

Получена: 04 Октября 2023 / Принята: 29 Ноября 2023 / Опубликовано online: 28 декабря 2023

DOI 10.34689/SH.2023.25.6.024

УДК 616-053.5-071.3:613.21

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА: ФОКУС НА АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

Шынар З. Абдрахманова^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0003-3504-0427>

Алтын М. Арингазина^{3,4}, <https://orcid.org/0000-0002-9056-2394>

Асел А. Адаева^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0001-9013-5248>

¹ Казахский медицинский университет «Высшая школа общественного здравоохранения», г. Алматы, Республика Казахстан;

² Национальный центр общественного здравоохранения Министерства здравоохранения Республики Казахстан, г. Алматы, Республика Казахстан;

³ Алматы Менеджмент Университет (AlmaU), г. Алматы, Республика Казахстан;

⁴ Каспийский университет, г. Алматы, Республика Казахстан.

Резюме

Введение: Измерение весоростовых характеристик детей позволяет оценить состояние физического развития, питания детей. Существуют различные инструменты оценки для классификации детей, как имеющих недостаточную, избыточную массу тела и ожирение. Немаловажным в подобной оценке является состав тела, учитывающий количество жировой и безжировой массы.

Цель исследования: обзор источников литературы по основным методам оценки адекватности питания посредством измерения весоростовых показателей детей.

Стратегия поиска: Проведен поиск научных статей и информации в поисковых системах Wiley, Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, e-Library.ru, CyberLeninka. *Критерии включения:* полнотекстовые документы с открытым доступом на английском и русском языках, глубина поиска составила 20 лет, с 2003 года. Вместе с тем, были изучены единичные источники с 1990 года для исторического экскурса по теме обзора. В обзоре проанализированы оригинальные статьи, научные отчеты, обзоры литературы, мета-анализы, нормативно-правовые документы. В результате поиска были отобраны 80 источников, отвечающих критериям, которые и вошли в данный обзор.

Результаты: Обзор литературы показал, что к настоящему времени разработан ряд простых, универсальных инструментов оценки пищевого статуса детей, каждый из которых имеет свои недостатки и преимущества в отношении точности и применимости в конкретных условиях.

Выводы: на основании антропометрических измерений параметров тела возможно провести оценку пищевой адекватности рациона детей. Наиболее распространённым методом является индекс массы тела (ИМТ), соотнесённый с полом и возрастом детей. Однако ИМТ имеет ограничения как мера оценки количества жировой ткани в организме. В этой связи использование уравнений прогнозирования жировой массы тела на основе измерения роста и веса является перспективным направлением.

Ключевые слова: индекс массы тела, модель прогнозирования, жировая масса тела, ожирение, состав тела, дети.

Abstract

METHODS FOR SCHOOL-AGE CHILDREN NUTRITIONAL STATUS ASSESSMENT: FOCUS ON ANTHROPOMETRIC PARAMETERS. A REVIEW.

Shynar Z. Abdrakhmanova^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0003-3504-0427>

Altyn M. Aringazina^{3,4}, <https://orcid.org/0000-0002-9056-2394>

Assel A. Adayeva^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0001-9013-5248>

¹ Kazakhstan's Medical University "High School of Public Health", Almaty, Kazakhstan;

² National Center of Public Healthcare of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan;

³ Almaty Management University (AlmaU), Almaty, Kazakhstan;

⁴ Caspian University, Almaty, Kazakhstan.

Introduction. Measuring the weight and height characteristics of children allows to assess the state of physical development, nutrition of children. There are various assessment tools for classifying children as underweight, overweight and obese. The body composition is crucial in such an assessment taking into account the amount of body fat and fat-free mass.

The aim of the study. A review of literature sources on the main methods of assessing the adequacy of nutrition by measuring the weight and height indicators of children.

Search strategy. We searched for scientific articles and information in the search engines Wiley, Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, e-Library.ru, CyberLeninka. Inclusion criteria: full-text documents with open access in English and Russian, the search depth was 20 years, since 2003. At the same time, single sources have been studied since 1990 for a historical excursion on the topic of the review. The review analyzes original articles, scientific reports, literature reviews, meta-analyses, regulatory documents. As a result of the search, 80 sources were selected that meet the criteria, which were included in this review.

Results. A review of the literature has shown that to date a number of simple, universal tools for assessing the nutritional status of children have been developed, each of which has its own disadvantages and advantages in terms of accuracy and applicability in specific conditions.

Conclusions. Based on anthropometric measurements of body parameters, it is possible to assess the nutritional adequacy of children's diet. The most common method is body mass index (BMI), correlated with the gender and age of children. However, BMI has limitations as a measure of the amount of adipose tissue in the body. In this regard, the use of body fat prediction equations based on the measurement of height and weight is a promising direction.

Keywords: *body mass index, prediction model, body fat, obesity, body composition, children.*

Түйіндеме

МЕКТЕП ЖАСЫНДАҒЫ БАЛАЛАРДЫҢ ТАМАҚТАНУ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІ: АНТРОПОМЕТРИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРГЕ НАЗАР АУДАРУ. ӘДЕБИ ШОЛУ.

Шынар З. Абдрахманова^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0003-3504-0427>

Алтын М. Арингазина^{3,4}, <https://orcid.org/0000-0002-9056-2394>

Асел А. Адаева^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0001-9013-5248>

¹ Қазақстан Республикасы денсаулық сақтау Министрлігінің «Қоғамдық денсаулық сақтау ұлттық орталығы», Алматы қ., Қазақстан Республикасы;

² «Қоғамдық денсаулық сақтау жоғары мектебі» Қазақстандық медицина университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы;

³ Алматы Менеджмент Университеті (AlmaU), Алматы қ., Қазақстан Республикасы;

⁴ Каспийский Университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы.

Кіріспе: Балалардың салмағы мен бойының сипаттамаларын өлшеу балалардың физикалық дамуы мен тамақтану жағдайын бағалауға мүмкіндік береді. Балаларды салмағы аз, артық және семіздікке шалдыққан деп жіктеуге арналған әртүрлі бағалау құралдары бар. Мұндай бағалауда май мен майсыз массаның мөлшерін ескеретін дене құрылымы маңызды.

Зерттеу мақсаты: балалардың салмағы мен бойының көрсеткіштерін өлшеу арқылы тамақтанудың жеткіліктілігін негізгі бағалау әдістері бойынша әдеби дереккөздерге шолу.

Іздеу стратегиясы: Wiley, Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, e-Library.ru, CyberLeninka іздеу жүйелерінде ғылыми мақалалар мен ақпараттарды іздеу жүргізілді. Қосу критерийлері: ағылшын және орыс тілдерінде ашық қол жетімді толық мәтінді құжаттар, іздеу ауқымы 2003 жылдан бастап 20 жылды құрады. Сонымен қатар, шолу тақырыбы бойынша тарихи экскурсия үшін 1990 жылдан бастап жеке дереккөздер зерделенді. Шолуда түпнұсқа мақалалар, ғылыми есептер, әдебиеттерге шолулар, мета-талдаулар, нормативтік құжаттар талданды. Іздеу нәтижесінде осы шолуға енгізілген критерийлерге сәйкес келетін 80 дереккөз таңдалып алынды.

Нәтижелері: Әдебиеттерге шолу қазіргі уақытта балалардың тамақтану жағдайын бағалаудың бірқатар қарапайым, әмбебап құралдары әзірленгенін көрсетті, олардың әрқайсысының белгілі бір жағдайларда дәлдігі мен қолданылуына қатысты өзіндік кемшіліктері мен артықшылықтары бар.

Тұжырымдар: Дене параметрлерін антропометриялық өлшеу негізінде балалардың ас үлесінің тағамдық лайықтылығын бағалауға болады. Ең көп таралған әдіс - балалардың жынысы мен жасына байланысты дене салмағының индексі (ДСИ). Алайда ДСИ ағзадағы май тінінің мөлшерін бағалау шарасы ретінде шектеулері бар. Осыған байланысты бой мен салмақты өлшеуге негізделген дененің майлы массасын болжау теңдеулерін қолдану келешектегі бағыт болып табылады.

Түйінді сөздер: *дене салмағының индексі, болжау моделі, дененің май массасы, семіздік, дене құрылымы, балалар.*

Библиографияческая ссылка:

Абдрахманова Ш.З., Арингазина А.М., Адаева А.А. Методы оценки состояния питания детей школьного возраста: фокус на антропометрических параметрах. Обзор литературы // Наука и Здравоохранение. 2023. 6(Т.25). С. 207-216. DOI 10.34689/SH.2023.25.6.024

Abdrakhmanova Sh.Z., Aringazina A.M., Adayeva A.A. Methods for school-age children nutritional status assessment: focus on anthropometric parameters. A Review // *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2023, (Vol.25) 6, pp. 207-216. DOI 10.34689/SH.2023.25.6.024

Абдрахманова Ш.З., Арингазина А.М., Адаева А.А. Мектеп жасындағы балалардың тамақтану жағдайын бағалау әдістері: антропометриялық параметрлерге назар аудару. Әдеби шолу // Ғылым және Денсаулық сақтау. 2023. 6 (Т.25). Б. 207-216. DOI 10.34689/SH.2023.25.6.024

Введение

Правильное и рациональное питание является одним из ключевых факторов гармоничного физического и интеллектуального развития детей на всех этапах развития. За счёт адекватного питания детский организм получает необходимые макро- и микронутриенты для формирования и достижения росто-весовых показателей, состава тела согласно возраста и пола. Недостаточность, избыточность или несбалансированность пищевого рациона, так называемое неполноценное питание, оказывает большое влияние на физический статус детей, общее здоровье, способность вести активную взрослую жизнь и повышает риск развития неинфекционных заболеваний [66].

На основании антропометрических измерений параметров тела возможно провести оценку пищевой адекватности рациона и физического развития организма. Масса и длина тела, окружность грудной клетки, окружность средней трети плеча, окружности талии и бедер являются наиболее часто используемыми соматометрическими параметрами [7,8]. Следует отметить, что изучение характера питания и особенностей физического развития детей путем соматометрии используется как на индивидуальном уровне (в клинической практике), так и на популяционном уровне (в общественном здравоохранении). Так, в Республике Казахстан, в рамках профилактических медицинских осмотров детей от 0 до 18 лет проводятся антропометрические измерения (вес, рост, объем головы и грудной клетки у детей до трёх лет) с оценкой их физического развития [9]. А с 2015 года в качестве эпиднадзора за детским ожирением в стране проводится исследование детей начальных классов с проведением измерений роста и веса детей для определения распространенности избыточной массы тела, ожирения, недостаточной массы тела и низкорослости для принятия управленческих решений. В настоящее время проведено два раунда данного национального исследования (в 2015 и 2020 годах), которое является частью мультисекторного изучения - инициативы Всемирной организации здравоохранения «Эпиднадзор за детским ожирением» COSI (Childhood Obesity Surveillance Initiative) [1-3].

В исследованиях с применением антропометрических методов проводится определение пищевого статуса и гармоничности физического развития индивидуума с применением различных критериев и подходов к данной оценке [6,72,49]. Общие показатели пищевого статуса детей различных возрастных групп и населения в целом используются как для диагностических и лечебных вмешательств, так и для профилактических и политических мер по охране и укреплению здоровья населения на всех этапах жизненного цикла. В связи с этим, разработан ряд простых, универсальных инструментов оценки пищевого статуса индивидуума, каждый из которых имеет свои недостатки и преимущества в отношении точности и применимости в конкретных условиях.

Цель исследования - обзор источников литературы по основным методам оценки адекватности питания посредством измерения росто-весовых показателей школьников.

Стратегия поиска. Проведён поиск и анализ научной информации, опубликованной за последние 20 лет (2003-2023 гг.): оригинальные статьи, обзоры литературы, мета-анализы, научные отчеты, нормативно-правовые документы. Однако, ввиду анализа исторического развития ряда методов, разработанных в прошлом веке, но широко применяемых на современном этапе во многих странах, использовались также источники литературы 1990 [24], 1991[19], 2002 [41] годов. Поиск осуществлялся среди англоязычных и отечественных источников в базах данных и онлайн ресурсах Wiley, Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, e-Library.ru, CyberLeninka. В результате было изучено 127 зарубежных и отечественных источников научной информации, из которых было отобрано 80 источников, прошедших рецензирование, которые соответствовали критериям отбора и исключали дублирование информации. Поиск проводился по ключевым словам: «индекс массы тела», «антропометрия», «жировая масса тела», «ожирение», «состав тела», «дети».

Результаты и обсуждение

Существуют различные методы для выявления и мониторинга физических параметров, адекватности питания детей, а также прогнозирования рисков для здоровья в будущей взрослой жизни. Пищевой статус детей оценивается на основании показателей физического развития, результатов клинического обследования и комплекса иммунологических, биохимических, психологических, функциональных методов исследования. В нашем обзоре мы рассматриваем методы оценки статуса питания по двум ведущим параметрам физического развития детей школьного возраста - длина тела (рост) и масса тела.

Дети с рождения проходят различные стадии увеличения параметров своего тела, его пропорциональности, меняется соотношение и распределение жировой массы тела в организме [48].

Измеряемые параметры тела детей являются важными индикаторами питания и средовых воздействий (условия жизни, воспитания, обучения и др.) [8]. Длина и масса тела - это ключевые, наиболее часто изучаемые параметры физического развития и состояния здоровья детей. В XX столетии активно изучались закономерности роста детского населения на репрезентативных выборках, разрабатывались оценочные критерии, половозрастные стандарты физического развития [8,23,49].

Среди методологических подходов можно выделить два направления оценки питания, в частности, антропометрический метод (скрининг) и оценки специфических тканей в составе тела (например, жировой или мышечной массы тела) [6,51,72,64]. В рамках оценки антропометрических показателей проводят расчеты с помощью эмпирических формул, антропометрических индексов, методом антропометрических стандартов. Сравнение данных соматометрии детей с половозрастными, региональными или международными стандартами (референтными табличными данными) эталонной популяции проводится с использованием сигмальных и центильных таблиц [10, 23].

Антропометрические индексы на основе измерения роста и массы тела

На основе массы и длины тела разработаны индексы для диагностики ожирения и недостаточного веса. Индексы отношения массы тела к росту базируются на том, что масса тела человека пропорциональна росту. Существует несколько видов данных индексов, но часто используемыми являются индекс веса к росту (вес/рост), индекс массы тела и пондеральный индекс.

Индекс в виде простого отношения вес/рост рекомендуют использовать как предиктор ожирения, недостаточной массы тела у младенцев [15]. А Z-балл соотношения веса и роста (Weight for Height Z-score), стандартизированный по полу и возрасту используется для оценки состояния питания и физического развития детей от 0 до 5 лет по референсным таблицам Стандартов роста детей ВОЗ [23,49].

В 1800-ых годах Buffon предложил для оценки ожирения индекс в виде M/H^3 , а затем Livi возвел в третью степень показатель в индексе, который назвал пондеральным- $100 \cdot M^{1/3}/H$, где M- это масса тела в граммах, а H-рост в см. Rohrer, швейцарский врач, в 1921 году предложил индекс, определяемый по формуле: $I=100 \cdot \text{масса тела (граммы)} / \text{Рост}^3$ (см), так называемый Rohrer Index. Современные ученые, проводя валидацию разных индексов в оценке жирового состава тела подростков, дали «историческому» пондеральному индексу вида M/H^3 название «три-пондеральный» индекс, в котором масса тела выражена в кг, а рост в метрах. Однако зачастую последняя формула в литературе называется пондеральным индексом [15,52,65].

Вместе с тем для более точной категоризации веса исследуемой популяции или индивидуумов с помощью пондерального индекса, требуется уточнение по полу, возрасту (у младенцев по гестационному возрасту) [55] со сравнением с референсными данными. С другой стороны, по мнению некоторых ученых, пондеральный индекс является перспективным и точным методом для категоризации избыточной массы тела и ожирения у детей 6-18 лет в сравнении с индексом массы тела (ИМТ) [79, 69].

Пондеральный индекс (масса тела/длина³) предлагался использоваться для определения жирового состава тела новорожденных [25], а в другом исследовании сравнение антропометрических индексов с данными плетизмографии с вытеснением воздуха показало, что ИМТ лучше коррелирует с ожирением новорожденных, чем пондеральный индекс [22].

Индекс массы тела является наиболее распространенным и приемлемым показателем для идентификации весовых категорий детей [47,41], оценки избыточной массы тела и ожирения среди взрослых и детей [20,65,64].

Индекс массы тела был предложен бельгийским статистиком и социологом Адольфом Кетле в 1832 году, а в 1970-ых годах Keys и соавторы назвали данный показатель индексом массы тела, индикатором процентного содержания жира в теле взрослых индивидуумов. Кетле А. не предполагал рассчитывать показатель ожирения, а изучал нормальное распределение весоростовых показателей населения в

разных возрастных группах на основе подхода о «среднем индивидууме» [26,16,11].

В течение многих десятилетий индекс массы тела является фундаментом в различных классификациях ожирения, недостаточного питания и широко используется как в клинической практике, так и в популяционных исследованиях [65,68].

Всемирная организация здравоохранения разработала «Стандартные показатели физического развития детей и подростков в возрасте 5-19 лет», специфичные для возраста и пола. Данные показатели основаны на определении ИМТ и соотношении его к возрасту ребёнка в месяцах, при этом проводятся сравнения полученных данных с медианными значениями стандартных показателей эталонной популяции. Критериями для определения недостаточного, избыточного веса и ожирения является число стандартных отклонений (Z-score) или значение процентилей, превышающие или отстающие от медианного значения ИМТ/возраст [49].

Центрами Контроля и профилактики заболеваний США разработаны специфичные к возрасту и полу таблицы соотношения роста к возрасту, веса к возрасту, и ИМТ к возрасту для детей в возрасте от 2 лет и старше. Согласно данным таблицам, нормальные весовые категории детей и подростков находятся в пределах ≥ 5 -го и < 85 -го процентилей ИМТ в зависимости от пола и возраста [41,32].

В исследованиях и обзорах показаны достаточно четкие корреляции ИМТ с ожирением, ИМТ и риском развития заболеваний в организме [78,53,67,77].

Однако ИМТ подвергается критике ввиду того, что данный индекс не дифференцирует состав тела на жировую и безжировую массу тела и является не самым лучшим показателем упитанности. Ряд исследований свидетельствует о том, что весоростовые индексы, такие как отношение веса к росту, ИМТ, пондеральный индекс не вполне точно отражают содержание жировой ткани в плане состава тела [17,22,19,12]. Так, у индивидуума с хорошо развитой мускулатурой может быть высокий индекс массы тела, согласно которой его следует отнести к категории лиц с ожирением или избыточной массой тела [73,29]. Таким образом, различие в компонентном составе тела при одном том же весе и индексе массы тела у изучаемых лиц может привести к проявлению разных последствий для здоровья.

В обобщенном виде, тело человека состоит из безжировой (тощей) и жировой массы тела. Безжировая масса тела представляется собой сумму веса костей, мышц, внутренних органов, жидкости. Излишнее накопление жировой ткани приводит к увеличению массы тела, также как недостаток жирового компонента влияет на снижение массы тела. Как снижение безжировой массы тела, так и изменения в сторону повышения или понижения доли жировой массы в составе тела оказывают негативные последствия для здоровья [50,76,57,31,71].

Важность определения массы жировой ткани, в частности ее излишка в организме, связана с тем, что именно избыточное количество жировой ткани является риском кардиометаболических осложнений для здоровья

вне зависимости от локации накопления жира в теле человека - абдоминальной, подкожной или висцеральной [45,59,56]. Локализация излишней жировой ткани имеет значение в отношении степени риска последствий - висцеральная жировая ткань, депо жира в мышцах и печени, а также повышенное соотношение жира к безжировой массе тела представляют повышенный риск развития обменных нарушений и заболеваний сердечно-сосудистой системы [21,17].

Отмечается широкая индивидуальная вариабельность содержания жировой ткани при одинаковом ИМТ у взрослых и детей в зависимости от возраста, пола, этнической принадлежности. Данные показывают, что у лиц азиатской национальности выше процентное содержание жира в теле по сравнению с европейцами при одном и том же значении ИМТ [14,17,75].

Одной из причин, почему ряд ученых не считает индекс массы тела оптимальным показателем ожирения, является то, что на значение ИМТ влияет мышечно-скелетная (нежировая) масса тела, в том числе и у индивидуумов с ожирением. Среди детей масса адипозной ткани увеличивалась с увеличением индекса массы тела. То есть, расчеты А. Кетле о том, что масса тела в килограммах пропорциональна квадрату роста в метрах в целом подтверждаются, однако прирост жировой ткани не всегда зависит от роста в квадратной степени [16, 33, 65].

В подростковый период, когда интенсивно происходят процессы роста тела, вес плохо соотносится с квадратом роста, и это снижает валидность ИМТ. Ряд ученых демонстрировали, что вес у подростков пропорционален росту в степени 2,5, и даже значениям степени между 3 и 3,5 [52,19,33]. В связи с этим для детей и подростков используются Z-scores индекса массы тела на основании процента ИМТ в соответствии возрастом и полом. Вместе с тем, в данной оценке не учитывается подростковый состав тела, уровень жира, который изменяется в растущем организме в пропорциях, которые четко не отражены в формуле ИМТ [52].

Ряд исследований посвящены адекватности весоростовых индексов в отношении величины жировой массы, ее доле в общей композиции тела человека [30,37,39,80, 69]. То есть изучению гипотезы о том, что имеется линейная связь между накоплением жира (ожирением) и индексом массы тела и соответственно, повышенный ИМТ соответствует избыточному содержанию жировой массы в организме. И в целом исследования изучали насколько точно соотношение веса и роста человека в индексе массы тела соответствует общему ожирению [10,47,58]. При этом «правильность» определения повышенного содержания жировой массы и, соответственно, критерия избыточной массы тела и/или ожирения методом индексов в исследованиях сопоставляют с инструментальными методами оценки количества жира в организме, например, с биоимпедансным анализом [16,4,5,39,40], двух энергетической рентгеновской абсорбциометрией [52,44], плетизмографическими измерениями [80], компьютерной, магнитно-резонансной томографией, ультразвуковым исследованием, методом разбавления

дейтериевой метки [13,33], и другими косвенными методами определения жировой массы. Так, например, в исследовании ИМТ, пондеральный индекс и другие антропометрические индексы сравнивали с референсным инструментальным методом определения состава тела – двух энергетической рентгеновской абсорбциометрией. При этом значения пондерального индекса $16,0 \text{ кг/м}^3$ и $16,8 \text{ кг/м}^3$ были порогами для диагностики избыточной массы тела у мальчиков и девочек соответственно, а значения $18,8 \text{ кг/м}^3$ и $19,7 \text{ кг/м}^3$ для ожирения у мальчиков и девочек соответственно [52]. В результате было выявлено, что пондеральный индекс (масса тела в кг/рост в м^3) более точно определял содержание жира в теле подростков белой расы, по сравнению с ИМТ, но все же не был признан совершенным методом [52].

Сопоставление ИМТ и уровня содержания жира у американских детей и подростков показало высокую распространенность избытка жировой массы у лиц с высоким ИМТ и низкую встречаемость избытка жира у детей с низким и нормальным ИМТ, но в пределах умеренно повышенного ИМТ распространенность избыточного содержания жировой массы сильно варьировала. Выявлены различия в процентном содержании жира в составе тела детей разных расово-этнических групп [28]. В другом исследовании представлены данные о том, что ИМТ не выявляет примерно 25% детей с избыточным содержанием жира в организме [37].

Изучение индекса вес/рост и ИМТ обнаружило положительные корреляции между обоими индексами в выборке бразильских детей и подростков [27].

На основании весоростовых индексов, в частности, ИМТ и инструментальных методов оценки компонентов тела человека, ученые расчетным методом определяют процент жира в организме [62,63,74], абсолютное содержание жира [60]. Однако данные разработки дают косвенные показатели. Такой подход определения процента безжировой массы и массы жира в теле от общей массы тела или абсолютных значений жировой массы в килограммах затрудняет сравнения. Например, у пациента высокого роста с белково-энергетической недостаточностью и у низкорослого пациента с нормальным пищевым статусом могут быть одинаковыми жировая масса или процент без жировой массы, полученные расчетным путем. В этой связи были предложены нормализованные по росту индексы, в частности индекс безжировой массы (fat free mass index, FFMI) и индекс жировой массы (fat mass index, FMI), которые рассчитываются по формулам [безжировая масса (кг)/рост (м^2)] и [жировая масса (кг)/рост (м^2), или BFMI] [42,72]. Вместе с тем, ведется поиск оптимальной экспоненты роста, используемой в формуле соотношения массы к росту с учётом изучаемого населения и конечных точек [52,60,43].

Уравнения определения жировой массы тела

В поисках достоверного показателя жировой массы тела, в частности, у детей, исследователи разрабатывают уравнения (модели), определяющие уровень жировой массы на основе антропометрии. Затем данные уравнения валидируют с помощью инструментальных методик определения доли жировой

ткани. Так, на маленькой выборке мексиканских младенцев в возрасте от 1 до 6 месяцев были разработаны прогнозные уравнения с учетом массы, длины тела, ИМТ, окружности талии, бедра и голени, и кожных складок (в области талии, трицепса, подлопаточной области, бедра и икроножной мышцы). Проведены сравнения прогнозных значений жировой массы с результатами, полученными при плетизмографии с вытеснением воздуха. Не было выявлено значимых различий между прогнозируемыми и измеренными показателями жировой массы [54].

Подобные работы по изучению неонатального ожирения, состава тела младенцев проводились многими исследователями [36,38]. Разработанные уравнения по оценке доли жира в теле младенцев зачастую специфичны для определённой этнической популяции или возрастного периода.

Высказывается мнение, что связь доли жира в организме с индексом соотношения веса и роста должна быть криволинейная [43]. В этой связи в ряде работ в разрабатываемых формулах и уравнениях масса тела, рост, другие значения соматометрии и, например, возраст, пол, и/или этническая принадлежность являются отдельными независимыми переменными, в отличие от индекса массы тела [43,44].

Среди детей старшего возраста также разрабатываются модели/уравнения для расчета (прогнозирования) состава тела. Некоторые из них применимы только для конкретной этнической группы детей, или возраста [18,33]. Компонентами уравнения помимо пола, возраста, используются такие показатели соматометрии как рост, вес, толщина кожной складки как вместе, так и изолированно или в разных сочетаниях [18,70]. Так, разработано несколько уравнений по расчету жировой массы тела среди детей школьного возраста на основе оценки толщины кожной складки [24,73].

В литературе имеется не так много уравнений определения жировой массы тела среди детей школьного возраста на основе простых измерений роста, веса и демографических данных. При разработке этих моделей в большинстве своём использовали двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию в качестве референсного метода определения жировой массы тела. Данные модели работают на детях более старшего возраста и подростках, определяют не абсолютную величину жировой массы, а процент жира в теле [61-63].

В 2019 году *Hudda M. с соавторами* разработал модель (уравнение) оценки жировой массы у детей 4-15 лет, представлявших несколько этнических групп Великобритании на основе веса, роста (как независимых переменных) и демографических характеристик (пол, возраст, этническая принадлежность). Референс-методом определения уровня жира в организме был метод разбавления дейтериевой метки. Считается, что этот метод дает минимальные погрешности в оценке безжировой массы тела [33]. Внутренняя валидация уравнения в той же выборке детей показала хорошую обобщаемость модели и отличные прогностические свойства. Внешняя валидация модели на другой выборке детей продемонстрировала хорошие

характеристики. В среднем, разница между выявленной методом разбавления дейтериевой метки масса жира тела с прогнозируемой жировой массой составила 1,29 кг [33]. Предложенная модель, так называемое «рост-вес уравнение» рассчитывает безжировую массу тела и затем путем ее вычитания из общей массы тела определяется масса жира в килограммах. Этническая принадлежность существенно не изменяет прогностическую способность модели, тем самым делая ее применимой среди населения других стран. По результатам калькуляции в рамках прогностической модели, рассчитывается безжировая (тощая) масса тела в кг, жировая масса в кг и процент жировой массы в организме. Применение модели на выборках детей из разных стран позволила провести ре-калибровку уравнения для местных условий. Тем не менее, исходная модель, разработанная на многонациональной популяции детей Великобритании, продемонстрировала хорошие прогнозные способности, минимальные погрешности в различных географических популяциях, в странах с низким и средним доходом, что даёт основания использования уравнения в различных условиях даже при отсутствии калиброванной для определённой страны модели [34,46]. Далее, прогностическая способность «рост-вес уравнения» по определению жировой массы тела сравнивалась с жировой массой, определённой методами двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии и биоэлектрическим импедансным анализом. При этом метод разбавления дейтериевой метки был принят за референсный. Выявлено, что рассчитанные величины жировой массы, определённые «рост-вес уравнением» были такими же точными, как и показатели, определённые дорогостоящими инструментальными методами: двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрией и биоэлектрическим импедансным анализом [35]. Отличительной особенностью данного уравнения в отличие от других является то, что модель рассчитывает абсолютные величины безжировой и жировой ткани в организме (в кг), и в % соотношении, в то время как уравнения других учёных основывались на расчётах % жира [33].

Выводы. Таким образом, антропометрические индексы оценки весовых категорий детей, в частности, индекс массы тела, имеет преимущества и ограничения в использовании в популяционных и индивидуальных исследованиях детского населения. Для полноты изучения характеристик и тенденций распространённости недостаточной и избыточной массы тела с точки зрения количества жировой ткани/состава тела в общественном здравоохранении, а также выявления и мониторинга детей с избыточным содержанием жира, которое не было выявлено антропометрическими индексами в клинической практике, обосновано применение методик определения жировой массы в составе тела, например, посредством уравнений/моделей расчета жирового компонента на основе доступных демографических данных, измерений роста и веса детей без применения сложных инструментальных техник.

Вклад авторов. Все авторы принимали равносильное участие при написании данной статьи.

Конфликт интересов - не заявлен.

Данный материал не был заявлен ранее, для публикации в других изданиях и не находится на рассмотрении другими издательствами.

Финансирование - При проведении данной работы не было финансирования сторонними организациями и медицинскими представителями.

Литература:

1. Абдрахманова Ш.З., Слажнева Т.И., Адаева А.А., Имашева Б.С., Арингазина А.М., Акимбаева А.А., Сулейманова Н.А. Антропометрические показатели недостаточной и избыточной массы тела детей младшего школьного возраста в Республике Казахстан // Наука и Здравоохранение. 2021. 6(Т.23). С.76-87. doi 10.34689/SH.2021.23.6.009

2. Аскарлов К.К., Абдрахманова Ш.З., Слажнева Т.И., Адаева А.А., Калмакова Ж.А., Акимбаева А.А., Сулейманова Н.А. Эпидемиологический надзор за детским ожирением, питанием и физической активностью в Республике Казахстан. Национальный отчет, 2020 год.- Нур-Султан: НЦОЗ МЗ РК, 2022.- 42с.

3. Баттакова Ж.Е., Мукашева С.Б., Слажнева Т.И., Абдрахманова Ш.З., Буонкрисиано М., Адаева А.А., Акимбаева А.А. Эпидемиологический мониторинг детского ожирения и факторов, его формирующих в Республике Казахстан, 2015-2016 гг. НЦПФЗОЖ, Алматы, 2017г. 48с.

4. Дадаева В.А., Еганян Р.А., Розанов В.Б., Елиашевич С.О., Громова А.В., Котова М.Б., Иванова Е.И., Дралкина О.М. Особенности компонентного состава тела, физического и психического здоровья женщин с избыточным весом // Профилактическая медицина. 2022. 25(9):60-69.

5. Кедринская А.Г., Образцова Г.И., Леонова И.А. Компонентный состав тела у детей с избыточной массой тела и ожирением // Российский педиатрический журнал. 2018. 21(2): 73-77. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9561-2018-21-2-73-77>. (Дата обращения: 15.05.2023)

6. Кильдиярова Р.Р. Оценка физического развития детей с помощью перцентильных диаграмм // Вопросы современной педиатрии. 2017. 16 (5): 431-437. doi: 10.15690/vsp.v16i5.1808)

7. Кузмичев Ю.Г., Богомолова Е.С., Калюжный Е.А. и др. Информативность региональных и международных стандартов оценки длины и массы тела детей и подростков // Медицинский альманах. 2015. 2(37):83-86.

8. Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Бокарева Н.А. История изучения показателей физического развития детей и подростков в гигиене (к 50-летию выхода первого сборника материалов по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР (России)) // ЗНиСО. 2012. №8. С.12-14.

9. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 15 декабря 2020 года № ҚР ДСМ-264/2020. Об утверждении правил, объема и периодичности проведения профилактических медицинских осмотров целевых групп населения, включая детей дошкольного, школьного возрастов, а также учащихся организаций технического и профессионального, послесреднего и высшего

образования. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021820> (Дата обращения: 15.05.2023)

10. Федорцов О.Е., Воронцова Т.А., Цидылко У.М., Луцук А.О., Щербатюк Н.Ю., Кубей И.В., Лищенко Н.А., Никитюк С.О., Шулъгай Л.М., Недошитко Т.Н. Алгоритмы практических навыков в педиатрии: Учебное пособие. – Тернополь: Укрмедкнига, 2003.– 180 с.

11. Ashwell Margaret Charts Based on Body Mass Index and Waist-to-Height Ratio to Assess the Health Risks of Obesity: A Review // The Open Obesity Journal. 2011. 311. 78-84. 10.2174/1876823701103010078.

12. Bergman R.N., Stefanovski D., Buchanan T.A., Sumner A.E., Reynolds J.C., Sebring N.G., Xiang A.H., Watanabe R.M. A Better Index of Body Adiposity. Obesity // A Research Journal. 2012. 20 (6): 1083-1089. doi:10.1038/oby.2012.99

13. Bila W.C., Mariano R.M., Silva V.R., Dos Santos M.E., Lamounier J.A., Ferrioli E. et al. Applications of deuterium oxide in human health // Isotopes Environ Health Stud. 2017. 53:327-43.

14. Camhi S.M., Bray G.A., Bouchard C., Greenway F.L., Johnson W.D. et al. The relationship of waist circumference and BMI to visceral, subcutaneous, and total body fat: sex and race differences // Obesity (Silver Spring) 2011. 19: 402-408.

15. Chen L.W., Tint M.T., Fortier M.V., Aris I.M., Shek L.P., Tan K.H., Chan S.Y., Gluckman P.D. et al. Which anthropometric measures best reflect neonatal adiposity? // Int J Obes (Lond). 2018 Mar. 42(3):501-506. doi: 10.1038/ijo.2017.250.

16. Chiquete E., Ruiz-Sandoval J.L., Ochoa-Guzmán A., Sánchez-Orozco L.V., Lara-Zaragoza E.B., Basaldúa N., Ruiz-Madriral B., Martínez-López E., Román S., Godínez-Gutiérrez S.A., Panduro A. The Quételet index revisited in children and adults // Endocrinol Nutr. 2014 Feb. 61(2):87-92. English, Spanish. doi: 10.1016/j.endonu.2013.06.001

17. Chooi Y.C., Ding C., Magkos F. The epidemiology of obesity // Metabolism. 2019 Mar. 92:6-10. doi: 10.1016/j.metabol.2018.09.005. Epub 2018 Sep 22. PMID: 30253139.

18. Choy C.C., Johnson W., Duckham R.L. et al. Prediction of fat mass from anthropometry at ages 7 to 9 years in Samoans: a cross-sectional study in the Ola Tuputupua'e cohort // Eur J Clin Nutr. 2023. 77, 495-502. <https://doi.org/10.1038/s41430-022-01256-6>

19. Cole T., Himes J.E. Weight-stature indices to measure underweight, overweight, and obesity. Anthropometric Assessment of Nutritional Status. New York, NY: Wiley-Liss; 1991:83-111.

20. Costa-Urrutia P., Vizuet-Gómez A., Ramirez-Alcántara M., Guillen-González M.Á., Medina-Contreras O., Valdes-Moreno M. et al. Obesity measured as percent body fat, relationship with body mass index, and percentile curves for Mexican pediatric population // PLoS ONE. 2019. 14(2): e0212792. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212792>

21. Czernichow S., Kengne A.P., Stamatakis E., Hamer M., Batty G.D. Body mass index, waist circumference and waist-hip ratio: which is the better discriminator of cardiovascular disease mortality risk?: evidence from an individual-participant meta-analysis of 82 864 participants from nine cohort studies // Obes Rev. 2011 Sep.12(9):680-7. doi: 10.1111/j.1467-789X.2011.00879.x

22. De Cunto A., Paviotti G., Ronfani L., Travan L., Bua J., Cont G. et al. Can body mass index accurately predict adiposity in newborns? // *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2014. 99:F238–9.
23. de Onis M., Onyango A.W., Van den Broeck J., Chumlea W.C., Martorell R. Measurement and standardization protocols for anthropometry used in the construction of a new international growth reference // *Food Nutr Bull.* 2004. 25(1) (suppl):S27-S36. doi: 10.1177/15648265040251S105.
24. Deurenberg P., Pieters J.J., Hautvast J.G. The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence // *Br J Nutr.* 1990. 63:293–303.
25. Doak C.M., Hoffman D.J., Norris S.A., Campos Ponce M., Polman K., Griffiths P.L. Is body mass index an appropriate proxy for body fat in children? // *Glob Food Sec.* 2013:1–7.
26. Eknoyan G. Adolphe Quetelet (1796-1874)—the average man and indices of obesity // *Nephrol Dial Transplant.* 2008 Jan. 23(1):47-51. doi: 10.1093/ndt/gfm517
27. Faria J.C.P., Victorino C.A., Sawamura L.S., Coelho S.R., Suano-Souza F.I., Sarni R.O.S. Relationship between body mass index and waist-to-height ratio in childhood // *Rev Assoc Med Bras.* 1992. 2021 Apr.67(4):566-570. doi: 10.1590/1806-9282.20201057
28. Flegal K.M., Ogden C.L., Yanovski J.A., Freedman D.S., Shepherd J.A., Graubard B.I., Borrud L.G. High adiposity and high body mass index-for-age in US children and adolescents overall and by race-ethnic group // *Am J Clin Nutr.* 2010 Apr. 91(4):1020-6. doi: 10.3945/ajcn.2009.28589
29. Garrido-Chamorro R.P., Sirvent-Belando J.E., Gonzalez-Lorenzo M., Martin-Carratala M.L., Roche E. Correlation between body mass index and body composition in elite athletes // *J Sports Med Phys Fitness.* 2009. 49: 278–284.
30. Gómez-Ambrosi J., Silva C., Galofré J.C., Escalada J., Santos S., Millán D., Vila N., Ibañez P., Gil M.J., Valentí V., et al. Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity // *Int J Obes.* 2012. 36:286–94.
31. Goodpaster B.H., Krishnaswami S., Harris T.B. et al. Obesity, regional body fat distribution, and the metabolic syndrome in older men and women // *Arch Intern Med.* 2005. 165, 777–783.
32. Grummer-Strawn L.M., Reinold C., Krebs N.F. Use of World Health Organization and CDC Growth Charts for Children Aged 0-59 Months in the United States // *MMWR Recomm Rep.* 2010. 59(RR-9):59(rr09):1–15. <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5909a1.htm>
33. Hudda M.T., Fewtrell M.S., Haroun D., Lum S., Williams J.E., Wells J.C.K., Riley R.D., Owen C.G., Cook D.G., Rudnicka A.R., Whincup P.H., Nightingale C.M. Development and validation of a prediction model for fat mass in children and adolescents: meta-analysis using individual participant data // *BMJ.* 2019, Jul 24;366:14293. doi: 10.1136/bmj.l4293
34. Hudda M.T., Wells J.C.K., Adair L.S., Alvero-Cruz J.R.A., Ashby-Thompson M.N., Ballesteros-Vasquez M.N. et al. External validation of a prediction model for estimating fat mass in children and adolescents in 19 countries: individual participant data meta-analysis // *BMJ.* 2022. 378:e071185. doi:10.1136/bmj-2022-071185
35. Hudda M.T., Owen C.G., Rudnicka A.R. et al. Quantifying childhood fat mass: comparison of a novel height-and-weight-based prediction approach with DXA and bioelectrical impedance // *Int J Obes.* 2021. 45, 99–103. <https://doi.org/10.1038/s41366-020-00661-w>
36. Huvanandana J., Carberry A.E., Turner R.M., Bek E.J., Raynes-Greenow C.H., McEwan A.L. et al. An anthropometric approach to characterising neonatal morbidity and body composition, using air displacement plethysmography as a criterion method // *PLoS One.* 2018. 13:e0195193.
37. Javed A., Jumean M., Murad M.H., Okorodudu D., Kumar S., Somers V.K., Sochor O., Lopez-Jimenez F. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis // *Pediatr Obes.* 2015. 10:234–44
38. Josefson J.L., Nodzenski M., Talbot O., Scholtens D.M., Catalano P. Fat mass estimation in neonates: anthropometric models compared with air displacement plethysmography // *Br J Nutr.* 2019. 121:285–90.
39. Karchynskaya V., Kopcakova J., Klein D., Gába A., Madarasova-Geckova A., van Dijk J.P., de Winter A.F., Reijneveld S.A. Is BMI a Valid Indicator of Overweight and Obesity for Adolescents? // *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Jul 4. 17(13):4815. doi: 10.3390/ijerph17134815
40. Kobylińska M., Antosik K., Decyk A., Kurowska K., Skiba D. Body Composition and Anthropometric Indicators in Children and Adolescents 6-15 Years Old // *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Sep 14. 19(18):11591. doi: 10.3390/ijerph191811591
41. Kuczmarski R.J. et al. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development // *Vital Health Stat.* 2002. 11, 1–190.
42. Kyle U.G., Schutz Y., Dupertuis Y.M., Pichard C. Body composition interpretation: Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index // *Nutrition.* 2003. 19(7–8), 597–604. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(03\)00061-3](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(03)00061-3) (Дата обращения: 11.05.2023)
43. Larsson I., Henning B., Lindroos A.K., Näslund I., Sjöström C.D., Sjöström L. Optimized predictions of absolute and relative amounts of body fat from weight, height, other anthropometric predictors, and age 1 // *Am J Clin Nutr.* 2006 Feb. 83(2):252-9. doi: 10.1093/ajcn/83.2.252. PMID: 16469982.
44. Lee D.H., Keum N., Hu F.B., Orav E.J., Rimm E.B., Sun Q., Willett W.C., Giovannucci E.L. Development and validation of anthropometric prediction equations for lean body mass, fat mass and percent fat in adults using the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2006 // *Br J Nutr.* 2017 Nov. 118(10):858-866. doi: 10.1017/S0007114517002665
45. Lee J.J., Pedley A., Theriksen K.E., Hoffmann U., Massaro J.M., Levy D., Long M.T. Upper Body Subcutaneous Fat Is Associated with Cardiometabolic Risk Factors // *Am J Med.* 2017 Aug. 130(8):958-966.e1. doi: 10.1016/j.amjmed.2017.01.044.
46. Licenziati M.R., Ballarín G., Iannuzzo G. et al. A height-weight formula to measure body fat in childhood obesity // *Ital J Pediatr.* 48, 106 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13052-022-01285-8> (Дата обращения: 15.05.2023)

47. López A.A., Cespedes M.L., Vicente T., Tomas M., Bennasar-Veny M., Tauler P. et al. Body Adiposity Index Utilization in a Spanish Mediterranean Population: Comparison with the Body Mass Index // *PLoS ONE* 2012. 7(4): e35281. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035281> (Дата обращения: 18.05.2023)
48. McCarthy H. Measuring growth and obesity across childhood and adolescence // *Proceedings of the Nutrition Society*, 2014. 73(2), 210-217. doi:10.1017/S0029665113003868
49. Onis M.D., Onyango A.W., Borghi E., Siyam A., Nishida C., Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents // *Bull World Health Organ*. 2007. 85:660–7.
50. Orsso C.E., Tibaes J.R.B., Oliveira C.L.P., Rubin D.A., Field C.J. et al. Low muscle mass and strength in pediatrics patients: Why should we care? // *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2019. 38:2002–2015. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.04.012> (Дата обращения: 18.05.2023)
51. Petermann-Rocha F., Rao N., Pell J.P., Celis-Morales C., Wong I.C.K., Ho F.K., Ip P. Weight-for-Height, Body Fat, and Development in Children in the East Asia and Pacific Region // *JAMA Netw Open*. 2022 Jan 4. 5(1):e2142458. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.42458.
52. Peterson C.M., Su H., Thomas D.M. 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
53. Reilly J.J., Methven E., McDowell Z.C., Hackling B., et al. Health consequences of obesity // *Arch Dis Child*. 2003 Sep. 88(9):748-52. doi: 10.1136/adc.88.9.748
54. Rodríguez-Cano A.M., Piña-Ramírez O., Rodríguez-Hernández C. et al. Development and validation of anthropometric-based fat-mass prediction equations using air displacement plethysmography in Mexican infants // *Eur J Clin Nutr*. 77, 748–756 2023. <https://doi.org/10.1038/s41430-023-01285-9> (Дата обращения: 18.05.2023)
55. Roje D., Banovic I., Tadin I. et al. Gestational age—the most important factor of neonatal ponderal index // *Yonsei Med J*. 2007 Jun 30;48(3):561.
56. Rønn P.F., Andersen G.S., Lauritzen T. et al. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue and associations with cardiometabolic risk in Inuit, Africans and Europeans: a cross-sectional study // *BMJ Open* 2020. 10:e038071. doi: 10.1136/bmjopen-2020-038071
57. Ruiz J.R., Sui X., Lobelo F. et al. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study // *BMJ*. 2008. 337, a439.
58. Rush E.C., Puniani K., Valencia M.E., Davies P.S., Plank L.D. Estimation of body fatness from body mass index and bioelectrical impedance: comparison of New Zealand European, Maori and Pacific Island children // *Eur J Clin Nutr*. 2003 Nov. 57(11):1394-401. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601701.
59. Sam S. Differential effect of subcutaneous abdominal and visceral adipose tissue on cardiometabolic risk // *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation*, vol. 33, no. 1, 2018, pp. 20180014. <https://doi.org/10.1515/hmbci-2018-0014> (Дата обращения: 18.05.2023)
60. Seidell J.C. Looking back: BMI as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. Thirty years later // *Br J Nutr*. 2022 Apr 28. 127(8):1279-1280. doi: 10.1017/S0007114522000150.
61. Stevens J., Cai J., Truesdale K.P., Cuttler L., Robinson T.N., Roberts A.L. Percent body fat prediction equations for 8- to 17-year-old American children // *Pediatr Obes*. 2014. 9:260-71. doi:10.1111/j.2047-6310.2013.00175.x
62. Stevens J., Ou F.S., Cai J., Heymsfield S.B., Truesdale K.P. Prediction of percent body fat measurements in Americans 8 years and older // *Int J Obes (Lond)*. 2016. 40:587-94. doi:10.1038/ijo.2015.231
63. Stevens J., Truesdale K.P., Cai J., Ou F.S., Reynolds K.R., Heymsfield S.B. Nationally representative equations that include resistance and reactance for the prediction of percent body fat in Americans // *Int J Obes (Lond)*. 2017. 41:1669-75. doi:10.1038/ijo.2017.167
64. Styne D.M. et al. Pediatric obesity—assessment, treatment, and prevention: an Endocrine Society Clinical Practice guideline // *J. Clin. Endocrinol. Metab*. 2017.102.709–757.
65. Sun J., Yang R., Zhao M., Bovet P., Xi B. 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. Published 2021 Oct 21. doi:10.3389/fendo.2021.694681
66. The nutrition challenge: food system solutions. WHO. 2018. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-18-10> (Дата обращения: 20.04.2023)
67. Tung J.Y.L., Poon G.W.K., Du J., Wong K.K.Y. Obesity in children and adolescents: Overview of the diagnosis and management // *Chronic Dis Transl Med*. 2023 Mar 7. 9(2):122-133. doi: 10.1002/cdt3.58.
68. Vanderwall C., Randall Clark R., Eickhoff J. et al. BMI is a poor predictor of adiposity in young overweight and obese children // *BMC Pediatr*. 17, 135 (2017). <https://doi.org/10.1186/s12887-017-0891-z> (Дата обращения: 18.05.2023)
69. 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 // *Front Nutr*. 2022. 9:785863. Published 2022 Mar 21. doi:10.3389/fnut.2022.785863
70. Watts K., Naylor L.H., Davis E.A., Jones T.W., Beeson B., Bettenay F., Siafarikas A., Bell L., Ackland T., Green D.J. Do skinfolds accurately assess changes in body fat in obese children and adolescents? // *Med Sci Sports Exerc*. 2006 Mar. 38(3):439-44. doi: 10.1249/01.mss.0000191160.07893.2d. PMID: 16540830.
71. Wells J.C. Toward body composition reference data for infants, children, and adolescents // *Adv Nutr*. 2014 May 14;5(3):320S-9S. doi: 10.3945/an.113.005371. PMID: 24829484. PMCID: PMC4013189.
72. Wells J.C. Toward body composition reference data for infants, children, and adolescents // *Adv Nutr*. 2014 May 14;5(3):320S-9S. doi: 10.3945/an.113.005371.
73. Wendel D., Weber D., Leonard M.B., et al. Body composition estimation using skinfolds in children with and without health conditions affecting growth and body composition // *Ann Hum Biol*. 2017. 44(2):108-120. doi:10.3109/03014460.2016.1168867
74. Williams J., Wake M., Campbell M. Comparing estimates of body fat in children using published bioelectrical impedance analysis equations // *Int J Pediatr Obes*. 2007. 2(3):174-179. doi:10.1080/17477160701408783

75. WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies // *Lancet*. 2004 Jan 10;363(9403):157-63. doi: 10.1016/S0140-6736(03)15268-3. Erratum in: *Lancet*. 2004 Mar 13. 363(9412):902. PMID: 14726171.

76. Wolfe R.R. The underappreciated role of muscle in health and disease // *Am J Clin Nutr*. 2006 84, 475–482.

77. Woolford S.J., Sidell M., Li X. et al. Changes in Body Mass Index Among Children and Adolescents During the COVID-19 Pandemic. *JAMA*. 2021. 326(14):1434–1436. doi:10.1001/jama.2021.15036

78. Würtz P., Wang Q., Kangas A.J., Richmond R.C., Skarp J., Tiainen M. et al. Metabolic Signatures of Adiposity in Young Adults: Mendelian Randomization Analysis and Effects of Weight Change // *PLoS Med*. 2014. 11:e1001765.

79. Zaniqueli D., Oliosia P.R., Neves F.S. et al. Ponderal index classifies obesity in children and adolescents more accurately than body mass index z-scores // *Pediatr Res*. 2019. 86(1):128-133. doi:10.1038/s41390-019-0395-7

80. Zapata J.K., Azcona-Sanjulian M.C., Catalán V. et al. BMI-based obesity classification misses children and adolescents with raised cardiometabolic risk due to increased adiposity // *Cardiovasc Diabetol*. 22, 240 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01972-8> (Дата обращения: 18.05.2023)

References [1-4]:

1. Abdrakhmanova Sh.Z., Slazhneva T.I., Adayeva A.A., Imasheva B.S., Aringazina A.M., Akimbaeva A.A., Suleimanova N.A. Antropometricheskie pokazateli nedostatochnoi i izbytochnoi massy tela detei mladshogo shkol'nogo vozrasta v Respublike Kazakhstan [Anthropometric indicators of thinness and overweight among primary school children in the Republic of Kazakhstan]. *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2021. 6(T.23). pp. 76-87. doi 10.34689/SH.2021.23.6.009 [in Russian]

2. Askarov K.K., Abdrakhmanova Sh.Z., Slazhneva T.I., Adayeva A.A., Kalmakova Zh.A., Akimbaeva A.A., Suleimanova N.A. Epidemiologicheskii nadzor za detskim ozhireniem, pitaniem i fizicheskoi aktivnost'yu v Respublike Kazakhstan Natsional'nyi otchet, 2020 god [Epidemiological surveillance on childhood obesity, nutrition and physical activity in the Republic of Kazakhstan. National report, 2020]. - Nur-Sultan: NCOZ MZ RK, 2022. 42p. [in Russian]

3. Battakova Zh.E., Mukasheva S.B., Slazhneva T.I., Abdrakhmanova Sh.Z., Buonkristiano M., Adayeva A.A., Akimbaeva A.A. Epidemiologicheskii monitoring detskogo ozhireniya i faktorov, ego formiruyushhikh v Respublike Kazakhstan, 2015-2016 gg [Epidemiologica monitoring on childhood obesity and contributing factors in the Republic of Kazakhstan, 2015-2016]-NCPFZOZh, Almaty, 2017g.- 48p. [in Russian]

4. Dadaeva V.A., Eganjan R.A., Rozanov V.B., Eliashevich S.O., Gromova A.V., Kotova M.B., Ivanova E.I., Drapkina O.M. Osobennosti komponentnogo sostava tela, fizicheskogo i psicheskogo zdorov'ya zhenshin s izbytochnym vesom [Body composition, physical and mental health of overweight females]. *Profilakticheskaya meditsina* [The Russian Journal of Preventive Medicine]. 2022. 25(9):60-69. [in Russian]

5. Kedrinskaja A.G., Obratsova G.I., Leonova I.A. Komponentnyi sostav tela u detei s izbytochnoi massoi tela i ozhireniem [Component composition of the body in children with excessive body mass and obesity]. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal* [Russian Pediatric Journal]. 2018. 21(2): 73-77. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9561-2018-21-2-73-77>. (Accessed: 15.05.2023) [in Russian]

6. Kil'dijarova R.R. Otsenka fizicheskogo razvitiya detei s pomoshh'yu pertsentil'nykh diagram [Assessment of children's physical development using percentile diagrams]. *Voprosy sovremennoi pediatrii* [Current Pediatrics]. 2017. 16(5):431–437. doi: 10.15690/vsp.v16i5.1808 [in Russian]

7. Kuzmichev Ju.G., Bogomolova E.S., Kaljuzhnyj E.A. i dr. Informativnost' regional'nykh i mezhdunarodnykh standartov otsenki dliny i massy tela detei i podrostkov [The informativeness of regional and international standards for assessing the body length and weight of children and adolescents]. *Meditsinskii al'manakh* [Medical almanac]. 2015. 2(37):83–86. [in Russian]

8. Skoblina N.A., Milushkina O.Ju., Bokareva N.A. Istoriya izucheniya pokazatelei fizicheskogo razvitiya detei i podrostkov v gigiene (k 50-letiyu vykhoda pervogo sbornika materialov po fizicheskomu razvitiyu detei i podrostkov gorodov i sel'skikh mestnostei SSSR (Rossii)) [The history of studying indicators of physical development of children and adolescents in hygiene (to the 50th anniversary of the publication of the first collection of materials on the physical development of children and adolescents in cities and rural areas of the USSR (Russia))]. *ZhNSO*. 2012. №8. [in Russian]

9. Prikaz Ministra zdavookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 15 dekabrya 2020 goda № KR DSM-264/2020 [The Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan]. Ob utverzhdenii pravil, ob'ema i periodichnosti provedeniya profilakticheskikh meditsinskikh osmotrov tslevykh grupp naseleniya, vklyuchaya detei doshkol'nogo, shkol'nogo vozrastov, a takzhe uchashhikhsya organizatsii tekhnicheskogo i professional'nogo, poslesrednego i vysshego obrazovaniya [On the approval of the rules, scope and frequency of preventive medical examinations of target groups of the population, including children of preschool and school age, as well as students of organizations of technical and vocational, post-secondary and higher education]. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021820> (Accessed: 15.05.2023) [in Russian]

Контактная информация:

Абдрахманова Шынар Зиновна - Докторант Ph.D по специальности «Общественное здравоохранение», Казахстанский медицинский университет «Высшая школа общественного здравоохранения», г. Алматы, Республика Казахстан.

Почтовый адрес: Республика Казахстан, 050060, г. Алматы, ул. Утепова, дом 19 А

e-mail: shynar_a@mail.ru

Телефон: +7 (7172) 95-41-05