

Ефекти 12-недељног програма вежбања заснованог на снази и издржљивости на фундаменталне моторичке вештине деце предшколског узраста: рандомизовано контролисано испитивање

Борко Д. Катанић*

Црногорска спортска академија, Подгорица, Црна Гора

Александра З. Алексић*

Универзитет у Нишу, Факултет спорта и физичког васпитања

Радивоје Ж. Радаковић*

Универзитет у Крагујевцу, Педагошки факултет у Ужицу

Горан В. Шекељић*

Универзитет у Крагујевцу, Педагошки факултет у Ужицу

А П С Т Р А К Т

Циљ ове студије био је да се испитају ефекти 12-недељног програма вежбања заснованог на снази и издржљивости на фундаменталне моторичке вештине (ФМВ) деце предшколског узраста. Укупно 47 деце је случајним избором распоређено у експерименталну групу (ЕГ; $n = 25$, просечан узраст $6,3 \pm 0,3$ године) и контролну групу (КГ; $n = 22$, просечан узраст $5,9 \pm 0,3$ године). ЕГ је изводила вежбе снаге и издржљивости три пута недељно у трајању од 30 минута, док је КГ учествовала у редовним активностима у вртићу. ФМВ су процењиване пре и после интервенције применом Теста развоја грубих моторичких вештина, друго издање. Израчунавани су укупни и стандардизовани резултати за локомоторне вештине, вештине контроле објекта и укупне грубе моторичке вештине. На основу двофакторске ANOVA, утврђене су значајне интеракције група $\times$ време у три локомоторна задатка (трчање, поскакивање и бочно кретање) и три задатка контроле објекта (бацање изнад руке, котрљање испод руке и ударање лопте). Пост-хок анализа је показала значајна побољшања од претеста до посттеста у ЕГ, али не и у КГ. Позитивни ефекти програма уочени су у укупним и стандардизованим резултатима локомоторних вештина ($p \leq 0,01$), вештина контроле објекта ($p \leq 0,01$) и укупних грубих моторичких вештина ($p \leq 0,02$) уз умерена до велика ($\eta^2 = 0,12$ –

* borkokatanic@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9332-178>

* aleksic.veljkovic@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4333-2465>

* dididisport1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-6119-9006>

* sekeljic@pfu.kg.ac.rs, <https://orcid.org/0000-0002-3764-7305>

0,42) побољшања. Ови налази наглашавају значај интеграције структурираних програма физичког вежбања у рано образовање деце.

Кључне речи: *локомоторне вештине, вештине контроле објекта, програм физичког вежбања, грубе моторичке вештине, експериментално истраживање.*

Увод

У савременим условима, многа деца проводе дуге периоде у седентарним активностима, као што су коришћење мобилних телефона или рачунара за игру (Colley et al., 2013). Ово изазива забринутост јер је физичка неактивност повезана са већом вероватноћом развоја кардиоваскуларних и метаболичких поремећаја већ у детињству (Andersen et al., 2011; Ekelund et al., 2012; Veijalainen et al., 2016).

Физичка активност (ФА) има кључну улогу у психофизичком развоју, са позитивним ефектима на физички раст, моторички развој, аеробни капацитет, крвни притисак, ниво липида у крви, метаболизам глукозе и ментално здравље (Butcher, 1983; King et al., 2003; Roth et al., 2010). Стога је неопходно да деца буду физички активна како би се спречила гојазност и оствариле бројне здравствене користи (Cragg & Cameron, 2006; Warburton et al., 2006). Новији докази такође указују на то да деца предшколског узраста која испуњавају препоручене смернице физичке активности имају већу вероватноћу да достигну адекватан ниво развијености фундаменталних моторичких вештина (ФМВ), као и повољније дугорочне здравствене исходе (Jones et al., 2020; Webster et al., 2019). Сходно томе, водеће светске здравствене институције промовишу физичку активност и дају смернице које препоручују да деца предшколског узраста буду ангажована у најмање 60 минута физичке активности умереног до високог интензитета дневно (Guan et al., 2020). Низак ниво физичке активности може негативно утицати на моторички развој, јер деца која се недовољно баве физичком активношћу имају смањену способност развоја моторичких вештина неопходних за спорт и друге физичке активности (Lubans et al., 2010). ФМВ су широко препознате као основа моторичке компетентности и каснијег учешћа у физичким активностима (Hulteen et al., 2018; Newell, 2020), при чему су посебно значајне у раном детињству, када се дете сусреће са новим ситуацијама и изазовима. Кроз физичко вежбање, деца усвајају основне моторичке вештине, унапређују координацију и равнотежу, као и способности контроле објекта. Систематски прегледи литературе потврђују снажне повезаности између моторичке компетентности, физичке активности и ширих аспеката развоја деце предшколског узраста (Figueroa & An, 2017; Malambo et al., 2022). Ове вештине не само да подржавају децу у свакодневном функционисању већ их и припремају за бављење спортом и другим облицима физичке активности касније у животу (Stodden et al., 2008; Venetsanou et al., 2015).

Иако су бројне студије испитивале утицај структурираних програма вежбања на моторичке способности деце, релативно мали број њих се специфично бавио ФМВ код деце предшколског узраста. Новије студије које су испитивале утицај физичког васпитања на моторичке вештине деце предшколског узраста

показале су позитивне ефекте у већини локомоторних и манипулативних задатака у односу на контролну групу (Brian et al., 2017; Duncan et al., 2019; Radanović, 2018; Roach & Keats, 2018). Насупрот томе, студија Алхасан и сарадника (Alhassan et al., 2012) није показала разлике између група. Остале недавне интервенције код деце предшколског узраста, као што су аеробне вежбе, јога или општи програми вежбања, доследно су показале користи за моторичке и когнитивне способности (Aleksić Veljković et al., 2021; Katanić et al., 2022, 2024). Слични резултати уочени су и приликом поређења моторичке компетентности између деце нормалне телесне масе и деце са прекомерном телесном масом (Banjević et al., 2022), као и при испитивању повезаности моторичких и когнитивних способности (Katanić et al., 2025). Међутим, ниједна од наведених студија није била усмерена на структурирани програм заснован искључиво на комбинацији вежби снаге и издржљивости. Недавна мета-анализа потврдила је да структуриране интервенције имају снажнији утицај на развој локомоторних вештина код деце предшколског узраста у поређењу са неструктурираним приступима, посебно када се спроводе током дужег временског периода (Chen et al., 2024). У новије време, структурирани приступи као што су функционалне и неуромускуларне вежбе такође су показали побољшања ФМВ и физичке спремности код деце предшколског и раног школског узраста (Wang et al., 2025; Zhang et al., 2024). Ипак, ове интервенције нису биле специфично усмерене на комбиновани приступ снаге и издржљивости.

Поред тога, иако постоји велики број програма физичког вежбања, водеће организације као што су Светска здравствена организација (СЗО) и Министарство здравља и социјалних услуга САД препоручују да деца узраста 5–6 година остварују најмање 60 минута физичке активности дневно, укључујући и аеробне активности и активности снаге (USDHHS, 2008; World Health Organization, 2010). Иако су ефекти комбинованог тренинга снаге и издржљивости добро документовани код одраслих (Huiberts et al., 2024; Pito et al., 2022), они су и даље у великој мери недовољно истражени код деце предшколског узраста. Овај јаз у знању оправдава спровођење ове студије.

Ово лонгитудинално истраживање имало је за циљ да процени ефекте 12-недељног програма вежбања заснованог на снази и издржљивости на ФМВ деце предшколског узраста. На основу претходних налаза, постављена је хипотеза да ће интервенциона група остварити статистички значајно већа побољшања ФМВ у поређењу са вршњацима који су учествовали у редовним активностима у вртићу.

Метод

Испитаници

Ова рандомизована контролисана лонгитудинална студија обухватила је 47 деце предшколског узраста, старости 5–6 година. Испитаници су случајним избором распоређени у интервенциону групу (ИГ; $n = 25$; $6,35 \pm 0,32$ године) и контролну групу (КГ; $n = 22$; $5,90 \pm 0,27$ година). Узорак је обухватао и дечаке и девојчице, а

сва деца су била укључена из исте предшколске установе ради обезбеђивања хомогености окружења (Табела 1).

Критеријуми за укључивање подразумевали су да деца немају здравствена стања која би могла ограничити безбедно учешће у физичкој активности. Критеријуми за искључивање обухватили су хронична обољења, недавне повреде или непостојање сагласности родитеља/старатеља. Писана информисана сагласност прибављена је од свих родитеља, односно законских старатеља, који су такође доставили демографске податке и медицинску документацију.

Истраживање је одобрено од стране Етичког комитета Универзитета у Нишу (бр. решења 04-1186/2) и спроведено је у складу са Декларацијом из Хелсинкија.

Табела 1

Дескриптивни показатељи узорка испитаника

Варијабле	ИГ	КГ
Број деце	25	22
Пол	Дечаци: 14 Девојчице: 11	Дечаци: 9 Девојчице: 13
Године	6,35 ± 0,32	5,90 ± 0,27
БМ (кг)	25,08 ± 4,28	22,60 ± 3,60
ТВ (м)	1,22 ± 0,05	1,17 ± 0,05
БМИ (кг/м ²)	16,90 ± 1,95	16,42 ± 1,65

Легенда. ИГ = експериментална група; КГ = контролна група

Истраживачки дизајн

Ова студија је применила мешовити лонгитудинални експериментални дизајн са претест и посттест мерењима. Тестирање свих испитаника спроведено је непосредно пре (иницијално мерење) и након 12-недељног интервенционог програма (завршно мерење). Мерења су обављена у сали за физичко вежбање предшколске установе, у исто доба дана (у 11:00 часова), ради минимизирања циркадијалних утицаја, при амбијенталној температури од 22 до 26 °C. Интервенција је трајала 12 недеља, са мерењима на почетку (недеља 0) и по завршетку програма (недеља 12).

Инструменти

Антропометријске карактеристике мерене су применом стандардизованих антропометријских инструмената (GPM, Швајцарска) и у складу са међународно прихваћеном процедуром (Eston & Reilly, 2013). Индекс телесне масе (ИТМ) израчунат је као однос телесне масе (kg) и квадрата телесне висине (m²). ИТМ је у снажној корелацији са процентом телесне масти и служи као показатељ нутритивног статуса код деце (Wilmore et al., 2022).

Фундаменталне моторичке вештине (ФМВ) процењиване су применом Теста развоја грубих моторичких вештина, друго издање (TGMD-2). Овај инстру-

мент обухвата 12 моторичких задатака подељених у два подтеста: локомоторне вештине (ЛВ) и вештине контроле објекта (КО). Локомоторне вештине обухватају шест задатака: ЛВ1 – трчање, ЛВ2 – галопирање, ЛВ3 – поскакивање, ЛВ4 – прескакање, ЛВ5 – скок у даљ из места, ЛВ6 – бочно кретање. Вештине контроле објекта обухватају шест задатака: КО1 – ударање стационарне лопте, КО2 – вођење лопте, КО3 – хватање, КО4 – шутирање, КО5 – бацање изнад руке, КО6 – котрљање. Коришћењем стандардизованих TGMD табела, резултати су конвертовани у вредности прилагођене узрасту, при чему су добијени резултати за локомоторне вештине (ЛВС), вештине контроле објекта (КОС) и укупан скор ФМВ (ФМВС) (Ulrich, 2000).

Експериментални програм

Интервенција се састојала од програма вежбања заснованог на снази и издржљивости, креираног у складу са смерницама Националног удружења за спорт и физичко васпитање (САД), које препоручују укључивање и аеробних активности и активности снаге код деце предшколског узраста (USDHHS, 2008).

Програм је трајао 12 недеља, са три тренинга недељно, при чему је свака сесија трајала 30 минута. Структура сваке сесије обухватала је уводни део (5 минута), главни део (20 минута) и завршни део (5 минута). Програм је спровођен током редовних активности деце у вртићу, док је за то време КГ спроводила слободне активности.

Уводни део укључивао је аеробне динамичке вежбе, као што су марширање или лагано поскакивање, уз обликовање покрета. Главни део састојао се од интервала активности високог интензитета (30 секунди), који су се смењивали са вежбама ниског интензитета са сопственом телесном масом (30 секунди). Коришћене су вежбе са сопственом тежином, карактеристичне за групни фитнес, са акцентом на јачање мускулатуре руку, груди и раменог појаса (варијанте склекова, и других упора); трупа (трбушњаци и планкови); ногу (чучњеви, искораци, скокови и трчања у месту). Сваки комплекс (1 вежба високог + 1 вежба ниског интензитета) понављан је два пута, при чему је у оквиру једне сесије извођено 8–10 комплекса (Табела 2; Слика 1). У завршном делу извођене су вежбе истезања и релаксације.

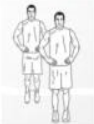
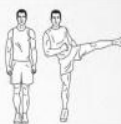
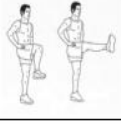
Табела 2

Преглед програма физичког вежбања

Тренинг сесија	Активност	Трајање
Уводни део	Аеробне вежбе ниског интензитета и вежбе обликовања	5 мин.
Главни део	Комплекс: 1 вежба високог интензитета 30" + 1 вежба ниског интензитета 30" × 2 (8–10 комплекса)	20 мин.
Завршни део	Вежбе истезања и дисања	5 мин.

Слика 1

Пример главног дела тренинга за експерименталну групу (преузето од Реу, 2017)

Р.бр.	Опис вежби	I вежба – већи интензитет (30 sec)	II вежба – мањи интензитет (30 sec)	серије
1.	I - Суножни поскоци напред назад; II - Одножење наизменично, једна па друга нога.			X2
2.	I - Из става раскорачног спустити се у чучањ и скочити увис (нису везани); II - Марширање уз хватање колена рукама, наизменично једна-друга нога.			X2
3.	I - Из трчања у месту, спустити се у упор (високи планк) и испружити једну па другу руку испред, наставити са трчањем; II - „Берем грожђе“			X2
1 минут лагано марширање уз дубоко дисање удах-издах				
4.	I - „Jumping Jacks“ (скокови из става спетног до става раскорачног са узручењем); II - У положају на једној ноzi вршити покрете из одручења до подручења.			X2
5.	I - Из трчања на сваки 3. корак један закорак, па 3 контакта и друга нога; II - Марширање два пута, претклон.			X2
6.	I - Скип и на сваки 5. контакт спустити се у искорак и скок у вис, потом скип па друга нога; II - Марширање уз опружање потколенице			X2
1 минут лагано марширање уз дубоко дисање удах-издах				
7.	I - Високи скип (високо колена), на сваки 3. корак задршка једну секунду; II - Из претклона у заклон, само једна дијагонала, у другој серији друга.			X2
8.	I - У положају високог планка, наизменичне ротације у једну и другу страну; II - Марширање у одручењу.			X2
9.	I - Два поскока, два узручења уз плесак длановима горе; II - Леђна екстензија.			X2

Статистичка анализа

Дескриптивна статистика, изражена кроз аритметичку средину и стандардну девијацију, израчуната је за све варијабле. У склопу прелиминарних анализа, извршена је процена облика дистрибуције података на основу коефицијената асиметрије (*skewness*) и спљоштености (*kurtosis*), као мера које описују одступања од симетрије и нормалног облика расподеле. На основу прелиминарних анализа, које су обухватиле визуелни преглед Q–Q дијаграма, као и анализу вредности скјуниса и куртозиса (Табеле 3 и 4), закључено је да дистрибуције испитиваних варијабли не показују значајнија одступања од нормалне расподеле.

Ради процене ефеката интервенције примењена је мешовита ANOVA са поновљеним мерењима 2 × 2. Овај статистички модел омогућава анализу три ефекта: главног ефекта групе (разлике између експерименталне и контролне групе), главног ефекта времена (промене између иницијалног и финалног мерења), као и ефекта интеракције групе и времена (различита динамика промена између група).

Ниво статистичке значајности постављен је на $p < 0,05$ (двострани тест). Величине ефекта израчунате су ради процене практичне значајности резултата. Вредности парцијалне ета-квадрат (η^2) добијене ANOVA анализом конвертоване су у Коеново d , а додатно су израчунате и групно-специфичне величине ефекта за промене од претеста до посттеста применом формуле:

$$d = \frac{M_{post} - M_{pre}}{SD_{pooled}} (1)$$

Интерпретација Коеновог d извршена је према уобичајеним праговима: занемарљив ($< 0,20$), мали ($0,20-0,50$), умерен ($0,50-0,80$), велики ($0,80-1,30$) и веома велики ($> 1,30$) ефекат (Cohen, 1988). Све статистичке анализе спроведене су у програму IBM SPSS Statistics, верзија 26.0 (IBM Corp.).

Резултати

У Табели 3 приказане су дескриптивне вредности за све моторичке вештине за ИГ. Стандардне девијације указују на умерену варијабилност резултата између испитаника, док распон остварених вредности показује да су учесници користили готово цео опсег скале код већине варијабли, што указује на задовољавајућу дискриминативност мерења. Треба истаћи просечне вредности за укупне стандардизоване варијабле ЛВС ($6,68 \pm 1,63$), КОС ($7,08 \pm 1,42$) и ФМВС ($13,76 \pm 2,71$).

Мере облика дистрибуције показују да су се вредности коефицијента закривљености (скјунис) кретале у распону од $-0,81$ до $0,94$, док су се вредности коефицијента заобљености (куртозис) кретале од $-1,17$ до $0,81$. Добијене вредности скјуниса налазе се унутар прихватљивих граница, док су вредности куртозиса такође у оквиру референтних граница, што указује на то да мере облика дистрибуције не показују значајна одступања од нормалне расподеле резултата. Негативне вредности скјуниса код већине варијабли указују на благу асиметрију улево, док

позитивне вредности код појединих варијабли (нпр. КО1) указују на благу асиметрију удесно.

Табела 3

Дескриптивни подаци на иницијалном мерењу за ИГ

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Minimum	Maximum	Распон	Skewness	Kurtosis
ЛВ1	4,52	1,39	1,00	7,00	6,00	-0,66	0,52
ЛВ2	4,92	1,55	2,00	7,00	5,00	-0,58	-0,39
ЛВ3	6,32	1,41	3,00	9,00	6,00	-0,33	0,02
ЛВ4	3,64	1,11	1,00	5,00	4,00	-0,78	-0,10
ЛВ5	4,04	1,02	2,00	6,00	4,00	-0,09	0,20
ЛВ6	5,48	1,08	3,00	7,00	4,00	-0,69	0,56
ЛВТ	28,92	5,02	16,00	37,00	21,00	-0,81	0,81
ЛВС	6,68	1,63	3,00	9,00	6,00	-0,57	-0,25
КО1	5,04	1,97	2,00	10,00	8,00	0,94	0,59
КО2	4,08	1,55	1,00	7,00	6,00	-0,07	-0,78
КО3	4,36	0,70	3,00	5,00	2,00	-0,64	-0,64
КО4	4,60	1,61	2,00	7,00	5,00	0,07	-1,17
КО5	4,76	1,20	3,00	7,00	4,00	0,19	-0,76
КО6	4,36	1,04	2,00	6,00	4,00	-0,33	-0,25
КОТ	27,20	4,77	18,00	37,00	19,00	0,17	-0,14
КОС	7,08	1,42	4,00	10,00	6,00	0,14	-0,08
ФМВ	56,12	8,68	37,00	72,00	35,00	-0,25	0,08
ФМВС	13,76	2,71	7,00	19,00	12,00	-0,35	0,42

Напомена. *M* – аритметичка средина; *SD* – стандардна девијација; Minimum – минимална вредност; Maximum – максимална вредност; Skewness – коефицијент асиметричности (скјунис); Kurtosis – коефицијент спљоштености (куртозис); ЛВ1-6 – задаци локомоторних вештина од 1. до 6. задатка; ЛВТ – укупне нумеричке вредности локомоторних вештина; ЛВС – укупне стандардизоване вредности локомоторних вештина; КО1-6 – задаци контроле објекта (манипулативне вештине) од 1. до 6. задатка; КОТ – укупне нумеричке вредности манипулативних вештина; КОС – укупне стандардизоване вредности манипулативних вештина; ФМВ – укупне вредности грубих моторичких вештина; ФМВС – укупне стандардизоване вредности грубих моторичких вештина.

У Табели 4 приказане су дескриптивне вредности моторичких вештина у КГ. Стандардне девијације указују на умерену варијабилност резултата између испитаника, док распон остварених вредности такође показује да су учесници користили готово цео опсег скале код већине варијабли, што указује на задовољавајућу дискриминативност мерења. Треба истаћи да су просечне вредности за укупне стандардизоване варијабле ЛВС ($7,09 \pm 1,60$), КОС ($6,86 \pm 1,73$) и ФМВС ($13,95 \pm 2,97$) релативно сличне као у ИГ.

Мере облика дистрибуције показују да су се вредности коефицијента закривљености (скјунис) кретале у распону од -0,71 до 0,99, док су се вредности коефицијента заобљености (куртозис) кретале од -0,98 до 1,85. Добијене вредности скјуниса налазе се унутар прихватљивих граница, док су вредности куртозиса такође у оквиру референтних граница, што указује на то да мере облика дистрибуције не показују значајна одступања од нормалне расподеле резултата. Негативне вредности скјуниса код већег броја варијабли указују на благу асиметрију улево, док позитивне вредности код појединих варијабли (нпр. КО5 и КО6 негативан скјунис није доминантан образац, већ варира у зависности од варијабле) указују на благу асиметрију удесно.

Табела 4*Дескриптивни подаци на иницијалном мерењу за КГ*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Minimum	Maximum	Распон	Skewness	Kurtosis
ЛВ1	5,00	1,27	3,00	7,00	4,00	0,31	-0,92
ЛВ2	4,86	1,39	2,00	7,00	5,00	-0,09	-0,66
ЛВ3	6,09	1,19	4,00	8,00	4,00	-0,01	-0,70
ЛВ4	2,91	1,27	1,00	6,00	5,00	0,65	0,17
ЛВ5	4,18	1,05	3,00	6,00	3,00	0,41	-0,97
ЛВ6	5,50	1,30	3,00	8,00	5,00	-0,07	-0,72
ЛВТ	28,55	4,75	21,00	39,00	18,00	0,39	-0,51
ЛВС	7,09	1,60	5,00	11,00	6,00	0,68	0,42
КО1	4,32	1,70	2,00	8,00	6,00	0,79	0,45
КО2	3,55	1,47	1,00	7,00	6,00	0,59	0,07
КО3	3,77	1,07	2,00	6,00	4,00	0,24	-0,61
КО4	2,95	1,05	1,00	5,00	4,00	0,10	-0,98
КО5	4,64	1,18	3,00	8,00	5,00	0,99	1,85
КО6	4,77	0,81	3,00	6,00	3,00	-0,71	0,60
КОТ	24,00	4,51	15,00	33,00	18,00	0,13	-0,10
КОС	6,86	1,73	4,00	11,00	7,00	0,54	0,64
ФМВ	52,55	8,03	40,00	70,00	30,00	0,34	-0,67
ФМВС	13,95	2,97	10,00	22,00	12,00	0,75	1,20

Напомена. *M* – аритметичка средина; *SD* – стандардна девијација; Minimum – минимална вредност; Maximum – максимална вредност; Skewness – коефицијент асиметричности (скјунис); Kurtosis – коефицијент спљоштености (куртозис); ЛВ1-6 – задаци локомоторних вештина од 1. до 6. задатка; ЛВТ – укупне нумеричке вредности локомоторних вештина; ЛВС – укупне стандардизоване вредности локомоторних вештина; КО1-6 – задаци контроле објекта (манипулативне вештине) од 1. до 6. задатка; КОТ – укупне нумеричке вредности манипулативних вештина; КОС – укупне стандардизоване вредности манипулативних вештина; ФМВ – укупне вредности грубих моторичких вештина; ФМВС – укупне стандардизоване вредности грубих моторичких вештина.

У Табели 5 су приказане иницијалне и финалне вредности моторичких варијабли у експерименталној (ИГ) и контролној групи (КГ). У експерименталној групи уочава се напредак у свим испитиваним варијаблама, како на појединачним тестовима, тако и на композитним резултатима. Најизраженије побољшање бележи се у укупним показатељима, где је ЛВТ порастао са $28,92 \pm 5,02$ на $35,12 \pm 4,63$, КОТ са $27,20 \pm 4,77$ на $33,04 \pm 5,22$, док је ФМВ порастао са $56,12 \pm 8,68$ на $68,16 \pm 8,51$.

Додатно, све појединачне ЛВ варијабле (ЛВ1–ЛВ6) показују стабилан пораст у експерименталној групи, при чему се посебно издвајају ЛВ1 (са $4,52 \pm 1,39$ на $6,12 \pm 1,13$) и ЛВ4 (са $3,64 \pm 1,11$ на $4,84 \pm 0,99$). Сличан тренд се уочава и код ЛВС (са $6,68 \pm 1,63$ на $8,60 \pm 1,53$) и ФМВС (са $13,76 \pm 2,71$ на $17,48 \pm 3,10$).

Код контролне групе, промене су знатно мање изражене и неуједначене. Док се код појединих варијабли бележе благи пораст (нпр. КО3 и КО4), код других варијабли присутна је стагнација или чак пад вредности (нпр. КО1 и КО6). Укупни резултати такође показују минималне промене, при чему КОТ расте са $24,00 \pm 4,51$ на $25,14 \pm 5,09$, а ФМВ са $52,55 \pm 8,03$ на $54,68 \pm 8,70$.

Табела 5

Дескриптивни показатељи испитиваних варијабли на иницијалном и финалном мерењу код експерименталне и контролне групе

Варијабле	ИГ		КГ	
	Иницијално	Финално	Иницијално	Финално
ЛВ1	$4,52 \pm 1,39$	$6,12 \pm 1,13$	$5,00 \pm 1,27$	$5,18 \pm 1,05$
ЛВ2	$4,92 \pm 1,55$	$5,80 \pm 1,53$	$4,86 \pm 1,39$	$4,95 \pm 1,17$
ЛВ3	$6,32 \pm 1,41$	$7,04 \pm 1,34$	$6,09 \pm 1,19$	$5,45 \pm 0,91$
ЛВ4	$3,64 \pm 1,11$	$4,84 \pm 0,99$	$2,91 \pm 1,27$	$4,18 \pm 1,05$
ЛВ5	$4,04 \pm 1,02$	$4,92 \pm 0,86$	$4,18 \pm 1,05$	$4,55 \pm 0,86$
ЛВ6	$5,48 \pm 1,08$	$6,40 \pm 1,00$	$5,50 \pm 1,30$	$5,23 \pm 1,11$
ЛВТ	$28,92 \pm 5,02$	$35,12 \pm 4,63$	$28,55 \pm 4,75$	$29,55 \pm 4,49$
ЛВС	$6,68 \pm 1,63$	$8,60 \pm 1,53$	$7,09 \pm 1,60$	$7,18 \pm 1,62$
КО1	$5,04 \pm 1,97$	$6,16 \pm 1,25$	$4,32 \pm 1,70$	$3,82 \pm 1,10$
КО2	$4,08 \pm 1,55$	$5,00 \pm 1,68$	$3,55 \pm 1,47$	$3,91 \pm 1,54$
КО3	$4,36 \pm 0,70$	$5,00 \pm 0,87$	$3,77 \pm 1,07$	$4,55 \pm 0,74$
КО4	$4,60 \pm 1,61$	$5,16 \pm 1,52$	$2,95 \pm 1,05$	$3,95 \pm 1,53$
КО5	$4,76 \pm 1,20$	$6,48 \pm 1,00$	$4,64 \pm 1,18$	$5,09 \pm 1,02$
КО6	$4,36 \pm 1,04$	$5,24 \pm 1,01$	$4,77 \pm 0,81$	$3,82 \pm 1,05$
КОТ	$27,20 \pm 4,77$	$33,04 \pm 5,22$	$24,00 \pm 4,51$	$25,14 \pm 5,09$
КОС	$7,08 \pm 1,41$	$8,88 \pm 1,90$	$6,86 \pm 1,73$	$7,23 \pm 1,69$
ФМВ	$56,12 \pm 8,68$	$68,16 \pm 8,51$	$52,55 \pm 8,03$	$54,68 \pm 8,70$
ФМВС	$13,76 \pm 2,71$	$17,48 \pm 3,10$	$13,95 \pm 2,97$	$14,41 \pm 3,11$

Напомена. ЛВ1-6 – задаци локомоторних вештина од 1. до 6. задатка; ЛВТ – укупне нумеричке вредности локомоторних вештина; ЛВС – укупне стандардизоване вредности локомоторних вештина; КО1-6 – задаци контроле објекта (манипулативне вештине) од 1. до 6. задатка; КОТ – укупне нумеричке вредности манипулативних вештина; КОС – укупне стандардизоване вредности манипулативних вештина; ФМВ – укупне вредности грубих моторичких вештина; ФМВС – укупне стандардизоване вредности грубих моторичких вештина; ИГ – експериментална група; КГ – контролна група.

Резултати мешовите анализе варијансе (ANOVA 2 × 2) са поновљеним мерењима (Табела 6) показују значајне ефекте фактора групе, времена и њихове интеракције у већем броју испитиваних варијабли.

Ефекат фактора групе је статистички значајан код већине варијабли, посебно код: ЛВ3 ($p = 0,004$; $\eta^2 = 0,169$), ЛВ4 ($p = 0,011$; $\eta^2 = 0,136$), ЛВТ ($p = 0,019$; $\eta^2 = 0,117$), КО1 ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,349$), КО4 ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,260$), КО5 ($p = 0,002$; $\eta^2 = 0,186$), КОТ ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,308$), КОС ($p = 0,023$; $\eta^2 = 0,110$) и ФМВ ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,255$), што указује на постојање разлика између експерименталне и контролне групе већ на нивоу основних ефеката.

Ефекат времена је статистички значајан код већине варијабли, при чему се посебно издвајају: ЛВ1 ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,314$), ЛВ4 ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,484$), ЛВ5 ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,227$), ЛВТ ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,404$), ЛВС ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,336$), КО3 ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,339$), КО4 ($p = 0,001$; $\eta^2 = 0,208$), КО5 ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,351$), КОТ ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,342$), КОС ($p = 0,001$; $\eta^2 = 0,230$), ФМВ ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,434$) и ФМВС ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,332$), што указује на значајне промене између иницијалног и финалног мерења у целокупном узорку.

Најважније, интеракција групе и времена је статистички значајна код већег броја варијабли, укључујући: ЛВ1 ($p = 0,001$; $\eta^2 = 0,225$), ЛВ3 ($p = 0,002$; $\eta^2 = 0,200$), ЛВ6 ($p = 0,001$; $\eta^2 = 0,235$), ЛВТ ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,261$), ЛВС ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,336$), КО1 ($p = 0,018$; $\eta^2 = 0,119$), КО5 ($p = 0,006$; $\eta^2 = 0,155$), КО6 ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,415$), КОТ ($p = 0,002$; $\eta^2 = 0,191$), КОС ($p = 0,019$; $\eta^2 = 0,117$), ФМВ ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,272$) и ФМВС ($p = 0,001$; $\eta^2 = 0,233$), што указује на то да су промене током времена биле различите између експерименталне и контролне групе.

Посебно је важно нагласити да су значајне интеракције праћене и умереним до високим величинама ефекта (η^2), што указује на то да је експериментална интервенција имала реалан и практично значајан утицај на побољшање моторичких перформанси у односу на контролну групу.

Табела 6

Ефекти програма физичког вежбања на моторичке вештине

	Група			Време			Група x Време		
	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
ЛВ1	0,59	0,44	0,01	20,57	0,00**	0,31	13,03	0,00**	0,22
ЛВ2	1,60	0,21	0,03	4,94	0,03*	0,09	3,26	0,07	0,06
ЛВ3	9,16	0,00**	0,16	0,04	0,83	0,00	11,24	0,00**	0,20
ЛВ4	7,05	0,01*	0,13	42,16	0,00**	0,48	0,03	0,84	0,00
ЛВ5	0,28	0,59	0,00	13,19	0,00**	0,22	2,27	0,13	0,04
ЛВ6	4,04	0,05	0,08	4,07	0,05	0,08	13,82	0,00**	0,23
ЛВТ	5,94	0,01*	0,11	30,53	0,00**	0,40	15,92	0,00**	0,26
ЛВС	1,47	0,23	0,03	22,73	0,00**	0,33	22,73	0,00**	0,33
КО1	24,15	0,00**	0,34	0,88	0,35	0,01	6,05	0,01*	0,11
КО2	4,30	0,04*	0,08	7,29	0,01*	0,14	1,37	0,24	0,03
КО3	6,76	0,01*	0,13	23,03	0,00**	0,33	0,20	0,65	0,00
КО4	15,83	0,00**	0,26	11,84	0,00**	0,20	0,94	0,33	0,02
КО5	10,30	0,00**	0,18	24,29	0,00**	0,35	8,22	0,00**	0,15

	Група			Време			Група x Време		
	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
КО6	4,49	0,04*	0,09	0,05	0,82	0,00	31,89	0,00**	0,41
КОТ	19,98	0,00**	0,30	23,34	0,00**	0,34	10,61 ^b	0,00**	0,19
КОС	5,56	0,02*	0,11	13,46	0,00**	0,23	5,93	0,01*	0,11
ФМВ	15,43	0,00**	0,25	34,52	0,00**	0,43	16,84	0,00**	0,27
ФМВС	3,69	0,06	0,07	22,35	0,00**	0,33	13,67	0,00**	0,23

Напомена. *F* – коефицијент *F*-теста за значајност Вилковске (Wilks) ламбде; *p* – ниво статистичке значајности разлика; η^2 – парцијална ета-квадрат; ЛВ1-6 – задаци локомоторних вештина од 1. до 6. задатка; ЛВТ – укупне нумеричке вредности локомоторних вештина; ЛВС – укупне стандардизоване вредности локомоторних вештина; КО1-6 – задаци контроле објекта (манипулативне вештине) од 1. до 6. задатка; КОТ – укупне нумеричке вредности манипулативних вештина; КОС – укупне стандардизоване вредности манипулативних вештина; ФМВ – укупне вредности грубих моторичких вештина; ФМВС – укупне стандардизоване вредности грубих моторичких вештина; **p* < 0,05; ***p* < 0,01.

Дискусија

Добијени резултати указују на јасне разлике између експерименталне и контролне групе, као и на значајне промене током времена у већини испитиваних моторичких варијабли. Статистички значајан ефекат фактора групе, посебно код варијабли са већим величинама ефекта (нпр. КО1, КО4, КОТ и ФМВ), сугерише да су испитаници из експерименталне групе имали укупно боље исходе у односу на контролну групу већ на нивоу основних разлика. Истовремено, значајан ефекат времена код великог броја варијабли, праћен средњим до високим вредностима η^2 , указује на постојање укупног тренажног или развојног ефекта у целокупном узорку, при чему су најизраженија побољшања уочена у варијаблама ЛВ4, ФМВ и ЛВТ. Међутим, најрелевантнији налаз представља статистички значајна интеракција групе и времена код већине варијабли, што јасно указује на то да су промене биле различите између група, односно да је експериментална интервенција довела до значајно већег напретка у односу на контролну групу. Ови резултати, уз умерене и високе величине ефекта, додатно потврђују практичну релевантност примењеног програма у унапређењу моторичких перформанси испитаника.

На основу дескриптивне анализе иницијалних мерења уочава се да су просечне вредности моторичких параметара биле сличне између експерименталне и контролне групе у већини варијабли. Остварени резултати деце предшколског узраста у обе групе у домену локомоторних вештина били су у складу са резултатима других истраживања (Duncan et al., 2019; Johnstone et al., 2017; Logan et al., 2014). Стога, нивои моторичких вештина испитаника у овој студији одговарају онима који су наведени у литератури за децу сличног узраста. Међутим, у појединим истраживањима деца су остваривала нешто више просечне вредности у локомоторним вештинама (Cliff et al., 2009; Grant-Beuttler et al., 2017; Roach & Keats, 2018).

Када је реч о манипулативним вештинама, добијени резултати су у складу са претходним налазима (Katanić et al., 2022; Newell, 2020), док су у неким студијама пријављене нешто више просечне вредности (Cliff et al., 2009; Grant-Beuttler et al., 2017; Roach & Keats, 2018). Слично томе, резултати укупних грубих моторичких вештина одговарају налазима других студија (Katanić et al., 2022; Katanić et al.,

2024), иако су у појединим истраживањима забележене више вредности (Cliff et al., 2009; Grant-Beuttler et al., 2017; Roach & Keats, 2018), док су у супротности с тим у једном истраживању утврђене ниже вредности (Duncan et al., 2019).

Комбинована анализа варијансе показала је позитивне ефекте програма вежбања заснованог на снази и издржљивости на локомоторне, манипулативне и укупне грубе моторичке вештине. Ови налази су у складу са ранијим истраживањима која су потврдила повољан утицај структуриране физичке активности на моторички развој деце предшколског узраста, нарочито у домену локомоторних (Deli et al., 2006; Duncan et al., 2019; Radanović, 2018; Roach & Keats, 2018), манипулативних (Bellows et al., 2013; Brian et al., 2017; Duncan et al., 2019; Radanović, 2018; Roach & Keats, 2018) и укупних грубих моторичких вештина (Duncan et al., 2019; Radanović, 2018; Roach & Keats, 2018).

Један од очекиваних исхода било је веће побољшање локомоторних вештина, имајући у виду да је програм био примарно састављен од вежби са сопственом телесном масом, као што су трчање у месту, поскакивање и скокови. Посебно интересантан налаз представља трансфер ових локомоторних активности на вештине контроле објекта, иако програм није био директно усмерен на манипулацију објектима.

Када су локомоторни задаци анализирани појединачно, побољшања су уочена у: ЛВ1 (трчање), ЛВ3 (поскакивање) и ЛВ6 (бочно кретање), ЛВТ (укупне вредности локомоторних вештина) и ЛВС (укупне стандардизоване вредности локомоторних вештина), док нису утврђене значајне разлике у ЛВ2 (галомирање), ЛВ4 (прескакање) и ЛВ5 (скок у даљ из места).

У случају задатака контроле објекта, значајна побољшања забележена су у: КО1 (ударање стационарне лопте), КО5 (бацање изнад руке) и КО6 (котрљање лопте), КОТ (укупне вредности манипулативних вештина) и КОС (укупне стандардизоване вредности манипулативних вештина), док нису утврђене разлике у КО2 (вођење лопте), КО3 (хватање) и КО4 (шутирање).

Такође, значајна побољшања су остварена у укупним варијаблама моторичких вештина ФМВ (укупне вредности грубих моторичких вештина) и ФМВС (укупне стандардизоване вредности грубих моторичких вештина). Ови резултати указују на то да, иако је програм био ефикасан у унапређењу локомоторних и манипулативних вештина у целини, детаљнија анализа показује да су значајна побољшања остварена само у половини задатака, што сугерише да се ефекти не могу генерализовати на све моторичке домене.

У целини, налази додатно потврђују значај структурираних програма вежбања у предшколском образовању. Они такође указују на могућност трансфер-ефеката са активности усмерених на локомоцију на перформансе у домену контроле објекта, чак и у одсуству директног тренинга. Све наведено наглашава потребу за холистичким приступом у осмишљавању програма физичког васпитања за децу раног узраста и представља увод у закључке који следе.

Основно ограничење ове студије односи се на релативно мали узорак испитаника и трајање интервенционог програма. Ови фактори могу ограничити могућ-

ност генерализације резултата. Поред тога, студија је спроведена у оквиру једне предшколске установе, што додатно умањује спољашњу валидност налаза.

Упркос наведеним ограничењима, главна снага ове студије огледа се у чињеници да је прва која је испитивала ефекте програма вежбања заснованог на снази и издржљивости код деце предшколског узраста. Додатне снаге истраживања укључују рандомизовани дизајн, спровођење експерименталног третмана у трајању од 12 недеља и свеобухватну процену моторичких вештина применом целокупне TGMD-2 тест батерије. Поред тога, добијени су вредни подаци о утицају истовремене физичке интервенције на моторичке вештине деце предшколског узраста. Ови подаци поткрепљују став да деца не могу адекватно развијати моторичке вештине без програма физичког вежбања (Goodway & Branta, 2003), јер сам процес сазревања није довољан за њихов оптималан развој (Malina et al., 2004).

Будућа истраживања требало би да обухвате веће и разноврсније узорке, као и интервенције различитог трајања, како би се стекли дубљи увиди у дозно-одговорне ефекте физичке активности на моторички развој деце предшколског узраста. Такође би било корисно испитати ефекте програма који комбинују локомоторне и манипулативне вежбе, како би се утврдило да ли интегрисани тренинг доводи до ширих или уравнотеженијих побољшања свих фундаменталних моторичких вештина. Поред тога, препоручују се лонгитудиналне студије ради процене одрживости уочених побољшања током времена.

Закључак

Ова студија је показала да 12-недељни програм вежбања заснован на снази и издржљивости доводи до значајних побољшања локомоторних вештина, вештина контроле објекта и укупних моторичких способности код деце предшколског узраста. Ови налази потврђују ефикасност структурираних интервенција физичког вежбања у раном детињству и у складу су са циљем студије да се унапреде фундаменталне моторичке вештине путем циљаног тренинга.

Практичне импликације су јасне: интеграција комбинованог тренинга у програме предшколских установа може не само подстаћи развој моторичке компетентности већ и охрабрити дугорочно укључивање деце у физичку активност, чиме се подржава њихово здравље и развој у све израженијем седентарном окружењу.

Ипак, приликом тумачења резултата потребно је узети у обзир одређена ограничења, укључујући мали узорак и прикупљање података на једној локацији. Неопходна су даља истраживања која ће обухватити веће и хетерогеније узорке, као и комбиноване или дуготрајније интервенције, ради процене одрживости и ширине остварених добитака у моторичким вештинама.

У закључку, вежбање засновано на снази и издржљивости показује се као вредна и практична стратегија за унапређење моторичког развоја деце предшколског узраста. Уградњом оваквих програма у свакодневне активности, васпитачи и доносиоци одлука могу допринети здравијим развојним путањима у детињству и поставити темеље за доживотну физичку активност.

Литература

- Alhassan, S., Nwaokелеmeh, O., Ghazarian, M., Roberts, J., Mendoza, A., & Shitole, S. (2012). Effects of locomotor skill program on minority preschoolers' physical activity levels. *Pediatric Exercise Science*, 24(3), 435–449. <https://doi.org/10.1123/pes.24.3.435>
- Aleksić Veljković, A., Katanić, B., & Masanovic, B. (2021). Effects of a 12-week yoga intervention on motor and cognitive abilities of preschool children. *Frontiers in Pediatrics*, 9, 799226. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.799226>
- Andersen, L. B., Riddoch, C., Kriemler, S., & Hills, A. (2011). Physical activity and cardiovascular risk factors in children. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 871–876. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090333>
- Banjevic, B., Aleksić, D., Aleksić Veljković, A., Katanic, B., & Masanovic, B. (2022). Differences between healthy-weight and overweight Serbian preschool children in motor and cognitive abilities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), 11325. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811325>
- Bellows, L. L., Davies, P. L., Anderson, J., & Kennedy, C. (2013). Effectiveness of a physical activity intervention for Head Start preschoolers: A randomized intervention study. *American Journal of Occupational Therapy*, 67(1), 28–36. <https://doi.org/10.5014/ajot.2013.005777>
- Brian, A., Goodway, J. D., Logan, J. A., & Sutherland, S. (2017). SKiPing with teachers: An early years motor skill intervention. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 22(3), 270–282. <https://doi.org/10.1080/17408989.2016.1176133>
- Butcher, J. (1983). Socialization of adolescent girls into physical activity. *Adolescence*, 18(72), 753–766.
- Chen, D., Zhao, G., Fu, J., Shun, S., Su, L., He, Z., Chen, R., Jiang, T., Hu, X., Li, Y., & Shen, F. (2024). Effects of structured and unstructured interventions on fundamental motor skills in preschool children: A meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 12, 1345566. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1345566>
- Cliff, D. P., Okely, A. D., Smith, L. M., & McKeen, K. (2009). Relationship between fundamental movement skills and objectively measured physical activity in preschool children. *Pediatric Exercise Science*, 21(4), 436–449. <https://doi.org/10.1123/pes.21.4.436>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Erlbaum.
- Colley, R. C., Garrigué, D., Adamo, K. B., Carson, V., Janssen, I., Timmons, B. W., & Tremblay, M. S. (2013). Physical activity and sedentary behavior during the early years in Canada: A cross-sectional study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(1), 54. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-54>
- Cragg, S., & Cameron, C. (2006). *Physical activity of Canadian youth: An analysis of 2002 health behaviour in school-aged children data*. Canadian Fitness and Lifestyle Research Institute.
- Deli, E., Bakle, I., & Zachopoulou, E. (2006). Implementing intervention movement programs for kindergarten children. *Journal of Early Childhood Research*, 4(1), 5–18. <https://doi.org/10.1177/1476718X06059785>
- Duncan, M. J., Hames, T., & Eyre, E. L. (2019). Sequencing effects of object control and locomotor skill during integrated neuromuscular training in 6- to 7-year-old children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2262–2274. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002484>
- Ekelund, U., Luan, J., Sherar, L. B., Esliger, D. W., Griew, P., Cooper, A., & ICAD Collaborators. (2012). Moderate to vigorous physical activity and sedentary time and cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *JAMA*, 307(7), 704–712. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.156>

- Eston, R., & Reilly, T. (2013). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: Tests, procedures and data* (Vol. 2). Routledge.
- Figueroa, R., & An, R. (2017). Motor skill competence and physical activity in preschoolers: A review. *Maternal and Child Health Journal*, 21(1), 136–146. <https://doi.org/10.1007/s10995-016-2102-1>
- Goodway, J. D., & Branta, C. F. (2003). Influence of a motor skill intervention on fundamental motor skill development of disadvantaged preschool children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(1), 36–46. <https://doi.org/10.1080/02701367.2003.10609062>
- Grant-Beuttler, M., Jennings, J., McCauley, C., Dulay, R., Grossnickle, K., Kill, K., Hay, J. (2017). Development of an electronic version of the children's self-perceptions of adequacy in and predilection for physical activity scale. *Pediatric Exercise Science*, 29(1), 153–160. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0115>
- Guan, H., Zhang, Z., Wang, B., Okely, A. D., Tong, M., Wu, J., Zhang, T. (2020). Proportion of kindergarten children meeting the WHO guidelines on physical activity, sedentary behavior and sleep and associations with adiposity in urban Beijing. *BMC Pediatrics*, 20(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12887-020-1969-6>
- Hulteen, R. M., Morgan, P. J., Barnett, L. M., Stodden, D. F., & Lubans, D. R. (2018). Development of foundational movement skills: A conceptual model for physical activity across the lifespan. *Sports Medicine*, 48(7), 1533–1540. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0892-6>
- Huiberts, R. O., Wüst, R. C., & van der Zwaard, S. (2024). Concurrent strength and endurance training: A systematic review and meta-analysis on the impact of sex and training status. *Sports Medicine*, 54(2), 485–503. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01943-9>
- Johnstone, A., Hughes, A. R., Janssen, X., & Reilly, J. J. (2017). Pragmatic evaluation of the Go2Play active play intervention on physical activity and fundamental movement skills in children. *Preventive Medicine Reports*, 7, 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2017.05.002>
- Jones, D., Innerd, A., Giles, E. L., & Azevedo, L. B. (2020). Association between fundamental motor skills and physical activity in the early years: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 9(6), 542–552. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.03.001>
- Katanić, B., Veljković, A. A., Stojiljković, N., Stanković, S., & Mitić, P. (2022). Effects of a 12-week aerobic training program on the cognitive and motor abilities of preschool children. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 223–232. <https://doi.org/10.22190/FUPES211102023K>
- Katanić, B., Veljković, A. A., Radaković, R., Mujanović, R., & Prvulović, N. (2025). The association between motor abilities and movement skills with cognitive abilities in preschool children. *Retos*, 65, 579–588. <https://doi.org/10.47197/retos.v65.111375>
- Katanic, B., Aleksic Veljkovic, A., Radakovic, R., Stojiljkovic, N., Olanescu, M., Peris, M., Sciu, A., & Popa, D. (2024). How does a 12-week physical exercise program affect the motor proficiency and cognitive abilities of overweight and normal-weight preschool children? *Children*, 11(4), 479. <https://doi.org/10.3390/children11040479>
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2022). *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics.
- King, G., Law, M., King, S., Rosenbaum, P., Kertoy, M. K., & Young, N. L. (2003). A conceptual model of the factors affecting the recreation and leisure participation of children with disabilities. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 23(1), 63–90.
- Lubans, D. R., Morgan, P. J., Cliff, D. P., Barnett, L. M., & Okely, A. D. (2010). Fundamental movement skills in children and adolescents: Review of associated health benefits. *Sports Medicine*, 40(12), 1019–1035. <https://doi.org/10.2165/11536850-000000000-00000>

- Logan, S. W., Robinson, L. E., Rudisill, M. E., Wadsworth, D. D., & Morera, M. (2014). The comparison of school-age children's performance on two motor assessments: The Test of Gross Motor Development and the Movement Assessment Battery for Children. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 19(1), 48–59. <https://doi.org/10.1080/17408989.2012.726979>
- Malambo, C., Nová, A., Clark, C., & Musálek, M. (2022). Associations between fundamental movement skills, physical fitness, motor competency, physical activity, and executive functions in preschool age children: A systematic review. *Children*, 9(7), 1059. <https://doi.org/10.3390/children9071059>
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human Kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492596837>
- Newell, K. M. (2020). What are fundamental motor skills and what is fundamental about them? *Journal of Motor Learning and Development*, 8(2), 280–314. <https://doi.org/10.1123/jmld.2020-0013>
- Pito, P. G., Cardoso, J. R., Tufano, J., & Guariglia, D. (2022). Effects of concurrent training on 1RM and VO₂ in adults: A systematic review with meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 43(4), 297–304. <https://doi.org/10.1055/a-1506-3007>
- Radanović, D. (2018). *Effects of developmental gymnastics programs exercise on development of motor skills and abilities and morphological characteristics of preschool children* [Doctoral dissertation, University of Novi Sad]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Kabir, J. M. (2016). *Factors influencing customer satisfaction at a fast food hamburger chain: The relationship between customer satisfaction and customer loyalty* (10169573) [Doctoral dissertation, Wilmington University]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Rey, N. (2017). *1000 No-Equipment Wourkouts Volume 1*. New Line Publishing.
- Roach, L., & Keats, M. (2018). Skill-based and planned active play versus free-play effects on fundamental movement skills in preschoolers. *Perceptual and Motor Skills*, 125(4), 651–668. <https://doi.org/10.1177/0031512518773281>
- Roth, K., Ruf, K., Obinger, M., Mauer, S., Ahnert, J., Schneider, W., Graf, C., Hebestreit, H. (2010). Is there a secular decline in motor skills in preschool children? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(4), 670–678. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00982.x>
- Stodden, D. F., Goodway, J. D., Langendorfer, S. J., Roberton, M. A., Rudisill, M. E., Garcia, C., & Garcia, L. E. (2008). A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity. *Quest*, 60(2), 290–306. <https://doi.org/10.1080/00336297.2008.10483582>
- Ulrich, R. S. (2000). Evidence-based environmental design for improving medical outcomes. In *Proceedings of the Healing by Design Conference* (pp. 1–10). Center for Health Systems and Design.
- U.S. Department of Health and Human Services. (2008). *Physical activity guidelines for Americans*.
- Veijalainen, A., Tompuri, T., Haapala, E. A., Viitasalo, A., Lintu, N., & Väistö, J. (2016). Associations of cardiorespiratory fitness, physical activity, and adiposity with arterial stiffness in children. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(8), 943–950. <https://doi.org/10.1111/sms.12523>
- Venetsanou, F., Kambas, A., & Giannakidou, D. (2015). Organized physical activity and health in preschool age: A review. *Central European Journal of Public Health*, 23(3), 200–207. <https://doi.org/10.21101/cejph.a4048>
- Wang, Z., Zang, J., Wang, Z., Fong, D. T. P., & Wang, D. (2025). Effects of 12-week integrative neuromuscular training on muscular fitness and sex differences in response to intervention in five- to six-year-old preschoolers. *PeerJ*, 13, e19417. <https://doi.org/10.7717/peerj.19417>

- Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. D. (2006). Health benefits of physical activity: The evidence. *CMAJ*, 174(6), 801–809. <https://doi.org/10.1503/cmaj.051351>
- Webster, E. K., Martin, C. K., & Staiano, A. E. (2019). Fundamental motor skills, screen-time, and physical activity in preschoolers. *Journal of Sport and Health Science*, 8(2), 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.11.006>
- World Health Organization. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. WHO Press.
- Zhang, D., Geok, S. K., Chan, Y. M., Zaremozhzabieh, Z., Lam, S. K., & He, S. (2024). Exploring the effects of a 12-week functional training program on fundamental motor skills for primary school children aged 6–7. *Children and Youth Services Review*, 167, 108008. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2024.108008>

Effects of a 12-Week Strength- and Endurance-Based Exercise Program on Fundamental Movement Skills of Preschool Children: A Randomized Controlled Trial

Borko Katanić*

Montenegrin Sports Academy, Podgorica, Montenegro

Aleksandra Aleksić*

University of Nis, Faculty of Sport and Physical Education

Radivoje Radaković*

University of Kragujevac, Faculty of Education in Užice

Goran Šekeljić*

University of Kragujevac, Faculty of Education in Užice

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the effects of a 12-week strength- and endurance-based exercise program on the fundamental motor skills (FMS) of preschool children. A total of 47 children were randomly assigned to either an experimental group (EG; $n = 25$, mean age 6.3 ± 0.3 years) or a control group (CG; $n = 22$, mean age 5.9 ± 0.3 years). The EG participated in strength and endurance exercises three times per week for 30 minutes, while the CG took part in regular kindergarten activities. FMS were assessed before and after the intervention using the Test of Gross Motor Development, Second Edition. Raw and standardized scores were calculated for locomotor skills, object control skills, and overall gross motor skills. Based on a two-way ANOVA, significant group $\times$ time interactions were found in three locomotor tasks (running, hopping, and sliding) and three object control tasks (overhand throwing, underhand rolling, and striking a ball). Post hoc analysis revealed significant improvements from pre- to post-test in the EG, but not in the CG. Positive effects of the program were observed in both raw and standardized scores for locomotor skills ($p \leq .01$), object control skills ($p \leq .02$), and overall gross motor skills ($p \leq .01$), with moderate to large effect sizes ($\eta^2 = .12 - .42$). These findings highlight the importance of integrating structured physical exercise programs into early childhood education.

Keywords: *locomotor skills, object control skills, physical exercise program, gross motor development, experimental study.*

* borkokatanic@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9332-178>

* aleksic.veljkovic@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4333-2465>

* dididisport1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-6119-9006>

* sekeljic@pfu.kg.ac.rs, <https://orcid.org/0000-0002-3764-7305>

Introduction

At present, many children spend long periods in sedentary activities, such as using mobile phones or computers for games (Colley et al., 2013). This is concerning because physical inactivity is linked to a higher likelihood of developing cardiovascular and metabolic disorders in childhood (Andersen et al., 2011; Ekelund et al., 2012; Veijalainen et al., 2016).

Physical activity (PA) plays a key role in psychophysical development, with positive effects on physical growth, motor development, aerobic capacity, blood pressure, blood lipid levels, glucose metabolism, and mental health (Butcher, 1983; King et al., 2003; Roth et al., 2010).

Therefore, children need to engage in PA to prevent obesity and achieve numerous health benefits (Cragg & Cameron, 2006; Warburton et al., 2006). Recent evidence also highlights that preschool children who meet activity guidelines are more likely to achieve adequate fundamental movement skills (FMS) proficiency and long-term health outcomes (Jones et al., 2020; Webster et al., 2019). Accordingly, leading world health institutions promote PA and provide guidelines that recommend that preschool children engage in at least 60 minutes of moderate to high-intensity PA (Guan et al., 2020).

Low levels of PA can negatively affect motor development, as children who do not engage in sufficient PA have reduced ability to develop motor skills needed for sports and other physical activities (Lubans et al., 2010). FMS are widely recognized as the foundation of motor competence and later physical activity (Hulteen et al., 2018; Newell, 2020), being particularly crucial in early childhood, when a child encounters new situations and challenges. Through physical exercise, children acquire basic motor skills, improve coordination, balance, and develop object control abilities. Systematic reviews confirm strong associations between motor skill competence, physical activity, and broader aspects of preschool development (Figueroa & An, 2017; Malambo et al., 2022). These skills not only support children in their daily lives but also prepare them for participation in sports and other physical activities later in life (Stodden et al., 2008; Venetsanou et al., 2015).

Although many studies have examined the impact of structured exercise on children's motor abilities, relatively few have specifically addressed FMS in preschool-aged populations. Recent studies examining the impact of PE on the movement skills of preschool children have shown positive effects of PE in most locomotor and object control tasks compared to the control group (Brian et al., 2017; Duncan et al., 2019; Radanović, 2018; Roach & Keats, 2018). In contrast, the study of Alhassan et al. (2012) showed no difference between the groups. Other recent intervention in preschoolers, such as aerobic exercises, yoga, or general exercise programs, consistently showed benefits for motor and cognitive abilities (Aleksić Veljković et al., 2021; Katanić et al., 2022, 2024). Similar results were observed when comparing motor proficiency between

healthy-weight and overweight preschoolers (Banjević et al., 2022) and when exploring associations between motor and cognitive abilities (Katanić et al., 2025). However, none of these studies specifically targeted a structured strength- and endurance-based program. A recent meta-analysis confirmed that structured interventions have a stronger impact on locomotor skills in preschool children than unstructured ones, especially when implemented over a longer duration (Chen et al., 2024). More recently, structured approaches such as functional and neuromuscular exercises have also shown improvements in FMS and fitness in preschool and early school-age children (Wang et al., 2025; Zhang et al., 2024). However, these interventions did not specifically target a combined strength and endurance approach.

Moreover, while numerous physical exercise programs exist, leading organizations such as the WHO and the US Department of Health and Human Services recommend that children aged 5-6 perform at least 60 minutes of PA daily, including both aerobic and strength components (USDHHS, 2008; World Health Organization, 2010).

Although the effects of combined strength and endurance exercise are well-documented in adults (Huiberts et al., 2024; Pito et al., 2022), but remain largely unexplored in preschool children. This gap in knowledge justifies the present study.

This longitudinal research aimed to evaluate the effects of a 12-week strength- and endurance-based exercise program on FMS in preschool children. Based on previous evidence, we hypothesized that the intervention group would achieve significantly greater improvements in FMS compared with peers in regular kindergarten activities.

Method

Participants

This randomized controlled longitudinal study included 47 preschool children aged 5-6 years. Participants were randomly allocated into an intervention group (IG; $n = 25$; 6.35 ± 0.32 years), and a control group (CG; $n = 22$; 5.90 ± 0.27). The sample included both boys and girls, all recruited from the same preschool institution to ensure environmental homogeneity (Table 1).

Eligibility required children to be free from any medical condition that could limit safe participation in physical activity. Exclusion criteria included chronic illness, recent injuries, or lack of parental consent. Written informed consent was obtained from all parents/legal guardians, who also provided demographic information and medical assessment forms.

The research was approved by the Ethics Committee of the University of Nis (Ref. No. 04-1186/2) and conducted in accordance with the Declaration of Helsinki.

Table 1

Descriptive indicators of the sample of respondents

Variable	EG	CG
Number of children	25	22
Sex	Boys: 14	Boys: 9
	Girls: 11	Girls: 13
Age	6.35 ± 0.32	5.90 ± 0.27
BM (kg)	25.08 ± 4.28	22.60 ± 3.60
BH (m)	1.22 ± 0.05	1.17 ± 0.05
BMI (kg/m ²)	16.90 ± 1.95	16.42 ± 1.65

Note. EG = Experimental group; CG = Control group

Research Design

This study used a mixed longitudinal experimental design with pre- and post-test measurements. Testing of all participants was conducted immediately before (initial measurement) and after the 12-week intervention program (final measurement).

The measurements were conducted in the physical activity hall of the preschool institution at the same time of the day (11:00 a.m.) to minimize circadian influences, with ambient temperature between 22-26 °C. The intervention lasted 12 weeks, with measurements at baseline (week 0) and after completion (week 12).

Instruments

Anthropometric characteristics were measured using standardized anthropometric instruments (GPM, Switzerland) and an international procedure (Eston & Reilly, 2013). Body mass index (BMI) was calculated as weight (kg) / height (m²). BMI is strongly correlated with body fat and serves as an indicator of nutritional status in children (Wilmore et al., 2022).

Fundamental Movement Skills (FMS) were evaluated using the Test of Gross Motor Development, Second Edition (TGMD-2). This instrument consists of 12 movement tasks divided into two subtests: locomotor skills (LS) and object control (OC). LS includes six locomotor tasks: LS1 – running, LS2 – galloping, LS3 – hopping, LS4 – leaping, LS5 – horizontal jumping, LS6 – sliding. OC includes six object manipulation tasks: OC1 – striking a stationary ball, OC2 – dribbling, OC3 – catching, OC4 – kicking, OC5 – overhead throwing, OC6 – rolling.

Using the standardized TGMD tables, results were converted into age-adjusted values, producing locomotor skills (LSS), object control (OCS), and a total FMS score (FMSS) (Ulrich, 2000).

The Experimental Program

The intervention consisted of a strength- and endurance-based exercise program created in accordance with the National Association for Sport and Physical Education (USA) guidelines, which recommend both aerobic- and strength-based activities for preschool children (USDHHS, 2008).

The program lasted 12 weeks, with three sessions per week, each lasting 30 minutes. The structure of each session comprised a warm-up phase (5 min), a primary exercise phase (20 min), and a cool-down phase (5 min). The program was implemented during the children's regular preschool activities, while the control group (CG) engaged in free-play activities during the same period.

The warm-up included aerobic dynamic exercises such as marching or light skipping, along with shaping movements. The main phase consisted of intervals of high-intensity activity (30 seconds) alternated with low-intensity bodyweight exercises (30 seconds).

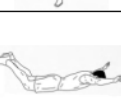
The program consisted of bodyweight exercises commonly used in group fitness, with an emphasis on strengthening the muscles of the upper limbs, chest, and shoulder girdle (push-up variations and other weight-bearing support exercises); the trunk (sit-ups and planks); and the lower limbs (squats, lunges, jumps, and running in place).

Each complex (1 high + 1 low intensity exercise) was repeated twice, with 8-10 complexes per session. In the cool-down phase, stretching and relaxation exercises were performed (Table 2; Figure 1).

Table 2
An overview of the physical exercise program

Training session	Activity	Duration
Warm-up	Low intensity aerobic and shaping exercises	5 min
Main activity	Complex: 1 exercise of high 30" - 1 exercise of low intensity 30" x 2 (8-10 complexes)	20 min
Cool down	Stretching and breathing exercises	5 min

Figure 1*Example of the main part of the training session for the experimental group (Rey, 2017)*

No.	Exercise description	Exercise I – higher intensity (30 sec)	Exercise II – lower intensity (30 sec)	Sets
1.	I – Two-footed forward–backward jumps; II – Alternating leg abduction (one leg, then the other).			X2
2.	I – From a wide stance, lower into a squat and jump upward (not continuous/jumps); II – Marching with knee raises and hand-to-knee contact, alternating legs.			X2
3.	I – From running in place, drop into a high plank position and extend one arm forward, then the other, and return to running in place; II – “Grape picking” exercise.			X2
1 minute of light marching with deep breathing (inhale–exhale).				
4.	I – Jumping jacks (from a feet-together stance to a wide stance with arms raised overhead); II – In a single-leg stance, perform arm movements from lateral abduction to forward raise, alternating positions.			X2
5.	I – From running, on every third step perform one lunge step, then three ground contacts, then other leg; II – Marching twice with forward trunk flexion.			X2
6.	I – Skipping, and on every 5th contact drop into a lunge and perform a vertical jump, then skipping and switch legs; II – Marching with lower-leg extension (and knee extension).			X2
1 minute of light marching with deep breathing (inhale–exhale).				
7.	I – High skipping (high knees), on every 3rd step hold the position for 1 second; II – From a forward bend into an arch position, diagonal movement (other side).			X2
8.	I – In a high plank position, perform alternating trunk rotations to both sides; II – Marching with arms abducted (side raises).			X2
9.	I – Two jumps + two arm raises with a clap overhead; II – Back extension (prone trunk extension).			X2

Statistical Analysis

Descriptive statistics, expressed as means and standard deviations, were computed for all variables. In the course of preliminary analyses, the distributional

characteristics of the data were assessed based on the coefficients of skewness and kurtosis as measures describing deviations from symmetry and normal distribution. In addition to these indices, a visual inspection of Q-Q plots was performed, along with the analysis of skewness and kurtosis values (Tables 3 and 4). The results indicated that the distributions of the examined variables did not show substantial deviations from normality.

To evaluate the effects of the intervention, a mixed-design repeated measures ANOVA 2×2 was applied. This statistical model allows for the analysis of three effects: the main effect of group (differences between the experimental and control groups), the main effect of time (changes between baseline and post-intervention measurements), and the interaction effect of group and time (differential patterns of change between groups).

The level of statistical significance was set at $p < .05$ (two-tailed). Effect sizes were calculated to assess the practical significance of the results. Partial eta-squared values obtained from the ANOVA were converted into Cohen's d , and additional group-specific pre-post effect sizes were calculated using the formula:

$$d = \frac{M_{post} - M_{pre}}{SD_{pooled}} \quad (1)$$

Interpretation of Cohen's d followed conventional thresholds: trivial ($< .20$), small ($.20-.50$), moderate ($.50-.80$), large ($.80-1.30$), and very large (> 1.30) (Cohen, 1988). All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics, version 26.0 (IBM Corp.).

Results

Table 3 presents descriptive values for all motor skills in the experimental group (IG). Standard deviations indicate moderate variability in results among participants, while the range of observed values shows that participants utilized nearly the full scale range for most variables, suggesting satisfactory measurement discriminativeness. It is important to highlight the mean values for the total standardized variables LVS (6.68 ± 1.63), KOS (7.08 ± 1.42), and FMVS (13.76 ± 2.71).

Measures of distribution shape indicate that skewness coefficients ranged from -0.81 to 0.94, while kurtosis coefficients ranged from -1.17 to 0.81. The obtained skewness values fall within acceptable limits, and kurtosis values are also within the reference range, indicating no substantial deviations from normality. Negative skewness values for most variables suggest a slight left-sided asymmetry, whereas positive values for some variables (e.g., KO1) indicate a slight right-sided asymmetry.

Table 3*Descriptive data at baseline measurement for the experimental group (IG)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Minimum	Maximum	Range	Skewness	Kurtosis
LS1	4.52	1.39	1.00	7.00	6.00	-0.66	0.52
LS2	4.92	1.55	2.00	7.00	5.00	-0.58	-0.39
LS3	6.32	1.41	3.00	9.00	6.00	-0.33	0.02
LS4	3.64	1.11	1.00	5.00	4.00	-0.78	-0.10
LS5	4.04	1.02	2.00	6.00	4.00	-0.09	0.20
LS6	5.48	1.08	3.00	7.00	4.00	-0.69	0.56
LST	28.92	5.02	16.00	37.00	21.00	-0.81	0.81
LSS	6.68	1.63	3.00	9.00	6.00	-0.57	-0.25
OC1	5.04	1.97	2.00	10.00	8.00	0.94	0.59
OC2	4.08	1.55	1.00	7.00	6.00	-0.07	-0.78
OC3	4.36	0.70	3.00	5.00	2.00	-0.64	-0.64
OC4	4.60	1.61	2.00	7.00	5.00	0.07	-1.17
OC5	4.76	1.20	3.00	7.00	4.00	0.19	-0.76
OC6	4.36	1.04	2.00	6.00	4.00	-0.33	-0.25
OCT	27.20	4.77	18.00	37.00	19.00	0.17	-0.14
OCS	7.08	1.42	4.00	10.00	6.00	0.14	-0.08
GMST	56.12	8.68	37.00	72.00	35.00	-0.25	0.08
GMSS	13.76	2.71	7.00	19.00	12.00	-0.35	0.42

Note. *M* – arithmetic mean; *SD* – standard deviation; Minimum – minimum value; Maximum – maximum value; Skewness – coefficient of asymmetry; Kurtosis – coefficient of distribution peakedness; LS1-6 – locomotor skill tasks from task 1 to 6; LST – total raw scores of locomotor skills; LSS – total standardized values of locomotor skills; OC1-6 – object control (manipulative skill) tasks from task 1 to 6; OCT – total raw scores of manipulative skills; OCS – total standardized values of manipulative skills; GMST – total gross motor skill scores; GMSS – total standardized values of gross motor skills.

Table 4 presents descriptive values of motor skills in the control group (CG). Standard deviations indicate moderate variability in results among participants, while the range of observed values also shows that participants utilized nearly the full scale range for most variables, suggesting satisfactory measurement discriminativeness. It is important to highlight that the mean values for the total standardized variables LVS (7.09 ± 1.60), KOS (6.86 ± 1.73), and FMVS (13.95 ± 2.97) are relatively similar to those observed in the experimental group (IG).

Measures of distribution shape indicate that skewness coefficients ranged from -0.71 to 0.99, while kurtosis coefficients ranged from -0.98 to 1.85. The obtained

skewness values fall within acceptable limits, and kurtosis values are also within the reference range, indicating no substantial deviations from normality. Negative skewness values for a larger number of variables suggest a slight left-sided asymmetry, whereas positive values for certain variables (e.g., KO5 and KO6) indicate a slight right-sided asymmetry; however, no consistent pattern of skewness dominance was observed, as it varied depending on the variable.

Table 4
Descriptive data at baseline measurement for the control group (CG)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Minimum	Maximum	Range	Skewness	Kurtosis
LS1	5.00	1.27	3.00	7.00	4.00	0.31	-0.92
LS2	4.86	1.39	2.00	7.00	5.00	-0.09	-0.66
LS3	6.09	1.19	4.00	8.00	4.00	-0.01	-0.70
LS4	2.91	1.27	1.00	6.00	5.00	0.65	0.17
LS5	4.18	1.05	3.00	6.00	3.00	0.41	-0.97
LS6	5.50	1.30	3.00	8.00	5.00	-0.07	-0.72
LST	28.55	4.75	21.00	39.00	18.00	0.39	-0.51
LSS	7.09	1.60	5.00	11.00	6.00	0.68	0.42
OC1	4.32	1.70	2.00	8.00	6.00	0.79	0.45
OC2	3.55	1.47	1.00	7.00	6.00	0.59	0.07
OC3	3.77	1.07	2.00	6.00	4.00	0.24	-0.61
OC4	2.95	1.05	1.00	5.00	4.00	0.10	-0.98
OC5	4.64	1.18	3.00	8.00	5.00	0.99	1.85
OC6	4.77	0.81	3.00	6.00	3.00	-0.71	0.60
OCT	24.00	4.51	15.00	33.00	18.00	0.13	-0.10
OCS	6.86	1.73	4.00	11.00	7.00	0.54	0.64
GMST	52.55	8.03	40.00	70.00	30.00	0.34	-0.67
GMSS	13.95	2.97	10.00	22.00	12.00	0.75	1.20

Note. *M* – arithmetic mean; *SD* – standard deviation; Minimum – minimum value; Maximum – maximum value; Skewness – coefficient of asymmetry; Kurtosis – coefficient of distribution peakedness; LS1-6 – locomotor skill tasks from task 1 to 6; LST – total raw scores of locomotor skills; LSS – total standardized values of locomotor skills; OC1-6 – object control (manipulative skill) tasks from task 1 to 6; OCT – total raw scores of manipulative skills; OCS – total standardized values of manipulative skills; GMST – total gross motor skill scores; GMSS – total standardized values of gross motor skills.

Table 5 presents baseline and post-intervention values of motor variables in the experimental (IG) and control (CG) groups. In the experimental group, improvements are observed in all examined variables, both in individual tests and composite scores.

The most pronounced improvement is evident in the overall indicators, where LVT increased from 28.92 ± 5.02 to 35.12 ± 4.63 , KOT from 27.20 ± 4.77 to 33.04 ± 5.22 , and FMV from 56.12 ± 8.68 to 68.16 ± 8.51 .

Additionally, all individual locomotor variables (LV1-LV6) show a consistent increase in the experimental group, with the most notable improvements observed in LV1 (from 4.52 ± 1.39 to 6.12 ± 1.13) and LV4 (from 3.64 ± 1.11 to 4.84 ± 0.99). A similar trend is evident for LVS (from 6.68 ± 1.63 to 8.60 ± 1.53) and FMVS (from 13.76 ± 2.71 to 17.48 ± 3.10).

In the control group, changes are considerably smaller and inconsistent. While slight improvements are observed in some variables (e.g., KO3 and KO4), stagnation or even decreases are present in others (e.g., KO1 and KO6). Overall results also indicate minimal changes, with KOT increasing from 24.00 ± 4.51 to 25.14 ± 5.09 and FMV from 52.55 ± 8.03 to 54.68 ± 8.70 .

Table 5

Descriptive indicators of the examined variables at baseline and post-intervention measurements in the experimental and control groups

Variables	EG		CG	
	Initial	Final	Initial	Final
LS1	4.52 ± 1.39	6.12 ± 1.13	5.00 ± 1.27	5.18 ± 1.05
LS2	4.92 ± 1.55	5.80 ± 1.53	4.86 ± 1.39	4.95 ± 1.17
LS3	6.32 ± 1.41	7.04 ± 1.34	6.09 ± 1.19	5.45 ± 0.91
LS4	3.64 ± 1.11	4.84 ± 0.99	2.91 ± 1.27	4.18 ± 1.05
LS5	4.04 ± 1.02	4.92 ± 0.86	4.18 ± 1.05	4.55 ± 0.86
LS6	5.48 ± 1.08	6.40 ± 1.00	5.50 ± 1.30	5.23 ± 1.11
LST	28.92 ± 5.02	35.12 ± 4.63	28.55 ± 4.75	29.55 ± 4.49
LSS	6.68 ± 1.63	8.60 ± 1.53	7.09 ± 1.60	7.18 ± 1.62
OC1	5.04 ± 1.97	6.16 ± 1.25	4.32 ± 1.70	3.82 ± 1.10
OC2	4.08 ± 1.55	5.00 ± 1.68	3.55 ± 1.47	3.91 ± 1.54
OC3	4.36 ± 0.70	5.00 ± 0.87	3.77 ± 1.07	4.55 ± 0.74
OC4	4.60 ± 1.61	5.16 ± 1.52	2.95 ± 1.05	3.95 ± 1.53
OC5	4.76 ± 1.20	6.48 ± 1.00	4.64 ± 1.18	5.09 ± 1.02
OC6	4.36 ± 1.04	5.24 ± 1.01	4.77 ± 0.81	3.82 ± 1.05
OCT	27.20 ± 4.77	33.04 ± 5.22	24.00 ± 4.51	25.14 ± 5.09
OCS	7.08 ± 1.41	8.88 ± 1.90	6.86 ± 1.73	7.23 ± 1.69
GMST	56.12 ± 8.68	68.16 ± 8.51	52.55 ± 8.03	54.68 ± 8.70
GMSS	13.76 ± 2.71	17.48 ± 3.10	13.95 ± 2.97	14.41 ± 3.11

Note. LV1-6 – locomotor skill tasks from task 1 to 6; LVT – total raw scores of locomotor skills; LVS – total standardized values of locomotor skills; KO1-6 – object control (manipulative skill) tasks from task 1 to 6; KOT – total raw scores of manipulative skills; KOS – total standardized values of manipulative skills; FMV – total gross motor skill scores; FMVS – total standardized values of gross motor skills; EG – experimental group; CG – control group.

The results of the mixed-design repeated measures ANOVA (2×2) (Table 6) indicate significant effects of the group factor, time factor, and their interaction across a large number of examined variables.

The effect of the group factor was statistically significant for most variables, particularly for LV3 ($p = .004$; $\eta^2 = .169$), LV4 ($p = .011$; $\eta^2 = .136$), LVT ($p = .019$; $\eta^2 = .117$), KO1 ($p < .001$; $\eta^2 = .349$), KO4 ($p < .001$; $\eta^2 = .260$), KO5 ($p = .002$; $\eta^2 = .186$), KOT ($p < .001$; $\eta^2 = .308$), KOS ($p = .023$; $\eta^2 = .110$), and FMV ($p < .001$; $\eta^2 = .255$), indicating baseline differences between the experimental and control groups at the level of main effects.

The effect of time was statistically significant for most variables, with particularly notable effects observed for LV1 ($p < .001$; $\eta^2 = .314$), LV4 ($p < .001$; $\eta^2 = .484$), LV5 ($p < .001$; $\eta^2 = .227$), LVT ($p < .001$; $\eta^2 = .404$), LVS ($p < .001$; $\eta^2 = .336$), KO3 ($p < .001$; $\eta^2 = .339$), KO4 ($p = .001$; $\eta^2 = .208$), KO5 ($p < .001$; $\eta^2 = .351$), KOT ($p < .001$; $\eta^2 = .342$), KOS ($p = .001$; $\eta^2 = .230$), FMV ($p < .001$; $\eta^2 = .434$), and FMVS ($p < .001$; $\eta^2 = .332$), indicating significant changes between baseline and post-intervention measurements in the overall sample.

Most importantly, the group $\times$ time interaction was statistically significant for a large number of variables, including LV1 ($p = .001$; $\eta^2 = .225$), LV3 ($p = .002$; $\eta^2 = .200$), LV6 ($p = .001$; $\eta^2 = .235$), LVT ($p < .001$; $\eta^2 = .261$), LVS ($p < .001$; $\eta^2 = .336$), KO1 ($p = .018$; $\eta^2 = .119$), KO5 ($p = .006$; $\eta^2 = .155$), KO6 ($p < .001$; $\eta^2 = .0415$), KOT ($p = .002$; $\eta^2 = .191$), KOS ($p = .019$; $\eta^2 = .117$), FMV ($p < .001$; $\eta^2 = .272$), and FMVS ($p = .001$; $\eta^2 = .233$), indicating that changes over time differed between the experimental and control groups.

It is particularly important to emphasize that the significant interaction effects were accompanied by moderate to large effect sizes (η^2), suggesting that the intervention had a meaningful and practically significant impact on the improvement of motor performance compared to the control group.

Table 6
Effects of the physical exercise program on motor skills

	Group			Time			Group x Time		
	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
LS1	0.59	.44	.013	20.57	.00**	.31	13.03	.00**	.22
LS2	1.60	.21	.035	4.94	.03*	.09	3.26	.07	.06
LS3	9.16	.00**	.16	0.04	.83	.00	11.24	.00**	.20
LS4	7.05	.01*	.13	42.16	.00**	.48	0.03	.84	.00
LS5	0.28	.59	.00	13.19	.00**	.22	2.27	.13	.04
LS6	4.04	.05	.08	4.07	.05	.08	13.82	.00**	.23
LST	5.94	.01*	.11	30.53	.00**	.40	15.92	.00**	.26
LSS	1.47	.23	.03	22.73	.00**	.33	22.73	.00**	.33
OC1	24.15	.00**	.34	0.88	.35	.01	6.05	.01*	.11
OC2	4.30	.04*	.08	7.29	.01*	.14	1.37	.24	.03
OC3	6.76	.01*	.13	23.03	.00**	.33	0.20	.65	.00

	Group			Time			Group x Time		
	<i>F</i>	<i>p</i>	ηp^2	<i>F</i>	<i>p</i>	ηp^2	<i>F</i>	<i>p</i>	ηp^2
OC4	15.83	.00**	.26	11.84	.00**	.20	0.94	.33	.02
OC5	10.30	.002**	.18	24.29	.00**	.35	8.22	.00**	.15
OC6	4.49	.040*	.09	0.05	.82	.00	31.87	.00**	.41
OCT	19.98	.00**	.30	23.34	.00**	.34	10.61	.00**	.19
OCS	5.56	.023*	.11	13.46	.00**	.23	5.93	.01*	.11
GMST	15.43	.00**	.25	34.52	.00**	.43	16.84	.00**	.27
GMSS	3.69	.061	.07	22.35	.00**	.33	13.67	.00**	.23

Note: *F* – F-test coefficient for the significance of Wilks' lambda; *p* – level of statistical significance; ηp^2 – partial eta squared; LV1-6 – locomotor skill tasks from task 1 to 6; LVT – total raw scores of locomotor skills; LVS – total standardized values of locomotor skills; KO1-6 – object control (manipulative skill) tasks from task 1 to 6; KOT – total raw scores of manipulative skills; KOS – total standardized values of manipulative skills; FMV – total gross motor skill scores; FMVS – total standardized values of gross motor skills; * $p < .05$; ** $p < .01$.

Discussion

The obtained results indicate clear differences between the experimental and control groups, as well as significant changes over time in most examined motor variables. The statistically significant effect of the group factor, particularly in variables with larger effect sizes (e.g., KO1, KO4, KOT and FMV), suggests that participants in the experimental group achieved overall better outcomes compared to the control group already at the level of baseline differences. At the same time, a significant time effect across a large number of variables, accompanied by moderate to large ηp^2 values, indicates an overall training or developmental effect in the entire sample, with the most pronounced improvements observed in LV4, FMV, and LVT.

However, the most relevant finding is the statistically significant group $\times$ time interaction for the majority of variables, which clearly indicates that changes differed between groups, i.e., that the experimental intervention led to significantly greater improvements compared to the control group. These results, together with moderate and large effect sizes, further confirm the practical relevance of the applied program in enhancing participants' motor performance.

Based on the descriptive analysis of the initial measurements, it is noticeable that the average values of motor parameters were similar between the experimental and control groups in most variables. The achieved results of preschool-aged children in both groups in locomotor skills were consistent with the results of other studies (Duncan et al., 2019; Johnstone et al., 2017; Logan et al., 2014). Thus, the motor skill levels of participants in this study correspond to those reported in the literature for children of similar age. However, in certain studies, children achieved slightly higher average values in locomotor skills (Cliff et al., 2009; Grant-Beuttler et al., 2017; Roach & Keats, 2018).

Regarding manipulative skills, the results obtained are in line with previous findings (Newell, 2020; Katanić et al., 2022), while some studies have reported slightly higher average values (Cliff et al., 2009; Grant-Beuttler et al., 2017; Roach & Keats,

2018). Similarly, gross motor skill outcomes correspond to results from other studies (Katanić et al., 2022; 2024), although higher values have been reported elsewhere (Cliff et al., 2009; Grant-Beuttler et al., 2017; Roach & Keats, 2018), while in contrast, lower values were found in another investigation (Duncan et al., 2019).

The combined analysis of variance revealed positive effects of strength- and endurance-based exercise program on locomotor, manipulative, and overall gross motor skills. These findings are consistent with earlier research that has confirmed the beneficial influence of structured physical activity on motor development in preschool children, particularly in locomotor (Deli et al., 2006; Duncan et al., 2019; Radanovic, 2018; Roach & Keats, 2018), manipulative (Bellows et al., 2013; Brian et al., 2017; Duncan et al., 2019; Radanovic, 2018; Roach & Keats, 2018) and overall gross motor skills (Duncan et al., 2019; Radanovic, 2018; Roach & Keats, 2018).

One expected outcome was the greater improvement in locomotor skills, given that the program was primarily composed of bodyweight exercises such as running in place, hopping, and jumping. A particularly interesting finding was the transfer of these locomotor activities to object control skills, even though the program did not directly target object manipulation.

When locomotor tasks were analyzed individually, improvements were observed in LV1 (running), LV3 (hopping), LV6 (lateral movement), LVT (total raw values of locomotor skills), and LVS (total standardized values of locomotor skills), while no significant differences were found in LV2 (galloping), LV4 (jumping over), and LV5 (standing long jump).

In the case of object control tasks, significant improvements were recorded in KO1 (striking a stationary ball), KO5 (overhand throwing), and KO6 (rolling the ball), as well as in KOT (total raw values of manipulative skills) and KOS (total standardized values of manipulative skills), whereas no differences were found in KO2 (dribbling), KO3 (catching), and KO4 (kicking).

Furthermore, significant improvements were achieved in the overall motor skill variables FMV (total gross motor skill scores) and FMVS (total standardized gross motor skill scores). These results indicate that, although the program was effective in improving locomotor and object control skills overall, a more detailed analysis shows that significant improvements were achieved in only half of the tasks, suggesting that the effects cannot be generalized across all motor domains.

Overall, the findings reinforce the importance of structured exercise interventions in preschool education. They also highlight the potential for transfer effects from locomotor-focused activities to object control performance, even in the absence of direct training. All of this underlines the need for a holistic approach in designing physical education programs for young children and sets the stage for the conclusions presented below.

The primary limitation of the present study concerns the relatively small sample size and the duration of the intervention program. These factors may restrict the generalizability of the results. In addition, the study was limited to a single preschool institution, which further constrains the external validity of the findings.

Despite these limitations, the main strength of this study lies in the fact that it is the first to examine a strength- and endurance-based exercise program in preschool children. Also, strengths of the study include the fact that a randomized trial was conducted, an experimental treatment was carried out for 12 weeks, and motor skills were thoroughly examined using the entire TGMD-2 test scale. Furthermore, valuable data were obtained on the impact of concurrent physical exercise intervention on preschool children's motor skills. These data support the fact that children cannot develop motor skills without physical exercise programs (Goodway & Branta, 2003) because the maturation process alone is insufficient for adequate development of motor skills in children (Malina et al., 2004).

Future investigations should include larger and more diverse samples, as well as interventions of varying duration, to provide deeper insights into the dose-response effects of physical activity on motor development in preschoolers. It would also be valuable to explore the effects of programs that combine locomotor and object control exercises, to determine whether integrated training yields broader or more balanced improvements across all fundamental movement skills. Longitudinal studies are further recommended to assess the sustainability of the observed improvements over time.

Conclusion

This study demonstrated that a 12-week strength- and endurance-based exercise program produced significant improvements in locomotor, object control, and overall motor skills in preschool children. These findings confirm the effectiveness of structured exercise interventions in early childhood and align with the study's objective of enhancing fundamental movement skills through targeted training.

The practical implications are clear: integrating concurrent training into preschool curricula may not only foster motor competence but also encourage long-term engagement in physical activity, thereby supporting children's health and development in an increasingly sedentary environment.

Despite the positive outcomes observed, interpretation of the results should account for certain limitations, including a limited sample size and data collection at a single site. Further research involving larger and more heterogeneous samples is warranted, as well as exploring combined or longer interventions to assess the sustainability and breadth of motor skill gains.

In conclusion strength- and endurance-based exercise emerges as a valuable and practical strategy for promoting motor development in preschoolers. By embedding such programs into daily routines, educators and policymakers can contribute to healthier childhood trajectories and lay the foundation for lifelong physical activity.