



СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ОСТЕОПОРОЗА

К.М. Вельма¹, Е.А. Калашникова², Ю.В. Довгялло²

¹Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького, пр-кт Ильича, д. 16, г. Донецк, 283003, Донецкая Народная Республика

²Волгоградский государственный медицинский университет, площадь Павших Борцов, д. 1, г. Волгоград, 400131, Россия

Резюме. Остеопороз, по данным Всемирной организации здравоохранения, находится на четвертом месте среди причин смертности и инвалидизации после сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний и сахарного диабета. Среди жителей России старше 50 лет остеопороз встречается примерно у каждой третьей женщины и каждого четвертого мужчины. Данная патология имеет высокую социальную значимость, поскольку нередко обуславливает высокий уровень нетрудоспособности взрослого населения. Первостепенной, с точки зрения уменьшения частоты смертности и инвалидизации трудоспособного населения от остеопороза, является проблема его профилактики и ранней диагностики, в том числе с использованием лучевых методов исследования. Информация по данной проблеме сегодня достаточно разрознена, требует систематизации и обобщения. В работе проведены изучение и анализ доступной литературы по вопросам возможностей лучевой диагностики остеопоротических изменений. Обобщая имеющиеся сведения о лучевой диагностике остеопороза, следует говорить о необходимости внедрения доклинического обследования на предмет данной патологии, поскольку имеются данные о результатах конъюнктурного скрининга в некоторых группах пациентов. Подавляющее большинство таких случаев составляет бессимптомное течение, что ещё раз подтверждает необходимость профилактического подхода к данной проблеме. Принимая во внимание многообразие существующих методов диагностики остеопороза на ранних стадиях, наиболее достоверным при некоторых своих недостатках (наличии лучевой нагрузки, дороговизне оборудования) остаются всё же двухэнергетическая рентгеновская денситометрия и количественная компьютерная томография, аналогом которых при ограниченных ресурсах для обеспечения оборудованием лечебно-профилактических учреждений является ультразвуковая денситометрия.

Ключевые слова: остеопороз, лучевая диагностика, остеосцинтиграфия, рентгенография, денситометрия, скрининг.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Вельма К.М., Калашникова Е.А., Довгялло Ю.В. Современный взгляд на методы лучевой диагностики остеопороза. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2024;14(3):104-110. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.3.MIM.1>

A MODERN LOOK AT THE METHODS OF RADIATION DIAGNOSIS OF OSTEOPOROSIS

Kirill M. Vel'ma¹, Elena A. Kalashnikova², Yuliya V. Dovgyallo²

¹Donetsk State Medical University named after M. Gorky, 16 avenue Il'icha, Donetsk, 283003, Donetsk People's Republic

²Volgograd State Medical University, 1 square Pavshikh Bortsov, Volgograd, 400131, Russia

Abstract. Osteoporosis, according to the World Health Organization, ranks fourth among the causes of death and disability after cardiovascular, oncological diseases and diabetes mellitus. Among residents of Russia over the age of 50, osteoporosis occurs in about one in three women and one in four men. This pathology has a high social significance, since it often causes a high level of disability of the adult population. From the point of view of reducing the incidence of mortality and disability of the able-bodied population from osteoporosis, the problem of its prevention and early diagnosis, including using radiation research methods, is paramount. Information on this issue is quite scattered today, requires systematization and generalization. The study and analysis of the available literature on the possibilities of radiation diagnosis of osteoporotic changes were carried out. Summarizing the available information on the radiation diagnosis of osteoporosis, we should talk about the need to introduce a preclinical examination for this pathology, since there is data on the results of opportunistic screening in some groups of patients. The vast majority of such cases are asymptomatic, which once again confirms the need for a preventive approach to this problem. Taking into account the variety of existing methods for diagnosing osteoporosis in the early stages, the most reliable, with some of its disadvantages (the presence of radiation exposure, the high cost of equipment), are still dual-energy X-ray densitometry and quantitative computed tomography, the analogue of which, with limited resources to provide equipment for medical institutions, is ultrasound densitometry.

Key words: osteoporosis, radiation diagnostics, osteoscintigraphy, radiography, densitometry, screening.

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. This research received no external funding.

Cite as: Vel'ma K.M., Kalashnikova E.A., Dovgyallo Yu.V. A modern look at the methods of radiation diagnosis of osteoporosis. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2024;14(3):104-110. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.3.MIM.1>

Актуальность

В настоящее время проблема первичного и вторичного остеопороза, по данным Всемирной организации здравоохранения, наряду с онкологическими, сердечно-сосудистыми заболеваниями и сахарным диабетом занимает лидирующие позиции в списке заболеваний, являющихся причинами смертности и инвалидизации взрослого населения [1]. Немаловажными являются данные о динамике частоты данной патологии у лиц мужского и женского пола, о структуре заболеваемости в конкретном государстве. Этот процесс встречается у людей обоих полов и проявляется разными типами остеопороза, и также известно, что он поражает пациентов различного возраста, первично или вторично по отношению к системным заболеваниям или медикаментозному лечению. В России в группе лиц 50 лет и старше остеопороз встречается у 34% женщин и 27% мужчин, при этом существуют данные о росте частоты остеопороза с возрастом [2]. Данная патология считается наиболее распространённым метаболическим заболеванием костей, которое не распознаётся у многих пожилых людей [3]. Вероятно, вопросы низкого выявления остеопороза могут быть связаны с возможностями диагностики в той или иной местности, особенностями обращаемости в медицинские учреждения, различной стадийностью патологического процесса и другими аспектами общественного здоровья и здравоохранения. Вместе со своей высокой распространённостью данное состояние не является только лишь медицинской проблемой, но и обладает высоким социальным значением: остеопоротические переломы тел позвонков и костей периферического скелета обуславливают большие материальные расходы в сфере здравоохранения и высокий уровень нетрудоспособности взрослого населения, в том числе инвалидизацию и смертность [4]. В целом, говоря о наиболее актуальных проблемах современной медицинской науки, большое внимание сегодня уделяется именно медико-социальным проблемам, имеющим большую общественную значимость. Не умаляя необходимость исследования проблем индивидуального характера, их диагностики, лечения и профилактики применительно к каждому конкретному человеку, многие отечественные и зарубежные авторы отмечают высокий запрос общества на скорейшее снижение уровня смертности и инвалидизации от той или иной патологии. Обобщая всё вышеизложенное, высокая частота остеопоротических изменений и её постоянный рост вместе со значительной стоимостью лечения самого заболевания и его осложнений, его социальной важностью обуславливают большое значение данной проблемы для системы здравоохранения, государства и общества в целом. Данный факт находит отражение

в многочисленных работах отечественных и зарубежных авторов, уделяющих внимание изучению этиопатогенетических аспектов, диагностике и особенностям течения, лечению и профилактике остеопороза. При этом приоритетным в контексте снижения частоты смертности и инвалидизации трудоспособного населения от остеопороза является вопрос его профилактики и ранней доклинической диагностики, в том числе с использованием лучевых методов исследования в комплексе с наиболее прогрессивными и инновационными методиками, позволяющими охарактеризовать существующие изменения костной ткани количественно (а значит, объективно), в наиболее возможной мере минимизировать степень расходов временных и материальных ресурсов. Имеющаяся на сегодняшний день информация по данной проблеме достаточно разрозненна и требует систематизации и обобщения, что обуславливает актуальность настоящей работы.

Цель работы – изучение и систематизация данных литературы по вопросу применения на современном этапе методов лучевого исследования для диагностики остеопороза у взрослого и детского населения.

Методика исследования

В ходе работы в соответствии с целью были изучены и систематизированы материалы отечественной и зарубежной литературы, смоделированы перспективы применения методов лучевого исследования для диагностики (в том числе – ранней) остеопороза у взрослого населения.

Результаты исследования

Для понимания наиболее адекватных, перспективных и эффективных методов исследования остеопороза следует знать этиопатогенетические особенности развития данной патологии. Данные литературы свидетельствуют о том, что в развитии остеопороза задействовано множество факторов. Некоторые из них поддаются модификации, такие как факторы окружающей среды и некоторые эндокринные факторы. К числу таких относят: факторы питания (недостаточное потребление кальция, дефицит витамина D из-за проблем с питанием, плохого усвоения или недостаточного пребывания на солнце, чрезмерное потребление белка при несбалансированном питании, чрезмерное потребление фосфатов или соли, что увеличивает потерю кальция с мочой); малоподвижный образ жизни, анаэробные упражнения и чрезмерная механическая нагрузка, которые являются тремя факторами, непосредственно вызывающими риск остеопороза; хроническое фармакологическое лечение (с применением противосудорожных средств, глюкокорти-

коидов, седативных средств или химиотерапии); потребление кофеина, алкоголя или курение. Эндокринные факторы включают, по данным разных авторов, позднюю менархе или изменения менструального цикла, которые являются состояниями, связанными с низкой костной массой; хирургическую или нехирургическую менопаузу в возрасте до 45 лет; гормонально бесплодную женщину; дефицит эстрогена до менопаузы в результате ановуляции из-за нервной анорексии, чрезмерных физических нагрузок, психического стресса и т.д. Это наиболее важный фактор риска развития остеопороза, по крайней мере в западных странах. Важно обратить внимание на эти изменяемые факторы, потому что их можно исправить и снизить риск развития остеопороза, вместе с тем их наличие необходимо обязательно учитывать при доклинической диагностике остеопоротических изменений.

Кроме того, существуют немодифицируемые факторы риска, такие как генетика, поскольку имеются важные генетические компоненты в определении плотности и массы кости, например, раса, поскольку европеоиды и азиаты подвергаются большему риску, чем фвроамериканцы и полинезийцы; пол, поскольку было обнаружено, что риск выше у женщин, чем у мужчин; возраст, поскольку каждое десятилетие увеличивает риск в 1,4–1,8 раза. Это ещё одна очевидная причина потери плотности кости заключается не только в снижении уровня гормонов, но и в том, что гистологически наблюдается уменьшение средней толщины костной стенки, но резорбция кости остаётся высокой с возрастом.

Долгие годы и до сегодняшних дней самым распространённым и общепринятым, наиболее доступным подходом к диагностике остеопороза считается рентгенологический. Это связано и с доступностью самого оборудования для проведения таких инструментальных исследований, и с относительно невысокими квалификационными требованиями к врачу, проводящему исследование и интерпретацию результатов (по сравнению с более сложными и узко специфическими методами исследования), и, вероятно, с более значительным опытом применения рентгенографии для диагностики данной патологии. Немаловажным является тот факт, что рентгенологические признаки остеопороза, доступные визуальной оценке врачом-специалистом, появляются не с начала развития заболевания, а лишь на этапе, когда около трети костной ткани уже потеряно. Вместе с тем на сегодняшний день рентгенография остаётся единственным инструментальным методом, который позволяет в полной мере оценить структуру костной ткани и её анатомические особенности, а также повреждения костей [5–7]. При анализе рентгенограмм на ранних стадиях врачам-клиницистам следует обращать внимание на

уменьшение числа трабекул и повышение прозрачности кости, поскольку именно данные факторы могут явиться предикторами особенностей развития остеопороза. В дальнейшем же пристального внимания заслуживают истончение поперечных и утолщение продольных трабекул, что выявляется, главным образом, при рентгенографическом исследовании позвоночника.

Согласно актуальным данным, весь спектр лучевых исследований, используемых в диагностике остеопороза, может быть сформирован в два направления: диагностика свершившихся низкоэнергетических переломов визуализирующими методами исследования и костная денситометрия – оценка снижения минеральной плотности кости (МПК) [8, 9]. Переломы являются наиболее распространённым следствием остеопороза и особенно часто встречаются в позвонках, бедре и предплечье. Эти переломы экспоненциально увеличиваются с возрастом и являются основной причиной заболеваемости и смертности среди пожилых людей. Более того, проксимальные концы бедренной и плечевой костей, дистальный конец лучевой кости и позвоночник наиболее подвержены остеопоротическим переломам по сравнению с другими частями кости. Аналогичным образом, перелом бедра считается тяжёлым осложнением, которое, в наибольшей степени, связано с высокой заболеваемостью и смертностью. Говоря о диагностике низкоэнергетических переломов дистальных отделов лучевой кости, шейки и проксимального отдела бедренной кости, следует понимать, что существующие лучевые методы исследования в данном случае служат скорее для верификации диагноза, который к моменту инструментального исследования, вероятнее всего, уже сформулирован на основании выраженных клинических данных в виде болевого синдрома, деформаций конечности и ограничения их подвижности. При этом важно помнить, что компрессионные переломы тел позвонков нередко сопровождаются бессимптомным течением и внешне обычно связаны с изменениями роста и осанки больного, что в целом не является ярким симптомом и обуславливает трудности в диагностике описанного поражения. Описанные сложности обуславливают необходимость внедрения скрининговых инструментальных методов исследования, которые позволили бы в достаточной мере оценить структуру и патоморфологию существующих изменений. В связи с этим большое значение принимает выявление компрессионных переломов при конъюнктурном скрининге по данным компьютерной томографии органов грудной клетки и брюшной полости. Интересным при этом кажется автоматизированный инновационный подход к данной проблеме с применением нейронных сетей в комплексе с денсито-

метрией и компьютерной томографией [10, 11]. Автоматическая классификация переломов позвонков привлекла большое внимание сообщества специалистов по анализу медицинских изображений. В ряде работ предлагаются методы количественного анализа изображений для классификации отдельных позвонков. При этом сначала позвоночный столб определённым образом сегментируется, определяя межпозвоночные промежутки, затем каждый позвонок разбивается на 17 секций, чтобы извлечь набор простых средних характеристик костной ткани, одна из таких характеристик – средняя плотность. Наконец, позвонки классифицируются на основе полученных признаков для определения рисков возникновения переломов. Система обеспечивает исключительную чувствительность (98,7%), но довольно низкую специфичность (77,3%). Важно отметить, что такие методы основаны на предварительной сегментации, которая может привести к удалению некоторых случаев с серьёзными отклонениями. Действительно, в доступной литературе имеются данные о том, что при таком анализе ряд случаев исключается из анализа из-за неправильной предварительной сегментации позвоночника, в основном вызванной переломами высокой степени тяжести. Такое положение дел возможно исправить путём использования двухэтапной методики для обнаружения позвонков: сначала используется сегментационная нейронная сеть для генерации прогнозов на уровне пикселей (фон, норма, перелом), затем прогнозируемые карты агрегируются. Ещё одна простая, но интересная идея заключалась в выборе для анализа центральных сагитальных срезов, поскольку позвоночник обычно расположен в середине изображения. Применение такого взгляда сдерживается тем фактом, что этот подход не позволяет выявить переломы у пациентов по крайней мере с умеренным сколиозом.

При рассмотрении второго направления – оценки снижения минеральной плотности кости – следует говорить о двух применяемых на современном этапе методах: двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА) и количественной компьютерной томографии (ККТ) [4]. Хотя остеопороз – это нечто большее, чем показатель денситометрии кости, это исследование позволяет провести количественную оценку костной ткани, которая используется в качестве диагностического критерия и считается прогностической величиной риска переломов, что делает её лучшим методом для определения скорости потери костной массы, а также для эволюционного контроля заболевания. Первая из названных выше методик в течение последнего десятилетия считается «золотым стандартом» диагностики остеопороза, хотя несмотря на статистику риска переломов, тестирование на остеопороз с помо-

щью ДРА используется не в полной мере [12]. Суть метода заключается в статистическом сравнении полученных данных о минеральной плотности кости с нормальной пиковой костной массой. Под последней понимается среднее значение МПК для возраста, в котором она достигает максимума в данной конкретной части скелета. При оценке результатов таких сравнений учитывается стандартное отклонение, значение которого более 2,5 является основанием для выставления диагноза остеопороза [13]. Вместе с этим некоторые авторы сообщают о случаях, когда при наличии клинических признаков остеопороза в виде переломов костей, а также при наличии возрастных изменений позвоночника абсорбциометрия не во всех случаях позволила диагностировать остеопороз. В связи с этим исследователи обращают внимание на необходимость совершенствования методики и более детального изучения и внедрения в широкую практику количественной компьютерной томографии, позволяющей дифференцированно оценивать компактную и губчатую ткани позвонков. Первоначально ККТ разрабатывалась как методология, использующая отдельные толстые (около 10 мм) срезы КТ-изображений, расположенные под углом и обходящие кортикальные концевые пластинки. Однако в настоящее время этот способ работы в значительной степени вытеснен использованием объёмных изображений, охватывающих интересующие области позвоночника или бедра. Для пациентов, проходящих скрининговую компьютерную колонографию, существует потенциальная возможность одновременного скрининга МПК с помощью ККТ без необходимости какой-либо дополнительной визуализации, облучения и при минимальном расходе времени пациента. Кроме того, существует ряд показаний к компьютерной томографии, при которых существует большое совпадение между потребностью в компьютерной томографии и наличием у пациента факторов риска развития остеопороза. Используя методологию ККТ на основе объёмных изображений, а не более старые протоколы с одним срезом, можно также использовать эти КТ-изображения для измерения МПК с помощью ККТ. Такое двойное использование КТ-изображений могло бы увеличить частоту скрининга или, альтернативно, исключить необходимость в скрининге ДРА у некоторых людей [12]. С точки зрения многих зарубежных авторов, количественная компьютерная томография при своих недостатках – дороговизне и более высокой лучевой нагрузке – позволяет охарактеризовать уровень минерализации костной ткани более достоверно. Так, в ходе оригинальных исследований для пациентов с компрессионными переломами позвонков в возрасте старше 60 лет ККТ показала более высокие диагностические возможности в сравнении с

денситометрией. Кроме того, ККТ позволяет получить данные с перспективами прогнозирования при оценке качественных изменений костной ткани в условиях значительной её резорбции [14].

Особого внимания заслуживает лучевая диагностика остеопороза у отдельных категорий пациентов. Так, на современном этапе большое внимание исследователей уделяется вопросам изучения механизмов диабетических нарушений, в том числе связанных с изменениями фосфорно-кальциевого обмена. При этом говорить о единственно ясной и полной теории патогенетических механизмов диабетической остеопатии не приходится, сегодня доказана лишь полиэтиологичная природа этого осложнения [15]. Данный факт вместе с «безмолвностью» ранних остеопоротических изменений делает проблему определения особенностей МПК у больных сахарным диабетом 2-го типа, а также возможностей лучевых методов в ранней диагностике остеопороза у данного контингента больных одной из приоритетных задач современной медицинской науки [16]. Ранее, в конце прошлого столетия, учёными были представлены данные о повышении МПК у больных сахарным диабетом 2-го типа или отсутствии её отклонений от нормы в данной группе пациентов [17, 18]. В последние годы взгляд на эту проблему изменился. При проведении оригинального исследования Мамедовой Ш.Р. и соавт. (2019) в результате наблюдения 70 пациентов, средний возраст которых составил $62,7 \pm 0,9$ года, удалось установить, что для больных сахарным диабетом характерны изменения МПК, которые больше выражены у женщин, при этом данная зависимость, по мнению авторов, не зависит от длительности заболевания. Вместе с тем имеются данные о том, что проведение у больных сахарным диабетом рентгеноденситометрии позволяет на ранних стадиях диагностировать бессимптомные нарушения минеральной плотности костной ткани, тем самым предупреждая возможность развития осложнений остеопоротической патологии [16, 19].

Особым представляется и подход к диагностике остеопороза в педиатрии, для которой данная патология является одной из значимых проблем в связи с полиэтиологичностью и высокой частотой инвалидизации, а также длительным латентным периодом у детей, что порождает позднюю верификацию [20–22]. Важно отметить, что «золотым стандартом» остеопороза у детей также является двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, обладающая высокой чувствительностью и специфичностью. При этом абсолютными показаниями для её проведения является наличие более одного перелома в год, переломы «излюбленных» локализаций при остеопорозе (проксимальный отдел бедренной кости, позвоночник, проксимальный отдел плечевой

кости, дистальный метаэпифиз лучевой кости), выраженная остеопения по данным ультразвуковой денситометрии, отставание локального костного возраста от паспортного более чем на 2 года [22–24].

При рассмотрении работ, посвящённых методам диагностики остеопороза в раннем постменопаузальном периоде, удалось выяснить, что несмотря на наличие «золотого стандарта» в выявлении остеопороза, достаточно клинически и экономически приемлемым методом, по данным отечественных и зарубежных авторов, является ультразвуковая денситометрия. Такой подход основан на измерении скорости звука и ослаблении ультразвука в периферических костях скелета. Однако на сегодняшний день не было продемонстрировано на достаточном по объёму материале, что параметры, полученные с помощью этого теста, клинически полезны для мониторинга заболевания. Преимуществами метода можно считать более высокую доступность и отсутствие лучевой нагрузки, однако принимая во внимание возможность данного оборудования лишь косвенно отражать плотность состава и качество трабекулярной кости, данную методику следует рассматривать скорее как скрининговую [25, 26]. При этом мнение о необходимости использовать двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию для постановки точного диагноза остеопороза у женщин постменопаузального периода, составляющих группу риска, сохраняется актуальным [27].

Интересным и перспективным представляется применение остеосцинтиграфии для диагностики переломов на фоне остеопороза, когда рентгенологические данные отрицательны или сомнительны. При этом возможности метода позволяют оценить примерный возраст перелома и обнаружить скрытые переломы [28]. По данным оригинальных исследований, определение уровня накопления радиофармпрепарата (например, ^{99m}Tc -технефора) у пациентов со сниженной МПК обладает высокой чувствительностью и специфичностью для выявления переломов позвонков [29].

Заключение

Остеопороз – это тяжёлое, хроническое, прогрессирующее и клинически незаметное заболевание, которое является результатом дисбаланса между резорбцией кости и её производством. Остеопороз не следует заранее установленным клиническим схемам, а скорее проявляется специфическими признаками и симптомами во время своего течения, включая боль, деформации или потерю роста. Компрессионные переломы являются наиболее распространённым следствием остеопороза и особенно часто случаются в позвонках, бедре и предплечье. Несмотря на успехи в диагностике с помощью различных методов, таких как денсито-

метрия кости и двойная рентгенография, необходимы дополнительные исследования. Обобщая имеющиеся сведения о лучевой диагностике остеопороза у взрослого и детского населения, следует говорить о необходимости внедрения доклинического обследования на предмет данной патологии, поскольку имеются данные о результатах конъюнктурного скрининга в некоторых группах пациентов. При этом подавляющее большинство таких выявленных случаев составляет бессимптомное течение, что ещё раз подтверждает необходимость именно

профилактического подхода к данной проблеме. Принимая во внимание многообразие существующих методов диагностики остеопороза на ранних стадиях, наиболее достоверным при некоторых своих недостатках (наличии лучевой нагрузки, дороговизне оборудования) остаются всё же двухэнергетическая рентгеновская денситометрия и количественная компьютерная томография, аналогом которых при ограниченных ресурсах для обеспечения оборудованием лечебно-профилактических учреждений является ультразвуковая денситометрия.

Литература [References]

- 1 Лудан В.В., Польская Л.В. Профилактика остеопороза. *Таврический медико-биологический вестник*. 2020;23(4):98-104. Ludan V.V., Polskaya L.V. Prevention of osteoporosis. *Tauride Medical and Biological Bulletin*. 2020;23(4):98-104. (In Russ).
- 2 Михайлов Е.Е., Беневоленская Л.И. *Руководство по остеопорозу*. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2003. Mikhailov E.E., Benevolenskaya L.I. *Guidelines for osteoporosis*. Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge; 2003. (In Russ).
- 3 Shayganfar A., Khodayi M., Ebrahimian S., Tabrizi Z. Quantitative diagnosis of osteoporosis using lumbar spine signal intensity in magnetic resonance imaging. *The British Journal of Radiology*. 2019;92 (1097):20180774.
- 4 Белая Ж.Е. и др. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза. *Остеопороз и остеопатии*. 2021;24 (2):4-47. 4. Belaya J.E. et al. Federal clinical guidelines for the diagnosis, treatment and prevention of osteoporosis. *Osteoporosis and osteopathies*. 2021;24 (2):4-47. (In Russ).
- 5 Астапенков Д.С. Комплексное лечение больных остеопорозом, осложненным патологическими переломами тел позвонков. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2010;17(3):43-47. Astapenkov D.S. Complex treatment of patients with osteoporosis complicated by pathological fractures of the vertebral bodies. *Bulletin of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov*. 2010;17(3):43-47. (In Russ).
- 6 Дрыгина Л.Б., Трофимова И.В., Саблин О.А., Никифорова И.Д. *Современные методы диагностики, профилактики и лечения остеопороза*. СПб.: ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России; 2011. 86. Drygina L.B., Trofimova I.V., Sablin O.A., Nikiforova I.D. *Modern methods of diagnosis, prevention and treatment of osteoporosis*. St. Petersburg: A.M. Nikiforov Russian Ministry of Emergency Situations; 2011. 86. (In Russ).
- 7 Зулкарнеев Р.А., Ахтямов И.Ф., Зулкарнеев Р.Р. Диагностика остеопороза различного генеза. *Казанский медицинский журнал*. 2002;83(1):75-76. Zulkarnееv R. A., Akhtyamov I. F., Zulkarnееv R. R. Diagnosis of osteoporosis of various genesis. *Kazan Medical Journal*. 2002;83(1):75-76. (In Russ).
- 8 Петрайкин А.В., Артюкова З.Р., Низовцова Л.А., Уринцов А.И., Сорокин А.С., Ахмад Е.С. и др. Анализ эффективности внедрения системы скрининга остеопороза. *Менеджер здравоохранения*. 2021;2:31-39. Petraykin A.V., Artyukova Z.R., Nizovtseva L.A., Urntsov A.I., Sorokin A.S., Akhmad E.S., et al. Analysis of the effectiveness of the implementation of an osteoporosis screening system. *Health care manager*. 2021;2:31-39. (In Russ).
- 9 Aibar-Almazán A., Voltes-Martínez A., Castellote-Caballero Y., Afanador-Restrepo D. F., Carcelén-Fraile M. D. C., López-Ruiz E. Current Status of the Diagnosis and Management of Osteoporosis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23(16):9465.
- 10 Derkatch S., Kirby C., Kimelman D., Jozani M. J., Davidson J. M., Leslie W. D. Identification of vertebral fractures by convolutional neural networks to predict nonvertebral and hip fractures: A Registry-based Cohort Study of Dual X-ray Absorptiometry. *Radiology*. 2019;2(293):404-411.
- 11 Pisov M., Kondratenko V., Zakharov A., Petraikin A., Gombolevskiy V., Morozov S. et al. Keypoints Localization for Joint Vertebra Detection and Fracture Severity Quantification. MICCAI 2020: Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention. 2020: 723-732.
- 12 Brett A.D., Brown J.K. Quantitative computed tomography and opportunistic bone density screening by dual use of computed tomography scans. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2015;3(4):178-184.
- 13 Скрипникова И.А., Щеплягина Л.А., Новиков В.Е., Косматова О.В., Абирова А.С. *Возможности костной рентгеновской денситометрии в клинической практике: методические рекомендации*. 2-е изд., доп. М., 2015. 1-36. Skripnikova I.A., Shcheplyagina L.A., Novikov V.E., Kosmatova O.V., Abirova A.S. The possibilities of bone X-ray densitometry in clinical practice: methodological recommendations. 2nd ed., supplement. Moscow, 2015.1-36. (In Russ).
- 14 Дьячкова Г.В., Реутов А.И., Эйдлина Е.М., Степанов Р.В., Ковалева А.В. Возможности и преимущества количественной компьютерной томографии в выявлении остеопороза позвоночника. *Радиология-практика*. 2006;4:32-36. Dyachkova G.V., Reutov A.I., Eidlina E.M., Stepanov R.V., Kovaleva A.V. The possibilities and advantages of quantitative computed tomography in the detection of spinal osteoporosis. *Radiology is a practice*. 2006;4:32-36. (In Russ).
- 15 Gulyeva N.F. Clinico-metabolic characteristics of diabetes mellitus type 2 with the existed and non-existed metabolic syndrome. *Азербайджанский медицинский журнал*. 2007;4:106-109. Gulyeva N.F. Clinical and metabolic characteristics of diabetes mellitus type 2 with the excited and non-existing metabolic syndrome. *The Azerbaijani Medical Journal*. 2007;4:106-109.
- 16 Мамедова Ш.Р., Аскерова Х.Э., Панахова М.С. Лучевые методы в ранней диагностике остеопороза у больных сахарным диабетом 2-го типа. *Медицинские новости*. 2019;5 (296):72-74. Mammadova Sh.R., Askerova Kh.E., Panakhova M.S. Radiation methods in the early diagnosis of osteoporosis in patients with type 2 diabetes mellitus. *Medical news*. 2019;5 (296):72-74. (In Russ).
- 17 Isaia G., Ardisson P., Di Stefano M., et al. Bone metabolism in type 2 diabetes mellitus. *Acta Diabetologica*. 1999;1:35-38.
- 18 Wakasugi M., Wakao R., Tawata M., et al. Bone mineral density measured by dual energy X-ray absorptiometry in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Bone*. 1993;1:29-33.
- 19 Lettgen B., Hauffa B., Möhlmann C., et al. Bone mineral density in children and adolescents with juvenile diabetes: selective measurement of bone mineral density of trabecular and cortical bone using peripheral quantitative computed tomography. *Hormone Research in Paediatrics*. 2013;5:173-175.

- 20 Ключников С. О., Кравчук Д. А., Оганисян М. Г. Остеопороз у детей и его актуальность для детской спортивной медицины. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2017;62(3):112-120. Klyuchnikov S. O., Kravchuk D. A., Oganiesyan M. G. Osteoporosis in children and its relevance for children's sports medicine. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2017;62(3):112-120. (In Russ).
- 21 Мальцев С. В., Мансурова Г. Ш. Снижение минеральной плотности кости у детей и подростков: причины, частота развития, лечение. *Вопросы современной педиатрии*. 2015;14(5):573-578. Maltsev S. V., Mansurova G. Sh. Decrease in bone mineral density in children and adolescents: causes, frequency of development, treatment. *Issues of modern pediatrics*. 2015;14(5):573-578. (In Russ).
- 22 Тыртова Д. А., Эрман М. В., Тыртова Л. В., Ивашкина Т. М. Остеопороз в детском и подростковом возрасте: состояние проблемы. *Вестник Санкт-Петербургского университета*. 2009;11(2):164-173. Tyrtova D. A., Erman M. V., Tyrtova L. V., Ivashikina T. M. Osteoporosis in childhood and adolescence: the state of the problem. *Bulletin of St. Petersburg University*. 2009;11(2):164-173. (In Russ).
- 23 Баранов А. А., Щеплягина Л. А. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы): практическое руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2006. 432. Baranov A. A., Shcheplyagina L. A. *Physiology of growth and development of children and adolescents (theoretical and clinical issues): practical guide*. Moscow: GEOTAR-Media; 2006. 432. (In Russ).
- 24 Петеркова В. А., Коровина Н. А. Дефицит кальция и остеопенические состояния у детей, диагностика, лечение, профилактика: научно-практическая программа. М.: МФОЗМиР; 2006. 48. Peterkova V. A., Korovina N. A. *Calcium deficiency and osteopenic conditions in children, diagnosis, treatment, prevention: scientific and practical program*. Moscow: MFOZMiR; 2006. 48. (In Russ).
- 25 Азизова Д.Ш., Азизова Г.Д., Нурмухамедова Л.С. Сравнительная оценка двух неинвазивных методов исследования плотности костной ткани у женщин узбекской популяции. *Боль. Суставы. Позвоночник*. 2013; 10 (20): 80-82. Azizova D. Sh., Azizova G. D., Nurmukhamedova L. S. Comparative assessment of two noninvasive methods for studying bone density in Uzbek women. *Pain. Joints. Spine*. 2013; 10 (20): 80-82. (In Russ).
- 26 Турдыбекова Я. Г., Жанабергенова С. А., Иралина Р. В., Кравченко К. В. Распространенность остеопороза в раннем постменопаузальном периоде. Методы его диагностики. *Вестник Казахского Национального медицинского университета имени С.Д. Асфендиярова*. 2019;2:1-4. Turdybekova Ya. G., Zhanabergenova S. A., Iralina R. V., Kravchenko K. V. The prevalence of osteoporosis in the early postmenopausal period. Methods of its diagnosis. *Bulletin of the Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov*. 2019;2:1-4. (In Russ).
- 27 Yong E. L., Logan S. Menopausal osteoporosis: screening, prevention and treatment. *Singapore Medical Journal*. 2021;62(4):159-166.
- 28 Лишманов Ю.Б., Чернов В.И. Радионуклидная диагностика для практических врачей. Томск: SST; 2004. 394. Lishmanov Yu.B., Chernov V.I. *Radionuclide diagnostics for practitioners*. Tomsk: SST; 2004. 394. (In Russ).
- 29 Капишников А. В., Алехин Э. Н. Возможности скинтиграфии скелета в диагностике остеопоротических изменений позвонков и оценке ремоделирования костной ткани у больных остеопорозом. *Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии*. 2014;14. Kapishnikov A.V., Alyokhin E. N. The possibilities of skeletal scintigraphy in the diagnosis of osteoporotic vertebral changes and assessment of bone remodeling in patients with osteoporosis. *Bulletin of the Russian Scientific Center of Radiology*. 2014;14. (In Russ).

Авторская справка

Вельма Кирилл Максимович

Студент лечебного факультета №1, Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького.

ORCID 0009-0005-2130-0330; kirill.velma@bk.ru

Вклад автора: подготовка текста работы.

Калашникова Елена Антоновна

Студентка лечебного факультета, Волгоградский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-4219-7820; ElenKalashnikova@yandex.ru

Вклад автора: подготовка текста работы.

Довгялло Юлия Викторовна

Д-р мед. наук, профессор кафедры анатомии, Волгоградский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-6626-0361; dovgyallo1@mail.ru

Вклад автора: формулирование концепции работы, подготовка выводов, обсуждение.

Author's reference

Kirill M. Vel'ma

Student of the Faculty of Medicine No. 1, Donetsk State Medical University named after M. Gorky.

ORCID 0009-0005-2130-0330; kirill.velma@bk.ru

Author's contribution: writing the text of article.

Elena A. Kalashnikova

Student of the Faculty of Medicine, Volgograd State Medical University.

ORCID 0000-0002-4219-7820; ElenKalashnikova@yandex.ru

Author's contribution: writing the text of article.

Yuliya V. Dovgyallo

Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Anatomy, Volgograd State Medical University.

ORCID 0000-0002-6626-0361; dovgyallo1@mail.ru

Author's contribution: formulation of the research concept, preparation of conclusions, discussion.