

НЕЗДРАВΟΣЛОВНО ТЕЛЕСНО ТЕГЛО ПРИ ЮНОШИ, ОЦЕНЕНО ЧРЕЗ ПРИЛАГАНЕ НА АНТРОПОМЕТРИЧНИТЕ ИНДЕКСИ ИТМ, ИТМ Z-SCORE И ТМИ

С. Тодорова

Първа катедра по вътрешни болести и обща медицина, Медицински факултет, Тракийски университет – Стара Загора

UNHEALTHY BODY WEIGHT IN ADOLESCENTS ESTIMATED BY APPLYING THE ANTHROPOMETRIC INDICES BMI, BMI Z-SCORE AND TMI

S. Todorova

First Department of Internal Diseases and General Medicine, Faculty of Medicine, Trakia University – Stara Zagora

Резюме. Въведение: Докато индексът на телесна маса (ИТМ) остава удобен инструмент за масов скрининг за нездравословно телесно тегло, той притежава значителни недостатъци, свързани с неговата математическа неточност и невъзможност да разграничи мастна от мускулна маса, което е особено проблематично при интерпретиране на резултатите при юноши. Някои съвременни научни проучвания прокламират други, алтернативни, лесноприложими и с по-добра предиктивна сила антропометрични индекси като трипондерния индекс (ТМИ). Целта на изследването бе да установи разпространението на нездравословно телесно тегло сред тийнейджъри на възраст 13-18 години чрез прилагане на антропометричните индекси – ИТМ, ИТМ z-score, ТМИ, както и да определи предиктивния капацитет на използваните метрики. **Материал и методи:** Осъществено бе кроссекционно проучване сред 1004 юноши от Старозагорски регион. Събирането на демографски данни и резултати от антропометрични измервания е проведено в периода от май 2024 до септември 2025 г. Последващата статистическа обработка е реализирана чрез софтуерна програма – SPSS версия 26.0 за Windows. **Резултати:** Най-ниските нива на поднормено тегло в извадката са отчетени след употреба на ИТМ z-score (2.00%). При използване на ИТМ са измерени най-високите проценти на разпространение на поднормено тегло сред тийнейджърите (17.00%) и по-специално при момичетата (20.71%). Най-ниски нива на затлъстяване сред юношите са kalkulирани при използване на ИТМ и ТМИ – 3.90%, респективно 4.50%. Най-високи нива на затлъстяване при подрастващите, вариращи от 12.20% до 13.60%, са установени след прилагане на специфични за възраст и пол референтни стойности на ТМИ. **Заклучение:** Отчетени бяха различни нива на разпространение на нездравословно телесно тегло – поднормено, наднормено телесно тегло и затлъстяване, в извадката след използване на ИТМ, ИТМ z-score, ТМИ, включително и на ТМИ с приложени специфични за възраст и пол референтни стойности. Проведеният ROC анализ в изследването разкри нисък дискриминационен потенциал както на ИТМ, така и на ТМИ, детерминиращо склонността към неточности и слаби нива на надеждност на антропометричните индикатори при използването им като инструменти в педиатрични скрининги за нездравословно телесно тегло.

Ключови думи: нездравословно телесно тегло, юноши, ИТМ, ТМИ

Abstract. Background: While body mass index (BMI) remains a convenient instrument for large-scale screening of unhealthy body weight, it has significant disadvantages related to its mathematical inaccuracy and inability to distinguish fat mass from muscle mass, which is particularly problematic when interpreting results in adolescents. Some recent scientific studies proclaim other, alternative, easily applicable and with better predictive power, anthropometric indices such as tri-ponderal mass index (TMI). The aim of the study was to determine the prevalence of unhealthy body weight among teenagers aged 13-18 years by applying anthropometric indices – BMI, BMI Z-score, TMI, as well as to determine the predictive capacity of the metrics used. **Materials and Methods:** A cross-sectional study was conducted among 1,004 adolescents from the Stara Zagora region. The collection of demographic data and results of anthropometric measurements were carried out in the period from May 2024 to September 2025. The subsequent statistical processing was performed using the software program SPSS version 26.0 for Windows. **Results:** The lowest levels of underweight in the sample were reported after using the BMI Z-score (2.00%). The highest prevalence rates of underweight among teenagers (17.00%), and particularly among girls (20.71%), were measured using BMI. The lowest levels of obesity in adolescents were calculated using BMI and TMI: 3.90% and 4.50%, respectively. The highest rates of obesity among participants varying from 12.20% to 13.60% were found after applying age- and sex-specific reference values of the TMI. **Conclusion:** Different levels of prevalence of unhealthy body weight – underweight, overweight and obesity were reported in the sample after applying BMI, BMI Z-score, TMI, including TMI with age- and sex-specific reference values. The ROC analysis conducted in the study revealed a low discriminatory potential of both BMI and TMI, determining the propensity for inaccuracies and weak rates of reliability of anthropometric indicators when used as tools in pediatric screenings for unhealthy body weight.

Key words: unhealthy body weight, adolescents, BMI, TMI

ВЪВЕДЕНИЕ

Проблемите с телесното тегло при юношите са едни от най-сериозните глобални предизвикателства през XXI век [1]. Докато детското затлъстяване се утроява в световен мащаб от 1990 г. насам, много региони все още са изправени пред “двойно бреме” на недохранване и прекомерно натрупване на мазнини [1, 2]. В този контекст,

разработването и прилагането на точни, достъпни и евтини инструменти за скрининг за нездравословно телесно тегло при подрастващите придобиват критична важност. Навременното откриване на деца и юноши в риск позволява прилагането на превантивни мерки и персонализирани интервенции, които могат да променят траекторията на тяхното здравно развитие.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Дизайн на изследването. Проведено бе кроссекционно изследване, целящо да определи разпространението на нездравословно телесно тегло – поднормено телесно тегло, наднормено телесно тегло и затлъстяване, сред 13-18-годишни юноши, като са използвани *антропометричните индекси – ИТМ, ИТМ z-score, ТМИ*.

Критерии за включване: деца и юноши между 13 и 18 години; прилагане на антропометрични показатели – височина и тегло; липса на генетични и хронични незаразни заболявания.

Критерии за изключване: деца под 13 години; деца над 18 години; липса на антропометрични показатели – височина и тегло; наличие на генетични и хронични незаразни заболявания.

Проучването бе проведено в петнадесет практики за първична извънболнична медицинска помощ с педиатричен профил, разположени в област Стара Загора, България. Необходимите антропометрични измервания бяха извършени в рамките на 16 месеца – от май 2024 до септември 2025 г. Извадката включва 1004 български деца на възраст 13-18 години, от област Стара Загора. Изследвани бяха между 145 и 204 тийнейджъри от всяка възрастова група. Ръстът и телесното тегло на участниците са измерени от медицински специалисти с помощта на медицинска механична везна – Seca 761, и мобилен медицински стадиометр Seca 213, поставени върху равна, твърда повърхност. Спазени бяха изискванията всеки респондент да бъде с леко облекло, без обувки, със събрани крака и пети върху платформата за ходила на стадиометра и на медицинската везна, с изправена глава и брадичка в хоризонтално положение. Височината и теглото на тийнейджърите са оценени с точност до 0,1 cm и 0,1 kg.

ИТМ и ТМИ бяха изчислени по следните формули:

$$\text{ИТМ} = (\text{тегло в килограми}) / (\text{височина в метри})^2 \text{ [3]},$$

$$\text{ТМИ} = (\text{тегло в килограми}) / (\text{височина в метри})^3 \text{ [4, 5]}.$$

Специфичните за възрастта и пола z-score на ИТМ бяха оценени съгласно референтните стандарти за растеж на СЗО от 2007 г. [6]. Под 10.99 kg/m³, между 15.01 и 17.49 kg/m³ и над 17.50 kg/m³ бяха специфичните гранични стойности на ТМИ, въз основа на които са диагностицирани поднормено телесно тегло, наднормено телесно тегло и затлъстяване. Допълнително бяха измерени нивата на нездравословно телесно тегло чрез прилагане на специфични за възраст и пол референтни стойности на ТМИ, предложени в две европейски научни проучвания [7, 8].

Статистически методи на обработка на данните. Анализът на данните беше извършен с помощта на професионален статистически софтуер – SPSS версия 26.0 за Windows. Качестве-

ните променливи бяха представени като проценти и честоти и бяха оценени посредством тест за независимост – хи-квадрат (χ^2). Количествените променливи бяха изследвани за нормалност на разпределението с помощта на теста на Колмогоров-Смирнов. Непрекъснатите променливи бяха представени като средна стойност $\pm$ SD (стандартно отклонение) и бяха оценени чрез непараметрични тестове. Посредством двувариантен тест за корелация на Spearman и тест на Pearson са измерени взаимовръзките между променливите. С помощта на ROC (Receiver Operating Characteristic) анализ, приложен за всяка група по пол, са определени предсказващите способности на ИТМ и ТМИ за идентифициране на наднормено тегло и затлъстяване. Р-стойностите бяха изчислени с помощта на двустранни тестове, с ниво на значимост $P < 0,05$.

РЕЗУЛТАТИ

В изследването бяха включени 1004 юноши, с демографски и антропометрични характеристики, представени на табл. 1. Средната възраст на участниците бе 15.60 ± 1.68 . Близко две трети от участващите са от женски пол (63.94%, $n = 642$). 36.05% ($n = 362$) е процентът на момчетата в извадката. Средното тегло и височина са значително по-високи при юношите от мъжки пол, отколкото при момчетата. Средният ИТМ е по-висок при момчетата (22.44 ± 4.15), отколкото при момичетата (21.62 ± 3.99), докато средният ТМИ е приблизително еднакъв при представителите от двата пола ($\text{♂ } 13.20 \pm 2.51$; $\text{♀ } 13.17 \pm 2.51$). Разпространението на поднормено тегло в извадката при използване на ИТМ, ИТМ z-score и ТМИ бе 2.00%, 17.00%, респективно 15.50%, представени в табл. 2. Най-висок процент на участници от женски пол с телесно тегло под нормата е отчетен след употребата на ИТМ (20.71%), а при тези от мъжки пол – след прилагане на ТМИ (15.46%). Най-ниски нива на затлъстяване сред изследваните български тийнейджъри са измерени при използване на ИТМ и ТМИ – 3.90% и съответно 4.50%. След прилагане на ИТМ z-score са установени значително високи проценти на наднормено тегло и затлъстяване при респондентите – 17.50%, респективно 6.50%. Още по-големи различия в нивата на поднормено, наднормено телесно тегло и затлъстяване в извадката са детектирани след включване на възраст- и пол-специфични референтни стойности за ТМИ. Отчетени са и най-високи проценти на затлъстяване, вариращи от 12.20% до 13.60%. На фиг. 1 и 2 е визуализиран ниският прогностичен потенциал както на ИТМ, така и на ТМИ и при двата пола, калкулиран след употреба на ROC анализ (момчета: AUC ИТМ – 0,689, AUC ТМИ – 0,555; момичета: AUC ИТМ – 0,520, AUC ТМИ – 0,509). От друга страна, приложените тестове за корелация на Pearson и Spearman

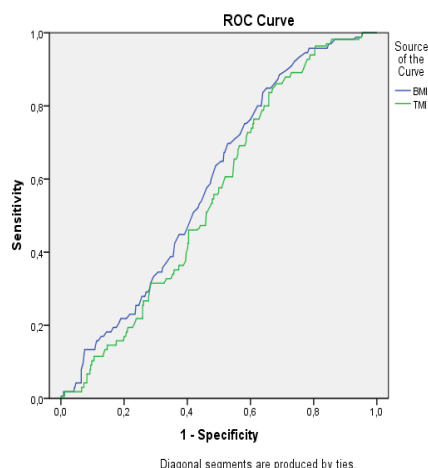
потвърдиха силна положителна взаимовръзка между антропометричните индекси ($r = 0,967$, $P < 0,001$; $r = 956$, $P < 0,001$).

Таблица 1. Демографски и антропометрични характеристики на респондентите

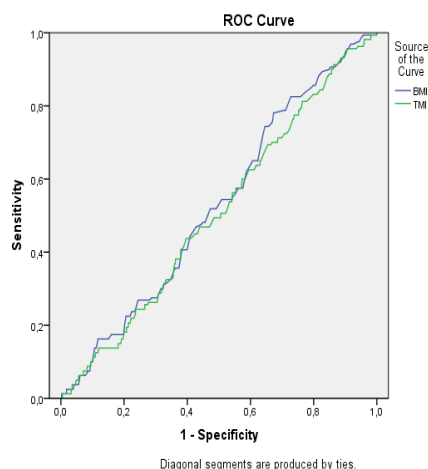
Индикатор/ вариабилни	Общо (n = 1004) mean $\pm$ SD	Момчета (n = 362) mean $\pm$ SD	Момичета (n = 642) mean $\pm$ SD
Възраст (години)	15.60 $\pm$ 1.68	15.70 $\pm$ 1.74	15.55 $\pm$ 1.63
Тегло (kg)	61.00 $\pm$ 12.88	65.34 $\pm$ 13.87	58.55 $\pm$ 11.60
Височина (cm)	166.54 $\pm$ 7.71	170.34 $\pm$ 8.60	164.41 $\pm$ 6.21
ИТМ (kg/cm ²)	21.91 $\pm$ 4.07	22.44 $\pm$ 4.15	21.62 $\pm$ 3.99
ТМИ (kg/cm ³)	13.18 $\pm$ 2.51	13.20 $\pm$ 2.51	13.17 $\pm$ 2.51

Таблица 2. Разпространение на нормално, поднормено, наднормено телесно тегло и затлъстяване в извадката след прилагане на ИТМ, ИТМ z-score, ТМИ, ТМИ с възраст- и пол-специфични референтни стойности

Индикатор/ вариабилни	Общо (n = 1004) брой/процент	Момчета (n = 362) брой/процент	Момичета (n = 642) брой/процент
ИТМ z-score			
Поднормено тегло	20 (2.00%)	4 (1.10%)	16 (2.49%)
Нормално тегло	747 (74.40%)	258 (71.27%)	489 (76.16%)
Наднормено тегло	176 (17.50%)	79 (21.82%)	97 (15.10%)
Затлъстяване	61 (6.10%)	21 (5.80%)	40 (6.23%)
ИТМ			
Поднормено тегло	171 (17.00%)	38 (10.49%)	133 (20.71%)
Нормално тегло	638 (63.50%)	240 (66.29%)	398 (61.99%)
Наднормено тегло	156 (15.50%)	71 (19.61%)	85 (13.23%)
Затлъстяване	39 (3.90%)	13 (3.59%)	26 (4.04%)
ТМИ			
Поднормено тегло	159 (15.50%)	56 (15.46%)	103 (16.04%)
Нормално тегло	655 (65.20%)	241 (66.57%)	414 (64.48%)
Наднормено тегло	145 (14.40%)	50 (13.81%)	95 (14.79%)
Затлъстяване	45 (4.50%)	15 (4.14%)	30 (4.67%)
ТМИ (при приложени реф. стойности на U. Gul Siraz и съавт.)			
Поднормено тегло	153 (15.20%)	56 (15.46%)	97 (15.10%)
Нормално тегло	592 (59.00%)	167 (46.13%)	425 (66.19%)
Наднормено тегло	122 (12.20%)	63 (17.40%)	59 (9.19%)
Затлъстяване	137 (13.60%)	76 (20.99%)	61 (9.50%)
ТМИ (при приложени реф. стойности на R. Kuciene и съавт.)			
Поднормено тегло	155 (15.40%)	56 (15.46%)	99 (15.42%)
Нормално тегло	529 (52.70%)	165 (45.58%)	364 (56.69%)
Наднормено тегло	198 (19.70%)	98 (27.07%)	100 (15.57%)
Затлъстяване	122 (12.20%)	43 (11.87%)	79 (12.30%)



Фиг. 1. ROC анализ на ИТМ и ТМИ
Момчета: ИТМ (BMI) – AUC 0.689; ТМИ (TMI) – AUC 0,555



Фиг. 2. ROC анализ на ИТМ и ТМИ
Момичета: ИТМ (BMI) – AUC 0,520; ТМИ (TMI) – AUC 0,509

ОБСЪЖДАНЕ

Индексът на телесна маса (ИТМ), изчисляван като съотношение на теглото в килограми към височината в метри на квадрат (kg/m²), е най-широко използваният метод за скрининг за нездравословно телесно тегло в клиничната практика и епидемиологичните проучвания [9, 10, 11]. Той е приет като стандартен инструмент от Световната здравна организация (СЗО) поради своята лесна изчислимост и рентабилност [12, 13]. Резултатите от проведеното кроссекционно изследване показаха по-високи нива на разпространение на наднормено тегло и затлъстяване (17.50%, респективно 6.10%) и изключително ниски стойности на поднормено тегло сред респондентите при използване на ИТМ z-score (2.00%) в сравнение с ИТМ. В групите, диференцирани по пол, също бяха констатирани подобни различия на измерените нива на нездравословно тегло. Въпреки широкото им приложение ИТМ и ИТМ z-score притежават сериозни ограничения, които компромети-

рат точността им, особено в педиатричната популация. Те са показатели за обща телесна маса и невъзможността им да разграничат мастна от немастна маса може да доведе до погрешно тълкуване. Например деца и юноши с по-висока мускулна маса могат да бъдат неточно класифицирани като такива „с наднормено тегло“, докато други с по-висок процент телесни мазнини, но с нормална мускулна маса могат да попаднат в категория „нормално тегло“ [14]. В периодите на детство и юношество растежът е алометричен процес, при който пропорциите на тялото се променят динамично [15]. Формулата на ИТМ е базирана на физиологията на възрастните, при които теглото е приблизително пропорционално на височината на квадрат, или т.нар. правило на Кетле [16]. Тази математическа неточност прави ИТМ „зависим от ръста“, което може да доведе до неправилна оценка на адипозността при деца и юноши [17, 18]. Интерпретацията му при педиатрични пациенти изисква използването на специфични за възрастта и пола z-score таблици или персентилни криви, което усложнява практическото му приложение от здравни специалисти в първичната извънболнична медицинска помощ и увеличава риска от погрешно отчетени резултати. В отговор на ограниченията на ИТМ научната общност е разработила и валидирала друг неинвазивен и лесен за калкулиране инструмент, подпомагащ ранния скрининг на деца с нездравословно телесно тегло [19]. Трипондерният мас-индекс (ТМИ), изчисляван като тегло (kg)/ръст (m)³, е математически по-коректен индекс за деца и юноши, тъй като отчита алометричното скалиране на растежа [20]. Неговите ключови предимства са свързани с относителната стабилност на стойностите му през юношеството, което елиминира необходимостта от сложни персентилни таблици [21]. Това улеснява интерпретацията на резултатите и понижава честотата на погрешна класификация в сравнение с ИТМ z-score [22].

След приложение на ТМИ в проучването резултатите показаха приблизително сходно разпространение на затлъстяване в извадката с това, което е отчетено при използване на ИТМ. Сигнификантни различия между двата индикатора бяха констатирани в нивата на поднормено тегло и на наднормено тегло при момчетата и момичетата. По-високи проценти на наднормено тегло при момичетата, както и по-високи нива на поднормено тегло при момчетата бяха калкулирани с ТМИ за разлика от тези с ИТМ. При сравняване на измерените проценти на нездравословно тегло (поднормено, наднормено и затлъстяване) между ТМИ и ИТМ z-score бяха установени сходни разлики като тези между ИТМ и ИТМ z-score. За по-ниски проценти на разпространение на наднормено тегло и затлъстяване,

измерени след употреба на ТМИ, в сравнение с ИТМ z-score се съобщава в две проучвания, проведени в Бразилия и Кипър [23, 24]. D. Zaniqueli и съавт., изследвали 1149 бразилски деца на възраст от 6 до 18 години, съобщават за по-голяма стабилност на ТМИ спрямо възрастта в сравнение с ИТМ z-score. Според авторите ТМИ е обещаваща алтернатива, с която може да замести ИТМ z-score и да се избегне погрешно етикетирание на здрави деца като „затлъстели“. От друга страна, N. Akcan и R. Bundak, чието изследване е включило малка група (n = 143) кипърски деца и юноши в същия възрастов диапазон, заключават, че макар ТМИ да е по-лесен за изчисление, тъй като не изисква персентилни таблици според възрастта, той може да се използва като помощен инструмент, но не и като пълна замяна на ИТМ при оценка на обезитас и метаболитния риск. Според тях употребата на тези антропометрични подходи крие както рискове, така и нежелани последици и прилагането им за скрининг за детско затлъстяване е предпоставка за объркване и неточности при тълкуване на получените данни.

Предвид наблюдаваните противоречиви резултати в настоящото проучване нивата на телесно тегло при тийнейджърите бяха допълнително изчислени посредством приложени възраст- и пол-специфични ТМИ референтни стойности, предложени в две различни представителни европейски изследвания. След включването им отчетените нива на затлъстяване в извадката бяха още по-високи и смущаващи. Спорни се оказаха и наблюдаваните вариации на по-високи и по-ниски нива на наднормено тегло при двете групи по пол, потвърждаващи гореспоменатите изводи на N. Akcan и R. Bundak. Посредством проведен ROC анализ бе верифициран и твърде нисък дискриминационен потенциал както на ИТМ, така и на ТМИ. Макар позитивните резултати от извършените тестове за корелация да насърчават съвместното приложение на двата антропометрични индекса, отчетените вариации в нивата на нездравословно телесно тегло сред юношите в съчетание със статистически доказаната ниска предиктивна сила в изследването пораждат твърде много съмнения за тяхната надеждност и точност. Успешното внедряване на нови, усъвършенствани антропометрични индикатори зависи както от практичността им и лекотата на използване, така и от тяхната проверена и неоспорвана сигурност в отчетения резултат. Съобразяването със специфичните характеристики на всяка популация, с националните и етническите различия в растежа и телесния състав на подрастващите допълнително усложнява и затруднява процеса на разработване на универсални, международни референтни стойности. Това подчертава необходимостта всяка страна да валидира свои собствени

гранични стойности, които да улеснят работата на здравните специалисти. В крайна сметка, изборът на най-подходящ антропометричен индекс трябва да бъде съобразен с конкретната клинична цел, но и да бъде адаптиран към демографския контекст на съответната нация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Индексът на телесната маса и трипондерният мас-индекс са неинвазивни, семпли и практически антропометрични индикатори за определяне на нездравословно телесно тегло при юношите. След прилагане на посочените метрики бяха отчетени различни вариации на нивата на разпространение на поднормено телесно тегло, наднормено телесно тегло и затлъстяване в извадката. Съмненията за точността и надеждността на индексите, породени от наблюдаваните противоречиви резултати, бяха потвърдени след приложен ROC анализ, верифициращ техния нисък предсказващ капацитет. Нужни са допълнителни, широкомащабни научни изследвания, които да подкрепят или да отхвърлят представения извод, касаещ твърде слабите дискриминационни възможности на използваните антропометрични индекси.

Конфликт на интереси: Авторът декларира, че няма конфликт на интереси по отношение на изследването, авторството и/или публикуването на тази статия.

Етично одобрение: Етичните въпроси (включително плагиатство, информирано съгласие, неправомерно поведение, манипулиране и/или фалшифициране на данни, двойно публикуване и/или подаване, излишни материали и др.) са били изцяло спазени от автора. Всички участници в проучването са били третирани съгласно Хелзинкската декларация за биомедицинска етика. Проучването е одобрено от Комитета по етика на социалните и поведенчески изследвания на Тракийски университет (Проект № 17/2024).

Благодарности: Авторът би искал да изрази своята благодарност на общопрактикуващите лекари, които сътрудничиха при събирането на данни.

Източници на финансиране: Изследването е финансирано от Тракийски университет – Стара Загора, научен проект на 17/2024 г.

Библиография

1. GBD 2021 Adolescent BMI Collaborators. Global, regional, and national prevalence of child and adolescent overweight and obesity, 1990–2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. 2025;405(10481):785–812. doi:10.1016/S0140-6736(25)00397-6
2. Nie MJ, Sun RZ, Fan CQ, et al. Diagnostic performance of anthropometric measurements for identifying obesity in high-altitude pediatric populations: evidence from tibet via bioelectrical impedance analysis. *Lipids Health Dis*. 2025;24(1):216. doi:10.1186/s12944-025-02623-5
3. WHO. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO expert committee. Technical report series no. 854. Geneva: World Health Organization, 1995. http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_854.pdf.
4. Rohrer F. The index of corpulence as measure of nutritional state. *Münchener Med*, 1921, 68, 580–582.
5. Mohajan D, Mohajan HK. Ponderal Index: An Important Anthropometric Indicator for Physical Growth. *JIMR* [internet]. 2023 Jun. 6 2(6):15–9 [cited 2026 Feb. 9]. Available from: <https://www.paradigmexpress.org/jimr/article/view/630>

6. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, et al. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007;85(9):660–667. doi:10.2471/blt.07.043497
7. Kuciene R, Dulskiene V. Associations between tri-ponderal mass index, body mass index, and high blood pressure among children and adolescents: a cross-sectional study. *Sci Rep*. 2023;13(1):18148. doi:10.1038/s41598-023-45432-5
8. Gul Siraz U, Hatipoglu N, Mazicioglu MM, et al. Triponderal mass index is as strong as body mass index in the determination of obesity and adiposity. *Nutrition*. 2023;105:111846. doi:10.1016/j.nut.2022.111846
9. Merdzhanova E, Angelova P, Boyadjev N, et al. Study of body weight and height of adolescents from different ethnic groups in the Plovdiv region. *J of IMAB*. 2021 Jul-Sep;27(3):3873–3880. DOI: <https://doi.org/10.5272/jimab.2021273.3873>
10. Bonova I, Kolimechkov S, Hristov O, et al. Physical fitness levels of Bulgarian primary school children in relationship to overweight and obesity. *International Scientific Congress "Applied sports sciences"* Proceeding book. 2019: 335–339.
11. Kostarellou P, Anastasiou CA, Karaglani E, et al. Prospective association between breakfast consumption frequency and BMI z-score among European school-aged children. The Feel4Diabetes Study. *Eur J Clin Nutr*. 2025;79(5):427–434. doi:10.1038/s41430-025-01570-9
12. Wang X, Ma J, Huang S, et al. Use of Tri-Ponderal Mass Index in Predicting Late Adolescent Overweight and Obesity in Children Aged 7–18. *Frontiers in Nutrition*, 2022, 9, 785863.
13. Dimitrova A. Dynamics of Growth in 9–14-year-old Bulgarian Boys and Girls. *AR* [Internet]. 2025 Sep.;88(3):51–8. Available from: <https://czasopisma.uni.lodz.pl/ar/article/view/25062>
14. Messner A, Nairz J, Kiechl S, et al. Comparison of body mass index and fat mass index to classify body composition in adolescents – The EVA4YOU study. *European Journal of Pediatrics*, (2024) 183, 2203–2214.
15. Umbraško S, Martinsone-Berzkalne L, Plavina L, et al. Longitudinal Analysis of Latvian Child Growth: Anthropometric Parameters Dynamics from Birth to Adolescence. *Children*. 2024; 11(4):426. <https://doi.org/10.3390/children11040426>
16. Heymsfield SB, Sorkin JD, Thomas DM, et al. Weight/height²: Mathematical overview of the world's most widely used adiposity index. *Obes Rev*. 2025;26(1):e13842. doi:10.1111/obr.13842
17. Serrano NC, Suarez DP, Silva AR, et al. Association between body fat mass and cardiometabolic risk in children and adolescents in Bucaramanga, Colombia. *Int J Pediatr Adolesc Med*. 2019;6(4):135–141. doi:10.1016/j.ijpam.2019.06.004
18. Chetty AK, Nugent JT, Fenick AM, Sharifi M. Prevalence of Excess Adiposity by Body Mass Index Category Among US Children and Adolescents. *JAMA Pediatr*. 2026;180(1):104–106. doi:10.1001/jamapediatrics.2025.4291
19. Peterson CM, Su H, Thomas DM, et al. Tri-Ponderal Mass Index vs Body Mass Index in Estimating Body Fat During Adolescence. *JAMA Pediatr*. 2017;171(7):629–636. doi:10.1001/jamapediatrics.2017.0460
20. Park HK, Shim YS. Distribution of Tri-Ponderal Mass Index and its Relation to Body Mass Index in Children and Adolescents Aged 10 to 20 Years. *J Clin Endocrinol Metab*. 2020;105(3):e826–e834. doi:10.1210/clinem/dgaa030
21. Shim YS. The Relationship Between Tri-ponderal Mass Index and Metabolic Syndrome and Its Components in Youth Aged 10–20 Years. *Sci Rep*. 2019;9(1):14462. doi:10.1038/s41598-019-50987-3
22. Sun J, Yang R, Zhao M, et al. Tri-Ponderal Mass Index as a Screening Tool for Identifying Body Fat and Cardiovascular Risk Factors in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021;12:694681 doi:10.3389/fendo.2021.694681
23. Zaniqueli D, Oliosa PR, Neves FS, et al. Ponderal index classifies obesity in children and adolescents more accurately than body mass index z-scores. *Pediatr Res*, 2019, 86, 128–133. <https://doi.org/10.1038/s41390-019-0395-7>
24. Akcan N, Bundak R. Accuracy of Tri-ponderal Mass Index and Body Mass Index in Estimating Insulin Resistance, Hyperlipidemia, Impaired Liver Enzymes or Thyroid Hormone Function and Vitamin D Levels in Children and Adolescents. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*. 2019;11(4):366–373. doi:10.4274/jcrpe.galenos.2019.2018.0279

✉ Адрес за кореспонденция:
Д-р Севдалина Тодорова
e-mail: sevdalina.alekova@abv.bg