



Оригинальное исследование | Original research  
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM702030>

This work is licensed under CC BY 4.0  
© Authors, 2026

# Сравнительный анализ морфометрических параметров стопы и общих антропометрических характеристик детей 6 лет с нормальной и избыточной массой тела

Л.Н. Петухова, А.В. Маргарян, Е.А. Томилова, А.А. Ткачук

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет»  
Минздрава России (Тюмень, Российская Федерация)

## Аннотация

**Цель:** изучить влияние массы тела на динамику антропометрических показателей, соматотипа и морфофункционального состояния стоп у детей шести лет.

**Материал и методы.** Обследовано 262 ребенка 6 лет (123 девочки, 139 мальчиков), разделенных на группы с нормальной (НМТ) и избыточной (ИзМТ) массой тела. Проведена антропометрия с расчетом индексов (Вервека, Пинье, Бругша), калиперометрия для оценки толщины кожно-жировых складок (КЖС) и компьютерная плантография стоп. Статистический анализ выполнен в SPSS 26.0.

**Результаты.** Выявлены статистически значимые различия ( $p < 0,001$ ) между группами НМТ и ИзМТ по всем антропометрическим параметрам. Расчетные индексы показали преобладание мезо- и брахиморфных признаков у детей с ИзМТ и более крепкое телосложение соответственно. Суммарная толщина КЖС у детей с ИзМТ значительно превышала показатели детей с НМТ ( $p < 0,001$ ). Плантографическое исследование показало, что у

детей с НМТ уплощение стопы сопровождается увеличением ее ширины в среднем отделе и в области пятки ( $p < 0,01$ ). В группе ИзМТ ширина стопы изначально выше, а при уплощении значительно увеличивается длина стопы больше у мальчиков ( $p < 0,001$ ). При этом в группе ИзМТ ширина в области пятки при уплощении свода статистически значимо не менялась ( $p > 0,05$ ), оставаясь более широкой как в норме, так и при уплощении.

**Выводы.** Результаты исследования подтверждают системное влияние избыточной массы тела на антропометрические показатели, соматотип и морфофункциональное состояние стоп у детей шести лет. Наличие выраженной плантарной жировой подушки у детей с ИзМТ искажает плантографическую картину, создавая «эффект маскировки» и требуя дифференцированного подхода к диагностике.

**Ключевые слова:** антропометрия, плантография, калиперометрия, дети 6 лет, избыточная масса тела, индекс массы тела, морфология стопы.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

## Для цитирования:

Петухова Л.Н., Маргарян А.В., Томилова Е.А., Ткачук А.А. Сравнительный анализ морфометрических параметров стопы и общих антропометрических характеристик детей 6 лет с нормальной и избыточной массой тела. *Наука и инновации в медицине*. 2026;11(2):91-97. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM702030>

## Сведения об авторах

\*Петухова Людмила Николаевна – старший преподаватель кафедры теории и практики сестринского дела.  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2525-0098>  
E-mail: [lydmila.petuhova2312@yandex.ru](mailto:lydmila.petuhova2312@yandex.ru)

Маргарян А.В. – д-р мед. наук, профессор кафедры топографической анатомии и оперативной хирургии.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3497-8157>  
E-mail: [vanic13@mail.ru](mailto:vanic13@mail.ru)

Томилова Е.А. – д-р мед. наук, профессор кафедры нормальной физиологии.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1101-7628>  
E-mail: [tomilovaea@mail.ru](mailto:tomilovaea@mail.ru)

Ткачук А.А. – канд. мед. наук, доцент кафедры нормальной физиологии.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1612-2048>  
E-mail: [ponchik117@mail.ru](mailto:ponchik117@mail.ru)

\*Автор для переписки

## Список сокращений

НМТ – нормальная масса тела; ИзМТ – избыточная масса тела; ОГК – окружность грудной клетки; ИМТ – индекс массы тела; КЖС – кожно-жировая складка; НС – нормальная стопа; УС – уплощенная стопа.

Получено: 01.02.2026

Одобрено: 23.03.2026

Опубликовано: 28.03.2026

# Comparative analysis of morphometric parameters of the foot and general anthropometric characteristics of 6-year-old children with normal and excessive body weight

Lyudmila N. Petukhova, Artur V. Margaryan, Evgeniya A. Tomilova, Anna A. Tkachuk

Tyumen State Medical University (Tyumen, Russian Federation)

## Abstract

**Aim:** to study the effect of body weight on the dynamics of anthropometric indicators, somatotype, and morphofunctional condition of the feet in six-year-old children.

**Material and methods.** 262 6-year-old children (123 girls, 139 boys) were examined, divided into groups normal with normal (NBW) and excessive (EBW) body weight. Anthropometry was performed with the calculation of indices (Verveck, Pinier, Brugsch), the skinfold thickness (SFT) was assessed using caliperometry, and computer plantography of the feet was performed. Statistical analysis was conducted in SPSS version 26.0. Data are presented as medians with interquartile ranges (Q1; Q3), and group differences were evaluated at  $p < 0,05$ .

**Results.** Statistically significant differences ( $p < 0,001$ ) were found between the NBW and EBW groups in all anthropometric parameters. The calculated indices showed the predominance of meso- and brachymorphic traits in children with excessive body weight and a stronger physique, respectively. Skinfold thickness was markedly higher in the EBW group

across all measured sites ( $p < 0,001$ ). A plantographic study showed that in children with normal weight, foot flattening is accompanied by an increase in its width in the middle and heel regions ( $p < 0,01$ ). In the EBW group, the foot width was initially higher, and with flattening, the foot length increased significantly in boys ( $p < 0,001$ ). At the same time, the width in the heel area did not change statistically significantly with arch flattening ( $p > 0,05$ ) in the EBW group, remaining wider both in the normal state and with flattening.

**Conclusion.** The results of the study confirm the systemic effect of overweight on anthropometric parameters, somatotype and morphofunctional state of feet in children aged six years. The presence of a pronounced plantar fat cushion in children with EBW distorts the plantographic picture, creating a “masking effect” and requiring a differentiated approach to diagnosis.

**Keywords:** anthropometry, plantography, caliperometry, 6-year-old children, overweight; body mass index, foot morphology.

**Conflict of interest:** nothing to disclose.

**Citation**

Petukhova LN, Margaryan AV, Tomilova EA, Tkachuk AA. **Comparative analysis of morphometric parameters of the foot and general anthropometric characteristics of 6-year-old children with normal and excessive body weight.** *Science and Innovations in Medicine.* 2026;11(2):91-97. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM702030>

**Information about authors**

\***Lyudmila N. Petukhova** – Senior Lecturer of the Department of Theory and Practice of Nursing.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2525-0098>

E-mail: [lydmila.petuhova2312@yandex.ru](mailto:lydmila.petuhova2312@yandex.ru)

**Artur V. Margaryan** – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Topographic Anatomy and Operative Surgery.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3497-8157>

E-mail: [vanic13@mail.ru](mailto:vanic13@mail.ru)

**Evgeniya A. Tomilova** – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Normal Physiology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1101-7628>

E-mail: [tomilovaea@mail.ru](mailto:tomilovaea@mail.ru)

**Anna A. Tkachuk** – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of Normal Physiology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1612-2048>

E-mail: [ponchik117@mail.ru](mailto:ponchik117@mail.ru)

\***Corresponding author**

Received: 01.02.2026

Accepted: 23.03.2026

Published: 28.03.2026

**ВВЕДЕНИЕ**

В последние десятилетия в мировом здравоохранении отмечается неуклонный рост распространенности избыточной массы тела (ИЗМТ) и ожирения среди населения, при этом особую тревогу вызывает стремительное увеличение данных показателей в детской популяции, особенно среди детей раннего и дошкольного возраста [1, 2]. Данное явление приобрело характер глобальной эпидемии и признано серьезной проблемой современного здравоохранения, поскольку обусловлено повышенным риском развития сердечно-сосудистых патологий, некоторых онкологических заболеваний, сахарного диабета 2-го типа, а также нарушений и заболеваний опорно-двигательного аппарата, прогрессирующих с возрастом [3–7].

Одним из ключевых звеньев опорно-двигательного аппарата, испытывающих повышенную нагрузку при ИЗМТ, является стопа [8]. Увеличение массы тела приводит к изменению биомеханики ходьбы, перераспределению нагрузки на стопу и как следствие – к риску деформации сводов стопы [9, 10]. Важность изучения влияния ИЗМТ на состояние стопы в детском возрасте обусловлена продолжающимся ростом и развитием костно-мышечной системы, а также потенциальной возможностью предотвращения развития необратимых деформаций. Плантография является одним из доступных и неинвазивных методов исследования стопы, позволяющим получить объективные данные о ее анатомо-функциональном состоянии. Использование плантографии позволяет оценить распределение нагрузки на различные отделы стопы, выявить наличие плоскостопия, а также определить другие деформации стопы [11]. В современных научных публикациях представлены данные, согласно которым у детей с ИЗМТ наблюдается более значительное уплощение продольного свода стопы по сравнению с детьми, имеющими нормальный вес [12, 13]. Однако, несмотря на имеющиеся данные, вопрос о специфических изменениях плантографических параметров стопы у детей 6 лет с ИЗМТ остается недостаточно изученным. Необходимы дальнейшие исследования для уточнения механизмов влияния ИЗМТ на формирование сводов стопы и разработки эффективных профилактических мероприятий. Особое значение имеет изучение данной проблемы в возрасте 6 лет, когда происходит активное формирование сводов стопы и подготовка к школьному обучению, требующему значительной статической нагрузки [14].

**ЦЕЛЬ**

Изучить влияние массы тела на динамику антропометрических показателей, соматотипа и морфофункционального состояния стоп у детей шести лет.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Обследовано 262 ребенка 6 лет, посещающих детские дошкольные образовательные учреждения г. Тюмени (123 девочки и 139 мальчиков), разделенных на группы с нормальной массой тела (НМТ) (99 мальчиков, 90 девочек) и ИЗМТ (40 мальчиков, 33 девочки).

**Критерии включения** в исследование: принадлежность детей к группе дошкольного возраста 6 лет, I–II группы здоровья, отсутствие хронических соматических заболеваний на момент исследования, наличие информированного согласия на проведение исследования от родителей / законных представителей. Исследование подтверждено решением комитета по этике при Тюменском государственном медицинском университете, выполнено в рамках утвержденного протокола № 127 от 04.03.2025 года, получено добровольное информированное согласие родителей / опекунов.

**Критерии невключения** в исследование: другая возрастная группа, дети, состоящие на диспансерном учете, диагноз «ожирение», отсутствие информированного согласия на проведение исследования от родителей / законных представителей, отказ участвовать в исследовании, принадлежность ребенка к III–V группам здоровья.

Комплексная оценка состояния здоровья обследуемых детей с последующим распределением по группам здоровья проводилась в соответствии с критериями, изложенными в Приложении №2 к Приказу Минздрава России от 10.08.2017 №514н «О порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних».

Методика оценки физического развития включала стандартную антропометрию: измерение длины тела стоя, массы тела, окружности грудной клетки (ОГК) и расчет производных индексов.

Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывался как частное от деления массы тела (МТ, кг) на возведенную в квадрат длину тела стоя (ДТс).  $ИМТ = МТ / ДТс^2 \times 100$ .

Индекс Вервека =  $ДТс / (2МТ + ОГК)$  применялся для определения гармоничности развития и соматотипирования.

Индекс Пинье =  $ДТс - (МТ + ОГК)$ . Его значение определялось путем вычитания суммы массы тела и ОГК из показателя длины тела стоя.

Индекс Бругша (пропорциональность грудной клетки) =  $(ОГК \times 100) / ДТс$ .

Для определения толщины кожно-жировых складок (КЖС) применялась калиперометрия, которая проводилась в четырех точках по методике С. Врук. Измерения осуществлялись в области трехглавой и двуглавой мышц плеча, в подлопаточной области, над гребнем подвздошной кости по передней аксиллярной линии. Полученные данные

анализировались с использованием центильных таблиц, соответствующих возрасту и полу исследуемых [15].

Также были проведены плантографические измерения с использованием плантографа компьютерного «ПКС-01» (Россия). В процессе измерений были рассчитаны следующие индексы: Чижина =  $(b)/(a)$ , где  $b$  – ширина отпечатка в среднем отделе (мм),  $a$  – ширина выемки свода (мм). Интерпретация: 0–1,0 – норма; 1,1–2,0 – уплощенная стопа; Штритера =  $(b)/(W) \times 100\%$ , где  $b$  – ширина закрашенной части среднего отдела (мм),  $W$  – общая ширина стопы в этом же месте (мм). Интерпретация: от 43 до 50 – нормальная стопа, от 50 до 60 – уплощенная стопа. Также определены плантометрические параметры стопы, включающие длину стопы, ширину стопы (середина длины) и ширину стопы (область пятки) в миллиметрах.

Статистическая обработка полученных материалов проводилась с помощью пакета статистических программ SPSS 26.0. Для описания данных использовались медиана и межквартильный размах (25-й и 75-й процентиля), так как предварительный анализ (критерий Шапиро – Уилка, гистограммы, Q–Q графики) выявил асимметрию распределения, полимодальность и наличие выбросов. Сравнение групп с нормальной стопой (НС) и уплощенной стопой (УС) проводилось с использованием непараметрических методов из-за отклонения данных от нормального распределения. Критический уровень для оценки статистической значимости результатов был установлен на уровне  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе исследования была проведена комплексная оценка состояния здоровья 262 детей шестилетнего возраста. Следует отметить, что был выявлен значительный процент детей с ИзМТ: 33 девочки (12,8%) и 40 мальчиков (15,5%). Результаты исследования согласуются с текущей статистикой, которая показывает стабильный рост числа детей с избыточным весом и ожирением [1, 2]. В рамках исследования был проведен отдельный анализ ключевых антропометрических параметров у детей с ИзМТ и их сравнение с аналогичными показателями группы детей с НМТ. Были установлены статистически значимые отличия по большинству параметров (**таблица 1**).

Так, если масса тела у девочек с НМТ составляла 21,2 (19,3; 23,3) кг, что соответствует средним возрастным значениям (50–75 центильный коридор), то у девочек с ИзМТ медиана составила 25,3 (24,4; 26,3) кг ( $p < 0,001$ ), что соответствует области 90–97 центиля. Аналогичная тенденция зафиксирована у мальчиков ( $p < 0,001$ ). Показатели длины тела также продемонстрировали значимые различия. Дети с ИзМТ оказались выше своих сверстников с нормальным весом ( $p < 0,001$ ). ОГК была закономерно выше в группе ИзМТ как у мальчиков, так и у девочек ( $p < 0,001$ ). Медиана значения ИМТ у мальчиков группы с НМТ составили 15,8 (14,3; 16,8) кг/м<sup>2</sup>, в то время как во второй группе ИзМТ этот показатель был статистически значимо выше – 18,0 (17,4; 18,4) кг/м<sup>2</sup> ( $p < 0,001$ ). Аналогичная статистически значимая разница зафиксирована и у девочек. Особый интерес представляет анализ расчетных индексов, характеризующих тип телосложения. Индекс Вервека, отражающий соотношение продольных и поперечных размеров тела, в группе ИзМТ был значимо ниже и составил 1,08 (1,06–1,10) у обоих полов ( $p < 0,001$ ), в то время как в группе НМТ он составил 1,17 до 1,18. Снижение данного индекса указывает на преобладание мезо- и брахиморфных признаков у детей с избыточным весом. Данная закономерность подтверждается и индексом Пинье, характеризующим крепость телосложения. У мальчиков с ИзМТ медиана индекса составила 32,4 против 38,1 в группе НМТ ( $p < 0,001$ ). У девочек различия также более выражены ( $p < 0,001$ ). Меньшие значения индекса Пинье в группе ИзМТ свидетельствуют о более плотном и крепком телосложении. Индекс Бругша, оценивающий пропорциональность грудной клетки относительно роста, показал значимый рост у мальчиков группы ИзМТ (52,0 против 49,6 ед.;  $p < 0,001$ ), что свидетельствует о расширении грудной клетки. У девочек также наблюдалась тенденция к увеличению данного индекса в группе ИзМТ ( $p < 0,001$ ). Таким образом, дети 6 лет с ИзМТ не только имеют большую массу тела, но и отличаются от сверстников более высоким ростом и специфическим соматотипом с преобладанием поперечных размеров туловища, что создает дополнительную механическую нагрузку на опорно-двигательный аппарат.

Группы показателей	Показатели	Пол	Группа НМТ (n=189)	Группа ИзМТ (n=73)	p-значение
Антропометрические показатели	Длина тела (см)	М	117,8 (113,2; 120,3)	118,7 (116,3; 122,1)	<0,001
		Д	115,3 (114,1; 117,2)	118,2 (116,1; 119,3)	
	Масса тела (кг)	М	21,3 (19,2; 24,3)	25,2 (24,3; 27,30)	<0,001
Д	21,2 (19,3; 23,3)	25,3 (24,4; 26,3)			
Расчетные индексы	ОГК (см)	М	58,5 (56,5; 61,5)	61,3 (58,3; 63,3)	<0,001
		Д	57,3 (56,3; 59,3)	59,0 (58,0; 61,0)	
	Вервека (отн. ед.)	М	1,17 (1,15;1,19)	1,08 (1,06;1,10)	<0,001
		Д	1,18 (1,16;1,19)	1,08 (1,06;1,10)	
	Пинье	М	38,1 (32,6; 43,5)	32,4 (29,2; 36,3)	<0,001
		Д	37,6 (35,2; 41,6)	33,2 (31,3; 35,30)	
Бругша (отн. ед.)	М	49,6 (47,0;53,3)	52,0 (48,8; 54,80)	<0,001	
	Д	50,0 (48,1;52,1)	51,0 (49,0; 53,0)		
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	М	15,8 (14,3; 16,8)	18,0 (17,4; 18,4)	<0,001	
	Д	15,7 (14,1; 16,7)	18,1 (17,9; 18,6)		

Примечания: ИМТ – индекс массы тела, НМТ – нормальная масса тела, ИзМТ – избыточная масса тела, ОГК – окружность грудной клетки.

Различия значимы ( $p < 0,05$ ) при сравнении между группами (НМТ и ИзМТ).

Notes: BMI – body mass index, NBW – normal body weight, EBW – excessive body weight, CC – chest circumference. The differences are significant ( $p < 0,05$ ) when comparing between groups (NBW and EBW).

**Таблица 1.** Сравнительная характеристика антропометрических показателей и индексов физического развития детей 6 лет с различной массой тела, Me (Q1; Q3)

**Table 1.** Comparative anthropometric parameters and indices of physical development in 6-year-old children across different body weights, Me (Q1; Q3)

Пол	Группа НМТ (n=189)	Группа ИзМТ (n=73)	p-значение
М	23,0 (22,5; 23,5)	37,3 (35,7; 37,9)	<0,001
Д	26,6 (26,4; 26,7)	46,3 (45,6; 47,1)	<0,001

Примечания: НМТ – нормальная масса тела, ИзМТ – избыточная масса тела. Различия значимы (p <0,05) при сравнении между группами (НМТ и ИзМТ).

Notes: NBW – normal body weight, EBW – excessive body weight. The differences are significant (p <0.05) when comparing between groups (NBW and EBW).

**Таблица 2.** Суммарные показатели толщины кожно-жировых складок (мм) у детей 6 лет по данным калиперометрии, Me (Q1; Q3)

**Table 2.** Total skinfold thickness (mm) in 6-year-old children based on caliperometry data, Me (Q1; Q3)

На втором этапе работы была проведена детальная оценка жировотложения с использованием калиперометрии. Анализ толщины КЖС подтвердил статистически значимое преобладание подкожного жировотложения в группе с ИзМТ по всем исследуемым анатомическим точкам. Особо выраженные различия зафиксированы в суммарном показателе КЖС (**таблица 2**). У девочек группы ИзМТ сумма толщины складок составила 46,3 (45,6; 47,1) мм, что в 1,7 раза превышает показатели группы НМТ – 26,6 (26,4; 26,7) мм (p <0,001). У мальчиков также выявлен существенный прирост жирового компонента в группе ИзМТ, однако этот прирост был несколько меньше, чем у девочек.

Сравнительный анализ плантографических показателей в группе детей с НМТ показал статистически значимое изменение морфометрических характеристик стопы при уплощении ее продольного свода (УС) (**таблица 3**). Выявлено, что деформация свода стопы в группе УС сопровождается значительным «распластыванием» стопы. В группе мальчиков зафиксировано статистически значимое увеличение длины стопы (p <0,001). В группе девочек также наблюдалась тенденция к удлинению стопы: 197,0 (194,8; 199,2) мм при НС, в то время как при уплощении свода этот показатель возрастал до 198,9 (193,8; 203,9) мм, однако различия находились на уровне пограничной статистической значимости (p = 0,060). Зафиксировано статистически значимое увеличение ширины стопы в среднем отделе. Ширина стопы в области середины ее длины в группе УС увеличилась более чем на 22% по сравнению с группой НС у мальчиков (p = 0,003), у девочек (p <0,001). Также отмечено увеличение ширины в области пятки у обоих полов: (p <0,001) у мальчиков и (p = 0,025) у девочек. Применение стандартных индексов для оценки состояния

сводов показало значительное повышение степени их деформации в группе УС. Индекс Чижина, медиана которого в группе с НС составляла 0,84, при уплощении свода увеличился, достигнув 1,53 у мальчиков и 1,54 у девочек (p <0,001), что соответствует выраженному уплощению. Индекс Штритера продемонстрировал схожую динамику: в группе УС значения показателя статистически значимо превысили показатели в группе с НС, составив 54,8% у мальчиков и 53,8% у девочек (p <0,001). Таким образом, у детей 6 лет с НМТ плантографический метод позволяет статистически значимо выявить уплощение свода. Деформация характеризуется не только изменением расчетных индексов, но и статистически значимым увеличением всех линейных размеров стопы, что свидетельствует о снижении ее рессорной функции и увеличении площади контакта подошвы с опорной поверхностью.

Анализ плантограмм детей 6 лет с ИзМТ позволил выявить характерные изменения в морфологии стопы, обусловленные уплощением ее сводов (**таблица 4**). У мальчиков с ИзМТ и УС зафиксировано статистически значимое увеличение длины стопы по сравнению с группой ИзМТ и НС (p <0,001). У девочек также зафиксировано статистически значимое удлинение стопы, однако разница медиан была менее выражена (p = 0,028). Наиболее существенные изменения отмечены при анализе ширины стопы в области середины длины. У детей обоих полов с ИзМТ и УС данный показатель увеличился (p <0,001). Следует подчеркнуть, что даже в группе с НС ширина стопы у детей с избыточным весом исходно высока 59,7 (58,3; 62,6) мм, что превышает средние показатели у детей с НМТ, что объясняется наличием избыточной жировой ткани. В отличие от среднего отдела ширина стопы в области пятки не претерпела статистически значимых изменений при уплощении свода ни у мальчиков (p = 0,208), ни у девочек (p = 0,368). Но следует отметить, что этот показатель значительно выше, чем в аналогичных группах детей с НМТ. Это указывает на то, что у детей с ИзМТ адаптация стопы к нагрузке происходит преимущественно за счет среднего отдела. Индекс Чижина при переходе от НС к УС увеличился: у мальчиков – до 1,88 (1,82; 1,92), у девочек – до 1,85 (1,72; 1,92) (p <0,001). Аналогичная статистически значимая динамика зафиксирована для индекса Штритера. Его медианные значения в группе УС возросли до 58,2–58,0% у мальчиков и девочек соответственно против 48,8–46,2% в группе НС (p <0,001). Высокие значения

Группы показателей	Показатели	Пол	Группа НС (n=78)	Группа УС (n=59)	p-значение
Линейные измерения (мм)	Длина стопы	М	197,4 (195,8; 199,2)	199,7 (197,7; 201,8)	<0,001
		Д	197,0 (194,8; 199,2)	198,9 (193,8; 203,9)	0,060
	Ширина стопы (середины длины)	М	52,7 (52,2; 53,2)	64,5 (63,3; 66,1)	0,003
Д		52,3 (49,2; 55,2)	64,3 (60,6; 66,8)	<0,001	
	Ширина стопы (область пятки)	М	47,2 (45,8; 49,1)	48,2 (46,2; 50,2)	<0,001
		Д	46,2 (45,8; 48,2)	47,1 (45,1; 49,8)	0,025
Плантографические индексы	Чижина	М	0,84 (0,77; 0,91)	1,53 (1,47; 1,61)	<0,001
		Д	0,84 (0,72; 0,99)	1,54 (1,22; 1,82)	<0,001
	Штритера, %	М	45,4 (44,7; 46,1)	54,0 (51,6; 59,2)	<0,001
		Д	45,8 (43,2; 48,2)	53,8 (53,2; 54,3)	<0,001

Примечания: НС – нормальная стопа, УС – уплощенная стопа. Различия значимы (p <0,05) при сравнении между группами (НС и УС).

Notes: NF – normal foot, FF – flattened foot. The differences are significant (p <0.05) when comparing between groups (NF and FF).

**Таблица 3.** Морфометрические параметры стопы у детей 6 лет с нормальной массой тела в зависимости от состояния продольного свода, Me (Q1; Q3)

**Table 3.** Morphometric parameters of the foot in 6-year-old children with normal body weight, depending on the condition of the longitudinal arc, Me (Q1; Q3)

Группы показателей	Показатели	Пол	Группа НС (n=25)	Группа УС (n=31)	p-значение
Линейные измерения (мм)	Длина стопы	М	199,3 (197,3; 200,3)	202,5 (200,5; 204,5)	<0,001
		Д	198,8 (195,7; 199,8)	200,5 (197,4; 206,1)	
	Ширина стопы (середина длины)	М	59,7 (58,3; 62,6)	68,4 (67,3; 70,1)	<0,001
Д	59,4 (57,4; 62,2)	68,7 (65,5; 70,6)			
Плантографические индексы	Чижина	М	0,96 (0,91; 0,99)	1,88 (1,82; 1,92)	<0,001
		Д	0,94 (0,88; 0,98)	1,85 (1,72; 1,92)	
	Штритера, %	М	48,8 (45,9; 50,0)	58,2 (57,2; 60,0)	<0,001
Д	46,2 (45,2; 49,9)	58,0 (55,6; 59,9)			

Примечания: НС – нормальная стопа, УС – уплощенная стопа. Различия значимы ( $p < 0,05$ ) при сравнении между группами (НС и УС).  
Notes: NF – normal foot, FF – flattened foot. The differences are significant ( $p < 0,05$ ) when comparing between groups (NF and FF).

**Таблица 4.** Морфометрические параметры стопы у детей 6 лет с избыточной массой тела в зависимости от состояния продольного свода, Me (Q1; Q3)

**Table 4.** Morphometric parameters of the foot in overweight children aged 6 years, depending on the condition of the longitudinal arch, Me (Q1; Q3)

расчетных индексов в группе УС свидетельствуют о морфологической перестройке стопы, которая происходит на фоне исходно увеличенных (за счет жирового компонента) поперечных размеров.

## ■ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования выявили системное влияние ИзМТ на морфофункциональные характеристики организма ребенка в период первого ростового сдвига. Комплексный анализ показал, что дети 6 лет с ИзМТ имеют не только количественные отличия в массе тела, но и качественные особенности соматотипа. Статистически значимое снижение индексов Вервека и Пинье в группе с ИзМТ свидетельствует о формировании мезо- и брахиморфного типов телосложения. Более высокие показатели длины тела и окружности грудной клетки у детей с ИзМТ могут быть интерпретированы как проявление акселерации. Однако такое «опережающее» развитие создает серьезный дисбаланс: мышечно-связочный аппарат ребенка оказывается не готовым к повышенным статическим и динамическим нагрузкам, что в первую очередь отражается на состоянии стоп. Данное наблюдение в полной мере согласуется с выводами S. Jandova (2024), которая в своих работах по изучению детей младшего школьного возраста подчеркивает прямую ассоциативную связь между увеличением показателей ИМТ и частотой встречаемости плоскостопия, указывая на неизбежность деформации продольного свода стопы при недостаточном уровне силовой выносливости связок [10]. Данные калиперометрии подчеркивают масштаб проблемы: суммарная толщина КЖС у девочек с ИзМТ почти вдвое превышает показатели сверстниц с НМТ. Депонирование подкожного жира происходит не только в типичных депо, но и, судя по плантографическим данным, затрагивает мягкие ткани стопы, что подтверждается данными С. Escalona-Marfil и соавт. (2023). В работе изучалась морфология стоп у детей 5–10 лет и выявлены статистически значимые различия в индексах положения и высоты свода стопы во всех весовых категориях – от дефицита массы до ожирения. Ширина средней части стопы оказалась наиболее тесно связана с массой тела, а окружность талии – с морфологическими изменениями стоп, что указывает на значимость центрального отложения жира и состава тела для опорной функции стопы [8]. Наши результаты полностью подтверждают эти данные: у детей с НМТ уплощение свода сопровождается

классическим «распластыванием» стопы. Наиболее чувствительным параметром оказалась ширина стопы в среднем отделе, которая увеличилась более чем на 11–12 мм у обоих полов ( $p < 0,001$ ). Интересно отметить, что у мальчиков группы НМТ деформация свода ведет к статистически значимому увеличению длины стопы ( $p < 0,001$ ), тогда как у девочек эта тенденция носит пограничный характер ( $p = 0,060$ ). Это может свидетельствовать о большей ригидности стопы девочек в продольном направлении в данном возрасте. Группа детей с ИзМТ демонстрирует принципиально иную морфометрическую картину. Во-первых, обращает на себя внимание «стартовая» ширина стопы: у детей с ИзМТ даже при НС она составляет в среднем 59,7 мм, что на 7 мм больше, чем у сверстников с НМТ. Данный факт объясняется наличием выраженной плантарной жировой подушки, которая увеличивает площадь отпечатка, маскируя истинную конфигурацию костных структур. На этот «маскирующий» эффект указывают и А.В. Сапоговский и соавт. (2023), отмечая в своих исследованиях среди детей в возрасте от 7 до 15 лет (Санкт-Петербург), что плантографические критерии зачастую имеют лишь слабую корреляционную связь с клиническими параметрами (такими как вальгус заднего отдела или угол Dahle) именно из-за несоответствия формы отпечатка стопы и внутренних костных структур свода [11]. Во-вторых, при уплощении свода в группе ИзМТ ширина стопы достигает больших значений (68,4–68,7 мм). Примечательно, что в этой группе ширина стопы в области пятки не претерпевает статистически значимых изменений при деформации ( $p > 0,05$ ), в то время как у детей с НМТ данный показатель значимо расширяется. Наличие выраженной жировой подушки в медиальной части стопы приводит к тому, что даже при анатомически сохранном своде отпечаток стопы у детей с ИзМТ выглядит более широким, имитируя уплощение. Это подтверждается тем фактом, что статистическая значимость различий по ширине стопы в области пятки между НС и УС в группе ИзМТ не выражена.

S. Yan и соавт. (2023) в рамках долгосрочных наблюдений за детьми в возрасте 7–8 лет выявили переходный период (ИМТ в диапазоне 18,6–19,9 кг/м<sup>2</sup>), когда появляется негативное изменение походки, связанное с изменениями в структуре свода стопы. После пересечения порога 20,8 кг/м<sup>2</sup> высота свода начинает стремительно снижаться под воздействием избыточной нагрузки [13]. Расчетные подометрические индексы (Чижина и Штритера) в нашем

исследовании во всех группах показали высокую статистическую значимость ( $p < 0,001$ ). Однако значения индекса Чижина у детей с ИзМТ и УС значительно выше, чем в группе НМТ. Это указывает на то, что избыточный вес не только провоцирует реальное снижение сводов, но и искусственно завышает показатели на плантограмме за счет мягкотканного компонента. В этой связи результаты Д.Р. Джураева и соавт. (2024), полученные в Тюменской области, приобретают особое значение. Авторы отметили, что в общей популяции шестилетних детей (где плоскостопие достигает 30%, а уплощение – 32%) наблюдается лишь слабая корреляция между ИМТ и индексом Чижина и Штритера [16]. В контексте нашего исследования это объясняется наличием жировой подушки, которая приводит к завышению показателей даже при относительно сохранном костном своде. Таким образом, морфометрия стопы у детей с ИзМТ требует дифференцированного подхода, так как стандартные плантографические нормы могут приводить к гипердиагностике патологических состояний из-за влияния состава тела на параметры отпечатка.

### ■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования демонстрируют, что дети шестилетнего возраста с ИзМТ значительно отличаются от сверстников с НМТ по антропометрическим показателям, суммарной толщине кожно-жировых складок и соматотипологическим индексам. У детей с НМТ уплощение стопы сопровождается четкой трансформацией ее линейных параметров, а также ростом индексов Чижина и

Штритера. Это подтверждает высокую диагностическую эффективность плантографии для выявления нарушений рессорной функции стопы при отсутствии лишнего веса. ИзМТ у детей 6 лет выступает модифицирующим фактором морфологии стопы, увеличивая исходную ширину отпечатка в среднем отделе на 13–14% даже при анатомически сохранном своде, что обусловлено развитием подкожно-жирового слоя в области стопы. Избыточная жировая ткань в медиальной части стопы и повышенное давление массы тела «маскируют» истинное состояние сводов, что затрудняет классическую плантографическую диагностику и может приводить к ложноположительным результатам при оценке степени плоскостопия. Выявленные особенности требуют дифференцированного подхода к оценке состояния сводов стопы у детей данного возраста. При проведении профилактических осмотров необходимо учитывать, что ИзМТ является не только фактором риска деформации стопы, но и серьезным препятствием для ее объективной визуальной диагностики, что обосновывает необходимость разработки дополнительных критериев оценки сводов для детей с избыточным весом. Традиционный скрининг должен быть дополнен методами, позволяющими разграничить истинную деформацию сводов и морфологические изменения, обусловленные избытком мягких тканей. Период 6 лет является «окном возможностей» для коррекции данных нарушений, так как формирование свода еще не завершено, а своевременная нормализация массы тела может предотвратить необратимые изменения опорно-двигательного аппарата. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
<b>Этическая экспертиза.</b> Исследование подтверждено решением комитета по этике при Тюменском государственном медицинском университете, выполнено в рамках утвержденного протокола №127 от 04.03.2025 г.	<b>Ethical review.</b> The study was approved by the Ethics Committee of Tyumen State Medical University and conducted under approved protocol No. 127 dated March 4, 2025.
<b>Информированное согласие.</b> Все законные представители (родители) подписали добровольное информированное согласие на участие детей в исследовании.	<b>Informed consent.</b> All legal guardians (parents) signed voluntary informed consent for the children's participation in the study.
<b>Источник финансирования.</b> Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	<b>Study funding.</b> The study was the authors' initiative without external funding.
<b>Конфликт интересов.</b> Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	<b>Conflict of interest.</b> The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
<b>Участие авторов.</b> Петухова Л.Н.: концепция исследования, написание текста. Маргарян А.В., Томилова Е.А.: концепция и дизайн исследования, редактирование статьи. Ткачук А.А.: сбор, обработка и анализ материала. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	<b>Contribution of individual authors.</b> Petukhova L.N.: study concept, writing of the text. Margaryan A.V., Tomilova E.A.: study concept and design, editing of the article. Tkachuk A.A.: collection, processing and analysis of material. The authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
<b>Оригинальность.</b> При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	<b>Statement of originality.</b> No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
<b>Доступ к данным.</b> Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	<b>Data availability statement.</b> The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
<b>Генеративный искусственный интеллект.</b> При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	<b>Generative AI.</b> No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
<b>Рассмотрение и рецензирование.</b> Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	<b>Provenance and peer review.</b> This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

### REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

1. Gritinskaya VL, Novikova VP, Khavkin AI. Epidemiology of obesity in children and adolescents (systematic review and meta-analysis of publications over a 15-year period). *Clinical Practice in Pediatrics*. 2022;17(2):126-135. [Грицинская В.Л., Новикова В.П., Хавкин А.И. К вопросу об эпидемиологии ожирения у детей и подростков

(систематический обзор и мета-анализ научных публикаций за 15-летний период). *Вопросы практической педиатрии*. 2022;17(2):126-135]. DOI: 10.20953/1817-7646-2022-2-126-135  
2. Martinchik AN, Laikam KE, Kozyreva NA, et al. Prevalence of overweight and obesity in children. *Problems of Nutrition*. 2022;91(3):64-72. [Мартинчик А.Н., Лайкам К.Э., Козырева

- Н.А., и др. Распространенность избыточной массы тела и ожирения у детей. *Вопросы питания*. 2022;91(3):64-72]. DOI: [10.33029/0042-8833-2022-91-3-64-72](https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-3-64-72)
3. Alferova VI, Mustafina SV. Long-term dynamics of the prevalence of childhood and adolescent obesity in Russia and the world. *Obesity and metabolism*. 2025;22(3):255-262. [Алферова Л.И., Мустафина С.В. Многолетняя динамика распространенности детского и подросткового ожирения в России и мире. *Ожирение и метаболизм*. 2025;22(3):255-262]. DOI: [10.14341/omet13200](https://doi.org/10.14341/omet13200)
4. Mirgorodskaya OV, Golubev NA, Ogryzko EV, Shelepova EA. Morbidity of obesity in children aged 0-17 years in the Russian Federation in the period 2018-2023. *Current problems of health care and medical statistics*. 2024(3):236-251. [Миргородская О.В., Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Шелепова Е.А. Заболеваемость ожирением у детей в возрасте 0-17 лет в Российской Федерации в период с 2018 по 2023 год. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2024(3):236-251]. DOI: [10.24412/2312-2935-2024-3-236-251](https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-3-236-251)
5. Shikaleva AA, Shulaev AV, Titova SA, et al. Metabolic syndrome and obesity in children as a social and hygienic issue. *Russian Bulletin of Hygiene*. 2022;4:10-13. [Шикалева А.А., Шулаев А.В., Титова С.А., и др. Метаболический синдром и ожирение у детей как социально-гигиеническая проблема. *Российский вестник гигиены*. 2022;4:10-13]. DOI: [10.24075/rbh.2022.059](https://doi.org/10.24075/rbh.2022.059)
6. Bokova TA, Shishulina EE, Bevz AS, Kartashova DA. Comparative analysis concerning the prevalence of childhood obesity in the Moscow region. *Russian Journal of Woman and Child Health*. 2024;7(1):51-57. [Бокова Т.А., Шишулина Е.Е., Бевз А.С., Карташова Д.А. Сравнительный анализ заболеваемости ожирением детей, проживающих в Московской области. *РМЖ. Мать и дитя*. 2024;7(1):51-57]. DOI: [10.32364/2618-8430-2024-7-1-8](https://doi.org/10.32364/2618-8430-2024-7-1-8)
7. Ciężki S, Odyjewska E, Bossowski A, Głowińska-Olszewska B. Not Only Metabolic Complications of Childhood Obesity. *Nutrients*. 2024;16(4):539. DOI: [10.3390/nu16040539](https://doi.org/10.3390/nu16040539)
8. Escalona-Marfil C, Prats-Puig A, Ortas-Deunosajut X, et al. Children's foot parameters and basic anthropometry - do arch height and midfoot width change? *Eur J Pediatr*. 2023;182(2):777-784. DOI: [10.1007/s00431-022-04715-1](https://doi.org/10.1007/s00431-022-04715-1)
9. Zhulikov AL, Malanin DA, Demeshchenko MV, et al. Prevalence of flatfoot valgus deformity in children of the Volgograd region. *Journal of the Volgograd State Medical University*. 2022;19(3):108-114. [Жуликов А.Л., Маланин Д.А., Демещенко М.В., и др. Распространенность плоско-вальгусной деформации стоп у детей в Волгоградской области. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2022;19(3):108-114. DOI: [10.19163/1994-9480-2022-19-3-108-114](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2022-19-3-108-114)
10. Jandova S. Flat feet occurrence among young school-age children and its association with body mass index values. *Homo*. 2024;75(1):1-7. DOI: [10.1127/homo/2024/1754](https://doi.org/10.1127/homo/2024/1754)
11. Sapogovskiy AV, Ovechkina AV, Abramov IA, et al. Footprint analysis in flatfoot assessment. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2023;11(1):67-74. [Сапоговский А.В., Овечкина А.В., Абрамов И.А., и др. Платнография в диагностике плоскостопия у детей. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2023;11(1):67-74]. DOI: [10.17816/PTORS121335](https://doi.org/10.17816/PTORS121335)
12. Tsiros MD, Vincent HK, Getchell N, Shultz SP. Helping Children with Obesity "Move Well" To Move More: An Applied Clinical Review. *Curr Sports Med Rep*. 2021;20(7):374-383. DOI: [10.1249/JSR.0000000000000861](https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000861)
13. Yan S, Zhao Y, Zhang L, Yang L. Arch-related alteration in foot loading patterns affected by the increasing extent of body mass index in children: A follow-up study. *Gait Posture*. 2023;100:247-253. DOI: [10.1016/j.gaitpost.2022.12.019](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.12.019)
14. Kopaczyńska A, Bober A, Puk A, Chwałczyńska A. Evaluation of Foot Structure in Preschool Children Based on Body Mass. *Med Sci Monit*. 2024;30:e943765. DOI: [10.12659/MSM.943765](https://doi.org/10.12659/MSM.943765)
15. *Propaedeutics of Pediatric Diseases*. Eds. Kildiyarova R.R., Makarova V.I. M., 2022. (In Russ.). [Пропедевтика детских болезней. Под ред. Р.Р. Кильдияровой, В.И. Макаровой. М., 2022].
16. Dzhuraev DR, Sergeev KS, Zubik GV, Orlov SA. Variants of flat feet in children of preschool and primary school age. *University Medicine of the Urals*. 2024;10(3):8-10. (In Russ.). [Джураев Д.Р., Сергеев К.С., Зубик Г.В., Орлов С.А. Варианты плоскостопия у детей дошкольного и младшего школьного возраста. *Университетская медицина Урала*. 2024;10(3):8-10]. EDN: [SCJTPP](https://scj.tpp.ru/)