

Микроархитектоника костной ткани при ревматоидном артите: фокус на трабекулярный костный индекс

Козырева М.В., Никитинская О.А., Демин Н.В., Торопцова Н.В.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт ревматологии им. В.А. Насоновой», Москва
Россия, 115522, Москва, Каширское шоссе, 34А

Цель исследования – изучить показатели активности воспаления и биохимические маркеры костного обмена как факторы, влияющие на микроархитектонику кости, оцененную по трабекулярному костному индексу (ТКИ), у женщин с ревматоидным артритом (РА).

Материал и методы. В одномоментном исследовании участвовали 124 женщины с достоверным РА (средний возраст – $60,3 \pm 10,0$ лет). Проведены анкетирование по разработанному опроснику, лабораторное обследование, рентгеновская денситометрия поясничного отдела позвоночника (L_{I-IV}) с определением ТКИ.

Результаты и обсуждение. Деградированная микроархитектоника костной ткани выявлена у 33,9%, частично деградированная – у 21,8%, нормальная – у 44,3% женщин с РА. В однофакторном регрессионном анализе возраст ($p < 0,001$), длительность постменопаузы ($p = 0,035$), уровни мочевой кислоты (МК; $p = 0,023$), щелочной фосфатазы (ЩФ; $p = 0,021$), антител к циклическому цитруллинированному пептиду (АЦЦП; $p = 0,037$) и фосфора ($\beta = 0,23$; $p = 0,011$) коррелировали со значением ТКИ.

Заключение. Нормальная микроархитектоника выявлена лишь у 44,3% женщин с РА. ТКИ негативно взаимосвязан с возрастом, длительностью постменопаузы, уровнем МК, ЩФ и АЦЦП и позитивно – с уровнем фосфора. Не наблюдалось корреляции между значением ТКИ и показателями воспалительной активности РА.

Ключевые слова: трабекулярный костный индекс; микроархитектоника кости; ревматоидный артрит; мочевая кислота; щелочная фосфатаза; антитела к циклическому цитруллинированному пептиду.

Контакты: Мария Витальевна Козырева; doginya@yandex.ru

Для цитирования: Козырева МВ, Никитинская ОА, Демин НВ, Торопцова НВ. Микроархитектоника костной ткани при ревматоидном артите: фокус на трабекулярный костный индекс. Современная ревматология. 2025;19(6):42–47. <https://doi.org/10.14412/1996-7012-2025-6-42-47>

Bone microarchitecture in rheumatoid arthritis: focus on trabecular bone index

Kozyreva M.V., Nikitinskaya O.A., Demin N.V., Toroptsova N.V.

V.A. Nasonova Research Institute of Rheumatology, Moscow
34A, Kashirskoe Shosse, Moscow 115522, Russia

Objective: to investigate indicators of inflammatory activity and biochemical markers of bone metabolism as factors influencing bone microarchitecture, assessed by the trabecular bone index (TBI), in women with rheumatoid arthritis (RA).

Material and methods. A cross-sectional study included 124 women with verified RA (mean age 60.3 ± 10.0 years). A survey using a proprietary questionnaire, laboratory testing, and lumbar spine (L_{I-IV}) X-ray densitometry with determination of TBI were performed.

Results and discussion. Degraded bone microarchitecture was found in 33.9%, partially degraded in 21.8%, and normal in 44.3% of women with RA. In univariate regression analysis, age ($p < 0.001$), duration of postmenopause ($p = 0.035$), levels of uric acid (UA; $p = 0.023$), alkaline phosphatase (ALP; $p = 0.021$), anti-cyclic citrullinated peptide antibodies (anti-CCP; $p = 0.037$), and phosphorus ($\beta = 0.23$; $p = 0.011$) correlated with TBI values.

Conclusion. Normal bone microarchitecture was found in only 44.3% of women with RA. TBI was negatively associated with age, duration of postmenopause, levels of UA, ALP, and anti-CCP, and positively with phosphorus level. No correlation was observed between TBI values and indicators of RA inflammatory activity.

Keywords: trabecular bone index; bone microarchitecture; rheumatoid arthritis; uric acid; alkaline phosphatase; anti-cyclic citrullinated peptide antibodies.

Contact: Maria Vitalyevna Kozyreva; doginya@yandex.ru

For citation: Kozyreva MV, Nikitinskaya OA, Demin NV, Toroptsova NV. Bone microarchitecture in rheumatoid arthritis: focus on trabecular bone index. Sovremennaya Revmatologiya=Modern Rheumatology Journal. 2025;19(6):42–47 (In Russ.). <https://doi.org/10.14412/1996-7012-2025-6-42-47>

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ / ORIGINAL INVESTIGATIONS

Прочность кости, определяющая риск перелома, характеризуется рядом количественных и качественных показателей. Долгое время в рутинной клинической практике оценивались только количественные характеристики прочности кости (минеральная плотность кости – МПК – и содержание в ней минералов) с помощью двухэнергетической абсорбциометрии, а получить косвенное представление о качестве костной ткани можно было с помощью изучения маркеров костного обмена. Появление нового неинвазивного метода – определения трабекулярного костного индекса (ТКИ) – дает дополнительную информацию о состоянии микроархитектоники кости у пациентов, которым было проведено денситометрическое исследование позвоночника, как на текущий момент, так и ретроспективно.

Сегодня имеется достаточно данных о влиянии ряда факторов на величину МПК и скорость ее потери при различных заболеваниях и состояниях, но в отношении ТКИ такой информации мало. Показано, что величина ТКИ связана с возрастом, наличием различных заболеваний (сахарный диабет 2-го типа, гиперкортицизм, хроническая болезнь почек, иммуновоспалительные ревматические заболевания – ИВРЗ, – гиперпаратиреоз) и приемом лекарственных препаратов (ингибиторов ароматазы, глюокортикоидов – ГК), а низкие значения этого индекса позволяют прогнозировать риск переломов лучше, чем только МПК или сочетание клинических факторов риска, оцененных с помощью алгоритма FRAX (Fracture Risk Assessment Tool) [1].

В ряде работ, посвященных изучению ТКИ при ИВРЗ, установлено, что больные ревматоидным артритом (РА) [2–4], аксиальным спондилоартритом [5], анкилозирующим спондилитом [6–7], ревматической полимиалгией [8], системной красной волчанкой [9] и системным склерозом [10] имеют более низкие показатели ТКИ, которые позволяют более точно определить риск возможных переломов. Однако сведения о предикторах низкого ТКИ, связанных с тем или иным ИВРЗ, ограничены и противоречивы. Это касается и РА. В исследовании S. Tavassoli и соавт. [11], включавшем небольшое число пациентов с РА, было показано, что более старший возраст и большая длительность болезни ассоциировались с более низкими значениями ТКИ, а текущий прием ГК не оказывал влияния на величину этого индекса. В другой работе выявлено, что ТКИ у женщин с РА старше 50 лет в постменопаузе обратно коррелировал с кумулятивной дозой ГК, в то время как связи активности заболевания (по Disease Activity Score 28, DAS28) с низкими значениями ТКИ не обнаружено [3]. Аналогичные результаты были продемонстрированы A. Corrado и соавт. [12], которые у пациентов с РА наблюдали обратную зависимость ТКИ от кумулятивной дозы ГК, но только при использовании высоких доз этих препаратов, и отсутствие зависимости ТКИ от активности РА.

Имеется ограниченная информация о связи с ТКИ в популяции большинства биохимических параметров, характеризующих костный обмен, таких как креатинин, клубочковая фильтрация, щелочная фосфатаза (ЩФ), сывороточный кальций и фосфор, мочевая кислота (МК), СРБ, витамин D и паратиреоидный гормон (ПТГ) [13–15], однако для РА таких данных нет. Также нет работ, оценивающих влияние аутоантител, связанных с РА, на величину ТКИ, хотя известно, что МПК значимо ниже у пациентов, позитивных по анти-

телам к циклическому цитруллинированному пептиду (АЦЦП), и у лиц с высоким уровнем ревматоидного фактора (РФ) [16, 17]. Учитывая это, мы решили выяснить, какие маркеры воспаления и костного обмена при РА влияют на микроархитектонику кости, оцененную по ТКИ.

Цель исследования – изучить влияние показателей активности воспаления и биохимических маркеров костного обмена на микроархитектонику кости, оцененную по ТКИ, у женщин с РА.

Материал и методы. В исследовании участвовали 124 женщины.

Критерии включения: возраст старше 40 лет, достоверный диагноз РА, соответствовавший критериям ACR/EULAR (American College of Rheumatology / European Alliance of Associations for Rheumatology) 2010 г., и подписанное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии невключения: лица, имевшие перекрестные иммуновоспалительные синдромы, коморбидные заболевания, потенциально влияющие на костную ткань, а также индекс массы тела (ИМТ) <15 или $>37 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Все пациентки прошли анкетирование, включавшее вопросы о возрасте, наличии и длительности постменопаузы, курении на момент исследования, длительности РА, длительности приема и дозах ГК. Для оценки активности РА использовали индекс DAS28. Измеряли рост и массу тела пациенток для подсчета ИМТ: $18,5 \leq \text{ИМТ} < 25,0 \text{ кг}/\text{м}^2$ расценивался как нормальный, $25,0 \leq \text{ИМТ} < 30,0 \text{ кг}/\text{м}^2$ – как избыточная масса тела, $\text{ИМТ} \geq 30,0 \text{ кг}/\text{м}^2$ – как ожирение. У всех женщин определяли СОЭ, уровень ЩФ, кальция общего, фосфора, МК, альбумина, ПТГ, сывороточного витамина D (25(OH)D), РФ, СРБ и АЦЦП.

ТКИ рассчитывался на уровне поясничного отдела позвоночника (L₁–IV) с помощью программного обеспечения TBS Insight, версия 3.0, после проведения двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA) L₁–IV на аппарате Lunar Prodigy Advance (GE, США). ТКИ $\leq 1,23$ соответствовал деградированной микроархитектонике костной ткани, $1,23 < \text{ТКИ} < 1,31$ – частично деградированной и ТКИ $\geq 1,31$ – нормальной структуре кости.

Исследование выполнено в рамках фундаментальной научной темы и одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Научно-исследовательский институт ревматологии им. В.А. Насоновой».

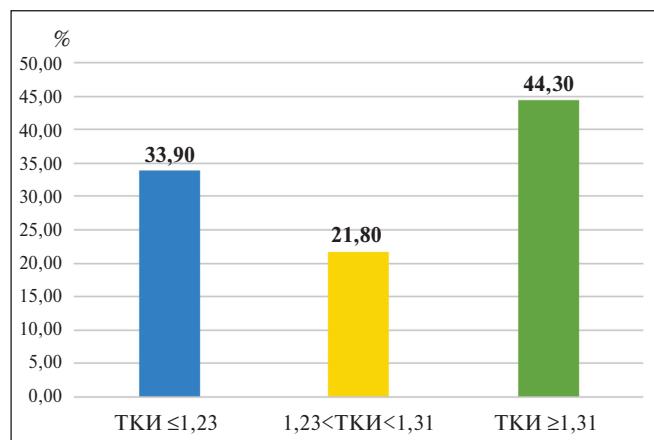
Статистическая обработка данных проведена с использованием программного обеспечения Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США). Количественные показатели проверялись на соответствие закону нормального распределения с применением критерия Шапиро–Уилка и в зависимости от полученных результатов были представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$) или медианы и интерквартильного интервала ($Me [25-\text{й}; 75-\text{й} \text{ перцентили}]$). Качественные показатели были выражены в процентах. Сравнительный анализ проводился с использованием параметрических (t-критерия Стьюдента) и непараметрических (U-тест Манна–Уитни) методов для непрерывного ряда количественных признаков и критерия χ^2 Пирсона для дискретных признаков. Ассоциации между признаками устанавливались с помощью корреляционного анализа по Спирмену (ρ) и Кендаллу (τ), однофакторного линейного регрессионного анализа.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ / ORIGINAL INVESTIGATIONS

Таблица 1. Характеристика пациенток с РА (n=124)
Table 1. Characteristics of RA patients (n=124)

Показатель	Значение
Длительность заболевания, годы	8,0 [3,2; 13,0]
DAS28	5,0 [4,3; 5,7]
РФ+, n (%)	95 (76,6)
АЦЦП+, n (%)	90 (72,6)
РФ, МЕ/мл	50,6 [9,6; 197,5]
АЦЦП, Ед/мл	72,7 [7,3; 218,1]
СОЭ, мм/ч	22,6 [13,0; 38,0]
СРБ, мг/л	5,5 [1,3; 12,5]
25(OH)D, нг/мл	25,4 [18,6; 35,3]
ПТГ, пг/мл	28,4 [17,5; 32,8]
ЩФ, ед/л	79,0 [61,3; 96,4]
Кальций общий, ммоль/л	2,4 [2,3; 2,5]
Фосфор, ммоль/л	1,2 [1,0; 1,3]
МК, мкмоль/л	268,0 [206,0; 316,1]
Альбумин, г/л	43,0 [40,2; 46,1]
Прием ГК, n (%)	65 (52,4)
Прием бисфосфонатов, n (%)	10 (8,0)
ТКИ	1,28 [1,20; 1,37]

Примечание. Здесь и в табл. 2: данные представлены как Me [25-й; 75-й перцентили], если не указано иначе.



Частота нарушенной микроархитектоники костной ткани, оцененной по ТКИ, у пациенток с РА

Frequency of impaired bone microarchitecture in RA patients assessed by TBI

Результаты. В табл. 1 представлена характеристика 124 пациенток с РА (средний возраст – 60,1±10,0 лет), включенных в исследование. 19 (15,3%) из 124 пациенток были в пременопаузе, остальные 105 (84,7%) находились в постменопаузальном периоде, медиана которого составила 14 [5,0;

19,0] лет. Среди включенных в исследование курили 12 (9,6%) женщин. Средний ИМТ равнялся $25,6 \pm 4,4$ кг/м², при этом ожирение имели 23 (18,5%), избыточную массу тела – 44 больных (35,4%), нормальный ИМТ – 56 (45,1%), а ИМТ <18 кг/м² – 1 (1%).

Для оценки активности заболевания использовался индекс DAS28-СОЭ, среднее значение которого составило $4,9 \pm 1,2$ балла. Высокая активность РА выявлена у 58 (46,8%), умеренная – у 60 (48,4%), а низкая – у 6 (4,8%) обследованных.

Деградированная микроархитектоника кости обнаружена у 42 (33,9%), частично деградированная – у 27 (21,8%), нормальная – у 55 (44,3%) пациенток с РА (см. рисунок). При высокой активности РА низкий ТКИ имелся у 24 (41,4%) больных, при умеренной – у 18 (30,0%), а при низкой таких пациенток не выявлено ($p>0,05$).

В соответствии с поставленной целью больные были разделены на две группы: с нарушенной микроархитектоникой, в которую вошли пациентки с деградированной и частично деградированной трабекулярной костью по ТКИ, и с нормальной микроархитектоникой костной ткани. Пациентки с нарушенной микроархитектоникой были значимо старше ($p=0,0007$), имели более высокие уровни РФ ($p=0,004$), АЦЦП ($p=0,011$), ЩФ ($p=0,045$) и МК ($p=0,001$) по сравнению с лицами, имевшими нормальные значения ТКИ. По остальным анализируемым параметрам различий между группами не было (табл. 2).

При проведении корреляционного анализа была установлена отрицательная взаимосвязь ТКИ с возрастом ($r=-0,36$, $p<0,0001$), длительностью постменопаузы ($r=-0,17$, $p<0,05$), уровнями МК ($r=-0,28$, $p<0,001$), ПТГ ($r=-0,29$, $p<0,05$), ЩФ ($r=-0,22$, $p=0,007$), РФ ($r=-0,20$, $p=0,025$) и АЦЦП ($r=-0,22$, $p=0,020$). Кроме того, ТКИ положительно коррелировал с уровнем фосфора ($r=0,29$, $p<0,05$). Такие показатели, как содержание альбумина, общего кальция, СОЭ, СРБ, 25(OH)D, КК, DAS28, длительность РА, кумулятивная доза ГК, не были связаны с величиной ТКИ ($p>0,05$).

В однофакторном линейном регрессионном анализе была подтверждена негативная связь ТКИ с возрастом пациенток ($p<0,001$), длительностью постменопаузы ($p=0,035$), уровнем МК ($p=0,023$), ЩФ ($p=0,021$) и АЦЦП ($p=0,037$) и положительная – с уровнем фосфора в сыворотке крови ($p=0,011$), в то же время ассоциация уровнем РФ и ПТГ не подтвердилась ($p>0,05$).

Обсуждение. Появление новых технологий в клинической практике позволяет лучше оценивать состояние пациента и своевременно назначать или корректировать лечение. ТКИ, значения которого характеризуют состояние микроархитектоники костной ткани, в дополнение к МПК дает возможность более точно определить риск будущего перелома и принять решение о тактике ведения пациента. Но наиболее ценной является информация о тех факторах, которые могут влиять на этот показатель и приводить к его снижению, особенно у пациентов, которые относятся к группе риска, в том числе у больных РА. Отмечено, что РА не только способствует потере МПК, но и приводит к нарушению микроархитектоники кости [2–4]. Кроме того, для лечения РА применяются ГК, оказывающие доказанное негативное действие на МПК и качество костной ткани [1]. В нескольких работах было установлено, что кумулятивная доза ГК обратно коррелирует с ТКИ [3, 12], однако мы не обнаружили такой взаимосвязи: значение ТКИ у пациенток в нашей выборке не зависело от

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ / ORIGINAL INVESTIGATIONS

Таблица 2. Сравнительная характеристика женщин с РА в зависимости от значения ТКИ

Table 2. Comparative characteristics of RA patients depending on TBI value

Показатель	ТКИ <1,31 (n=69)	ТКИ ≥1,31 (n=55)	p
Возраст, годы, M±SD	63,1±8,6	57,1±10,7	0,0007
ИМТ, кг/м ² , M±SD	25,7±4,4	25,4±4,4	>0,05
Курение, n (%)	9 (13,4)	3 (5,2)	>0,05
Длительность постменопаузы, годы	14,0 [7,0; 19,0]	12,5 [5,0; 18,0]	>0,05
Длительность заболевания, годы	8,0 [3,0; 13,0]	7,3 [5,0; 13,5]	>0,05
РФ+, n (%)	56 (81,2)	39 (70,1)	>0,05
АЦЦП+, n (%)	53 (76,8)	37 (67,3)	>0,05
DAS28	5,1 [4,3; 5,8]	4,8 [4,1; 5,6]	>0,05
Прием ГК, n (%)	40 (59,7)	27 (46,9)	>0,05
СОЭ, мм/ч	23,5 [14,0; 38,0]	22,0 [13,0; 42,0]	>0,05
СРБ, мг/л	7,8 [3,2; 14,5]	4,3 [1,4; 10,1]	>0,05
РФ, МЕ/мл	103,0 [16,3; 334,0]	38,8 [9,4; 111,0]	0,004
АЦЦП, Ед/мл	133,5 [9,5; 265,3]	43,1 [6,1; 132,8]	0,011
25(ОН)D, нг/мл	26,7 [19,5; 32,6]	26,3 [17,8; 43,6]	>0,05
ПТГ, пг/мл	29,0 [20,5; 38,6]	23,4 [17,7; 33,4]	>0,05
ЩФ, ед/л	83,7 [68,3; 104,0]	73,0 [57,6; 92,0]	0,045
Кальций общий, ммоль/л	2,4 [2,3; 2,5]	2,4 [2,3; 2,5]	>0,05
Фосфор, ммоль/л	1,2 [1,0; 1,2]	1,2 [1,1; 1,3]	>0,05
МК, мкмоль/л	288,0 [232,8; 324,1]	254,1 [196,0; 286,8]	0,001
КК, по формуле Кокрофта–Голта	80,0 [68,0; 97,0]	97,0 [70,0; 102,0]	>0,05
Альбумин, г/л	42,8 [41,0; 47,1]	44,5 [40,2; 46,3]	>0,05

Примечание. КК – клиренс креатинина.

кумулятивной дозы ГК. Также мы не выявили связи активности РА с более низкой величиной ТКИ. Оказалось, что значения ТКИ у больных с разным уровнем активности РА существенно не различались, а такие показатели, как DAS28, СОЭ и СРБ, не коррелировали с величиной ТКИ. Аналогичные результаты получены в других работах [2, 3]. В одной из них у женщин с РА не обнаружено связи ТКИ с лабораторными показателями активности заболевания (СОЭ и СРБ) и в обеих работах показано отсутствие связи ТКИ с DAS28. В то же время, по данным ретроспективного исследования 39 пациентов с РА, наблюдалась отрицательная корреляция между ТКИ и DAS28 ($r=-0,37$, $p=0,04$), но, как указывают сами авторы, небольшое число больных и отсутствие оценки других параметров активности РА (Simplified Disease Activity Index, SDAI; Clinical Disease Activity Index, CDAI) и рентгенологических изменений не позволяют сделать выводы о степени влияния активности РА на микроархитектонику кости, оцененную по ТКИ [18].

Мы установили, что пациентки со сниженным ТКИ имели значимо более высокий уровень РФ и АЦЦП по

сравнению с таковым у женщин с нормальной микроархитектоникой трабекулярной кости, однако различий в частоте позитивности по АЦЦП и РФ не выявлено. В то же время M.R. Senosi и соавт. [19] отмечают, что ТКИ был значимо ниже у серопозитивных по РФ и АЦЦП пациентов по сравнению с сегонегативными ($p=0,001$ и $p=0,005$ соответственно).

У наших больных РА наблюдалась негативная корреляция ТКИ с уровнем МК и ЩФ и позитивная – с уровнем фосфора. Аналогичной информации в отношении ТКИ и РА в литературе мы не встретили, но данные популяционного исследования 5895 лиц старше 20 лет (3061 мужчины и 2834 женщины) из Национального обследования состояния здоровья и питания (National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES) 2005–2008 гг. свидетельствуют о том, что уровень МК у взрослых значимо взаимосвязан с ТКИ и отрицательно коррелирует с его значениями ($p<0,0001$) [13]. Так же в этой работе было показано, что в популяции возраст, ИМТ, прием кальция, скорость клубочковой фильтрации, уровни ЩФ, кальция, фосфора и

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ / ORIGINAL INVESTIGATIONS

СРБ в крови значимо коррелировали с ТКИ, и в отношении части из перечисленных переменных в нашем исследовании получены схожие результаты: с ТКИ негативно были связаны возраст и уровень ЩФ, а позитивно – концентрация фосфора. В других работах, в которых анализировались результаты обследования популяционных выборок NHANES в 2005–2006 гг. (общее число участников – 4464, из них 2148 мужчин и 2316 женщин), выявлена отрицательная связь между уровнем сывороточного ПТГ и ТКИ [14] и значимая положительная связь между уровнем 25OHD в сыворотке крови и ТКИ ($p<0,001$) [15]. У наших пациенток с РА отмечалась обратная корреляция между ТКИ и уровнем ПТГ, а связь ТКИ с уровнем 25OHD не обнаружена.

Настоящее исследование имеет ряд ограничений: небольшая выборка пациентов, включающая только лиц женского пола; одномоментное исследование; отсутствие оценки влияния проводимой базисной терапии основного заболевания и антиостеопоротического лечения.

Заключение. У пациенток с РА частота деградированной микроархитектоники костной ткани составила 33,9%, частично деградированной – 21,8%, нормальной – 44,3%. Величина ТКИ зависела от возраста, продолжительности постменопаузы, уровня ЩФ, фосфора, МК и АЦЦП. Учитывая неоднозначность полученных результатов, недостаток очевидных данных о влиянии течения РА и системного воспаления на микроархитектонику кости, требуются дальнейшие исследования в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Shevroja E, Reginster JY, Lamy O, et al. Update on the clinical use of trabecular bone score (TBS) in the management of osteoporosis: results of an expert group meeting organized by the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO), and the International Osteoporosis Foundation (IOF) under the auspices of WHO Collaborating Center for Epidemiology of Musculoskeletal Health and Aging. *Osteoporos Int.* 2023 Sep;34(9):1501–1529. doi: 10.1007/s00198-023-06817-4.
- Kim D, Cho SK, Kim JY, et al. Association between trabecular bone score and risk factors for fractures in Korean female patients with rheumatoid arthritis. *Mod Rheumatol.* 2016 Jul;26(4):540–5. doi: 10.3109/14397595.2015.1101212.
- Choi YJ, Chung YS, Suh CH, et al. Trabecular bone score as a supplementary tool for the discrimination of osteoporotic fractures in postmenopausal women with rheumatoid arthritis. *Medicine (Baltimore)*. 2017 Nov; 96(45):e8661. doi: 10.1097/MD.0000000000008661.
- Buehring B, Thomas J, Wittkämper T, et al. Evaluation of the trabecular bone score (TBS) in routine clinical care of patients with inflammatory rheumatic and non-inflammatory diseases: correlation with conventional bone mineral density measurement and prevalence of vertebral fractures. *Z Rheumatol.* 2020 Dec;79(10):1067–1074. doi: 10.1007/s00393-020-00764-9.
- Kang KY, Kim IJ, Park SH, Hong YS. Associations between trabecular bone score and vertebral fractures in patients with axial spondyloarthritis. *Rheumatology (Oxford)*. 2018 Jun 1;57(6):1033–1040. doi: 10.1093/rheumatology/key027.
- Richards C, Hans D, Leslie WD. Trabecular bone score (TBS) predicts fracture in ankylosing spondylitis: the Manitoba BMD registry. *J Clin Densitom.* 2020 Oct-Dec; 23(4):543–548. doi: 10.1016/j.jocd.2020.01.003.
- Zuchowski P, Dura M, Jeka D, Waszczak-Jeka M. The applicability of trabecular bone score for osteoporosis diagnosis in ankylosing spondylitis. *Rheumatol Int.* 2022 May;42(5):839–846. doi: 10.1007/s00296-022-05109-0.
- Kim HA, Lee HY, Jung JY, et al. Trabecular bone score is a useful parameter for the prediction of vertebral fractures in patients with polymyalgia rheumatica. *J Clin Densitom.* 2020 Jul-Sep;23(3):373–380. doi: 10.1016/j.jocd.2019.05.006.
- Lai EL, Huang WN, Chen HH, et al. Degraded microarchitecture by low trabecular bone score is associated with prevalent vertebral fractures in patients with systemic lupus erythematosus. *Arch Osteoporos.* 2020 Mar 27; 15(1):54. doi: 10.1007/s11657-020-00726-3.
- Lee KA, Kim HJ, Kim HS. Comparison of predictive value of FRAX, trabecular bone score, and bone mineral density for vertebral fractures in systemic sclerosis: a cross-sectional study. *Medicine (Baltimore)*. 2023 Jan 13; 102(2):e32580. doi: 10.1097/MD.00000000000032580.
- Tavassoli S, Rajaei A, Emam MM, Farsad F. Evaluating the value-added of the trabecular bone score in patients with rheumatoid arthritis. *Arch Iran Med.* 2021 Mar 1;24(3):193–198. doi: 10.34172/aim.2021.30.
- Corrado A, Rotondo C, Mele A, et al. Influence of glucocorticoid treatment on trabecular bone score and bone remodeling regulators in early rheumatoid arthritis. *Arthritis Res Ther.* 2021 Jul 6;23(1):180. doi: 10.1186/s13075-021-02562-3.
- Li Y, Tan J, Tian J, et al. Cross-sectional analysis of the correlation between serum uric acid and trabecular bone score: NHANES 2005–2008. *Sci Rep.* 2023 Dec 6;13(1):21546. doi: 10.1038/s41598-023-48739-5.
- Zhao T, Li Y, Tian J, et al. Unraveling the relationship between serum parathyroid hormone levels and trabecular bone score: a cross-sectional study. *Sci Rep.* 2024 Jun 6;14(1):13065. doi: 10.1038/s41598-024-63979-9.
- Yang SW, Lin YJ, Cheng YW, et al. Unraveling the relationship between serum 25 hydroxyvitamin D levels and trabecular bone score in American adults. *Pol Arch Intern Med.* 2022 Oct 21;132(10):16311. doi: 10.20452/pamw.16311.
- Bugatti S, Bogliolo L, Vitolo B, et al. Anti-citrullinated protein antibodies and high levels of rheumatoid factor are associated with systemic bone loss in patients with early untreated rheumatoid arthritis. *Arthritis Res Ther.* 2016 Oct 6;18(1):226. doi: 10.1186/s13075-016-1116-9.
- Amkreutz JAMP, de Moel EC, Theander L, et al. Association Between Bone Mineral Density and Autoantibodies in Patients With Rheumatoid Arthritis. *Arthritis Rheumatol.* 2021 Jun;73(6):921–930. doi: 10.1002/art.41623.
- Paolino S, Hysa E, Stoian SA, et al. Metabolic Profile and Bone Status in Post-Menopausal Women with Rheumatoid Arthritis: A Monocentric Retrospective Survey. *Nutrients.* 2021 Sep 11;13(9):3168. doi: 10.3390/nu13093168.
- Senosi MR, Fathi HM, Baki NMA, et al. Bone mineral density, vitamin D receptor (VDR) gene polymorphisms, fracture risk assessment (FRAX), and trabecular bone score (TBS) in rheumatoid arthritis patients: connecting pieces of the puzzle. *Clin Rheumatol.* 2022 May;41(5):1333–1342. doi: 10.1007/s10067-022-06048-8.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ / ORIGINAL INVESTIGATIONS

Поступила/отрецензирована/принята к печати
Received/Reviewed/Accepted
24.06.2025/30.08.2025/07.09.2025

Заявление о конфликте интересов / Conflict of Interest Statement

Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы (№ государственное задание РК 125020501433-4).

Исследование не имело спонсорской поддержки. Конфликт интересов отсутствует. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

The article was prepared within the framework of the research project (state assignment № РК 125020501433-4).

The investigation has not been sponsored. There are no conflicts of interest. The authors are solely responsible for submitting the final version of the manuscript for publication. All the authors have participated in developing the concept of the article and in writing the manuscript. The final version of the manuscript has been approved by all the authors.

Козырева М.В. <https://orcid.org/0000-0003-0560-3495>
Нikitinская О.А. <https://orcid.org/0000-0001-6759-8367>
Демин Н.В. <https://orcid.org/0000-0003-0961-9785>
Торопцова Н.В. <https://orcid.org/0000-0003-4739-4302>