

РАДИОЧАСТОТНАЯ ЭХОГРАФИЧЕСКАЯ МУЛЬТИСПЕКТРОМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ОСТЕОПОРОЗА ПРИ ПРОЛАКТИНОМЕ



© Л.К. Дзеранова, А.С. Шутова*, Е.А. Пигарова, С.Ю. Воротникова, У.В. Буйваленко, М.А. Перепелова, А.Г. Кузьмин

ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, Москва, Россия

В случае пролактин-секретирующих аденом гипофиза внимание пациентов и врачей обращено на клинические проявления аденомы гипофиза, в том числе — на ассоциированные метаболические нарушения. Успешность консервативных методов лечения пролактином, разработка и внедрение в практику новых подходов к терапии агрессивных и резистентных аденом гипофиза позволяют сфокусироваться на неочевидных патологических состояниях, сопровождающих пролактин-секретирующие аденомы. В их числе — вторичное нарушение костного обмена со снижением минеральной плотности кости (МПК), приводящее к остеопорозу и низкоэнергетическим переломам. Залог эффективной профилактики и лечения остеопороза — своевременная и точная диагностика, однако не все методы определения МПК, разработанные к настоящему времени, могут быть охарактеризованы таким образом. В настоящей работе освещены вопросы использования новых методов диагностики остеопороза в контексте его высокого риска при гормонально-активных аденомах гипофиза, в частности при пролактиномах, на примере реального клинического случая.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: остеопороз; радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия; рентгенденситометрия; REMS; пролактинома.

RADIOFREQUENCY ECHOGRAPHIC MULTI-SPECTROMETRY AND PROLACTINOMA: CASE REPORT

© Larisa K. Dzeranova, Aleksandra S. Shutova*, Ekaterina A. Pigarova, Svetlana Yu. Vorotnikova, Uliana V. Buyvalenko, Margarita A. Perepelova, Anatolii G. Kuzmin

The National Medical Research Center for Endocrinology, Moscow, Russia

In case of prolactin-secreting pituitary adenomas, the attention of patients and physicians is drawn to the clinical manifestations of pituitary adenoma, including associated metabolic disorders. The success of conservative methods of treating prolactinomas, the development and implementation of new approaches to the treatment of aggressive and resistant pituitary adenomas allow us to focus on non-obvious pathological conditions accompanying prolactin-secreting adenomas. These include secondary bone metabolism disorders with decreased bone mineral density (BMD), leading to osteoporosis and low-traumatic fractures. The key to effective prevention and treatment of osteoporosis is timely and accurate diagnostics, but not all methods for determining BMD developed to date can be characterized in this way. This paper highlights the use of new methods for diagnosing osteoporosis in the context of its high risk in hormonally active pituitary adenomas, in particular in prolactinomas, using a real clinical case as an example.

KEYWORDS: osteoporosis; radiofrequency echographic multi-spectrometry; dual-energy X-ray absorptiometry (DXA); prolactinoma.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Пролактин — пептидный гормон, секретируемый передней долей гипофиза, обладает множеством биологических эффектов, оказывая влияние, помимо репродуктивной сферы, на иммунную систему, углеводный, липидный и фосфорно-кальциевый виды обмена, что обуславливает широкое многообразие клинических проявлений гиперпролактинемии [1]. Этиологическая характеристика гиперпролактинемии многообразна, при этом значительная часть приходится на опухолевую, обусловленную пролактиномами [2]. Пролактин-секретирующие аденомы являются самыми частыми среди всех нейроэндокринных опухолей гипофиза — примерно 40% [3, 4]. Распространенность пролактином у муж-

чин составляет 10 случаев, а у женщин они встречаются значительно чаще — 50 случаев на 100 000 населения [5]. У женщин отмечаются галакторея, нарушения менструального цикла (аменорея, олигоменорея, опсоменорея, ановуляторные циклы, недостаточность лютеиновой фазы), бесплодие, снижение либидо. У мужчин следствием гиперпролактинемии могут быть снижение или отсутствие либидо и потенция, бесплодие, гинекомастия и галакторея. Общим для женщин и мужчин патологическим проявлением гиперпролактинемии является снижение минеральной плотности костной ткани (МПК) как следствие гипогонадизма [3].

Но у пролактина есть и собственное действие на костную ткань — было показано, что остеобласты экспрессируют рецептор к пролактину (PRLR) [6], что предполагает

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.



прямое взаимодействие между гормоном и остеобластами. Фактически характер потери костной массы отличается у крыс, подвергшихся воздействию ПРЛ, и у крыс с удаленными яичниками [7]. *Ex vivo* пролактин снижает маркеры дифференцировки остеобластов, частично через сигнальный путь PI3K [7]. Пролактин, введенный взрослым мышам, ускоряет резорбцию костей, в частности, за счет увеличения соотношения RANK/OPG (остеопротегерин) [7]. При этом остеокласты не обладают собственной экспрессией PRLR [6]. Примечательно, что у пролактина описано, помимо остеорезорбтивного, остеогенное действие. Так, у молодых крыс пролактин вызывает абсолютный прирост костной ткани и повышенную экспрессию остеокальцина [8]. Аналогично в клетках остеобластов плода человека пролактин снижает соотношение RANKL/OPG [9].

В исследованиях показано, что гиперпролактинемия усиливает костную резорбцию и ингибирует процессы синтеза костной ткани [10]. Это подтверждается данными о том, что у пациентов с пролактиномой наблюдается подавление маркера костеобразования — остеокальцина и повышение показателя разрушения костной ткани — N-концевого телопептида коллагена I типа [10]. В исследованиях E. Naliato и Y. Zhao продемонстрировано, что у пациентов с гиперпролактинемией обоих полов наблюдается усиление резорбции кости и сниженная минеральная плотность костной ткани, а в качестве факторов риска потери костной массы выступают продолжительность заболевания и гипогонадизм [11, 12].

Таким образом, состояние костной ткани является важным параметром для оценки при длительно существующей гиперпролактинемии, как это нередко наблюдается при пролактиномах, так как имеет непосредственное влияние на продолжительность и качество жизни в долгосрочной перспективе.

ОПИСАНИЕ СЛУЧАЯ

Пациентка З., 64 года, поступила в отделение ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России в августе 2023 г. с жалобами на боли в поясничной области, усиливающиеся при физической нагрузке, нарушение баланса тела, головную боль.

Из анамнеза известно, что в 2008 г. пациентка впервые обратилась в ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России с жалобами на галакторею, длительное отсутствие либидо, повышение утомляемости на фоне привычной физической нагрузки, учащение эпизодов головной боли. Менопауза наступила за 2 года до появления жалоб (в возрасте 47 лет), в анамнезе 2 беременности, 2 родов. При обследовании установлено повышение уровня пролактина в сыворотке крови до 60,7 нг/мл (при референсных значениях до 26,7 нг/мл), феномен макропролактинемии исключен. Прочие тропные гормоны гипофиза — в пределах референсных значений. По данным проведенной МРТ головного мозга с контрастированием выявлена макроаденома размерами 18x20x15 мм. Установлен диагноз пролактин-секретирующей макроаденомы гипофиза, опухолевой гиперпролактинемии, инициирована терапия каберголином 0,5 мг по ½ таблетке дважды в неделю. Сопутствующие

заболевания: гипертоническая болезнь, стадия 1, степень 1, риск умеренный, болезнь Меньера. Наследственность не отягощена.

Нормализации уровня пролактина достичь не удалось, несмотря на регулярный прием препарата. Доза каберголина была постепенно увеличена до 4,5 мг в неделю, однако положительной динамики клинико-лабораторных показателей не отмечено. Таким образом, после 6 месяцев безуспешной терапии каберголином в максимальной рекомендованной дозе установлено наличие резистентности к терапии агонистами дофамина. В 2012 г. выполнена трансназальная аденомэктомия с последующей лучевой терапией области гипофиза в связи с наличием остаточной ткани аденомы. В результате комплексного лечения достигнута нормопролактинемия, признаки гипопитуитаризма отсутствовали, рекомендовано динамическое наблюдение.

В конце 2020 г. при падении с высоты собственного роста произошел чрезвычайный перелом бедренной кости, по поводу которого проведено успешное хирургическое лечение с последующей реабилитацией. При этом проведение оценки МПК, диагностики остеопороза и его лечения не проводилось.

При обследовании в ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России в августе 2023 г. подтверждена ремиссия основного заболевания: уровень пролактина в сыворотке крови — 358 мЕд/л, признаки аденомы гипофиза отсутствуют. Тиреоидные гормоны — в пределах референсного диапазона, отмечалось снижение уровня эстрадиола до 13 пг/мл (97–592). Таким образом, учитывая относительно раннее наступление менопаузы, отсутствие заместительной гормональной терапии, гипогонадизм персистирует в течение 17 лет. По результатам проведенной в стационаре рентгеновской денситометрии (DXA) диагностирован остеопороз с максимальным снижением МПК в поясничном отделе позвоночника и в области бедренной кости до -2,9 SD по Т-критерию. Дополнительно выполнено исследование МПК методом радиочастотной эхографической мультиспектрометрии (REMS), данные которого были полностью сопоставимы с DXA (рис. 1 и 2) — поясничный отдел позвоночника и бедренная кость -2,9 SD по Т-критерию. Согласно анализу крови выявлено снижение маркера костеобразования и повышение параметров костной резорбции: остеокальцин — 7 нг/мл (15–46), С-концевой телопептид коллагена I типа (β -Cross laps) — 2,8 нг/мл (менее 1,008), уровень кальция на нижней границе нормальных значений — 2,16 ммоль/л (2,15–2,5), фосфор в сыворотке крови — 1,1 ммоль/л (0,81–1,45). Известно, что имеется снижение в росте в течение жизни на 5 см. Пациентке инициирована терапия деносумабом 60 мг подкожно 1 раз в 6 месяцев с дополнительным назначением препарата нативного витамина D — колекальциферол 7000 МЕ/сутки в течение 8 недель с дальнейшим переходом на прием 2000 МЕ/сутки длительно и карбоната кальция 500 мг/сутки.

Через год от начала антиостеопоротического лечения пациентка обследована с повторным проведением двух методов исследований МПК (DXA и REMS), которые показали абсолютно tandemное улучшение показателей МПК: Т-критерий в позвоночнике и бедренной кости по данным DXA и REMS одинаков и равен -1,9 SD (рис. 3 и 4).

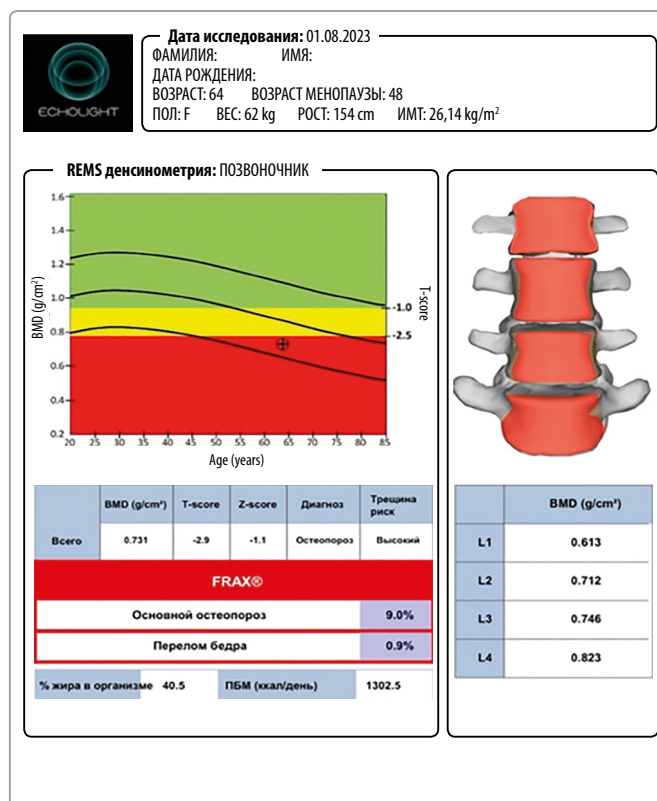
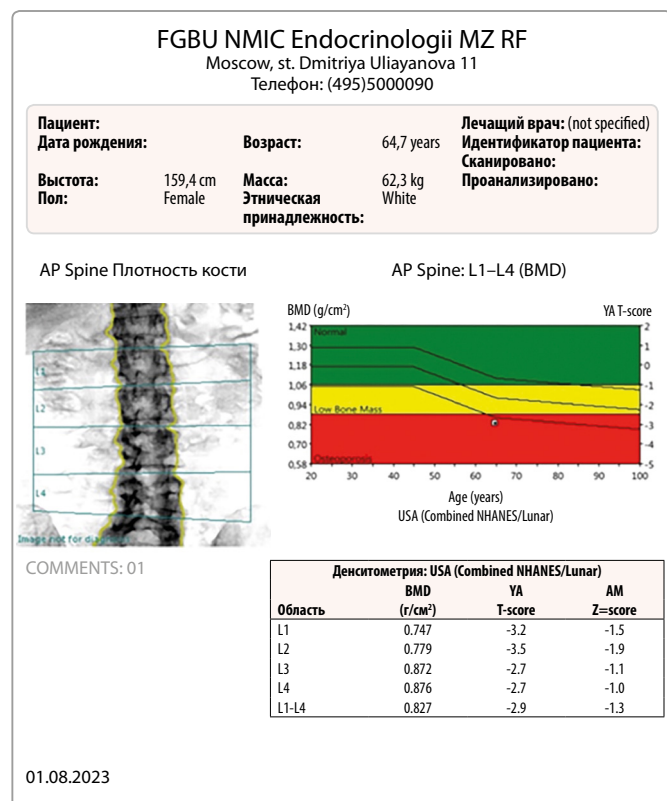


Рисунок 1. Сравнительный анализ результатов рентгеновской двухэнергетической денситометрии и радиочастотной эхографической мультиспектротометрии позвоночника пациентки 3, исходное исследование.

Figure 1. Comparison of spine dual-energy X-ray absorptiometry and radiofrequency echographic multi-spectrometry of patient Z., initial study.

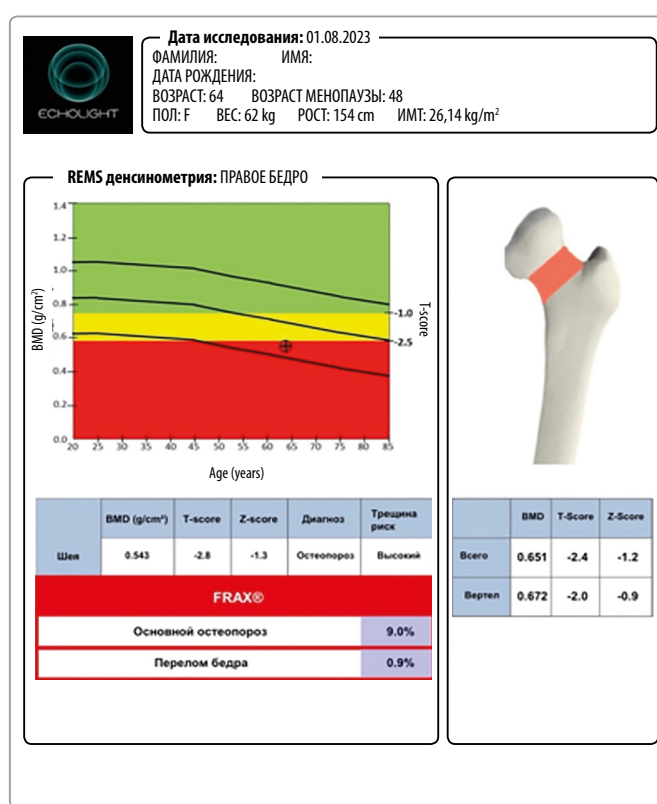
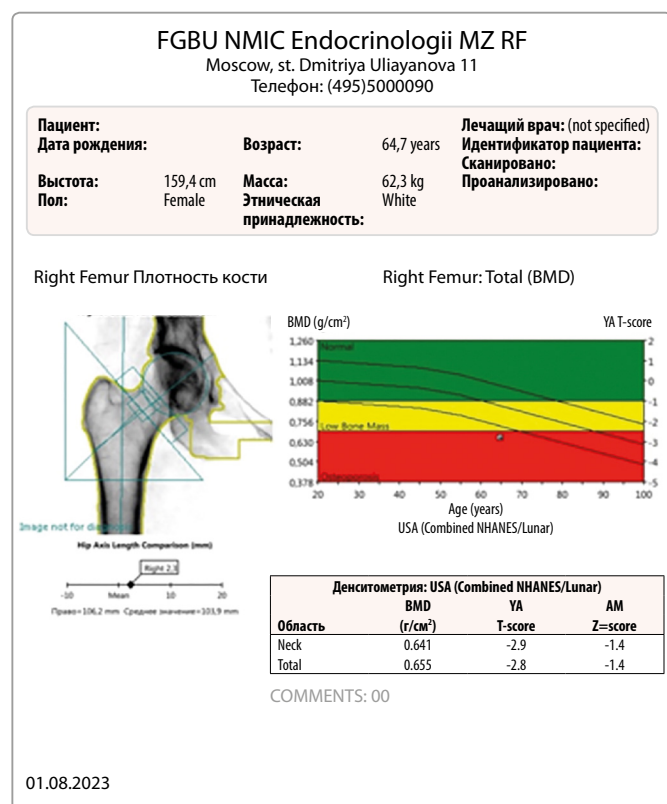


Рисунок 2. Сравнительный анализ результатов рентгеновской двухэнергетической денситометрии и радиочастотной эхографической мультиспектрометрии бедренной кости пациентки 3., исходное исследование.

Figure 2. Comparison of femur dual-energy X-ray absorptiometry and radiofrequency echographic multi-spectrometry of patient Z., initial study.

ОБСУЖДЕНИЕ

Остеопороз представляет собой метаболическое заболевание скелета, характеризующееся снижением костной массы, нарушением микроархитектоники костной ткани и, как следствие, переломами при минимальной травме [13]. Остеопороз не имеет специфических клинических проявлений до возникновения переломов, определяющих его высокую социальную значимость, связанную со снижением качества жизни, высоким уровнем нетрудоспособности, инвалидизации и смертности. Способами предотвращения данных последствий является своевременная диагностика остеопороза и его лечение, цель которого — предотвращение переломов путем повышения прочности кости и снижения воздействия факторов риска.

Прочность кости определяется совокупностью характеристик скелета, которые можно разделить на четыре основных компонента: состав, микроархитектоника, размеры и форма. Также выявлено множество факторов, влияющих на минерализацию костей и набор пиковой костной массы: генетическая предрасположенность, физическая активность, достаточность кальция и витамина D, качество питания и количество потребляемых калорий, факторы окружающей среды, гормональный статус [13, 14]. Некоторыми из факторов, повышающих риск развития остеопороза в нашей популяции, являются тревожно высокая распространенность дефицита витамина D и недостаточное потребление кальция, что снижает возможности набора пиковой костной массы и ее дальнейшее поддержание. При этом также наблюдается недооценка причин вторичного остеопороза, который развивается вследствие серьезной сопутствующей соматической патологии (в том числе эндокринных заболеваний) или приема лекарственных средств [13, 15]. Понимание того, как эти факторы взаимодействуют и влияют друг на друга и на здоровье костной ткани, имеет решающее значение для разработки инструментов прогнозирования переломов.

В настоящее время в клинической практике рекомендовано проводить скрининг для выявления групп с высокой вероятностью переломов с использованием алгоритма FRAX среди всех женщин в постменопаузе и мужчин старше 50 лет. Оценка костных маркеров может быть полезна для диагностики раннего изменения костного метаболизма до изменения МПК и прогнозирования дальнейшей скорости ее потери [15].

Далее при наличии факторов риска, сопутствующих заболеваний, необходимо, согласно клиническим рекомендациям, проведение инструментальных методов оценки МПК — денситометрии. В зависимости от полученных результатов пациент получает рекомендации по тактике лечения остеопороза или профилактики снижения МПК.

На примере представляемого клинического случая мы видим, что в реальной клинической практике выявление пациентов с высоким риском переломов как вследствие первичного (постменопаузального), так и вторичного остеопороза на фоне длительной гиперпролактинемии, не проводилось ни с помощью оценки МПК, ни с подсчетом риска переломов по FRAX. С учетом перенесенного чрезвычайного перелома бедра при минимальной травме в 2020 г. диагноз остеопороза мог

быть поставлен и инициировано лечение согласно уже длительно существовавшему на тот момент клиническим рекомендациям по остеопорозу [16]. Эти особенности выносимого для обсуждения клинического случая, выявившие достаточно грубые ошибки в ведении пациентки, поднимают вопрос о важности имплементации клинических рекомендаций в реальную клиническую практику.

Исследования демонстрируют, что МПК дает только около 50–70% информации о прочности кости, что позволяет описать особенности, связанные с количественными характеристиками костной ткани, но не дает информации о качественном составе [17]. Более того, диагностическая чувствительность МПК поясничного отдела позвоночника, измеренной DXA, часто снижается из-за наличия артефактов, к которым относятся также дегенеративно-дистрофические изменения костной ткани, в том числе возрастного характера [18]. Несмотря на это, измерение МПК в центральных отделах скелета (позвоночник и бедро) крайне важно для уточнения риска переломов, и «золотым стандартом» этого является методика DXA, использующая низкодозовое рентгеновское облучение.

В то же время разработаны методы количественного ультразвукового исследования, но большинство из них применимы только к периферическим участкам скелета (пяточная кость, пальцы), которые не позволяют точно оценить состояние МПК в центральных частях скелета, на которые падает основная нагрузка и являющихся локализацией остеопоротических переломов, имеющих основное социальное значение.

Инновационным подходом к измерению МПК является радиочастотная эхографическая мультиспектрометрия (REMS), которая позволяет оценить ключевые параметры МПК в области поясничного отдела позвоночника и шейки бедра, причем валидность результатов исследования соответствует релевантному «золотому стандарту» диагностики остеопороза — рентгеновской денситометрии. При этом REMS позволяет оценить структурные и механические характеристики костной ткани, недоступные для оценки DXA.

REMS — нелучевая технология для оценки плотности и качества МПК в области поясничных позвонков и проксимального отдела бедренной кости. Принцип работы аппарата основан на анализе нативных необработанных ультразвуковых волн — радиочастотных ультразвуковых сигналов, полученных во время сканирования поясничных позвонков и/или шейки бедра (рис. 5). Анализ необработанных ультразвуковых сигналов позволяет сохранить максимум информации о характеристиках исследуемых тканей, которые неизбежно теряются при рутинном процессе реконструкции изображения в В-режиме. Состояние плотности и архитектоники костной ткани оценивается путем сравнения спектров анализируемых сигналов с ранее полученными эталонными моделями нормы и патологии [19]. Это показательно в ситуациях ложного завышения костной плотности при DXA, например, вследствие наличия металлоконструкций в области сканирования, что требует исключения всей области из анализа. Тогда как при применении REMS металл автоматически исключается из анализа, и аппарат рассчитывает МПК по окружающей металлоконструкции костной ткани, что дает дополнительную клинически важную информацию.

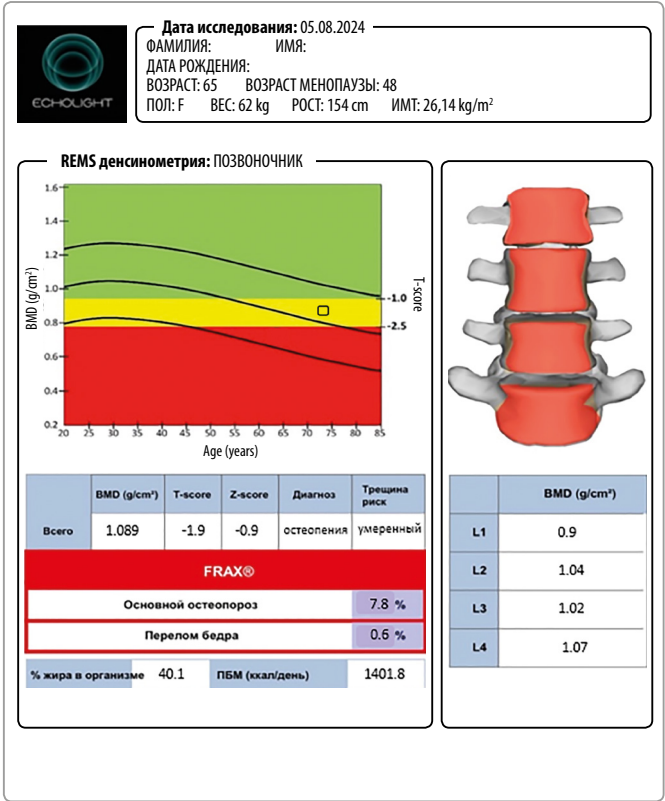
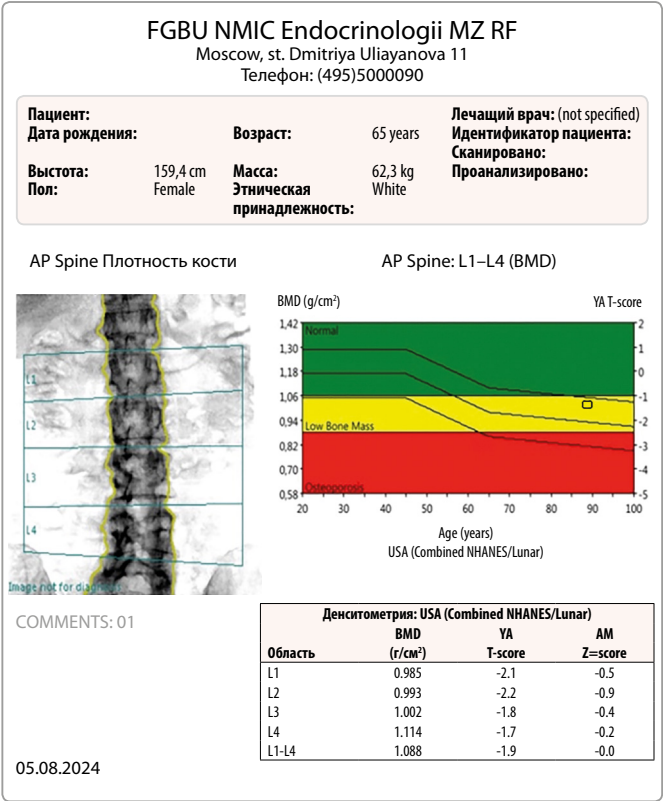


Рисунок 3. Сравнительный анализ рентгеновской двухэнергетической денситометрии и радиочастотной эхографической мульти-спектрометрии позвоночника пациентки З., исследование в динамике спустя 12 месяцев.

Figure 3. Comparison of spine dual-energy X-ray absorptiometry and radiofrequency echographic multi-spectrometry of patient Z., 12 months follow-up.

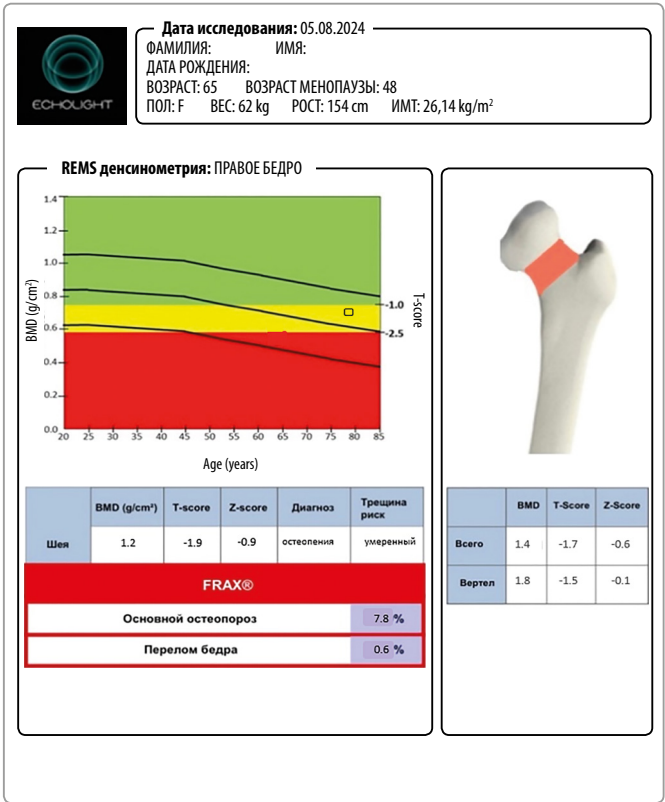
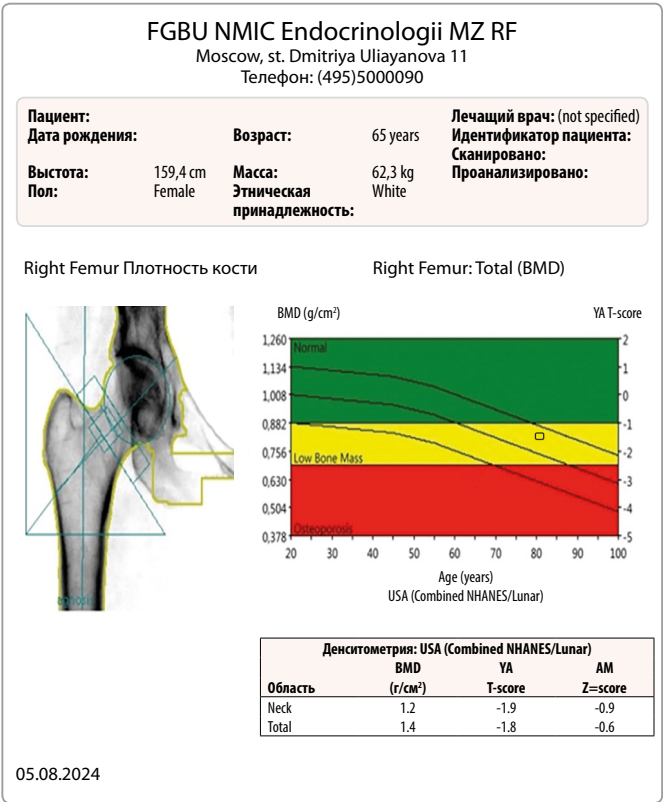


Рисунок 4. Сравнительный анализ рентгеновской двухэнергетической денситометрии и радиочастотной эхографической мульти-спектрометрии бедренной кости пациентки З., исследование в динамике спустя 12 месяцев.

Figure 4. Comparison of femur dual-energy X-ray absorptiometry and radiofrequency echographic multi-spectrometry of patient Z., in 12 months follow-up.

EchoStation — стационарная система с тележкой и монитором



EchoS Echolight — портативный вариант



Рисунок 5. Денситометры EchoStation и EchoS Echolight.

Figure 5. Densitometers EchoStation и EchoS Echolight.

Технология REMS полностью автоматическая, что позволяет минимизировать риск стороннего вмешательства. Медицинское заключение предоставляется сразу по окончании исследования и содержит все необходимые параметры: МПК (г/см^2), T-критерий, Z-критерий, анализ состава тела. Значительный объем собранных данных, относящихся к структуре костей, предоставляет как количественную, так и качественную информацию, что концептуально подходит для прогнозирования риска переломов.

Эффективность применения технологии REMS для диагностики остеопороза клинически подтверждена многоцентровым обсервационным исследованием с участием 7 итальянских клинических центров, включающим более 1900 человек [20]. В работе проводился сравнительный анализ диагностической точности технологии REMS в сравнении с «золотым стандартом» диагностики остеопороза — DXA. Результаты исследования подтвердили, что протоколы REMS полностью коррелируют с результатами аксиальной DXA, что свидетельствует о высокой чувствительности и специфичности метода в диагностике остеопороза.

Необходимо отметить, что высокая корреляция результатов измерения МПК продемонстрирована и в нашем клиническом наблюдении, как на примере исходной диагностики остеопороза, так и для динамики прироста МПК на фоне антиостеопоротического лечения.

Очевидна необходимость введения в клиническую практику дополнительных, более доступных инструментов для прогнозирования риска переломов и оценки прочности костной ткани, в том числе с учетом ее

структурных и механических характеристик. Преимуществами технологии REMS являются возможность более широкого внедрения аппаратов в условиях клинической практики, что обусловлено такими немаловажными факторами, как отсутствие радиационного облучения и необходимость создания специальных условий для установки аппарата, его компактность и наличие портативной версии, открывающие возможности для выездных скринингов и более низкая стоимость прибора. Ввиду полной автоматизации аппаратов на основе технологии REMS, позволяющей минимизировать риск стороннего вмешательства, использования только неионизирующих методик, облегчаются требования к подготовке специалистов для работы на данном приборе, что расширяет возможности его повсеместного внедрения.

Разрабатываются дополнительные протоколы для применения REMS, в частности при оценке риска переломов у детей и беременных, а также у пациентов с высоким риском вторичного остеопороза, например, у пациентов с сахарным диабетом, онкологической и гематологической патологией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имеющиеся к настоящему времени данные и представленный клинический случай свидетельствуют о том, что метод REMS весьма перспективен в отношении использования в клинической практике. Аппараты на основе технологии REMS имеют высокий потенциал для широкого

внедрения в лечебно-профилактических учреждениях различного уровня с возможностью применения портативной части для проведения выездных исследований и обследования нетранспортабельных пациентов на дому, что, безусловно, позволит усовершенствовать помощь больным с остеопорозом и добиться лучших результатов профилактики и лечения данного заболевания.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.

Конфликт интересов. Л.К. Дзеранова — заведующий редакцией журнала «Ожирение и метаболизм»; Е.А. Пигарова — член редакционной коллегии журнала «Ожирение и метаболизм».

Участие авторов. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Согласие пациента. Авторы настоящей статьи получили письменное согласие от пациента на публикацию фотографий и медицинских данных, упоминаемых в статье, в журнале «Ожирение и метаболизм».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Гиперпролактинемия в практике гинеколога: этиология, патогенез, клиника, диагностика, лечение / О.Р. Григорян, А.А. Ларина, Е.Н. Андреева, Г.А. Мельниченко // *Проблемы репродукции*. — 2013. — № 4. — С. 14-20. Иловайская И.А. Гиперпролактинемия в акушерско-гинекологической практике / И.А. Иловайская // *Акушерство и гинекология*. — 2017. — № 4. — С. 149-154. [Giperprolaktinemiya v praktike ginekologa: etiologiya, patogenez, klinika, diagnostika, lechenie / O.R. Grigoryan, A.A. Larina, E.N. Andreeva, G.A. Mel'nichenko // *Problemy reprodukcii*. 2013;4:14-20. Ilovajskaya, I.A. Giperprolaktinemiya v akushersko-ginekologicheskoy praktike / I.A. Ilovajskaya // *Akusherstvo i ginekologiya*. 2017;4:149-154 (In Russ.)]
2. Tritos NA, Miller KK. Diagnosis and Management of Pituitary Adenomas: A Review. *JAMA*. 2023 Apr 25;329(16):1386-1398. doi: 10.1001/jama.2023.5444. PMID: 37097352.
3. Colao A. The prolactinoma. Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism. 2009;5(23):575-596
4. Калмыкова З.А., Воронникова С.Ю., Федорова Н.С., Дзеранова Л.К., Пигарова Е.А., Воронцов А.В. Эффективность назначения высоких доз каберголина при лечении резистентных пролактином: клиническое наблюдение // *Ожирение и метаболизм*. — 2019. — Т.16. — №2. — С.89-94. [Kalmykova ZA, Vorotnikova SY, Fedorova NS, Dzeranova LK, Pigarova EA, Vorontsov V. The efficacy of high-dose cabergoline treatment of prolactinomas resistant to standard doses: a clinical observation. *Obesity and metabolism*. 2019;16(2):89-94. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/omet10243>
5. Melmed S, Casanueva FF, Hoffman AR, Kleinberg DL, Montori VM, Schlechte JA, et al. Diagnosis and Treatment of Hyperprolactinemia: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2011;96(2):273-88. doi: <https://doi.org/10.1210/jc.2010-1692>
6. Coss D, Yang L, Kuo CB, Xu X, Luben RA, Walker AM. Effects of prolactin on osteoblast alkaline phosphatase and bone formation in the developing rat. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2000;279:E1216-25
7. Seriwatanachai D, Thongchote K, Charoenphandhu N, Pandaranandaka J, Tudpor K, et al. Prolactin directly enhances bone turnover by raising osteoblast-expressed receptor activator of nuclear factor kappaB ligand/osteoprotegerin ratio. *Bone*. 2008;42:535-46
8. Krishnamra N, Seemoung J. Effects of acute and long-term administration of prolactin on bone 45Ca uptake, calcium deposit, and calcium resorption in weaned, young, and mature rats. *Can J Physiol Pharmacol*. 1996;74:1157-65
9. Seriwatanachai D, Charoenphandhu N, Suthiphongchai T, Krishnamra N. Prolactin decreases the expression ratio of receptor activator of nuclear factor kappaB ligand/osteoprotegerin in human fetal osteoblast cells. *Cell Biol Int*. 2008;32:1126-35
10. Mazziotti G, Frara S, Giustina A. Pituitary Diseases and Bone. *Endocr Rev*. 2018 Aug 1;39(4):440-488. doi: <https://doi.org/10.1210/er.2018-00005>
11. Naliato ECO, Farias MLF, Braucks GR, Costa FSR, Zylberberg D, Violante AH. Prevalence of osteopenia in men with prolactinoma. *J Endocrinol Invest*. 2005;28(3):12-17. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03345523>
12. Zhao Y, Gan X, Luo P, et al. The risk of osteopenia in premenopausal women with various sellar tumors. *Gynecol Endocrinol*. 2012;28(12):945-948. doi: <https://doi.org/10.3109/09513590.2012.683080>
13. Belaya ZhE, Belova KYu, Biryukova EV, Dedov II, Dzeranova LK, et al. Federal clinical guidelines for diagnosis, treatment and prevention of osteoporosis. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2021;24(2):4-47. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo12930>
14. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Мокрышева Н.Г., Пигарова Е.А., Поваляева А.А., и др. Проект федеральных клинических рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D. // *Остеопороз и остеопатии*. — 2021. — Т. 24. — №4. — С. 4-26. [Dedov II, Mel'nichenko GA, Mokrysheva NG, Pigarova EA, Povaliaeva AA, et al. Draft federal clinical practice guidelines for the diagnosis, treatment, and prevention of vitamin D deficiency. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2021;24(4):4-26. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/osteo12937>
15. Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Белая Ж.Е., Дзеранова Л.К., Каронова Т.Л., Ильин А.В., Мельниченко Г.А., Дедов И.И. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых. *Проблемы Эндокринологии*. 2016;62(4):60-84. [Pigarova EA, Rozhinskaya L.Ya., Belaya Zh.E., Dzeranova L.K., Karonova T.L., Ilyin A.V., Melnichenko G.A., Dedov I.I. Russian Association of Endocrinologists recommendations for diagnosis, treatment and prevention of vitamin D deficiency in adults. *Problems of Endocrinology*. 2016;62(4):60-84. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/probl201662460-84>
16. Мельниченко Г.А., Белая Ж.Е., Рожинская Л.Я., Гребенникова Т.А., Пигарова Е.А., и др. Краткое изложение клинических рекомендаций по диагностике и лечению остеопороза Российской ассоциации эндокринологов. // *Остеопороз и остеопатии*. — 2016. — Т. 19. — №3. — С. 28-36. [Melnichenko GA, Belaya ZhE, Rozhinskaya LYa, Grebennikova TA, Pigarova EA, et al. Summary of clinical guidelines for the diagnosis and treatment of osteoporosis of the Russian association of endocrinologists. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2016;19(3):28-36. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/osteo2016328-36>
17. Fonseca H, Moreira-Gonçalves D, Coriolano H-JA, Duarte JA. Bone Quality: The Determinants of Bone Strength and Fragility. *Sport Med*. 2014;44(1):37-53. doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0100-7>
18. Caffarelli C, Tomai Pitinca MD, 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. doi: <https://doi.org/10.1007/s40520-021-01889-w>
19. Conversano F, Franchini R, Greco A, et al. A Novel Ultrasound Methodology for Estimating Spine Mineral Density. *Ultrasound Med Biol*. 2015;41(1):281-300. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2014.08.017>
20. Di Paola M, Gatti D, Viapiana O, et al. 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. doi: <https://doi.org/10.1007/s00198-018-4686-3>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]:

***Шутова Александра Сергеевна [Aleksandra S. Shutova]**; адрес: Россия, 117036, Москва, ул. Дм. Ульянова, д. 11 [address: 11 Dm. Ulyanova street, 117036 Moscow, Russia]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0047-7223>; SPIN-код: 4774-0114; e-mail: shutova.aleksandra@gmail.com

Дзеранова Лариса Константиновна, д.м.н. [Larisa K. Dzeranova, ScD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0327-4619>; SPIN-код: 2958-5555; e-mail: dzeranova.k@yandex.ru

Пигарова Екатерина Александровна, д.м.н. [Ekaterina A. Pigarova, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6539-466X>; SPIN-код: 6912-6331; e-mail: kpigarova@gmail.com

Воротникова Светлана Юрьевна [Svetlana Y. Vorotnikova, MD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7470-1676>; eLibrary SPIN: 6571-1206; e-mail: bra_svetix@list.ru

Буйваленко Ульяна Валерьевна [Uliana V. Buyvalenko]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1792-6419>; eLibrary SPIN: 5772-5683; e-mail: ulibu@list.ru

Перепелова Маргарита Александровна [Margarita A. Perepelova]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5824-6490>; SPIN-код: 8950-0673; e-mail: margo.doktor@mail.ru

Кузьмин Анатолий Геннадьевич, к.м.н. [Anatoly G. Kuzmin, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1387-8536>; eLibrary SPIN: 7804-2128; e-mail: kuzmin.anatoliy@endocrincentr.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

ЦИТИРОВАТЬ:

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. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13197>

TO CITE THIS ARTICLE:

Dzeranova LK, Shutova AS, Pigarova EA, Vorotnikova SYu, Buyvalenko UV, Perepelova MA, Kuzmin AG. Radiofrequency echographic multi-spectrometry and prolactinoma: case report. *Obesity and metabolism*. 2024;21(4):431-438. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13197>