TESTS DEPENDENCY ON BODY SIZE: ALLOMETRIC APPROACH**

 The results in some tests may be presented in absolute or relative values. If they are presented in absolute values, then they are in positive relation with body size, since if they are in relative values they are in negative relation with body size. That means, that this way of scaling cannot give values independent of body size. Because of this, the idea of allometric scaling has occurred, which is known as one of the most reliable methods to determine correlation between body size and results in some tests. Therefore, the main purpose of this study was to estimate the dependence between the result of upper body power tests (push ups and medicine ball throw) and body size variables (body mass, body height, arm spend, arm length and seated height). Also, the aim of this study was to affirm the experimental allometric coefficients and compare them with theoretical.102 men participated in this study, age 18 – 27 years old and they were all students of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb. The results of this study partially confirmed the theoretical allmetric coefficient for fast moves. Considering test medicine ball throw (BEZ1kg and SA1kg), experimental allometric coefficients do not differ significantly from theoretical in next variables: *bTV=1,26, bTM=0,46* i *bDRd=0,94.* In the test medicine ball throw 3kg (BEZ 3kg and SA3kg) this study only confirmed theoretical allometric coefficient in seated height variable (*bSV=1,20*), since the experimental allometric coefficient significantly differ from the theoretical. Furthermore, the experimental allometric coefficient for push up tests (Plskl and Koskl) was compared with theoretical allometric coefficient for fast moves (b=0) and then experimental allometric coefficient do not differ significantly from theoretical in next variables: body height, body mass, arm spend and seated height (*bTV= -1,56, bTM= -0,17, bRR= -0,44* i *bSV= -0,56*). Likewise, experimental allometric coefficient for push up test was compared to theoretical allometric coefficient for relative strength (*bTV,RRDRr,SV,= -1* i *bTM= -0,33*). Experimental allometric coefficient do not differ significantly from theoretically predicted for relative strength in following variables: body height, body mass, arm spend and seated height (*bTV= -1,56, bTM= -0,17, bRR= -0,44* i *bSV= -0,56*). According to the results of this study it can be said that theoretical prediction is partially confirmed for most of the tests, since the experimental allometric coefficient of 3kg medicine ball throw test did significantly differ to theoretical, almost in all body size dimensions, except seated height which indicates that the result of this test depend of body size dimensions.

***KEY WORDS:*** *body height, body mass, push ups, throwing, fast moves*