



Анализ возрастного распределения минеральной плотности кости при выполнении двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии

Петрайкин А.В.¹, Артюкова З.Р.¹, Кудрявцев Н.Д.¹, Семенов Д.С.¹, Сморчкова А.К.¹, Репин С.С.², Ахмад Е.С.¹, Петрайкин Ф.А.³, Низовцова Л.А.¹, Владимирский А.В.^{1,4}

¹ ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы,

ул. Петровка, 24, стр. 1, Москва, 127051, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Покровский б-р, 11, Москва, 109028, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Ленинские горы, 1, Москва, 119991, Российская Федерация

⁴ ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

Петрайкин Алексей Владимирович, д. м. н., доцент, гл. науч. сотр. отдела инновационных технологий ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» ДЗМ; <https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>

Артюкова Злата Романовна, мл. науч. сотр. отдела инновационных технологий ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» ДЗМ; <https://orcid.org/0000-0003-2960-9787>

Кудрявцев Никита Дмитриевич, мл. науч. сотр. отдела инновационных технологий ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» ДЗМ; <https://orcid.org/0000-0003-4203-0630>

Семенов Дмитрий Сергеевич, начальник сектора стандартизации и контроля качества отдела инновационных технологий ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» ДЗМ; <https://orcid.org/0000-0002-4293-2514>

Сморчкова Анастасия Кирилловна, мл. науч. сотр. отдела инновационных технологий ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» ДЗМ; <https://orcid.org/0000-0002-9766-3390>

Репин Святослав Сергеевич, эксперт ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; <https://orcid.org/0000-0001-8281-8188>

Ахмад Екатерина Сергеевна, науч. сотр. отдела инновационных технологий ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» ДЗМ; <https://orcid.org/0000-0002-8235-9361>

Петрайкин Федор Алексеевич, аспирант ФГБУ «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»; <https://orcid.org/0000-0001-6923-3839>

Низовцова Людмила Арсеньевна, д. м. н., профессор, гл. науч. сотр. отдела координации научной деятельности ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» ДЗМ; <https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>

Владимирский Антон Вячеславович, д. м. н., зам. директора по научной работе ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» ДЗМ, профессор кафедры информационных и интернет-технологий ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет); <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

Резюме

Цель: проведение исследования возрастного распределения минеральной плотности кости (МПК) по базам данных выполненной двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА) и его сопоставление с данными популяционного исследования NHANES.

Материал и методы. В работе использовали данные денситометрических исследований по трем зонам (проксимальный отдел бедренной кости (ПОБ), шейка бедренной кости (ШБК), позвоночник), выполненных на ДРА в двух организациях. Сравнение проводили с популяционными данными NHANES III для ШБК и ПОБ и NHANES 2005–08 для позвоночника. Значения МПК скорректированы с учетом калибровочных

коэффициентов применяемых ДРА-сканеров. Также выполнена корректировка на популяционное распределение по полу и возрасту.

Результаты. У пациентов младше 50 лет отмечены достоверно сниженные значения МПК относительно соответствующих показателей в NHANES III для ШБК и ПОБ у мужчин и женщин. У больных старше 50 лет, напротив, наблюдаются недостоверно заниженные показатели МПК для ШБК и ПОБ у мужчин, у женщин – недостоверно отличные значения для ШБК и достоверно повышенные для ПОБ. Показано незначительное снижение МПК для позвоночника у мужчин и женщин на всем протяжении данного возрастного интервала (более 50 лет).

Заключение. Проведена оценка популяционного распределения МПК у мужчин и женщин по данным ДРА. Полученная зависимость МПК для ШБК у женщин старше 50 лет хорошо согласуется с результатами, полученными в работах отечественных и зарубежных авторов.

Ключевые слова: остеопороз: двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия: минеральная плотность кости.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 20-015-00260А.

Для цитирования: Петрайкин А.В., Артюкова З.Р., Кудрявцев Н.Д., Семенов Д.С., Смorchkova А.К., Репин С.С., Ахмад Е.С., Петрайкин Ф.А., Низовцова Л.А., Владимирский А.В. Анализ возрастного распределения минеральной плотности кости при выполнении двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2023; 104(1): 21–9. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-1-21-29>

Для корреспонденции: Артюкова Злата Романовна, E-mail: z.artjukova@gmail.com

Статья поступила 30.11.2022

После доработки 02.02.2023

Принята к печати 03.02.2023

Analysis of Age Distribution of Bone Mineral Density by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry

Alexey V. Petraikin¹, Zlata R. Artyukova¹, Nikita D. Kudryavtsev¹, Dmitry S. Semenov¹, Anastasia K. Smorchkova¹, Svyatoslav S. Repin², Ekaterina S. Akhmad¹, Fedor A. Petriaikin³, Lyudmila A. Nisovtsova¹, Anton V. Vladzimirskyy^{1, 4}

¹ *Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, ul. Petrovka, 24, str. 1, Moscow, 127051, Russian Federation*

² *National Research University "Higher School of Economics", Pokrovsky Bulvar, 11, Moscow, 109028, Russian Federation*

³ *Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, Moscow, 119991, Russian Federation*

⁴ *Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), ul. Trubetskaya, 8, str. 2, Moscow, 119991, Russian Federation*

Alexey V. Petraikin, Dr. Med. Sc., Associate Professor, Chief Researcher, Department of Innovative Technologies, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>

Zlata R. Artyukova, Junior Researcher, Department of Innovative Technologies, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <https://orcid.org/0000-0003-2960-9787>

Nikita D. Kudryavtsev, Junior Researcher, Department of Innovative Technologies, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <https://orcid.org/0000-0003-4203-0630>

Dmitry S. Semenov, Head of Standardization and Quality Control Sector, Department of Innovative Technologies, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <https://orcid.org/0000-0002-4293-2514>

Anastasia K. Smorchkova, Junior Researcher, Department of Innovative Technologies, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <https://orcid.org/0000-0002-9766-3390>

Svyatoslav S. Repin, Expert, National Research University "Higher School of Economics"; <https://orcid.org/0000-0001-8281-8188>

Ekaterina S. Akhmad, Researcher, Department of Innovative Technologies, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <https://orcid.org/0000-0002-8235-9361>

Fedor A. Petriaikin, Postgraduate, Lomonosov Moscow State University;
<https://orcid.org/0000-0001-6923-3839>

Lyudmila A. Nisovtsova, Dr. Med. Sc., Professor, Chief Researcher, Department of Scientific Activities Coordination, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies;
<https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>

Anton V. Vladzimirskyy, Dr. Med. Sc., Deputy Director for Science, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; Professor, Chair of Information and Internet Technologies, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University);
<https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

Abstract

Objective: to conduct the study of age distribution of bone mineral density (BMD) by the database of dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and to compare it with data of population NHANES study.

Material and methods. We used data from the densitometry of three-zone (total hip (TH), femoral neck (FN), and lumbar spine) measured by DXA from two outpatient clinics. The obtained data were compared with NHANES III for TH and FN and with NHANES 2005-08 for lumbar spine. The BMD value was corrected with the calibration coefficient for each DXA scanner. Adjustments were also made for the population distribution by sex and age.

Results. Compared with NHANES for FN and TH, the obtained BMD values were significantly decreased for patients aged less than 50 years (men and women). The BMD values for FN and TH were insignificantly decreased in men older 50 years. In women older 50 years insignificantly decreased BMD values for FN and a significantly increased BMD values for TH were observed. The BMD values were decreased for lumbar spine in men and women throughout this age interval (more than 50 years old).

Conclusion. The population BMD distribution in men and women was assessed by DXA method. The obtained dependence of the BMD for FN in women older 50 years was in good agreement with the results given by Russian and foreign authors.

Keywords: osteoporosis; dual-energy X-ray absorptiometry; bone mineral density.

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

Funding: The study was performed with the support of Russian Fond of Basic Research (RFBR) Grant No. 20-015-00260A.

For citation: Petriaikin AV, Artyukova ZR, Kudryavtsev ND, Semenov DS, Smorchkova AK, Repin SS, Akhmad ES, Petriaikin FA, Nisovtsova LA, Vladzimirskyy AV. Analysis of age distribution of bone mineral density by dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2023; 104(1): 21–9 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-1-21-29>

For corresponding: Zlata R. Artyukova, E-mail: z.artyukova@gmail.com

Received November 30, 2022

Revised February 2, 2023

Accepted February 3, 2023

Введение

С учетом непрерывного увеличения продолжительности жизни, а также доли населения пожилого возраста ожидается повышение бремени остеопороза [1]. Одним из подходов к решению указанной проблемы является внедрение системы ранней диагностики остеопороза, основанной на предсказании риска развития низкоэнергетических переломов, которые служат его признаками (с помощью инструмента FRAX), а также своевременной диагностики снижения минеральной плотности кости (МПК) с использованием двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА) [2, 3].

Для точной диагностики и предсказания развития остеопороза важно иметь представление о возрастном распределении МПК в популяции. Эти данные позволяют провести моделирование оптимальной системы ранней диагностики остеопороза и выполнить экономическое обоснование ее внедрения в масштабе мегаполиса. Кроме

того, анализ распределения МПК в популяционных группах представляется актуальным для определения закономерностей распределения состояний норма/остеопения/остеопороз у пациентов старшей возрастной группы (более 50 лет), для которой наибольший удельный вес имеет постменопаузальный остеопороз [4]. Следует отметить, что отечественные исследователи зачастую опираются на данные о распространенности остеопороза, полученные по результатам ДРА и опубликованные в 2003 г. в руководстве по остеопорозу под редакцией Л.И. Беневоленской [5].

Известен ряд международных популяционных исследований The National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), данные которых используются в настоящее время как нормативные базы для производителей ДРА-сканеров [6, 7]. Кроме того, существуют тайское и индийское исследования [8, 9], а также отечественные работы, выполненные более 10 лет назад [10]. Однако

опубликованные работы выполнены довольно давно и включают ограниченную выборку населения, поэтому затруднительно использовать их для моделирования и экономического анализа системы ранней диагностики остеопороза.

Цель – проведение актуального исследования возрастного распределения МПК по базам данных выполненной ДРА и его сопоставление с данными популяционного исследования NHANES.

Материал и методы

Пациенты

Проведено многоцентровое ретроспективное исследование с использованием базы данных выполненных исследований на двух ДРА-сканерах.

Критерии включения: мужчины и женщины старше 20 лет, которым впервые проводилась ДРА трех областей центральной денситометрии (проксимальный отдел бедренной кости (ПОБ), шейка бедренной кости (ШБК), позвоночник) в выбранных медицинских учреждениях г. Москвы: ГБУЗ «Диагностический центр № 5 с поликлиническим отделением» ДЗМ (далее – ДЦ5) и ГБУЗ «Городская поликлиника № 2» ДЗМ (далее – ГП2). Исследования ПОБ, ШБК и позвоночника выполнялись либо одновременно, либо с интервалом не более 1 нед. Обязательным критерием включения записи базы данных ДРА в исследование являлось наличие измеренных показателей: МПК, минеральное содержание кости (МСК), площадь, Т-критерий для трех областей (ШБК, ПОБ, позвоночник).

Критериями исключения являлись исследования, выполненные не для всех трех областей либо с интервалом более 1 нед, а также записи с неполными параметрами (МПК, МСК, Т-критерий, площадь).

В случае наличия в записи пациента данных по области ПОБ и ШБК для двух бедренных костей были включены в исследование только результаты по левому бедру.

Получение данных

Сбор данных выполненных исследований осуществляли ретроспективно. Файлы, содержащие базы данных ДРА-сканеров, были выгружены, анонимизированы путем исключения персональной информации (данные по возрасту сохранены для выполнения анализа) и соответствующим образом обработаны для проведения дальнейшего анализа.

Для оценки точности и воспроизводимости выполненных исследований было проведено сканирование фантома РСК-ФК2 на выбранных ДРА-сканерах в ГП2 и ДЦ5 [11]. Получено хорошее согласование измеренных значений МПК с заданными. Воспроизводимость, измеренная как коэффициент вариации, составила 0,83% и 0,58% в режимах с моделированием подкожно-жировой

клетчатки или без него и с ручной коррекцией площади позвонков соответственно.

Пересчет минеральной плотности кости

Для сопоставления показателей МПК, полученных при ДРА, выгруженных в рамках данного исследования, с популяционными данными необходимо провести соответствующий пересчет, поскольку популяционные данные были получены на ДРА-сканерах модели, отличной от используемой в ДЦ5 и ГП2 (Prodigy Lunar, GE). Так, исследования для популяционных баз NHANES были проведены на ДРА-сканерах фирмы Hologic: карандашного типа QDR-1000 для NHANES III [6] и веерного типа QDR-4500 для NHANES 2005–08 [6]. В связи с этим был выполнен пересчет МПК для ПОБ и ШБК по формулам для конвертирования данных NHANES III в результаты ДРА Lunar [6]. Для пересчета данных МПК позвоночника L1–4 были использованы формулы, представленные в публикациях [12, 13]:

$$\text{ШБК: Lunar} = 0,045 + 1,158 \times \text{Hologic}, \quad (1)$$

$$\text{ПОБ: Lunar} = 0,038 + 1,030 \times \text{Hologic}, \quad (2)$$

$$\text{Позвоночник: Lunar} = 0,038 + 1,089 \times \text{Hologic}. \quad (3)$$

Нормативные значения

Значимый показатель для диагностики остеопороза – Т-критерий определяется по формуле (4):

$$(\text{МПК}_{\text{измерение}} - \text{МПК}_{\text{норматив}}) / \text{SD}_{\text{норматив}} \quad (4)$$

Ключевое значение для корректного определения Т-критерия имеет точное задание МПК и стандартного отклонения (standard deviation, SD) у молодых пациентов 20–30 лет согласно позициям Международного общества клинической денситометрии (International Society for Clinical Densitometry, ISCD) 2019 г. [14].

Анализ данных

Проводилось сравнение результатов МПК для трех регионов центральной денситометрии (ШБК, ПОБ, позвоночник) с популяционной базой данных NHANES III для ШБК и ПОБ и NHANES 2005–08 для позвоночника. Сравнение выполнено по возрастным диапазонам.

Нормативные значения МПК для ШБК и ПОБ у молодых пациентов, женщин 20–29 лет, получены из базы данных NHANES III [7] и впоследствии скорректированы в соответствии с алгоритмами пересчета для Lunar (формулы 1, 2). Данные о возрастном распределении МПК для позвоночника NHANES 2005–08 взяты из публикации [7].

Для выполнения статистического анализа осуществлено предварительное распределение данных МПК на возрастные интервалы (по 5 лет), а также проверка на нормальность в пределах воз-

Краткая характеристика базы данных пациентов с первичными ДРА-исследованиями из медицинских организаций ДЦ5 и ГП2

Table 1

Brief description of the database of patients with primary DXA studies from DC5 and GP2 medical organizations

Параметр / Parameter	ДЦ5 / DC5	ГП2 / GP2
Число пациентов, n / Number of patients, n	5781	2038
Возрастной диапазон, лет / Age range, years	20–93	20–91
Диапазон дат исследования / Range of research dates	24.04.2012–19.10.2020	26.01.2015–21.10.2020
Распределение по полу, n / Distribution by gender, n		
мужчины / males	448	101
женщины / females	5333	1937
Распределение по полу и возрасту, n (%) / Distribution by gender and age, n (%)		
мужчины до 50 лет / males under 50	93 (20,7)	21 (20,1)
мужчины после 50 лет / males after 50	355 (79,3)	80 (79,9)
женщины до 50 лет / females under 50	443 (8,3)	163 (8,4)
женщины после 50 лет / females after 50	4890 (91,7)	1774 (91,6)
Женщины с данными о менопаузе (средний возраст), n (лет) / Women with data on menopause (mean age), n (years)	315 (48,8)	1745 (48,8)

растных групп по критерию Колмогорова–Смирнова. Оценка достоверности различий полученных данных с нормативными значениями проводилась по критериям дисперсионного анализа, критерию Стьюдента для выборок с разными дисперсиями. Также после корректировки на популяционное распределение выполнена оценка распределения количества состояний остеопороз/остеопения/норма у пациентов. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Результаты

Характеристики выгруженных баз данных

Исходные данные включали 173471 запись в двух базах данных ДРА-сканеров, которые содержали информацию о 22 166 пациентах (1459 мужчин, 20 707 женщин). После применения критериев включения и исключения итоговая база данных содержала 5781 запись пациентов ДЦ5 и 2038 записей пациентов ГП2. Распределение включенных в исследование больных по полу и возрастным диапазонам представлено в таблице 1.

Сравнение возрастного распределения с нормативными данными

Выполнено сравнение значений для возрастных интервалов от 20 до 90 лет с нормативными данными. Полученные значения по ДЦ5 для трех анатомических областей (ШБК, ПОБ, позвоночника L1–4) в сравнении с нормативными значениями NHANES III и NHANES 2005–08 у женщин пред-

ставлены на рисунке 1. Полученные при анализе баз данных ДЦ5 и ГП2 показатели возрастного распределения МПК для ШБК и ПОБ у мужчин и женщин демонстрируют два состояния, которые можно разделить по возрастным интервалам от 20 до 50 лет и после 50 лет.

До 50 лет отмечаются достоверно сниженные значения МПК относительно соответствующих показателей в NHANES III для ШБК и ПОБ у мужчин и женщин. При этом среднее снижение МПК у мужчин составило: для ШБК –7,42% (–0,58 SD), для ПОБ –6,88% (–0,59 SD), для позвоночника –2,03% (–0,20 SD); у женщин: для ШБК –8,32% (–0,61 SD), для ПОБ –5,89% (–0,47 SD), для позвоночника –5,68% (–0,56 SD). Учитывая относительно низкий процент наблюдений в данных возрастных диапазонах (только 20,7% у мужчин и 8,7% у женщин), предположили, что исследования относятся к вторичному остеопорозу и были выполнены по строгим показаниям, т.е. не могут соответствовать популяционной кривой возрастного распределения МПК.

Для пациентов старше 50 лет, напротив, отмечены недостоверно сниженные показатели МПК у мужчин для ШБК и ПОБ, недостоверно отличные значения для ШБК у женщин и достоверно повышенные показатели для ПОБ у женщин (см. рис. 1). При этом среднее изменение МПК для данных возрастных интервалов у мужчин составило: для ШБК –1,34% (–0,09 SD), для ПОБ –0,17% (–0,02 SD), для позвоночника 0,02% (0,00 SD); у женщин: для ШБК 1,42% (0,07 SD), для ПОБ 5,99% (0,39 SD), для позвоночника –3,46%

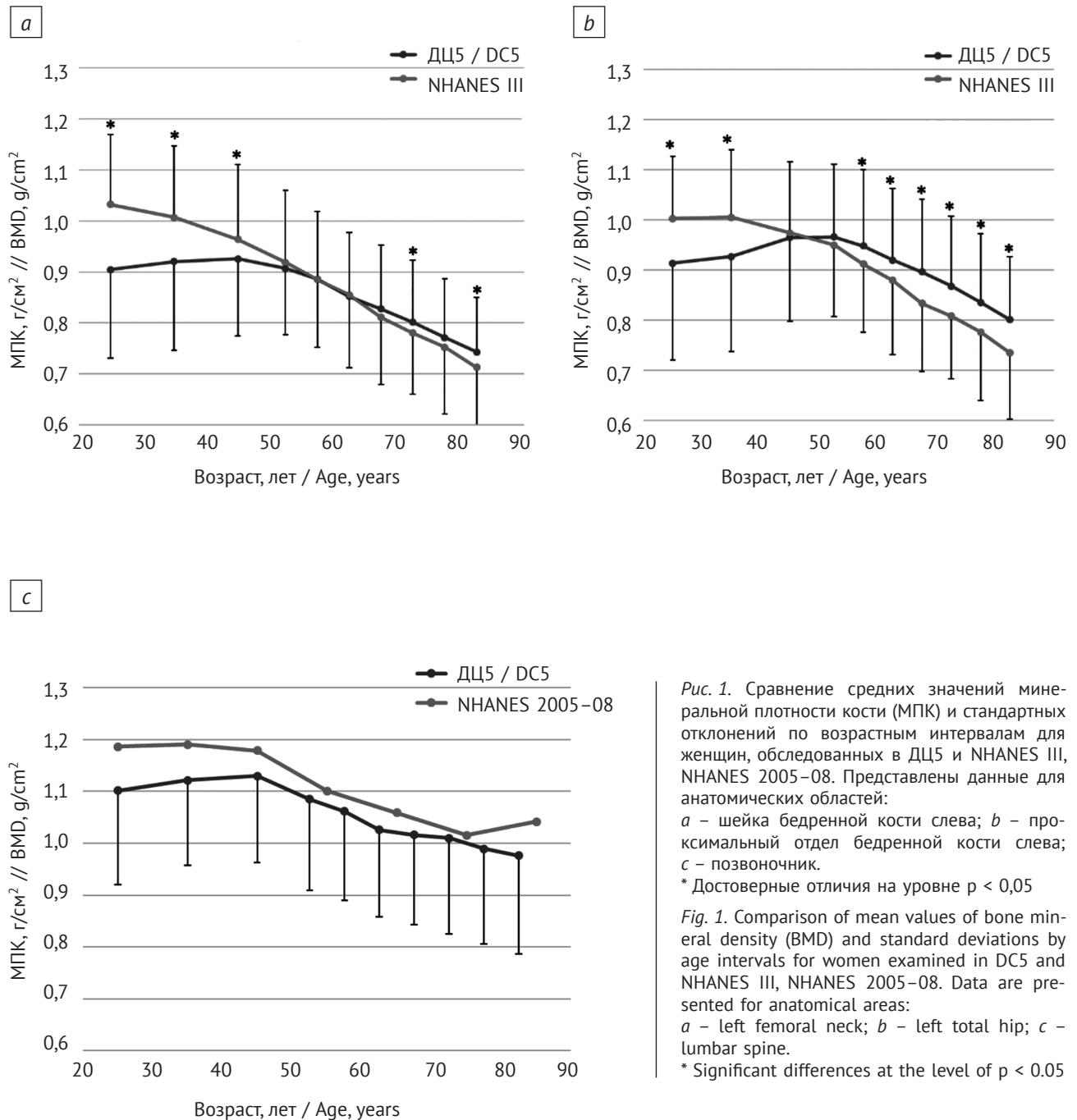


Рис. 1. Сравнение средних значений минеральной плотности кости (МПК) и стандартных отклонений по возрастным интервалам для женщин, обследованных в ДЦ5 и NHANES III, NHANES 2005-08. Представлены данные для анатомических областей:

a – шейка бедренной кости слева; *b* – проксимальный отдел бедренной кости слева; *c* – позвоночник.

* Достоверные отличия на уровне $p < 0,05$

Fig. 1. Comparison of mean values of bone mineral density (BMD) and standard deviations by age intervals for women examined in DC5 and NHANES III, NHANES 2005-08. Data are presented for anatomical areas:

a – left femoral neck; *b* – left total hip; *c* – lumbar spine.

* Significant differences at the level of $p < 0.05$

($-0,3$ SD). Наблюдалось снижение МПК для позвоночника у мужчин и женщин на всем протяжении данного возрастного интервала (старше 50 лет). Однако достоверность различий оценить не представлялось возможным ввиду отсутствия исходных данных NHANES 2005-08.

Можно предположить, что собранные независимо сходные результаты возрастного распределения МПК из ДЦ5 и ГП2, вероятно, являются устойчивой характеристикой женщин московской популяции. Для мужчин из ГП2 анализ возрастного распределения не проводили ввиду малого объема выборки.

В рассмотренной выборке (50 лет и старше) с учетом поправки на возрастное распределение рассчитано распределение пациентов по состояниям остеопороз/остеопения/норма (табл. 2). Распределение по возрастным интервалам не соответствовало популяционным данным, в связи с чем проведена его коррекция на относительный объем возрастных групп. Популяционное распределение пациентов получено из данных переписи населения 2010 г. с последующим уточнением в 2012 г. Анализ проводился по всем трем регионам центральной ДРА согласно позиции ISCD 2019 г. [15].

Распределение результатов выполненных исследований с определением состояний остеопороз/остеопения/норма для пациентов старше 50 лет по данным ДЦ5 и ГП2, %

Table 2

Distribution of the results of the performed studies with the determination of osteoporosis/osteopenia/norm conditions for patients aged over 50 years according to DC5 and GP2 data, %

Состояние / Condition	По результатам ДРА / BMD results			Скорректированные на популяционное распределение / Adjusted for population distribution			
	Мужчины / Males	Женщины / Females	Женщины / Females	Мужчины / Males	Женщины / Females	Женщины / Females	Женщины (среднее) / Females (mean)
	ДЦ5, ГП2 / DC5, GP2 (n = 355)	ДЦ5 / DC5 (n = 4890)	ГП2 / GP2 (n = 1974)	ДЦ5, ГП2 / DC5, GP2 (n = 355)	ДЦ5 / DC5 (n = 4890)	ГП2 / GP2 (n = 1974)	
Остеопороз / Osteoporosis	18,87	28,18	29,65	18,81	27,25	28,82	28,03
Остеопения / Osteopenia	47,04	51,92	54,00	48,19	51,17	53,50	52,33
Норма / Norm	34,08	19,90	16,35	33,00	21,58	17,68	19,64

Зависимость МПК для ШБК у женщин старше 50 лет хорошо согласуется с результатами, приведенными отечественными и зарубежными авторами (рис. 2). Для ШБК в сравнении с исследованиями, проведенными в Италии (DINS) и Канаде (CaMos), отмечается небольшое относительное снижение МПК, а в сравнении с данными из Испании и Кемеровской области России – лучшая согласованность [16–18]. Для позвоночника наблюдаются несколько более низкие показатели МПК по сравнению с данными Кемеровской области.

Обсуждение

Исследование возрастной зависимости МПК по данным ДРА продемонстрировало, что формы зависимости МПК от возраста хорошо соответствуют возрастным зависимостям NHANES III и NHANES 2005–08 в группах старше 50 лет.

Полученные значения распределения МПК несколько ниже, но в целом согласуются с данными, лежащими в основе определения Т-критерия (NHANES III, NHANES 2005–08) по рекомендациям Всемирной организации здравоохранения для позвоночника и ПОБ: 30,5% белых женщин имеют сниженную МПК (Т-критерий менее $-2,5$ SD) в трех регионах центральной денситометрии [16]. Эти показатели меньше представленных ранее в отечественном аналитическом обзоре, где приводятся данные о распространенности остеопороза в случайной популяционной выборке женщин и мужчин г. Москвы: 33,8% у женщин и 26,9% у мужчин старше 50 лет [10]. Данные приведены по результатам,

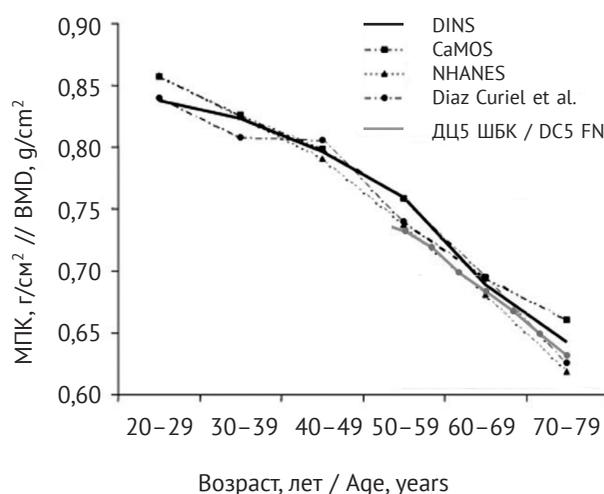


Рис. 2. Графическое сопоставление полученных значений МПК в ДЦ5 у женщин старше 50 лет с данными других источников. Для шейки бедренной кости (ШБК) сравнение с зарубежными данными по публикациям, для ДЦ5 данные пересчитаны на Hologic [16–18]

Fig. 2. Graphical comparison of BMD values obtained in DC5 in women aged over 50 years with data from other sources. For femoral neck (FN) comparison with foreign data from publications, for DC5 data are recalculated to Hologic [16–18]

опубликованным в руководстве по остеопорозу под ред. Л.И. Беневоленской (2003 г.) [5]. В нашем исследовании эти показатели составляют 28,03% у женщин и 18,81% у мужчин (данные, скорректированные на популяционное распределение). Доли остеопении составили 43,3% и 44,1% соответ-

ственно, в то время как в нашей работе продемонстрированы более высокие показатели: 52,33% и 48,19% [10]. Доли пациентов с нормальными показателями (22,9% у женщин и 26,3% у мужчин) в нашем исследовании составили 19,64% и 33,00% соответственно [16].

Полученные нами показатели распространенности остеопороза и остеопении несколько ниже представленных в публикации результатов тайского исследования для популяции женщин – 31,3% и 49,3% соответственно [8]. Число женщин старше 50 лет с остеопорозом для ШБК в нашем исследовании (12,3%) близко к данному показателю в исследовании NHANES III (11%), а также к результатам исследования DINS (Италия) с использованием локальных нормативов (10%) [16]. Высокий процент встречаемости остеопороза в этом анатомическом регионе отмечен в Индии (29%), что обусловлено особенностями нутритивного статуса и, как следствие, снижением МПК [9]. Показатели встречаемости остеопороза для позвоночника в нашем исследовании (22,3%) хорошо соответствуют нормативным данным, полученным для Италии в исследовании DINS с применением стандартов Hologic (22%), и несколько ниже при использовании локальных стандартов (16%) [16]. Следует отметить, что межпопуляционные показатели значительно различаются. Так, в исследовании смешанной американской популяции у белых неиспанцев состояние остеопороза позвоночника диагностируется в 10,4% наблюдений, неиспан-

цев-негров – в 5,1%, а мексиканцев – в 23,3% [15]. Наибольшая встречаемость состояний остеопороза для позвоночника отмечается в исследовании, проведенном в Индии (43%) [9].

В связи с непрерывным развитием инновационных технологий нами в дальнейшем рассматривается сопоставление полученных данных распределения МПК для позвоночника по данным ДРА с возрастным распределением МПК тел позвонков при компьютерной томографии органов грудной клетки по данным сервиса искусственного интеллекта [19].

Заключение

Возрастная зависимость МПК независимо от пола закономерно делится на два возрастных интервала. От 20 до 50 лет наблюдаются сниженные относительно нормативных показатели МПК, что, вероятно, соответствует состояниям вторичного остеопороза. У пациентов старше 50 лет отмечено хорошее соответствие полученных данных популяционным базам данных NHANES III и NHANES 2005–08, что демонстрирует сходные характеристики популяционного распределения МПК.

Для женщин старше 50 лет показано хорошее соответствие возрастного распределения МПК для ШБК данным NHANES III. Для всего ПОБ выявлено превышение полученных показателей МПК относительно нормативных значений NHANES III. Для МПК позвоночника получены сниженные значения относительно NHANES 2005–08.

Литература

1. Петрайкин А.В., Артюкова З.Р., Низовцова Л.А. и др. Анализ эффективности внедрения системы скрининга остеопороза. Менеджер здравоохранения. 2021; 2: 31–9. <http://doi.org/10.21045/1811-0185-2021-2-31-39>.
2. 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. <http://doi.org/10.1007/s11657-012-0082-3>.
3. Белая Ж.Е., Рожинская Л.Я., Гребенникова Т.А. и др. Краткое изложение проекта федеральных клинических рекомендаций по остеопорозу. Остеопороз и остеопатии. 2020; 23(2): 4–21. <http://doi.org/10.14341/osteo12710>.
4. Белая Ж.Е., Белова К.Ю., Бирюкова Е.В. и др. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза. Остеопороз и остеопатии. 2021; 24(2): 4–47. <https://doi.org/10.14341/osteo12930>.
5. Беневоленская Л.И. (ред.) Руководство по остеопорозу. М.: БИНОМ Лаборатория знаний; 2003: 523 с.
6. Binkley N, Kiebzak GM, Lewiecki EM, et al. Recalculation of the NHANES database SD improves T-score agreement and reduces osteoporosis prevalence. J Bone Miner Res. 2005; 20(2): 195–201. <http://doi.org/10.1359/JBMR.041115>.
7. NHANES III (1988–1994). URL: <https://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes3/default.aspx> (дата обращения 20.11.2022).
8. Namwongprom S, Ekmahachai M, Vilasdechanon N, et al. 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.
9. Shatrugna V, Kulkarni B, Kumar PA, et al. Bone status of Indian women from a low-income group and its relationship to the nutritional status. Osteoporos Int. 2005; 16(12): 1827–35. <http://doi.org/10.1007/s00198-005-1933-1>.
10. Лесняк О.М., Баранова И.А., Белова К.Ю. и др. Остеопороз в Российской Федерации: эпидемиология, медико-социальные и экономические аспекты проблемы (обзор литературы). Травматология и ортопедия России. 2018; 24(1): 155–68. <http://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-1-155-168>.
11. Петрайкин А.В., Смолярчук М.Я., Петрайкин Ф.А. и др. Оценка точности денситометрических исследований. Применение фантома РСК ФК2. Травматология и ортопедия России. 2019; 25(3): 124–34. <http://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-124-134>.
12. Wilson KE. Practical considerations when replacing a DXA system. URL: <https://hologiced.com/wp-content/uploads/2018/06/Wilson-KE-Practical-Considerations-When-Replacing-a-DXA-System.pdf> (дата обращения 20.11.2022).
13. Genant HK, Grampp S, Glüer CC, et al. Universal standardization for dual X-ray absorptiometry: patient and phantom cross-

- calibration results. *J Bone Miner Res.* 1994; 9(10): 1503–14. <http://doi.org/10.1002/jbmr.5650091002>.
14. The International Society for Clinical Densitometry. Indications for bone mineral density (BMD) testing. URL: <https://iscd.org/learn/official-positions/adult-positions/> (дата обращения 20.11.2022).
 15. Looker AC, Melton III LJ, Borrud LG, Shepherd JA. Lumbar spine bone mineral density in US adults: demographic patterns and relationship with femur neck skeletal status. *Osteoporos Int.* 2012; 23(4): 1351–60. <http://doi.org/10.1007/s00198-011-1693-z>.
 16. Pedrazzoni M, Girasole G, Bertoldo F, et al. Definition of a population-specific DXA reference standard in Italian women: the Densitometric Italian Normative Study (DINS). *Osteoporos Int.* 2003; 14(12): 978–82. <http://doi.org/10.1007/s00198-003-1521-1>.
 17. Tenenhouse A, Joseph L, Kreiger N, et al. Estimation of the prevalence of low bone density in Canadian women and men using a population-specific DXA reference standard: the Canadian Multicentre Osteoporosis Study (CaMos). *Osteoporos Int.* 2000; 11(10): 897–904. <http://doi.org/10.1007/s001980070050>.
 18. Curiel MD, Carrasco de la Peña JL, Perez JH, et al. Study of bone mineral density in lumbar spine and femoral neck in a Spanish population. *Osteoporos Int.* 1997; 7: 59–64. <https://doi.org/10.1007/BF01623462>.
 19. Шелепа А.А., Петрайкин А.В., Артюкова З.Р. и др. Применение алгоритма искусственного интеллекта для определения минеральной плотности кости: популяционные данные. *Digital Diagnostics.* 2022; 3(S1): 23–4. <http://doi.org/10.17816/DD105714>.

References

1. Petraikin AV, Artyukova ZR., Nisovtsova LA, et al. Analysis of the effectiveness of implementing screening of osteoporosis. *Manager zdravoohraneniya.* 2021; 2: 31–9 (in Russ.). <http://doi.org/10.21045/1811-0185-2021-2-31-39>.
2. 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. <http://doi.org/10.1007/s11657-012-0082-3>.
3. Belaya ZE, Rozhinskaya LY, Grebennikova TA, et al. Summary of the draft federal clinical guidelines for osteoporosis. *Osteoporosis and Bone Diseases.* 2020; 23(2): 4–21 (in Russ.). <http://doi.org/10.14341/osteo12710>.
4. Belaya ZE, Belova KYu, Biryukova EV, et al. Federal clinical guidelines for diagnosis, treatment and prevention of osteoporosis. *Osteoporosis and Bone Diseases.* 2021; 24(2): 4–47 (in Russ.). <https://doi.org/10.14341/osteo12930>.
5. Benevolenskaya LI (Ed.) Guide to osteoporosis. Moscow: BINOM Laboratoriya znaniy; 2003: 523 pp. (in Russ.).
6. Binkley N, Kiebzak GM, Lewiecki EM, et al. Recalculation of the NHANES database SD improves T-score agreement and reduces osteoporosis prevalence. *J Bone Miner Res.* 2005; 20(2): 195–201. <http://doi.org/10.1359/JBMR.041115>.
7. NHANES III (1988–1994). Available at: <https://wwwn.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes3/default.aspx> (accessed November 20, 2022).
8. Namwongprom S, Ekmahachai M, Vilasdechanon N, et al. 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.
9. Shatrugna V, Kulkarni B, Kumar PA, et al. Bone status of Indian women from a low-income group and its relationship to the nutritional status. *Osteoporos Int.* 2005; 16(12): 1827–35. <http://doi.org/10.1007/s00198-005-1933-1>.
10. Lesnyak OM, Baranova IA, Belova KY, et al. Osteoporosis in Russian Federation: epidemiology, socio-medical and economical aspects (review). *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2018; 24(1): 155–68 (in Russ.). <http://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-1-155-168>.
11. Petraikin AV, Smoliarchuk MJ, Petryaykin FA, et al. Assessment of the accuracy of densitometry measurements using DMa PP2 phantom. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2019; 25(3): 124–34 (in Russ.). <http://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-124-134>.
12. Wilson KE. Practical considerations when replacing a DXA system. Available at: <https://hologic.com/wp-content/uploads/2018/06/Wilson-KE-Practical-Considerations-When-Replacing-a-DXA-System.pdf> (accessed November 20, 2022).
13. Genant HK, Grampp S, Glüer CC, et al. Universal standardization for dual X-ray absorptiometry: patient and phantom cross-calibration results. *J Bone Miner Res.* 1994; 9(10): 1503–14. <http://doi.org/10.1002/jbmr.5650091002>.
14. The International Society for Clinical Densitometry. Indications for bone mineral density (BMD) testing. Available at: <https://iscd.org/learn/official-positions/adult-positions/> (accessed November 20, 2022).
15. Looker AC, Melton III LJ, Borrud LG, Shepherd JA. Lumbar spine bone mineral density in US adults: demographic patterns and relationship with femur neck skeletal status. *Osteoporos Int.* 2012; 23(4): 1351–60. <http://doi.org/10.1007/s00198-011-1693-z>.
16. Pedrazzoni M, Girasole G, Bertoldo F, et al. Definition of a population-specific DXA reference standard in Italian women: the Densitometric Italian Normative Study (DINS). *Osteoporos Int.* 2003; 14(12): 978–82. <http://doi.org/10.1007/s00198-003-1521-1>.
17. Tenenhouse A, Joseph L, Kreiger N, et al. Estimation of the prevalence of low bone density in Canadian women and men using a population-specific DXA reference standard: the Canadian Multicentre Osteoporosis Study (CaMos). *Osteoporos Int.* 2000; 11(10): 897–904. <http://doi.org/10.1007/s001980070050>.
18. Curiel MD, Carrasco de la Peña JL, Perez JH, et al. Study of bone mineral density in lumbar spine and femoral neck in a Spanish population. *Osteoporos Int.* 1997; 7: 59–64. <https://doi.org/10.1007/BF01623462>.
19. Shelepa AA, Petraikin AV, Artyukova ZR, et al. Artificial intelligence for bone mineral density assessment general population data. *Digital Diagnostics.* 2022; 3(S1): 23–4 (in Russ.). <http://doi.org/10.17816/DD105714>.