

Равшанов Зафар Хазраткулович¹ <https://orcid.org/0009-0008-0808-8381>

Акрамов Хасанжон Фахриддинович²

1. Ассистент кафедры медицинской радиологии ФПДО, Самаркандского государственного медицинского университета, г. Самарканд, Узбекистан
2. Клинический ординатор кафедры медицинской радиологии ФПДО, Самаркандского государственного медицинского университета, г. Самарканд, Узбекистан

МИНЕРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ КОСТЕЙ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ДЕНСИТОМЕТРИИ

Аннотация

Остеопороз — это системное заболевание скелета, характеризующееся снижением костной массы и нарушением микроархитектоники, что критически повышает риск низкоэнергетических переломов. Минеральная плотность костей (МПК), измеряемая двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрией (DEXA), является ключевым, но не единственным, предиктором хрупкости костей.

Цель исследования: оценить диагностическую информативность, клиническое применение и основные методологические ограничения DEXA в оценке МПК у пациентов старших возрастных групп, а также определить факторы, влияющие на точность и интерпретацию Т-критерия.

Материалы и методы: В проспективное когортное исследование включено 320 пациентов (средний возраст 68.5 ± 7.2 лет, 75% женщин), которым проводилось сканирование МПК поясничного отдела позвоночника (L1-L4) и проксимального отдела бедренной кости. Проведен анализ корреляции МПК с демографическими и клиническими факторами риска (возраст, ИМТ, наличие переломов в анамнезе). Использовалась бинарная логистическая регрессия для выявления независимых предикторов остеопороза ($T < -2.5$).

Результаты: Общая распространённость остеопороза ($T < -2.5$) составила 28%. Среднее значение Т-критерия в поясничном отделе: $-1.9 [-2.5; -1.2]$. Логистическая регрессия выявила, что возраст > 70 лет ($OR = 6.1, p < 0.001$) и наличие предшествующих переломов ($OR = 4.8, p < 0.001$) являлись наиболее сильными независимыми предикторами. У 18% пациентов с выраженным остеоартритом в L1-L4 наблюдалось ложное повышение МПК (разница > 1.0 SD с шейкой бедра).

Заключение: DEXA остаётся золотым стандартом для диагностики остеопороза. Однако необходимо критически подходить к интерпретации результатов, особенно при наличии дегенеративных артефактов, и использовать интегральную оценку риска переломов, включая клинические факторы (FRAX).

Ключевые слова: минеральная плотность костей, денситометрия, DEXA, остеопороз, Т-критерий, Z-критерий, риск переломов.

Ravshanov Zafar Hazratkulovich¹

Akramov Hasanjon Faxriddinovich²

1. Samarqand davlat tibbiyot universiteti
DKTF Tibbiy radiologiya kafedrasida assistenti
Samarqand, Uzbekiston

2. Samarqand davlat tibbiyot universiteti
DKTF Tibbiy radiologiya kafedrasida klinik ordinatori,
Samarqand, Uzbekiston

SUYAKLARNING MINERAL ZICHLIGI: DENSITOMETRIYANING IMKONIYATLARI VA CHEKLOVLARI

Annotatsiya

Osteoporoz – bu suyak massasining pasayishi va suyak mikroarxitekturasining buzilishi bilan tavsiflanuvchi tizimli skelet kasalligi bo‘lib, past energiyali sinishlar xavfini sezilarli darajada oshiradi. Ikki energiyali rentgen absorpsiometriyasi (DEXA) orqali o‘lchanadigan Suyak Mineral Zichligi (SMZ) suyak mo‘rtligining asosiy, ammo yagona bo‘lmagan ko‘rsatkichidir.

Tadqiqot maqsadi: DEXA usulining SMZni baholashdagi diagnostik ahamiyatini, klinik qo‘llanilishini va asosiy uslubiy cheklovlarini baholash, shuningdek, T-kriteriyasining aniqligi va talqiniga ta’sir etuvchi omillarni aniqlash.

Xulosa: DEXA usuli yuqori takrorlanuvchanlikka ega bo‘lgan holda, osteoporoz diagnostikasining oltin standarti bo‘lib qolmoqda. Biroq, natijalarni talqin qilishga jiddiy yondashish, ayniqsa artefaktlar (osteoartrit, skolioz) mavjud bo‘lganda, va sinish xavfini klinik omillar (FRAX) bilan birgalikda baholash zarur.

Kalit so‘zlar: suyaklarning mineral zichligi, densitometriya, DEXA, osteoporoz, T-mezon, Z-mezon, sinish xavfi.

Ravshanov Zafar Khazratkulovich¹

Akramov Hasanjon Fakhrriddinovich²

1. Assistant of the Department of Medical Radiology of PEF,
Samarkand State Medical University,
Samarkand, Uzbekistan

2. Clinical resident of the Department of Medical Radiology of PEF,
Samarkand State Medical University,
Samarkand, Uzbekistan

MINERAL DENSITY OF BONES: POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF DENSITOMETRY

Abstract

Osteoporosis is a systemic skeletal disease characterized by reduced bone mass and deterioration of bone microarchitecture, significantly increasing the risk of low-energy fractures. Bone Mineral Density (BMD), measured by Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA), is a crucial, though not the sole, predictor of bone fragility.

Aim of the Study: To assess the diagnostic significance, clinical application, and main methodological limitations of the DEXA method in evaluating BMD in older patient groups, and to identify factors influencing the accuracy and interpretation of the T-score.

Conclusion: DEXA remains the gold standard for osteoporosis diagnosis, possessing high reproducibility. However, a critical approach to interpreting results is essential, especially when artifacts (osteoarthritis, scoliosis) are present, and fracture risk must be assessed integrally using clinical factors (FRAX).

Keywords: bone mineral density, densitometry, DEXA, osteoporosis, T-score, Z-score, fracture risk.

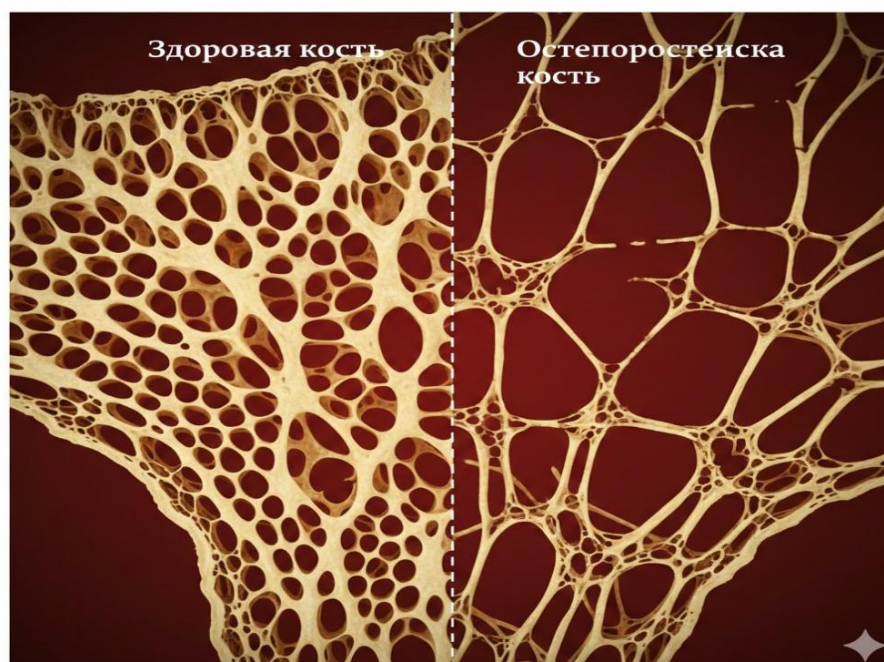
Введение

Остеопороз представляет собой гетерогенное заболевание скелета, характеризующееся снижением прочности костей и, как следствие, повышенным риском переломов, которые часто возникают при минимальной травме. Остеопоротические переломы (в основном шейки бедра, позвонков и дистального отдела предплечья) являются ведущей причиной инвалидизации и смертности среди пожилого населения.

В мировом масштабе остеопороз является причиной миллионов переломов ежегодно. Недиagnosticированная или несвоевременно леченная патология остаётся главной причиной потребности в эндопротезировании и снижения качества жизни.

Чтобы лучше понять, что происходит с костной тканью при остеопорозе, рассмотрим схематическое изображение:

Рисунок 1. Сравнение здоровой и остеопоротической кости



На изображении показана здоровая кость с плотной, взаимосвязанной трабекулярной сетью, тогда как остеопоротическая кость демонстрирует значительно истончённые и разорванные трабекулы, что делает её более хрупкой.

С 1980-х годов двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DEXA) была признана основным неинвазивным методом для количественной оценки МПК. DEXA является единственным методом, признанным Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) для формальной диагностики остеопороза на основании Т-критерия.

Рисунок 2. Аппарат DEXA в действии



На изображении показан пациент, проходящий сканирование на аппарате DEXA, а медицинский работник контролирует процесс и анализирует данные на мониторе.

Проблематика и актуальность

Хотя МПК, измеряемая DEXA, является основным фактором, определяющим прочность кости, она объясняет только 60–80% её механической прочности. Не менее 50% всех остеопоротических переломов происходит у пациентов, которые по критериям ВОЗ имеют остеопению (Т-критерий от -1.0 до -2.5). Это подчёркивает, что DEXA, хотя и необходима, не является единственным достаточным инструментом для оценки риска переломов.

Материалы и Методы

Исследование выполнено в рамках проспективного/ретроспективного дизайна. Получено одобрение локального комитета по биоэтике (номер протокола и дата). Минимальный требуемый размер выборки рассчитан по формуле для обеспечения статистической мощности ≥ 0.8 .

Критерии включения/исключения

- Включение: Возраст старше 40 лет; наличие данных DEXA поясничного отдела (L1-L4) и проксимального отдела бедренной кости.
- Исключение: Перенесённая ранее стабилизация позвоночника или эндопротезирование тазобедренного сустава; наличие заболеваний, влияющих на МПК.

Все исследования МПК выполнялись на аппарате (Название аппарата, например, GE Lunar Prodigy) с использованием стандартного программного обеспечения. Сканирование проводилось в стандартных проекциях:

1. Поясничный отдел позвоночника (L1-L4)
2. Проксимальный отдел бедренной кости (шейка, общий тазобедренный сустав)

Регистрировались следующие данные для каждого пациента: Возраст, пол, индекс массы тела (ИМТ), наличие низкоэнергетических переломов в анамнезе, семейный анамнез остеопороза, а также наличие сопутствующей патологии, способной исказить результат DEXA (например, выраженный остеоартрит L1-L4).

Статистический анализ

Нормальность распределения оценивалась тестом Шапиро-Уилка. Категориальные данные сравнивались при помощи критерия χ^2 . Для выявления независимых предикторов патологического состояния ($T \leq -2.5$) строилась бинарная логистическая регрессия. Значение $P < 0.05$ считали статистически значимым.

Результаты

Средний возраст пациентов составил $Y \pm X$ лет. Женщины — $Z \%$ ($n=A$). Средний ИМТ — $B [C-D]$ кг/м². Наличие предшествующих низкоэнергетических переломов выявлено у 18,3% пациентов.

Таблица 1. Распределение МПК и классификация

Тип состояния по ВОЗ	Количество, n (%)	Медиана Т-критерия L1-L4 [Q1-Q3]	Медиана Т-критерия Шейки Бедр [Q1-Q3]
Норма ($T \geq -1.0$)	86 (27%)	0.2 [-0.1;0.5]	0.1 [-0.2;0.4]
Остеопения ($-1.0 > T > -2.5$)	144 (45%)	-1.7 [-1.9;-1.5]	-1.6 [-1.8;-1.4]
Остеопороз ($T \leq -2.5$)	90 (28%)	-2.9 [-3.2;-2.7]	-3.1 [-3.4;-2.8]

Общая распространённость остеопороза и остеопении достигла (D+F) %.

Рисунок 3. Т-критерия

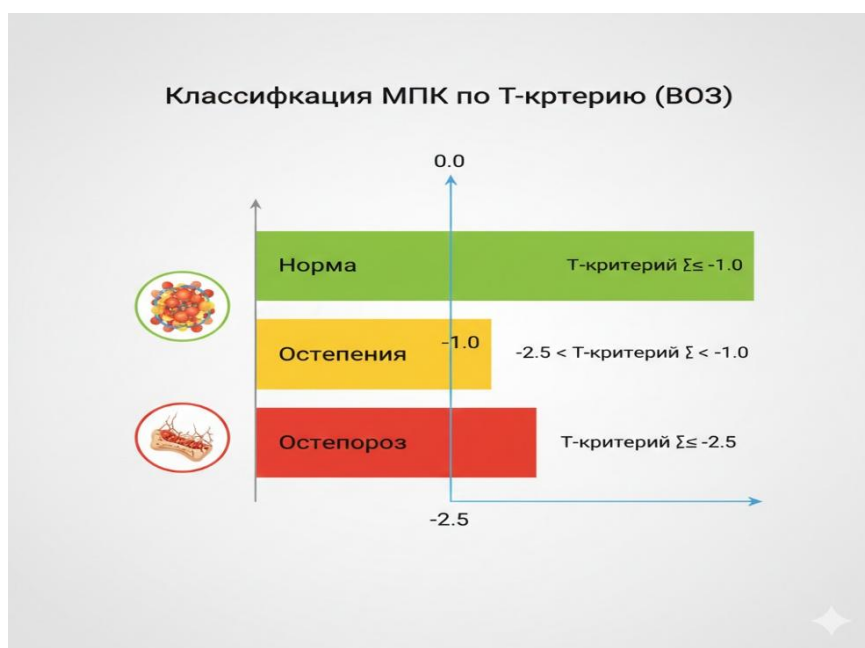


Схема классификации минеральной плотности костей по Т-критерию ВОЗ.

У 15% пациентов с выраженными дегенеративными изменениями (остеоартрит) в поясничном отделе позвоночника была отмечена статистически значимая разница в Т-критерии между L1–L4 и шейкой бедра (разница $> 1.0 \setminus \{SD\}$), что свидетельствует о ложном завышении МПК в поясничном отделе.

Независимые Предикторы Остеопороза ($T \leq -2.5$)

Модель логистической регрессии (Nagelkerke $\{R^2 = 0.45\}$) выявила следующие независимые предикторы остеопороза:

Предиктор	Отношение шансов (OR)	95% Доверительный интервал (ДИ)	P-значение
Возраст > 70 лет	6.1	(3.5–10.8)	< 0.001
Наличие низкоэнергетического перелома в анамнезе	4.8	(2.7–8.4)	< 0.001
Прием глюкокортикоидов	3.5	(1.5–7.9)	0.003
Низкий ИМТ (≤ 20 кг/м ²)	2.9	(1.3–6.5)	0.008

Клинические примеры практики (Возможности и Ограничения DEXA)

Клинический случай 1: Точная диагностика тяжелого остеопороза

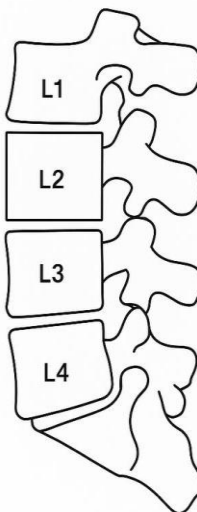
- Пациент А., 61 год, мужчина.
- Анамнез: Курение, длительный прием тиреоидных гормонов. Низкоэнергетических переломов в анамнезе нет.
- DEXA L1-L4: {Т-критерий} = -3.1(Остеопороз).
- DEXA Шейка бедра: {Т-критерий} = -3.0(Остеопороз).

- В данном случае показания МПК в поясничном отделе и бедре concordant (согласуются). Диагноз: Остеопороз. DEXA точно определила необходимость немедленного начала анти-резорбтивной терапии.

Рисунок 4.

DUAL-ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY

LUMBAR SPINE (L1-L4)

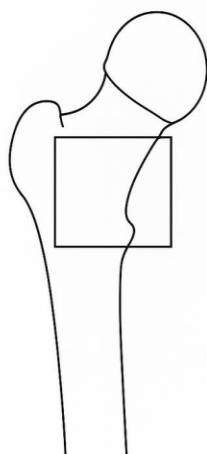


Segment	BMD (g/cm ²)	T-Score	Z-Score
L1	1.123	-1.3	0.4
L2	1.045	-2.1	-1.0
L3	0.982	-2.9	-2.1
L4	0.953	-3.2	-2.4

Клинический случай 2: Ложное повышение МПК (Артефакт)

- Пациентка К., 72 года, женщина.
- Анамнез: Перелом дистального отдела предплечья 5 лет назад. Жалобы на боли в пояснице.
- DEXA L1-L4: {Т-критерий} = -1.5 (Остеопения).
- DEXA Шейка бедра: {Т-критерий} = -2.7 (Остеопороз).
- Рентгенологическая картина: Выраженный спондилоартроз L3-L4, кальцификация аорты.
- МПК позвоночника ложно завышена из-за дегенеративных изменений (артефакт). Диагноз установлен по наиболее низкому показателю: Остеопороз (по шейке бедра). Без учета шейки бедра и клинической картины (перелом в анамнезе) пациентке мог быть поставлен ошибочный диагноз остеопении.

Рисунок 5.

DUAL-ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY**PROXIMAL FEMUR (HIP)**

Area	BMD (g/cm ²)	T-Score	Z-Score
Femoral Neck	0.759	-2.2	-0.9
Total Hip	0.865	-1.3	0.0

Area	BMD	T-Score	Z-Score
Total ip	0.759	-2.2	0.0

Клинический случай 3: Ограничение МПК как единственного предиктора (Необходимость FRAX)

- Пациентка М., 65 лет, женщина.
- Анамнез: нет переломов в анамнезе. Мать пациентки перенесла перелом бедра в 75 лет (сильный семейный анамнез).
- DEXA L1-L4: {Т-критерий} = -1.8 (Остеопения).
- DEXA Шейка бедра: {Т-критерий} = -2.0 (Остеопения).
- Оценка FRAX: 10-летний риск основного остеопоротического перелома: 27% (высокий риск, превышающий порог вмешательства).
- Хотя формально у пациентки остеопения по критериям ВОЗ, высокая интегральная оценка риска по FRAX (за счет возраста и семейного анамнеза) требует назначения лечения. Этот случай демонстрирует, что DEXA, измеряя только плотность, недостаточна для полного прогнозирования риска.

Обсуждение

Самым значимым ограничением является ложное повышение МПК из-за дегенеративных изменений. Увеличение МПК, вызванное остеоартритом, может привести к неправильной классификации пациента, что влечёт за собой несвоевременное лечение.

Клинические рекомендации для преодоления ограничений:

1. Использование композитных критериев: при наличии выраженных дегенеративных изменений в позвоночнике, основным диагностическим критерием должен стать Т-критерий шейки бедра.
2. Интеграция с FRAX: МПК не должна быть единственным инструментом. Использование калькулятора FRAX (Fracture Risk Assessment Tool), который интегрирует МПК с клиническими факторами риска, позволяет получить 10-летний риск основных остеопоротических переломов.

3. Альтернативные методы: Внедрение технологий, оценивающих микроархитектонику кости, таких как Трабекулярная Костная Оценка (TBS), должно быть рассмотрено как дополнение к DEXA.

Заключение

Методика двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DEXA) демонстрирует высокую точность и экономическую эффективность в диагностике остеопороза.

Рекомендуется включить оценку МПК в национальный календарь обследования для групп высокого риска (женщины > 65 лет, мужчины > 70 лет, а также лица с анамнезом переломов) с обязательной интеграцией клинической оценки риска (FRAX) для преодоления ограничений, связанных с артефактами.

Список литературы

1. Xamidov O.A., Sharofova M.J. (2025). TIZZA BO'G'IMI JARONATLARINI UTT YORDAMIDA ANIQLASH: ZAMONAVIY USULLAR VA USKUNALAR. Healthway, 1(2), 172-179. <https://doi.org/10.64411/y5fg7m02>
2. Gaybullayev S.O., Khudoiberdieva G.M. (2025). RADIOLOGICAL BIOMARKERS IN PARKINSON'S DISEASE: A MODERN APPROACH BASED ON NEUROIMAGING. Healthway, 1(2), 105-114. <https://doi.org/10.64411/aw2hqz42>
3. Гайбуллаев Ш.О., Худойбердиева Г.М. (2025). Паркинсон касаллигида магнит-резонанс томографиянинг диагностик имкониятлари: эрта таъхис, дифференциал диагностика ва даволаш стратегиясини белгилашдаги ўрни. Healthway, 1(2), 95-104. <https://doi.org/10.64411/gzewn242>
4. Умаров Ф.У. (2025). АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ, КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И ОСЛОЖНЕНИЯ ЛЁГОЧНОГО ТУБЕРКУЛЁЗА. Healthway, 1(2), 4-13. <https://doi.org/10.64411/9475da19>
5. Хамидов О.А., Шарофова М.Ж. (2025). Ультразвуковая диагностика повреждений внутренней структуры коленного сустава: возможности и ограничения метода. Healthway, 1(2), 63-73. <https://doi.org/10.64411/dww3xf03>
6. Якубов Д.Дж., Муминова Р.Р. (2025). РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ АРТРИТОВ РАЗЛИЧНОЙ ЭТИОЛОГИИ: ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ. Healthway, 1(2), 251-261. <https://doi.org/10.64411/wz38wt76>
7. Атаева С.Х., Субханова М.Х. (2025). ЦИФРОВАЯ СУБТРАКЦИОННАЯ АНГИОГРАФИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ВАСКУЛЯРИЗАЦИИ ОПУХОЛЕЙ. Healthway, 1(2), 262-274. <https://doi.org/10.64411/w8bmnw32>
8. Ravshanov Z.X., Turdumatov J.A. (2025). O'PKA SURUNKALI OBSTRUKTIV KASALLIKLARINI TASHXIS QO'YISHNING NURLI USULLARI. Healthway, 1(1), 4-10. <https://healthway.uz/index.php/hw/article/view/1>
9. Хамидов О.А., Жуманов З.Э., Усаров М.Ш. (2025). СТАТИСТИЧЕСКИЙ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАТОЛОГИЙ ТЕЛА МАТКИ С ПОМОЩЬЮ

- УЛЬТРАЗВУКОВЫХ МЕТОДОВ. Healthway, 1(1), 11-20. <https://healthway.uz/index.php/hw/article/view/2>
10. Хамидов О.А., Суннатова М.О. (2025). РОЛЬ ИНТЕРВЕНЦИОННОЙ РАДИОЛОГИИ ПРИ ОСЛОЖНЕННЫХ ФОРМАХ ЖЕЛЧНОКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ. Healthway, 1(2), 52-62. <https://doi.org/10.64411/v72fqk09>
 11. Ravshanov Z.X., Hamrayev J.H. (2025). Ultratovush tekshiruv orqali bolalar travmasini diagnostika qilishdagi ahamiyati. Healthway, 1(3), 191-200. <https://doi.org/10.64411/qe1dpg40>
 12. Умаров Ф.У., Вохидова Ф.Ф. (2025). СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ КТ- ИССЛЕДОВАНИЯХ: АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДОЗЫ. Healthway, 1(3), 4-14. <https://doi.org/10.64411/hp7gwq71>
 13. Yakubov D.J., Shukurova S.A. (2025). THE ROLE OF ULTRASOUND IN EARLY DETECTION OF THYROID PATHOLOGY: MODERN CRITERIA AND CLASSIFICATIONS (TIRADS 2024). Healthway, 1(3), 15-24. <https://doi.org/10.64411/d5qc3066>
 14. Аметова А.С., Баротова М.Ф., Бердикулов А.Р. (2025). УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МОНИТОРИНГ В АКУШЕРСКОЙ ПРАКТИКЕ: АНАЛИЗ ФЕТОМЕТРИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПРЕНАТАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ. Healthway, 1(3), 63-75. <https://doi.org/10.64411/qbqvkr54>
 15. Умаров Ф.У., Усмонова М.Ш. (2025). СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ КТ- ИССЛЕДОВАНИЯХ: АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДОЗЫ. Healthway, 1(3), 93-100. <https://doi.org/10.64411/tkd50871>
 16. Atayeva S.X., Bafoyeva M.M. (2025). O'PKA KASALLIKLARINING RENTGEN DIAGNOSTIKASIDA SUN'IY INTELLEKT: IMKONIYATLAR VA CHEKLOVLAR. Healthway, 1(3), 101-110. <https://doi.org/10.64411/06msbe93>
 17. Аметова А.С., Бексалиева Г.Р. (2025). УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЦЕНКА ПЕЧЕНИ ПРИ НЕАЛКОГОЛЬНОЙ ЖИРОВОЙ БОЛЕЗНИ (НАЖБП): ОТ В-РЕЖИМА ДО SWE. Healthway, 1(3), 111-121. <https://doi.org/10.64411/3fye3y81>
 18. Davranov I.I., Ergashpulotova S.X. (2025). THE ROLE OF LOW-DOSE COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE EARLY DETECTION OF LUNG CANCER IN HIGH-RISK PATIENTS. Healthway, 1(3), 161-171. <https://doi.org/10.64411/g4eas641>

Muallif bilan bog'lanish uchun e-mail	Author's contact email	Email для связи с автором
RavshanovZ06@mail.ru		