

ФИЗИЧКА СПРЕМНОСТ ДЕЦЕ УЗРАСТА 10 ГОДИНА: ОДНОС ИЗМЕЂУ АНТРОПОМЕТРИЈСКИХ МЕРА И МОТОРИЧКИХ СПОСОБНОСТИ

Драган Бранковић¹, Владан Пелемиш¹, Филип Којић¹, Владимир Живановић¹,
Сандра Милановић²

¹Факултет за образовање учитеља и васпитача, Универзитет у Београду, Србија

²Факултет за образовање, Универзитет у Крагујевцу, Србија

Сажетак

Циљ овог истраживања био је темељно испитати везе између антропометријских карактеристика и моторичких способности код деце млађег школског узраста. Узорак је обухватио 285 ученика (140 дечака и 145 девојчица, узраста 10 година). Разлике између полова у антропометријским и моторичким варијаблама одређене су независним т-тестом, док је вишеструка линеарна регресија коришћена како би се испитао утицај антропометријских карактеристика на резултате тестова моторичких способности. Девојчице су биле значајно више, са већом седећом висином, дужином ногу и руку, као и ширим раменима. Девојчице су имале веће вредности телесне масе и дебљине кожных набора, као и боље резултате на тестовима флексибилности, у поређењу са дечама ($t=1,384-3,290$, $p<0,05$). Насупрот томе, дечаци су показали боље резултате на тестовима за процену координације, брзине, аеробне издржљивости и снаге. Осим варијабли за процену сегментарне брзине и флексибилности, сви моторички тестови показали су мале до велике корелације са антропометријским мерама. Дебљина кожных набора, индекс телесне масе, обим руке, заједно са дужином ногу и дијаметром зглоба, објаснили су 44% варијације експлозивне снаге, док је 32% аеробне издржљивости објашњено обимом ногу, индексом телесне масе и дебљином кожных набора. Ови резултати указују да антропометријске мере имају значајан утицај на неколико моторичких способности, посебно експлозивну снагу и аеробну издржљивост, док се улога антропометрије на флексибилност, сегментарну брзину и координацију чини занемарљивом.

Кључне речи: АЕРОБНА ИЗДРЖЉИВОСТ / БРЗИНА / СНАГА / ИНДЕКС ТЕЛЕСНЕ МАСЕ / КОЖНИ НАБОРИ

УВОД

Кретање представља једну од основних људских потреба која одржава живот (Abernethy, Kippers, & Hanrahan, 2013). Физичка активност је основа, не само за здрав и квалитетан начин провођења слободног времена, већ и за биолошку целовитост модерног човека. Физичка активност има позитиван утицај на опште здравствено стање, укључујући и физичко и ментално благостање (Pelemiš et al., 2015). Било која физичка активност детерминише се моторичким (или физичким) способностима и уопште, моторичке способности могу бити дефинисане као генетски детерминисане карактеристике које утичу на перформансе извођења покрета, и претежно се

односе на димензије, као што су: координација, флексибилност, брзина и различити показатељи снаге и аеробне издржљивости (Bala & Porovic, 2007). Такође, физичка спрема, поред поменутих моторичких способности, укључује и морфолошке карактеристике (антропометријске мере и телесну композицију) (према Medicine, A. C. O. S., 2013). Код деце, физичка спремност представља један од најважнијих здравствених показатеља и требало би је сматрати важним чиниоцем будућег квалитета живота и учешћа у спорту (Battista et al., 2021). Као такав, мониторинг физичке спремности је изузетно важан у физичком васпитању, јер обезбеђује неопходне информације о општем здравственом стању деце.

Међусобна повезаност између морфолошких фактора и физичке спремности код деце је добро документована. Међу многим морфолошким факторима, мерења адипозитета (BMI – индекс телесне масе, дебљина набора коже, проценат масти и телесна маса) показала су се као најважнији предиктори ФС код деце (Pillsbury, Oria, & Pate, 2013). Конкретно, BMI се показао да негативно утиче на моторичке способности код деце и адолесцената, са кофицијентом корелације који варира од малог до умереног (Pelemiš et al., 2019; Fiori et al., 2020). Већа повезаност примећена је код мерења телесног састава, где дебљина набора коже и/или масноћа могу објаснити скоро 70% варијације у снази, брзини и аеробној издржљивости (França et al., 2022). Такође, позитивна повезаност је пронађена између висине тела, безмасне масе тела (FFM) и различитих тестова за процену брзине, апсолутне и експлозивне снаге (Katsikadelis & Đokić, 2020; Leão et al., 2022; Avcin et al., 2023). Заправо, само флексибилност и равнотежа изгледа да нису „погођени“ морфолошким факторима (D'Hondt, Deforche, De Bourdeaudhuij, & Lenoir, 2009; Katsikadelis & Đokić, 2020).

Иако је веза између поменутих морфолошких мерења и физичке спремности код деце добро документована, постоји мало података о мерењима антропометријских телесних сегмената, као што су мерења дужине тела (дужина ногу, седећа висина итд.) и мерења обима и дијаметара тела (обим ногу, дијаметар чланка, стопала, колена, шаке и др.). Ово је поприлично изненађујуће, ако се узме у обзир да ова мерења (посебно она која утичу на биомеханику карличног појаса и инерциона својства потколенице) значајно одређују карактеристике хода (Šentija, Rakovac, & Babić, 2012). Штавише, мере дужине, пречника и обима могу бити веома важне за перформансе снаге (Jarić, 2002). Стога је циљ овог истраживања био да се темељно истражи веза између ФС (координације, флексибилности, аеробне издржљивости и различитих типова снаге) и антропометријских карактеристика (укључујући мерења дужине, обима, дијаметара и дебљине кожних набора) код деце млађег школског узраста (10 година). Овај специфичан узраст испитаника је одабран због тога што се млађи школски узраст сматра “златним периодом за физичке способности” (Kurelić et al., 1975); тј. овај период је окарактерисан брзим развојем скоро свих компоненти физичке спремности.

МЕТОД РАДА

Узорак је обухватио 285 ученика (140 дечака и 145 девојчица, узраста $10,44 \pm 0,33$ године). Величина овог узорка је била образложена претходним анализама снаге, користећи G-power софтвер са циљном вредношћу корелације (r) од 0,3, алфа нивоа од 0,05 и снаге ($1-\beta$) од 0,80 (Eng, 2003). Сви учесници су били здрави, без историје мишићно-скелетних повреда или кардиоваскуларних здравствених проблема. Такође, учесници и њихови родитељи су били информисани о експерименталним процедурама и потенцијалним ризицима и потписали су писану информисану сагласност пре учешћа у истраживању. Истраживање је одобрено од стране Институционалне етичке комисије и спроведено у складу с Хелсиншком декларацијом.

Експериментални протокол се састојао од две сесије лабораторијског тестирања; у првој сесији је процењен антропометријски статус, док је у другој сесији процењена физичка спремност. Свака сесија је извршена у јутарњим часовима (8-11 часова), при константној температури у просторији од 20-25°. Сви испитаници су били упознати са моторичким тестовима приликом два виђања која су претходила прикупљању података и саветовани су да избегавају физичку активност и узимање чврсте хране два сата пре тестирања.

Антропометријска процена укључила је уздужне - линеарне, кружне и попречне димензије, као и дебљину кожних набора, према препорукама Вестата (Westat, 1988). Линеарне променљиве су мерене помоћу преносивог антропометра Мартин (Siber-Hegner, Швајцарска), са тачношћу од 0,1 cm, а обухватале су: телесну висину, седећу висину (растојање између површине за седење и врха главе), дужину ногу (растојање од великог трохантера бутне кости доминантне ноге до подлоге.) и дужину руку (растојање између акромиона лопатнице и средњег прста). Циркуларне мере, мерене су помоћу нерастегљиве мерне траке Харпенден (Holstein Ltd.), са тачношћу од 0,1 cm, и обухватале су обим надлактице и натколенице. За процену трансверзалних мера (ширина кукова, рамена, зглоба) коришћен је цефалометар (GPM Instruments, Швајцарска), са тачношћу од 0,1 cm. Дебљина кожног набора (КН) бицепса, трицепса, подлопатичне области и набора коже абдомена је утврђена коришћењем Харпенденовог калипера за мерење дебљине кожног набора (Harpenden, West Sussex, Велика Британија) према процедурама описаним од стране Естона и Рајлија (Eston & Reilly, 2001). Укратко, испитаници су били у верти-

калном положају са опуштеним рукама. За КН бицепса и трицепса, означена тачка је била лоцирана у мезобрахијалној регији, док је за КН стомака тачка била лоцирана 5 cm изнад пупка. За КН подлопатичне области, означена тачка је била лоцирана испод левог угла лопатице. Сва мерења КН су извршена на левој страни тела. Почетна и крајња мерења реализовали су професори физичког васпитања са искуством у раду, у јутарњим часовима (8-10 часова) при константној температури у соби (20-25°C).

Батерија тестова је обухватала укупно осам тестова и организована је према стандардизованом протоколу (Bala & Porovic, 2007): за процену сегментарне брзине – тапинг руком (freq); за процену флексибилности тела – претклон у седу (cm); за процену експлозивне снаге – скок удаљ из места (cm); за процену координације тела – одбијање лопте од зида (freq); за процену издржљивости у снази – издржај у згибу (s); за процену снаге горњег дела тела – подизање трупа за 30 секунди (freq); за процену брзине – чунасто трчање 10x5 м. (s); за процену аеробне издржљивости – шатл ран тест (s). Сва тестирања обавили су наставници физичког васпитања. Посебно је посвећена пажња правилном извођењу задатака током целог тестирања.

Шапиро-Вилксов тест је коришћен за тестирање нормалности дистрибуције. Серија независних т-тестова коришћена је како би се утврдиле разлике између полова у тестираним варијаблима. Пирсонов кофицијент корелације коришћен је како би се испитала веза између моторичких и антропометријских варијабли. Квалитативна тумачења r кофицијената дефинисана су на следећи начин 0,00–0,09 занемарљива; 0,10–0,29 мала; 0,30–0,49 умерена; 0,50–0,69 велика; 0,70–0,89 врло велика; 0,90–0,99 скоро савршена; 1,00 потпуно савршена, (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009) (0,00–0,09 занемарљива; 0,10–0,29 мала;

0,30–0,49 умерена; 0,50–0,69 велика; 0,70–0,89 врло велика; 0,90–0,99 скоро савршена; 1,00 потпуно савршена). Даље, кофицијенти корелације директно су упоређивани са њиховим интервалима поверења од 95%. Вишеструка регресија примењена је како би се идентификовао најбољи модел, састављен од антропометријских варијабли, за предвиђање резултата сваког моторичког теста. Пре анализе регресије, мултиколинеарност је испитана коришћењем факторске анализе варијансе (ФАВ), и свака варијабла која је имала ФАВ од 10 или већи, искључена је из модела. Статистичка анализа је спроведена коришћењем софтверског пакета IBM SPSS Statistics (верзија 21, SPSS Inc., Chicago, IL, SAD). Сви подаци су представљени средњом вредношћу и стандардном девијацијом, а као статистички значајна детерминанта узета је вредност $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛТАТИ

Полне разлике у тестираним варијаблима

Као што се и очекивало, постојале су разлике између полова у антропометријским и моторичким варијаблима. У поређењу са дечама, девојчице су биле више ($t = 3,290$, $p < 0,01$), имале су већу седећу висину ($t = 3,500$, $p < 0,01$), дужину ногу ($t = 2,994$, $p < 0,01$) дужину руку ($t = 2,754$, $p < 0,01$), као и већу ширину кукова ($t = 3,667$, $p < 0,01$). Такође, уочена је већа телесна маса ($t = 2,150$, $p < 0,01$) и дебљина кожних набора ($t = 1,384 - 2,410$, $p < 0,05$), као и бољи резултати на тесту за процену флексибилности код девојчица ($t = 4,669$, $p < 0,01$). Дечаци су показали значајно боље резултате у тестовима скок удаљ из места ($t = 2,902$, $p < 0,01$), одбијање лопте од зида ($t = 3,378$, $p < 0,01$), издржај у згибу ($t = 3,236$, $p < 0,01$), чунасто трчање 10x5 м. ($t = 4,210$, $p < 0,01$) и шатл ран тесту ($t = 5,298$, $p < 0,01$) (табела 1).

Табела 1 Полне разлике у антропометријским и моторичким варијаблама

Варијабле	Дечаки	Девојчице	<i>p</i>
Телесна висина (cm)	141.84 ± 7.01	144.75 ± 7.39	0.001
Телесна маса (kg)	35.94 ± 7.76	37.93 ± 7.18	0.033
ВМИ (kg/m ²)	17.72 ± 2.67	18.02 ± 2.65	0.363
Седећа висина (cm)	74.09 ± 3.82	75.73 ± 3.81	0.001
Дужина ноге (cm)	80.30 ± 4.68	82.10 ± 5.06	0.003
Дужина руке (cm)	58.76 ± 3.38	59.90 ± 3.36	0.006
Ширина рамена (cm)	31.44 ± 1.95	31.57 ± 1.79	0.570
Ширина кукова (cm)	23.98 ± 1.82	24.76 ± 1.6	< 0.001
Дијаметар ручног зглоба (cm)	4.58 ± 0.33	4.55 ± 0.32	0.494
Обим надлактице (cm)	21.04 ± 2.76	21.49 ± 2.40	0.168
Обим натколенице (cm)	29.46 ± 2.92	29.98 ± 2.84	0.145
Кожни набор бицеп. (mm)	7.56 ± 3.32	8.56 ± 3.39	0.017
Кожни набор триц. (mm)	13.08 ± 5.00	14.33 ± 4.66	0.038
Поткожно ткиво (BMI) (mm)	9.38 ± 5.62	11.54 ± 6.93	0.005
Кожни набор абдом. (mm)	13.13 ± 8.54	16.86 ± 9.44	0.001
Тапинг руком (freq)	15.56 ± 2.10	15.32 ± 1.63	0.296
Претклон у седу (cm)	16.49 ± 5.70	19.90 ± 6.12	< 0.001
Скок удаљ из места (cm)	149.70 ± 22.13	141.61 ± 23.16	0.004
Одбијање лопте од зида (freq)	13.87 ± 3.69	12.40 ± 3.38	0.001
Подизање трупа за 30 сек. (freq)	19.53 ± 5.29	18.49 ± 5.26	0.112
Изддржај у згибу(s)	20.23 ± 18.02	13.62 ± 14.83	0.001
Чунасто трчање 10x5 м. (s)	21.98 ± 1.99	22.99 ± 1.91	< 0.001
Шатл ран тест (s)	239.80 ± 102.85	179.71 ± 78.19	< 0.001

Однос између антропометријских и моторних варијабли

Осим тестова тапинг руком ($r = 0,015 - 0,105$, $p \geq 0,088$) и претклон у седу ($r = 0,001 - 0,122$, $p \geq 0,054$), сви моторички тестови показали су мале или велике корелације са антропометријским мерама. Конкретно, тест скок удаљ из места показао је најјачу везу са варијаблама за процену дебљине кожных набора ($r = 0,475 - 0,547$, $p < 0,01$), затим ВМИ, обим надлактице и обим потколенице ($r = 0,254 - 0,450$, $p < 0,01$), и дијаметар ручног зглоба ($r = 0,197 - 0,296$, $p < 0,05$). Издржљивост у згибу, подизање трупа за 30 сек., чунасто трчање 10x5 м., и шатл ран тест показали су умерене до велике корелације са мерама дебљине кожног набора

($r = 0,352 - 0,556$, $p < 0,01$), а умерене корелације са ВМИ ($r = 0,307 - 0,471$, $p < 0,01$). Додатно, издржљивост у згибу и шатл ран тест умерено су били повезани са телесном масом и ширином кукова ($r = 0,343 - 0,435$, $p < 0,01$). Обим надлактице и обим натколенице показали су умерену корелацију ($r = 0,350 - 0,443$, $p < 0,01$) са шатл ран тестом и тестом издржљивост у згибу, а слабе ($r = 0,171 - 0,254$, $p < 0,05$) или безначајне са другим моторичким тестовима. Такође, мале корелације ($r = 0,126 - 0,203$, $p < 0,05$) уочене су између теста одбијање лопте од зида са варијаблама за процену дебљине кожных набора, дијаметара скочног зглоба и седећом вишином (табеле 2 и 3).

Табела 2 Однос моторичких тестова и антропометријских мера

Варијабле	Тапинг руком		Претклон у седу		Скок удаљ из места		Одбијање лопте од зида	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Телесна висина	-0.034	0.578	-0.048	0.439	0.076	0.216	0.141	0.022
Телесна маса	0.018	0.777	-0.066	0.285	-0.296	0.000	0.017	0.784
ВМІ	0.047	0.447	-0.056	0.368	-0.450	0.000	-0.068	0.270
Седећа висина	-0.043	0.484	0.017	0.781	0.048	0.436	0.126	0.042
Дужина ноге	-0.078	0.205	-0.064	0.299	0.130	0.034	0.181	0.003
Дужина руке	0.006	0.920	-0.026	0.672	0.120	0.051	0.138	0.025
Ширина рамена	-0.035	0.572	0.001	0.998	0.075	0.222	0.129	0.037
Ширина кукова	-0.023	0.711	0.011	0.861	-0.201	0.001	-0.001	0.983
Дијаметар ручног зглоба	-0.088	0.152	0.035	0.571	0.197	0.001	0.203	0.001
Обим надлактице	0.026	0.674	-0.053	0.389	-0.352	0.000	-0.007	0.905
Обим натколенице	-0.029	0.643	-0.082	0.186	-0.254	0.000	-0.004	0.950
Кожни набор над бицепсом	0.036	0.558	-0.115	0.061	-0.525	0.000	-0.173	0.005
Кожни набор над трицепсом	0.030	0.623	-0.122	0.054	-0.547	0.000	-0.196	0.001
Кожни набор над лопатицом	0.015	0.815	-0.059	0.343	-0.475	0.000	-0.078	0.206
Кожни набор абдомена	0.105	0.088	-0.081	0.191	-0.522	0.000	-0.155	0.012

Табела 3 Однос моторичких тестова и антропометријских мера

Варијабле	Подизање трупа за 30 сек.		Издржај у згибу		Чунасто трчање 10x5 м.		Шатл ран тест	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Телесна висина	-0.054	0.380	-0.220	0.000	-0.019	0.759	-0.092	0.138
Телесна маса	-0.243	0.000	-0.435	0.000	0.242	0.000	-0.388	0.000
ВМІ	-0.307	0.000	-0.450	0.000	0.343	0.000	-0.471	0.000
Седећа висина	-0.089	0.147	-0.222	0.000	0.017	0.787	-0.140	0.023
Дужина ноге	-0.014	0.820	-0.153	0.013	-0.077	0.215	-0.009	0.888
Дужина руке	0.048	0.433	-0.192	0.002	-0.072	0.245	-0.074	0.230
Ширина рамена	-0.052	0.397	-0.193	0.002	-0.023	0.707	0.113	0.066
Ширина кукова	-0.210	0.001	-0.383	0.000	0.167	0.006	-0.344	0.000
Дијаметар ручног зглоба	0.055	0.371	-0.010	0.876	-0.158	0.010	0.077	0.215
Обим надлактице	-0.200	0.001	-0.409	0.000	0.253	0.000	0.433	0.000
Обим натколенице	-0.171	0.005	-0.382	0.000	0.198	0.000	-0.350	0.000
Кожни набор над бицепсом	-0.352	0.000	-0.476	0.000	0.418	0.000	-0.523	0.000
Кожни набор над трицепсом	-0.345	0.000	-0.487	0.000	0.468	0.000	-0.556	0.000
Кожни набор над лопатицом	-0.341	0.000	-0.375	0.000	0.361	0.000	-0.418	0.000
Кожни набор абдомена	-0.405	0.000	-0.457	0.000	0.415	0.000	-0.485	0.000

Из разлога што тестови тапинг руком и претклон у седу нису показали значајне корелације са антропометријским мерама, искључени су из даље анализе регресије. За тест скок удаљ из места, најбољи модел укључивао је шест варијабли: дужину ногу, дијаметар ручног зглоба, обим надлактице, као и кожне наборе бицепса, трицепса и абдомена, који су објаснили око 42% ($f = 31.256$, $p < 0.001$) варијабилности теста скок удаљ из места.

Слика 1a приказује једначину за модел: $y = 0.76$ дужина ноге + 8.36 дијаметар ручног зглоба + 1.76 обим надлактице – 1.23 кожни набор бицепса – 1.44 кожни набор трицепса – 0.89 кожни набор абдомена + 51.16 .

За тест одбијање лопте од зида, најбољи модел укључивао је две варијабле: дијаметар ручног зглоба и кожни набор трицепса, и објаснио је око 8% ($f = 12.316$, $p < 0.001$) варијабилности моторичког теста.

То је приказано на слици 1b једначином: $y = 2.44$ дијаметар ручног зглоба – 0.16 кожни набор трицепса + 4.09 .

За тест подизање трупа за 30 сек., најбољи модел укључивао је три варијабле: обим надлактице, кожни набор бицепса и кожни набор абдомена, који су објаснили око 22% ($f = 25.651$, $p < 0.001$) варијабилности моторичког теста,

Слика 1c приказује једначину: $y = 0.92$ обим надлактице – 0.43 кожни набор бицепса – 0.31 кожни набор абдомена + 7.58 .

За тест издржљивост у згибу, најбољи модел укључивао је пет варијабли: BMI, дужину руке, обим надлактице, као и кожне наборе бицепса и трицепса, који су објаснили око 27% ($f = 19.105$, $p < 0.001$) варијабилности моторичког теста.

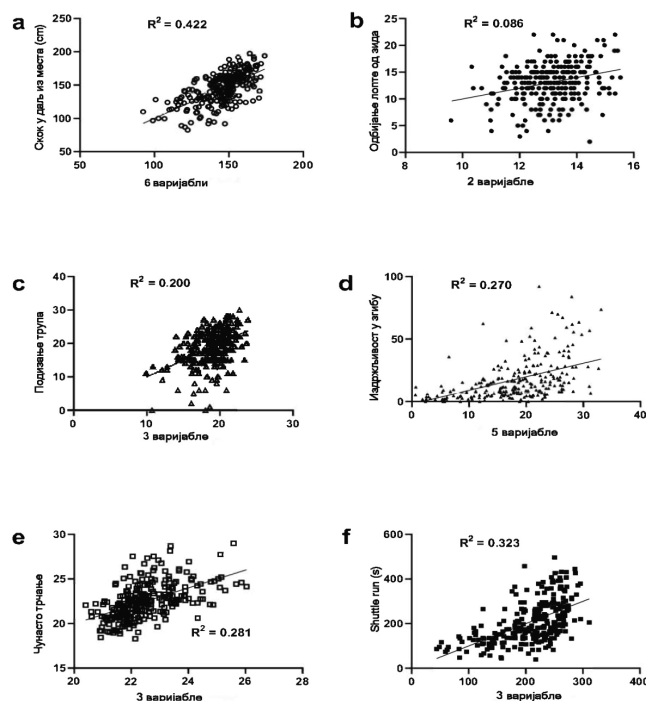
То је такође приказано на слици 1d, једначином: $y = -2.29$ bmi – 0.82 дужина руке + 2.50 обим надлактице – 1.07 кожни набор бицепса – 1.20 кожни набор трицепса + 78.56 .

За тест чунасто трчање 10x5 м., најбољи модел укључивао је три варијабле: обим надлактице, као и кожне наборе трицепса и абдомена, који су објаснили око 28% ($f = 33.788$, $p < 0.001$) варијабилности моторичког теста.

Слика 1e приказује једначину: $y = -0.33$ обим надлактице + 0.22 кожни набор трицепса + 0.07 кожни набор абдомена + 25.39 .

Као последње, за шатл ран тест, најбољи модел укључивао је три варијабле: BMI, обим надлактице и кожни набор трицепса, који су објаснили око 32% ($f = 41.302$, $p < 0.001$) варијабилности моторичког теста.

У овом случају слика 1f приказује једначину: $y = -8.65$ bmi + 6.28 обим надлактице – 9.77 кожни набор трицепса + 310.25 .



Слика 1 Предикција скока удаљ из места (Слика а), одбијање лопте од зида (Слика б), подизање трупа за 30 сек. (Слика с), издржај у згибу (Слика d), чунасто трчање 10x5 м. (Слика е) и шатл ран тест (Слика f) тестова на основу антропометријских мера

ДИСКУСИЈА

Истраживање је спроведено како би се свеобухватно истражиле везе између антропометријских карактеристика и физичке спремности (ФС) код деце узраста 10 година. Главни резултати указују на то да: 1) експлозивна снага доњих екстремитета и аеробна издржљивост у великој мери зависе од антропометријских карактеристика, посебно дебљине кожних набора, BMI и мера обима; 2) компоненте ФС, као што су брзина, снага репетитивног типа и снага типа издржљивости имају умерену повезаност са антропометријским карактеристикама; 3) антропометријске карактеристике имају занемарљив утицај на перформансе у моторичким тестовима које зависе од флексибилности, фреквенције покрета и координације.

Добијени резултати су открили да девојчице у доби од 10 година имају већу телесну масу и висину од дечака. Ово је донекле очекивано због различитих образаца сазревања између полова, јер девојчице у поређењу са дечацима достижу врхунац раста за око две године раније (Vandendriessche et al., 2012). С друге стране, иако су неке антропометријске димензије показивале веће вредности, дечаци су остваривали боље резултате у већини моторичких тестова (осим тестова претклон у седу и тапинг руком). На основу овога, чини се да морфологија нуди мало објашњења за разлике између полова у моторичким перформансама, барем код деце од 10 година. Могући разлог за горе наведене разлике у ФС међу половима могу бити неки фактори средине. Конкретно, дечаци се више баве такмичарским (спортским) играма него девојчице и генерално учествују у дуготрајнијим физичким активностима (Ridgers, Stratton, & Fairclough, 2006), што може резултирати да су моторички вештији од девојчица.

Што се тиче односа између антропометрије и компоненти ФС, тренутни резултати показују да утицај телесне грађе има тенденцију да варира у зависности од специфичног моторичког теста. С тим у вези, антропометријске карактеристике имају занемарљив утицај на перформансе у моторичким тестовима којима се процењују флексибилност и фреквенција покрета. Ови налази нису изненађујући, с обзиром на то да флексибилност претежно зависи од крутости тетива (Witvrouw, Mahieu, Roosen, & McNair, 2007), док учесталост покрета зависи од неуронске укључености (Volman, Larooy, & Jongmans, 2006). С друге стране, дебљине кожних набора и дијаметара зглоба могу имати одређену улогу у перформансама моторичке координације, али ова узрочност је прилично

тривијална. Ово је у складу са претходним истраживањима (Vandendriessche et al., 2011; Luz et al., 2018) где је координација показала малу, али значајну корелацију са мерама адипозитета (BMI, дебљина кожних набора, телесна маса), док се веза између дијаметра ручног зглоба и координације може објаснити биолошком зрелошћу, јер је обим ручног зглоба њен значајан показатељ (Beunen, Rogol, & Malina, 2006).

Од осам прецењиваних компоненти ФС у овој студији, показало се да антропометријске карактеристике највише утичу на експлозивну снагу и аеробну издржљивост. Такође, показало се да антропометријски фактори имају умерен утицај на репетитивну снагу, снажне издржљивости и агилности. Конкретно, дебљина кожног набора и BMI су се показали као најјачи предиктори перформанси у скоро свим моторичким тестовима, осим код тестова претклон у седу и тапинг руком. Што се тиче дебљине кожних набора и BMI, ово истраживање подржава претходна искуства, да прекомерна телесна масноћа доводи до лошијих перформанси на физичким тестовима који захтевају покретање или подизање телесне масе (D'Hondt et al., 2009). Шта више, резултати показују да телесна масноћа вероватно представља најважнији морфолошки фактор за спортске перформансе. Поред дебљине кожног набора, обим руку и ногу се показао важним предикторима брзине, аеробне издржљивости и свих компоненти снаге. Мере већег обима указују на већу мишићну масу (Cavedon, Milanese, & Zancanaro, 2020), што би требало да буде од користи за снагу и перформансе трчања (Suchomel, Nimphius, & Stone, 2016). Из те перспективе, резултати овог истраживања су у сагласности са претходним студијама које су успоставиле узрочно-последичну везу између мишићне масе и перформанси на моторичким тестовима за процену снаге, аеробне издржљивости и брзине (Esco et al., 2018; Vaara et al., 2012).

За перформансе теста скока удаљ из места, поред мера кожних набора и обима, мултиваријантни модел је укључивао дужину ногу и дијаметар зглоба и објаснио око 44% варијансе теста. Раније се показало да је дужина ногу варијабла од велике важности за експлозивну снагу доњег дела тела (Benefice & Malina, 1996), с обзиром на то да на одскок и дужину доскока из места, највише утиче дужина ногу (Wakai & Linthorne, 2005). С друге стране, за тестове подизање трупа за 30 секунди, и издржај у згибу, модел који најбоље одговара објаснио је око 22-27% варијансе. Ови резултати указују на то да, на различите компоненте снаге (репетитивна, експлозивна снага, издржљивост

у снази), највише утиче морфолошки статус. Занимљиво је да је за тест издржљивост у згибу, варијабла дужина руке показала инверзну корелацију. Претпоставља се да учесници који имају веће дужине екстремитета, имају већи моменат отпора (Vigotsky et al., 2019), тако да дужи горњи удови могу бити недостатак за перформансе снаге и издржљивости горњег дела тела.

Предност и недостаци истраживања

Главна предност ове студије је у томе да је применом свеобухватног приступа, укључујући различите антропометријске и моторичке варијабле, утврђен однос између морфолошких карактеристика и ФС код деце млађег школског узраста. Поред тога, величина узорка је била прилично велика и довољно репрезентативна за процену физичке спремности деце од 10 година. Ипак, ова студија није без ограничења. Прво ограничење се односи на шатл ран тест, који, иако је валидан алат за приступ аеробним перформансама, није директан метод за одређивање аеробног капацитета (Armstrong et al., 2011). Друго, користили смо само један тест за процену координације; координација је вишедимензионални концепт и постоје различите врсте координације (тј. координација у ритму, перформансе брзине у сложеним моторичким задацима, итд.) (Vandendriessche et al., 2012). На крају, треће ограничење студије се огледа у томе што није израчуната биолошка старост на садашњем узорку.

ЗАКЉУЧАК

На основу добијених резултата можемо рећи да девојчице од 10 година имају већу телесну масу, већу висину и боље резултате на тестовима флексибилности у поређењу са својим вршњацима. С друге стране, дечаки су показали боље резултате на моторичким тестовима за процену координације, снаге, брзине и аеробне издржљивости. Антропометријски фактори су важни за снагу, брзину и аеробну издржљивост, а с друге стране, нису повезани са флексибилношћу, фреквенцијом покрета и координацијом. Нарочито, чини се да су мања дебљина кожног набора и веће мере обима натколенице и надлактице корисни за перформансе у моторичким тестовима за процену експлозивне снаге и аеробне издржљивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Avcin, P. P.-F., Cossio-Bolaños, M., Urra-Albornoz, C., Alvear-Vasquez, F., Lazari, E., Urzua-Alul, L., & Gomez-Campos, R. (2023). Fat-free mass and maturity status are determinants of physical fitness performance in schoolchildren and adolescents. *Jornal de Pediatria*, 99, 38-44.
2. Bala, G., & Popovic, B. (2007). Motor skills of preschool children. In: G. Bala (Ed.), *Anthropological characteristics and abilities of preschool children* (pp. 101-151). Novi Sad: Faculty of Sport and Physical Education, University of Novi Sad.
3. Battista, R. A., Bouldin, E. D., Pfeiffer, K. A., Pacewicz, C. E., Siegel, S. R., Martin, E. M., & Seefeldt, V. (2021). Childhood physical fitness and performance as predictors of high school sport participation. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 25(1), 43-52.
4. Benefice, E., & Malina, R. (1996). Body size, body composition and motor performances of mild-to-moderately undernourished Senegalese children. *Annals of human biology*, 23(4), 307-321.
5. Beunen, G. P., Rogol, A. D., & Malina, R. M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food and nutrition bulletin*, 27(4_suppl5), 244-256.
6. Cavedon, V., Milanese, C., & Zancanaro, C. (2020). Are body circumferences able to predict strength, muscle mass and bone characteristics in obesity? A preliminary study in women. *International Journal of Medical Sciences*, 17(7), 881.
7. D'Hondt, E., Deforche, B., De Bourdeaudhuij, I., & Lenoir, M. (2009). Relationship between motor skill and body mass index in 5-to 10-year-old children. *Adapted physical activity quarterly*, 26(1), 21-37.
8. Eng, J. (2003). Sample size estimation: how many individuals should be studied? *Radiology*, 227(2), 309-313.
9. Esco, M. R., Fedewa, M. V., Cicone, Z. S., Sinelnikov, O. A., Sekulic, D., & Holmes, C. J. (2018). Field-based performance tests are related to body fat percentage and fat-free mass, but not body mass index, in youth soccer players. *Sports*, 6(4), 105.
10. Eston, R. G., & Reilly, T. (2001). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual*. London: Routledge.
11. Fiori, F., Bravo, G., Parpinel, M., Messina, G., Malavolta, R., & Lazzer, S. (2020). Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren. *PLoS One*, 15(5), e0233362.
12. França, C., Gouveia, É., Caldeira, R., Marques, A., Martins, J., Lopes, H., & Ihle, A. (2022). Speed and agility predictors among adolescent male football players. *International journal of environmental research and public health*, 19(5), 2856.

13. Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3.
14. Jarić, S. (2002). Muscle strength testing: use of normalisation for body size. *Sports medicine*, 32, 615-631.
15. Katsikadelis, M., & Đokić, Z. (2020). Growth-related changes in anthropometry and physical fitness in girls aged 10-13 years. *Tims Acta*, 14(1), 17-29-17-29.
16. Kurelić, N., Momirović, K., Stojanović, M., Šturm, J., Radojević, Đ., & Viski-Štalec, N. (1975): Struktura i razvoj morfoloških i motoričkih dimenzija omladine. Institut za naučna istraživanja Fakulteta za fizičko vaspitanje Univerziteta u Beogradu.
17. Leão, C., Silva, A. F., Badicu, G., Clemente, F. M., Carvutto, R., Greco, G., & Fischetti, F. (2022). Body composition interactions with physical fitness: A cross-sectional study in youth soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3598.
18. Medicine, A. C. O. S. (2013). ACSM's health-related physical fitness assessment manual. Indiana: Lippincott Williams & Wilkins.
19. Pelemiš, V., Macura, M., Andevski-Krivokuća, N., Ujsasi, D., Pelemiš, M., i Lalić, S. (2015). Influence of aerobic training on the biochemical and physical parameters of obese women. *Facta universitatis series: Physical Education and Sport*, 13(2), 217-228.
20. Pelemiš, V., Ujsasi, D., Srđić, V., Džinović, D., i Pavlović, S. (2019). Analysis of the motor status of younger school age children in relation to their nutritional status. *Facta universitatis series: Physical Education and Sport*, 17(1), 111-124.
21. Pillsbury, L., Oria, M., & Pate, R. (2013). Fitness measures and health outcomes in youth. Committee on Fitness Measures and Health Outcomes in Youth; Food and Nutrition Board; Institute of Medicine. Washington: National Academies Press.
22. Ridgers, N. D., Stratton, G., & Fairclough, S. J. (2006). Physical activity levels of children during school playtime. *Sports medicine*, 36, 359-371.
23. Šentija, D., Rakovac, M., & Babić, V. (2012). Anthropometric characteristics and gait transition speed in human locomotion. *Human movement science*, 31(3), 672-682.
24. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, 46, 1419-1449.
25. Vaara, J. P., Kyröläinen, H., Niemi, J., Ohrankämmen, O., Häkkinen, A., Kocay, S. & Häkkinen, K. (2012). Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2078-2086.
26. Vandendriessche, J. B., Vandenborgh, B., Coelho-e-Silva, M. J., Vaeyens, R., Lenoir, M., Lefevre, J., & Philippaerts, R. M. (2011). Multivariate association among morphology, fitness, and motor coordination characteristics in boys age 7 to 11. *Pediatric exercise science*, 23(4), 504-520.
27. Vandendriessche, J. B., Vandenborgh, B. F., Vaeyens, R., Malina, R. M., Lefevre, J., Lenoir, M. & Philippaerts, R. M. (2012). Variation in sport participation, fitness and motor coordination with socioeconomic status among Flemish children. *Pediatric exercise science*, 24(1), 113-128.
28. Vigotsky, A. D., Bryanton, M. A., Nuckols, G., Beardsley, C., Contreras, B., Evans, J. & Schoenfeld, B. J. (2019). Biomechanical, anthropometric, and psychological determinants of barbell back squat strength. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 33, S26-S35.
29. Volman, M., Laroy, M., & Jongmans, M. (2006). Rhythmic coordination of hand and foot in children with Developmental Coordination Disorder. *Children*, 32(6), 693-702.
30. Wakai, M., & Linthorne, N. P. (2005). Optimum take-off angle in the standing long jump. *Human movement science*, 24(1), 81-96.
31. Westat, I. (1988). National health and nutrition examination survey III: body measurements (anthropometry). Rockville, MD: Westat: Inc.
32. Witvrouw, E., Mahieu, N., Roosen, P., & McNair, P. (2007). The role of stretching in tendon injuries. *British journal of sports medicine*, 41(4), 224-226.

ORCID identifikacija autora (<https://orcid.org/>)

Драган Бранковић: 0000-0002-9292-5179
 Владан Пелемиш: 0000-0003-3461-0491
 Филип Којић: 0000-0001-6740-3347
 Владимир Живановић: 0000-0002-2519-7562
 Сандра Милановић: 0009-0005-6925-1400

Историја уређивања чланка

Примљен: 08.02. 2024.
 Прихваћен: 09.05. 2024.
 Online објављен: 03.06. 2024.

Изјава и захвалност аутора

Овај рад је настао у оквиру пројекта „Концепти и стратегије за обезбеђивање базичног образовања и васпитања“ (179020), који финансира Министарство просвете и науке Републике Србије.

PHYSICAL FITNESS IN 10-YEAR OLD CHILDREN: RELATIONSHIP BETWEEN ANTHROPOMETRIC MEASURES AND MOTOR ABILITIES

CAPACIDAD FÍSICA DE NIÑOS DE 10 AÑOS DE EDAD: RELACIÓN ENTRE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS Y HABILIDADES MOTRICES

Dragan Branković¹, Vladan Pelemić¹, Filip Kojić¹, Vladimir Živanović¹, Sandra Milanović²

¹Faculty of Education, University of Belgrade, Serbia

²Faculty of Education, University of Kragujevac, Serbia

Abstract

The study aimed to comprehensively investigate associations between anthropometric features and motor abilities in young school-age children. The sample included 285 students (140 boys and 145 girls, aged 10.44 ± 0.33 years). Sex differences in the anthropometric and motor variables were determined by an independent t-test, while multiple linear regression was used to examine whether anthropometric characteristics could predict motor test scores. Girls were significantly taller, with greater sitting height, leg and arm length, as well as hip width. Also, greater body mass and skinfold thickness, as well as better scores on flexibility tests were observed in girls compared to boys ($t=1.384-3.290$, $p<0.05$). Conversely, boys demonstrated better scores on tests to evaluate coordination, agility, aerobic endurance, and strength. Except for movement frequency and flexibility, all motor items showed small-to-large correlations with anthropometric measures. Skinfold thickness, body mass index, arm girth, together with leg length and wrist diameter, explained 44% of the explosive strength variance, while 32% of aerobic endurance was explained by leg girth, BMI, and skinfold thickness. These results indicate that anthropometric measures have a significant influence on several motor abilities, especially explosive strength and aerobic endurance, while the role of anthropometry on flexibility, frequency of movement, and coordination seem to be negligible.

Key words: AEROBIC ENDURANCE / AGILITY / STRENGTH / BODY MASS INDEX / SKINFOLD THICKNESS

Resumen

El objetivo de esta investigación fue examinar a fondo las relaciones entre las características antropométricas y las habilidades motrices en niños de edad escolar más temprana. La muestra incluyó 285 alumnos (140 niños y 145 niñas, de 10 años de edad). Las diferencias entre sexos en las variables antropométricas y motrices se determinaron mediante una prueba-t independiente, mientras que la regresión lineal múltiple se utilizó para examinar la influencia de las características antropométricas en los resultados de las pruebas de habilidades motrices. Las niñas eran significativamente más altas, con mayor altura al sentarse, piernas y brazos más largos y caderas más anchas. Las niñas tuvieron valores más altos de masa corporal y de grosor de pliegues cutáneos, así como mejores resultados en pruebas de flexibilidad, en comparación con los niños ($t=1,384-3,290$, $p<0,05$). Por el contrario, los niños obtuvieron mejores resultados en las pruebas que evaluaban la coordinación, la velocidad, la resistencia aeróbica y la fuerza. Excepto por las variables que evalúan la velocidad segmentaria y la flexibilidad, todas las pruebas motrices mostraron correlaciones pequeñas a altas con las medidas antropométricas. El grosor de los pliegues cutáneos, el índice de masa corporal, la circunferencia del brazo, junto con la longitud de las piernas y el diámetro de la muñeca, explicaron el 44% de las variaciones en la fuerza explosiva, mientras que el 32% de la resistencia aeróbica se explicó por la circunferencia de las piernas, el índice de masa corporal y el grosor de los pliegues cutáneos. Estos resultados indican que las medidas antropométricas tienen una influencia significativa en varias habilidades motrices, especialmente en la fuerza explosiva y la resistencia aeróbica, mientras que el papel de la antropometría en la flexibilidad, la velocidad segmentaria y la coordinación parece insignificante.

Palabras clave: RESISTENCIA AERÓBICA / VELOCIDAD / FUERZA / ÍNDICE DE MASA CORPORAL / PLEGUES CUTÁNEOS

INTRODUCTION

The movement represents one of the basic human needs that sustains life (Abernethy, Kippers, & Hanrahan, 2013). Physical activity is the foundation, not only of a healthy and positive way of spending free time but also of the biological integrity of modern man. It is well-documented that physical activity has a positive impact on overall health status, including both physical and mental well-being (Pelemiš et al., 2015). Any physical activity is determined by motor (or physical) abilities and, in general, motor abilities can be defined as genetically determined characteristics that influence movement performance and predominantly refer to dimensions such as coordination, flexibility, agility, and various types of strength and aerobic endurance (Bala & Popovic, 2007). Related to this is physical fitness, which besides the abovementioned motor abilities (i.e. performance-related fitness [PRF]), includes morphological features (anthropometric and body composition) (American College of Sports Medicine [ACSM], 2013). In children, physical fitness represents one of the most important health markers and should be considered an important predictor of future quality of life and sports participation (Battista et al., 2021). As such, monitoring physical fitness is highly important in physical education, since it provides necessary information about the overall health status of children.

The interrelationship between morphological and PRF in children has been well-documented. Among many morphological factors, measures of adiposity (BMI, skinfold thickness, fat percent, and mass) have shown to be the most important predictors of PRF in children (Pillsbury, Oria, & Pate, 2013). Specifically, BMI showed to negatively affect motor performance in children and adolescents, with correlation coefficient varying from small to moderate (Pelemiš et al., 2019; Fiori et al., 2020). Even greater association was observed for measures of body composition (i.e. skinfold thickness, fat mass and percent), where skinfold thickness and (or) fat mass might explain almost 70% of variance in strength, agility, speed and aerobic endurance (França et al., 2022). Also, a positive association was found between body height, free-fat mass, and various tests to evaluate speed, agility, and absolute and explosive strength (Katsikadelis & Đokić, 2020; Leão et al., 2022; Avcin et al., 2023). In fact, only flexibility and balance seem to be non-affected by morphological factors (D'Hondt, Deforche, De Bourdeaudhuij, & Lenoir, 2009; Katsikadelis & Đokić, 2020).

While the relationship between the abovementioned morphological measurements and PRF in chil-

dren is well documented, there is scarce data regarding anthropometry-derived measurements of body segments, such as measurements of body length (leg length, sitting height, etc.) and measurements of body girth and diameter (leg girths, ankle diameter, foot diameter, knee diameter, and others). This is rather surprising considering that these measurements (particularly those affecting pelvic girdle biomechanics and lower leg inertial properties) significantly determine gait-related characteristics (Šentija, Rakovac, & Babić, 2012). Moreover, length, diameter and girth measures might be quite important for strength performance (Jaric, 2002). Therefore, the aim of the current study was to comprehensively investigate the association between PRF (coordination, flexibility, aerobic endurance and various types of strength) and anthropometric features (including measures of body length, girth, diameter, and skinfold thickness) in younger school-age (10-year-old) children. This specific, subject's age was selected, given that younger school age has been considered a "golden period for physical abilities" (Kurelić et al., 1975); i.e. this period has been characterized by the rapid development of almost all components of PRF.

METHOD

The sample consisted of 285 students (140 boys and 145 girls, aged 10.44 ± 0.33 years). This sample size was justified by a priori power analyses, using G-power software with a target correlation value (r) of 0.3, an alpha level of 0.05, and a power ($1-\beta$) of 0.80 (Eng, 2003). All participants were healthy, without a history of musculoskeletal injuries or cardiovascular health issues. Also, participants and their parents were fully informed about experimental procedures and potential risks and signed a written informed consent prior to participation in the study. The study was approved by the Institutional Ethics Committee and conducted in accordance with the Declaration of Helsinki.

The experimental protocol consisted of two laboratory testing sessions; in the first session anthropometric status was evaluated, while on the second day, PRF (motor abilities) was assessed. Each session was performed in the morning hours (8-11 AM), with constant room temperature (20-25°). All subjects were familiarized with the motor tests during two pre-visits before data collection and were advised to avoid physical activity and solid food intake 2 hours before the testing.

The anthropometric assessment included longitudinal, circular, and transversal dimensions, as well as skinfold thickness, according to the recommenda-

tions of Westat (1988). Longitudinal variables were measured by portable Martin's anthropometer (Siber-Hegner, Switzerland), with 0.1 cm accuracy, and they included: body height, sitting height (distance between the sitting surface and the top of the head), leg length and arm length. Circular variables were taken by non-extensible 2-m measuring tape Harpenden (Holstein Ltd), with 0.1 cm accuracy, and they included upper arm and upper leg girth, and shoulder and hip width. Wrist diameter was taken as a transversal variable, using a cephalometer (GPM Instruments, Switzerland), with 0.1 cm accuracy. Biceps, triceps, subscapular, and abdomen skinfold thickness (ST) were determined using a Harpenden skinfold caliper (Harpenden, West Sussex, UK) according to procedures described by Eston & Reilly (2001). Briefly, subjects were in an upright position with their arm relaxed. For the biceps and triceps ST, the marked point was located in the mesobrachial region, while for the abdomen ST, the point was located 5 cm from the navel. For subscapular ST, the marked point was located below the left corner of the scapula. All ST acquisitions were performed on the left side of the body. Baseline and final measurements were performed by an experienced specialist in the morning hours (8-10 am) at constant room temperature (20-25°).

The test battery comprised a total of 8 items and was administered according to a standardized protocol (Bala & Popovic, 2007): for accessing frequency of movement – Hand tapping (freq); for body flexibility assessing – Sit and reach (m); for assessing explosive power – Standing long jump (m); for assessing body coordination – Ball rejection (freq.); for assessing upper body strength endurance – Pull-up endurance (s); for assessing trunk strength – Sit-ups in 30 seconds (freq); for agility assessing – 10x5 meter test (s); for accessing aerobic endurance – Shuttle run test (s). All testing sessions were supervised by two experienced physical education teachers. Attention was paid to proper form throughout the testing.

The Shapiro–Wilks's test was used to test the normality of the distribution. A series of independent t-tests were used to determine the sex differences in the tested variables. Pearson's coefficient correlation was used to examine relations between motor and anthropometric variables. Qualitative interpretations of the r coefficients were defined such as 0.00–0.09 trivial; 0.10–0.29 small; 0.30–0.49 moderate; 0.50–0.69 large; 0.70–0.89 very large; 0.90–0.99 nearly perfect; 1.00 perfect (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hainin, 2009). Further, the correlation coefficients were directly compared with their 95% confidence intervals. The backward multiple regression was applied to identify the best fit model, composed of the anthro-

pometric variables, for the prediction of each motor test. Before regression analysis, multicollinearity was explored using a variance inflation factor (VIF), and each variable that had VIF 10 or higher, was excluded from the model. Statistical analysis was processed using the IBM SPSS Statistics software package (Version 21, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). All data are presented by mean and standard deviation. $p \leq 0.05$ were taken as a statistically significant determinant.

RESULTS

Sex differences in tested variables

As expected, there were sex differences in anthropometric and motor variables. Compared to boys, girls were taller ($t = 3.290$, $p < 0.01$), with greater sitting height ($t = 3.500$, $p < 0.01$), leg ($t = 2.994$, $p < 0.01$) and arm ($t = 2.754$, $p < 0.01$) length, as well hip width ($t = 3.667$, $p < 0.01$). Also, greater body mass ($t = 2.150$, $p < 0.01$) and skinfold thickness ($t = 1.384 - 2.410$, $p < 0.05$), as well better scores on flexibility test ($t = 4.669$, $p < 0.01$) were observed in girls compared to boys. On the other hand, boys demonstrated significantly better scores on Standing long jump ($t = 2.902$, $p < 0.01$), Ball rejection ($t = 3.378$, $p < 0.01$), Pull-up endurance ($t = 3.236$, $p < 0.01$), 10 x 5 agility ($t = 4.210$, $p < 0.01$) and Shuttle run ($t = 5.298$, $p < 0.01$) test (Table 1).

Table 1. Sex-differences in anthropometric and motor variables

Variables	Boys	Girls	p
Body height (cm)	141.84 ± 7.01	144.75 ± 7.39	0.001
Body mass (kg)	35.94 ± 7.76	37.93 ± 7.18	0.033
BMI (kg/m ²)	17.72 ± 2.67	18.02 ± 2.65	0.363
Sitting height (cm)	74.09 ± 3.82	75.73 ± 3.81	0.001
Leg length (cm)	80.30 ± 4.68	82.10 ± 5.06	0.003
Arm length (cm)	58.76 ± 3.38	59.90 ± 3.36	0.006
Shoulder width (cm)	31.44 ± 1.95	31.57 ± 1.79	0.570
Hip width (cm)	23.98 ± 1.82	24.76 ± 1.6	< 0.001
Wrist diameter (cm)	4.58 ± 0.33	4.55 ± 0.32	0.494
Upper-arm girth (cm)	21.04 ± 2.76	21.49 ± 2.40	0.168
Upper-leg girth (cm)	29.46 ± 2.92	29.98 ± 2.84	0.145
Skinfold biceps (mm)	7.56 ± 3.32	8.56 ± 3.39	0.017
Skinfold triceps (mm)	13.08 ± 5.00	14.33 ± 4.66	0.038
Skinfold subscapular (mm)	9.38 ± 5.62	11.54 ± 6.93	0.005
Skinfold abdominal (mm)	13.13 ± 8.54	16.86 ± 9.44	0.001
Hand taping (freq)	15.56 ± 2.10	15.32 ± 1.63	0.296
Sit and reach (cm)	16.49 ± 5.70	19.90 ± 6.12	< 0.001
Standing long jump (cm)	149.70 ± 22.13	141.61 ± 23.16	0.004
Ball rejection (freq)	13.87 ± 3.69	12.40 ± 3.38	0.001
Sit ups (freq)	19.53 ± 5.29	18.49 ± 5.26	0.112
Pull-up endurance (s)	20.23 ± 18.02	13.62 ± 14.83	0.001
10 x 5 agility (s)	21.98 ± 1.99	22.99 ± 1.91	< 0.001
Shuttle run (s)	239.80 ± 102.85	179.71 ± 78.19	< 0.001

Relationship between anthropometric and motor variables

Except Hand Taping ($r = 0.015 - 0.105$, $p \geq 0.088$) and Sit and reach test ($r = 0.001 - 0.122$, $p \geq 0.054$), all motor test showed small-to-large correlations with anthropometric measures. Specifically, Standing long jump test showed strongest association with skinfold thickness ($r = 0.475 - 0.547$, $p < 0.01$), followed by BMI, arm and leg girth ($r = 0.254 - 0.450$, $p < 0.01$), as well body mass and wrist diameter ($r = 0.197 - 0.296$, $p < 0.05$). Pull-up endurance, Sit-ups, 10 x 5 agility and Shuttle run showed moderate-to-large correla-

tions with skinfold thickness measures ($r = 0.352 - 0.556$, $p < 0.01$), and moderate correlations with BMI ($r = 0.307 - 0.471$, $p < 0.01$). Furthermore, Pull up endurance and Shuttle run were moderately associated with body mass and hip width ($r = 0.343 - 0.435$, $p < 0.01$). Arm girth and leg girth showed moderate correlation ($r = 0.350 - 0.443$, $p < 0.01$) with Shuttle run and Pull up endurance, and weak ($r = 0.171 - 0.254$, $p < 0.05$) or non-significant with other motor tests. Also, small correlations ($r = 0.126 - 0.203$, $p < 0.05$) were observed between Ball rejecting test with skinfold thickness, ankle diameter and sitting height (Tables 2 and 3).

Table 2. Relationship between motor tests and anthropometric measures

Variables	Hand tapping		Sit and rich		Long St Jump		Ball rejecting	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Body height	-0.034	0.578	-0.048	0.439	0.076	0.216	0.141	0.022
Body mass	0.018	0.777	-0.066	0.285	-0.296	0.000	0.017	0.784
BMI	0.047	0.447	-0.056	0.368	-0.450	0.000	-0.068	0.270
Sitting height	-0.043	0.484	0.017	0.781	0.048	0.436	0.126	0.042
Leg length	-0.078	0.205	-0.064	0.299	0.130	0.034	0.181	0.003
Arm length	0.006	0.920	-0.026	0.672	0.120	0.051	0.138	0.025
Shoulder width	-0.035	0.572	0.001	0.998	0.075	0.222	0.129	0.037
Hip width	-0.023	0.711	0.011	0.861	-0.201	0.001	-0.001	0.983
Wrist diameter	-0.088	0.152	0.035	0.571	0.197	0.001	0.203	0.001
Upper-arm girth	0.026	0.674	-0.053	0.389	-0.352	0.000	-0.007	0.905
Upper-leg girth	-0.029	0.643	-0.082	0.186	-0.254	0.000	-0.004	0.950
Skinfold biceps	0.036	0.558	-0.115	0.061	-0.525	0.000	-0.173	0.005
Skinfold triceps	0.030	0.623	-0.122	0.054	-0.547	0.000	-0.196	0.001
Skinfold subscapular	0.015	0.815	-0.059	0.343	-0.475	0.000	-0.078	0.206
Skinfold abdominal	0.105	0.088	-0.081	0.191	-0.522	0.000	-0.155	0.012

Table 3. Relationship between motor tests and anthropometric measures

Variables	Sit ups		Pull up end		10 x 5 agility		Shuttle run	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Body height	-0.054	0.380	-0.220	0.000	-0.019	0.759	-0.092	0.138
Body mass	-0.243	0.000	-0.435	0.000	0.242	0.000	-0.388	0.000
BMI	-0.307	0.000	-0.450	0.000	0.343	0.000	-0.471	0.000
Sitting height	-0.089	0.147	-0.222	0.000	0.017	0.787	-0.140	0.023
Leg length	-0.014	0.820	-0.153	0.013	-0.077	0.215	-0.009	0.888
Arm length	0.048	0.433	-0.192	0.002	-0.072	0.245	-0.074	0.230
Shoulder width	-0.052	0.397	-0.193	0.002	-0.023	0.707	0.113	0.066
Hip width	-0.210	0.001	-0.383	0.000	0.167	0.006	-0.344	0.000
Wrist diameter	0.055	0.371	-0.010	0.876	-0.158	0.010	0.077	0.215
Upper-arm girth	-0.200	0.001	-0.409	0.000	0.253	0.000	0.433	0.000
Upper-leg girth	-0.171	0.005	-0.382	0.000	0.198	0.000	-0.350	0.000
Skinfold biceps	-0.352	0.000	-0.476	0.000	0.418	0.000	-0.523	0.000
Skinfold triceps	-0.345	0.000	-0.487	0.000	0.468	0.000	-0.556	0.000
Skinfold subscapular	-0.341	0.000	-0.375	0.000	0.361	0.000	-0.418	0.000
Skinfold abdominal	-0.405	0.000	-0.457	0.000	0.415	0.000	-0.485	0.000

Since Hand Taping and Sit and rich did not show significant correlations with anthropometric measures, they were excluded from further regression analysis. For the Long Standing Jump test, the best-fitting model included 6 variables: leg length, wrist diameter, upper-arm girth, as well biceps, triceps and abdominal skinfold thickness, which explained about 42% ($F = 31.256$, $p < 0.001$) of Long Standing Jump variance, with the equation for the model: $y = 0.76$ leg length + 8.36 wrist diameter + 1.76 upper-arm girth - 1.23 biceps skinfold - 1.44 triceps skinfold - 0.89 abdominal skinfold + 51.16 . For the Ball rejecting test, the best-fitting model included two variables: wrist diameter and triceps skinfold, and explained about 8% ($F = 12.316$, $p < 0.001$) of motor test variance, with the equation: $y = 2.44$ wrist diameter - 0.16 triceps skinfold + 4.09 (Figure 1b). For the Sit-ups test, the best-fitting model included three variables: upper-arm girth, biceps and abdominal skinfolds, which explained about 22% ($F = 25.651$, $p < 0.001$) of motor test variance, with the equation: $y = 0.92$ upper-arm girth - 0.43 biceps skin-

fold - 0.31 abdominal skinfold + 7.582 (Figure 1c). For the Pull-up endurance test, the best-fitting model included five variables: BMI, arm length, upper-arm girth, as well biceps and triceps skinfolds, which explained about 27% ($F = 19.105$, $p < 0.001$) of motor test variance, with the equation: $y = -2.29$ BMI - 0.82 arm length + 2.50 upper-arm girth - 1.07 biceps skinfold - 1.200 triceps skinfold + 78.56 (Figure 1d). For the 10 x 5 agility test, the best-fitting model included three variables: upper-arm girth, and triceps and abdominal skinfolds, which explained about 28% ($F = 33.788$, $p < 0.001$) of motor test variance, with the equation: $y = -0.329$ upper-arm girth + 0.221 triceps skinfold + 0.073 abdominal skinfold + 25.39 (Figure 1e). Finally, for the Shuttle run test, the best-fitting model included three variables: BMI, upper-leg girth and triceps skinfold, which explained about 32% ($F = 41.302$, $p < 0.001$) of motor test variance, with the equation: $y = -8.65$ BMI + 6.28 upper-leg girth - 9.77 triceps skinfold + 310.25 (Figure 1f).

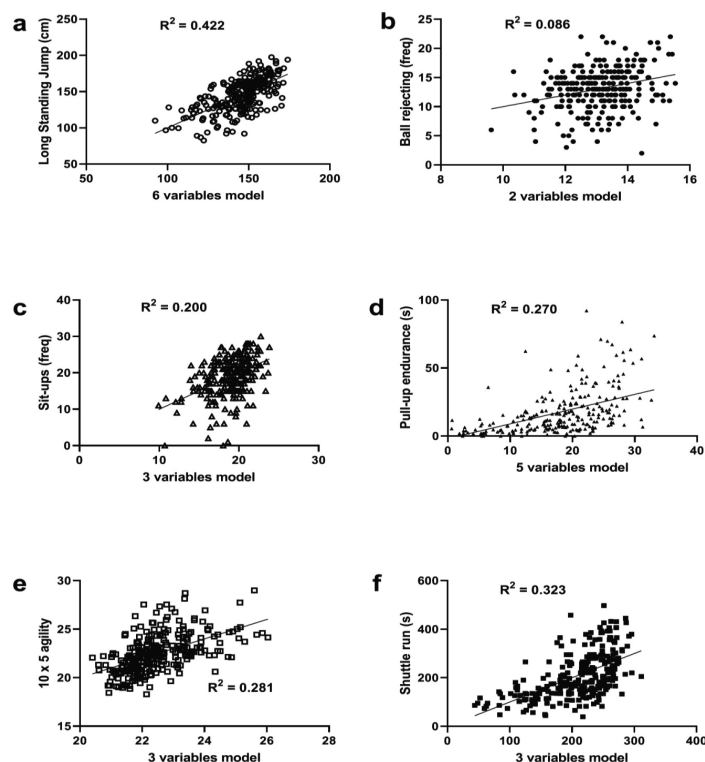


Figure 1. Predicting Long Standing Jump (panel a), Ball rejecting (panel b), Sit-ups (panel c), Pull-up endurance (panel d), 10 x 5 agility (panel e) and Shuttle run (panel f) test based on anthropometric measures

DISCUSSION

The study was conducted to comprehensively investigate associations between anthropometric features and PRF in 10-year-old children. Main results indicate that: i) lower-body explosive strength and aerobic endurance seem to be largely dependent on anthropometric characteristics, particularly skinfold thickness, BMI, and girth measures, ii) components of PRF such as agility, repetitive strength, and strength-endurance have a moderate association with anthropometric features, iii) anthropometric characteristics have negligible influence on performance in motor tests that relies to the flexibility, frequency of movement and motor coordination.

The present results revealed that, at the age of 10 years, girls have greater body mass and height than boys. This is somewhat expected due to different maturation patterns between sexes (i.e. girls have their peak growth spurt approximately 2 years earlier than boys), and our findings are in good agreement with previous literature (Vandendriessche et al., 2012). On the other hand, although some anthropometric dimensions were greater, boys demonstrated better results in the majority of motor tests (except sit and reach, and hand tapping tests). Based on this, it seems that morphology offers little explanation for sex differences in motor performance, at least in 10-years old children. A possible reason for the abovementioned differences in PRF between sexes may be due to some environmental factors. Particularly, boys engage in more competitive (sport) games than girls and generally participate in physical activity of longer duration (Ridgers, Stratton, & Fairclough, 2006; Mitić, 2006), which might result that them being more motor proficient than girls.

With respect to the relationship between anthropometry and components of PRF, current results indicate that the influence of body physique tends to vary according to the specific motor test. Particularly, anthropometric features seem to have a negligible effect on performance in motor tests that relies on flexibility and movement frequency. These findings are not surprising considering that flexibility predominantly depends on tendon stiffness (Witvrouw, Mahieu, Roosen, & McNair, 2007), while frequency of movement on neural involvement (Volman, Laroy, & Jongmans, 2006). On the other hand, skinfold thickness and wrist diameter might have some role in motor coordination performance, but this causality is rather trivial. This is consistent with previous literature (Vandendriessche et al., 2011; Luz et al., 2018) in which motor coordination showed a small, but significant correlation with measures of adiposity (i.e. BMI,

skinfold thickness, body fat mass), while the link between wrist diameter and motor coordination might be explained through biological maturity (since wrist circumference is a significant indicator of biological maturity) (Beunen, Rogol, & Malina, 2006).

From eight evaluated components of PRF in the current study, explosive strength and aerobic endurance showed to be mostly affected by anthropometric features. Also, anthropometric factors showed to have a moderate influence on repetitive strength, strength endurance, and agility. Specifically, skinfold thickness and BMI showed to be the strongest predictors of performances in almost all motor tests, except in sit-and-reach and hand tapping. Concerning skinfold thickness (and BMI), our finding further supports the idea that excessive body fat leads to inferior performances on physical tests which require propulsion or lifting of the body mass (D'Hondt et al., 2009; Esco et al., 2008). Moreover, our results indicate that body fatness probably represents the most important morphological factor for sports performance. Besides skinfold thickness, arm and leg girth showed to be important predictors of agility, aerobic endurance, and all strength components. Greater girth measures indicate greater muscle mass (Cavedon, Milanese, & Zancanaro, 2020) which should be advantageous for strength and running performance (Suchomel, Nimphius, & Stone, 2016). From that perspective, our results are in agreement with previous studies (Esco et al., 2018; Vaara et al., 2012) which established a casual relationship between muscle mass and performance on motor tests to evaluate strength, aerobic endurance, and agility.

For the Long jump test performance, besides skinfold and girth measures, a multivariate model included leg length and wrist diameter and explained about 44% of the test variance. Leg length has been previously shown to be a variable of great interest for lower-body explosive strength (Benefice & Malina, 1996), considering that both the take-off and landing distances of the Standing long jump are strongly affected by leg length (Wakai & Linthorne, 2005). On the other hand, for Sit-ups and Pull-up endurance, the best-fit model explained about 22-27% of the variance. These results indicate that, among various components of strength (i.e. repetitive and explosive strength, strength-endurance) seems to be most affected by morphological status. Interestingly, for Pull-up endurance, arm length showed an inverse correlation. It has been hypothesized that participants who have longer segment lengths, have longer resistance moment arms (Vigotsky et al., 2019), thus longer upper limbs may be a disadvantage for upper-body strength-endurance performance.

Strengths and limitations of the study

The main strength of this study is that we applied a comprehensive approach, including various anthropometric and motor variables, to determine the relationship between morphological features and PRF in young school children. In addition, we believe that our sample size was quite large and representative enough of physical fitness among 10-years old children. Nevertheless, this study is not without limitations. The first limitation refers to the shuttle run test, which, although a valid tool for accessing aerobic performance, is not a direct method for determining aerobic capacity (Armstrong et al., 2011). Second, we used only one test to evaluate motor coordination; coordination is a multidimensional construct and there are different types of coordination (i.e. coordination in rhythm, speed performance in complex motor tasks, etc.) (Vandendriessche et al., 2012). Lastly, note that biological age was not calculated in the present sample, which is the third limitation of the current study.

CONCLUSION

In conclusion, 10 years- old girls have greater body mass, height, and better scores on flexibility tests compared to their male peers. On the other hand, boys demonstrated better results on motor tests to evaluate coordination, strength, agility, and aerobic endurance. Anthropometric factors are important for strength, agility, and aerobic endurance, and inversely, are not related to flexibility, movement frequency, and coordination. Particularly, lower skinfold thickness and greater girth measures seem to be advantageous for performance in motor tests to evaluate explosive strength and aerobic endurance.

REFERENCES

1. Avcin, P. P.-F., Cossio-Bolaños, M., Urra-Albornoz, C., Alvear-Vasquez, F., Lazari, E., Urzua-Alul, L., & Gomez-Campos, R. (2023). Fat-free mass and maturity status are determinants of physical fitness performance in schoolchildren and adolescents. *Jornal de Pediatria*, 99, 38-44.
2. Bala, G., & Popovic, B. (2007). Motor skills of preschool children. In: G. Bala (Ed.), *Anthropological characteristics and abilities of preschool children* (pp. 101-151). Novi Sad: Faculty of Sport and Physical Education, University of Novi Sad.
3. Battista, R. A., Bouldin, E. D., Pfeiffer, K. A., Pacewicz, C. E., Siegel, S. R., Martin, E. M., & Seefeldt, V. (2021). Childhood physical fitness and performance as predictors of high school sport participation. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 25(1), 43-52.
4. Benefice, E., & Malina, R. (1996). Body size, body composition and motor performances of mild-to-moderately undernourished Senegalese children. *Annals of human biology*, 23(4), 307-321.
5. Beunen, G. P., Rogol, A. D., & Malina, R. M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food and nutrition bulletin*, 27(4_suppl5), S244-S256.
6. Cavedon, V., Milanese, C., & Zancanaro, C. (2020). Are body circumferences able to predict strength, muscle mass and bone characteristics in obesity? A preliminary study in women. *International Journal of Medical Sciences*, 17(7), 881.
7. D'Hondt, E., Deforche, B., De Bourdeaudhuij, I., & Lenoir, M. (2009). Relationship between motor skill and body mass index in 5-to 10-year-old children. *Adapted physical activity quarterly*, 26(1), 21-37.
8. Eng, J. (2003). Sample size estimation: how many individuals should be studied? *Radiology*, 227(2), 309-313.
9. Esco, M. R., Fedewa, M. V., Cicone, Z. S., Sinelnikov, O. A., Sekulic, D., & Holmes, C. J. (2018). Field-based performance tests are related to body fat percentage and fat-free mass, but not body mass index, in youth soccer players. *Sports*, 6(4), 1
10. Eston, R. G., & Reilly, T. (2001). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual*. London: Routledge.
11. Fiori, F., Bravo, G., Parpinel, M., Messina, G., Malavolta, R., & Lazzar, S. (2020). Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren. *PLoS One*, 15(5), e0233362.
12. França, C., Gouveia, É., Caldeira, R., Marques, A., Martins, J., Lopes, H., & Ihle, A. (2022). Speed and agility predictors among adolescent male football players. *International journal of environmental research and public health*, 19(5), 2856.

13. Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3.
14. Jaric, S. (2002). Muscle strength testing: use of normalisation for body size. *Sports medicine*, 32, 615-631.
15. Katsikadelis, M., & Đokić, Z. (2020). Growth-related changes in anthropometry and physical fitness in girls aged 10-13 years. *Tims Acta*, 14(1), 17-29-17-29.
16. Kurelić, N., Momirović, K., Stojanović, M., Šturm, J., Radojević, Đ., & Viskić-Štalec, N. (1975): Struktura i razvoj morfoloških i motoričkih dimenzija omladine. Institut za naučna istraživanja Fakulteta za fizičko vaspitanje Univerziteta u Beogradu.
17. Leão, C., Silva, A. F., Badicu, G., Clemente, F. M., Carvutto, R., Greco, G., & Fischetti, F. (2022). Body composition interactions with physical fitness: A cross-sectional study in youth soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3598.
18. Medicine, A. C. O. S. (2013). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. Indiana: Lippincott Williams & Wilkins.
19. Pelemiš, V., Macura, M., Andevski-Krivokuća, N., Ujsasi, D., Pelemiš, M., i Lalić, S. (2015). Influence of aerobic training on the biochemical and physical parameters of obese women. *Facta universitatis series: Physical Education and Sport*, 13(2), 217-228.
20. Pelemiš, V., Ujsasi, D., Srdić, V., Džinović, D., i Pavlović, S. (2019). Analysis of the motor status of younger school age children in relation to their nutritional status. *Facta universitatis series: Physical Education and Sport*, 17(1), 111-124.
21. Pillsbury, L., Oria, M., & Pate, R. (2013). *Fitness measures and health outcomes in youth*. Committee on Fitness Measures and Health Outcomes in Youth; Food and Nutrition Board; Institute of Medicine. Washington: National Academies Press.
22. Ridgers, N. D., Stratton, G., & Fairclough, S. J. (2006). Physical activity levels of children during school playtime. *Sports medicine*, 36, 359-371.
23. Šentija, D., Rakovac, M., & Babić, V. (2012). Anthropometric characteristics and gait transition speed in human locomotion. *Human movement science*, 31(3), 672-682.
24. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, 46, 1419-1449.
25. Vaara, J. P., Kyröläinen, H., Niemi, J., Ohrankämnen, O., Häkkinen, A., Kocay, S., & Häkkinen, K. (2012). Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2078-2086.
26. Vandendriessche, J. B., Vandorpe, B., Coelho-e-Silva, M. J., Vaeyens, R., Lenoir, M., Lefevre, J., & Philippaerts, R. M. (2011). Multivariate association among morphology, fitness, and motor coordination characteristics in boys age 7 to 11. *Pediatric exercise science*, 23(4), 504-520.
27. Vandendriessche, J. B., Vandorpe, B. F., Vaeyens, R., Malina, R. M., Lefevre, J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. M. (2012). Variation in sport participation, fitness and motor coordination with socioeconomic status among Flemish children. *Pediatric exercise science*, 24(1), 113-128.
28. Vigotsky, A. D., Bryanton, M. A., Nuckols, G., Beardley, C., Contreras, B., Evans, J., & Schoenfeld, B. J. (2019). Biomechanical, anthropometric, and psychological determinants of barbell back squat strength. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 33, S26-S35.
29. Volman, M., Laroy, M., & Jongmans, M. (2006). Rhythmic coordination of hand and foot in children with Developmental Coordination Disorder. *Children*, 32(6), 693-702.
30. Wakai, M., & Linthorne, N. P. (2005). Optimum take-off angle in the standing long jump. *Human movement science*, 24(1), 81-96.
31. Westat, I. (1988). *National health and nutrition examination survey III: body measurements (anthropometry)*. Rockville, MD: Westat: Inc.
32. Witvrouw, E., Mahieu, N., Roosen, P., & McNair, P. (2007). The role of stretching in tendon injuries. *British journal of sports medicine*, 41(4), 224-226.

ORCID author identification (<https://orcid.org/>)

Dragan Branković: 0000-0002-9292-5179

Vladan Pelemiš: 0000-0003-3461-0491

Filip Kojić: 0000-0001-6740-3347

Vladimir Živanović: 0000-0002-2519-7562

Sandra Milanović: 0009-0005-6925-1400

History of the article editing

Submitted: 08.02. 2024.

Accepted: 09.05. 2024.

Published Online First: 03. 06. 2024

Acknowledgements

This paper was created within the project "The Concepts and Strategies for Ensuring the Good Quality of Basic Education" (179020), funded by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia.