

Validacija jednadžbi za procjenu jednog maksimalnog ponavljanja u vježbi potisak s ravne klupe

Žic, Vanda

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:210432>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(Studij za stjecanje akademskog naziva: magistar kineziologije)

Vanda Žic

**VALIDACIJA JEDNADŽBI ZA PROCJENU
JEDNOG MAKSIMALNOG PONAVLJANJA U
VJEŽBI POTISAK S RAVNE KLUPE**

(diplomski rad)

Mentor:

doc.dr.sc. Saša Vuk

Zagreb, lipanj, 2020.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

doc.dr.sc. Saša Vuk

Student:

Vanda Žic

Zahvaljujem se doc.dr.sc. Saši Vuku na odvojenom vremenu i trudu koji je uložio kao mentor ovog rada te me svojim savjetima dodatno poticao i usmjeravao kroz cijelo istraživanje.

Veliko hvala svim mojim kolegicama, studenticama Kineziološkog fakulteta koje su odvojile svoje vrijeme za provedbu istraživanja te sjajno obavile svoje zadatke.

Također, zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima koji su mi tijekom studija i izrade ovog rada bili iznimna podrška.

Vanda

VALIDACIJA JEDNADŽBI ZA PROCJENU JEDNOG MAKSIMALNOG PONAVLJANJA U VJEŽBI POTISAK S RAVNE KLUPE

Sažetak:

Svim trenerima, sportašima i rekreativcima potrebne su informacije o maksimalnoj jakosti kako bi mogli, u skladu sa svojim ciljem, upravljati trenažnim procesom. Jedan od načina procjene maksimalne jakosti je testiranje 1-RM-a. S obzirom da ono nije primjereno za sve, razvili su se predikcijski modeli na temelju ponavljanja do otkaza sa submaksimalnim opterećenjem. Ponavljanja do otkaza s manjim opterećenjem od 1-RM-a pokazala su se kao dobar prediktor jakosti kod muškaraca, ali ima vrlo malo studija koje su to potvrdile i za žene. Cilj ovog istraživanja je utvrditi točnost postojećih predikcijskih jednadžbi 1-RM-a na uzorku zdrave, tjelesno aktivne populacije i predstaviti novu predikcijsku jednadžbu za procjenu 1-RM-a u vježbi potisak s ravne klupe. Uzorak ispitanica obuhvaćao je 16 studentica Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu prosječne dobi $22,88 \pm 2,50$ godina, tjelesne visine $164,78 \pm 7,14$ cm i tjelesne mase $62,72 \pm 8,90$ kg. Za svaku ispitanicu izmjereni su testovi do pet maksimalnih ponavljanja (5-RM), na temelju čega su izračunate su vrijednosti 1-RM-a putem sedam predikcijskih jednadžbi, i jedno maksimalno ponavljanje (1-RM). Rezultati su pokazali da ne postoji statistički značajna razlika između predviđenih 1-RM-a dobivenih predikcijskim jednadžbama i stvarno izmjenog 1-RM-a. Također, postoji statistički značajna povezanost između izmjenog 1-RM-a s procijenjenim 1-RM-omovima dobivenih postojećim predikcijskim formulama. Regresijskom analizom dobivena je na temelju varijabli izvedenih ponavljanja i težine savladanog otpora nova formula koja glasi: $1\text{-RM} = -3,22 + (\text{BR. PON.} \times 0,1) + (\text{TEŽ. OPT.} \times 1,23)$. Zaključno, ovakvi su se testovi pokazali dobrima u procjeni maksimalne jakosti zbog njihovog trajanja i sigurnosnih razloga. Kako bi se došlo do čim točnije vrijednosti 1-RM-a postoji potreba ispitivanja što više faktora koji bi mogli utjecati na rezultat u testu.

Ključne riječi: regresijska analiza, 1-RM, predikcija, jakost

VALIDATION OF EQUATIONS FOR ESTIMATING ONE REPETITION MAXIMUM IN BENCH PRESS

Abstract:

All coaches, athletes and recreational athletes need information on maximum strength in order to be able, in accordance with their goal, to manage the training process. One way to estimate maximum strength is to test 1-RM. Since it is not suitable for everyone, prediction models based on repetition to fatigue with submaximal load have been developed. Repetitions to fatigue with load less than 1-RM have been shown to be a good predictor of strength in men, but there are very few studies that have confirmed this for women. The aim of this study is to determine the accuracy of existing 1-RM prediction equations on a sample of a healthy, physically active population and to present a new prediction equation for estimating 1-RM in the flat bench press exercise. The sample included 16 female students of the Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, with an average age of 22.88 ± 2.50 years, body height 164.78 ± 7.14 cm and body weight 62.72 ± 8.90 kg. Tests of up to five maximum repetitions (5-RM) were measured for each subject, based on which 1-RM values were calculated using seven prediction equations, and one maximum repetition (1-RM). The results showed that there was no statistically significant difference between the predicted 1-RMs obtained by the prediction equations and the actually measured 1-RMs. Also, there is a statistically significant correlation between the measured 1-RM and the estimated 1-RM obtained by existing prediction formulas. By regression analysis, a new formula was obtained based on the variables of the performed repetitions and the weight of the resistance, which is: $1\text{-RM} = -3.22 + (\text{REPS.} \times 0.1) + (\text{REP. WT.} \times 1.23)$. In conclusion, such tests have proven to be good in estimating maximum strength due to their duration and safety reasons. In order to get the most accurate 1-RM value, there is a need to test as many factors as possible that could affect the test result.

Keywords: regression analysis, 1-RM, prediction, strength

Sadržaj

1. Uvod.....	7
2. Ciljevi i hipoteza.....	9
3. Metode istraživanja.....	10
3.1. Uzorak ispitanica.....	10
3.2. Protokol istraživanja.....	10
3.3. Uzorak varijabli.....	12
3.4. Opis mjernih instrumenata.....	12
3.5. Metode obrade podataka.....	13
4. Rezultati.....	14
5. Rasprava.....	15
6. Zaključak.....	18
7. Literatura.....	19

1. Uvod

Mišićna jakost jedna je od važnijih sposobnosti mladih, odraslih i starijih osoba u svakodnevnom životu, tjelesno aktivne populacije te sportaša svih razina. Procjena mišićne jakosti se stoga smatra važnom kako bi se što kvalitetnije postavili ciljevi vježbanja te procijenio napredak vježbača. Jedna od najčešćih tehnika koja se koristi za procjenu dinamičke mišićne jakosti je postupak jednog maksimalnog ponavljanja (1-RM; lat. repetitio maxima). Jedno maksimalno ponavljanje podrazumijeva najveće opterećenje koje se može savladati kroz puni opseg pokreta na kontrolirani način dobrom posturom (Dohoney, Chromiak, Lemire, Abadie i Kovacs, 2002).

Iako je ovaj postupak najpopularniji način procjene maksimalne dinamičke jakosti, ipak ima određenih ograničenja. Pa tako početnici, osobito ženska populacija, ili oni koji dugo nisu izvodili određenu vježbu mogu prerano odustati prije nego postignu najveće maksimalno ponavljanje (Heyward, 2006). Također, s obzirom da protokol mjerenja zahtjeva veći broj serija prije postizanja 1-RM, može doći do umora i može smanjiti točnost mjerenja stvarnog 1-RM. Nadalje, istraživanja su pokazala da je kod nekih populacija moguće ozljeđivanje prilikom provedbe postupka utvrđivanja 1-RM (Mazur, Yetman i Risser, 1993) i konačno, izvođenje 1-RM zahtjeva relativno puno vremena jer je potreban odgovarajući oporavak između serija (oko dvije do četiri minute) (Baechle i Earle, 2000).

Iz navedenih su razloga razni autori pokušali umjesto mjerenja 1-RM ponuditi njegovu procjenu na jednostavniji, sigurniji i brži način. Korištenjem regresijskih jednadžbi omogućuje se procjena 1-RM osobama koje nisu upoznate s treningom jakosti korištenjem lakših opterećenja i izvođenjem ponavljanja do otkaza u kraće vrijeme i na sigurniji način.

Međutim, kako postoji više autora i više jednadžbi, ne odgovaraju sve jednadžbe svima jednako te budući da su dobivene na različitim populacijama, specifične su za spol, dob, trenažni status, određenu vježbu i drugo (Wood, Maddalozzo i Harter, 2002). Tako svaka jednadžba uključuje specifične varijable, tj. dizajnirana je za izvođenje manje od deset (Brzycki 1993) ili manje od 15 ponavljanja do otkaza (Mayhew, Ball, Arnold i Bowen, 1992), neke zahtjevaju izvedbu broja ponavljanja do mišićnog otkaza (Cummings i Finn, 1998), a neke upotrebljavaju točno određenu vrijednost vanjskog opterećenja. Također, neke jednadžbe najbolje funkcioniraju kada se koristi opterećenje s kojim je moguće izvesti od dva do deset ponavljanja, dok postoje i neke koje se primjenjuju izvedbom do 20 ponavljanja (Mayhew i sur., 1995).

Osim broja ponavljanja, jednadžbe su specifične i prema vježbi koja se izvodi. Najčešća vježba na kojoj su ispitivane predikcijske jednadžbe sa submaksimalnim opterećenjem je potisak s ravne klupe za koji su razvijena dva tipa testova. Kod prvog tipa ispitanici izvode što je moguće više ponavljanja pri određenom postotku od svojeg procijenjenog 1-RM-a (test relativnog opterećenja), dok se kod drugog za sve ispitanike koristi jednako vanjsko opterećenje (test apsolutnog opterećenja) (Brown i Weir, 2001).

Uz broj ponavljanja i vježbi koja se testira, jednadžbe su specifične i prema spolu. Najviše je istraživanja rađeno na zdravoj muškoj populaciji, dok postoji deficit s jednadžbama koje procjenjuju 1-RM na zdravoj ženskoj populaciji. To se događa zbog činjenice da se općenito muškarci više bave treninzima s opterećenjem od žena, a vježba potisak s ravne klupe jedna je od najčešćih koju izvode. Također, velika je razlika u jakosti gornjih ekstremiteta kod muškaraca naspram žena, što olakšava izvedbu same vježbe.

Zbog navedene međusobne diferencijacije jednadžbi postoji i potreba da se na temelju drugačijih okolnosti razviju novi, slični, specifični predikcijski modeli koji bi bili za određene subjekte točniji od postojećih.

Stoga će se u ovom radu provjeriti i usporediti mogu li se postojeći modeli procjene 1-RM-a primijeniti i na uzorku zdrave ženske tjelesno aktivne populacije. Također predstaviti će se novi model s obzirom na korištene varijable u istraživanju za mladu žensku tjelesno aktivnu populaciju.

2. Ciljevi i hipoteze

Upravo je iz navedenih razloga **primarni cilj** ovog rada provjeriti i usporediti postojeće predikcijske jednadžbe 1-RM-a na uzorku zdrave ženske tjelesno aktivne populacije. **Sekundarni cilj** je predstaviti novu predikcijsku jednadžbu za procjenu 1-RM-a u vježbi potisak s ravne klupe za žensku zdravu i tjelesno aktivnu populaciju.

Na temelju dosadašnjih spoznaja pretpostavlja se da će ovo istraživanje pokazati različite vrijednosti 1-RM-a s obzirom na postojeće predikcijske formule te je za ovo istraživanje postavljena istraživačka hipoteza:

H₁: Izmjereni 1-RM statistički se značajno razlikuje od svih 1-RM-ova dobivenih postojećim predikcijskim jednadžbama.

3. Metode istraživanja

3.1. Uzorak ispitanica

Uzorak ispitanica obuhvaćao je 16 studentica Kineziološkog fakulteta u rasponu od 19 do 28 godina, prosječne visine $164,78 \pm 7,14$ cm te mase $62,72 \pm 8,90$ kg. Svaka je sudionica i prije provedbe istraživanja sudjelovala u nekom obliku tjelesne aktivnosti barem dva puta tjedno. To je, uz temeljno poznavanje tehnike potiska s ravne klupe, bio uvjet participacije u istraživanju. Njihovi detaljni deskriptivni pokazatelji navedeni su u **Tablici 1**.

Sve sudionice bile su upoznate s predmetom i ciljem istraživanja, dobrobitima i potencijalnim rizicima istraživanja te su dale pismenu suglasnost za sudjelovanje. Sve su bile urednog zdravstvenog statusa i bez ozljeda lokomotornog sustava. Istraživanje je provedeno u skladu s Helsinškom deklaracijom te odobreno od strane Etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Tablica 1. Deskriptivni pokazatelji ispitanica ($n = 16$)

	Varijabla	AS \pm SD (min - max)
Studentice	Dob (god)	$22,88 \pm 2,50$ (19 - 28)
	Tjelesna visina (cm)	$164,78 \pm 7,14$ (150 - 174)
	Tjelesna masa (kg)	$62,72 \pm 8,90$ (47,50 – 76,00)

n – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; min – minimalni rezultat; max – maksimalni rezultat

3.2. Protokol istraživanja

Ovo istraživanje koristilo je eksperimentalni nacrt unutar ispitanika (nacrt ponovljenih mjerenja), a provedeno je kroz tri tjedna u teretani Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ispitanice su testirane u dva navrata: u prvom dolasku izmjerene su neke antropometrijske mjere (tjelesna visina i tjelesna masa) i test do pet maksimalnih ponavljanja (5-RM), dok je u drugom dolasku izmjeren test jednog maksimalnog ponavljanja (1-RM) u vježbi potisak s ravne klupe.

Sve ispitanice bile su upoznate s vježbom potisak s ravne klupe koja se izvodila ležeći na leđima na ravnoj klupi (kontakt pet točaka tijela: stražnji dio glave, gornji dio leđa/ramena i donji dio leđa/stražnjica na klupi, desna i lijeva noga na tlu). Koristio se nathvat u širini nešto šire od širine ramena. Vježba se izvodila kontrolirano spuštanjem šipke u donju poziciju do prsa te povratak do pruženih ruku. Cijelo vrijeme izvedbe morao se održavati kontakt leđima s klupom i nije bilo dozvoljeno odbijanje šipke od prsiju. Izvedba se smatrala uspješnom ako su ekscentrična i koncentrična faza izvedene kontrolirano, u punom opsegu pokreta. Vježba se izvodila s olimpijskom šipkom od 20 kg i pločastim utezima.

Test do pet maksimalnih ponavljanja (5-RM)

S obzirom na procjenu svog 1-RM-a ispitanice su odradile opće i specifično zagrijavanje. Opće zagrijavanje sastojalo se od 5-10 minutnog razgibavanja i dinamičkog istezanja gornjeg dijela tijela. Prema tablici National Strength and Conditioning Association (NSCA) vrijednost pet maksimalnih ponavljanja iznosi 87% od 1-RM. Slijedom toga specifično zagrijavanje sastojalo se od:

- 1) 10 ponavljanja s 50% od procijenjenog 1-RM
- 2) 1 minuta odmora
- 3) 8 ponavljanja sa 65% od procijenjenog 1-RM
- 4) 1 minuta odmora
- 5) 6 ponavljanja sa 75% od procijenjenog 1-RM
- 6) 3 minute odmora
- 7) do 5 ponavljanja s 87% od procijenjenog 1-RM (Morales i Sobonya, 1996).

Ako pokušaj nije bio uspješan, zabilježio se broj ponavljanja sa zadanim opterećenjem. Ako je pokušaj bio uspješan, dodalo se opterećenje i nakon 5 minuta odmora ovaj se postupak nastavio. Najteže opterećenje dovršeno pravilnim obrascem zabilježeno je kao 5-RM i obično je ostvareno u tri do pet pokušaja (Rose i Ball, 1992).

Test jednog maksimalnog ponavljanja (1-RM)

Drugo je ispitivanje bilo testiranje jednog maksimalnog ponavljanja, a uslijedilo je minimalno 48 sati nakon prvog. Sudionice su nakon kratkog općeg zagrijavanja s dinamičkim istezanjem imale dvije serije specifičnog zagrijavanja prije pokušaja podizanja 1-RM-a:

- 1) 5-10 ponavljanja s 40% do 60% od 1-RM
- 2) 1 minuta odmora
- 3) 3-5 ponavljanja sa 60% do 80% od 1-RM
- 4) 5 minuta odmora
- 5) 1-RM

Ako je pokušaj bio uspješan, dodavala se težina ovisno o lakoći izvedbe, a ako pokušaj nije bio uspješan, bilježilo se zadnje savladano opterećenje kao 1-RM. Između maksimalnih pokušaja bilo je minimalno pet minuta odmora. Ovaj postupak se nastavio sve dok sudionica nije uspjela dovršiti jedno ponavljanje kroz cijeli opseg pokreta. Najteže opterećenje dovršeno pravilnim obrascem zabilježeno je kao 1-RM (Rose i Ball, 1992).

3.3. Uzorak varijabli

U ovom je istraživanju promatrana jakost gornjih ekstremiteta u vježbi potisak s ravne klupe: za svaku ispitanicu izmjereni su do pet maksimalnih ponavljanja (5-RM) i jedno maksimalno ponavljanje (1-RM). Također, na temelju vrijednosti 5-RM izračunate su vrijednosti 1-RM-a putem sedam postojećih predikcijskih jednadžbi.

3.4. Opis mjernih instrumenata

U ovom je istraživanju korišteno sedam predikcijskih jednadžbi. Njihove su se vrijednosti uspoređivale s vrijednošću dobivenom mjerenjem 1-RM-a. U **Tablici 2.** prikazano je svih sedam predikcijskih jednadžbi kao i godine kada su razvijene.

Tablica 2. Postojeće predikcijske jednadžbe

Brzycki	1993	$1RM (kg) = Tež.opt. / (1.0278 - 0.0278 \text{ br.pon.})$
Epley	1985	$1RM (kg) = (1 + 0.0333 \times \text{br.pon.}) \times \text{tež.opt.}$
Lander	1985	$1RM (kg) = 100 \times \text{tež.opt.} / (101.3 - 2.67123 \times \text{br.pon.})$
Lombardi	1989	$1RM (kg) = \text{tež.opt.} \times (\text{br.pon.})^{**.1}$
Mayhew i sur.	1992	$1RM (kg) = 100 \times \text{tež.opt.} / (52.2 + 41,9 \times \exp(-0.055 \times \text{br.pon.}))$
O'Conner i sur.	1989	$1RM (kg) = \text{tež.opt.} (1 + 0.025 \times \text{br.pon.})$
Wathen	1994	$1RM (kg) = 100 \times \text{tež.opt.} / (48.8 + 53.8 \times \exp(-0.075 \times \text{br.pon.}))$

1 RM - 1 repetition maximum; tež.opt. – težina submaksimalnog opterećenja; br.pon. – broj ponavljanja

3.5. Metode obrade podataka

Dobiveni podaci obrađeni su u programu Statistica 13 za operacijski sustav Windows te u Microsoft Excelu 2013. Za sve varijable izračunati su deskriptivni pokazatelji: aritmetička sredina (AS), minimalni rezultat (Min), maksimalni rezultat (Max) i standardna devijacija (SD). Kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika između procijenjenih 1-RM-ova dobivenih formulama i izmjerenog 1-RM-a korištena je jednosmjerna analiza varijance (one-way ANOVA). Za usporedbu rezultata stvarnih izmjerenih vrijednosti s onima dobivenima putem predikcijskih formula korišten je Pearsonov koeficijent korelacije. Multipla regresija je korištena kako bi se na temelju broja ponavljanja do 5-RM i odgovarajuće veličine opterećenja razvio model predviđanja 1-RM-a u potisku s ravne klupe za ovu populaciju. Dobiveni rezultati smatrani su statistički značajnima pri razini pogreške $p < 0,05$.

4. Rezultati

U **Tablici 4.** prikazani su deskriptivni pokazatelji svih sedam predikcijskih modela kao i izmjerenog 1-RM-a. Vidljivo je kako je od svih formula njih četiri pokazalo višu, a tri nižu vrijednost u odnosu na stvarno izmjeren 1-RM.

Tablica 4. Deskriptivni pokazatelji 1-RM (kg) dobiveni predikcijskim formulama

	AS	SD	Min	Maks
Brzycki	43,28	9,82	28,13	61,88
Epley	44,88	10,18	29,17	64,17
Lander	43,75	9,92	28,43	62,54
Lombardi	45,18	10,25	29,37	64,60
Mayhew i sur.	45,84	10,34	29,75	65,46
O'Conner i sur.	43,33	9,78	28,13	61,88
Wathen	44,81	10,20	29,15	64,12
1RM	44,83	10,79	27,50	65,00

¹ RM - 1 repetition maximum; AS - aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; min – minimalni rezultat; max – maksimalni rezultat

Rezultati univarijatne analize varijance (ANOVA) pokazuju kako nema statistički značajne razlike ($F_{1,7} = 0,17$; $p = 0,99$) između izmjerenih formula i izmjerenog 1-RM-a.

Pearsonovi koeficijenti korelacije ukazuju da postoji statistički značajna povezanost između izmjerenog 1-RM-a s procijenjenim 1-RM-omovima dobivenih predikcijskim formulama. Korelacije su $r > 0,99$, a vrijednosti svakog pojedinog modela prikazane su u **Tablici 6.**

Tablica 6. Korelacije 1-RM-a i predikcijskih formula

	Brzycki	Epley	Lander	Lombardi	Mayhew	O'Conner	Wathen
1RM	0,9905	0,9905	0,9906	0,9905	0,9906	0,9906	0,9903

¹ RM - 1 repetition maximum

Regresijska analiza pružila je na temelju broja izvedenih ponavljanja i odgovarajuće težine savladanog otpora koeficijente regresije iz kojih je izvedena nova regresijska jednadžba koja se odnosi na zdravu, tjelesno aktivnu, žensku populaciju (koeficijent multiple korelacije iznosi $r = 0,988$; a koeficijent determinacije $r^2 = 0,977$; $p = 0,000$):

$$1\text{-RM} = -3,22 + (\text{BR. PON.} \times 0,1) + (\text{TEŽ. OPT.} \times 1,23)$$

5. Rasprava

Glavni nalazi ovog istraživanja ukazuju kako ne postoji statistički značajna razlika između predviđenih 1-RM-a dobivenih predikcijskim jednadžbama i stvarno izmjenjenog 1-RM-a, čime je odbačena postavljena hipoteza. Također, na temelju broja ponavljanja i savladanog vanjskog opterećenja predložena je nova predikcijska jednadžba za utvrđivanje 1-RM-a na zdravoj tjelesno aktivnoj populaciji.

Kako bi se dobila nova predikcijska formula za ovo su istraživanje izabrane i izmjerene samo varijable broja ponavljanja i težine opterećenja. Uključivanjem antropometrijskih varijabli zasigurno bi se dobio precizniji model, tj. rezultat u testu jednog maksimalnog ponavljanja mogli bi opisati većim brojem varijabli. Samim time i specifičnost prediktivnog modela bila bi veća. Neki su se autori bavili upravo ovakvim tipom studija. Cummings i Finn (1998) ispitali su 57 žena u dobi od 18 do 50 godina bez iskustva u treningu s opterećenjem kako bi utvrdili može li test 4-8-RM predvidjeti 1-RM u vježbi potisak s ravne klupe. Osim tri korištene regresijske jednadžbe, a u obzir su uzeli i antropometrijske mjere tjelesne mase, visine, biakromijalne širine, dužine ruku, kožnog nabora tricepsa i opseg nadlaktice. Utvrdili su kako su težina i broj ponavljanja pri submaksimalnom opterećenju te biakromijalna širina varijable koje su dobar prediktor 1-RM-a. Guenther (2009) je proveo istraživanje sa svrhom razvoja jednadžbe predviđanja 1-RM potiska s ravne klupe na temelju izvođenja sklekova do otkaza ali i antropometrijskih mjera tjelesne mase te nemasne mase. Rezultati su pokazali da su sklekovi i tjelesna masa statistički značajni prediktori 1-RM-a ($R^2 = .273$, $p < .0001$, $SE = 5.30$). S druge strane, za nemasnu masu i status treniranja nije dokazano da doprinose predikciji uz navedene dvije varijable.

Prvi glavni nalaz ovog istraživanja je da nema statistički značajnih razlika između predviđenih 1-RM-a dobivenih predikcijskim jednadžbama i izmjenjenog 1-RM-a, što bi moglo značiti da su za mladu, zdravu i tjelesno aktivnu žensku populaciju sve korištene formule slične, dobre i valjane. Međutim, iako nema statistički značajnih razlika, ipak su neke formule bile uspješnije u predikciji od drugih. Tako je od svih jednadžbi najbliže stvarnom rezultatu bila formula Wathena (1994) (-0,02 kg), zatim Epleya (1985) (+0,05 kg), dok su najviše odstupale formule O'Connera i sur. (1989) za 1,5 kg i Brzyckog (1993) za 1,55 kg. Slični su zaključci dobiveni i u istraživanju Abadie i Wentwortha (2000) čiji je uzorak činilo trideset žena starosti 19 do 26 godina koje su testirali za 1-RM i 5-10-RM potiska s ravne klupe (CPS), ramenog potiska (SPS)

i nožne ekstenzije (KES). Rezultati su pokazali da postoji pozitivna korelacija između predviđenog i izmjerenog 1-RM-a za sve tri ispitivane vježbe.

Na točnost predikcijskih jednadžbi može utjecati više faktora kao što je veličina broja izmjerenih ponavljanja, spol, vježba i sl.

Kada je riječ o veličini broja izmjerenih ponavljanja, u ovom je istraživanju odabrano i analizirano savladavanje opterećenja do pet maksimalnih ponavljanja, što odgovara 85-90% od 1-RM-a. To je opterećenje uobičajeno za treninge jakosti s otporom i vrlo se često izvodi upravo s višezglobnim, osnovnim vježbama. U ovom se istraživanju pokazao kao dobar prediktor 1-RM-a za mlade i tjelesno aktivne žene kada se uvrsti u bilo koju od sedam predstavljenih predikcijskih jednadžbi. Konkretno, dobiveni rezultati svake pojedine formule u visokoj su korelaciji s izmjerenim 1-RM-om ($r = 0,99$; $p < 0,05$). To se slaže i s tvrdnjama iz istraživanja Brzyckog (1993), Mayhewa i sur. (1992), Mayhewa i sur. (2008) i Epleya (1985) koji su ponudili predikcijske modele korištene u radu. Svi navode izvođenje do deset ponavljanja kao vrlo dobrim prediktorom procjene jednog maksimalnog ponavljanja. Drugim riječima, što je bliža podignuta submaksimalna težina težini koja je podignuta tijekom procjene 1-RM, točnija je regresijska jednadžba za predviđanje 1-RM-a.

Slični rezultati, ali na muškoj zdravoj mladoj populaciji dobiveni su u studiji Dohoneya i sur. (2002) koji navode da je test 4-6-RM precizniji od testa 7-10-RM. Također, DiStatsio (2014) je potvrdio da su vrijednosti dobivenih testovima 3-RM i 5-RM bila u velikoj korelaciji sa stvarnim vrijednostima 1-RM-a. U njegovom istraživanju Epleyjeva je jednadžba bila najtočnija kada je primijenjena na 3-RM (+2,7 kg, $p = 0,013\%$), a slijedi Brzyckijeva jednadžba primijenjena na 5-RM (-3,1 kg, $p = 0,015\%$), zatim Epleyjeva jednadžba primijenjena na 5-RM (+4,0 kg, $p = 0,020\%$), a na kraju Brzyckijeva jednadžba primijenjena na 3-RM (-4,8 kg, $p = 0,024\%$).

Zbog toga što je svaka sudionica imala jednako relativno opterećenje submaksimalnog testa do pet ponavljanja (5-RM) vrijednost svih formula je u visokoj korelaciji s izmjerenim 1-RM-om ($r = 0,99$; $p < 0,05$). Da se koristilo jedno apsolutno opterećenje koje bi sve sudionice savladavale, rezultati bi vjerojatno bili drugačiji zbog razlike jakosti gornjih ekstremiteta, a i autori nekih korištenih modela, kao što je već spomenuto, preporučuju njihovu upotrebu samo kod izvođenja do deset ponavljanja. U istraživanju koje je proveo Brennan (2008) koristilo se apsolutno opterećenje za svih 67 žena u vježbama nožnog potiska i potiska s ravne klupe.

Njegovi rezultati potiska s ravne klupe s opterećenjima 20 i 25 kg ide u prilog potonjem jer su upravo oni objasnili veći dio varijance pa ih to čini boljim prediktorom 1-RM-a.

Osim broja ponavljanja, na preciznost predikcijskih jednadžbi može značajno utjecati i spol ispitanika. Od svih jednadžbi koje su korištene u ovom istraživanju za Landersovu (1985), Wathenovu (1994) i Brzyckijevu (1993) poznato je da su dobivene samo na muškarcima. Mayhew i sur. (1992) i Epley (1985) u svojim su istraživanjima uključili i žene. Jiménez (2008) je primijenio neke od ovdje korištenih formula na aktivnoj ženskoj populaciji u dobi od 30-40 godina ali nisu se pokazale dobrim u predikciji maksimalne jakosti. Štoviše, nakon povećanja razine treninga, njihova prediktivna vrijednost bila je još slabija. Suprotno tome, Wood i sur., (2009) su na populaciji od 26 muškaraca i 23 žene uspoređivali su relativnu točnost, sličnost i prosječnu grešku sedam jednadžbi predviđanja. Rezultati 1-RM-a dobiveni su za deset vježbi, a odradili su i ponavljanja do otkaza s dodijeljenim otporom u rasponu od 50 do 90% od 1-RM-a. Mayhew i sur. (1992), Epleyeva (1985) ali i Wathenova (1994) pokazale su najveću relativnu točnost i najmanju pogrešku ispitanih vježbi. Slično su potvrdili i Mayhew i sur., (2008) zaključujući da, iako su neki modeli dizajnirani na muškoj populaciji, relevantni su i kada se primijene na ženskoj populaciji.

Nedostatak provedenog istraživanja jest taj što se za provjeru postojećih prediktivnih modela koristila samo jedna vježba. Iako je potisak s ravne klupe vrlo često korišten u ispitivanjima poput ovog, trebao bi se povećati spektar testiranih vježbi. Također, osim testiranja 1-RM-a sudionicama je izmjerena vrijednost jednog testa submaksimalnog opterećenja (5-RM). Da su se zabilježile vrijednosti u većem rasponu i bliže stvarnom 1-RM-u rezultati bi vjerojatno bili drugačiji. Nadalje, dodavanje težine olimpijskoj šipci u ovom je istraživanju bilo je limitirano. Pri svakom novom pokušaju na šipku se moglo dodati minimalno 2,5 kg što je bilo ograničavajuće.

Iz svega navedenog vidljivo je kako čimbenici poput testirane mišićne skupine, izvedene vježbe, specifičnost testa, spol, tehnike izvedbe i razine treniranosti utječu na točnost predviđanja 1-RM-a putem testova submaksimalnih opterećenja. Izravna procjena maksimalne jakosti testiranjem 1-RM-a pokazala se korisnom, a ako se pravilno i provodi, takvi testovi su sigurni za većinu ispitanika. Naravno, postoje posebne okolnosti kada ispitivanje 1-RM-a može biti rizično i neprimjereno te je upravo tada uporaba valjanih submaksimalnih testova za procjenu maksimalne jakosti poželjan odabir.

6. Zaključak

Kako bi se razvio i proveo adekvatan trenažni proces, koji je istodobno siguran i učinkovit, treba poznavati maksimalne mogućnosti vježbača. Predikcijski modeli se koriste sa svim onim vježbačima koji nikada nisu probali savladati jedan maksimalni pokušaj, za koje to nije preporučeno ili su nesigurni u sebe. Većina modela za predikciju 1-RM-a nema specificirane sve podatke o načinu razvitka ili primjene. Neke pokazuju linearan odnos između 1-RM-a i ponavljanja do otkaza, dok neke eksponencijalan. Vrlo malo ih koristi mladu žensku populaciju za vježbu potisak s ravne klupe. Općenito, sudjelovanje žena u programima treninga s opterećenjem u zadnje je vrijeme izuzetno poraslo. Zbog toga postoji potreba provjere postojećih predikcijskih formula te ispitivanja njihove primjene na različitim populacijama i različitim vježbama. Rezultati istraživanja pokazali su da za studentice Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu nema statistički značajne razlike u predikciji 1-RM-a korištenjem bilo koje od sedam poznatih predikcijskih formula.

Cilj budućih istraživanja trebao bi biti usmjeren na proširivanje spektra ispitivanih vježbi kao i populacije koja sudjeluje u njima. Također, uključivanje nekih antropometrijskih karakteristika zasigurno bi pomoglo i doprinijelo predikciji 1-RM-a. U tom slučaju treba voditi brigu o odabiru karakteristika koje su lako mjerljive, ali i činjenici da bi koristeći njih, pogreška mjerenja porasla.

Ove su formule izuzetno bitne jer se sve veći broj ljudi, od djece pa do najstarijih, okreće kretanju i raznim oblicima tjelesne aktivnosti kako bi poboljšali kvalitetu života. Kod većine takvih aktivnosti postoji potreba mjerenja jakosti kao pokazatelja određenog stanja ili napretka. Korištenjem prediktivnih modela u testovima submaksimalne jakosti proces mjerenja postat će brži i biti uvelike sigurniji.

7. Literatura

- Abadie, B.R. i Wentworth, M.C. (2000). Prediction of one repetition maximal strength from a 5-10 repetition submaximal strength test in college-aged females. *Journal of Exercise Physiology online*, (3)3, 1-7. Dostupno na: <https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineABADIE.html>
- Baechle, T. R. i Earle, R.W. (2000). *Essentials of Strength Training and Conditioning (2nd ed.)*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Brennan, C.L. (2008). *Development of Prediction Models to Estimate 1-RM for Upper and Lower Body Exercises in Non-Resistance Trained Women*. (doktorski rad). Faculty of School of Education, University of Pittsburgh
- Brown, L.E., Weir, J.P. (2001). ASEP Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology Online*, 4(3), 1-21. Dostupno na: <https://www.asep.org/asep/asep/Brown2.pdf>
- Brzycki, M. (1993). Strength Testing-Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90. Doi: 10.1080/07303084.1993.10606684
- Cummings, B. I Finn, K.J. (1998). Estimation of a one repetition maximum bench press for untrained women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 262-265. Dostupno na: https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1998/11000/estimation_of_a_one_repetition_maximum_bench_press.11.aspx
- DiStasio, T.J. (2014). *Validation of the Brzycki and Epley Equations for the 1 Repetition Maximum Back Squat Test in Division I College Football Players* (doktorski rad). Southern Illinois University Carbondale.

- Dohoney, P., Chromiak, J. A., Lemire, D., Abadie, B. R. i Kovacs, C. (2002). Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males. *Journal of Exercise Physiology Online*, 5(3), 54-59. Dostupno na: <https://www.asep.org/asep/asep/Dohoney.pdf>
- Epley, B. (1985). *Poundage chart: Boyd Epley workout*. Lincoln, University of Nebrask
- Guenther, E.L. (2009). *Prediction of One Repetition Maximum Bench Press from Push-ups in College-Aged Females* (diplomski rad). College of Health and Human Services, Ohio.
- Hart, C. L., Ward, T. E. i Mayhew, J. L. (1991). Anthropometric correlates of bench press performance following resistance training. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 2(2), 89-95. Doi: 10.1080/15438629109511904
- Heimer, S. i Jaklinović-Fressl, Ž. (2006). Pojmovnik. U S. Heimer (ur.), *Medicina sportiva* (str. 513-524). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Heyward, V.H. (2006). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Jiménez, A., De Paz, J. A. (2008). Application of the 1RM estimation formulas from the RM in bench press in a group of physically active middle-aged women. *Journal of Human Sport & Exercise*, 3(1), 10-22. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.4100/jhse.2008.31.02>
- Kemmler, W.K., Lauber, D., Wassermann, A., Mayhew, J.L. (2006). Predicting maximal strength in trained postmenopausal woman. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 838-842. Doi: 10.1519/R-18905.1
- Lander, J. (1985). Maximums based on reps. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 6, 60-61.
- Mayhew, J.L., Ball, T.E., Arnold, M.D. i Bowen, J.C. (1992). Relative muscular endurance performance as a predictor of bench press strength in college man and women. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(4), 200-206. Dostupno na: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922003000500007>

- Mayhew, J.L., Johnson, B.D., LaMonte, M.J., Lauber, D. i Kemmler, W. (2008). Accuracy of prediction equations for determining one repetition maximum bench press in woman before and after resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1570–1577. Doi: 10.1519/JSC.0b013e31817b02ad
- Mayhew, J.L., Prinster, J.L., Ware, J.S., Zimmer, D.L., Arabas, J.R. i Bemben, M.G. (1995). Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(2), 108–113. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7500624>
- Mazur, L.J., Yetman, R.J. i Risser, W.L. (1993). Weight-training injuries: common injuries and preventative methods. *Sports Medicine*, 16(1), 57–63. Doi: 10.2165/00007256-199316010-00005
- Morales, J. i Sobonya, S. (1996). Use of Submaximal Repetition Tests for Preddicting 1-RM Strength in Class Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(3), 186-189. Dostupno na: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1996/08000/Use_of_Submaximal_Repetition_Tests_for_Predicting.11.aspx.
- O'Conner, B., Simmons, J. i O'Shea, P. (1989). *Weight Training Today*. St. Paul, Minnesota: West Publishing Company.
- Rose, K. i Ball, T.E. (1992). A field test for predicting maximum bench press lift of college women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 6, 103–106. Doi: 10.1519/1533-4287(1992)006<0103:aftfpm>2.3.co;2.
- Simpson, S. R., Rozenek, R., Garhammer, J., Lacourse, M., i Storer, T. (1997). Comparison of one repetition maximums between free weight and universal machine exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(2), 103-106. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cc2237.
- Wathen, D. (1994). *Essentials of strength training and conditioning (1st ed.)*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Wood, T.M., Maddalozzo, G.F. i Harter, R.A. (2002). Accuracy of Seven Equations for Predicting 1-RM Performance of Apparently Healthy, Sedentary Older Adults. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 6(2), 67-94. Doi: 10.1207/S15327841MP EE0602_1