



ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Обзорная статья

УДК 616-71

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-5-72-88>

Радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия (РЭМС) – новый метод денситометрии (обзор литературы)

А. Ф. Колондаев¹, В. В. Макогон², М. А. Добрицына³,
Н. А. Еськин⁴, С. С. Родионова⁵

^{1–5} ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова» Минздрава РФ, Москва, Россия

¹ <https://orcid.org/0000-0002-4216-8800>

² <https://orcid.org/0009-0008-9666-6961>

³ <https://orcid.org/0009-0008-5572-5718>

⁴ <https://orcid.org/0000-0003-4738-7348>

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-2726-8758>

Автор, ответственный за переписку: Александр Федорович Колондаев, klndff@inbox.ru

Аннотация

Цель исследования. Ознакомить медицинских работников с возможностями нового метода денситометрии РЭМС, используемого в диагностике остеопороза и оценке риска низкоэнергетических переломов.

Материалы и методы. Поиск и отбор публикаций проводился на основе интернет-ресурсов PubMed, eLibrary, официальных сайтов международных и национальных медицинских организаций с 2004 по 2025 г.

Результаты. В обзоре литературы изложены данные о радиочастотной эхографической мультиспектрометрии – новом перспективном ультразвуковом методе, используемом для оценки количественных показателей костной ткани тел поясничных позвонков и проксимальных отделов бедренных костей, определения риска переломов. Проведенные в ряде стран исследования продемонстрировали высокую степень соответствия результатов, полученных при помощи радиочастотной эхографической мультиспектрометрии и двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии, что дало основание рекомендовать новую методику для клинического использования у пациентов с остеопорозом и низкой массой костной ткани. Авторами обзора проводится анализ практических результатов, преимуществ и нерешенных вопросов использования нового метода денситометрии.

Выводы. Радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия является новым перспективным высокоэффективным методом денситометрии, необходимым для более широкого внедрения в диагностику остеопороза и оценку риска низкоэнергетических переломов. В то же время сравнительно ограниченный опыт применения требует продолжения иссле-

© Колондаев А. Ф., Макогон В. В., Добрицына М. А., Еськин Н. А., Родионова С. С., 2025

дований, направленных на изучение его преимуществ и недостатков по сравнению с двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрией.

Ключевые слова: радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, денситометрия, остеопороз

Для цитирования: Колондаев А. Ф., Макогон В. В., Добрицына М. А., Еськин Н. А., Родионова С. С. Радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия (РЭМС) — новый метод денситометрии (обзор литературы) // Радиология — практика. 2025;5:72-88. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-5-72-88>

Источники финансирования

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Соответствие принципам этики

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

Review article

Radiofrequency Echographic Multispectrometry (REMS) is a New Method of Densitometry (review)

Aleksandr F. Kolondaev¹, Valentina V. Makogon², Marina A. Dobritsyna³,
Nikolai A. Es'kin⁴, Svetlana S. Rodionova⁵

^{1–5} Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia

¹ <https://orcid.org/0000-0002-4216-8800>

² <https://orcid.org/0009-0008-9666-6961>

³ <https://orcid.org/0009-0008-5572-5718>

⁴ <https://orcid.org/0000-0003-4738-7348>

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-2726-8758>

Corresponding author: Aleksandr F. Kolondaev, klndff@inbox.ru

Abstract

The purpose of the study. To familiarize medical professionals with the possibilities of the new method of densitometry REMS used in the diagnosis of osteoporosis and risk assessment of low-energy fractures.

Materials and methods. The search and selection of publications was carried out on the basis of PubMed, eLibrary, and official websites of international and national medical organizations from 2004 to 2025.

Results. The literature review presents data on radiofrequency echographic multispectrometry, a new promising ultrasound method used to evaluate quantitative parameters of bone tissue in the lumbar vertebrae and proximal femoral bones, and to determine the risk of fractures. Studies conducted in a number of countries have demonstrated a high degree of consistency between the results obtained using radiofrequency echographic multispectrometry and dual-energy X-ray absorptiometry, which gave reason to recommend a new technique for clinical use in patients with osteoporosis and low bone mass. The authors of the review analyze the practical results, advantages, and unresolved issues of using the new densitometry method.

Conclusions. Radiofrequency echographic multispectrometry is a promising new highly effective method of densitometry, necessary for wider implementation in the diagnosis of osteoporosis and risk assessment of low-energy fractures. At the same time, the comparatively limited application experience requires continued research aimed at studying its advantages and disadvantages in comparison with dual-energy X-ray absorptiometry.

Keywords: Radiofrequency Echographic Multi-spectrometry, Dual-energy X-ray Absorptiometry, Densitometry, Osteoporosis

For citation: Kolondaev A. F., Makogon V. V., Dobritsyna M. A., Es'kin N. A., Rodionova S. S. Radiofrequency Echographic Multispectrometry (REMS) is a New Method of Densitometry (review). *Radiology — Practice*. 2025;5:72-88. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-5-72-88>

Funding

The study was not funded by any sources.

Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

Актуальность

Остеопороз — метаболическое заболевание скелета, характеризующееся снижением массы костной ткани, нарушением ее микроархитектоники и повышением риска переломов. Остеопороз — ведущая причина низкоэнергетических переломов, являющихся актуальной медико-социальной проблемой для всего мира. Переломы проксимального от-

дела бедренной кости при остеопорозе сопровождаются высоким уровнем летальности и требуют экстренных хирургических вмешательств, переломы тел позвонков и костей предплечья ухудшают качество жизни и приводят к социальной дезадаптации пациентов [3, 8].

По имеющимся сведениям, в Российской Федерации частота остеопороза у женщин в постменопаузе состав-

ляет 34 %, у мужчин старше 50 лет — 27 % [1]. В то же время клиническая практика как за рубежом, так и в нашей стране свидетельствует о недостаточной выявляемости заболевания. Так, по результатам ретроспективного анализа работы нескольких региональных травматологических отделений, даже после уже произошедшего низкоэнергетического перелома проксимального отдела бедренной кости диагноз остеопороза регистрировался лишь у 16,7 % пациентов [9].

Золотым стандартом в диагностике остеопороза и оценке эффективности лечения является двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA). Согласно рекомендациям международного общества клинической денситометрии от 2023 г., DXA поясничных позвонков и проксимальных отделов бедренных костей является предпочтительной по сравнению с исследованием периферического скелета [11].

Однако этот метод доступен для населения далеко не во всех регионах ввиду затратности и необходимости оборудования специальных помещений [6]. Кроме того, рутинное измерение минеральной плотности кости (МПК) не дает возможности адекватно предсказать риск перелома [6]. Низкоэнергетические переломы у лиц старших возрастных групп происходят в половине случаев при отсутствии выявленного по результатам DXA остеопороза [38].

Доказано, что риск перелома в большей степени зависит не только от низкой МПК, но также от нарушения микроархитектоники и метаболизма костной ткани, особенностей анатомического строения, саркопении [31, 45, 47]. С целью повышения точности оценки риска низкоэнергетических переломов в ходе обследования DXA предложены трабекулярный костный индекс и индекс деформации кости. Однако только учет дополнительных факторов риска позволяет добиться наилучшего результата.

Наиболее распространенным комплексным методом прогнозирования низкоэнергетических переломов в настоящее время является алгоритм FRAX [1, 31].

Определение интегральных показателей, отражающих механические свойства костной ткани, потенциально может иметь преимущества по сравнению с измерением МПК в ходе DXA. Таким способом денситометрии является ультразвуковое исследование [41]. Из распространенных ультразвуковых (УЗ) методов денситометрии наибольшей информативностью обладает исследование пяточной кости. По результатам метаанализа измеряемые при этом обследовании параметры (затухание широкополосного ультразвука, скорость, индекс жесткости, количественный ультразвуковой индекс) позволяют оценить риск переломов различных локализаций с точностью, близкой определению МПК при DXA [32].

Главным недостатком всех традиционных УЗ-денситометров является невозможность оценки состояния костной ткани позвонков и проксимального отдела бедренной кости. Вследствие этого МПК, определяемая при DXA, и данные УЗ-денситометрии пяточной кости коррелируются слабо, в связи с чем последний метод не может заменить DXA. Кроме того, для окончательной оценки точности УЗ-денситометрии пяточной кости на сегодня необходимы дополнительные международные многоцентровые исследования [32, 37, 43].

Цель: ознакомить медицинских работников с возможностями нового метода денситометрии, радиочастотной эхографической мультиспектрометрией, используемой в диагностике остеопороза и оценке риска низкоэнергетических переломов.

Материалы и методы

Поиск и отбор публикаций проводился на основе интернет-ресурсов PubMed, eLibrary, официальных сайтов

международных и национальных медицинских организаций с 2004 по 2025 г.

Результаты

В последние годы в мире активно внедряется новый УЗ-метод денситометрии — радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия (РЭМС).

Анализ ультразвукового сигнала, отраженного от передней поверхности поясничных позвонков и проксимального отдела бедренной кости в ходе обследования пациента, позволяет оценить состояние костной ткани этих отделов скелета. Исследование участков, подверженных риску наиболее значимых низкоэнергетических переломов, является важнейшим преимуществом РЭМС по сравнению с другими методами УЗ-денситометрии и соответствует требованиям международного общества клинической денситометрии [11, 23].

Сканирование выполняется эхографическим устройством, работающим на частоте 3,5 МГц. В ходе исследования визуализируются передние отделы тел поясничных позвонков и проксимального отдела бедренной кости, после чего необработанный отраженный сигнал используется в компьютерном анализе для денситометрии. При исследовании позвонков нижние конечности находятся в положении сгибания в тазобедренных и коленных суставах под 90° , бедренной кости — в состоянии внутренней ротации конечности на $15\text{--}25^\circ$. Во время исследования датчики располагаются на передней поверхности брюшной стенки и по передней поверхности тазобедренного сустава. После визуализации зон интереса и установки параметров глубины сканирования программное обеспечение определяет поверхность костной ткани. Участки, не соответствующие по своим эхографическим свойствам костной ткани (артефакты и внекостно расположенные металлоконструкции), автоматически исключаются из анализа. Денситометр имеет мобильный

стационарный и переносной варианты, обладающие одинаковыми диагностическими характеристиками, что делает его доступным как для региональных медицинских учреждений, так и для обследования на дому [5, 44].

Показатель остеопороза (ПО) пациента определяется путем сравнения полученных спектров сигнала с имеющимися референтными моделями и аналогичен МПК при DXA. Т- и Z-критерии также вычисляются относительно общепринятой нормативной базы NHANES. На основе сравнения спектров сигнала у здоровых лиц и пациентов с низкоэнергетическими переломами определяется индекс хрупкости костей (ИХ) [46]. Дополнительно рассчитывается 5-летний риск низкоэнергетических переломов [23].

Сравнительные исследования в популяции показали в целом высокую сопоставимость результатов, полученных методами РЭМС и DXA.

Данные ПО РЭМС и МПК DXA имели высокие коэффициенты корреляции (для шейки бедренной кости $r = 0,93$, поясничных позвонков $r = 0,94$). При качественной оценке результатов (остеопороз/сниженная костная масса/норма) результаты совпадали в 88,2 % для шейки бедренной кости и в 88,8 % случаев для поясничных позвонков [21].

Чувствительность и специфичность ПО РЭМС по сравнению с МПК DXA составили 90,4 и 95,5 % для проксимального отдела бедренной кости, 90,9 и 95,1 % — для поясничных позвонков соответственно [17].

Исследование только среди мужчин также показало высокую корреляцию показателей между РЭМС и DXA — для шейки бедренной кости $r = 0,90$, поясничных позвонков $r = 0,91$ [24].

Оба метода оценки массы костной ткани имели близкие показатели чувствительности и специфичности для прогнозирования низкоэнергетических переломов [12].

Чувствительность и специфичность ИХ для оценки риска переломов проксимального отдела бедренной кости составили соответственно 70,0 и 73,2 % у женщин, 72,2 и 76,1 % у мужчин. Для компрессионных переломов тел позвонков показатели были соответственно 72,4 и 77,9 % у женщин, 71,6 и 79,0% у мужчин. Показано, что прогнозирование низкоэнергетических переломов с помощью ИХ существенно превосходит результаты обычного измерения МПК [34].

Показатель ИХ в высокой степени коррелировал с оценкой риска переломов по FRAX [27]. Дополнительно к этому сами результаты РЭМС могут использоваться в комплексной оценке риска переломов по этой шкале, что потенциально может повысить точность последней [5].

Получены предварительные данные об использовании РЭМС для оценки эффективности терапии при остеопорозе. В работе E. Quarta определение динамики МПК DXA и ПО РЭМС в поясничных позвонках в ходе терапии деносумабом показало высокую сопоставимость этих методов [35].

Преимуществами РЭМС по сравнению с DXA являются мобильность, отсутствие необходимости в специально оборудованном помещении, а также более низкая стоимость оборудования [13, 36]. РЭМС не несет лучевой нагрузки и может применяться при беременности, а также предпочтительна у молодых лиц [15, 18]. В отличие от DXA, РЭМС позволяет выполнить денситометрию при наличии имплантов в позвоночнике или после остеосинтеза проксимального отдела бедренной кости. В ходе исследования РЭМС из зоны сканирования автоматически исключаются артефакты, приводящие к ошибкам измерения МПК при DXA, в частности кальцинаты сосудов или остеофиты [4, 46].

В настоящее время РЭМС признана как за рубежом, так и в нашей стра-

не. С октября 2018 г. РЭМС одобрена для широкого применения Food and Drug Administration в США, в 2019 г. рекомендована совещанием экспертов Европейского общества клинических и экономических аспектов остеопороза, остеоартроза и мышечно-скелетных заболеваний (ESCEO), в 2021 г. учтена Итальянскими национальными рекомендациями по диагностике и лечению низкоэнергетических переломов и Латиноамериканской федерацией эндокринологии [19, 20, 25, 28]. В нашей стране РЭМС рекомендована резолюцией совета экспертов Российской ассоциации геронтологов и гериатров, консенсусом экспертов по диагностике остеопороза и саркопении у пациентов пожилого и старческого возраста [7, 10].

Обсуждение

Несмотря на близкие в целом в популяции результаты DXA и РЭМС, различные физические основы методов и особенности сканирования иногда приводят к их существенным расхождениям, что может сказаться на установлении диагноза и выборе тактики лечения практическим врачом. В связи с этим требуется анализ причин несоответствий.

Одни из факторов — спондилоартроз и формирование остеофитов при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника. Доказано, что завышенные показатели МПК при DXA у таких пациентов не подтверждаются измерением плотности костной ткани тел позвонков количественной компьютерной томографией и определением трабекулярного костного индекса [42].

У пациентов с выраженными дегенеративно-дистрофическими изменениями поясничного отдела позвоночника, по результатам исследования DEMETER, РЭМС имеет более высокую диагностическую точность по сравнению с DXA этого отдела скелета в диагностике остеопороза [16].

В работе А. Fassio изучалась возможность использования РЭМС при метаболическом заболевании костей у пациентов с тяжелой хронической болезнью почек. По мнению авторов, РЭМС поясничных позвонков более точно, чем DXA, оценивает костную массу за счет исключения из зоны исследования кальцината аорты и улучшает прогнозирование риска переломов у этой группы больных [22].

По данным проведенных научных работ, на прочность костной ткани при сахарном диабете влияет не столько снижение массы костной ткани, сколько нарушение ее качества [26, 33]. Известно, что у больных с сахарным диабетом 2 типа риски низкоэнергетических переломов достоверно выше, чем у здоровых людей с одинаковыми значениями Т-критерия МПК шейки бедренной кости. Завышенные показатели массы костной ткани при DXA могут привести к установлению неверного диагноза и ошибочному отказу от назначения остеотропной терапии [39].

В работе С. Caffarelli показано, что МПК у пациенток с длительно текущим сахарным диабетом 2 типа достоверно выше, чем ПО РЭМС, в отличие от контрольной группы. Остеопороз в группе с сахарным диабетом по данным DXA был диагностирован в 28 % случаев, РЭМС — в 47 %. Результаты исследования свидетельствуют о преимуществе РЭМС над DXA у этой группы пациентов, однако в связи с ограниченной выборкой (90 человек) являются предварительными [14].

Быстрая потеря костной массы и высокий риск низкоэнергетических переломов характерны для пациентов со спинальной травмой. В то же время транспортировка лежачих больных для выполнения DXA затруднена, кроме того, оценка массы костной ткани и риска переломов с помощью DXA может быть невозможна из-за развивающихся оссификатов в области тазобедренных

суставов, спондилопатии [30]. Р. Lalli проведено предварительное исследование возможности и эффективности РЭМС проксимального отдела бедренной кости в группе из 35 пациентов с тяжелым остеопорозом, связанным со спинальной травмой. Полученные результаты оказались неоднозначными. С одной стороны, метод показал высокую воспроизводимость результатов, с другой — при сравнительном исследовании величины ПО РЭМС значительно превышали результаты МПК DXA [29].

По нашему мнению, наличие выраженных периартикулярных оссификатов тазобедренных суставов при спинальной травме полностью исключает оценку массы костной ткани непосредственно проксимального отдела бедренной кости обоими методами, тогда как именно РЭМС позволяет устранить артефакты DXA при исследовании тел позвонков. В связи с этим целесообразно проведение оценки эффективности РЭМС у пациентов со спинальной травмой на поясничном отделе позвоночника.

Весьма ограничен опыт использования РЭМС при вторичном остеопорозе. Небольшие группы пациентов или клинические случаи представлены при анорексии, гиперпролактинемии, несовершенном остеогенезе, акромегалии, дефиците витамина D, что не дает возможности определить эффективность РЭМС и требует новых исследований [2, 28, 40].

Необходимо изучение опыта внедрения РЭМС. На практике отмечен недопустимо высокий процент ошибок измерений, который связан в первую очередь с неточной работой операторов. В процессе распространения метода в клиническую практику необходимо уделять особое внимание обучению персонала [6, 28].

Выводы

РЭМС является новым методом денситометрии, применяемым в ходе

диагностики остеопороза и прогнозирования низкоэнергетических переломов. Важнейшими его преимуществами являются высокая точность исследования и мобильность, повышающая доступность для населения.

Тем не менее на сегодня опыт использования РЭМС ограничен.

Требуется продолжение изучения эффективности РЭМС при вторичном остеопорозе, в ходе мониторинга лечения пациентов, при заболеваниях с нарушением минерализации костной ткани, наследственных системных заболеваниях. Несмотря на техническую возможность выполнения исследования, достоверно не изучено влияние нахождения тех или иных имплантов в телах поясничных позвонков или проксимальном отделе бедренной кости на точность измерений РЭМС.

Важным представляется проведение мероприятий, направленных на внедрение этого метода в широкую клиническую практику, в частности — улучшение процесса обучения с целью снижения частоты ошибок операторов.

Список источников

1. Белая Ж. Е., Белова К. Ю., Бирюкова Е. В., Дедов И. И., Дзеранова Л. К., Драпкина О. М., Древаль А. В., Дубовицкая Т. А., Дудинская Е. Н., Ершова О. Б., Загородний Н. В., Илюхина О. Б., Канис Д. А., Крюкова И. В., Лесняк О. М., Мамедова Е. О., Марченкова Л. А., Мельниченко Г. А., Никанкина Л. В., Никитинская О. А., Петрайкин А. В., Пигарова Е. А., Родионова С. С., Рожинская Л. Я., Скрипникова И. А., Тарбаева Н. В., Ткачева О. Н., Торопцова Н. В., Фарба Л. Я., Цориев Т. Т., Чернова Т. О., Юренева С. В., Якушевская О. В. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза // Остеопороз и остеопатии. 2021. Т. 24, № 2. С. 4–47. <https://doi.org/10.14341/osteo12930>
2. Дзеранова Л. К., Шутова А. С., Пигарова Е. А., Воротникова С. Ю., Буйваленко У. В., Перепелова М. А., Кузьмин А. Г. Радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия в диагностике остеопороза при пролактиноме // Ожирение и метаболизм. 2024. Т. 21, № 4. С. 431–438. <https://doi.org/10.14341/omet13197>
3. Добровольская О. В., Торопцова Н. В., Лесняк О. М. Экономические аспекты осложненного остеопороза: стоимость лечения в течение первого года после перелома // Современная ревматология. 2016. Т. 10, № 3. С. 29–34. <https://doi.org/10.14412/1996-7012-2016-3-29-34>
4. Иванов С. Н. REMS-денситометрия. Расширение возможностей диагностики и прогнозирования рисков переломов // Opinion Leader. 2021. Т. 45, № 4. С. 78–87. <http://library.opinionleaderjournal.com/books/gzba/#p=81>
5. Иванов С. Н. Клинический опыт применения REMS-денситометрии в РФ // Остеопороз и остеопатии. 2022. Т. 25, № 3. С. 58–59. <https://doi.org/10.14341/osteo20223>
6. Лесняк О. М. Новый метод оценки прочности костной ткани: радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия // Эффективная фармакотерапия. 2020. Т. 16, № 19. С. 38–44. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2020-16-19-38-44>
7. Резолюция совета экспертов «Целесообразность использования радиочастотной эхографической мультиспектрометрии для диагностики остеопороза и прогнозирования риска переломов в медицинских организациях Российской Федерации» // Российский журнал гериатрической медицины. 2023. № 2. С. 138–141. <https://www.geriatr-news.com/jour/article/view/365/185>
8. Родионова С. С., Аси Х. А., Кривова А. В., Самарин М. А., Соломянник И. А. Низкоэнергетический перелом проксимального отдела бедренной кости

- у лиц старших возрастных групп как фактор избыточной смертности: обзор литературы // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 297–306. <https://doi.org/10.17816/vto121358>
9. Соломянник И. А., Родионова С. С., Торгашин А. Н., Серополов П. С., Миронов С. П., Губин А. В. Остеопороз в ракурсе оказания профильной травматолого-ортопедической помощи при низкоэнергетических переломах проксимального отдела бедренной кости // Гений ортопедии. 2023. Т. 29, № 1. С. 20–26. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-1-20-26>
 10. Шарашкина Н. В., Наумов А. В., Дудинская Е. Н., Ховасова Н. О., Токарева Л. Г., Полянская А. Р., Онучина Ю. С., Лысенков М. Ю., Деменок Д. В., Сорокина А. В., Рунихина Н. К., Ткачева О. Н. Консенсус экспертов: диагностика остеопороза и саркопении у пациентов пожилого и старческого возраста (сокращенная версия) // Терапия. 2023. Т. 9, № 10. С. 7–20. <https://doi.org/10.18565/therapy.2023.10.7-20>
 11. 2023 ISCD official position. Copyright ISCD, August 2023. – Текст: электронный. URL: <https://iscd.org/wp-content/uploads/2024/03/2023-ISCD-Adult-Positions.pdf> (дата обращения: 02.07.2025).
 12. Adami G., Arioli G., Bianchi G., Brandi M. L., Caffarelli C., Cianferotti L., Gatti D., Girasole G., Gonnelli S., Manfredini M., Muratore M., Quarta E., Quarta L. Radiofrequency echographic multispectrometry for the prediction of incident fragility fractures: A 5-year follow-up study. *Bone*. 2020;134:115297. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115297>
 13. Borsoi L., Armeni P., Brandi M. L. Cost-minimization analysis to support the HTA of Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry (REMS) in the diagnosis of osteoporosis. *Glob Reg Health Technol Assess*. 2023;10:1-11. <https://doi.org/10.33393/grhta.2023.2492>
 14. Caffarelli C., Tomai Pitinca M. D., Al Refaie A., Ceccarelli E., Gonnelli S. Ability of radiofrequency echographic multispectrometry to identify osteoporosis status in elderly women with type 2 diabetes. *Aging Clin Exp Res*. 2022; 34(1):121-127. <https://doi.org/10.1007/s40520-021-01889-w>
 15. Caffarelli C., Al Refaie A., De Vita M., Tomai Pitinca M. D., Goracci A., Fagiolini A., Gonnelli S. Radiofrequency echographic multispectrometry (REMS): an innovative technique for the assessment of bone status in young women with anorexia nervosa. *Eat Weight Disord*. 2022;27(8):3207-3213. <https://doi.org/10.1007/s40519-022-01450-2>
 16. Caffarelli C., Al Refaie A., Mondillo C., Manasse G., Versienti A., Tomai Pitinca M. D., Conticini E., Frediani B., Gonnelli S. The Advantages of Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry in the Evaluation of Bone Mineral Density in a Population with Osteoarthritis at the Lumbar Spine. *Diagnostics (Basel)*. 2024;14(5):523. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14050523>
 17. Cortet B., Dennison E., Diez-Perez A., Locquet M., Muratore M., Nogués X., Ovejero Crespo D., Quarta E., Brandi M. L. Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry (REMS) for the diagnosis of osteoporosis in a European multicenter clinical context. *Bone*. 2021;143:115786. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115786>
 18. Degennaro V. A., Brandi M. L., Cagninelli G., Casciaro S., Ciardo D., Conversano F., Di Pasquo E., Gonnelli S., Lombardi F. A., Pisani P., Ghi T. First assessment of bone mineral density in healthy pregnant women by means of Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry (REMS) technology. *Eur. J. Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2021;263:44-49. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2021.06.014>
 19. Diagnosi, stratificazione del rischio e continuità assistenziale delle Fratture

- da Fragilità. Linea guida pubblicata nel Sistema Nazionale Linee Guida Roma, 18 ottobre 2021. (In Ital) Текст: электронный. URL: https://siot.it/wp-content/uploads/2021/10/LG-392_Fratture-da-Fragilita.pdf (дата обращения: 02.07.2025)
20. Diez-Perez A., Brandi M. L., Al-Daghri N., Branco J. C., Bruyère O., Cavalli L., Cooper C., Cortet B., Dawson-Hughes B., Dimai H. P., Gonnelli S., Hadji P., Halbout P., Kaufman J. M., Kurth A., Locquet M., Maggi S., Matijevic R., Reginster J. Y., Rizzoli R., Thierry T. Radiofrequency echographic multi-spectrometry for the in-vivo assessment of bone strength: state of the art-outcomes of an expert consensus meeting organized by the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO). *Aging Clin Exp Res.* 2019;31(10):1375-1389. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01294-4>
 21. Di Paola M., Gatti D., Viapiana O., Cianferotti L., Cavalli L., Caffarelli C., Conversano F., Quarta E., Pisani P., Girasole G., Giusti A., Manfredini M., Arioli G., Matucci-Cerinic M., Bianchi G., Nuti R., Gonnelli S., Brandi M. L., Muratore M., Rossini M. Radiofrequency echographic multispectrometry compared with dual X-ray absorptiometry for osteoporosis diagnosis on lumbar spine and femoral neck. *Osteoporos Int.* 2019;30(2):391-402. <https://doi.org/10.1007/s00198-018-4686-3>
 22. Fassio A., Andreola S., Gatti D., Bianco B., Gatti M., Gambaro G., Rossini M., Viapiana O., Negrelli R., Adami G. Radiofrequency echographic multi-spectrometry and DXA for the evaluation of bone mineral density in a peritoneal dialysis setting. *Aging Clin Exp Res.* 2023;35(1):185-192. <https://doi.org/10.1007/s40520-022-02286-7>
 23. Fuggle N. R., Reginster J. Y., Al-Daghri N., Bruyere O., Burlet N., Campusano C., Cooper C., Perez A. D., Halbout P., Ghi T., Kaufman J. M., Kurt A., Matijevic R., Radermecker R. P., Tuzun S., Veronese N., Rizzoli R., Harvey N. C., Brandi M. L. Radiofrequency echographic multi spectrometry (REMS) in the diagnosis and management of osteoporosis: state of the art. *Aging Clin Exp Res.* 2024;36(1):135. <https://doi.org/10.1007/s40520-024-02784-w>
 24. Giovanni A., Luisa B. M., Carla C., Ernesto C., Francesco C., Marco D. P., Angelo F., Davide G., Francesca G., Stefano G., Anna L. F., Maurizio M., Paola P., Maurizio R. Bone health status evaluation in men by means of REMS technology. *Aging Clin Exp Res.* 2024;36(1):74. <https://doi.org/10.1007/s40520-024-02728-4>
 25. Gómez O., Talero A. P., Zanchetta M. B., Madeira M., Moreira C. A., Campusano C., Orjuela A. M., Cerdas P. S., de la Peña-Rodríguez M. P., Reza A. A., Velazco C., Mendoza B., Uzcátegui L. R., Rueda P. N. Diagnostic, treatment, and follow-up of osteoporosis-position statement of the Latin American Federation of Endocrinology. *Arch Osteoporos.* 2021;16(1):114. <https://doi.org/10.1007/s11657-021-00974-x>
 26. Gonnelli S., Al Refaie A., Baldassini L., De Vita M., Caffarelli C. Ultrasound-Based Techniques in Diabetic Bone Disease: State of the Art and Future Perspectives. *Indian J. Endocrinol Metab.* 2022;26(6):518-523. https://doi.org/10.4103/ijem.ijem_347_22
 27. Greco A., Pisani P., Conversano F., Soloperto G., Renna M. D., Muratore M., Casciaro S. Ultrasound Fragility Score: An innovative approach for the assessment of bone fragility. *Measurement.* 2017;101:236-242. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.01.033>
 28. Icătoiu E., Vlădulescu-Trandafir A. I., Groșeanu L. M., Berghea F., Cobilinschi C. O., Potcovaru C. G., Bălănescu A. R., Bojincă V. C. Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry-A Novel Tool in the Diagnosis of Osteoporosis and Prediction of Fragility Fractures:

- A Systematic Review. *Diagnostics* (Basel). 2025;15(5):555. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15050555>
29. Lalli P., Mautino C., Busso C., Bardesono F., Di Monaco M., Lippi L., Invernizzi M., Minetto M. A. Reproducibility and Accuracy of the Radiofrequency Echographic Multi-Spectrometry for Femoral Mineral Density Estimation and Discriminative Power of the Femoral Fragility Score in Patients with Primary and Disuse-Related Osteoporosis. *J. Clin Med.* 2022;11(13):3761. <https://doi.org/10.3390/jcm11133761>
30. Maïmoun L., Fattal C., Micallef J. P., Peruchon E., Rabischong P. Bone loss in spinal cord-injured patients: from physiopathology to therapy. *Spinal Cord.* 2006;44(4):203-10. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101832>
31. Messina C., Fusco S., Gazzotti S., Albano D., Bonaccorsi G., Guglielmi G., Bazzocchi A. DXA beyond bone mineral density and the REMS technique: new insights for current radiologists practice. *Radiol Med.* 2024;129(8):1224-1240. <https://doi.org/10.1007/s11547-024-01843-6>
32. Moayyeri A., Adams J. E., Adler R. A., Krieg M. A., Hans D., Compston J., Lewiecki E. M. Quantitative ultrasound of the heel and fracture risk assessment: an updated meta-analysis. *Osteoporos Int.* 2012;23(1):143-53. <https://doi.org/10.1007/s00198-011-1817-5>
33. Napoli N., Chandran M., Pierroz D. D., Abrahamsen B., Schwartz A. V., Ferrari S. L. IOF Bone and Diabetes Working Group. Mechanisms of diabetes mellitus-induced bone fragility. *Nat Rev Endocrinol.* 2017;13(4):208-219. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.153>
34. Pisani P., Conversano F., Muratore M., Adami G., Brandi M. L., Caffarelli C., Casciaro E., Di Paola M., Franchini R., Gatti D., Gonnelli S., Guglielmi G., Lombardi F. A., Natale A., Testini V., Casciaro S. Fragility Score: a REMS-based indicator for the prediction of incident fragility fractures at 5 years. *Aging Clin Exp Res.* 2023;35(4):763-773. <https://doi.org/10.1007/s40520-023-02358-2>
35. Quarta E., Ciardo D., Ciccarese M., Conversano F., DI Paola M., Forcignanò R., Grimaldi A., Lombardi F. A., Muratore M., Pisani P., Casciaro S. SAT0461 Short-term monitoring of denosumab effect in breast cancer patients receiving aromatase inhibitors using REMS technology on lumbar spine. *Annals of the Rheumatic Diseases.* 2020;79:1187-1188. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2020-eular.3806>
36. Reginster J. Y., Silverman S. L., Alokail M., Al-Daghri N., Hiligsmann M. Cost-effectiveness of radiofrequency echographic multi-spectrometry for the diagnosis of osteoporosis in the United States. *JBMR Plus.* 2024;9(1):ziae138. <https://doi.org/10.1093/jbmrpl/ziae138>
37. Saadi H. F., Reed R. L., Carter A. O., Al-Suhaili A. R.. Correlation of quantitative ultrasound parameters of the calcaneus with bone density of the spine and hip in women with prevalent hypovitaminosis D. *J. Clin. Densitom.* 2004;7(3):313-8. <https://doi.org/10.1385/jcd:7:3:313>
38. Sanders K. M., Nicholson G. C., Watts J. J., Pasco J. A., Henry M. J., Kotowicz M. A., Seeman E. Half the burden of fragility fractures in the community occur in women without osteoporosis. When is fracture prevention cost-effective? *Bone.* 2006;38(5):694-700. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2005.06.004>
39. Schwartz A. V., Vittinghoff E., Bauer D. C., Hillier T. A., Strotmeyer E. S., Ensrud K. E., Donaldson M. G., Cauley J. A., Harris T. B., Koster A., Womack C. R., Palermo L., Black D. M. Study of Osteoporotic Fractures (SOF) Research Group; Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) Research Group; Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Research Group. Association of BMD and FRAX score with risk of fracture in older adults with type 2 diabetes. *JAMA.*

- 2011;305(21):2184-92. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.715>
40. Siregar M. F. G., Jabbar F., Effendi I. H., Alhair T., Prabudi M. O., Faradina D. Correlation between serum vitamin D levels and bone mass density evaluated by radiofrequency echographic multi-spectrometry technology (REMS) in menopausal women. *Narra J.* 2024;4(1):e452. <https://doi.org/10.52225/narra.v4i1.452>
41. Surowiec R. K., Does M. D., Nyman J. S. In vivo Assessment of Bone Quality Without X-rays. *Curr Osteoporos Rep.* 2024;22(1):56-68. <https://doi.org/10.1007/s11914-023-00856-w>
42. Takao S., Uotani K., Misawa H., Tetsunaga T., Shinohara K., Yamane K., Oda Y., Tsuji H., Kajiki Y., Ozaki T. Could the Trabecular Bone Score Be a Complementary Tool for Evaluating Degenerative Lumbar Vertebrae? *Acta Med Okayama.* 2025;79(1):39-45. <https://doi.org/10.18926/AMO/68360>
43. Thomsen K., Jepsen D. B., Matzen L., Hermann A. P., Masud T., Ryg J. Is calcaneal quantitative ultrasound useful as a prescreen stratification tool for osteoporosis? *Osteoporos Int.* 2015;26(5):1459-75. <https://doi.org/10.1007/s00198-014-3012-y>
44. Tomai Pitinca M. D., Caffarelli C., Gonnelli S. Radiofrequency multiechographic spectrometry (REMS) technology in patients with bone artifacts. *J Endocr Soc.* 2021;5(Suppl 1):A249. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvab048.507>
45. Wong R. M. Y., Wong P. Y., Chau W. W., Liu C., Zhang N., Cheung W. H. Very high prevalence of osteosarcopenia in hip fracture patients: risk and protective factors. *J. Orthop Surg Res.* 2025;20(1):423. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-05828-7>
46. Zambito K., Kushchayeva Y., Bush A., Pisani P., Kushchayeva S., Peters M., Birch N. Proposed practice parameters for the performance of radiofrequency echographic multispectrometry (REMS) evaluations. *Bone Jt Open.* 2025;6(3):291-297. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.63.BJO-2024-0107.R1>
47. Zarzour F., Aftabi S., Leslie W. D. Effects of femoral neck width and hip axis length on incident hip fracture risk: a registry-based cohort study. *J. Bone Miner Res.* 2025;40(3):332-338. <https://doi.org/10.1093/jbmr/zjaf019>

References

1. Belaya Zh. E., Belova K. Yu., Biryukova E. V., Dedov I. I., Dzeranova L. K., Drapkina O. M., Dreval A. V., Dubovitskaya T. A., Dudinskaya E. N., Ershova O. B., Zagorodniy N. V., Ilyukhina O. B., Kanis D. A., Kryukova I. V., Lesnyak O. M., Mamedova E. O., Marchenkova L. A., Mel'nichenko G. A., Nikankina L. V., Nikitinskaya O. A., Petryaikin A. V., Pigarova E. A., Rodionova S. S., Rozhinskaya L. Ya., Skripnikova I. A., Tarbaeva N. V., Tkacheva O. N., Toroptsova N. V., Farba L. Ya., Tsoriev T. T., Chernova T. O., Yureneva S. V., Yakushevskaya O. V. Federal clinical guidelines for diagnosis, treatment and prevention of osteoporosis. *Osteoporosis and Bone Diseases.* 2021;24(2):4-47. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/osteo12930>
2. Dzeranova L. K., Shutova A. S., Pigarova E. A., Vorotnikova S. Yu., Buyvalenko U. V., Perepelova M. A., Kuzmin A. G. Radiofrequency echographic multi-spectrometry and prolactinoma: case report. *Obesity and metabolism.* 2024;21(4):431-438. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/omet13197>
3. Dobrovolskaya O. V., Toroptsova N. V., Lesnyak O. M. Economic aspects of complicated osteoporosis: The cost of treatment in the first year after fracture. *Sovremennaya Revmatologiya = Modern Rheumatology Journal.* 2016;10(3):29-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.14412/1996-7012-2016-3-29-34>
4. Ivanov S. N. REMS-densitometry. Increased ability to diagnose and predict fracture risks. *Opinion Leader.* 2021;45(4):78-87. (In Russ.). <http://library.opinion>

- leaderjournal.com/books/gzba/#p=81 (In Russ)
5. Ivanov S. N. Clinical experience of using REMS-densitometry in the Russian Federation. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2022;25(3):58-59. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/osteo20223>
 6. Lesnyak O. M. A new method for assessing bone strength: radiofrequency echographic multispectrometry. *Effective Pharmacotherapy*. 2020;16(19):38-44. (In Russ.). <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2020-16-19-38-44>
 7. Resolution of Expert Council «The Use Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry (REMS) for osteoporosis diagnosis and fracture risk prediction in medical organizations of the Russian Federation». *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2023;(2):138-141. (In Russ.). <https://www.geriatr-news.com/jour/article/view/365/185>
 8. Rodionova S. S., Asi K. A., Krivova A. V., Samarin M. A., Solomyannik I. A. Low-energy fracture of the proximal femur in older age groups as a factor of excess mortality: literature review. *N. N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):297-306. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/vto121358>
 9. Solomiannik I. A., Rodionova S. S., Torgashin A. N., Seropolov P. S., Mironov S. P., Gubin A. V. Osteoporosis from the perspective of specialized trauma and orthopaedic treatment of low-energy fractures of the proximal femur. *Genij Ortopedii*. 2023;29(1):20-26. (In Russ.). <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-1-20-26>
 10. Sharashkina N. V., Naumov A. V., Dudinskaya E. N., Khovasova N. O., Tokareva L. G., Polyanskaya A. R., Onuchina Yu. S., Lysenkov M. Yu., Demenok D. V., Sorokina A. V., Runihina N. K., Tkacheva O. N. Expert consensus: diagnosis of osteoporosis and sarcopenia in elderly and senile patients (abridged version). *Therapy*. 2023;9(10): 7-20. (In Russ.). <https://doi.org/10.18565/therapy.2023.10.7-20>
 11. 2023 ISCD official position. Copyright ISCD, August 2023. Text: electronic. URL: <https://iscd.org/wp-content/uploads/2024/03/2023-ISCD-Adult-Positions.pdf> (date of request: 02.07.2025).
 12. Adami G., Arioli G., Bianchi G., Brandi M. L., Caffarelli C., Cianferotti L., Gatti D., Girasole G., Gonnelli S., Manfredini M., Muratore M., Quarta E., Quarta L. Radiofrequency echographic multispectrometry for the prediction of incident fragility fractures: A 5-year follow-up study. *Bone*. 2020;134:115297. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115297>
 13. Borsoi L., Armeni P., Brandi M. L. Cost-minimization analysis to support the HTA of Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry (REMS) in the diagnosis of osteoporosis. *Glob Reg Health Technol Assess*. 2023;10:1-11. <https://doi.org/10.3393/grhta.2023.2492>
 14. Caffarelli C., Tomai Pitinca M. D., Al Refaie A., Ceccarelli E., Gonnelli S. Ability of radiofrequency echographic multispectrometry to identify osteoporosis status in elderly women with type 2 diabetes. *Aging Clin Exp Res*. 2022; 34(1):121-127. <https://doi.org/10.1007/s40520-021-01889-w>
 15. Caffarelli C., Al Refaie A., De Vita M., Tomai Pitinca M. D., Goracci A., Fagioli A., Gonnelli S. Radiofrequency echographic multispectrometry (REMS): an innovative technique for the assessment of bone status in young women with anorexia nervosa. *Eat Weight Disord*. 2022;27(8):3207-3213. <https://doi.org/10.1007/s40519-022-01450-2>
 16. Caffarelli C., Al Refaie A., Mondillo C., Manasse G., Versienti A., Tomai Pitinca M. D., Conticini E., Frediani B., Gonnelli S. The Advantages of Radiofrequency Echographic MultiSpectrometry in the Evaluation of Bone Mineral Density in a Population with Osteoarthritis at the Lumbar Spine. *Diagnostics (Basel)*. 2024; 14(5):523. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14050523>

17. Cortet B., Dennison E., Diez-Perez A., Locquet M., Muratore M., Nogués X., Ovejero Crespo D., Quarta E., Brandi M. L. Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry (REMS) for the diagnosis of osteoporosis in a European multicenter clinical context. *Bone*. 2021;143:115786. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115786>
18. Degennaro V. A., Brandi M. L., Cagninelli G., Casciaro S., Ciardo D., Conversano F., Di Pasquo E., Gonnelli S., Lombardi F. A., Pisani P., Ghi T. First assessment of bone mineral density in healthy pregnant women by means of Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry (REMS) technology. *Eur. J. Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2021;263:44-49. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2021.06.014>
19. Diagnosi, stratificazione del rischio e continuità assistenziale delle Fratture da Fragilità. Linea guida pubblicata nel Sistema Nazionale Linee Guida Roma, 18 ottobre 2021. (In Ital) Текст: электронный. URL: https://siot.it/wp-content/uploads/2021/10/LG-392_Fratture-da-Fragilita.pdf (дата обращения: 02.07.2025).
20. Diez-Perez A., Brandi M. L., Al-Daghri N., Branco J. C., Bruyère O., Cavalli L., Cooper C., Cortet B., Dawson-Hughes B., Dimai H. P., Gonnelli S., Hadji P., Halbout P., Kaufman J. M., Kurth A., Locquet M., Maggi S., Matijevic R., Reginster J. Y., Rizzoli R., Thierry T. Radiofrequency echographic multi-spectrometry for the in-vivo assessment of bone strength: state of the art-outcomes of an expert consensus meeting organized by the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO). *Aging Clin Exp Res*. 2019;31(10):1375-1389. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01294-4>
21. Di Paola M., Gatti D., Viapiana O., Cianferotti L., Cavalli L., Caffarelli C., Conversano F., Quarta E., Pisani P., Girasole G., Giusti A., Manfredini M., Arioli G., Matucci-Cerinic M., Bianchi G., Nuti R., Gonnelli S., Brandi M. L., Muratore M., Rossini M. Radiofrequency echographic multispectrometry compared with dual X-ray absorptiometry for osteoporosis diagnosis on lumbar spine and femoral neck. *Osteoporos Int*. 2019;30(2):391-402. <https://doi.org/10.1007/s00198-018-4686-3>
22. Fassio A., Andreola S., Gatti D., Bianco B., Gatti M., Gambaro G., Rossini M., Viapiana O., Negrelli R., Adami G. Radiofrequency echographic multispectrometry and DXA for the evaluation of bone mineral density in a peritoneal dialysis setting. *Aging Clin Exp Res*. 2023;35(1):185-192. <https://doi.org/10.1007/s40520-022-02286-7>
23. Fuggle N. R., Reginster J. Y., Al-Daghri N., Bruyère O., Burlet N., Campusano C., Cooper C., Perez A. D., Halbout P., Ghi T., Kaufman J. M., Kurt A., Matijevic R., Radermecker R. P., Tuzun S., Veronese N., Rizzoli R., Harvey N. C., Brand M. L. Radiofrequency echographic multi spectrometry (REMS) in the diagnosis and management of osteoporosis: state of the art. *Aging Clin Exp Res*. 2024;36(1):135. <https://doi.org/10.1007/s40520-024-02784-w>
24. Giovanni A., Luisa B. M., Carla C., Ernesto C., Francesco C., Marco D. P., Angelo F., Davide G., Francesca G., Stefano G., Anna L. F., Maurizio M., Paola P., Maurizio R. Bone health status evaluation in men by means of REMS technology. *Aging Clin Exp Res*. 2024;36(1):74. <https://doi.org/10.1007/s40520-024-02728-4>
25. Gómez O., Talero A. P., Zanchetta M. B., Madeira M., Moreira C. A., Campusano C., Orjuela A. M., Cerdas P. S., de la Peña-Rodríguez M. P., Reza A. A., Velazco C., Mendoza B., Uzcátegui L. R., Rueda P. N. Diagnostic, treatment, and follow-up of osteoporosis-position statement of the Latin American Federation of Endocrinology. *Arch Osteoporos*. 2021;16(1):114. <https://doi.org/10.1007/s11657-021-00974-x>

26. Gonnelli S., Al Refaie A., Baldassini L., De Vita M., Caffarelli C. Ultrasound-Based Techniques in Diabetic Bone Disease: State of the Art and Future Perspectives. *Indian J. Endocrinol Metab.* 2022;26(6):518-523. https://doi.org/10.4103/ijem.ijem_347_22
27. Greco A., Pisani P., Conversano F., Soloperto G., Renna M. D., Muratore M., Casciaro S. Ultrasound Fragility Score: An innovative approach for the assessment of bone fragility. *Measurement.* 2017;101:236-242. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.01.033>
28. Icătoiu E., Vlădulescu-Trandafir A. I., Groșeanu L. M., Berghea F., Cobilinschi C. O., Potcovaru C. G., Bălănescu A. R., Bojincă V. C. Radiofrequency Echographic Multi Spectrometry-A Novel Tool in the Diagnosis of Osteoporosis and Prediction of Fragility Fractures: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel).* 2025;15(5):555. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15050555>
29. Lalli P., Mautino C., Busso C., Bardesono F., Di Monaco M., Lippi L., Invernizzi M., Minetto M. A. Reproducibility and Accuracy of the Radiofrequency Echographic Multi-Spectrometry for Femoral Mineral Density Estimation and Discriminative Power of the Femoral Fragility Score in Patients with Primary and Disuse-Related Osteoporosis. *J. Clin. Med.* 2022;11(13):3761. <https://doi.org/10.3390/jcm11133761>
30. Maïmoun L., Fattal C., Micallef J. P., Peruchon E., Rabischong P. Bone loss in spinal cord-injured patients: from physiopathology to therapy. *Spinal Cord.* 2006;44(4):203-10. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101832>
31. Messina C., Fusco S., Gazzotti S., Albano D., Bonaccorsi G., Guglielmi G., Bazzocchi A. DXA beyond bone mineral density and the REMS technique: new insights for current radiologists practice. *Radiol Med.* 2024;129(8):1224-1240. <https://doi.org/10.1007/s11547-024-01843-6>
32. Moayyeri A., Adams J. E., Adler R. A., Krieg M. A., Hans D., Compston J., Lewiecki E. M. Quantitative ultrasound of the heel and fracture risk assessment: an updated meta-analysis. *Osteoporos Int.* 2012;23(1):143-53. <https://doi.org/10.1007/s00198-011-1817-5>
33. Napoli N., Chandran M., Pierroz D. D., Abrahamsen B., Schwartz A. V., Ferrari S. L. IOF Bone and Diabetes Working Group. Mechanisms of diabetes mellitus-induced bone fragility. *Nat Rev Endocrinol.* 2017;13(4):208-219. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.153>
34. Pisani P., Conversano F., Muratore M., Adami G., Brandi M. L., Caffarelli C., Casciaro E., Di Paola M., Franchini R., Gatti D., Gonnelli S., Guglielmi G., Lombardi F. A., Natale A., Testini V., Casciaro S. Fragility Score: a REMS-based indicator for the prediction of incident fragility fractures at 5 years. *Aging Clin Exp Res.* 2023;35(4):763-773. <https://doi.org/10.1007/s40520-023-02358-2>
35. Quarta E., Ciardo D., Ciccarese M., Conversano F., Di Paola M., Forcignanò R., Grimaldi A., Lombardi F. A., Muratore M., Pisani P., Casciaro S. SAT0461 Short-term monitoring of denosumab effect in breast cancer patients receiving aromatase inhibitors using REMS technology on lumbar spine. *Annals of the Rheumatic Diseases.* 2020;79:1187-1188. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2020-eular.3806>
36. Reginster J. Y., Silverman S. L., Alokail M., Al-Daghri N., Hilgsmann M. Cost-effectiveness of radiofrequency echographic multi-spectrometry for the diagnosis of osteoporosis in the United States. *JBMR Plus.* 2024;9(1):ziae138. <https://doi.org/10.1093/jbmrpl/ziae138>
37. Saadi H. F., Reed R. L., Carter A. O., Al-Suhaili A. R. Correlation of quantitative ultrasound parameters of the calcaneus with bone density of the spine and hip in women with prevalent hypovitaminosis D. *J. Clin. Densitom.* 2004;7(3):313-8. <https://doi.org/10.1385/jcd.7.3.313>
38. Sanders K. M., Nicholson G. C., Watts J. J., Pasco J. A., Henry M. J., Kotowicz

- M. A., Seeman E. Half the burden of fragility fractures in the community occur in women without osteoporosis. When is fracture prevention cost-effective? *Bone*. 2006;38(5):694-700. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2005.06.004>
39. Schwartz A. V., Vittinghoff E., Bauer D. C., Hillier T. A., Strotmeyer E. S., Ensrud K. E., Donaldson M. G., Cauley J. A., Harris T. B., Koster A., Womack C. R., Palermo L., Black D. M. Study of Osteoporotic Fractures (SOF) Research Group; Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) Research Group; Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Research Group. Association of BMD and FRAX score with risk of fracture in older adults with type 2 diabetes. *JAMA*. 2011;305(21):2184-92. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.715>
40. Siregar M. F. G., Jabbar F., Effendi I. H., Alhair T., Prabudi M. O., Faradina D. Correlation between serum vitamin D levels and bone mass density evaluated by radiofrequency echographic multi-spectrometry technology (REMS) in menopausal women. *Narra J*. 2024;4(1):e452. <https://doi.org/10.52225/narra.v4i1.452>
41. Surowiec R. K., Does M. D., Nyman J. S. In vivo Assessment of Bone Quality Without X-rays. *Curr Osteoporos Rep*. 2024;22(1):56-68. <https://doi.org/10.1007/s11914-023-00856-w>
42. Takao S., Uotani K., Misawa H., Tetsunaga T., Shinohara K., Yamane K., Oda Y., Tsuji H., Kajiki Y., Ozaki T. Could the Trabecular Bone Score Be a Complementary Tool for Evaluating Degenerative Lumbar Vertebrae? *Acta Med Okayama*. 2025;79(1):39-45. <https://doi.org/10.18926/AMO/68360>
43. Thomsen K., Jepsen D. B., Matzen L., Hermann A. P., Masud T., Ryg J. Is calcaneal quantitative ultrasound useful as a pre-screen stratification tool for osteoporosis? *Osteoporos Int*. 2015;26(5):1459-75. <https://doi.org/10.1007/s00198-014-3012-y>
44. Tomai Pitinca M. D., Caffarelli C., Gonnelli S. Radiofrequency multiechographic spectrometry (REMS) technology in patients with bone artifacts. *J. Endocr Soc*. 2021;5(Suppl 1):A249. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvab048.507>
45. Wong R. M. Y., Wong P. Y., Chau W. W., Liu C., Zhang N., Cheung W. H. Very high prevalence of osteosarcopenia in hip fracture patients: risk and protective factors. *J. Orthop Surg Res*. 2025;20(1):423. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-05828-7>
46. Zambito K., Kushchayeva Y., Bush A., Pisani P., Kushchayeva S., Peters M., Birch N. Proposed practice parameters for the performance of radiofrequency echographic multispectrometry (REMS) evaluations. *Bone Jt Open*. 2025;6(3):291-297. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.63.BJO-2024-0107.R1>
47. Zarzour F., Aftabi S., Leslie W. D. Effects of femoral neck width and hip axis length on incident hip fracture risk: a registry-based cohort study. *J. Bone Miner Res*. 2025;40(3):332-338. <https://doi.org/10.1093/jbmr/zjaf019>

Сведения об авторах / Information about the authors

Колондаев Александр Федорович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова, Москва, Россия.

Вклад автора: концепция статьи, сбор материала, написание статьи.

Kolondaev Aleksandr Fyodorovich, Ph.D, senior researcher. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia.

Author's contribution: conceptualization, collection of material, writing the text

Макогон Валентина Владимировна, врач функциональной диагностики Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова, Москва, Россия.
Вклад автора: сбор материала, написание статьи.

Makogon Valentina Vladimirovna, doctor of functional diagnostics. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia.
Author's contribution: collection of material, writing the text.

Добрицына Марина Андреевна, врач-рентгенолог Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова, Москва, Россия.
Вклад автора: сбор материала, написание статьи.

Dobritsyna Marina Andreevna, radiologist. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia.
Author's contribution: collection of material, writing the text.

Еськин Николай Александрович, доктор медицинских наук, профессор Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова, Москва, Россия.
Вклад автора: концепция статьи, написание статьи.

Es'kin Nikolai Aleksandrovich, Dr. Sci. (Med.), Professor. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization, writing the text.

Родионова Светлана Семеновна, доктор медицинских наук, профессор Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова, Москва, Россия.
Вклад автора: концепция статьи, написание статьи.

Rodionova Svetlana Semyonovna, Dr. Sci. (Med.), Professor. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization, writing the text.

Статья поступила в редакцию 01.06.2024;
одобрена после рецензирования 30.06.2025;
принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 01.06.2024;
approved after reviewing 30.06.2025;
accepted for publication 30.06.2025.