

# Возрастное распределение минеральной плотности кости по данным количественной компьютерной томографии

Петрайкин А.В.<sup>1,\*</sup>, Петрайкин Ф.А.<sup>2</sup>, Сергунова К.А.<sup>1</sup>, Низовцова Л.А.<sup>1</sup>, Ахмад Е.С.<sup>1</sup>, Семенов Д.С.<sup>1</sup>, Полищук Н.С.<sup>1</sup>, Морозов С.П.<sup>1</sup>, Владзимирский А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий»

Департамента здравоохранения г. Москвы,

ул. Средняя Калитниковская, 28, стр. 1, Москва, 109029, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии факультета фундаментальной медицины,

Ломоносовский пр-т, 27, корп. 1, Москва, 119192, Российская Федерация

## Резюме

**Цель.** Сравнение значений минеральной плотности кости, полученных за 1 год применения асинхронной количественной компьютерной томографии (ККТ) в двух городских поликлиниках (ГП).

**Материал и методы.** В работу включены женщины в возрасте от 40 до 85 лет (694 пациентки в ГП-А и 724 пациентки в ГП-Б), которым была проведена ККТ области проксимального отдела бедра и позвоночника. Проводилось сравнение значений минеральной плотности кости (МПК) с заложенными в программное обеспечение ККТ референсными данными с помощью методов регрессионного анализа. Количественные показатели рассчитаны соответственно Z-критерию. Для стандартизации показателей ККТ в ГП-А и ГП-Б выполнена кросс-калибровка с помощью фантома.

**Результаты.** При сравнении полученных средних значений МПК с референсными данными для трех зон центральной денситометрии было установлено статистически значимое ( $p < 0,05$ ) снижение средних значений МПК относительно нормативных на протяжении всего анализируемого возрастного диапазона. Для области «позвоночник» получены значения Z-критерия: для ГП-А  $Z = -0,37$  SD; для ГП-Б  $Z = -0,84$  SD; для зоны «проксимальный отдел бедра» – в группе пациенток из ГП-А среднее значение  $Z = -0,70$  SD, в ГП-Б среднее значение  $Z = -1,22$  SD; для зоны «шейка бедра»  $Z = -0,54$  SD и  $Z = -1,06$  SD соответственно. Показана выраженная корреляция между показателями МПК для областей «шейка бедра» и «проксимальный отдел бедра»:  $r = 0,83$  в ГП-А и  $r = 0,79$  в ГП-Б. При сравнении коэффициентов линий регрессий по зонам «проксимальный отдел бедра» и «позвоночник» было выявлено, что для ГП-Б смещение прямой значимо ниже ( $p < 0,05$ ), чем для ГП-А. Различий коэффициентов наклона для данных областей не наблюдалось. Результаты сравнения линий регрессий для зоны «шейка бедра» статистически незначимы как для коэффициента наклона ( $p = 0,576$ ), так и для смещения ( $p = 0,056$ ).

**Заключение.** При сравнении собственных результатов исследования МПК с референсными данными отмечено статистически значимое снижение полученных показателей МПК в двух ГП. Это может быть связано с разной стратегией направления на ККТ, а также с некоторыми допущениями данного исследования.

**Ключевые слова:** количественная компьютерная томография; денситометрия; минеральная плотность кости; остеопороз; референсные данные; Z-критерий; T-критерий; фантомное моделирование.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Петрайкин А.В., Петрайкин Ф.А., Сергунова К.А., Низовцова Л.А., Ахмад Е.С., Семенов Д.С., Полищук Н.С., Морозов С.П., Владзимирский А.В. Возрастное распределение минеральной плотности кости по данным количественной компьютерной томографии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2019; 100 (5): 270–7. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-5-270-277>

Статья поступила 09.02.2019

После доработки 04.03.2019

Принята к печати 29.03.2019

## Age Distribution of Bone Mineral Density According to Quantitative Computed Tomography

Alexey V. Petraikin<sup>1,\*</sup>, Fedor A. Petriakin<sup>2</sup>, Kristina A. Sergunova<sup>1</sup>, Lyudmila A. Nizovtsova<sup>1</sup>, Ekaterina S. Akhmad<sup>1</sup>, Dmitry S. Semenov<sup>1</sup>, Nikita S. Polishchuk<sup>1</sup>, Sergey P. Morozov<sup>1</sup>, Anton V. Vladzimirskyy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies,

Moscow Department of Health,

ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, 28-1, Moscow, 109029, Russian Federation

<sup>2</sup>Chair of Radiology and Radiotherapy, Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University, Lomonosovskiy Prospekt, 27-1, Moscow, 119192, Russian Federation

### Abstract

**Objective.** To compare bone mineral density (BMD) values derived during one-year asynchronous quantitative computed tomography (QCT) in two urban polyclinics (UPs).

**Material and methods.** The investigation enrolled women aged 40 to 85 years: 694 and 724 patients in UP A and UP B, respectively, who underwent QCT scanning of the proximal femur and spine. The BMD values were compared with the reference data embedded in the QCP software, by using the methods of regression analysis. Quantitative indicators were calculated using the Z-test. To standardize the indicators of QCT in UP A and UP B, cross-calibration was performed using a phantom.

**Results.** Comparison of the obtained mean BMD values with the reference one for three regions of central densitometry established a statistically significant ( $p < 0.05$ ) decrease in the mean BMD values relative to the normative ones within the analyzed age range. The spine Z scores were  $-0.37$  SD in UP A and  $-0.84$  SD in UP B; the mean proximal femur Z scores were  $-0.70$  SD and  $-1.22$  SD in UP A and UP B, respectively; the mean femoral neck Z scores were  $-0.54$  SD and  $-1.06$  SD, respectively. The values of femoral neck and proximal femur BMD displayed pronounced correlations ( $r = 0.83$  in UP A and  $r = 0.79$  in UP B). Comparison of regression line coefficients in the proximal femur and spine regions revealed that the offset of a straight line was significantly lower in UP B than in UP A ( $p < 0.05$ ). There were no differences in the slope coefficients for these regions. The results of comparing the regression lines for the femoral neck were statistically insignificant for both the slope coefficient ( $p = 0.576$ ) and for the offset ( $p = 0.056$ ).

**Conclusion.** Comparison of the authors' own results of the BMD study with the reference data has shown a statistically significant decrease in the obtained BMD values in two UPs. This may be associated with the different strategy of referral for QCT, as well as with some assumptions of this study.

**Keywords:** quantitative computed tomography; densitometry; mineral bone density; osteoporosis; reference data; Z-score; T-score; phantom modelling.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study had no sponsorship.

**For citation:** Petraikin A.V., Petraikin F.A., Sergunova K.A., Nizovtsova L.A., Akhmad E.S., Semenov D.S., Polishchuk N.S., Morozov S.P., Vladzimirsky A.V. Age distribution of bone mineral density according to quantitative computed tomography. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2019; 100 (5): 270–7 (in Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-5-270-277>

Received 09.02.2019

Revised 04.03.2019

Accepted 29.03.2019

### Введение

Остеопороз – метаболическое заболевание скелета, характеризующееся снижением костной массы, нарушением микроархитектоники костной ткани и, как следствие, переломами при минимальной травме [1, 2]. Для диагностики остеопороза применяют методы рентгеновской остеоденситометрии: двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию (dual energy X-ray absorptiometry – DXA), которая является «золотым стандартом» лучевой диагностики остеопороза [1], и количественную компьютерную томографию (ККТ) [3].

Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) 1994 г. и последующим отечественным и международным рекомендациям [1], диагноз остеопороза и назначение антиостеопоротической терапии устанавливается с учетом результатов DXA при снижении минеральной плотности кости (МПК), измеренной у женщин в постменопаузе и у мужчин старше 50 лет, по Т-критерию на 2,5 и более стандартных отклонений (standard deviation – SD). Референсные данные основаны на результатах популяцион-

ных исследований, проведенных в США (National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) III) [2].

Метод ККТ дает возможность измерения объемной минеральной плотности кости тел позвонков, проекционной МПК проксимального отдела в целом и шейки бедра с возможностью постановки диагноза «остеопороз» по Т-критерию [3]. Для объемной МПК при ККТ позвоночника установлены пороговые уровни, согласно которым также можно инициировать и контролировать лечение [3]. Однако Т-критерий для объемной МПК позвоночника неприменим, поскольку в момент разработки классификации ВОЗ были доступны эпидемиологические данные только для метода DXA [4].

Повсеместное внедрение в практику здравоохранения компьютерной томографии [5] и разработка асинхронной технологии [6] открывают широкие возможности для применения ККТ. Выполнение асинхронной ККТ требует регулярной (1 раз в месяц) калибровки томографа с помощью специального фантома и наличия программного

обеспечения для последующего пересчета полученных значений рентгеновской плотности (единиц Хаунсфилда) в показатели МПК. Особенно привлекателен данный подход для проведения оппортунистического ретроспективного скрининга, когда данные по МПК могут быть извлечены из результатов КТ-сканирования соответствующих анатомических областей, выполненного с другими диагностическими целями [7].

Для сопоставления количественных данных МПК, полученных на аппаратах, находящихся в разных медицинских учреждениях, необходимо проведение кросс-калибровки [8]. Процедура кросс-калибровки выполняется с помощью специального фантома, например ESP (European Spine Phantom), и представляет собой расчет поправочных коэффициентов для денситометров различных производителей и моделей относительно заданных на фантоме значений. Результатом кросс-калибровки является уменьшение различий измеряемых величин МПК (например, с 14% до 4% для женщин) [9].

Цели данной работы – сравнение данных МПК, полученных за 1 год применения асинхронной ККТ в двух городских поликлиниках Москвы, оценка зависимости показателя МПК от возраста и сравнение этих данных с референсными значениями, заложенными в алгоритмы программы ККТ.

## Материал и методы

В исследование включены две городские поликлиники (условно ГП-А и ГП-Б), в которых на используемых в диагностической работе компьютерных томографах установлены программы асинхронной ККТ. Численность населения, прикрепленного к каждой из данных поликлиник, сопоставимо и составляет 170 тыс. человек. За период наблюдения с сентября 2017 г. по август 2018 г. в этих поликлиниках были обследованы 1418 женщин в возрасте 40–85 лет: 694 пациентки ГП-А и 724 пациентки ГП-Б. Доля исследуемых в возрастном интервале 50–80 лет для ГП-А составила 87,6%, для ГП-Б – 84,5%. Средний возраст пациентов (среднее  $\pm$  среднеквадратичное отклонение) составил для ГП-А  $67,3 \pm 8,4$  года, для ГП-Б –  $66,4 \pm 9,1$  года.

Исследования проводили на 64-рядных компьютерных томографах. Протокол сканирования: 120 кВ, питч 0,828, 50–100 мА (в зависимости от индекса массы тела), ядра свертки FC 08 и FC 17 в ГП-А и ГП-Б соответственно. Поле обзора от 320 до 500 мм.

Для сопоставления получаемых в обеих поликлиниках данных ККТ выполняли кросс-калибровку компьютерных томографов с использованием фантома РСК ФК2 (разработка средств контроля, фантом калиевый), созданного в Научно-практи-

ческом клиническом центре диагностики и телемедицинских технологий [8]. Фантом РСК ФК2 – это полый цилиндр, заполненный дистиллированной водой, в который погружены модели позвонков, содержащие раствор гидрофосфата калия ( $K_2HPO_4$ ) с концентрациями для цилиндра, соответствующими нормальным значениям МПК (150, 200 мг/см<sup>3</sup>), остеопении (100 мг/см<sup>3</sup>) и остеопорозу (50 мг/см<sup>3</sup>). Согласно рекомендациям Международного общества клинической денситометрии [3], фантом сканировали пятикратно, с использованием параметров, применяемых для сканирования пациентов.

Для статистического анализа применяли программу Microsoft Office Excel 2016. Сравнение проводили на двустороннем уровне статистической значимости 0,05.

Методом множественного регрессионного анализа с использованием поликлиники в качестве категориального фактора модели также выполнено сравнение измеренных значений МПК для трех анатомических областей центральной денситометрии: «позвоночник», «проксимальный отдел бедра», «шейка бедра».

Методика сравнения полученных данных МПК с референсными базами для указанных трех анатомических областей (зон центральной денситометрии) основана на расчете Z-критерия для возрастного периода 40–85 лет, разделенного на 5-летние возрастные интервалы. Z-критерий представляет собой отклонение значения МПК от возрастной нормы, измеренное в долях соответствующего возрастного стандартного отклонения (SD) [1–3, 8]. Сравнение показателей проводили для МПК позвоночника с нормативной базой Калифорнийского университета в Сан-Франциско, а для проекционной МПК шейки бедра и проксимального отдела бедра – с базой, включенной в программное обеспечение ККТ используемых аппаратов.

Для демонстрации сопоставимости данных при выполнении асинхронной ККТ были рассчитаны показатели корреляции Пирсона между результатами проекционной МПК по областям «шейка бедра» и «проксимальный отдел бедра» и объемной МПК по зоне «позвоночник».

## Результаты

Анализ результатов кросс-калибровки фантома показал, что измерения значений МПК не зависят от аппарата КТ (максимальная разница в калибровочных прямых в одном из тестов составила до 1,5 мг/см<sup>3</sup>). КТ-изображения фантома для кросс-калибровки в аксиальной и сагиттальной проекциях представлены на рисунке 1. Показана линейная зависимость измерений объемной МПК при использовании кросс-калибровки, идентичная по данным обеих поликлиник (рис. 2).

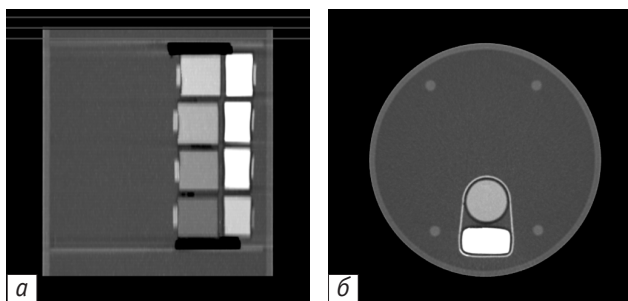


Рис. 1. Компьютерные томографические изображения фантома РСК ФК 2:

а – в сагитальной плоскости; б – в аксиальной плоскости

При сравнении средних значений МПК для трех областей центральной денситометрии с референсными значениями было показано статистически значимое снижение средних значений МПК относительно нормативных на протяжении всего анализируемого возрастного диапазона.

Были рассчитаны средние значения МПК для одного 10-летнего интервала (40–49 лет) и после-

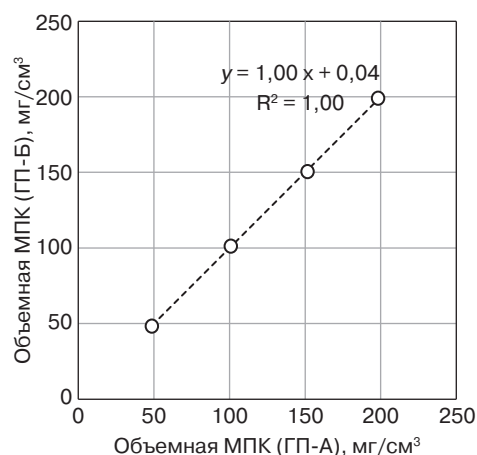
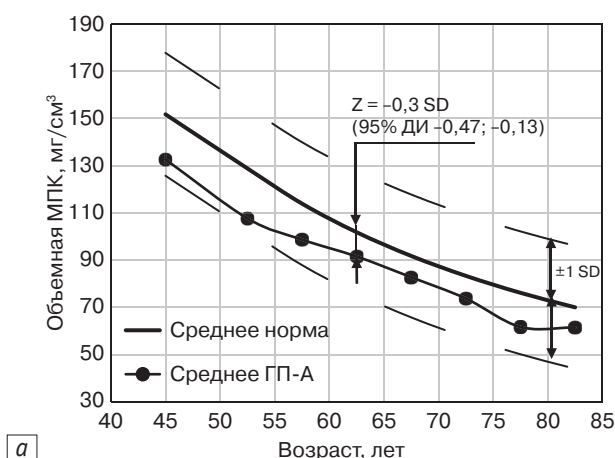
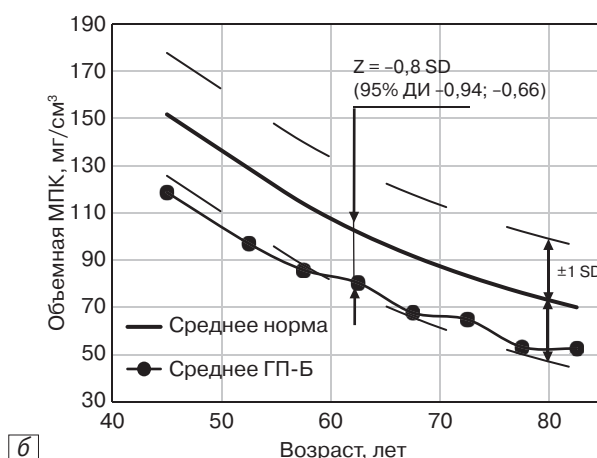


Рис. 2. Кросс-калибровочный график измерения объемной минеральной плотности кости (МПК) при сравнении данных двух городских поликлиник (ГП-А и ГП-Б)

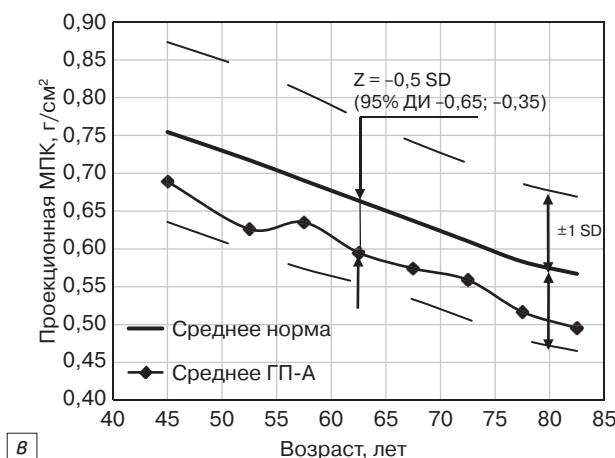
дующих 5-летних интервалов (50–85 лет) в обеих поликлиниках, примеры сопоставления для позвоночника и шейки бедра представлены на рисунке 3. На графиках для каждой изучаемой анатомической



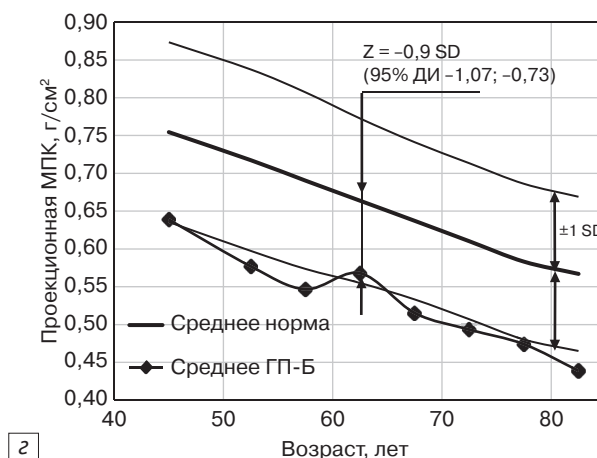
а



б



в



г

Рис. 3. Сравнение данных минеральной плотности кости (МПК) для двух городских поликлиник (ГП-А и ГП-Б) и референсных значений. Отмечено статистически значимое ( $p < 0,05$ ) снижение показателя МПК для всех регионов сканирования. На графиках обозначены средние значения Z-критерия для возрастного интервала 60–64 года (95% ДИ):

а, б – область «позвоночник»; в, г – область «шейка бедра»

Результат сравнения коэффициентов регрессий

| Область сканирования      | Коэффициент наклона |        |          | Коэффициент смещения |       |          |
|---------------------------|---------------------|--------|----------|----------------------|-------|----------|
|                           | ГП-А                | ГП-Б   | <i>p</i> | ГП-А                 | ГП-Б  | <i>p</i> |
| Проксимальный отдел бедра | -0,005              | -0,005 | 0,182    | 1,058                | 0,931 | 0,006*   |
| Шейка бедра               | -0,005              | -0,005 | 0,576    | 0,916                | 0,838 | 0,056    |
| Позвоночник               | -1,980              | -1,773 | 0,163    | 217,16               | 191,6 | 0,011*   |

\* Различия статистически значимы.

области пунктирными линиями отмечен разброс референсных значений МПК ( $\pm 1$  SD), показаны кривая референсных значений МПК и кривая полученных показателей МПК для ГП. Для возрастного интервала 60–64 года представлено среднее значение Z-критерия (95% доверительный интервал) на уровне 62,5 года.

Для всего возрастного диапазона были рассчитаны средние значения Z-критерия. Для области «позвоночник» получены следующие показатели: для ГП-А  $Z = -0,37$  SD ( $p = 0,033$ ), для ГП-Б  $Z = -0,84$ SD ( $p = 0,002$ ). Выявлены статистически значимые различия между референсными данными и соответствующими возрастными значениями на протяжении всего возрастного периода 40–85 лет: для зоны «проксимальный отдел бедра» в ГП-А среднее значение  $Z = -0,70$  SD ( $p = 0,014$ ), в ГП-Б –  $Z = -1,22$  SD ( $p = 0,000$ ); для зоны «шейка бедра»  $Z = -0,54$  SD ( $p = 0,005$ ) и  $Z = -1,06$  SD ( $p = 0,000$ ) соответственно.

При сравнении полученных средних значений МПК с референсными значениями в зонах центральной денситометрии было установлено снижение средних значений МПК относительно нормативных.

С помощью метода множественного регрессионного анализа с категориальным признаком было выявлено, что линии регрессии, построенные по данным выборок для областей «проксимальный отдел бедра» и «позвоночник», статистически значимо различаются по коэффициенту смещения (см. таблицу), при этом не наблюдается значительных различий в коэффициентах наклона (рис. 4). При сравнении значений для области «шейка бедра» значимость различий не определена как для коэффициента наклона, так и для коэффициента смещения. На рисунке 4 представлены измеренные значения МПК области «проксимальный отдел бедра» для ГП-А и ГП-Б с аппроксимирующими прямыми. Отмечается смещение линий аппроксимации при отсутствии различий наклона прямых.

Таким образом, достоверно показано, что в ГП-Б средние возрастные показатели МПК ниже, чем в ГП-А, для позвоночника и проксимального отдела бедра. При этом общая возрастная зависимость сохраняется.

Полученные результаты центральной ККТ для разных анатомических зон демонстрируют выраженную корреляцию между показателями МПК зон

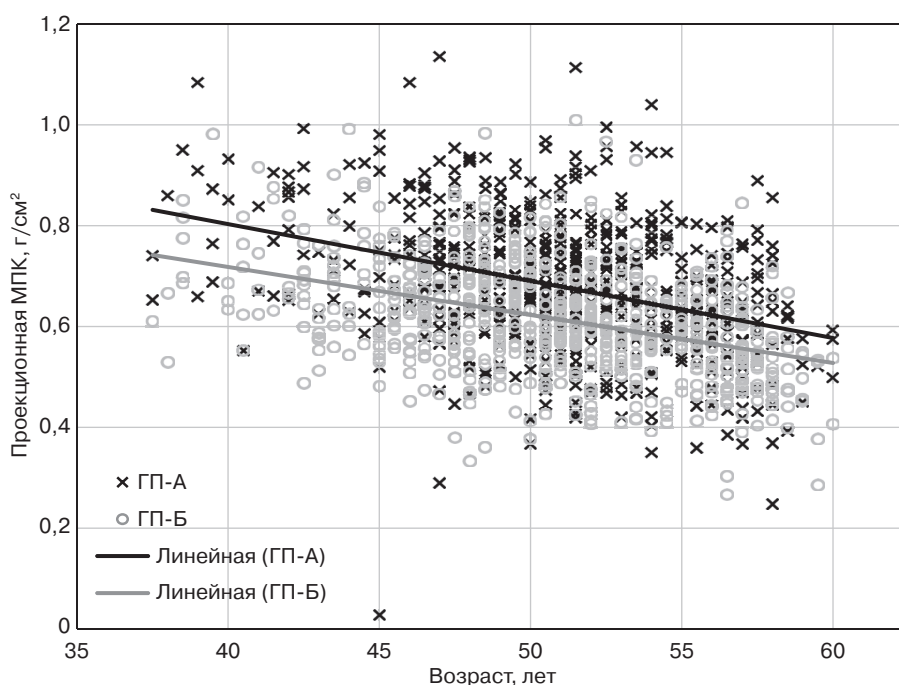


Рис. 4. Сравнение проекционной минеральной плотности кости (МПК) области «проксимальный отдел бедра» для двух городских поликлиник (ГП-А и ГП-Б) путем сопоставления аппроксимирующих линий регрессии. Статистически значимо различие коэффициентов смещения между двумя линиями ( $p = 0,006$ )

«шейка бедра» и «проксимальный отдел бедра» в обеих поликлиниках:  $r=0,83$  в ГП-А и  $r=0,79$  в ГП-Б. Вместе с тем отмечена более слабая корреляция между показателями МПК областей «позвоночник» и «шейка бедра»:  $r=0,58$  в ГП-А,  $r=0,54$  в ГП-Б.

Установлено, что в поликлиниках существовала разница в стратегии назначения пациентов на ККТ-исследование. В ГП-А назначения были менее системны, часть денситометрических исследований основана на личной мотивации пациентов, выборка приближалась к среднепопуляционной. В ГП-Б исследования МПК назначались преимущественно пациентам с подозрением на остеопороз или остеопению и/или имеющим в анамнезе низкоэнергетические переломы. Алгоритм FRAX (калькулятор расчета абсолютного 10-летнего риска основных низкоэнергетических переломов, который с 2013 г. позволяет включать данные ККТ) не учитывался ни в одной из анализируемых поликлиник.

## Обсуждение

Перед проведением непосредственного сравнения измерений МПК в настоящем исследовании были выполнены сравнительные фантомные сканирования, то есть проведена кросс-калибровка. Было показано, что в результаты исследования вносит вклад только разница в группах пациентов, а не различия в аппаратах КТ и их техническом состоянии.

Полученное статистически значимое снижение средних значений МПК относительно референсных ( $p < 0,05$ ) может быть соотнесено с Z-критерием как отличие полученного значения МПК от возрастной нормы, определяемое в долях стандартного отклонения, соответствующего возрастному интервалу, что отмечено и в работах других авторов [1, 3, 7, 10].

Изменения Z-критерия в возрастных интервалах 40–58 и 78–85 лет (в 5-летних возрастных интервалах) у пациенток обеих поликлиник, отражающие выраженное снижение МПК по сравнению с референсными показателями, не могут рассматриваться как достоверная закономерность в связи с малочисленностью пациенток в исследуемом возрастном диапазоне в целом (13% от общего числа изучаемого контингента).

Различие показателей МПК, полученных при проведении ККТ в двух ГП города Москвы, явилось поводом для ретроспективного изучения условий направления на ККТ. Установленная разница в стратегии назначения пациентов на исследование позволяет допустить, что статистически значимое снижение показателей МПК в ГП-Б обусловлено более четкими показаниями к назначению остеоденситометрии.

S. Namwongprom et al. в 2011 г. выполнили исследование, продемонстрировав корреляцию показателей МПК между измерениями в различных регионах при DXA. По результатам исследования данных 885 женщин перименопаузального и постменопаузального возраста авторы приводят показатели корреляции МПК:  $r=0,89$  между шейкой бедра и проксимальным отделом бедра,  $r=0,66$  между шейкой бедра и позвоночником [11].

В 2014 г. K.F. Raba'A на результатах исследования МПК в выборке из 150 женщин показал положительную связь между МПК шейки бедра и позвоночника ( $r=0,534$ ) [12].

В сравнительных исследованиях S. Kaptoge et al. (2008 г.) в популяции молодых европейских мужчин и женщин в возрасте 19–29 лет определяемые значения МПК сопоставлены с референсным стандартом NHANES III, рассчитанным по популяции США [10]. Показано, что у европейских женщин значение МПК позвоночника значимо ниже, чем в референсных данных. Кроме того, наблюдалась неоднородность значений МПК в европейских странах, в которых существуют выраженные национальные различия в образе жизни. В связи с тем что данные NHANES III заложены в расчет T-критерия и связаны с диагностикой остеопороза, авторы заявляют о необходимости внедрения поправочных значений для европейской популяции [13].

Аналогичные данные были получены при сравнении популяции Японии с референсными данными Китая и США (NHANES III) [14], Индии и США [15].

## Заключение

При сравнении собственных результатов исследования МПК, выполненного с помощью метода ККТ, с референсными данными отмечено статистически значимое снижение полученных возрастных показателей МПК в обеих анализируемых поликлиниках. Анализ данных по изменению МПК у пациенток двух поликлиник показал достоверно более низкие значения МПК для всех областей центральной денситометрии в одной из них. Это можно объяснить разной стратегией назначения пациентов на денситометрию.

При оценке клинических показаний к исследованию минеральной плотности кости не учитывались данные инструмента FRAX.

Использование фантома РСК ФК 2, имитирующего область поясничного отдела тела человека, с моделированием МПК в диапазоне значений от нормальных до показателей остеопороза продемонстрировало отсутствие значимых различий в показателях МПК на различных КТ-аппаратах, что дает возможность проводить сравнение получаемых результатов исследований.

## Литература [References]

1. Мельниченко Г.А., Беляя Ж.Е., Рожинская Л.Я., Гребенникова Т.А., Пигарова Е.А., Торопцова Н.В. и др. Краткое изложение клинических рекомендаций по диагностике и лечению остеопороза Российской ассоциации эндокринологов. *Остеопороз и остеопатии*. 2016; 19 (3): 28–36. DOI: 10.14341/osteo2016328-36 [Melnichenko G.A., Belaya Z.E., Rozhinskaya L.Y., Grebennikova T.A., Pigarova E.A., Toroptsova N.V. 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: 10.14341/osteo2016328-36]
2. Kanis J.A., McCloskey E.V., Johansson H., Cooper C., Rizzoli R., Reginster J.Y. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos. Int.* 2013; 24 (1): 23–57. DOI: 10.1007/s00198-012-2074-y
3. 2015 ISCD Official Positions – Adult. Available at: <https://www.iscd.org/official-positions/2015-iscd-official-positions-adult/> (accessed April 15, 2019).
4. Engelke K., Adams J.E., Armbrecht G., Augat P., Bogado C.E., Buxsein M.L. et al. Clinical use of quantitative computed tomography and peripheral quantitative computed tomography in the management of osteoporosis in adults: the 2007 ISCD Official Positions. *J. Clin. Densitom.* 2008; 11 (1): 123–62. DOI: 10.1016/j.jocd.2007.12.010
5. Морозов С.П., Петрайкин А.В., Полищук Н.С., Сергунова К.А., Гусева Е.Б., Петрайкин Ф.А., Винокуров А.С. Использование контрастного усиления при компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии в амбулаторно-поликлинической практике: текущее состояние и перспективы. *Радиология – Практика*. 2018; 2 (68): 43–55. [Morozov S.P., Petraiikin A.V., Polischuk N.S., Sergunova K.A., Guseva E.B., Petraiikin F.A., Vinokurov A.S. Use of contrast-enhancement in computed tomography and magnetic resonance imaging in outpatient practice: current state and perspectives. *Radiology – Practice*. 2018; 2 (68): 43–55 (in Russ.).]
6. Brown J.K., Timm W., Bodeen G., Chason A., Perry M., Vernacchia F., DeJournett R. Asynchronously calibrated quantitative bone densitometry. *J. Clin. Densitom.* 2017; 20 (2): 216–25. DOI: 10.1016/j.jocd.2015.11.001
7. Brett A.D., Brown J.K. Quantitative computed tomography and opportunistic bone density screening by dual use of computed tomography scans. *J. Orthop. Translat.* 2015; 3 (4): 178–84. DOI: 10.1016/j.jot.2015.08.006
8. Петрайкин А.В., Сергунова К.А., Петрайкин Ф.А., Ахмад Е.С., Семенов Д.С., Владимирский А.В. и др. Рентгеновская денситометрия, вопросы стандартизации (обзор литературы и экспериментальные данные). *Радиология – Практика*. 2018; 1 (67): 50–62. [Petraiikin A.V., Sergunova K.A., Petrayaykin F.A., Ahmad E.S., Semenov D.S., Vladzimirsky A.V. et al. X-ray densitometry, standardization (literature review and experimental data). *Radiology – Practice*. 2018; 1 (67): 50–62.]
9. Dequeker J., Pearson J., Reeve J., Henley M., Bright J., Felsenberg D. et al. Dual X-ray absorptiometry – cross-calibration and normative reference ranges for the spine: results of a European Community Concerted Action. *Bone*. 1995; 3 (17): 247–54. DOI: 10.1016/8756-3282(95)00224-2
10. Kaptoge S., da Silva J.A., Brixen K., Reid D.M., Kröger H., Nielsen T.L. et al. Geographical variation in DXA bone mineral density in young European men and women. Results from the Network in Europe on male osteoporosis (NEMO) study. *Bone*. 2008; 2 (43): 332–9. DOI: 10.1016/j.bone.2008.04.001
11. Namwongprom S., Ekmahachai M., Vilasdechanon N., Klaipetch A., Wongboontan C., Boonyaprapa S. Bone mineral density: correlation between the lumbar spine, proximal femur and radius in northern Thai women. *J. Med. Assoc. Thai.* 2011; 94 (6): 725–31.
12. Raba'A K.F. The relation between T-score, Z-score, bone mineral density and body mass index. *Math. Theor. Modeling*. 2013; 5 (3): 118–23.
13. Kanis J.A., McCloskey E.V., Johansson H., Oden A., Melton L.J. 3rd, Khaltayev N. A reference standard for the description of osteoporosis. *Bone*. 2008; 42 (3): 467–75. DOI: 10.1016/j.bone.2007.11.001
14. Wu X.P., Liao E. Y., Huang G., Dai R. C., Zhang H. A comparison study of the reference curves of bone mineral density at different skeletal sites in native Chinese, Japanese, and American caucasian women. *Calcif. Tissue Int.* 2003; 73 (2): 122–32. DOI: 10.1007/s00223-002-1069-7
15. Patni R. Normal BMD values for Indian females aged 20–80 years. *J. Midlife Health.* 2010; 1 (2): 70–3. DOI: 10.4103/0976-7800.76215

## Сведения об авторах | Information about the authors

**Петрайкин Алексей Владимирович\***, к. м. н., доцент, ст. науч. сотр. отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы, [orcid.org/0000-0003-1694-4682](https://orcid.org/0000-0003-1694-4682)  
E-mail: [alexeypetraiikin@gmail.com](mailto:alexeypetraiikin@gmail.com)

**Петрайкин Федор Алексеевич**, ординатор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии факультета фундаментальной медицины ФГОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», [orcid.org/0000-0001-6923-3839](https://orcid.org/0000-0001-6923-3839)

**Сергунова Кристина Анатольевна**, руководитель отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы, [orcid.org/0000-0002-9596-7278](https://orcid.org/0000-0002-9596-7278)

**Alexey V. Petraiikin\***, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Senior Researcher, Technical Monitoring and Quality Assurance Development Department, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Department of Health, [orcid.org/0000-0003-1694-4682](https://orcid.org/0000-0003-1694-4682)  
E-mail: [alexeypetraiikin@gmail.com](mailto:alexeypetraiikin@gmail.com)

**Fedor A. Petraiikin**, Resident, Chair of Radiology and Radiotherapy, Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University, [orcid.org/0000-0001-6923-3839](https://orcid.org/0000-0001-6923-3839)

**Kristina A. Sergunova**, Head of Technical Monitoring and Quality Assurance Development Department, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Department of Health, [orcid.org/0000-0002-9596-7278](https://orcid.org/0000-0002-9596-7278)

**Низовцова Людмила Арсеньевна**, д. м. н., профессор, гл. науч. сотр. ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы, [orcid.org/0000-0002-9614-4505](https://orcid.org/0000-0002-9614-4505)

**Ахмад Екатерина Сергеевна**, науч. сотр. отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы, [orcid.org/0000-0002-8235-9361](https://orcid.org/0000-0002-8235-9361)

**Семенов Дмитрий Сергеевич**, науч. сотр. отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы, [orcid.org/0000-0002-4293-2514](https://orcid.org/0000-0002-4293-2514)

**Полищук Никита Сергеевич**, руководитель организационно-методического отдела ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы, [orcid.org/0000-0001-8216-601X](https://orcid.org/0000-0001-8216-601X)

**Морозов Сергей Павлович**, д. м. н., профессор, директор ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы, [orcid.org/0000-0001-6545-6170](https://orcid.org/0000-0001-6545-6170)

**Владимирский Антон Вячеславович**, д. м. н., зам. директора по научной работе ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы, [orcid.org/0000-0002-2990-7736](https://orcid.org/0000-0002-2990-7736)

**Lyudmila A. Nisovtsova**, Dr. Med. Sc., Professor, Chief Researcher, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Department of Health, [orcid.org/0000-0002-9614-4505](https://orcid.org/0000-0002-9614-4505)

**Ekaterina S. Akhmad**, Researcher, Technical Monitoring and Quality Assurance Development Department, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Department of Health, [orcid.org/0000-0002-8235-9361](https://orcid.org/0000-0002-8235-9361)

**Dmitry S. Semenov**, Researcher, Technical Monitoring and Quality Assurance Development Department, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Department of Health, [orcid.org/0000-0002-4293-2514](https://orcid.org/0000-0002-4293-2514)

**Nikita S. Polishchuk**, Head of Organizational and Methodical Department, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Department of Health, [orcid.org/0000-0001-8216-601X](https://orcid.org/0000-0001-8216-601X)

**Sergey P. Morozov**, Dr. Med. Sc., Professor, Director, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Department of Health, [orcid.org/0000-0001-6545-6170](https://orcid.org/0000-0001-6545-6170)

**Anton V. Vladzemyrskyy**, Dr. Med. Sc., Deputy Director for Science, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Department of Health, [orcid.org/0000-0002-2990-7736](https://orcid.org/0000-0002-2990-7736)