

DOI: 10.33454/1728-1261-2025-1-64-69

УДК 616.71-007.234-053.2-06:613.25-073.175(048.8)

Минеральная плотность костной ткани у детей с ожирением по данным денситометрии. Обзор литературы

И. А. Бавыкина, Д. В. Бавыкин

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Воронеж, Россия

Резюме

Актуальность исследования. Ранняя диагностика остеопении при ожирении, самом распространенном эндокринном заболевании в детском возрасте, представляет в настоящее время одну из наиболее актуальных медико-социальных задач. Уменьшение минеральной плотности костной ткани, связанное с остеопорозом, по мере развития заболевания приводит к значительному снижению прочности костей, способствуя возникновению неадекватных переломов различной локализации, приводящих к значительному снижению качества жизни.

Цель исследования. Систематизация имеющихся данных научных исследований, свидетельствующих об эффективности использования ультразвуковой и рентгеновской денситометрии в диагностике изменений минеральной плотности костной ткани у детей с ожирением.

Материал и методы. Проведен поиск источников литературы с использованием библиотечных платформ PubMed, eLIBRARY, scholar.google за последние 10 лет по ключевым словам: минеральная плотность костной ткани, денситометрия, ожирение, дети.

Результаты и обсуждение. В статье проанализированы данные по распространенности избыточной массы тела в детской популяции, метаболические нарушения, возникающие при ожирении. Рассмотрены варианты инструментальной диагностики остеопенических нарушений у детей. Приведены современные литературные данные о состоянии минеральной плотности костной ткани у пациентов детского возраста, страдающих ожирением / избыточной массой тела. Показаны возрастные аспекты динамики костного метаболизма у детей с ожирением по данным денситометрии. Представлены данные, подтверждающие снижение минеральной плотности костной ткани при ожирении, а также доказывающие прямую взаимосвязь костного метаболизма и накопления жировой ткани. Показано значение оценки костного метаболизма при ожирении у детей и высокая эффективность денситометрии в его оценке.

Выводы. Необходимо включить определение минеральной плотности костной ткани в стандарт обследований пациентов детского возраста при наличии ожирения. Массовое обследование позволит получить достоверные сведения о состоянии минеральной плотности костной ткани у детей с избыточной массой тела, обеспечить своевременную коррекцию патологического состояния, снизить распространенность заболевания при проведении своевременной профилактики и инвалидизацию детского населения.

Ключевые слова: костная минерализация, избыточная масса тела, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, ультразвуковая денситометрия

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

И. А. Бавыкина – ORCID: 0000-0003-1062-7280; e-mail: i-bavikina@yandex.ruД. В. Бавыкин – ORCID: 0000-0002-8802-3914; e-mail: bavykin_d@list.ru

Для цитирования: Бавыкина И. А., Бавыкин Д. В. Минеральная плотность костной ткани у детей с ожирением по данным денситометрии. Обзор литературы. *Здравоохранение Дальнего Востока*. 2025, 1: 64-69. doi: 10.33454/1728-1261-2025-1-64-69

Bone mineral density in children with obesity according to densitometry data. Literature review

I. A. Bavykina, D. V. Bavykin

N. N. Burdenko Voronezh State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Voronezh, Russia

Abstract

Relevance of the study. Early diagnosis of osteopenia in obesity, the most common endocrine disease in childhood, is currently one of the most pressing medical and social problems. A decrease in bone mineral density associated with osteoporosis, as the disease progresses, leads to a significant decrease in bone strength, contributing to the occurrence of inadequate fractures of various localizations, leading to a significant decrease in the quality of life.

Objective. Systematization of available research data indicating the effectiveness of using ultrasound and X-ray densitometry in diagnosing changes in bone mineral density in children with obesity.

Material and methods. A search of literature sources was conducted using the library platforms PubMed, eLIBRARY, scholar.google for the last 10 years using the keywords: bone mineral density, densitometry, obesity, children.

Results and discussion. The article analyzes data on the prevalence of overweight in the child population, metabolic disorders that occur with obesity. Options for instrumental diagnostics of osteopenic disorders in children are considered. The article presents current literature data on the state of bone mineral density in pediatric patients suffering from obesity/overweight. Age-related aspects of bone metabolism dynamics in children with obesity according to densitometry data are shown. Data are presented confirming a decrease in bone mineral density in obesity, as well as proving a direct relationship between bone metabolism and accumulation of adipose tissue. The importance of assessing bone metabolism in obesity in children and the high efficiency of densitometry in its assessment are shown.

Conclusions. It is necessary to include determination of bone mineral density in the standard examination of pediatric patients with obesity. Mass examination will provide reliable information on the state of bone mineral density in children with overweight, ensure timely correction of the pathological condition, reduce the prevalence of the disease during timely prevention and disability of the child population.

Keywords: bone mineralization, overweight, dual-energy X-ray absorptiometry, ultrasound densitometry

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

I. A. Bavykina – ORCID: 0000-0003-1062-7280; e-mail: i-bavikina@yandex.ru

D. V. Bavykin – ORCID: 0000-0002-8802-3914; e-mail: bavykin_d@list.ru

To cite this article: Bavykina I. A., Bavykin D. V. Bone mineral density in children with obesity according to densitometry data. Public Health of the Far East. 2025, 1: 64–69. DOI: 10.33454/1728-1261-2025-1-64-69

Введение

Ожирение признано пандемией XXI века во всем мире. Зачастую истоки патологии заключаются в особенностях перинатального периода, нерациональном вскармливании, наличии патологии, способствующей появлению избытка массы тела, низкой физической активности и ряда других факторов [1–3]. По официальным данным, в Российской Федерации в общей детской популяции практически каждый пятый ребенок (18 %) в возрасте 2–18 лет имеет избыточную массу тела, а у каждого десятого-одиннадцатого (9,1 %) обследуемого диагностируется ожирение [4]. Таким образом, суммарно у 27,1 % детского населения страны масса тела превышает средние значения, что сопоставимо с европейскими данными, где избыточную массу тела имеют 15,3–19,3 % детей [3]. Северо-Западный, Приволжский и Сибирский федеральные округа являются лидерами по показателю ожирения в детском возрасте (1547 VS 1542,1 VS 1482 на 100 тысяч населения соответственно) [4].

Ожирение относится к заболеваниям, которые оказывают системное воздействие на весь организм. Наличие ожирения способствует развитию или усугубляет в значительной степени течение патологии сердечно-сосудистой, костно-мышечной систем, желудочно-кишечного тракта, почек и других органов [5–7]. При оценке жалоб у 146 подростков 12–17 лет с избытком массы тела и простым экзогенно-конституциональным ожирением установлено, что чаще всего пациенты имели жалобы на головные боли, эмоциональную лабильность, боли в области сердца и повышение артериального давления [8]. Согласно данным отечественных исследователей, ожирение может стать причиной преждевременного полового созревания чаще у девушек OR 2,23 (CI 1,63–3,05;

$p < 0,00001$). Но данная тенденция также прослеживается у юношей OR 1,43 (CI 0,92–2,23; $p = 0,11$) [9]. Но особенную озадаченность создает доказанный дефицит нутриентов у детей с избытком массы тела / ожирением. Несмотря на большой объем употребляемой пищи, зачастую ее состав не отвечает гигиеническим нормам здорового питания у детей и подростков, при этом хронические заболевания способствуют снижению усвоения полезных веществ [10–12]. Кроме того, существуют данные, что дефицит витамина D выступает в качестве предиктора формирования нарушений липидного обмена и инсулинорезистентности в препубертатном периоде при наличии ожирения [13]. Таким образом, дети с ожирением входят в группу риска по возникновению нарушений костного метаболизма. Влияние характера питания на костный метаболизм доказывалось неоднократно [14], в том числе и при ожирении у детей [15], но тем не менее общего алгоритма диагностики на сегодняшний день не разработано.

В настоящее время внедрен ряд лабораторных маркеров костного метаболизма, но важным преимуществом денситометрии являются четко определенные референсные коридоры для детей различного возраста, пола, расы и физического развития, а также неинвазивность [16].

Денситометрия – простой метод диагностики снижения костного метаболизма, который хорошо зарекомендовал себя в педиатрической практике при целом ряде патологий [17–19]. В клинической практике используется несколько вариантов денситометрии, в первую очередь рентгеновская двухэнергетическая абсорбциометрия, которая признана золотым стандартом диагностики снижения минеральной плотности костной ткани. Чувствитель-

ность и специфичность метода очень высоки, что позволяет выявить даже минимальные изменения костного метаболизма на уровне 2–5 % [20, 21]. Существуют исследования, представляющие нормативные данные двухэнергетической абсорбциометрии по оценке костного метаболизма у детей раннего возраста. Однако использование методики ограничено возможностями референсной базы денситометров, поэтому активное применение у данной категории пациентов нашел метод ультразвуковой костной денситометрии [22]. Данная методика безопасна, доступна и в настоящее время находит применение в обследовании пациентов разных возрастных групп. Также существуют методики фотонной абсорбциометрии (однофотонная, двухфотонная) и количественной компьютерной томографии, которые не так часто используются в педиатрической практике. Периферическая количественная компьютерная томография лучевой кости и большеберцовой кости предоставляет ценную информацию, но для детей не установлены оптимальные места измерения и протоколы сканирования; более того, справочные данные ограничены. Таким образом, этот метод в настоящее время ограничен узкоспециализированными центрами и исследовательскими программами [23].

Цель – систематизировать имеющиеся научные исследования по вопросу эффективности использования денситометрии в диагностике изменений минеральной плотности костной ткани у детей с ожирением.

Материал и методы

Поиск данных литературы проводили с использованием библиотечных платформ PubMed, eLIBRARY, scholar.google за период 2014–2024 годов по ключевым словам: минеральная плотность костной ткани, денситометрия, ожирение, дети.

Результаты и их обсуждение

При проведении поиска литературных данных по ключевым словам было обнаружено и проанализировано 422 публикации, 32 из которых отобраны для данного обзора с учетом оригинальности результатов исследований и соответствия цели данного обзора литературы.

Приведем примеры исследований, проведенных с использованием ультразвуковой методики оценки костного метаболизма у пациентов детского возраста с избыточной массой тела / ожирением. В популяционном многоцентровом исследовании (Китай, 2020 г.) проведена оценка костной минерализации у 5289 детей 0–5 лет. Выявлена положительная линейная зависимость минеральной плотности

костной ткани от возраста, длины тела и обратно линейная зависимость от индекса массы тела (ИМТ) ($r = 0,711$, $p < 0,001$; $r = 0,727$, $p < 0,001$; $r = -0,318$, $p < 0,001$ соответственно). После поправки на факторы, препятствующие развитию ожирения, по сравнению с контрольной группой, у детей с ожирением были более высокие шансы низкой минеральной плотности костной ткани (OR 95 % CI: 2,73 (1,57, 4,76, $p < 0,001$), значение скорости звука у детей с ожирением было ниже 47,45 ($\beta = -47,45$, 95 % CI = -85,07, -9,83, $p = 0,013$) [24]. В России влияние избыточной массы тела на минеральную плотность костной ткани изучено в работах Н. Ю. Крутиковой с соавторами. Авторами проведена ультразвуковая денситометрия пациентам в возрасте 4–15 лет, из которых 60 детей были с первичным экзогенно-конституциональным ожирением и 40 условно здоровых сверстников (II группа здоровья). Подавляющее большинство пациентов (95 %, $n = 57$) 1-й группы имели снижение минеральной плотности костной ткани, при этом выраженное снижение отмечалось более чем у половины обследованных (55 %, $n = 33$), умеренное – у каждого третьего пациента (35 %, $n = 21$) и у 5 % ($n = 3$) пациентов диагностирована тенденция к снижению костного метаболизма. Важно отметить, что снижение костного метаболизма при ожирении определялось существенно чаще (95 %, $n = 57$ vs 7,5 %, $n = 3$) ($p = 0,000$), чем у детей 2-й группы [25].

Аналогичные данные демонстрируют исследования, проведенные с использованием двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии у детей в возрасте 6–10 лет [26] и при оценке минеральной плотности костной ткани у 377 подростков в возрасте от 10 до 19 лет. Также авторами достоверно доказано, что при наличии ожирения минеральная плотность костной ткани снижается, особенно данная тенденция отчетливо прослеживается у девушек ($p < 0,01$) [27].

Существует ряд исследований, которые также подтверждают низкий уровень костного метаболизма у детей при наличии ожирения. Корреляционный анализ показывает, что рост, вес, ИМТ, количество воды в организме, белков, минералов, жировая масса тела и масса скелетных мышц связаны с костной минерализацией. Множественный регрессионный анализ выявил, что возраст, использование препаратов кальция, ИМТ, жировая масса тела и масса скелетных мышц являются факторами, связанными со снижением минеральной плотности костей. Приведенные данные получены при обследовании 126 подростков в возрасте 12–18 лет [28].

В перекрестном исследовании при участии 154 подростков 12–15 лет (62 % девушек / 38 % юношей) с ожирением 3–4-й степени методом двойной рентгеновской абсорбциометрии оценивали жировую и мышечную массы, минеральную плотность костной ткани, а также геометрические показатели и показатели силы в шейке, теле бедренной кости и межвертельных областях. В результате не выявлено гендерных отличий в костной минерализации. Трабекулярный костный индекс был ниже при 4-й степени ожирения по сравнению с результатами у пациентов с 3-й степенью при однофакторном анализе и после корректировки с учетом возраста и массы тела ($p < 0,05$). Минеральная плотность костной ткани тазобедренного сустава достоверно выше при 4-й степени по сравнению с 3-й только после корректировки с учетом роста и процентного содержания жира в массе ($p < 0,05$ для юношей, $p < 0,01$ для девушек). Показатели костной минерализации положительно коррелировали с весом / ИМТ. Авторами показано, что степень ожирения оказывает воздействие не только на минеральную плотность костной ткани в зависимости от анатомической локализации, но изменяет поясничную трабекулярную кость у подростков [29]. Перекрестное исследование с участием 249 юношей с избыточным весом / ожирением в возрасте 8–18 лет и 301 ребенка среднего физического развития, которым проведена рентгеновская денситометрия, показало, что, несмотря на увеличение минерализации костей при ожирении, костная ткань в недостаточной степени адаптируется к увеличению массы тела [30]. Ученые установили, что средняя разница в минерализации с поправкой на возраст и рост между мальчиками с ожирением и худощавыми сверстниками составила 241 ± 20 г/см². Каждое увеличение ИМТ на 1 кг/м² было связано с повышением уровня минерализации на 39 ± 6 г у пациентов группы сравнения по сравнению с 25 ± 3 г у детей 1-й группы ($p < 0,05$). Установлено, что на костную минерализацию напрямую положительно влиял ИМТ. Авторы делают вывод о том, что увеличение минерализации костей у детей с ожирением не соответствует увеличению массы тела [30]. Приведенные научные данные демонстрируют, что, несмотря на высокие темпы костного метаболизма, достаточная минеральная плотность костной ткани у детей с ожирением не достигается.

Однако в противовес вышеприведенным данным существуют исследования, показывающие, что костная минерализация увеличивается пропорционально с ростом жировой ткани [31, 32]. В перекрестном исследовании

проведена оценка физического развития, состава тела и минеральной плотности костной ткани у 415 школьников в возрасте 9–12 лет. Научная работа продемонстрировала, что у девочек диагностировались более высокие показатели роста, процентного содержания жира в организме, жировой массы, висцерального жира и костной минерализации по сравнению с мальчиками. Корреляционная зависимость костного метаболизма установлена в отношении веса ($\beta = 0,160$; $p = 0,001$), роста ($\beta = 0,310$; $p < 0,001$), % жира ($\beta = 0,104$; $p = 0,032$), жировой массы ($\beta = 0,107$; $p = 0,026$), массы без жира ($\beta = 0,218$; $p < 0,001$), висцерального жира ($\beta = 0,107$, $p = 0,026$) и ИМТ ($\beta = 0,150$; $p = 0,002$). Выявленные зависимости позволяют предположить, что жировая ткань стимулирует рост костной ткани. Однако, по мнению авторов, только проведение расширенных клинических и молекулярных исследований даст возможность полностью проиллюстрировать сложные взаимодействия между ожирением и здоровьем костей [31]. Схожие данные получены при проведении двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии с параллельной оценкой физического развития 553 детей 4–18 лет в течение 10 лет. Авторами выявлено, что пиковые значения костной минерализации отмечаются в группах со средней и избыточной массой тела. Логистическая регрессия показала, что минерализация костей была обратно пропорциональна окружности талии, причем связь была положительной для веса и возраста. Различий по полу обнаружено не было [32]. Таким образом, можно сказать, что взаимосвязь костного метаболизма и жировой ткани представляет собой сложный процесс, который требует дальнейшего изучения. В реализации оценки может быть использована денситометрия, но при этом обязательно должна быть уточнена методика (ультразвуковая или рентгенологическая), определена наиболее перспективная точка оценки изменения костного метаболизма (поясничные позвонки, бедренная кость) и выявлены степень ожирения, при которой необходимо усилить контроль над минеральной плотностью костной ткани, и периодичность проведения обследования.

Заключение

Дети с ожирением составляют группу риска по снижению минеральной плотности костной ткани. Оптимальное состояние костной минерализации у детей важно для предотвращения остеопороза в дальнейшем, и своевременная диагностика, профилактика и коррекция нарушений играют в этом решающую роль. Однако в литературе сообщается о противоречивых

результатах при рассмотрении взаимосвязи объема жировой ткани и минеральной плотности костной ткани. Противоречивые результаты зачастую связаны с разной тактикой обследования и отсутствием декретированных сроков и стандартов диагностики нарушения костной минерализации при ожирении у детей, а также с тем фактом, что исследований у детей недостаточное количество и проводятся они зачастую с небольшими выборками. Не-

обходимо включить определение минеральной плотности костной ткани в стандарт обследования пациентов детского возраста при наличии ожирения. Массовое обследование позволит получить достоверные сведения, обеспечить своевременную коррекцию патологического состояния, снизить распространенность заболевания и инвалидизацию детского населения. Денситометрия при этом является приоритетным методом исследования.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ожирение: возможные предикторы развития / С. О. Коржова и др. // Приклад. информ. аспекты медицины. 2018. Т. 21, № 2. С. 51–55.
2. Obesity: Possible Predictors of Development / S. O. Korzhova et al. // Applied. information aspects of medicine. 2018. Vol. 21, No. 2. P. 51–55.
3. Младенческие истоки взрослой патологии. Пути профилактики / С. М. Колесникова и др. // Здравоохранение Дал. Востока. 2018. № 1 (75). С. 95–98.
4. Infant origins of adult pathology. Ways of prevention / S. M. Kolesnikova et al. // Public Health of the Far East. 2018. No. 1 (75). P. 95–98.
5. Дахкильгова Х. Т. Детское ожирение: современное состояние проблемы // Вопр. дет. диетологии. 2019. Т. 17, № 5. С. 47–53. DOI 10.20953/1727-5784-2019-5-47-53
6. Dakhkilgova H. T. Childhood obesity: current state of the problem // Issues of children's dietetics. 2019. Vol. 17, No. 5. P. 47–53. DOI 10.20953/1727-5784-2019-5-47-53
7. Российский статистический ежегодник. 2019: стат. сб. / Росстат. М., 2019. 708 с.
8. Russian statistical yearbook. 2019: stat. manual / Rosstat. Moscow, 2019. 708 p.
9. Течение пиелонефрита у детей с ожирением / Г. Г. Воловцев и др. // Науч.-мед. вестн. Центр. Черноземья. 2018. № 72. С. 9–11.
10. The course of pyelonephritis in children with obesity / G. G. Volosovets et al. // Scientific-med. herald of Central Chernozemye. 2018. No. 72. P. 9–11.
11. Кариес и воспалительные заболевания пародонта: обзор взаимосвязи стоматологической патологии с ожирением у пациентов детского и подросткового возраста / И. А. Беленова и др. DOI 10.18499/2070-9277-2024-27-1-75-82 // Приклад. информ. аспекты медицины. 2024. Т. 27, № 1. С. 75–82.
12. Caries and inflammatory periodontal diseases: a review of the relationship between dental pathology and obesity in children and adolescents / I. A. Belenova et al. DOI 10.18499/2070-9277-2024-27-1-75-82 // Applied. information aspects of medicine. 2024. Vol. 27, No. 1. P. 75–82.
13. Патология органов желудочно-кишечного тракта у детей с избыточной массой тела и ожирением / В. Е. Менишчикова и др. DOI 10.18699/SSMJ20240203 // Сиб. науч. мед. журн. 2024. Т. 44, № 2. С. 28–38.
14. Pathology of the gastrointestinal tract in children with overweight and obesity / V. E. Menshchikova et al. DOI 10.18699/SSMJ20240203 // Sib. scientific. med. journal. 2024. Vol. 44, No. 2. P. 28–38.
15. Характеристика жалоб у детей с избытком массы тела и ожирением / М. П. Куличенко и др. // Унив. медицина Урала. 2022. Т. 8, № 3 (30). С. 8–11.
16. Characteristics of complaints in children with overweight and obesity / M. P. Kulichenko et al. // University of the Urals Medicine. 2022. Vol. 8, No. 3 (30). P. 8–11.
17. Ковтун О. П., Бродовская Т. О., Устюжанина М. А. Избыточная масса тела и ожирение у детей как предикторы раннего полового созревания: метаанализ // Вестн. Рос. акад. мед. наук. 2024. Т. 79, № 1. С. 60–69.
18. Kovtun O. P., Brodovskaya T. O., Ustyuzhanina M. A. Overweight and obesity in children as predictors of early puberty: a meta-analysis // Herald of Russ. acad. med. sciences. 2024. Vol. 79, No. 1. P. 60–69.
19. Бельх Н. А., Блохова Е. Э. Микронутритивная обеспеченность детей с ожирением и ее влияние на формирование коморбидной патологии // Forcipe. 2021. Т. 4, № S2. С. 23–24.
20. Belykh N. A., Blokhova E. E. Micronutrient status of obese children and its impact on the development of comorbid pathology // Forcipe. 2021. Vol. 4, No. S2. P. 23–24.
21. Обеспеченность витаминами детей школьного возраста с ожирением / Н. А. Бекетова и др. DOI 10.3945/jn.115.229708 // Вопр. питания. 2019. Т. 88, № 4. С. 66–74.
22. Vitamin status of school-age children with obesity / N. A. Beketova et al. DOI 10.3945/jn.115.229708 // Voprosy Pitaniya. 2019. Vol. 88, No. 4. P. 66–74.
23. Бельх Н. А., Блохова Е. Э. Ожирение и микронутриентный дисбаланс у детей // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2019. Т. 7, № 3. С. 429–438. DOI 10.23888/HMJ201973429-438
24. Belykh N. A., Blokhova E. E. Obesity and micronutrient imbalance in children // Science of the Young (Eruditio Juvenium). 2019. Vol. 7, No. 3. P. 429–438. DOI 10.23888/HMJ201973429-438
25. Мансурова Г. Ш., Мальцев С. В., Мансурова Д. М. Влияние питания на состояние костной системы у детей // Прак. медицина. 2021. Т. 19, № 6. С. 32–37.
26. Mansurova G. Sh., Maltsev S. V., Mansurova D. M. The influence of nutrition on the state of the skeletal system in children // Practical medicine. 2021. Vol. 19, No. 6. P. 32–37.
27. Изменения плотности костной ткани у детей с ожирением по результатам лучевых диагностических методов (обзор литературы) / С. А. Леднев и др. DOI 10.37903/SMA.2023.1.2 // Смол. мед. альм. 2023. № 1. С. 8–13.
28. Changes in bone density in children with obesity according to the results of radiation diagnostic methods (literature review) / S. A. Lednev et al. DOI 10.37903/SMA.2023.1.2 // Smol. med. alm. 2023. No. 1. P. 8–13.
29. Бельх Н. А., Блохова Е. Э. Взаимосвязь уровней витамина D в крови с показателями углеводного, липидного обмена у детей с ИМТ и ожирением // Профилактикт. медицина. 2023. Т. 26, № 10. С. 88–93. DOI 10.17116/profmed20232610188
30. Belykh N. A., Blokhova E. E. Relationship between blood vitamin D levels and carbohydrate and lipid metabolism parameters in children with BMI and obesity // Preventive medicine. 2023. Vol. 26, No. 10. P. 88–93. DOI 10.17116/profmed20232610188

16. Снижение минеральной плотности кости у детей / Е. К. Жекайте и др. DOI 10.20953/1817-7646-2023-1-111-123 // *Вопр. практ. педиатрии*. 2023. Т. 18, № 1. С. 111–123.
- Decreased bone mineral density in children / E. K. Zhekaite et al. DOI 10.20953/1817-7646-2023-1-111-123 // *Issues of practical pediatrics*. 2023. Vol. 18, No. 1. P. 111–123.
17. Денситометрия в оценке костного метаболизма у детей с целиакией / И. А. Бавыкина и др. DOI 10.56871/CmN-W.2024.71.22.007 // *Children's Medicine of the North-West*. 2024. Т. 12, № 2. С. 89–94.
- Densitometry in assessing bone metabolism in children with celiac disease / I. A. Bavykina et al. DOI 10.56871/CmN-W.2024.71.22.007 // *Children's Medicine of the North-West*. 2024. Vol. 12, No. 2. P. 89–94.
18. Современные методы диагностики поражений костной ткани у детей с сахарным диабетом / Д. А. Доме-нюк и др. // *Мед. алфавит*. 2018. Т. 4, № 34 (371). С. 31–40.
- Modern methods for diagnosing bone lesions in children with diabetes mellitus / D. A. Domenyuk et al. // *Med. alphabet*. 2018. Vol. 4, No. 34 (371). P. 31–40.
19. Физическое развитие и минеральная плот-ность костной ткани детей с воспалительными заболеваниями кишечника / И. А. Бавыкина и др. DOI 10.33667/2078-5631-2023-34-16-19 // *Мед. алфавит*. 2023. № 34. С. 16–19.
- Physical development and bone mineral density in children with inflammatory bowel diseases / I. A. Bavykina et al. DOI 10.33667/2078-5631-2023-34-16-19 // *Med. alphabet*. 2023. No. 34. P. 16–19.
20. Киселева Н. Г., Таранушенко Т. Е., Голубенко Н. К. Диагностика остеопороза в детском возрасте // *Мед. совет*. 2020. № 1. С. 186–193. DOI 10.21518/2079-701X-2020-1-186-193
- Kiseleva N. G., Taranushenko T. E., Golubenko N. K. Diagnostics of osteoporosis in childhood // *Med. council*. 2020. No. 1. P. 186–193. DOI 10.21518/2079-701X-2020-1-186-193
21. Follow-up Bone Mineral Density Testing: 2023 Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry / L. U. Gani et al. DOI 10.1016/j.jocd.2023.101440 // *J. of Clinical Densitometry*. 2024. Vol. 27, № 1. P. 101440.
22. Pediatric data for dual X-ray absorptiometric measures of normal lumbar bone mineral density in children under 5 years of age using the lunar prodigy densitometer / D. Manousaki et al. // *J. of Musculoskeletal Neuronal Interactions*. 2016. Vol. 16, № 3. P. 247–255.
23. A Contemporary View of the Definition and Diagnosis of Osteoporosis in Children and Adolescents / L. M. Ward et al. DOI 10.1210/clinem/dgz294 // *The J. of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2020. Vol. 105, № 5. P. e2088–97.
24. Adiposity is not beneficial to bone mineral density in 0-5 year old Chinese children: The Jiangsu bone health study / Y. Zhao et al. DOI 10.1016/j.orcp.2019.10.011 // *Obesity Research & Clinical Practice*. 2020. Vol. 14, № 1. P. 39–46.
25. Крутикова Н. Ю., Ефременкова А. С. Количе-ственная ультразвуковая денситометрия в диагности-ке остеопенического синдрома у детей с ожирением // *Children's Medicine of the North-West*. 2023. Т. 11, № S2. С. 11.
- Krutikova N. Yu., Efremenkova A. S. Quantitative ultrasound densitometry in the diagnosis of osteopenic syndrome in children with obesity // *Children's Medicine of the North-West*. 2023. Vol. 11, No. S2. P. 11.
26. Liang J, Chen Y, Zhang J, Ma B, Hu Y, Liu Y et al. Associations of Weight-Adjusted Body Fat and Fat Distribution with Bone Mineral Density in Chinese Children Aged 6–10 Years // *Intern. J. of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17, № 5. P. 1763. DOI 10.3390/ijerph17051763
27. Excess body fat negatively affects bone mass in adolescents / L. N. Mosca et al. DOI 10.1016/j.nut.2013.12.003 // *Nutrition*. 2014. № (7–8). P. 847–52.
28. Han C. S., Kim H. K., Kim S. Effects of Adolescents' Lifestyle Habits and Body Composition on Bone Mineral Density // *Intern. J. of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18, № 11. P. 6170. DOI 10.3390/ijerph18116170
29. Does the severity of obesity influence bone density, geometry and strength in adolescents? / V. Julian et al. DOI 10.1111/ijpo.12826 // *Pediatric Obesity*. 2021. Vol. 16, № 12. P. e12826.
30. Insufficient Bone Mineralization to Sustain Mechanical Load of Weight in Obese Boys: A Cross-Sectional Study / F. Emeriau et al. DOI 10.1210/clinem/dgad760 // *J Clin Endocrinol Metab*. 2024. Vol. 109, № 6. P. 1443–1453.
31. Bone Health and Its Positive Relationships with Body Composition in Malaysian Schoolchildren: Findings from a Cross-Sectional Study / H. C. Koo et al. DOI 10.3390/children8070569 // *Children (Basel)*. 2021. Vol. 8, № 7. P. 569.
32. Influence of weight status on bone mineral content measured by DXA in children / F. S. Ferrer et al. DOI 10.1186/s12887-021-02665-5 // *BMC Pediatr*. 2021. Vol. 21, № 1. P. 185.