

УДК 616.71-053.2-056.527

3.1.25 Лучевая диагностика и терапия

DOI: 10.37903/vsgma.2023.2.24 EDN: KWPVFX

ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ У ДЕТЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛУЧЕВЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

© Леднев С.А., Юрова И.Ю., Леднева В.С., Ульянова Л.В., Разуваева Ю.Ю.

*Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, Россия, 394036, Воронежская область, Воронеж, улица Студенческая, 10**Резюме*

Цель. Представить актуальные данные связи изменения плотности костной ткани у детей по результатам лучевых диагностических методов.

Методика. В работе использованы материалы полнотекстных статей, доступные в открытых источниках.

Результаты. Ожирение относится к числу самых распространенных хронических заболеваний в мире и достигает масштабов неинфекционной эпидемии. Одной из значимых проблем современной медицины является остеопороз и занимает четвертое место среди неинфекционных заболеваний после сердечно-сосудистой патологии, онкологических заболеваний и сахарного диабета. ВОЗ считает остеопороз одной из значимых проблем педиатрии. Жировая ткань может оказать благоприятное воздействие на костную ткань. Положительная связь между массой тела и костной массой может быть связана с несколькими возможными механизмами: увеличение массы тела увеличивает механическую нагрузку на скелет и способствует ее укреплению, ассоциация увеличения жировой ткани с увеличенной секрецией костно-активных, анаболических гормонов β -клетки поджелудочной железы и секреции костно-активных факторов из адипоцитов.

Заключение. Главным показателем здоровья кости является её плотность, которая поддерживается чётким балансом между процессами образования кости и резорбции. Оценить плотность костной ткани можно следующими исследованиями: рентгенография костно-суставной системы, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA), количественная компьютерная томография (QCT), ультразвуковая остеоденситометрия. По результатам актуальных исследований факты нарушения минеральной плотности костной ткани более выражены у детей с ожирением. В настоящее время данные различных исследований, по влиянию жировой ткани на МПК, расходятся, что требует дальнейшего изучения данного вопроса.

Ключевые слова: компьютерная томография, ожирение, дети, костная ткань, лучевая диагностика

CHANGES IN BONE DENSITY IN OBESE CHILDREN ACCORDING TO THE RESULTS OF RADIATION DIAGNOSTIC METHODS

Lednev S.A., Yurova I.Yu., Ledneva V.S., Ulyanova L.V., Razuvaeva Yu.Yu.

*Voronezh State Medical University, 10, Studentskaja St., 394036, Voronezh, Russia**Abstract*

Objective. To present current data on the relationship of changes in bone density in children based on the results of radiation diagnostic methods.

Methods. The work uses materials of full-text articles available in open sources.

Results. Obesity is one of the most common chronic diseases in the world reaching the scale of a non-communicable epidemic. One of the significant problems of modern medicine is osteoporosis that ranks fourth among non-communicable diseases after cardiovascular pathology, oncological diseases and diabetes mellitus. WHO considers osteoporosis to be one of the significant problems of pediatrics. Adipose tissue can have a beneficial effect on bone tissue. The positive relationship between body weight and bone mass can be associated with several possible mechanisms: an increase in body weight increases the mechanical load on the skeleton and contributes to its strengthening, the association of an increase in adipose tissue with increased secretion of bone-active, anabolic hormones beta cells of the pancreas and the secretion of bone-active factors from adipocytes.

Conclusion. The main indicator of bone health is its density, which is maintained by a clear balance between the processes of bone formation and resorption. Bone density can be assessed by the following studies: radiography of the osteoarticular system, dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), quantitative computed tomography (QCT), ultrasound osteodensitometry. According to the results of current studies, violations of bone mineral density are more pronounced in obese children. Currently, data from various studies on the effect of adipose tissue on BMD differ, which requires further study of this issue.

Keywords: computed tomography, obesity, children, bone tissue, radiation diagnostics

Введение

По статистике ВОЗ, более миллиарда человек на планете имеют лишнюю массу тела, зарегистрировано более 300 млн. больных ожирением. Ожирение относится к числу самых распространенных хронических заболеваний в мире и достигает масштабов неинфекционной эпидемии. Избыточную массу тела имеют 30 млн. детей и подростков, и 15 млн. страдают ожирением. Медико-социальное значение ожирения заключается в том, что люди, имеющие данное заболевание подвержены риску развития таких патологических состояний, как СД, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, заболевания ЖКТ и пр. [10, 12]. Одной из значимых проблем современной медицины является остеопороз и занимает четвертое место среди неинфекционных заболеваний после сердечно-сосудистой патологии, онкологических заболеваний и сахарного диабета. Прогрессивное увеличение количества пациентов с остеопорозом происходит вследствие омоложения заболевания [2, 3, 11]. ВОЗ считает остеопороз одной из значимых проблем педиатрии. По данным разных авторов, сниженные показатели МПК имеют 38-43% российских детей в возрасте 5-18 лет без сопутствующей соматической патологии.

Цель исследования – представить актуальные данные связи изменения плотности костной ткани у детей по результатам лучевых диагностических методов.

Ожирение и остеопороз – два метаболических заболевания, ранее считавшиеся взаимоисключающими. Обе болезни имеют генетическую основу и подвержены различным влияниям окружающей среды; они начинаются в молодом возрасте, хотя развитие полной клинической картины может занять десятилетия, связаны со значительной заболеваемостью и смертностью, и обе могут присутствовать у одного пациента одновременно, многократно усиливая свое патологическое влияние [5,9,11,12].

Жировая ткань может оказать благоприятное воздействие на костную ткань [1,10]. Положительная связь между массой тела и костной массой может быть связана с несколькими возможными механизмами: 1) Увеличение массы тела увеличивает механическую нагрузку на скелет (особенно кортикальную часть) и способствует ее укреплению; 2) Ассоциация увеличения жировой ткани с увеличенной секрецией костно-активных, анаболических гормонов β -клетки поджелудочной железы (т. е. инсулина, амилина и прептина) и секреции костно-активных факторов из адипоцитов (т. е. эстрогена, лептина и адипонектина).

Несмотря на многочисленные свидетельства того, что жировая ткань защищает скелет, число исследований, свидетельствующих об обратном, увеличивается. Растущая эпидемия ожирения подняла тревогу среди педиатров, особенно потому, что количество переломов детей также экспоненциально растет. Эндокринологи, которые лечат взрослых, также должны быть осторожны, так как дети с ожирением могут не достигать пика костной массы, что увеличивает последующий риск переломов во взрослом возрасте, и это необходимо учитывать как дополнительный фактор риска [1, 6, 7].

Главным показателем здоровья кости является её плотность, которая поддерживается чётким балансом между процессами образования кости и резорбции [8, 10, 12]. В развивающемся растущем организме процессы перестройки костной ткани характеризуются преобладанием костеобразования над резорбцией, в результате чего костная ткань увеличивается до достижения максимальной величины плотности, т.е. «пика костной массы», определяющей её прочность на протяжении всей последующей жизни [4, 11, 12].

Оценить плотность костной ткани можно следующими исследованиями: 1) Рентгенография костно-суставной системы; 2) Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA); 3) Количественная компьютерная томография (QCT); 4) Ультразвуковая остеоденситометрия.

Рентгенография костно-суставной системы – это основной рентгенологический симптом остеопороза – повышение рентгенопрозрачности костной ткани, определяющееся в основном в костях, где преобладает трабекулярная костная ткань. В кортикальной костной ткани коротких и длинных трубчатых костей симптомы остеопороза: уменьшение толщины кортикальной кости; расширение костномозговых пространств за счёт эндостальной, субэндостальной и интракортикальной костной резорбции; снижение кортикального индекса. Относится к полуколичественным методам оценки снижения МПКТ и основывается на оценке трабекулярного рисунка проксимального отдела бедренной кости. В классификации по Сингху выделены 6 степеней: 6-я, 5-я, 4-я степени относятся к норме; 3-2 степень: резкое истончение или отсутствие трабекул в центральной части проксимального отдела бедренной кости, истончение и уменьшение количества трабекул в основании большого вертела, верхнего отдела шейки бедренной кости и нижней части бедренной головки; 1 степень: видны отдельные трабекулы в основании бедренной головки.

Рентгеноморфометрическое исследование – деформационные изменения наиболее точно и объективно могут быть выявлены и оценены при рентгеноморфометрическом исследовании на боковых рентгенограммах грудного (ТIV-XII) и поясничного (LI-IV) отделов позвоночника. Морфометрический анализ тел позвонков предполагает измерение высоты тела позвонка – передней (ha), средней (hm) и задней (hp) – и вычисление индексов тел позвонков: передний/задний индекс (ha/hp); средний/задний индекс (hm/hp); задний/задний индекс (hp/hp1 или hp/hp2).

Метод полуколичественной оценки деформаций тел позвонков по Genant: степень 0 – нормальный недеформированный позвонок; степень 1 – слабая деформация тел позвонков, снижение индексов тел позвонков равно 0,76-0,79; степень 2 – умеренная деформация, снижение индексов тел позвонков равно 0,61-0,75, степень 3 – выраженная деформация, снижение индексов тел позвонков <0,6.

Рентгенологические изменения позвоночника при остеопорозе: вертикальная исчерченность тел позвонков; рамочная структура тела позвонка; повышение прозрачности тел позвонков; снижение высоты тел позвонков; клиновидная деформация позвонков; «рыбьи позвонки»; симптом «кляш»; симптом выравнивания.

Рентгенография костно-суставной системы является единственным методом исследования, позволяющим оценивать анатомические особенности, истинную форму и размеры костей, а также структуру костной ткани и различные повреждения, в том числе переломы. Низкая чувствительность метода, позволяющая определить уменьшение костной массы тогда, когда степень снижения минерализации достигает 20-40%.

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA) – это средство измерения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) с помощью спектральной визуализации. Основные показатели минерализации костной ткани при обследовании методом DXA: костный минеральный компонент (bone mineral content, BMC) — показывает количество минерализованной ткани (г) при сканировании костей, обычно определяется длиной сканирующего пути (г/см); минеральная плотность костной ткани (МПК или bone mineral density, BMD) – обычно оценивается количество минерализованной костной ткани на сканируемой площади – (г/см²).

Индивидуальная МПК сравнивается с референсной базой данных – оценка с использованием T- и Z-критериев. Интерпретация результатов исследования минеральной плотности костной ткани по T-критерию: нормальные показатели МПК – от +2,5 до –1 стандартных отклонений от пиковой костной массы; остеопения – от -1 до -2,5 стандартных отклонений; остеопороз – -2,5 стандартных отклонений и ниже; тяжёлый остеопороз – -2,5 стандартных отклонений и ниже с наличием в анамнезе одного и более переломов.

У детей индивидуальная МПК сравнивается с соответствующими педиатрическими базами данных, включающими специфические для возраста, пола и роста Z-критерии. T-индекс не должен использоваться у детей и подростков для оценки МПК. Заключение о «снижении костной массы по сравнению с возрастной нормой» может быть сделано только на основании Z-критерия менее -2,0 SD. При Z-критерии более -2,0 SD можно говорить о минеральной плотности костной ткани в пределах возрастной нормы.

(DXA) - современный, высокоточный, неинвазивный, относительно безопасный, не требующий активного участия пациента метод определения минеральной плотности костной ткани. Является «золотым стандартом» исследования костной массы и диагностики остеопороза. Более точно оценивает снижение МПК, в отличие от стандартной рентгенографии костей. На данный момент единственный стандартизированный метод диагностики остеопороза, позволяющий проводить

сравнительную оценку результатов исследования на приборах от разных производителей. Высокая стоимость и отсутствие возможности бесплатного обследования ограничивает её применение.

Количественная компьютерная томография (QCT) – применяется для выявления и оценки плотности костей позвоночника. Причем для подобного способа исследования не имеет значение размер кости. Ввиду чего, его успешно применяют как для обследования взрослых лиц, так и детей. Этот метод сканирования позвоночника считается наиболее чувствительным и информативным на сегодняшний день. При этом наиболее информативен этот метод для определения переломов. Кроме того, к ККТ прибегают и в том случае, когда возникает необходимость в выявлении и определении метастатических поражений костной ткани. Но, несмотря на высокую информативность, у данного способа диагностики есть и недостатки. При обследовании методом ККТ задействуются повышенные дозы облучения, если сравнивать с денситометром (DXA). В отличие от DXA, которая визуализирует в технике 2D, QCT формирует 3D-измерение трабекулярной и кортикальной плотности, без наложения прилежащих костных структур и окружающих тканей: 1) Возможность определения трабекулярной и кортикальной кости по отдельности. 2) Помимо исследования аксиального отдела скелета QCT способна проводить денситометрию периферических отделов. 3) Относительно большая суммарная лучевая нагрузка при динамическом наблюдении. 4) Высокая экономическая затратность при проведении исследования. 5) Точность диагностики ККТ ненамного выше, чем при рентгеновской абсорбциометрии.

Ультразвуковая остеоденситометрия (костная ультрасонометрия) – на сегодня самый современный метод исследования плотности костей. Применяется он, как правило, при проведении обследования на предмет остеопороза. Данное исследование помогает оценить плотность костей и выявить ранние признаки остеопороза. Ультразвуковая костная денситометрия совершенно безопасна, у нее практически нет противопоказаний. Исследование не занимает много времени и позволяет быстро получить достоверную информацию. Области интереса при проведении ультразвуковой остеоденситометрии являются кости предплечья, пяточная, большеберцовая кости, фаланги пальцев. Метод основан на определении параметров распространения и поглощения ультразвука в кости. При прохождении ультразвука через кость его характеристики изменяются в зависимости от состояния костной ткани. Основными параметрами костной ультрасонометрии являются скорость звука (SOS) и широкополосное ослабление ультразвука (BUA).

На основании полученных результатов проводится расчет индекса прочности костной ткани. Полученные показатели сравниваются со встроенной базой данных. Скоростью распространения ультразвуковой волны (V , м/с) – это время, которое проходит ультразвук через объект исследования от источника излучения до преобразователя. Данный параметр имеет зависимость от эластичности и минеральной плотности кости. Показатель затухания ультразвуковой волны характеризует прохождение ультразвука через костную ткань и зависит от костной массы, количества, размеров и пространственной ориентации костных трабекул. Данный параметр выражается в дБ/МГц. Чувствительность и специфичность ультразвуковой остеоденситометрии в диагностике остеопороза ниже, чем DXA.

На качество исследования с помощью ультразвуковой остеоденситометрии влияет значительно больше субъективных факторов, чем с помощью DXA-денситометров (влияют усилия прижатия ультразвуковых датчиков, состояние кожи в области измерения, температура). Результаты сканирования костной ткани при проведении ультразвуковой остеоденситометрии не стандартизированы, что неизбежно уменьшает качество диагностики. Основная область применения ультразвуковой остеоденситометрии в настоящее время – это скрининговые исследования для выявления лиц с вероятностью костной патологии с обязательной последующей верификацией более высокоточными методами.

Исследование Н.Н. Каладзе и Н.Н. Скоромной в 2016 г. «Связь между лептином, минеральным обменом и данными денситометрии у детей с избыточной массой тела»: было обследовано 30 детей (14 девочек, 16 мальчиков) с различной массой тела, не имеющих хронической патологии, в возрасте от 10 до 15 лет. Детям проводилось антропометрическое исследование, изучение показателей минерального обмена (кальций, фосфор, магний, щелочная фосфатаза), определение уровня лептина и адипонектина, определение МПК с помощью ультразвуковой остеоденситометрии. Из 30 обследованных детей 6 имели избыточную массу тела, у 15 было зарегистрировано ожирение, дефицит массы тела наблюдался у 9 детей [10].

Были сделаны выводы: У детей с избыточной массой тела и ожирением уровень лептина превышал норму. Активность ЩФ была снижена. На фоне гиперлептинемии наблюдалась гипокальциемия у 28,57% пациентов. У детей, имеющих высокие значения ИМТ, показатель прочности кости напрямую коррелировал с уровнем Са,в крови; более низкие показатели

скорости распространения ультразвуковой волны (СРУ) – показатели влияющие на толщину кортикального слоя. Широкополостное затухание ультразвука в группе детей, имеющих избыточную массу тела, имел наибольшее значение относительно средне-популяционных величин. Результирующий показатель ИП костной ткани у обследованных детей был выше средне популяционных значений, с наибольшими показателями у детей с избыточной массой тела, тогда как у 3 детей, имеющих недостаточную массу тела, показатель костной прочности был ниже нормативных значений.

Таким образом, проведенное исследование показало, что, несмотря на нормальные значения результирующего показателя индекса прочности кости у детей с избыточной массой тела наблюдались изменения показателей, характеризующих состояние кортикального слоя кости на фоне гипокальциемии и гиперлептинемии.

Исследование М.Ж. Ашуровой и Л.М. Гарифулиной 2020 г. «Минеральная плотность костей и уровень витамина Д у детей с ожирением»: было обследовано 15 детей с избыточной массой тела и 15 детей с ожирением 1-2 степени и абдоминальным типом ожирения. Группу сравнения составили 20 детей, сопоставимых по возрасту и полу с нормальным показателем ИМТ [1]. Детям проводилось определение ИМТ, уровня холестерина, витамина Д, ультразвуковая остеоденситометрия. Было выявлено: В группе детей с избыточной массой тела остеопения наблюдалась у 53,3%, остеопороз у 20%. В группе детей с ожирением остеопения наблюдалась у 53,3%, остеопороз у 40%. В группе контроля выявлена остеопения у 50%, случаи минеральной плотности костей в пределах нормы у 45% детей, и всего у 5% отмечалось признаки остеопороза. Достоверной разницы между мальчиками и девочками в отношении развития остеопении и остеопороза в группах с избыточной массой тела и ожирением не было, тогда как случаи остеопении преобладали у девочек в контрольной группе. Выявлено, что уровень витамина Д достоверно не зависел от массы тела и у большинства детей в обеих группах был в дефиците.

Таким образом, факты нарушения минеральной плотности костной ткани более выражены у детей с ожирением, при этом установлена низкая обеспеченность витамином D среди детей и подростков школьного возраста, независимо от массы тела.

Заключение

Самым достоверным методом исследования МПК является DXA (точность диагностики ККТ ненамного выше, чем при DXA, однако значительно больше лучевая нагрузка и стоимость). DXA должна проводиться совместно с рентгенографией костно-суставной системы (является единственным методом исследования, позволяющим оценивать анатомические особенности, истинную форму, размеры костей, структуру костной ткани, повреждения) – это даст значительно больше объективной информации при оценке остеопороза и его осложнений [1, 12]. Основная область применения костной ультрасонометрии в настоящее время – это скрининговые исследования для выявления лиц с вероятностью костной патологии с обязательной последующей верификацией на аксиальном DXA-денситометре. В настоящее время данные различных исследований, по влиянию жировой ткани на МПК, расходятся, что требует дальнейшего изучения данного вопроса.

Литература (references)

1. Ашурова М.Ж., Гарифулина Л.М. Минеральная плотность костей и уровень витамина Д у детей с ожирением // Детская медицина Северо-Запада. – 2020. – №1. – С. 44. [Ashurova M. Zh., Garifulina L.M. *Detckaya medicina Severo-Zapada*. Children's medicine of the North-West. – 2020. – №1 – С. 44. (in Russian)]
2. Лесняк О.М. Новая парадигма в диагностике и лечении остеопороза // Остеопороз и остеопатии. – 2012. – №1. – С. 23-28. [Lesnyak O.M.. *Osteoporoz I osteopatii*. Osteoporosis and osteopathies. – 2012. - №1 – С. 23-28. (in Russian)]
3. Лесняк О.М., Беневоленская Л.И. Остеопороз в Российской Федерации: проблемы и перспективы // Научно-практическая ревматология. – 2010. – №5. – С. 14-18. [Lesnyak O.M., Benevolenskaya L.I. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya*. Scientific and practical rheumatology. – 2010. – №5 – С. 14-18. (in Russian)]

4. Лесняк О.М., Ершова О.Б., Белова К.Ю. Эпидемиология остеопоротических переломов в Российской Федерации и российская модель FRAX // Остеопороз и остеопатии. – 2014. – №3. – С. 3-8. [Lesnyak O.M., Ershova O.B., Belova K. Yu. *Osteoporoz I osteopatii*. Osteoporosis and osteopathies. – 2014. – N3 – P. 3-8. (in Russian)]
5. Никитинская О.А., Торощова Н.В. Оценка 10-летней вероятности остеопоротических переломов с помощью российской модели FRAX в популяционных выборках 5 регионов России // Медицинский совет. – 2017. – №1S. – С. 103-107. [Nikitinskaya O.A., T oроptcova N.V. *Meditsinskii sovet*. Medical advice. – 2017. – N1S – P. 103-107. (in Russian)]
6. Рахманов А.С., Бакулин А.В. Костная денситометрия в диагностике остеопении // Остеопороз и остеопатии. – 1998. – N1. – С. 28-30. [Rahmanov A.S., Bakulin A.V. *Osteoporoz I osteopatii*. Osteoporosis and osteopathies. – 1998. – N1 – С. 28-30. (in Russian)]
7. Скромная Н.Н., Каладзе Н.Н. Связь между лептином, минеральным обменом и данными денситометрии у детей с избыточной массой тела // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2016. – №1. – С. 41-45. [Skromnaya N.N., Kaladze N.N. *Vestnik fizioterapii I kurortologii*. Bulletin of physiotherapy and balneology. – 2016. – №1 – С. 41-45. (in Russian)]
8. Смирнов А.А. Сравнительная характеристика методов измерения костной массы // Медицинские новости. – 1997. – №2 – С. 16-34. [Smirnov A.A. *Medicinskie novosti*. Medical news. – 1997. – N2 – С. 16-34. (in Russian)]
9. Cosman F., de Beur S. J., LeBoff M. S. et al. Clinician’s Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis // Osteoporosis. Int. Springer London, 2014. – V.25, N10. – P. 2359-2381.
10. Kanis J. A. Assessment of osteoporosis at the primary health care level. Report of a WHO Scientific Group. World Health Organization. – UK: University of Sheffield, 2007.– 339 p.
11. Kanis J.A. Assessment of osteoporosis at the primary health-care level. Technical Report. UK, 2008.
12. Ziemlewicz T.J., Binkley N., Pickhardt P.J. Opportunistic Osteoporosis Screening: Addition of Quantitative CT Bone Mineral Density Evaluation to CT Colonography // Journal of the American College of Radiology. – 2015. – V.12, N10. P. 1036-1041.

Информация об авторах

Леднев Сергей Александрович – аспирант кафедры инструментальной диагностики ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. E-mail: sergeylednev242@gmail.com

Юрова Ирина Юрьевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры факультетской и паллиативной педиатрии ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. E-mail: yurova.i-yurova@yandex.ru

Леднева Вера Сергеевна – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой факультетской и паллиативной педиатрии ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. E-mail: lvsmed@yandex.ru

Ульянова Людмила Владимировна – доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской и паллиативной педиатрии ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. E-mail: lusha8722@yandex.ru

Разуваева Юлия Юрьевна – аспирант кафедры факультетской и паллиативной педиатрии ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. E-mail: peshkovayusya@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 18.01.2023

Принята к печати 15.06.2023