

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
UNI – Športna vzgoja

**VPLIV BIOLOŠKEGA DOZOREVANJA MLADOSTNIKOV
NA MIŠIČNO MOČ**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:

doc. dr. Gregor Starc

SOMENTORICA:

prof. dr. Marjeta Kovač

RECENZENTKA:

doc. dr. Maja Bučar Pajek

KONZULTANT:

prof. dr. Gregor Jurak

Avtor:

MATEJ KRSTIČ

Ljubljana, 2015

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojemu mentorju doc. dr. Gregor Starcu za svetovanje, pomoč in potrpežljivost pri nastajanju diplomske naloge.

Zahvala tudi Manci, da mi stoji ob strani in verjame vame.

Še posebej pa se zahvaljujem mami Branimiri in očetu Nikoli, ki sta mi študij sploh omogočila in mi ves ta čas nudila oporo, da sem zmožel premagati vse ovire na poti.

Ključne besede: dinamometer, kronološka starost, biološka starost, mišična moč, adolescenca, Mirwaldova enačba

Naslov diplomskega dela: Vpliv biološkega dozorevanja mladostnikov na mišično moč

Matej Krstič

POVZETEK

Današnji otroci imajo pogosto precej pasiven življenjski slog. V Sloveniji že od leta 1970 raziskujemo trende, povezane z gibalnimi sposobnostmi in telesnim fitnessom pri osnovnošolskih otrocih v Sloveniji z raziskavo Analiza razvojnih trendov otrok v Sloveniji. Tudi pričujoča diplomska naloga se opira na to raziskavo, v kateri se osredotočamo predvsem na to, kako dozorevanje vpliva na mišično moč otrok. Glavni cilj diplomske naloge je ugotoviti, kako se mišična moč spreminja tekom dozorevanja in s kronološko starostjo, poleg tega pa ponuditi ugotovitve, na katere se lahko učitelji in trenerji oprejo pri izpeljavi vadbe za čim bolj zdrav telesni in gibalni razvoj otrok. Za kazalnik mišične moči smo uporabili moč stiska pesti, ki smo jo izmerili s pomočjo dinamometra Jamar. Za določitev vstopa v adolescenco je bil uporabljen kriterij najvišjega prirastka višine, ki smo ga določili s pomočjo Mirwaldove enačbe, ki upošteva razmerje med telesno in sedno višino.

Rezultate smo analizirali v programu SPSS glede na spol, kronološko starost in biološko starost. Analize smo opravili z ANOVO, otroke pa smo rangirali z metodo RANKIT glede na Gaussovo krivuljo. Pri analizi variance smo opravili tudi Levenov test homogenosti in post hoc testiranje z Games-Howellovim testom oz. s Tukey HSD testom. Ugotovitve se v večini ujemajo s predhodnimi raziskavami. Ugotovili smo, da imajo mladostniki, ki dozorevajo bolj zgodaj, bolj izraženo mišično moč, kot mladostniki, ki dozorevajo povprečno ali pozno. Omenjeno velja za vse starostne skupine in za oba spola. Obenem smo ugotovili, da dekleta izražajo nižjo mišično moč od vrstnikov nasprotnega spola v vseh starostnih skupinah.

Key words: dynamometer, chronological age, biological age, muscle strength, adolescence, Mirwald equation

Title of thesis: The influence of biological maturity of adolescents on muscle strength

Matej Krstič

ABSTRACT

Contemporary children often live a very passive lifestyle. Since 1970 trends associated with motor skills and physical fitness on primary school children in Slovenia have been monitored by a research The Analysis of Children's Development in Slovenia. The diploma thesis is based on this research in which we mainly focus on how maturity affects the muscle strength in children. The main objects of the thesis is to assess out how muscle strength changes during maturation and with chronological age, and provide some guidelines for teachers and coaches, to insure optimal development of their pupils and athletes. Muscle strength was assessed as hand grip strength and was measured with Jamar dynamometer. We used peak height velocity as a criterion to determine the entry in adolescence and we used Mirwald equation, which measures relationship between height and sitting height, to determine the timing of peak height velocity.

The results were analyzed by the SPSS software, according to gender, chronological age and biological age. Analysis of variance was used to determine differences in muscle strength. Children were ranked with RANKIT method according to the Gaussian curve. For each analysis Levene's test and post hoc testing was performed. The findings are broadly comparable with other researches. We have found out that adolescents who mature earlier are stronger than adolescents who are mature average or late. This applies to all age groups and both genders. At the same time, we also found out that girls reflect lower muscle strength than boys in all age groups.

Kazalo

1. UVOD	7
1.1. Problem diplomske naloge	10
1.2. Cilji in hipoteze	11
2. METODE DE LA.....	12
2.1. Preizkušanci.....	12
2.2. Pripomočki	12
2.3. Postopek	13
3. REZULTATI IN RAZPRAVA	15
3.1. Kronološka starost in najvišji prirastek višine.....	15
3.2. Razlike v mišični moči med zgodaj, povprečno in pozno dozorevajočimi otroki.....	17
3.3. Razlike v mišični moči med fanti in dekleti.....	21
3.4. Razvoj mišične moči glede na starost	23
3.5. Razprava.....	23
4. SKLEP.....	27
5. VIRI.....	30

1. UVOD

Otroci so ob prehodu v adolescenco podvrženi mnogim spremembam. Ena izmed teh sprememb je tudi nagel razvoj mišične moči. Že dobro leto pred začetkom pubertete se v hipotalamusu začne reaktivacija gonadotropin sproščujočega hormona (GnRH), ki se izloča v sprednji del hipofize (Marieb in Hoehn, 2010). GnRH vpliva na sproščanje luteinizirajočega hormona (LH) in folikel-stimulativnega hormona (FSH). Povečanje koncentracije teh dveh hormonov vodi v pospešeno proizvodnjo estradiola in testosterona, ki vplivata na razvoj sekundarnih spolnih znakov. Pri fantih se predvsem pod vplivom testosterona razvijajo moški sekundarni spolni znaki, kamor prištevamo poglobitev glasu, rast pubičnih dlak, rast kosti, povečanje gostote kosti in povečanje mišične mase. Podobno kot pri fantih, tudi pri razvoju sekundarnih znakov deklet sodeluje hormon, analogen testosteronu – to je estrogen. Estrogen vpliva na razvoj prsi, povečanje podkožne maščobe, posebno na bokih (Marieb in Hoehn, 2010). Puberteta nastopi pri dekletih nekoliko prej kot pri fantih. Poleg tega pa so opazili, da v zadnjih letih puberteta nastopi prej kot v preteklih letih, na kar ima velik vpliv tudi prehrana. Raziskave so pokazale, da pri otrocih, ki so pretežki za svojo starost, puberteta nastopi prej, kar lahko vodi tudi v kasnejše zdravstvene težave (Cheng idr., 2012). Poleg tega pa je prezgodnja puberteta povezana tudi z drugimi dejavniki, npr. z gibalnimi sposobnostmi in močjo otrok.

Praviloma se s kronološko starostjo otrok povečuje njihova mišična moč. Razlike v moči se kažejo tako med različnimi starostnimi skupinami, kot tudi znotraj iste starostne skupine, saj so gibalne sposobnosti povezane tudi z biološko zrelostjo. Biološka zrelost lahko sovпада s kronološko starostjo otrok, pri delu otrok pa, v primerjavi z drugimi otroki iz iste starostne skupine, prihaja tudi do prehitevanja ali zaostajanja v biološkem razvoju. To se lahko odraža tudi na prirastku moči, ki pa je odvisen od deleža dejavne mišične mase, tipa mišičnega krčenja in silovitosti mišičnega krčenja. Z vidika deleža aktivne mišične mase moč razdelimo na splošno in lokalno. Splošna moč pomeni tisto moč, ki je značilna za celo telo. Gre za moč, ki ni pridobljena z vadbo, če pa je, potem ni specifično vezana na določeno mišično skupino, temveč na celo telo. Lokalna moč pa je, v nasprotju s splošno, pretežno pridobljena s specifično vadbo. Z vidika mišičnega krčenja moč razdelimo na dinamično in statično. Statična moč se kaže kot sila izometričnega krčenja, dinamična pa kot sila pri dinamičnem krčenju. Z vidika silovitosti moč razdelimo na največjo moč, eksplozivno moč in vzdržljivost

v moči. Največja moč je tista vrsta moči, ki se kaže kot premagovanje največjih bremen in obremenitev, eksplozivna moč se kaže kot premagovanje bremen in obremenitev s kar največjim pospeškom, vzdržljivost v moči pa se kaže kot dalj časa trajajoče premagovanje bremen in obremenitev (Ušaj, 2003).

Številne vsakodnevne in športne dejavnosti zahtevajo ustrezno zmogljivost mišičnih skupin za krčenje oz. fleksijo v podlahti in dlani. To so mišice, ki so vpletene v moč stiska pesti. Tako pri športih, kot so rokoborba, tenis, ameriški nogomet, košarka, roket, bejzbol, kot pri vsakodnevni dejavnosti, kot so sesanje, odklepanje vrat, nošenje vrečk, je potrebna določena moč mišic podlahti in dlani, da lahko te naloge uspešno izvajamo. Moč prijema pogosto spregledamo ali zanemarjamo, vendar pa ima ključno vlogo pri preventivi poškodb in razvoju splošne moči (Budoff, 2004; Fry idr., 2006; Smith idr., 2006; Yasuo idr., 2007), ob tem pa se v praksi uporablja tudi kot kazalec splošne moči posameznika. Pri gibanju podlahti in dlani sodeluje 35 mišic, večina od teh pa se aktivira tudi pri prijemanju. Med prijemanjem mišična skupina za fleksijo v dlaneh in podlahteh ustvarja moč prijema, medtem ko mišična skupina, namenjena ekstenziji, stabilizira zapestje (Waldo, 1996). V dlani so 4 veliki sklepi: karpalni, interkarpalni, metafalangealni in interfalangealni sklep s pripadajočimi mišicami, ki dejavno sodelujejo pri prijemanju: pronator radii teres, fleksor carpi radialis, fleksor carpi ulnaris, fleksor sublimis digitorum, fleksor palmaris longus, fleksor profundus digitorum, flexor pollicis longus, pronator quadratus, flexor pollicis brevis in abduktor pollicis brevis (Hall, 2012). Prijemanje je mogoče zaradi lege palca, ki skupaj z ostalimi prsti deluje kot vsestranske kleščice. Glede na omenjeno lahko zaključimo, da je anatomija dlani bolj primerna za fleksijo, kot za ekstenzijo, saj je mehanizem za krčenje prstov za 62% močnejši kot mehanizem za iztegovanje (Li, Zatsiorsky in Latash, 2001).

Kot je že bilo omenjeno, je eden od najzanesljivejših testov za ugotavljanje splošne moči, moč prijema. Smith je s sodelavci (2006) dokazal neposredno povezavo med omenjenima spremenljivkama na vzorcu, ki je zajemal starostnice. Študija je pokazala, da je moč prijema zmerno povezana z splošno telesno močjo pri zelo stari in najstarejši populaciji (Smith idr., 2006). Fry in sodelavci (2006) so prav tako prišli do podobnih rezultatov, ko so preučevali moč prijema pri ameriških mladinskih olimpijskih dvigovalcih uteži, kjer so ugotovili povezavo med močjo prijema in zmogljivostjo.

Newman in sodelavci so v svoji raziskavi (Newman idr., 1984) ugotovili, da fantom narašča moč pretežno linearno vse do odrasle dobe, medtem ko pri dekletih moč raste linearno nekje

do 13. leta starosti, potem pa ostane bolj ali manj konstantna. Skozi vse starostne skupine dosega dekleta nižje vrednosti izražanja moči kot fantje, tako da imajo fantje do 18. leta starosti že za 60% močnejši stisk pesti kot dekleta. Maksimalno moč pa naj bi dosegli med 30. in 35. letom, potem pa moč počasi začne upadati. Poleg starosti na absolutno moč pomembno vplivata tudi višina in masa (Newman idr., 1984).

Najbolj pogosta metoda merjenja moči prijema je uporaba ročnega dinamometra. Pravimo tudi, da gre v tem primeru za biomehansko meritev. Na voljo imamo različne dinamometre za merjenje tako statične kot tudi dinamične komponente moči prijema. Naprave uvrščamo v štiri skupine: hidravlične dinamometre, pnevmatske dinamometre, mehanske dinamometre in merilnike pritiska. Včasih so imeli dinamometri zelo ozek razpon zaznavanja, vendar se je z razvojem ta razpon povečal in tako postal uporaben tudi za merjenje moči pri mlajših (Innes, 2002).

Poznamo različne metode za določanje stopnje zrelosti. Najbolj natančna je ocena zrelosti na podlagi skeletne zrelosti, ki pa ni v široki rabi zaradi tveganj, povezanih z rentgenskim slikanjem. Določanje stopnje zrelosti na podlagi razvitosti zobovja je omejeno na ozek starostni razpon, metoda določanja zrelosti na podlagi sekundarnih spolnih znakov pa je danes težko uporabna zaradi pretiranega posega v zasebnost posameznika. Pogosto je uporabljena tudi metoda ugotavljanja najvišjih prirastkov višine (NPV), za katero pa potrebujemo longitudinalne kohortne podatke, pridobivanje katerih je dolgotrajno in drago, ravno zaradi tega pa so Mirwald in sodelavci razvili metodo, ki čas najvišjega prirastka višine določa na podlagi razmerja med dolžino nog in trupa (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey in Beunen, 2002).

Razlogi za ugotavljanje biološkega razvoja, ki jih navajajo te raziskave, se nanašajo predvsem na vrhunski šport in so usmerjeni v povečanje možnosti za čim večji uspeh otrok, povečanje njihove konkurenčnosti in hkrati zmanjšanje obsega morebitnih poškodb. Ko nastopi NPV, je to znak, da lahko povečamo količino treningov, ki so namenjeni razvijanju aerobne vzdržljivosti in moči. Dekleta naj bi začela s treningom moči takoj po NPV oziroma ob nastopu menarhe, medtem ko je za fante priporočeno, da s tovrstnim treningom začnejo 12 do 18 mesecev po NPV (Mackenzie, 2006).

V raziskavi (Yague in De La Fuente, 1998), kjer jih je zanimala predvsem povezava med NPV, spolom in starostjo, so prišli do ugotovitev, da so fantje ob nastopu NPV starejši (približno 2 leti), njihov prirastek pa je večji, kot pri dekletih. Vzorec je bil sestavljen iz otrok, ki so bili približno 4 leta pred nastopom NPV in 3 leta po NPV. Rezultati so pokazali, da so

tisti otroci, ki so pozno dozoreli, imeli ob nastopu NPV večjo maso in višino. NPV lahko napovemo z merjenjem višine, sedeče višine, telesne mase in kronološke starosti. V raziskavi iz leta 2001 so predpostavili, da je spreminjajoči se odnos med dolžino noge in trupa zelo dober indikator dozorevanja. Dobljeni rezultati so pokazali, da se razmerje med dolžino noge in trupa pred NPV povečuje, po nastopu NPV pa se to razmerje zmanjšuje. (Iuliano-Burns, Mirwald in Bailey, 2001).

1.1.Problem diplomske naloge

Leta 1970 so na Fakulteti za šport začeli z raziskavami, povezanimi s trendi gibalnih sposobnosti in telesnega fitnesa pri osnovnošolskih otrocih v Sloveniji. Raziskava se imenuje Analiza razvojnih trendov otrok v Sloveniji (ARTOS). Raziskavo so na vzorcu osnovnošolcev po letu 1970 ponovili še štirikrat, leta 1983, 1993, 2003 in 2013. Njihov cilj je bil ugotoviti trend spreminjanja v gibalnem in telesnem razvoju otrok glede na spreminjajoč način življenja v obdobju od leta 1970. leta naprej, torej zadnjih 40 let. Opazili so, da današnji, bolj pasiven način življenja mladih vpliva tudi na njihov telesni in gibalni razvoj. Vse to pa tudi povečuje tveganje za kardiovaskularne in druge bolezni. Posledice se odražajo v povečanju podkožnega maščevja, zmanjšanju vzdržljivosti in moči ter v večjem deležu prekomerno prehranjenih otrok. Poleg osnovnih ciljev so želeli ugotoviti tudi vpliv socialno-ekonomskega okolja na razvoj otrok, pa tudi spremembe v hitrosti dozorevanja otrok, spremembe njihovih življenjskih slogov, spremembe njihove športne dejavnosti ter spremembe v zdravju otrok (Jurak, Kovač in Starc, 2013).

Mladostniki, ki spadajo v isto kronološko starostno skupino, so lahko na različni stopnji biološke zrelosti, kar se odraža v razlikah v gibalnih sposobnostih in še posebej v mišični moči. Dosedanje raziskave so pokazale, da približno 8 do 15% posameznikov odstopa od povprečne vrednosti (Newman idr., 1984). Da lahko analiziramo, kako biološko dozorevanje vpliva na mišično moč, moramo najprej ugotoviti, na kateri stopnji biološke zrelosti je posameznik. To bomo opredelili na podlagi največjega pospeška rasti, ki je mejnik med otroštvom in adolescenco (Mirwald idr., 2002)

1.2. Cilji in hipoteze

Namen diplomskega dela je ugotoviti, kako biološko dozorevanje vpliva na mišično moč otrok, analiza pa temelji na meritvah stiska pesti otrok različnih starosti, zbranih v okviru raziskave ARTOS leta 2013.

S tega vidika so osnovni cilji diplomskega dela ugotoviti, kako biološko dozorevanje sovпада s kronološko starostjo, ugotoviti, ali mišična moč narašča in kako narašča ter kakšne so razlike med spoloma.

Postavljene cilje bomo preverili s tremi hipotezami:

H01: Fantje in dekleta, ki dozorevajo bolj zgodaj, v vseh starostnih skupinah izražajo večjo mišično moč od fantov in deklet, ki dozorevajo povprečno ali pozno.

H02: Dekleta izražajo nižjo mišično moč od fantov v vseh starostnih skupinah.

H03: Mišična moč s kronološko starostjo linearno narašča.

2. METODE DE LA

2.1. Preizkušanci

Vzorec je vključeval 2.086 osnovnošolcev, starih med 8 in 13 let. Od tega je bilo 1.066 fantov in 1.020 deklet. Starostna struktura vzorca je razvidna v Tabeli 1.

Tabela 1

Velikost vzorca po spolu in kronološki starosti

Starost	Spol		Skupaj
	Fantje	Dekleta	
8	201	203	404
9	172	189	361
10	172	158	330
11	187	196	383
12	166	121	287
13	168	153	321
Skupaj	1.066	1.020	2.086

V vzorec so bili vključeni učenci enajstih osnovnih šol iz vse Slovenije. Vzorec je bil heterogen in reprezentativen za splošno populacijo slovenskih otrok.

2.2. Pripomočki

Za napoved NPV smo uporabili enačbo Mirwalda in sodelavcev (2002), ki NPV izračunava na podlagi razmerja med dolžino trupa in dolžino nog. Različni deli telesa namreč rastejo z različno hitrostjo in noge praviloma začnejo rasti prej in hitreje kot trup. Porušenje proporcev med obema merama je znak vstopa v puberteto, enačba Mirwalda in sodelavcev pa je specifična glede na spol:

$NPV \text{ fantje} = - 9,236 + 0,0002708 \times \text{dolžina noge} \times \text{sedeča višina} - 0,001663 \times \text{starost} \times \text{dolžina noge} + 0,007216 \times \text{starost} \times \text{sedeča višina} + 0,02292 \times (\text{masa} / \text{višina}).$

$NPV \text{ dekleta} = - 9,376 + 0,0001882 \times \text{dolžina noge} \times \text{sedeča višina} + 0,0022 \times \text{starost} \times \text{dolžina noge} + 0,005841 \times \text{starost} \times \text{sedeča višina} - 0,002658 \times \text{starost} \times \text{masa} + 0,07693 (\text{masa} / \text{višina}).$

Telesno višino in sedno višino smo izmerili z antropometrom GPM 101 (Sieber in Hegner, Zurich, Švica), otroci pa so bili med merjenjem bosi.

Za določanje absolutne moči smo uporabili test stiska pesti (Wind, Takken, Helders in Engelberth, 2010), pri čemer je bil uporabljen hidravlični analogni dinamometer JAMAR (Asimow engineering Co, Los Angeles, CA), ki je ena izmed najbolj zanesljivih in uporabljenih naprav te vrste (van den Beld, van der Sanden, Sengers, Verbeek in Gabreels, 2006; Hamilton, McDonald in Chenier, 1992). Dinamometer JAMAR meri moč stiska od 0 do 90kg in ga lahko prilagajamo glede na velikost dlani posameznikov, saj ima 5 stopenj prilagajanja velikosti in je primeren tudi za otroke. Poleg tega je meritev hitra, enostavna, zanesljiva, rezultati, ki jih dobimo, pa so enostavni za analizo. Uporablja se v različne namene: za ugotavljanje splošnega zdravja, kot klinični test pri ugotavljanju različnih bolezni (npr. revmatidni artritis), pa tudi za oceno naraščanja moči otrok v odvisnosti od starosti (Newman idr., 1984).

Statistična analiza je bila izvedena s programom SPSS. Z metodo RANKIT smo otroke v vsaki starostni skupini razvrstili med zgodnje, povprečno in pozno dozorevajoče, z analizo variance (ANOVA) pa smo preverili razlike v mišični moči med njimi ter razlike med spoloma. Homogenost variance smo preverili z Levenovim testom, v primeru kršenja pogoja homogenosti variance pa smo uporabili Games-Howellov in Tukeyev HSD post-hoc test.

2.3. Postopek

Kronološko starost smo določili na dan testiranja. Oddaljenost posameznika od NPV smo izračunali tako, da smo od NPV odšteli kronološko starost in na ta način dobili oddaljenost posameznika od vstopa v adolescenco, to pa smo z metodo RANKIT rangirali glede na

starostno kategorijo in spol ter na ta način dobili standardizirane vrednosti biološkega dozorevanja. Po Gaussovi krivulji (normalna porazdelitev) smo rezultate razdelili v tri skupine, meji med njimi pa sta bila 25. in 75. percentil. Otroke v prvih 25. percentilih smo v vsaki starostni skupini razvrstili med pozno dozorevajoče, tiste med 25. in 75. percentilom med povprečno dozorevajoče in tiste nad 75. percentilom med zgodaj dozorevajoče.

Pri izvajanju meritev stiska dlani je bil upoštevan protokol merjenja glede na priporočila proizvajalca in na ustaljene protokole v podobnih raziskavah. Vsi testiranci so pri merjenju z dinamometrom sedeli na stolu, s stopali plosko na tleh, rame so bile naravno rotirane, kot v komolcu merjene dominantne roke je bil 90 stopinj in zapestje je bilo v nevtralnem položaju. Merjena roka ni bila podprta. Testiranci so meritve opravili trikrat, za nadaljno analizo pa smo upoštevali najboljši rezultat. Velikost ročke smo sproti prilagajali velikosti dlani otrok. Čas med posameznima ponovitvama je bil 20 sekund, otrok pa je moral med vsako ponovitvijo stisk zadržati vsaj 5 sekund. Meritve so bile izvedene med 8. in 14. uro. Obstoječe raziskave so pokazale, da se v primeru, če to mersko nalogo izvajamo stoje, to odraža v večji meri moč stiska, poleg tega pa na izražanje večje moči vpliva tudi, če imamo iztegnjen komolec ali ko je podlaht v supinacijskem položaju. Ugotovili so tudi, da se moč med dominantno in nedominantno roko razlikuje za približno 10%, vendar to velja predvsem za desničarje. Medtem ko pri otrocih, pri katerih je dominantna leva roka, niso opazili razlik v moči med dominantno in nedominantno roko (Innes, 2002).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1. Kronološka starost in najvišji prirastek višine

Povprečna kronološka starost celotnega vzorca je bila 10,85 let, povprečna kronološka starost deklet 10,78 let in povprečna kronološka starost fantov 10,91 let (Tabela 2).

Tabela 2

Povprečna kronološka starost deklet in fantov

Spol	N	Povprečna kronološka starost	SD
Fantje	1.066	10,914	1,756
Dekleta	1.020	10,777	1,732
Skupaj	2.086	10,847	1,745

Tabela 3 prikazuje povprečno vrednost NPV za fante (13,19 let), povprečno vrednost NPV za dekleta (11,64 let) in povprečno vrednost NPV celotnega vzorca (12,42 let). Iz Tabel 2 in 3 lahko razberemo, da je povprečna kronološka starost vzorca nižja od povprečne starosti ob nastopu NPV, kar pomeni, da večji del vzorca še ni vstopil v adolescenco.

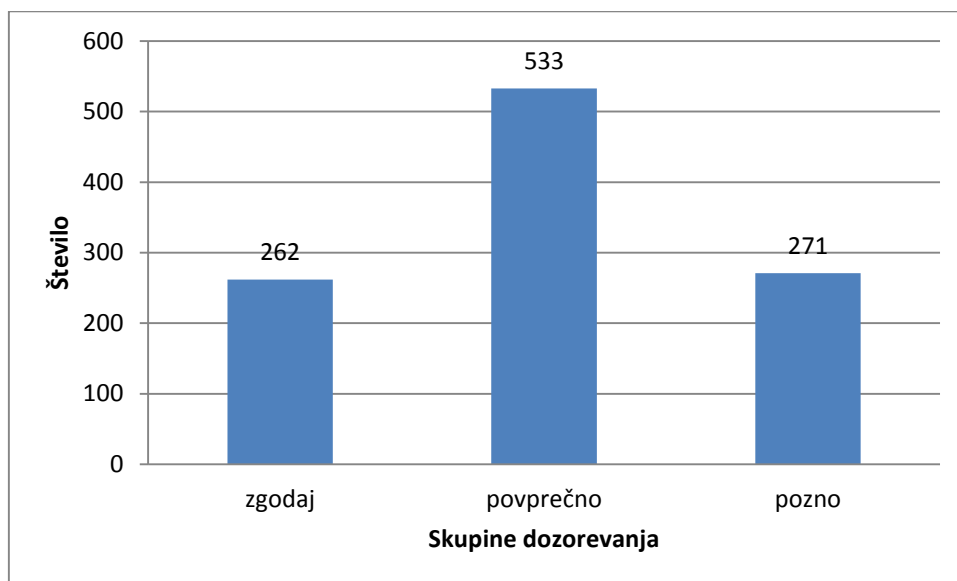
Tabela 3

Povprečna starost fantov in deklet ob NPV

Spol	N	Povprečna starost pri NPV	SD
Fantje	1.066	13,188	0,648
Dekleta	1.020	11,614	0,502
Skupaj	2.086	12,418	0,979

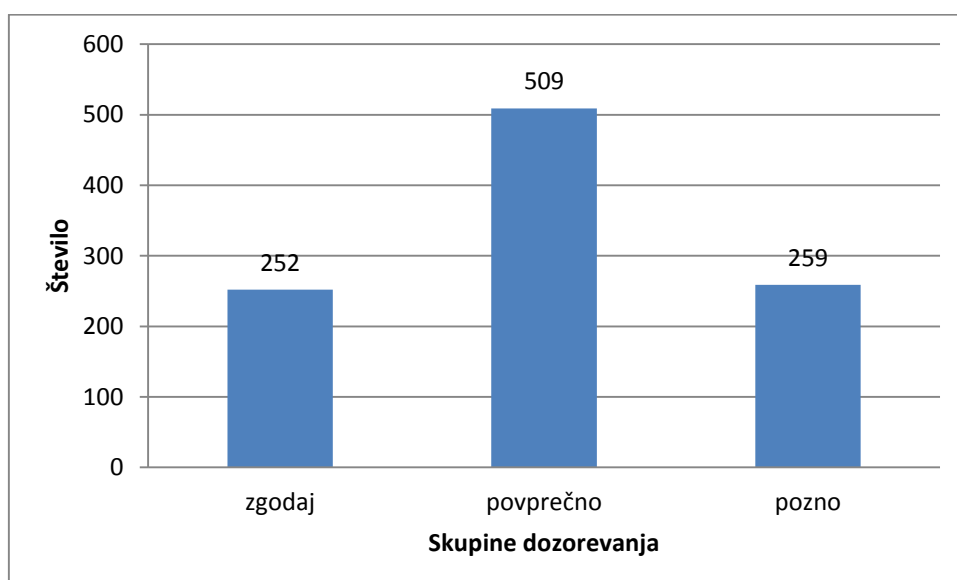
V nadaljevanju smo od kronološke starosti odšteli starost ob NPV in na ta način dobili oddaljenost posameznika od adolescence, rangirane vrednosti, na podlagi katerih smo razvrstili otroke v različne skupine dozorevanja, pa so predstavljene na slikah 1 in 2. V skupini zgodnjega dozorevanja je 262 fantov, kar predstavlja 24,6% fantov, v skupini

povprečno dozorevajočih je 533 fantov (50,0%), v skupini poznega dozorevanja pa je 271 fantov, kar predstavlja 25,4% vseh fantov.

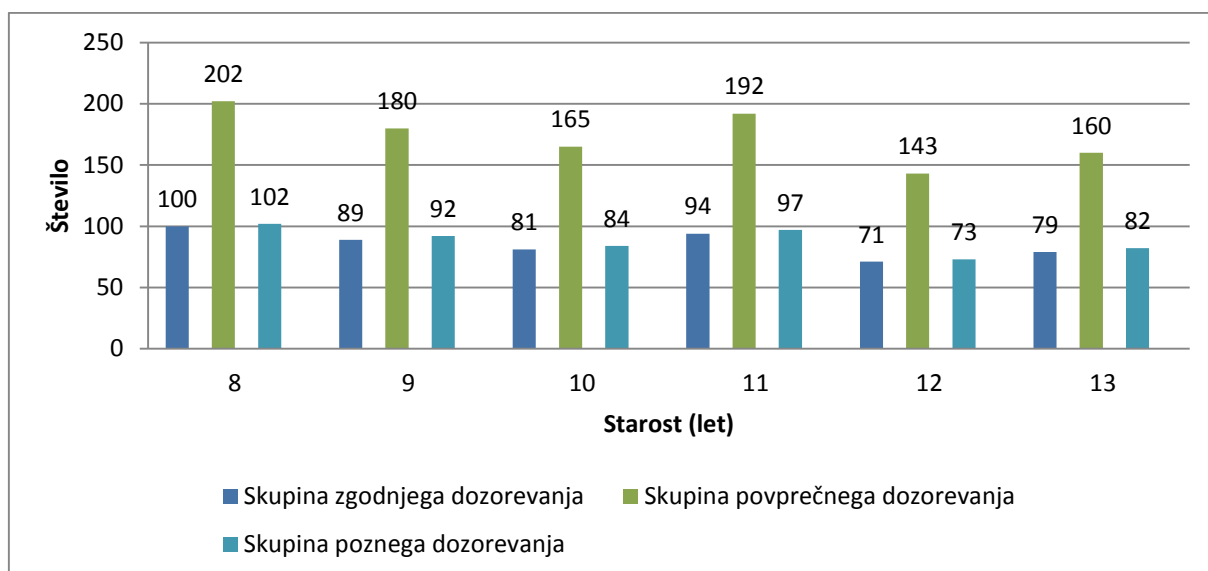


Slika 1. Število fantov v različnih skupinah biološkega razvoja

Slika 2 na enak način prikazuje razvrstitev deklet v skupine dozorevanja. V skupini zgodnjega dozorevanja je 252 deklet, kar predstavlja 24,7% vseh deklet, v skupino povprečno dozorevajočih se je razvrstilo 509 deklet, kar predstavlja 49,9% vzorca, in v skupino poznega dozorevanja 259 deklet, kar predstavlja 25,4% vseh deklet.



Slika 2. Število deklet v različnih skupinah biološkega razvoja



Slika 3: Število otrok v različnih skupinah biološkega razvoja po starosti

3.2. Razlike v mišični moči med zgodaj, povprečno in pozno dozorevajočimi otroki

Analiza variance je na ravni $p < 0,001$ pokazala, da ima biološka zrelost statistično značilen vpliv na izražanje moči stiska pesti [$F(2,083)=82,314$, $p < 0,001$]. Ker je Levenov test homogenosti varianc pokazal statistično pomembne razlike v varianci moči stiska pesti med različnimi skupinami dozorevanja ($F=18,281$, $p < 0,001$), smo uporabili Games-Howellow post-hoc test, ki je primeren za številčno heterogene skupine. Rezultati analize variance so pokazali (Tabela 4), da fantje in dekleta, ki dozorevajo pozno, izražajo statistično značilno nižjo povprečno moč stiska pesti.

Post-hoc primerjava z Games-Howellovim testom je pokazala razlike med pozno dozorevajočimi ($M=18,00$, $SD=5,48$) in tistimi, ki dozorevajo povprečno ($M=20,47$, $SD=6,57$) ali zgodaj ($M=23,19$, $SD=7,40$), kar lahko vidimo tudi na sliki 4.

Tabela 4

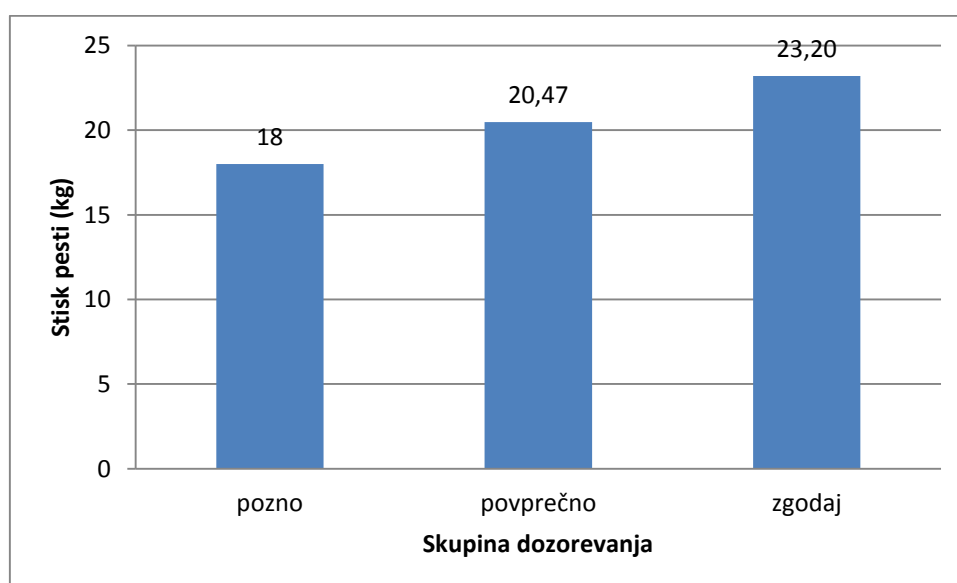
Analiza variance v mišični moči med različnimi skupinami biološkega razvoja

Skupina biološkega razvoja		Povprečna razlika (I-J)	SE**	Sig.	99% interval zaupanja	
I	J				Spodnja meja	Zgornja meja
pozno	povprečno	-2,472*	0,316	0	-3,395	-1,550
	zgodaj	-5,196*	0,402	0	-6,371	-4,021
povprečno	pozno	2,472*	0,316	0	1,550	3,395
	zgodaj	-2,724*	0,381	0	-3,836	-1,613
zgodaj	pozno	5,196*	0,402	0	4,021	6,371
	povprečno	2,724*	0,381	0	1,613	3,836

*povprečna razlika je statistično značilna na ravni 0,01.

**standardna napaka je ocenjen standardni odklon.

Razlike v mišični moči med posameznimi skupinami dozorevanja so opazne. Med skupino poznega in zgodnjega dozorevanja je razlika v moči kar 5,2 kg, kar pomeni, da imajo otroci, ki dozorevajo zgodaj, skoraj za tretjino višjo mišično moč od svojih pozno dozorevajočih vrstnikov iste kronološke starosti.



Slika 4. Moč stiska pesti po skupinah biološkega razvoja

Primerjava razlik v stisku pesti med fanti iz različnih skupin dozorevanja (Tabela 5) kaže, da ima biološka zrelost pri fantih statistično značilen vpliv na izražanje moči stiska pesti [$F(1.063)=45,181, p<0,001$].

Ker je Levenov test homogenosti varianc spet pokazal statistično pomembne razlike v varianci moči stiska pesti med različnimi skupinami dozorevanja ($F=20,406; p<0,001$), smo z Games-Howellovim post-hoc testom preverili razlike med njimi (Tabela 5).

Tabela 5

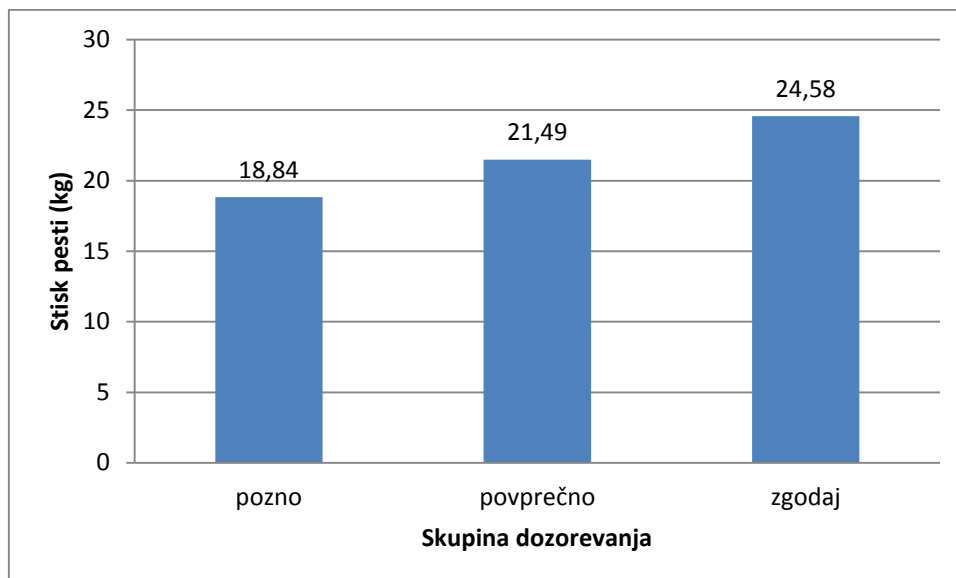
Analiza variance v mišični moči med fanti iz različnih skupin biološkega razvoja

Skupina biološkega razvoja	I	J	Povprečna razlika (I-J)	SE**	Sig.	99% interval zaupanja	
						Spodnja meja	Zgornja meja
pozno		povprečno	-2.656*	0,453	0	-3,981	-1,330
		zgodaj	-5.744*	0,609	0	-7,525	-3,962
povprečno		pozno	2.656*	0,453	0	1,330	3,981
		zgodaj	-3.088*	0,586	0	-4,805	-1,371
zgodaj		pozno	5.744*	0,609	0	3,962	7,525
		povprečno	3.088*	0,586	0	1,371	4,805

*povprečna razlika je statistično značilna na ravni 0,01.

**standardna napaka je ocenjen standardni odklon.

Na Sliki 5 vidmo, da je pri fantih, ki spadajo v skupino poznega dozorevanja, povprečna moč stiska pesti izrazito manjša v primerjavi z ostalima dvema skupinama. Fantje, ki so v skupini pozno dozorevajočih, imajo povprečno moč stiska pesti 18,8 kg, fantje, ki dozorevajo zgodaj, pa 24,6 kg; razlika je kar 5,8 kg.



Slika 5. Moč stiska pesti po skupinah biološkega razvoja pri fantih

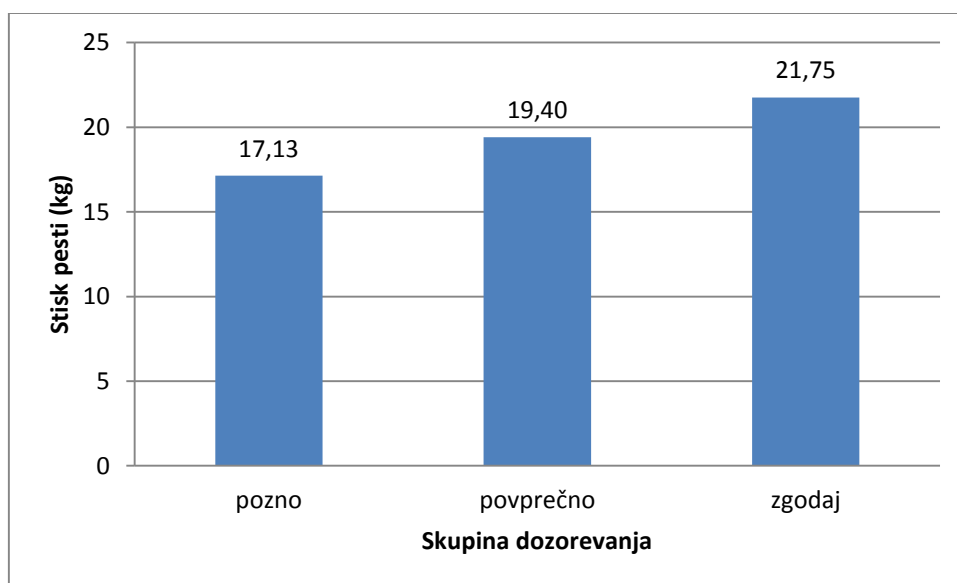
Tudi pri dekletih je analiza variance pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike v moči stiska pesti med dekleti različnih skupin biološkega razvoja [$F(1.017)=39,767$, $p<0,001$]. Ker Levenov test ni pokazal statistično značilnih razlik v varianci moči stiska pesti ($F=2,779$, $p<0,001$), smo s Tukeyevim HSD post-hoc testom pokazali, da imajo dekleta, ki dozorevajo kasneje, tudi nižjo stopnjo moči stiska pesti (Tabela 6).

Tabela 6

Analiza variance v mišični moči med dekleti iz različnih skupin biološkega razvoja

Skupina biološkega razvoja		Povprečna razlika (I-J)	SE	Sig.	99% interval zaupanja	
I	J				Spodnja meja	Zgornja meja
pozno	povprečno	-2.274*	0,451	0	-3,590	-0,957
	zgodaj	-4.618*	0,518	0	-6,131	-3,106
povprečno	pozno	2.274*	0,451	0	0,957	3,590
	zgodaj	-2.344*	0,447	0	-3,649	-1,040
zgodaj	pozno	4.618*	0,518	0	3,106	6,131
	povprečno	2.344*	0,447	0	1,040	3,649

Slika 6 prikazuje povprečno moč stiska dlani po skupinah biološkega razvoja pri dekletih. Dekleta, ki so v skupini poznega dozorevanja, imajo povprečno moč stiska dlani 17,1 kg, dekleta, ki so v skupini povprečnega dozorevanja, imajo povprečno moč stiska dlani 19,4 kg, povprečna moč stiska dlani pri dekletih, ki dozorevajo zgodaj, pa je 21,7 kg. Kot lahko opazimo, so razlike pri dekletih med posameznimi skupinami biološkega razvoja nekoliko manjše kot pri fantih, vendar še vedno statistično značilne. Tako se povprečna moč stiska dlani med skupinama deklet, ki dozorevajo zgodaj oz. pozno, razlikuje za 4,6 kg oziroma za 27%.



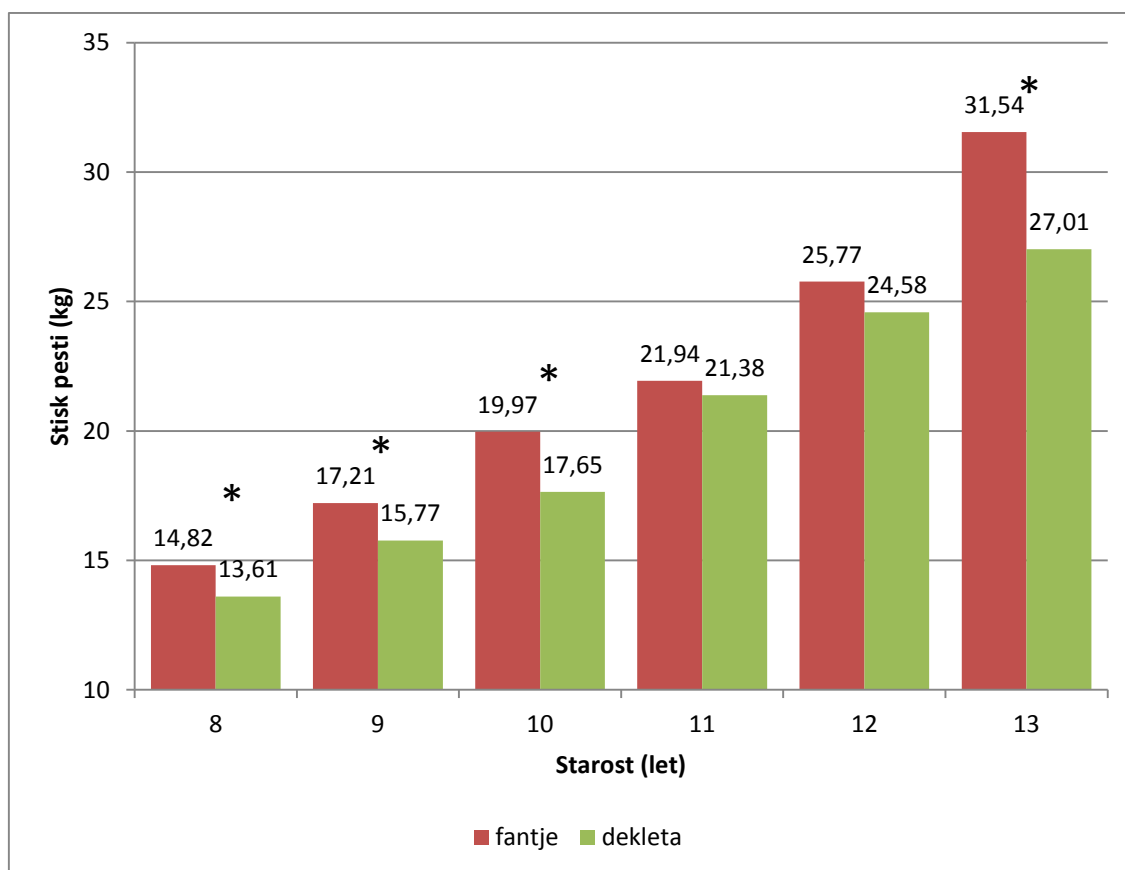
Slika 6. Moč prijema po skupinah biološkega razvoja pri dekletih

Rezultati kažejo, da hipoteze 1, ki pravi, da fantje in dekleta, ki dozorevajo bolj zgodaj, izražajo večjo mišično moč od fantov in deklet, ki dozorevajo povprečno ali pozno, ne moremo ovreči. Tudi fantje in dekleta, ki dozorevajo povprečno, izražajo večjo mišično moč, kot fantje in dekleta, ki dozorevajo pozno.

3.3. Razlike v mišični moči med fanti in dekleti

T-test za neodvisne vzorce je pokazal (Slika 7), da so imeli pri 8-letnikih fantje ($M=14,82$, $SD=2,83$) statistično značilno močnejši stisk pesti od deklet ($M=13,61$, $SD=2,85$), $t(402)=4,28$, $p<0,001$. Pri 9-letnikih je bila moč stiska pesti pri fantih za 9% odstotkov večja ($M=17,21$, $SD=3,48$) kot pri dekletih ($M=15,77$, $SD=3,43$), $t(359)=3,96$, $p<0,001$. Pri 10-

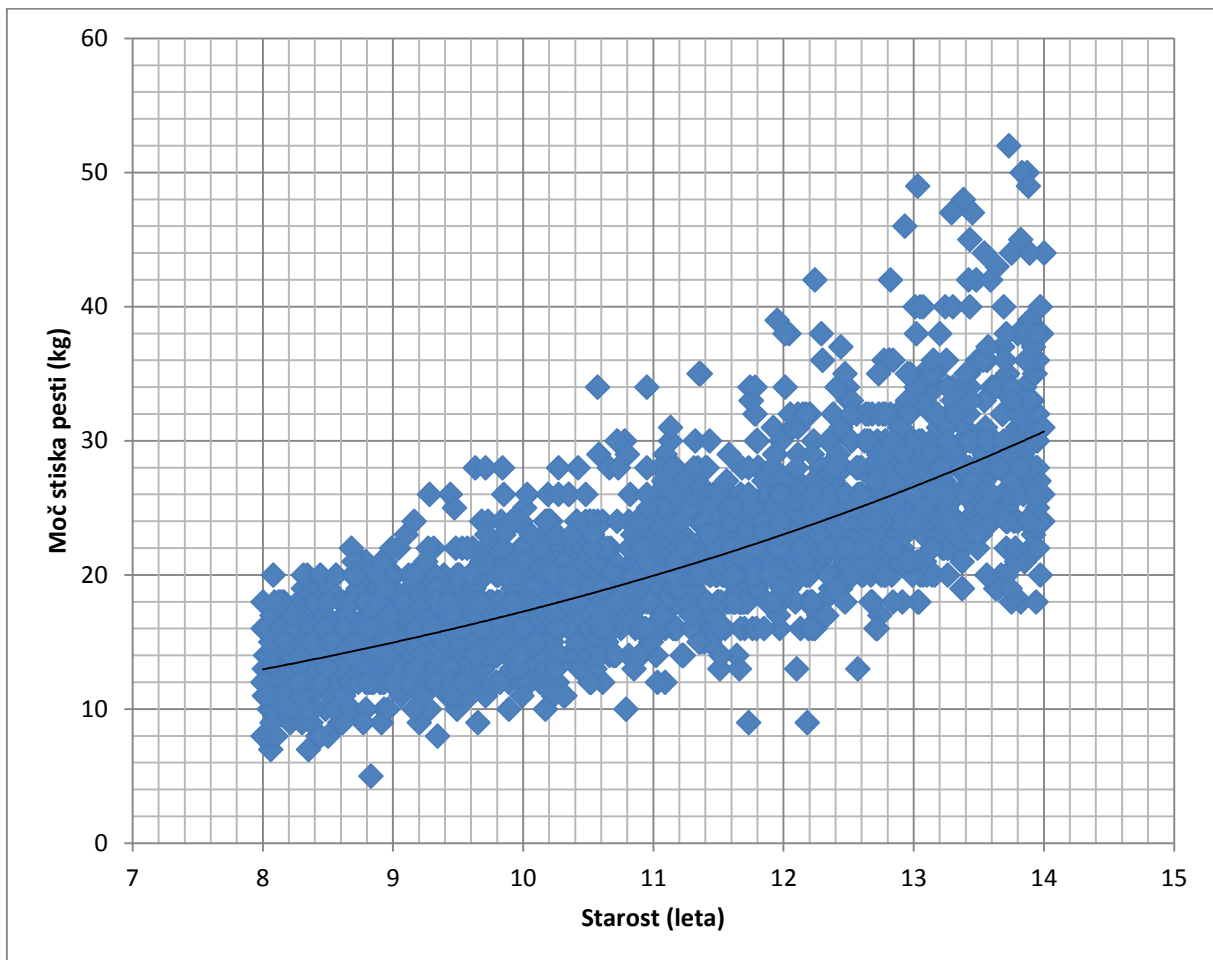
letnikih je razlika med fanti ($M=19,97$, $SD=3,89$) in dekleti ($M=17,65$, $SD=3,63$) narasla na 13%, $t(328)=5,59$, $p<0.001$, pri 11-letnikih pa je za razliko od fantov ($M=21,94$, $SD=4,16$) velik del deklet ($M=21,38$, $SD=4,18$) že vstopil v adolescenco ter se v moči približal fantom, tako da razlika 2,6% ni bila več statistično značilna, $t(381)=1,32$, $p=0,187$. V starostni skupini 12-letnikov je razlika v moči stiska pesti med fanti ($M=25,77$, $SD=5,70$) in dekleti ($M=24,58$, $SD=4,69$) spet začela naraščati, na skoraj 5%, ker so začeli v adolescenco vstopati tudi fantje, vendar razlika med njimi tudi v tej starostni skupini še ni bila statistično značilna, $t(285)=1,87$, $p=0,062$. V starostni skupini 13-letnikov, v kateri je v adolescenco vstopila že večina fantov, je razlika v stisku pesti med fanti ($M=31,54$, $SD=7,32$) in dekleti ($M=27,01$, $SD=4,38$) spet postala statistično značilna, $t(319)=6,79$, $p<0.001$, saj se je povečala skoraj na 17%. Hipotezo 2, ki pravi, da dekleta izražajo nižjo mišično mišično moč od fantov v vseh starostnih skupinah, tako lahko ovržemo, saj se statistično značilne razlike v mišični moči v skupini 11- in 12-letnih fantov in deklet niso izrazile.



Slika 7. Razlika v moči po spolu

3.4. Razvoj mišične moči glede na starost

Razvoj mišične moči glede na starost ne narašča povsem linearno, ampak eksponentno. To je še posebej opazno, ko otroci vstopijo v adolescenco. Razpršenost pa kaže na to, da se zaradi kasnejšega biološkega razvoja nekaterih otrok razlika v rezultatih povečuje s starostjo. Na sliki 8 lahko vidimo, kako moč linearno narašča s kronološko starostjo pri obeh spolih, zmerne razpršenost pa je posledica med drugim tudi biološkega razvoja posameznikov.



Slika 8. Trend naraščanja moči glede na kronološko starost

3.5. Razprava

Izsledki pričujočega diplomskega dela potrjujejo oziroma dodatno utemeljujejo izsledke sorodnih raziskav v svetu, ki pa jih zaradi zahtevnosti določanja biološkega razvoja ni veliko.

Sicer so raziskave, ki so določale nastop NPV, prišle do podobnih rezultatov, ki potrjujejo, da dekleta v puberteto vstopajo prej kot fantje.

Že prva raziskava, s katero sem primerjal rezultate te študije, je ugotovljala, da pri dekletih NPV nastopi pri 11,8 letih, pri fantih pa pri 13,4 letih. Tudi sami smo prišli do podobnih rezultatov, saj je povprečna starost, pri kateri dekleta v raziskavi ARTROS 2013 vstopajo v adolescenco, 11,6 let, pri fantih pa 13,2 let (Iuliano-Burns idr., 2001).

Raziskav, pri katerih bi analizirali vpliv dozorevanja na stisk pesti, nismo zasledili, medtem ko so Little, Day in Steinke (1997) preučevali različne kazalnike telesnega fitnesa, vključno z mišično močjo, deklet med 10. in 14. letom starosti, kjer so za kriterij adolescence uporabljali nastop menarhe. Tudi pri njih se je potrdilo, da so razlike v telesni moči pri različno dozorevajočih 10-letnicah manjše, kot pri 11-, 12- in 13-letnicah, saj je v 10. letu starosti le majhen del deklet že v adolescenci, medtem, ko je pri 13-letnicah v adolescenci že večina deklet.

Razlike v telesni moči med fanti in dekleti potrjujejo vse raziskave, ki so to preučevale; tako da se potrjuje zakonitost, da razlika med fanti in dekleti naraste po tem, ko fantje vstopijo v adolescenco, saj takrat zaradi povečevanja koncentracije testosterona v krvi začne pospešeno rasti mišična masa, čemur z rahlim časovnim zamikom sledi tudi izražanje mišične moči. Zaradi lažje primerjave s sorodnimi raziskavami po svetu še enkrat navajamo povprečne vrednosti stiska pesti (kg), ločene po starostnih skupinah in spolu (Tabela 7).

Tabela 7

Povprečne vrednosti stiska pesti slovenskega vzorca (raziskava ARTOS, 2013)

Starost	Fantje	Dekleta
8	14,8	13,6
9	17,2	15,8
10	20,0	17,6
11	21,9	21,4
12	25,8	24,6
13	31,5	27,0

Ferreira in sodelavci (2011) so s podobno raziskavo in enakim dinamometrom, pri kateri pa niso določali stopnje biološkega razvoja, pokazali, da razlike med fanti in dekleti v stisku pesti obstajajo tako v obdobju otroštva, kot v obdobju adolescence, žal pa neposredna primerjava njihovih izsledkov z našimi ni mogoča zaradi tega, ker so starostne skupine združili v dve skupini (Tabela 8).

Tabela 8

Povprečne vrednosti stiska pesti brazilskega vzorca (Ferreira idr., 2011)

Starost	Fantje	Dekleta
8-10	15,2	14,7
11-13	27,6	23,8

Do podobnih zaključkov so prišli tudi švedski raziskovalci (Hager-Ross in Rosblad, 2002), ki so izmerili 530 otrok, starih od 4 do 16 let. Uporabljali so dinamometer Grippit, ki ima podobne značilnosti kot dinamometer JAMAR (Svantesson, Norde, Svensson in Brodin, 2009), vendar pa ne daje neposredno primerljivih podatkov z dinamometrom JAMAR, saj kaže nižje maksimalne vrednosti stiska pesti (Massy-Westropp, Rankin, Ahern, Krishnan in Hearn, 2004). Kljub temu je iz Tabele 9 razvidno, da so razlike med fanti in dekleti v vseh starostnih skupinah podobne kot v našem primeru, precejšna odstopanja pa so vidna pri 10-letnicah, ki so dosegla nižje rezultate od 9-letnic, kar bi lahko pripisali majhnosti švedskega vzorca, saj posamezna starostna skupina ni presegala 30 merjencev. Podobno kot pri slovenskem vzorcu je tudi pri tem vzorcu največja razlika pri dekletih nastala med 10- in 11-letnicami, kar morda nakazuje na to, da so v adolescenco vstopale pri podobni starosti.

Tabela 9

Povprečne vrednosti stiska pesti švedskega vzorca (Hager-Ross in Rosblad, 2002)

Starost	Fantje*	Dekleta*
8	12,6	10,6
9	13,7	12,7
10	16,7	12,1
11	18,8	16,6
12	22,0	17,7
13	27,5	23,3

*podatki so pretvorjeni v kilograme

Tabela 10

Povprečne vrednosti stiska pesti litvanskega vzorca iz leta 1965 (Tutkuviene in Schiefenhovel, 2013)

Starost	Fantje	Dekleta
8	17,1	13,2
9	20,8	16,6
10	23,9	20,1
11	27,2	23,7
12	30,9	27,2
13	35,6	30,6

Tabela 11

Povprečne vrednosti stiska pesti litvanskega vzorca iz leta 1985 (Tutkuviene in Schiefenhovel, 2013)

Starost	Fantje	Dekleta
8	12,9	9,9
9	15,2	13,4
10	18,3	15,8
11	21,7	18,3
12	25,2	21,2
13	28,9	26,3

Kot zanimivost lahko dodamo, da so v okviru raziskave v Litvi primerjali dobljene rezultate iz leta 1965 in 1985. Vsi rezultati iz leta 1965 so višji, kot so rezultati slovenskih otrok iz leta 2013, vsi rezultati iz leta 1985 pa nižji (Tutkuviene in Schiefenhovel, 2013). Pri fantih lahko opazimo, da se razlika v moči med slovenskimi in litvanskimi otroki pri 11- in 12-letnikih zelo zmanjša in skoraj izgine, nato pa ponovno poveča. Možna razlaga bi bila, da litvanski otroci bolj zgodaj dozorevajo. Ker gre zgolj za ugibanje, bi bile potrebne dodatne raziskave za bolj natančne ugotovitve (Tutkuviene in Schiefenhovel, 2013).

4. SKLEP

Namen diplomskega dela je bil ugotoviti, kako biološka zrelost vpliva na razvoj mišične moči pri otrocih.

Postavili smo tri hipoteze, s preverjanjem katerih smo prišli do ugotovitev, ki so zelo koristne za uporabo v praksi. S tem, ko se je potrdilo, da v času adolescence biološka zrelost pomembno vpliva na mišično moč in ob upoštevanju raziskav, ki so v različnem obsegu preverjale tudi druge gibalne sposobnosti, dobimo dodaten močan argument za nujnost individualizacije pri načrtovanju in izvajanju športne vzgoje v šolah in trenažnih procesov v klubih. Treba je biti pozoren, da kot strokovni delavci v športu mladih znamo pravilno ovrednotiti rezultate, da nas ti ne zavedejo pri nadaljnjem načrtovanju.

Rezultati, ki smo jih statistično obdelali, so pokazali, da se pri fantih in dekletih, ki dozorevajo bolj zgodaj, to odraža tudi v večji mišični moči v primerjavi s tistimi, ki dozorevajo povprečno oz. pozno. To pomeni, da se moramo v zadostni meri posvetiti tudi posameznikom, ki imajo trenutno slabše rezultate. To je zelo pomembno že iz etičnega vidika, kot tudi, ko nas zanima zgolj vzgoja vrhunskih športnikov. Na žalost v praksi temu ni vedno tako. V športnih klubih, kjer so dejavni na različnih tekmovanjih, že pri otrocih prihaja do selekcije. Tu so v veliki prednosti otroci, ki dozorevajo zgodaj, saj so v danem trenutku zmogljivejši od vrstnikov, poleg tega pa so še dodatno deležni večje pozornosti na treningih, na voljo imajo več igralnega časa, dobijo več priložnosti. Zgodnje dozorevanje pa, razen že omenjenih (neupravičenih) bonitet v sklopu trenažnega procesa, nima nikakršnega dokazanega vpliva na kasnejše vrhunske rezultate v članski konkurenci. Vendar, če pogledamo študijo avtorjev Suslova in Kukalova iz leta 2004, opazimo naslednje. Avtorja sta analizirala, kolikšen delež športnikov obsega vsak razred biološkega razvoja. V raziskavo sta vključila ruske športnike, stare 12 do 15 let, ki so trenirali v regijskih ekipah. Kar 40% analiziranih je bilo zgodaj dozorevajočih, medtem ko je bilo pozno dozorevajočih le 20% deklet in 26% fantov. Znani so številni primeri, ko so vrhunski športniki dokaj pozno doživeli svoj razcvet in tudi obratno, ko so številni obetavni najstniki, ki so veljali za talente, kar naenkrat poniknili oziroma niso nikoli dočakali svojega razcveta tudi v članski konkurenci. Morda je najbolj znan primer športnika, ki je pozno dozorel, pa kljub temu imel izjemno kariero, košarkar Michael Jordan, ki se je šele pri 17. letih, v predzadnjem letniku srednje

šole, prebil v rezervno ekipo svoje šole. Leto pred tem so ga zavrnili, ker naj bi bil premajhen, nato pa je, kot pozno dozorevajoč, v tistem letu zrasel za 10 cm (Jardine, 2009).

Na tem mestu vidimo, da ima odkrivanje talentov le na osnovi rezultatov gibalnih nalog pri tej starosti vprašljivo vrednost, saj na rezultate izdatno vpliva biološka starost. Dve longitudinalni študiji, opravljeni s strani Wingate Institute (Lidor idr., 2005; Lidor, Hershko, Bilkevitz, Arnon in Falk, 2007) sta prišli do zaključka, da ni opazne povezave med rezultati meritev gibalnih sposobnosti in tem, kateri športniki so se v nadaljevanju svoje kariere uvrstili v reprezentanco. Vse to govori o tem, da v času odraščanja ni smiselno iz športa izključevati otrok, ki imajo pri merskih nalogah gibalnih sposobnosti nekoliko nižje rezultate. Velika previdnost je potrebna tudi pri interpretaciji tako imenovanih 'talent testov', pojavi se celo vprašanje, ali je njihova uporaba sploh smiselna (Jardine, 2009).

Seveda pa imamo na drugi strani opravka tudi z otroki, ki dozorevajo zgodaj in ti ravno tako potrebujejo posebno pozornost oziroma individualno obravnavo oziroma individualizacijo. Pri njih moramo biti pozorni, da nismo prehitro zadovoljni z rezultati, ki jih dosegajo, češ, da je za njihovo starost to ustrezen rezultat. Tudi njih je treba dodatno spodbujati in razvijati njihove gibalne sposobnosti (Jardine, 2009).

Zelo aplikativna je tudi ugotovitev, kako se moč različno razvija med spoloma. Rezultati diplomske naloge kažejo, da dekleta izražajo nižjo mišično moč od fantov v vseh starostnih skupinah. Vendar pa so do 12. leta razlike med spoloma zelo majhne in praktično zanemarljive. Po 12. letu razlike med spoloma postanejo nekoliko večje, saj mišična moč s kronološko starostjo tudi linerano narašča, kar je treba upoštevati tudi v praksi. V osnovni šoli se otroci pri urah športne vzgoje na koncu drugega vzgojno-izobraževalnega obdobja v 6. razredu ločijo po spolu. Tudi pri marsikaterih športih na klubski ravni se dekleta in fantje ločijo šele po 12. letu. Te ureditve so povsem na mestu in se ujemajo z ugotovitvami diplomske naloge. Obenem bi še lahko dodali, da je treba omenjeno ureditev dosledno izvajati tudi v praksi. Do 12. leta naj bodo naloge za fante in dekleta enako zahtevne. Če na primer 11 let starim fantom damo nalogo, da naredijo 5 pravih sklec, naj velja enaka naloga tudi za dekleta in ni treba prilagajati izvedbe s spuščanjem kolen ali kakšno drugo olajšavo. Fantje in dekleta so si namreč pri tej starosti po moči zelo podobni.

Še posebej pri dekletih je pomembno tudi okolje in ustrezná vadba, v prid čemur govori tudi raziskava Genetic influences on the development of grip strength in adolescence (1990-2012),

kjer so raziskovali, kako izražanje spolnih genov različno vpliva na razvoj fizične moči pri ženskah in moških. V času raziskave so opravili tri meritve moči stiska pesti. Testiranci (2.513) so bili na začetku raziskave stari 11 let, poleg tega pa so bili dvojčki, saj le pri njih lahko izključimo vpliv genetike in tako lahko opazujemo samo vpliv okolja. Uporabljali so dinamometer Lafayette. Prišli so do spoznanja, da ima genetski vpliv na razvoj večje moči večji vpliv pri fantih, kot pa pri dekletih (Isen, McGue in Iacono, 2014).

Kar se tiče poznavanja biološke zrelosti mladostnikov in ugotavljanja nastopa NPV, gre za zelo pomembno informacijo, ki pa se jo premalokrat uporablja in prevečkrat zanemarja. Pri ugotavljanju NPV gre za povsem neinvazivno, preprosto metodo, ki pa nam lahko veliko pove o otrokovem razvoju. Na ta način se lahko preprosto razloži veliko razlik, do katerih prihaja z odraščanjem. Obenem nam ta informacija omogoča boljše načrtovanje same vadbe, saj s tem, ko vemo, v kateri fazi razvoja se nahaja mladostnik, tudi lažje načrtujemo intenzivnost in obseg vadbenega procesa. Vsekakor bi bilo smiselno uvesti merjenje in uporabo NPV za namene uporabe pri športni vzgoji v šolah, kot tudi za uporabo pri trenažnem procesu v klubih. Ob tem bi bilo treba nujno pripraviti tudi pojasnila, kaj določeni rezultati pri določeni kronološki starosti pomenijo, ter smernice za nadaljno praktično uporabo.

5. VIRI

- Budoff, J. (2004). The Prevalence of rotator cuff weakness in patients with injured hands. *The journal of hand surgery*, 29(6), 1154–1159.
- Cheng, G., Buyken, A., Shi, L., Karaolis-Danckert, N., Kroke, A., Wudy, S., Degen, G. in Remer, T. (2012). Beyond overweight: nutrition as an important lifestyle factor influencing timing of puberty. *Nutrition reviews*, 70(3), 133–152.
- Ferreira, A., Shimano, A., Mazzer, N., Barbieri, C., Elui, V. in Fonseca, M. (2011). Grip and pinch strength in healthy children and adolescents. *Acta Ortopedica Brasileria journal*, 19(2), 92–97.
- Fry, A. C., Ciroslan, D., Fry, M. D., Leroux, C. D., Schilling, B. K. in Chiu, L. Z. (2006). Anthropometric and performance variables discriminating elite American junior men weightlifters. *Journal of strength and conditioning research*, 20(4), 861–866.
- Hager-Ross, C. in Rosblad, B. (2002). Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta paediatrica*, 91(6), 617-625.
- Hall, S. (2012). The biomechanics of the human upper extremity. V *Basic biomechanics* (p.186–220). Delaware: McGraw-Hill.
- Hamilton, G. F., McDonald, C. in Chenier, T. C. (1992). Measurement of grip strength: validity and reliability of the sphygmomanometer and jamar grip dynamometer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 16(5), 215–219.
- Innes, E. (1999). Handgrip strength testing: A review of the literature. *Australian occupational therapy journal*, 46(3), 120–140.
- Isen, J., McGue, M. in Iacono, W. (2014). Genetic influences on the development of grip strength in adolescence. *American Journal of Physical Anthropology*, 154(2), 189–200.

- Iuliano-Burns, S., Mirwald, R. in Bailey, D. (2001). Timing and Magnitude of Peak Height Velocity and Peak Tissue Velocities for Early, Average, and Late Maturing Boys and Girls. *American journal of human biology: the official journal of the Human Biology Council*, 13(1), 1–8.
- Jardine, P. (2009). Biological maturity and perceptions of talent. Pridobljeno iz <http://www.teambath.com/wp-content/uploads/2011/07/Biological-Maturity-and-Perceptions-of-Talent-3.pdf>
- Jurak, G., Kovač, M. in Starc, G. (2013). The ACDSi 2013 – The Analysis of Children's Development in Slovenia 2013: Study protocol. *Anthropological notebooks*, 19(3), 123–143.
- Li, Z., Zatsiorsky, V. in Latash, M. (2001). The effect of finger extensor mechanism on the flexor force during isometric tasks. *Journal of biomechanics*, 34(8), 1097–1102.
- Lidor, R., Falk, B., Arnon, M., Cohen, Y., Segal, G. in Lander, Y. (2005). Measurement of talent in team handball: the questionable use of motor and physical tests. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 19(2), 318–325.
- Lidor, R., Hershko, Y., Bilkevitz, A., Arnon, M. in Falk, B. (2007). Measurement of talent in volleyball: 15-month follow-up of elite adolescent players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 47(2), 159–168.
- Little, N., Day, J. in Steinke, L. (1997). Relationship of physical performance to maturation in perimenarchal girls. *American Journal of Human Biology*, 9(2), 163–171.
- Mackenzie, B., (2006). *Long Term Athlete Development (LTAD)*. Pridobljeno iz: <http://www.brianmac.co.uk/ltad.htm>
- Marieb, E. in Hoehn, K. (2010). Hormonal Regulation of male Reproductive Function. V *Human anatomy and physiology* (p. 1038–1040). San Francisco: Pearson Education.

- Massy-Westropp, N., Rankin, W., Ahern, M., Krishnan, J. in Hearn, T. C. (2004). Measuring grip strength in normal adults: reference ranges and comparison of electric and hydraulic instruments. *American Journal of Hand Surgery*, 29,514–519.
- Mirwald, R., Baxter-Jones, A., Bailey, D. in Beunen, G. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689–694.
- Newman, D. G., Pearn, J., Barnes, A., Young, C. M., Kehoe, M., Newman, J. (1984). Norms for hand grip strength. *Archives of Disease in Childhood*, 59, 453–459.
- Smith, T., Smith, S., Martin, M., Henry, R., Weeks, S. in Bryant, A. (2006). Grip strength in relation to overall strength and functional capacity in very old and oldest females. *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics*, 24(4), 63–78.
- Suslov, F. P. in Kulakov, V. N. (2004). *Contemporary Approach to the Estimation of Training and Prospects of Young Athletes*. Pridobljeno iz: <http://www.athleticscoaching.ca>
- Svantesson, U., Norde, M., Svensson, S. in Brodin, E. (2009). A comparative study of Jamar and the Grippit for measuring handgrip strength in clinical practice. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(2), 85–91.
- Tutkuvienė, J. in Schiefenhover, W. (2013). Laterality of handgrip strength: age- and physical training- related changes in Lithuanian schoolchildren and conscripts. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1288(1), 124–134.
- Ušaj, A. (2013). Moč. V *Kratek pregled osnov športnega treniranja* (str.118–150). Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Waldo, B. (1996). Grip strength testing. *Strength & Conditioning*, 18(5), 32–35.

- van den Beld, W. A., van der Sanden, G. A. C., Sengers, R. C. A., Verbeek, A. L. M. in Gabreels, F. J. M. (2006). Validity and reproducibility of the Jamar dynamometer in children aged 4-11 years. *Disability & Rehabilitation*, 28(21), 1303–1309.
- Wind, A. E., Takken, T., Helders, P. J. in Engelberth, R. H. (2010). Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults?. *European Journal of Pediatrics*, 169(3), 281–287.
- Yague, P. in De La Fuente, M. (1998). Changes in Height and Motor Performance Relative to Peak Height Velocity: A Mixed-Longitudinal Study of Spanish Boys and Girls. *American Journal of Human Biology*, 10(5), 647–660.
- Yasuo, G., Daisaku, T., Nariyuki, M., Jun'ya, S., Toshihiko, O., Masahiko, M. in Yoshiyuki, M. (2005). Relationship between grip strength and surgical results in rotator cuff tears. *Katakansetsu*, 29(3), 559–562.