

FRAX® БЕЗ ИНТЕРНЕТА: НАСКОЛЬКО НАДЕЖЕН БУМАЖНЫЙ РАСЧЕТ РИСКА ПЕРЕЛОМОВ? ОБЗОР МЕТОДОВ И АНАЛИЗ ПОРОГОВ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

DOI: 10.37586/2686-8636-3-2026-238-248

УДК: 616-079

Гладкова Е. Н.^{id^{1, 2}}, Лесняк О. М.^{id^{1, 2}}, Ткачева О. Н.^{id³}, Шиманьски Д. А.^{id⁴},
Грунистая А. А.^{id¹}, Дудинская Е. Н.^{id^{3*}}

¹ ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И. И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

² СПб ГБУЗ «КРБ им. В. А. Насоновой», Санкт-Петербург, Россия

³ ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), ОСП «Российский геронтологический научно-клинический центр», Москва Россия

⁴ ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И. П. Павлова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

*Автор, ответственный за переписку, Дудинская Екатерина Наильевна.

E-mail: dudinskaya_en@rgnkc.ru

Резюме

АКТУАЛЬНОСТЬ. FRAX® — ключевой инструмент стратификации риска переломов при остеопорозе. В РФ доступны онлайн-калькулятор и бумажные таблицы, однако их сопоставимость ранее не изучалась. В условиях отсутствия интернета, отдаленных территорий и большого потока пациентов бумажные таблицы могут быть единственным практичным решением, но их надежность остается неопределенной.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ — оценить согласованность результатов расчета 10-летней вероятности переломов по российской модели FRAX®, полученных онлайн и по бумажным таблицам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В одномоментное исследование включен 161 пациент (65,2 % — женщины) в возрасте 50 лет и старше, направленные на рентгеновскую денситометрию. 10-летняя вероятность основных остеопорозных переломов (ООП) и переломов проксимального отдела бедренной кости рассчитана двумя методами (онлайн и таблицы) с использованием минеральной плотности костной ткани или индекса массы тела (ИМТ). Выполнены корреляционный, регрессионный анализ, построены графики Блэнда – Альтмана, оценена согласованность подсчетов относительно порогов терапевтического вмешательства.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Статистически значимых различий между методами не выявлено ($p > 0,05$). Корреляция составила $r = 0,927-0,957$ ($p < 0,001$), $R^2 = 84,0-90,7$ %. Наивысшее согласие по каппе Коэна получено для риска ООП с ИМТ ($\kappa = 0,749$). Доля ложноположительных решений о пороге вмешательства — 4,9–5,3 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Бумажные таблицы FRAX® высоко согласованы с онлайн-калькулятором и могут служить надежной альтернативой при отсутствии интернета или массовых скринингах.

Ключевые слова: остеопороз; переломы; FRAX®; бумажные таблицы; онлайн-калькулятор; 10-летний риск переломов; порог терапевтического вмешательства; минеральная плотность костной ткани; индекс массы тела; скрининг.

Для цитирования: Гладкова Е. Н., Лесняк О. М., Ткачева О. Н., Шиманьски Д. А., Грунистая А. А., Дудинская Е. Н. FRAX® без интернета: насколько надежен бумажный расчет риска переломов? Обзор методов и анализ порогов терапевтического вмешательства. *Российский журнал гериатрической медицины*. 2026 ; 3 (27) : 238–248. DOI: 10.37586/2686-8636-3-2026-238-248.

Поступила: 06.05.2026. Принята к печати: 02.06.2026. Дата онлайн-публикации: 28.08.2026.

FRAX® OFFLINE: HOW RELIABLE IS THE PAPER-BASED FRACTURE RISK CALCULATION? A REVIEW OF METHODS AND ANALYSIS OF THERAPEUTIC INTERVENTION THRESHOLDS

Gladkova E. N. ^{1, 2}, Lesnyak O. M. ^{1, 2}, Tkacheva O. N. ³, Shimanski D. A. ⁴, Grunistaya A. A. ¹, Dudinskaya E. N. ^{3*}

¹ North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint-Peterburg, Russia

² City Clinical Rheumatological Hospital No. 25 named after V. A. Nasonova, Saint-Peterburg, Russia

³ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

⁴ First Pavlov State Medical University of Saint Petersburg, Saint-Peterburg, Russia

* Corresponding author: Dudinskaya Ekaterina Nailievna. E-mail: dudinskaya_en@rgnkc.ru

Abstract

BACKGROUND. FRAX® is a key tool for fracture risk stratification in osteoporosis. In Russia, both online calculators and paper charts are available, but their comparability has not been studied. Offline settings, remote areas, and high patient flow make paper charts a practical alternative, yet their reliability is uncertain.

OBJECTIVE. To assess the concordance between 10-year fracture probabilities calculated using the online FRAX® calculator and paper-based FRAX® charts developed for the Russian population.

MATERIALS AND METHODS. This cross-sectional study included 161 patients (65.2% women) aged ≥50 years who were referred for DXA. Ten-year probabilities of major osteoporotic fractures (MOF) and hip fractures were calculated using two methods (online and paper charts), based on bone mineral density or body mass index (BMI). Correlation, regression, Bland–Altman analysis, and agreement on intervention thresholds were performed.

RESULTS. No statistically significant differences were found ($p > 0.05$). The correlation ranged from $\rho = 0.927$ to 0.957 ($p < 0.001$) with $R^2 = 84–90\%$. The highest Cohen's kappa value was observed for the MOF risk using BMI ($\kappa = 0.749$). The false-positive intervention threshold rate was 4.9–5.3%.

CONCLUSION. Paper-based FRAX® charts show high concordance with the online calculator and can serve as a reliable alternative when internet access is limited or for large-scale screening.

Keywords: osteoporosis; fractures; FRAX®; paper charts; online calculator; 10-year fracture risk; therapeutic intervention threshold; bone mineral density; body mass index, screening.

For citation: Gladkova E. N., Lesnyak O. M., Tkacheva O. N., Shimanski D. A., Grunistaya A. A., Dudinskaya E. N. FRAX® Offline: How Reliable is the Paper-Based Fracture Risk Calculation? A Review of Methods and Analysis of Therapeutic Intervention Thresholds. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2026 ; 3 (27) : 238–248. DOI: 10.37586/2686-8636-3-2026-238-248

Received: 30.06.2026. Accepted: 23.07.2026. Published online: 28.08.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Остеопороз и связанные с ним переломы ассоциированы со значительным снижением качества жизни, инвалидизацией и повышением смертности у лиц старшего возраста [1]. Своевременная стратификация риска переломов позволяет назначать антиостеопорозную терапию (АОТ) наиболее уязвимым пациентам, избегая неоправданных медицинских и экономических затрат.

Инструмент FRAX® (Fracture Risk Assessment Tool) представляет собой платформенную технологию алгоритма оценки риска переломов, которая с 2008 г. широко используется в клинической практике для оценки 10-летней вероятности основных остеопорозных переломов (ООП) и переломов проксимального отдела бедренной кости (ППОБ) [2]. Особенностью FRAX®

является то, что модель разрабатывается отдельно для каждой страны, учитывая специфику эпидемиологических данных по переломам и возрастных коэффициентов смертности [3]. Учет региональных различий в эпидемиологии переломов, а также ожидаемой продолжительности жизни делает оценку прогноза переломов более точной. Модель FRAX® разработана для многих стран, в том числе и для Российской Федерации (РФ) [4].

Определение 10-летней вероятности ООП с ее оценкой на графике порога вмешательства в России регламентировано национальными клиническими рекомендациями по остеопорозу, а выявление высокого риска ООП является одним из критериев инициации АОТ [5]. В РФ доступны как онлайн-калькулятор (на веб-сайте <https://fraxplus.org/ru/>, в разделе

«Онлайн-Расчет») [6], так и бумажные таблицы FRAX® (<https://fraxplus.org/ru/paper-charts>) [7], предназначенные для использования при отсутствии доступа к интернету.

Бумажные таблицы, как и онлайн-расчет, специфичны для каждой страны. Всего в доступе для использования разработчиками для каждой страны предложено 8 вариантов таблиц: для расчета риска ООП и ППОБ на основе минеральной плотности костной ткани (МПК) или индекса массы тела (ИМТ) у мужчин и женщин. В таблицах для расчета указаны: 5-летние диапазоны для возраста от 50 до 90 лет (50, 55, 60 и т. д.); ИМТ от 15 до 45 кг/м² с шагом значений 5 кг/м² (15, 20, 25 и т. д.); Т-критерий в шейке бедра от -4,0 стандартных отклонений (СО) до 1,0 СО с шагом значений 0,5 СО (-4,0; -3,5; -3,0 и т. д.); а также количество клинических факторов риска (от 0 до 6). В результате табличного расчета пользователь получает среднее значение 10-летней вероятности ООП и ППОБ, а также диапазон значений, который не является доверительным интервалом, а представляет собой разброс значений от минимального до максимального. Диапазон значений 10-летней вероятности переломов возникает потому, что различные факторы риска имеют разный вес. Например, курение и чрезмерное употребление алкоголя — относительно слабые факторы риска, в то время как предшествующий перелом, применение глюкокортикоидов или семейный анамнез перелома бедра — сильные. Поэтому у пациентов со слабыми факторами риска вероятность перелома будет ближе к нижней границе диапазона, и наоборот. Также разработчики обращают внимание, что при табличном расчете риска переломов на основе МПК не следует использовать вторичные причины остеопороза за исключением ревматоидного артрита, тогда как при расчете на основе ИМТ может быть использована любая из вторичных причин остеопороза [7].

До настоящего времени сравнение применимости результатов табличного (бумажного) расчета и их сопоставимость с онлайн-расчетом при точном вводе всех клинических параметров и значений МПК для российской популяции не проводились. Особую актуальность этот вопрос приобретает в условиях реальной клинической практики, где не всегда имеется возможность использовать онлайн-калькулятор (например, при проведении скрининга в отдаленных регионах, при большом потоке пациентов и др.). В то же время несоответствие между методами может приводить как к гипер-, так и к гиподиагностике высокого риска переломов и, как следствие, к неадекватной тактике ведения пациентов.

Цель настоящей работы — оценить согласованность результатов расчета 10-летней вероятности переломов по FRAX®, полученных с помощью онлайн-калькулятора (<https://fraxplus.org/ru/>) и бумажных таблиц (<https://fraxplus.org/ru/paper-charts>).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования и характеристика пациентов

В одномоментное сравнительное исследование последовательно включались пациенты, направленные на проведение рентгеновской двуэнергетической денситометрии (dual-energy X-rays absorptiometry, DXA) в СПб ГБУЗ «Клиническая ревматологическая больница № 25» им. В. А. Насоновой. Исследование выполнялось на аппарате Lunar Prodigy Advance (GE Healthcare, США). Пациенты для проведения денситометрии были направлены из амбулаторных учреждений г. Санкт-Петербурга без предварительного отбора.

Критериями включения являлись: возраст 50 лет и старше, информация о клинических факторах риска переломов, а также результаты измерения МПК в шейке бедренной кости.

Всем пациентам, включенным в исследование, проводилось измерение роста и веса, рентгеновская денситометрия, а также оценка наличия клинических факторов риска переломов, необходимых для применения калькулятора FRAX® [6].

Все пациенты подписали информированное добровольное согласие на проведение процедур, предусмотренных протоколом исследования.

Оценка 10-летней вероятности переломов

Для каждого пациента 10-летняя вероятность ООП и ППОБ была рассчитана двумя способами:

Индивидуальный (стандартный, онлайн) расчет: с использованием онлайн-калькулятора FRAX®, размещенного на официальном сайте <https://fraxplus.org/> (модель для Российской Федерации <https://fraxplus.org/ru/calculation-tool>). Все клинические факторы риска последовательно вводились в калькулятор с последующим расчетом значения индивидуальной 10-летней вероятности переломов.

Табличный (бумажный) расчет: на основе бумажных таблиц FRAX® для Российской Федерации, доступных по адресу <https://fraxplus.org/ru/paper-charts>. Для каждого пациента проведен поиск среднего значения 10-летней вероятности переломов с учетом

пола, возраста, ИМТ, МПК и количества клинических факторов риска.

Оба расчета были выполнены в двух вариантах:

1. С использованием МПК: применялось значение Т-критерия шейки бедренной кости, полученное в результате проведенного исследования (точное для онлайн-расчета или округленное для табличного расчета) (риск ООП с МПК, риск ППОБ с МПК).

2. С использованием ИМТ: для онлайн-расчета в калькулятор FRAX® вводились значения роста (см) и веса (кг); для табличного расчета значение ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$) было рассчитано математически и округлено до табличных значений (риск ООП с ИМТ, риск ППОБ с ИМТ).

Дополнительно для каждого метода и подхода фиксировалось достижение порога терапевтического вмешательства, применяемого для населения РФ [4].

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программ «IBM SPSS Statistics 26» (SPSS Inc., США). Количественные переменные проверены на нормальность распределения с помощью теста Колмогорова – Смирнова, а также показателей эксцесса и асимметрии. Описание количественных признаков, соответствующих нормальному распределению, представлено в виде среднеарифметического значения, стандартного квадратического отклонения ($M \pm SD$) и 95 % доверительного интервала (ДИ). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Сравнение двух групп по количественному показателю выполнялось с помощью U-критерия Манна – Уитни. Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Для оценки взаимосвязи и согласованности между исследуемыми методами проводился корреляционный анализ с оценкой коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ) с интерпретацией тесноты связи по шкале Чеддока, регрессионный анализ с расчетом коэффициента детерминации (R^2) и 95 % ДИ для коэффициентов регрессии. Для графического представления согласованности между двумя методами построены графики Блэнда – Альтмана. Использовано логарифмирование для приведения количественных переменных к нормальному распределению. Для оценки зависимости порогов вмешательства от метода использовались четырехпольные таблицы сопряженности с расчетом V-критерия Крамера, каппы Коэна и отношения шансов (ОШ) с 95 %

ДИ. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование включен 161 пациент. Демографическая характеристика группы и структура клинических факторов риска переломов в обследованной выборке приведены в табл. 1.

В результате исследования получены значения риска ООП и ППОБ для 161 пациента методами онлайн- и табличного расчетов. При анализе медианы значения 10-летней вероятности переломов для четырех вариантов оценки риска (риск ООП и ППОБ с использованием МПК или ИМТ) статистически значимых различий между онлайн-расчетом и табличным (бумажным) методом не выявлено ($p > 0,05$ для всех сравнений) (табл. 2).

Для оценки взаимосвязи между онлайн-расчетом и табличным методом определения 10-летней вероятности переломов проведен корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ). Результаты представлены в табл. 3. Установлена статистически значимая прямая сильная корреляционная связь между двумя методами для всех четырех вариантов оценки риска ($p < 0,001$) и «весьма высокая» теснота связи согласно шкале Чеддока.

Для количественной оценки зависимости между анализируемыми методами расчета риска переломов выполнен парный линейный регрессионный анализ. В качестве независимой переменной использовано значение риска, полученное онлайн. Переменные были подвергнуты логарифмическому преобразованию для приближения распределения к нормальному. Переменная «Риск ООП с ИМТ» после логарифмирования сохранила ненормальное распределение. Результаты анализа представлены в табл. 4. Установлено, что табличный метод статистически значимо предсказывает значения онлайн-расчета для всех четырех показателей риска ($p < 0,001$). Таким образом, табличный расчет объясняет от 84,0 до 90,7 % дисперсии онлайн-расчета. Наиболее высокая зависимость ($R^2 = 90,7$ %) отмечена для оценки риска ППОБ как с использованием МПК, так и с использованием ИМТ. Коэффициенты регрессии были близки к 1 (от 0,795 до 0,945), а значения констант близки к нулю (от 0,010 до 0,195), что подтверждает пропорциональную связь между методами.

Для графического представления согласованности между двумя способами оценки риска переломов построены графики Блэнда – Альтмана (рис. 1–4). Во всех четырех

Таблица 1. Характеристика группы пациентов, включенных в исследование
Table 1. Characteristics of the patient group included in the study

Наименование показателя	Значение показателя
Всего пациентов, абс.	161
Женщины, абс. (%)	105 (65,2)
Мужчины, абс. (%)	56 (34,8)
Возраст, лет	68,0 (61,0...74,0)
Рост, см	164,0 (158,0...173,0)
Вес, кг	74,27 ± 13,96 (95 % ДИ 72,09...76,44)
ИМТ, кг/м ²	26,3 (23,9...30,1)
Т-критерий в шейке бедренной кости, СО	-1,57 ± 0,85 (95 % ДИ: -1,70...-1,44)
Факторы риска, абс. (%)	
Предшествующий перелом	61 (37,9)
Наследственный анамнез переломов	14 (8,7)
Курение	28 (17,4)
Прием глюкокортикостероидов	22 (13,7)
Ревматоидный артрит	22 (13,7)
Вторичный остеопороз	2 (1,2)
Алкоголь (≥3 ед./день)	0
Количество клинических факторов риска (для табличного расчета), абс. (%)	
Нет факторов риска	59 (36,6)
1 фактор риска	65 (40,4)
2 фактора риска	27 (16,8)
3 фактора риска	10 (6,2)

Примечания: ИМТ – индекс массы тела; СО – стандартное отклонение; ДИ – доверительный интервал.

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table was compiled by the authors based on their own data

Таблица 2. Значение 10-летней вероятности ООП и ППОБ в зависимости от метода расчета (онлайн- и табличный)
Table 2. Values of the 10-year probability of MOF and PFF depending on the calculation method (online and tabular calculation)

	Риск ООП с МПК, %	Риск ППОБ с МПК, %	Риск ООП с ИМТ, %	Риск ППОБ с ИМТ, %
Онлайн-расчет (fraxplus.org)	11,0 (7,0...15,0)	1,6 (0,7...3,1)	11,0 (6,4...18,0)	1,9 (0,8...4,0)
Табличный расчет	11,0 (7,9...16,0)	1,8 (0,9...3,8)	10,0 (6,6...15,0)	1,8 (0,9...4,7)
p	0,50	0,13	0,60	0,90

Примечания: ООП – основные остеопорозные переломы; ППОБ – переломы проксимального отдела бедренной кости; МПК – минеральная плотность костной ткани; ИМТ – индекс массы тела.

Note. MOF – major osteoporotic fractures; PFF – proximal femoral fractures.

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table was compiled by the authors based on their own data

Таблица 3. Результат корреляционного анализа связи между онлайн- и табличным расчетами 10-летней вероятности ООП и ППОБ

Table 3. Correlation analysis between online and tabular calculation of the 10-year probability of MOF and PFF

Корреляционная связь между онлайн-расчетом (fraxplus.org) и табличным расчетом	Характеристика корреляционной связи		
	Коэффициент Спирмена, ρ	Теснота связи по шкале Чеддока	P
Риск ООП с МПК	0,927	весьма высокая	<0,001
Риск ППОБ с МПК	0,957	весьма высокая	<0,001
Риск ООП с ИМТ	0,941	весьма высокая	<0,001
Риск ППОБ с ИМТ	0,956	весьма высокая	<0,001

Примечание. ООП – основные остеопорозные переломы; ППОБ – переломы проксимального отдела бедренной кости; МПК – минеральная плотность костной ткани; ИМТ – индекс массы тела.

Note. MOF – major osteoporotic fractures; PFF – proximal femoral fractures.

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table was compiled by the authors based on their own data

Таблица 4. Парная линейная регрессия и корреляция для сравнения онлайн- и табличного расчетов 10-летней вероятности ООП и ППОБ

Table 4. Paired linear regression and correlation for comparing online and tabular calculation of the 10-year probability of MOF and PFF

Парная линейная регрессия*	Характеристика регрессионной модели				
	Константа, абс. (95 % ДИ)	Коэффициент регрессии, абс. (95 % ДИ)	r_{xy}/ρ	R^2	p
Риск ООП с МПК	0,195 (0,136...0,255)	0,833 (0,777...0,890)	0,917	84,0 %	<0,001
Риск ООП с ИМТ*	0,195 (0,147...0,243)	0,795 (0,749...0,840)	0,941	88,3 %	<0,001
Риск ППОБ с МПК	0,101 (0,077...0,124)	0,933 (0,886...0,980)	0,952	90,7 %	<0,001
Риск ППОБ с ИМТ	0,010 (-0,016...0,037)	0,945 (0,897...0,992)	0,952	90,7 %	<0,001

Примечание. ООП – основные остеопорозные переломы; ППОБ – переломы проксимального отдела бедренной кости; МПК – минеральная плотность костной ткани; ИМТ – индекс массы тела.

* – использовано логарифмирование для приведения количественных переменных к нормальному распределению, за исключением «Риск ООП с ИМТ».

Note. MOF – major osteoporotic fractures. PFF – proximal femoral fractures.

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table was compiled by the authors based on their own data

вариантах оценки риска (ООП с МПК, ППОБ с МПК, ООП с ИМТ, ППОБ с ИМТ) графики Блэнда – Алтмана демонстрируют, что разницы между онлайн- и табличным расчетами в большинстве случаев находятся в пределах 95 % предела согласования, что подтверждает согласованность между двумя способами оценки риска переломов.

Для оценки зависимости порогов терапевтического вмешательства, определенных изучаемыми методами, проведен анализ четырехпольных таблиц сопряженности с расчетом V-критерия Крамера, каппы Коэна и отношения шансов (ОШ) (табл. 5).

Риск основных остеопорозных переломов (ООП) с использованием МПК

При наличии порога вмешательства по онлайн-расчету табличный метод выявил порог в 67,9% случаев. При отсутствии порога по онлайн-расчету ложноположительное выявление порога табличным методом составило 5,3 %. Связь между методами оценена как сильная (V Крамера = 0,645), согласие – как существенное (каппа Коэна = 0,644).

Риск основных остеопорозных переломов (ООП) с использованием ИМТ

В этом варианте чувствительность табличного метода оказалась выше: при наличии

Рис. 1. График Блэнда – Альтмана, отображающий согласованность между онлайн-расчетом (fraxplus.org) и табличным (бумажным) методом оценки 10-летней вероятности основных остеопорозных переломов (ООП) с использованием минеральной плотности костной ткани (МПК) (логарифмически преобразованные значения, lg10)
 Fig. 1. Bland–Altman plot showing the agreement between the online calculation (fraxplus.org) and the tabular (paper) method for assessing the 10-year probability of major osteoporotic fractures (MOF), using bone mineral density (BMD), in logarithmically transformed values (log10)

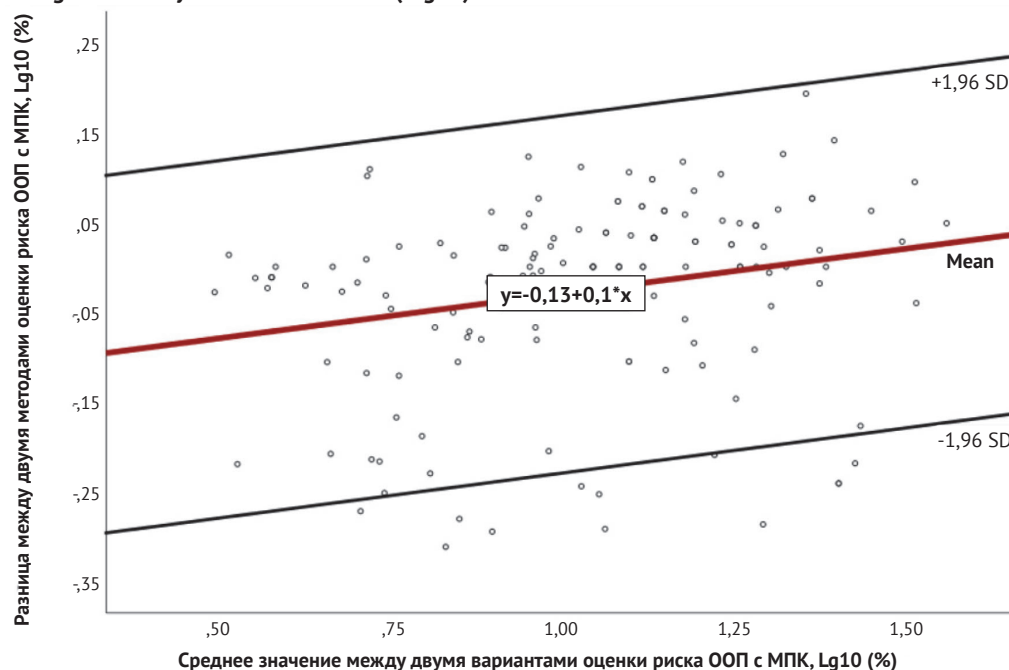


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

Рис. 2. График Блэнда – Альтмана, отображающий согласованность между онлайн-расчетом (fraxplus.org) и табличным (бумажным) методом оценки 10-летней вероятности переломов проксимального отдела бедренной кости (ППОБ) с использованием минеральной плотности костной ткани (МПК) (логарифмически преобразованные значения, lg10)
 Fig. 2. Bland–Altman plot showing the agreement between online calculation (fraxplus.org) and tabular (paper) method for assessing the 10-year probability of proximal femoral fractures (PFF) using bone mineral density (BMD) (logarithmically transformed values, log10)

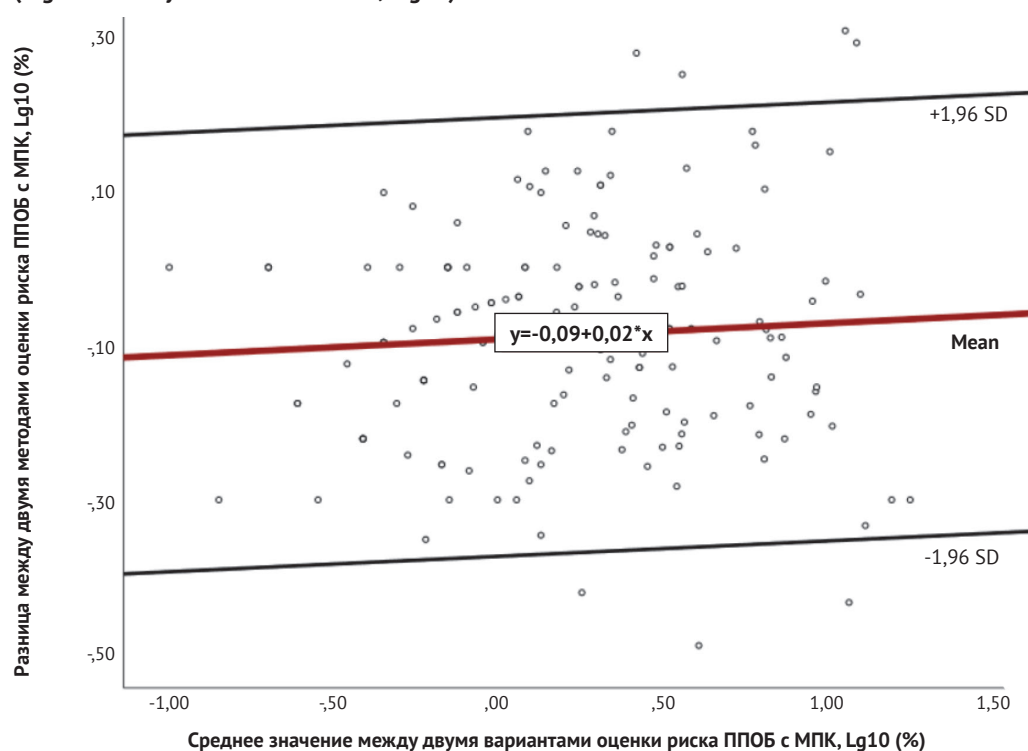


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

Рис. 3. График Блэнда – Альтмана, отображающий согласованность между онлайн-расчетом (fraxplus.org) и табличным (бумажным) методом оценки 10-летней вероятности основных остеопорозных переломов (ООП) с использованием индекса массы тела (ИМТ) (логарифмически преобразованные значения, lg10)

Fig. 3. Bland–Altman plot showing the agreement between online calculation (fraxplus.org) and tabular (paper) method for assessing the 10-year probability of major osteoporotic fractures (MOF) using body mass index (BMI) (logarithmically transformed values, lg10)

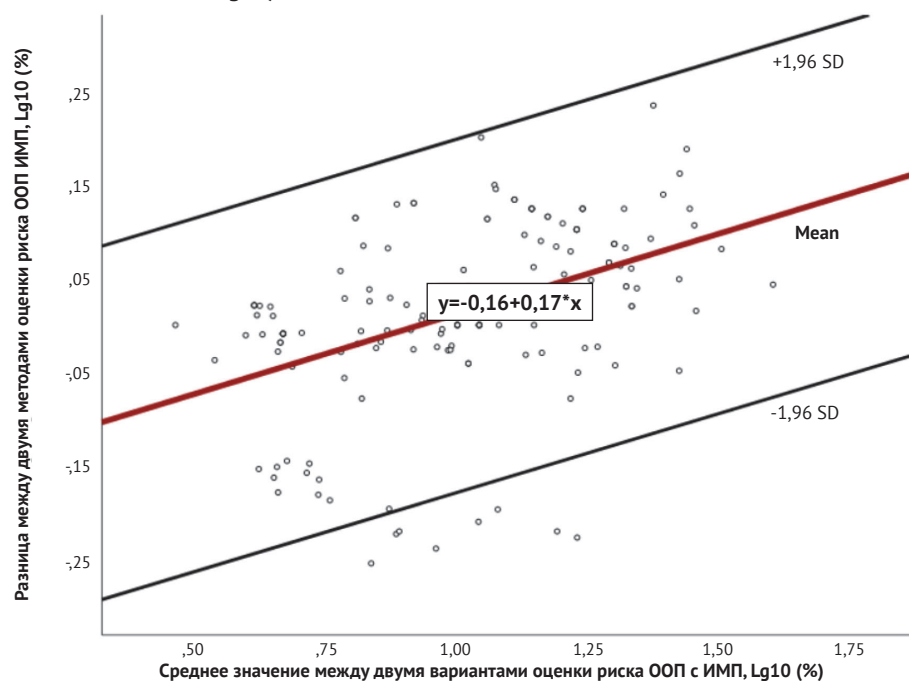


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

Рис. 4. График Блэнда – Альтмана, отображающий согласованность между онлайн-расчетом (fraxplus.org) и табличным (бумажным) методом оценки 10-летней вероятности переломов проксимального отдела бедренной кости (ППОБ) с использованием индекса массы тела (ИМТ) (логарифмически преобразованные значения, lg10)

Fig. 4. Bland–Altman plot showing the agreement between online calculation (fraxplus.org) and tabular (paper) method for assessing the 10-year probability of proximal femoral fractures (PFF) using body mass index (BMI) (logarithmically transformed values, lg10)

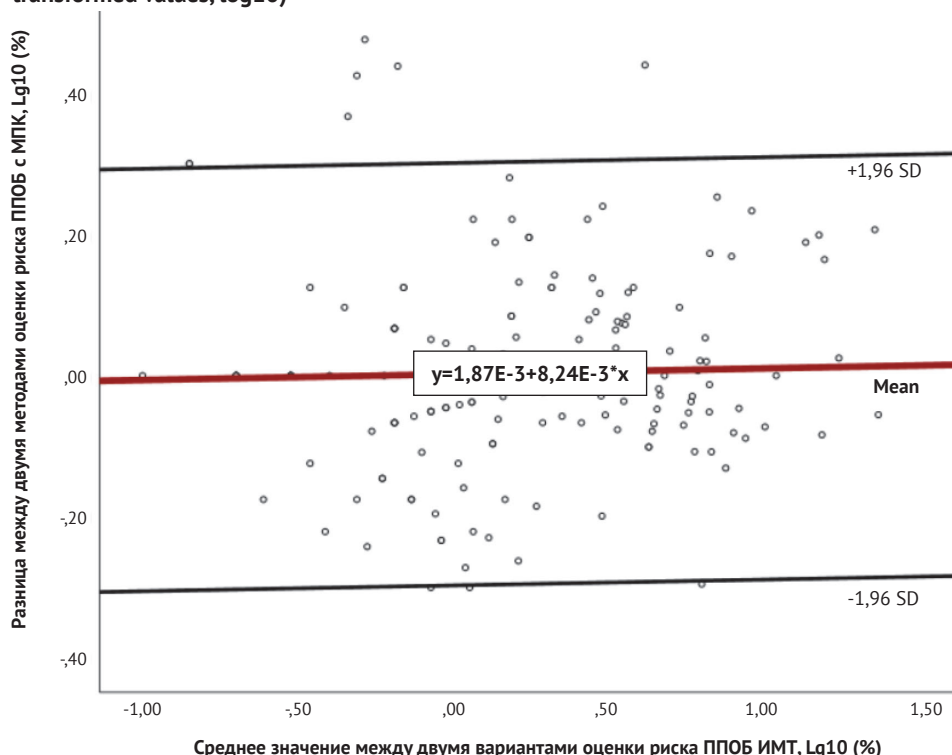


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

порога по онлайн-расчету табличный метод выявил его в 88,9 % случаев. Ложноположительная частота составила 4,9 %. Связь расценена как сильная ($V = 0,756$), согласие — как существенное (каппа = 0,749).

Таким образом, наиболее высокая согласованность порогов терапевтического вмешательства между онлайн- и табличным

расчетами FRAX® наблюдалась для риска ООП с использованием ИМТ (каппа = 0,749, ОШ = 155,43). Оба метода демонстрируют сильную связь и существенное согласие, что подтверждает возможность применения табличного расчета для принятия решений о назначении антиостеопоротической терапии.

Таблица 5. Согласованность порогов терапевтического вмешательства между онлайн-расчетом и табличным (бумажным) методом расчета 10-летней вероятности ООП
Table 5. Agreement of therapeutic intervention thresholds between online calculation and tabular (paper) calculation method for the 10-year probability of MOF

Фактор — порог вмешательства по табличному методу расчета	Частота наличия порога вмешательства по fraxplus.org							
	Наличие фактора		Отсутствие фактора		V Крамера	Каппа Коэна	ОШ; 95 % ДИ	p
	Абс.	%	Абс.	%				
Риск ООП с МПК	19	67,9	7	5,3	0,645	0,644	38,00; 12,66...114,07	<0,001
Риск ООП с ИМТ	16	88,9	7	4,9	0,756	0,749	155,43; 29,71...813,08	<0,001

Примечание: ООП — основные остеопорозные переломы.

Note: MOF — major osteoporotic fractures.

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table was compiled by the authors based on their own data

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании впервые на выборке пациентов, последовательно направленных на DXA-денситометрию, проведен детальный сравнительный анализ двух подходов к расчету 10-летней вероятности переломов по FRAX®: стандартного онлайн-расчета и табличного (бумажного) расчета. Исследование продемонстрировало высокую степень согласованности двух анализируемых методов как при оценке значений риска, так и при определении порога терапевтического вмешательства.

При оценке сопоставимости абсолютных значений медианные значения риска ООП и ППОБ, рассчитанные онлайн и по таблицам, не различались статистически значимо ($p > 0,05$ для всех четырех вариантов). Например, риск ООП с МПК составил 11,0 % при обоих методах, а риск ППОБ с МПК — 1,6 % (онлайн) против 1,8 %. Это указывает на то, что в среднем по группе табличный метод не дает систематического смещения.

При проведении корреляционного анализа получена сильная корреляционная связь между методами (коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между онлайн- и табличными расчетами — от $\rho = 0,927$ до $\rho = 0,957$; $p < 0,001$). Наиболее сильная корреляция отмечена для риска ППОБ (как с МПК, так и с ИМТ), что может

быть связано с меньшей вариабельностью этого показателя в обследованной выборке.

Построенные линейные регрессионные модели показали, что табличный расчет объясняет от 84,0 до 90,7 % дисперсии онлайн-расчета (R^2). Коэффициенты регрессии были близки к 1 (0,795–0,945), а константы близки к 0, что подтверждает пропорциональность методов. Самый высокий R^2 (90,7 %) получен для риска ППОБ как с МПК, так и с ИМТ.

Визуальный анализ графиков согласованности Блэнда – Альтмана показал, что большинство точек находятся в пределах 1,96 СО от средней разницы, что свидетельствует о приемлемой сопоставимости методов. Небольшое число выбросов может быть связано с округлением ИМТ и Т-критерия при табличном расчете, а также с дискретностью бумажных таблиц. Округление входных параметров, необходимых для расчета, неизбежно приводит к небольшим расхождениям между результатами двух методов.

Наиболее важный с клинической точки зрения результат — согласованность порогов терапевтического вмешательства между онлайн- и табличным расчетами. Чувствительность табличного метода составила 7,9 % для риска ООП с МПК и 88,9 % для риска ООП с ИМТ. Показатели каппы Коэна (0,644 и 0,749)

и V-критерия Крамера (0,645–0,756) подтверждают сильную связь и существенное согласие между методами. Доля ложноположительных решений (порог по таблицам при отсутствии порога онлайн) оказалась низкой — 5,3 и 4,9 % соответственно, что указывает на малый риск необоснованного назначения терапии при использовании бумажных таблиц. В то же время необходимо помнить, что наш анализ согласованности порогов терапевтического вмешательства был выполнен по среднему значению риска ООП. Применение же бумажных таблиц в клинической практике подразумевает кроме оценки и интерпретации среднего значения риска анализ предложенного в таблицах (<https://fraxplus.org/ru/paper-charts>) диапазона значений риска. Принятие клинического решения зависит от конкретных факторов риска и силы их влияния на риск переломов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что табличный (бумажный) расчет FRAX® является надежной альтернативой онлайн-калькулятору в условиях, где доступ к интернету ограничен или требуется быстрая оценка большого потока пациентов. Особенно хорошая согласованность достигнута для риска ООП при использовании ИМТ (без МПК), что особенно актуально для принятия решения о начале АОТ при отсутствии данных денситометрии.

Ограничениями исследования следует считать относительно небольшую выборку (161 пациент), преобладание женщин (65,2 %) и высокую долю пациентов с ревматоидным артритом и приемом глюкокортикостероидов (13,7 %), что может ограничивать экстраполяцию результатов на другие популяции.

Таким образом, табличный метод может быть рекомендован для использования в первичном звене здравоохранения, в отдаленных территориях, а также при массовых осмотрах (в качестве быстрого скринингового инструмента). При этом для окончательного решения о назначении АОТ, особенно в пограничных случаях, целесообразно подтверждение результата с помощью онлайн-калькулятора с точным вводом всех параметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Онлайн- и табличный расчеты FRAX® демонстрируют высокую степень согласованности и могут рассматриваться как взаимодополняющие инструменты. Внедрение бумажных таблиц в клиническую практику позволит расширить охват пациентов стратификацией риска переломов без потери качества полученных результатов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Funding Sources: This study had no external funding sources.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с публикацией данной статьи. Исследование не финансировалось коммерческими организациями, имеющими отношение к инструменту FRAX®.

Conflict of Interests. The authors declare no conflict of interest related to the publication of this article. The study received no funding from commercial organizations associated with the FRAX® tool.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Author contribution. All authors, according to the ICMJE criteria, participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, and checking and approving the text of the article.

ORCID АВТОРОВ:

Гладкова Е. Н. / Gladkova E. N. — 0000-0002-6689-6941
Лесняк О. М. / Lesnyak O. M. — 0000-0002-0143-0614
Ткачева О. Н. / Tkacheva O. N. — 0000-0002-4193-688X
Шиманьски Д. А. / Shimanski D. A. — 0000-0002-6903-2217
Грунистая А. А. / Grunistaya A. A. — 0009-0003-7476-5348
Дудинская Е. Н. / Dudinskaya E. N. — 0000-0001-7891-6850

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Genant H. K., Cooper C., Poor G., et al. Interim report and recommendations of the World Health Organization Task-Force for Osteoporosis. *Osteoporos Int.* 1999 ; 10 (4) : 259–264. DOI: 10.1007/s001980050224.
2. McCloskey E., Johansson H., Oden A., Kanis J. A. Fracture risk assessment. *Clin Biochem.* 2012 ; 45 (12) : 887–893. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2012.05.001.
3. Kanis J. A., Johansson H., Harvey N. C., McCloskey E. V. A brief history of FRAX. *Arch Osteoporos.* 2018 ; 13 (1) : 118. DOI: 10.1007/s11657-018-0510-0.
4. Lesnyak O., Ershova O., Belova K., et al. Epidemiology of fracture in the Russian Federation and the development of a FRAX model. *Arch Osteoporos.* 2012 ; 7 : 67–73. DOI: 10.1007/s11657-012-0082-3.
5. Российская Федерация. Министерство здравоохранения. Клинические рекомендации. Остеопороз: клинические рекомендации. – 2025. – URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/87_5 (дата обращения: 11.06.2026). [Rossijskaya Federaciya. Ministerstvo zdravooxraneniya. Klinicheskie rekomendacii. Osteoporoz : klinicheskie rekomendacii. 2025. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/87_5 (date of request: 06/11/2026). (In Russ.)].

6. Инструмент расчета. // FRAxplus® : [сайт]. – URL: <https://fraxplus.org/ru/calculation-tool> (дата обращения: 11.06.2026). [Frax Calculator // fraxplus.org. URL: <https://fraxplus.org/ru/calculation-tool> (date of request: 06/11/2026). (In Russ.)].

7. Бумажные диаграммы. // FRAxplus® : [сайт]. – URL: <https://fraxplus.org/ru/paper-charts> (дата обращения: 11.06.2026). [Paper Charts// fraxplus.org. URL: <https://fraxplus.org/ru/paper-charts> (date of request: 06/11/2026). (In Russ.)].