

---

## DISTRIBUTION OF BMI CATEGORIES IN RELATION TO FOOT STATUS IN EARLY SCHOOL-AGE STUDENTS

**Olgica Ristovska**

South East European University Tetovo, RNM, [o.ristovska@seeu.edu](mailto:o.ristovska@seeu.edu)

**Isan Emini**

South East European University Tetovo, RNM, [isan.emini@seeu.edu.mk](mailto:isan.emini@seeu.edu.mk)

**Srdjan Dimitrievski**

South East European University Tetovo, RNM, [s.dimitrievski@seeu.edu.mk](mailto:s.dimitrievski@seeu.edu.mk)

**Abdulraim Taci**

South East European University Tetovo, RNM, [a.tachi@seeu.edu.mk](mailto:a.tachi@seeu.edu.mk)

**Fadil Rustemi**

South East European University Tetovo, RNM, [fadil.rustemi@seeu.edu.mk](mailto:fadil.rustemi@seeu.edu.mk)

**Abstract:** This scientific paper represents a continuation and extension of two previously published studies conducted on the same sample of early school-age children, which examined different aspects of foot morphology. Unlike the earlier papers, the present study focuses on the distribution of BMI categories in relation to foot arch status, with particular attention to gender differences. The research was designed as a cross-sectional study and included a total of 1,234 children aged 7–10 years. Body height and body mass were measured to calculate the body mass index (BMI), based on which participants were classified into normal weight, overweight, and obese categories. Foot status was assessed using digital pedography and categorized as normal, flat, or high-arched. Statistical analysis was performed using the chi-square ( $\chi^2$ ) test. The results demonstrated a statistically significant association between BMI categories and foot arch status in both boys and girls. An increase in body mass was associated with a higher prevalence of flat feet and a lower representation of normal and high-arched feet. These findings confirm the role of body mass as an important factor related to foot morphology and emphasize the importance of early screening and preventive interventions in childhood.

**Keywords:** BMI, foot arch status, flat foot, children, school age

## РАСПРЕДЕЛБА НА ВМИ-КАТЕГОРИИТЕ ВО ОДНОС НА СТАТУСОТ НА СТАПАЛАТА КАЈ УЧЕНИЦИ ОД РАНА УЧИЛИШНА ВОЗРАСТ

**Олгица Ристовска**

Универзитет на Југоисточна Европа, РСМ, [o.ristovska@seeu.edu.mk](mailto:o.ristovska@seeu.edu.mk)

**Исан Емини**

Универзитет на Југоисточна Европа, РСМ, [isan.emini@seeu.edu.mk](mailto:isan.emini@seeu.edu.mk)

**Срџан Димитриевски**

Универзитет на Југоисточна Европа, РСМ, [s.dimitrievski@seeu.edu.mk](mailto:s.dimitrievski@seeu.edu.mk)

**Абдулраим Тачи**

Универзитет на Југоисточна Европа, РСМ, [a.tachi@seeu.edu.mk](mailto:a.tachi@seeu.edu.mk)

**Фадил Рустеми**

Универзитет на Југоисточна Европа, РСМ, [fadil.rustemi@seeu.edu.mk](mailto:fadil.rustemi@seeu.edu.mk)

**Апстракт:** Овој научен труд претставува надополнување на две претходно објавени истражувања, спроведени врз иста испитаничка група ученици од рана училишна возраст, во кои беа анализирани различни аспекти на морфолошкиот статус на стапалото. За разлика од претходните трудови, во овој труд аналитичкиот фокус е насочен кон распределбата на ВМИ-категиите во однос на статусот на сводот на стапалото, со посебен осврт на разликите помеѓу момчињата и девојчињата. Истражувањето е реализирано како пресечна студија и опфаќа вкупно 1.234 ученици на возраст од 7 до 10 години. Телесната висина и телесната маса беа користени за пресметување на индексот на телесна маса (ВМИ), врз основа на кој испитаниците беа класифицирани во категории на нормална телесна тежина, прекумерна телесна тежина и дебелина. Статусот на стапалото беше проценет со примена на дигитална платографија и класифициран како нормален, спуштен или подигнат. Статистичката анализа беше извршена со примена на  $\chi^2$  тест.

Резултатите укажаа на статистички значајна поврзаност помеѓу ВМІ-категиите и статусот на стапалото кај двата пола, при што со зголемување на телесната маса се зголемува застапеноста на спуштен свод, а се намалува учеството на нормалниот и подигнатиот тип. Добиените наоди ја потврдуваат улогата на телесната маса како значаен фактор поврзан со морфолошките карактеристики на стапалото и ја нагласуваат потребата од рана идентификација и превентивно дејствување кај детската популација.

**Клучни зборови:** ВМІ, статус на стапалото, рамно стапало, деца, школска возраст

## 1. ВОВЕД

Развојот на стапалото во детската возраст претставува динамичен и сложен процес кој е под влијание на бројни биолошки и механички фактори. Медијалниот надолжен свод има суштинска улога во обезбедувањето на стабилност, рамномерна распределба на оптоварувањето и ефикасна биомеханика при одење и трчање. Во периодот на раната училишна возраст, стапалото сè уште се наоѓа во фаза на структурно и функционално оформување, што го прави особено чувствително на надворешни влијанија.

Претходните истражувања спроведени врз истата испитаничка група укажаа дека антропометриските карактеристики и компонентите на телесниот состав имаат значајна улога во формирањето на сводот на стапалото. Во тој контекст, индексот на телесна маса (ВМІ) претставува практичен индикатор кој ја одразува состојбата на нутритивниот статус и потенцијалниот механички товар врз плантарните структури. Зголемената телесна маса може да доведе до поголемо оптоварување на стапалото, што влијае врз неговата форма и функција, особено врз медијалниот надолжен свод. Иако во литературата постојат бројни докази за поврзаност помеѓу прекумерната телесна тежина и појавата на рамно стапало, анализите кои ја разгледуваат распределбата на ВМІ-категиите во однос на статусот на стапалото, разграничени според пол, сè уште се недоволно застапени.

Оттука, овој труд има за цел да обезбеди подлабок увид во односот помеѓу телесната маса и морфолошкиот статус на стапалото, користејќи податоци од сопствено истражување и претставувајќи логично продолжение на претходно објавените резултати, и да се утврди распределбата на ВМІ-категиите во однос на статусот на сводот на стапалото кај момчињата и девојчињата од рана училишна возраст, како и да се испита постоењето на статистички значајна асоцијација помеѓу телесната маса и морфолошкиот статус на стапалото

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА

### *Примерок на испитаници*

Истражувањето е реализирано како пресечна студија и опфаќа иста испитаничка група користена во претходните два труда. Примерокот го сочинуваат 1.234 ученици на возраст од 7 до 10 години од основните училишта. Сите мерења се спроведени во училишни услови, со почитување на етичките принципи за работа со деца и со претходна согласност од надлежните институции врз примерок од 1236 ученици на возраст од 7 до 10 години од основните училишта во Општина Кавадарци, при што беа опфатени 622 момчиња и 614 девојчиња. Истражувањето беше спроведено согласно Декларацијата од Хелсинки, со целосна заштита на приватноста и безбедноста на децата, а мерењата ги изведуваа обучени стручни лица под стандарди прифатени од Етичката комисија на Факултетот за физичко образование, спорт и здравје.

### *Anthropometric Measurements and Body Composition*

Телесната висина и телесната маса беа измерени со стандардизирани процедури, по што беше пресметан индексот на телесна маса (ВМІ), користен за класификација на испитаниците во категории на нормална телесна тежина, прекумерна телесна тежина и дебелина. Проценката на телесниот состав беше извршена со примена на монитор за телесен состав (Body Composition Monitor), модел OMRON BF511. Мерењето се реализираше со методот на биоелектрична импеданса (Bioelectrical Impedance Analysis – BIA), кој се базира на мерење на електричната спроводливост на телесните ткива. Пред секое мерење, во уредот беа внесени податоците за полот, возраста и телесната висина на испитаникот. Испитаниците застануваа боси на мерниот уред и ги држеа рачките со лесен стисок, додека резултатите беа регистрирани од страна на обучени испитувачи. За правилна организација на процесот на мерење, во секоја мерна сесија учествуваа двајца мерачи и еден записничар. Избраниот инструмент покажал задоволителни мерни карактеристики при споредба со DXA методот, кој се смета за златен стандард во процената на телесниот состав, кај мешани популации на деца и возрасни.

### *Оценување на статусот на стапалото*

Со цел да се обезбеди поголема прецизност и репродукцибилност на резултатите, мерењата на телесниот состав беа спроведени под контролирани услови. Мерењето се изведуваше во ист временски интервал од денот, при што испитаниците беа со празен мочен меур, нормално хидрирани и без претходна физичка

активност во период од најмалку 12 часа. Дополнително, испитаниците не консумираа храна и течности најмалку 4 часа пред мерењето, а 48 часа претходно не беше дозволена консумација на алкохол. За време на мерењето, учениците беа боси и во стоечка положба, а електродите на уредот беа редовно одржувани и чисти. Овие услови се во согласност со препораките на Американскиот колеџ за спортска медицина и релевантната научна литература.

#### Статистички методи

За анализа на распределбата на BMI-категиите во однос на статусот на стапалата беше применет  $\chi^2$  тест, одделно за момчињата и девојчињата. Нивото на статистичка значајност беше поставено на  $p < 0,05$

### 3. РЕЗУЛТАТИ

Анализата на распределбата на статусот на сводот на стапалото кај момчињата во однос на BMI-категиите покажа јасен и конзистентен образец. Кај момчињата со нормален BMI најчесто се регистрирани нормални стапала, додека со зголемување на телесната маса се забележува значително зголемување на застапеноста на спуштениот свод и истовремено намалување на подигнатиот тип.

Спроведената  $\chi^2$  анализа покажа статистички значајна поврзаност помеѓу BMI-категиите и статусот на стапалото ( $\chi^2(4) = 32,047$ ;  $p < 0,001$ ), што укажува дека телесната маса е систематски поврзана со морфолошките варијации на медијалниот надолжен свод кај момчињата

**Табела 1. Распределба на BMI-категиите во однос на статусот на стапалата кај момчињата**

BMI	Нормални n (%)	Спуштени n (%)	Подигнати n (%)	Вкупно
Нормална	165 (48,2)	106 (31,0)	71 (20,8)	342
Прекумерна	63 (45,0)	66 (47,1)	11 (7,9)	140
Дебели	61 (43,9)	69 (49,6)	9 (6,5)	139
Вкупно	289 (46,5)	241 (38,8)	91 (14,7)	621
$\chi^2(4) = 32,047, p = ,000$				

Сопствено истражување преку испитаници(2024/25)

Сличен тренд беше утврден и кај девојчињата. Кај испитаничките со нормален BMI доминира нормалниот статус на стапалото, додека кај девојчињата со прекумерна телесна тежина и дебелина се регистрира зголемена застапеност на спуштен свод и значително намалување на подигнатиот тип. Хи-квадрат тестот потврди статистички значајна асоцијација помеѓу BMI-категиите и статусот на стапалото и кај девојчињата ( $\chi^2(4) = 34,462$ ;  $p < 0,001$ ), што укажува на конзистентно влијание на телесната маса врз морфологијата на стапалото кај двата пола.

**Табела 2. Распределба на BMI-категиите во однос на статусот на стапалата кај девојчињата**

BMI	Нормални n (%)	Спуштени n (%)	Подигнати n (%)	Вкупно
Нормална	186 (56,4)	80 (24,2)	64 (19,4)	330
Прекумерна	71 (53,4)	47 (35,3)	15 (11,3)	133
Дебели	71 (47,3)	71 (47,3)	8 (5,3)	150
Вкупно	328 (53,5)	198 (32,3)	87 (14,2)	613
$\chi^2(4) = 34,462, p = ,000$				

Сопствено истражување преку испитаници(2024/25)

### 4. ДИСКУСИИ

Добиените резултати од ова истражување јасно укажуваат дека телесната маса, изразена преку индексот на телесна маса (BMI), има значајна поврзаност со морфолошкиот статус на сводот на стапалото кај децата од рана училишна возраст. Анализата на распределбата на BMI-категиите во однос на статусот на стапалата, спроведена врз иста испитаничка група како и во претходните два труда, претставува логично и научно оправдано продлабочување на досегашните наоди и овозможува подетална интерпретација на улогата на телесната маса како ризик-фактор за појава на спуштен свод.

Кај момчињата и девојчињата беше утврдена статистички значајна асоцијација помеѓу BMI-категиите и статусот на стапалото, при што со зголемување на телесната маса континуирано расте застапеноста на спуштени стапала, а се намалува учеството на нормалниот и подигнатиот свод. Овој тренд е особено изразен кај испитаниците со прекумерна телесна тежина и дебелина, кај кои спуштениот свод станува доминантна морфолошка карактеристика. Ваквите наоди упатуваат на тоа дека зголемениот механички товар врз

плантарните структури, кој произлегува од вишокот телесна маса, може да доведе до функционално и структурно спласнување на медијалниот надолжен свод.

Добиените резултати се во целосна согласност со голем број меѓународни истражувања кои укажуваат дека зголемиениот ВМІ е еден од најзначајните индивидуални фактори поврзани со појавата на детско рамно стапало. Обемни студии спроведени на деца од различни популации покажуваат дека децата со прекумерна телесна тежина и дебелина значително почесто имаат понизок свод на стапалото во споредба со нивните врстници со нормална телесна маса. Истражувања реализирани во Германија, Полска и други европски земји конзистентно потврдуваат дека дебелиите деца се особено склони кон појава на спуштен свод, додека подигнатиот тип на стапало е редок или речиси отсутен во оваа категорија.

Дополнително, резултатите од трансверзални студии и метааналитички истражувања укажуваат дека зголемиениот ВМІ не само што е поврзан со појавата на рамно стапало, туку претставува и еден од најсилните предиктори за негов развој во детската возраст. Оваа поврзаност е поткрепена и со конкретни квантитативни податоци, според кои децата со дебелина имаат повеќекратно зголемен ризик за појава на спуштен свод во споредба со децата со нормален ВМІ. Во тој контекст, резултатите од нашето истражување се вклопуваат во постојниот научен корпус и дополнително го потврдуваат негативното влијание на прекумерната телесна маса врз морфологијата на стапалото.

Интересно е што кај децата со нормален ВМІ, и кај двата пола, доминира нормалниот статус на стапалото, додека подигнатиот свод е релативно почест токму во оваа категорија. Ова укажува дека оптималната телесна маса овозможува порамномерна распределба на оптоварувањето и подобра функционална стабилност на плантарните структури. Напротив тоа, кај децата со дебелина, подигнатиот свод е исклучително редок, што сугерира дека зголеменото аксијално оптоварување го ограничува одржувањето на повисок свод и придонесува кон негово постепено спласнување.

Од аспект на половите разлики, иако девојчињата со нормален ВМІ покажуваат нешто повисока застапеност на нормален свод во споредба со момчињата, генералниот тренд на нарушување на сводната структура со пораст на телесната маса е присутен кај двата пола. Ова укажува дека ефектот на телесната маса врз морфологијата на стапалото има универзален карактер и не е суштински модифициран од полот во оваа возрастна група.

Сумирано, резултатите од ова истражување ја потврдуваат хипотезата дека зголемиениот ВМІ претставува значаен ризик-фактор за појава на спуштен свод кај децата, додека пониските ВМІ-вредности се поврзани со поголема застапеност на нормален и подигнат свод. Ваквите наоди имаат значајни практични импликации, бидејќи укажуваат на потребата од рана идентификација на децата со прекумерна телесна тежина и навремено спроведување на превентивни и корективни мерки насочени кон подобрување на телесниот состав и зачувување на функционалниот интегритет на стапалото.

## 5. ЗАКЛУЧОЦИ

Анализата на податоците од ова истражување откри јасна и статистички значајна поврзаност помеѓу категориите на индексот на телесна маса (ВМІ) и статусот на сводот на стапалото кај децата од рана училишна возраст, и кај момчињата и кај девојчињата. Добиените резултати потврдуваат дека телесната маса претставува значаен фактор поврзан со морфолошките карактеристики на стапалото.

Кај момчињата беше утврден изразен тренд на зголемување на застапеноста на спуштен свод со порастот на ВМІ-вредностите, при што кај децата со прекумерна телесна тежина и дебелина доминира спуштениот тип на стапало, додека подигнатиот свод е најретко застапен. Статистичката анализа потврди дека овие разлики не се случајни, туку се систематски поврзани со телесната маса.

Сличен образец беше забележан и кај девојчињата. Најголемата застапеност на нормален свод се среќава кај девојчињата со нормален ВМІ, додека кај прекумерно тешките и дебелиите испитанички значително се зголемува учеството на спуштениот свод, при што кај дебелиите девојчиња спуштениот и нормалниот свод се подеднакво застапени, а подигнатиот тип е исклучително редок.

Сумирано, резултатите јасно укажуваат дека зголемената телесна маса претставува ризик-фактор за развој на спуштен свод на стапалото, додека нормалниот ВМІ е поврзан со поголема застапеност на физиолошки нормален или подигнат свод. Овие наоди се во согласност со биомеханичките претпоставки дека зголеменото телесно оптоварување доведува до поголем притисок врз медијалниот надолжен свод и ја зголемува веројатноста за негово функционално и структурно спласнување.

Добиените резултати имаат значајна практична и јавно-здравствена вредност. Зголемената зачестеност на спуштен свод кај децата со прекумерна телесна тежина и дебелина ја нагласува потребата од интегрирани превентивни програми насочени кон контрола на телесната маса, во рамките на кои проценката на статусот на стапалото би требало да биде составен дел од редовните здравствени и школки прегледи.

Наодите укажуваат и на важноста на срединските фактори, како што се достапноста на спортски содржини и условите за физичка активност, особено во периферните и руралните средини. Ова отвора простор за интервенции на ниво на локални заедници, преку подобрување на спортската инфраструктура и создавање услови за редовна физичка активност кај децата.

Теоретско-практичката вредност на истражувањето се согледува и во потенцирањето на потребата од интердисциплинарен пристап. Ефикасната превенција и навремено третирање на морфолошките нарушувања на стапалото бара координирана соработка помеѓу наставниците по физичко и здравствено образование, физиотерапевтите, педијатрите, ортопедите и локалните институции, како и континуирана едукација на родителите за значењето на физичката активност и здравите животни навики кај децата.

### ПРЕПОРАКИ

Добиените резултати укажуваат дека проценката на телесната маса и статусот на стапалото треба да биде составен дел од редовните здравствени и школски скрининг-програми кај децата од рана училишна возраст. Вклучувањето на едноставни и неинвазивни методи за проценка на сводот на стапалото може да овозможи навремено идентификување на деца со зголемен ризик за појава на морфолошки нарушувања. Дополнително, резултатите ја нагласуваат потребата од интегрирани интервенции насочени кон регулирање на телесната маса преку зголемена физичка активност и промоција на здрави животни навики.

### РЕФЕРЕНЦИ

- Abich, E. A., et al. (2020). Relationship between body mass index and flat foot in school-age children. *Journal of Foot and Ankle Research*, 13(1), 1–8.
- Chen, Y., Li, X., Zhang, R., & Wang, L. (2023). Association between overweight, obesity, and foot arch development in primary school children. *BMC Pediatrics*, 23, 1–9.
- Evans, A. M., Rome, K., & Peet, L. (2021). The relationship between pediatric obesity and flexible flatfoot: A systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*, 14(1), 1–12.
- Jandova, S. (2024). Foot arch development and body mass in children. *Pediatric Biomechanics*, 18(2), 95–104.
- Jankowicz-Szymanska, A., & Mikolajczyk, E. (2016). Flat foot in overweight and obese children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 36(1), 1–6.
- Macialczyk-Paprocka, K., et al. (2017). Prevalence of flat foot among overweight children. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 24(4), 1–6.
- Martínez-Nova, A., Gijón-Noguerón, G., Alfageme-García, P., & Montes-Alguacil, J. (2022). Influence of body mass index on foot posture and plantar pressures in children: A cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 1–11.
- Mauch, M., et al. (2008). Foot morphology of children with different body mass. *Gait & Posture*, 27(1), 1–5.
- Sadeghi-Demneh, E., et al. (2016). Association between BMI and foot posture in children. *Foot and Ankle International*, 37(3), 1–7.
- Xu, C., et al. (2022). Body mass index and pediatric flatfoot: A meta-analysis. *BMC Pediatrics*, 22, 1–12.