

Раздел III

**МЕДИЦИНСКАЯ БИОФИЗИКА
И РАЗРАБОТКА ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ**

УДК: 616-073.759

DOI: 10.12737/9082

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТАНДАРТИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
РЕНТГЕНОВСКОЙ ДЕНСИТОМЕТРИИ**

И.С. ЗАХАРОВ

*ГБОУ ВПО Кемеровская государственная медицинская академия Минздрава России,
ул. Ворошилова, д. 22а, Кемерово, Россия, 650029*

Аннотация. В настоящее время в диагностике остеопороза доминируют лучевые методы, ведущее место среди которых занимает двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, основанная на определении минеральной плотности кости. В работе представлено описание компьютеризированной системы «Standart LS» (Россия), позволяющей стандартизировать показатели минеральной плотности кости в зависимости от типа денситометрического оборудования и оценивать результаты рентгеновской денситометрии с учётом региональных особенностей. Разработанная программа и популяционная база данных показателей минеральной плотности кости, заложенная в неё, явились следствием проведенного ретроспективного анализа результатов двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии 1504 женщин Кемеровской области. Остеоденситометрия осуществлялась костным денситометром Lunar-DPX-NT (GE Healthcare, Великобритания). Изучалась минеральная плотность кости первого-четвёртого поясничных позвонков, после чего, проводилась стандартизация показателей для других денситометрических систем (Hologic, Norland). Алгоритм компьютерной программы включает три этапа: введение показателей минеральной плотности кости, стандартизация и обработка в зависимости от типа денситометра и возраста обследуемой. После обработки введенных данных, на «выходе» выдаются значения Z-критериев согласно рекомендациям Международного общества клинической денситометрии. Разработанная компьютеризированная система будет способствовать более точной оценке минеральной плотности кости женщин, учитывая региональные особенности.

Ключевые слова: минеральная плотность кости, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, компьютеризированная система стандартизации и анализа.

**THE USE OF COMPUTER TECHNOLOGY IN STANDARDIZATION OF THE PARAMETERS OF X-RAY
DENSITOMETRY**

I.S. ZAKHAROV

Kemerovo State Medical Academy, Voroshilov Str., 22a, 650029, Kemerovo, Russian Federation, 650029

Abstract. Currently, the radiation techniques are dominant in the diagnosis of osteoporosis, among them the dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is the leading. This method is based on the determination of bone mineral density. The article describes a computerized system Standart LS (Russia), which standardizes the parameters of bone mineral density, depending on the type of densitometry equipment and evaluates the results of X-ray densitometry taking into account a regional perspective. The developed program and population database of parameters of bone mineral density were the results of retrospective analysis of the dual-energy X-ray absorptiometry in 1504 women living in Kemerovo region. The dual-energy X-ray absorptiometry was performed with a bone densitometer Lunar-DPX-NT (GE Healthcare, UK). Initially, the bone mineral density of the first-fourth lumbar vertebrae was studied; then, the standardization of other parameters of densitometric systems was carried out (Hologic, Norland). The algorithm of the computer program consists of three phases: the introduction of parameters of bone mineral density, the standardization and the processing according to a type of densitometer and an age of a subject. After data processing, the values of Z-criteria are given out according to the recommendations of the International Society for Clinical Densitometry. The developed computerized system will contribute to a more accurate assessment of bone mineral density in the women, taking into account regional differences.

Key words: bone mineral density, dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), computerized system of standardization and analysis.

Распространённость остеопороза во всём мире имеет высокие показатели, при этом, у женщин потеря костной массы развивается интенсивнее, чем у мужчин [4,7]. В настоящее время диагностика остеопороза основана на определении минеральной плотности кости (МПК) лучевыми методами [1,5]. Низкие показатели МПК ассоциированы с высоким риском возникновения переломов. Наибольшее распространение получила двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (*dual-energy X-ray absorptiometry* – DXA). Метод DXA определяет двухмерную минеральную плотность костной ткани, после чего, полученные результаты пациента сравниваются с референтной базой, заложенной в денситометрическую систему фирмой-производителем. Нередко представленная референтная база отличается от популяционных показателей конкретного региона, что в итоге снижает точность диагностики.

Эксперты Международного общества по клинической денситометрии (The International Society for Clinical Densitometry, ISCD) предложили проводить оценку минеральной плотности костной ткани путём расчёта Z-критерия и T-критерия (2013 г.) [6,10]. У женщин до 50-ти летнего возраста применяется Z-критерий, отражающий количество стандартных отклонений (SD) от среднего показателя минеральной плотности кости для лиц аналогичного возраста. Если Z-критерий находится выше – 2 SD считается, что минеральная плотность кости соответствует возрастной норме.

У женщин с 50-ти лет и старше используется T-критерий – количество SD от среднего показателя пика костной массы молодых людей.

На основании рекомендаций ISCD для расчёта T-критерия необходимо использовать значения базы данных, сформированной по результатам Национального обзорного исследования по здоровью и питанию (США) – NHANES III [9]. В то же время, для расчёта Z-критерия необходимо применять референтную базу, разработанную для конкретной популяции. Однако, во многих регионах России отсутствуют популяционные стандарты, что естественно отражается на получаемых результатах. Кроме этого, при проведении остеоденситометрии существуют различия в абсолютных показателях минеральной плотности кости в зависимости от денситометрической системы.

В современных условиях проведение полноценной диагностики и оценки минеральной плотности кости возможно лишь путём использования современных компьютерных технологий.

Цель исследования – разработка компьютерной программы, позволяющей стандартизировать и оценивать показатели рентгеновской денситометрии с учётом региональных особенностей.

Материалы и методы исследования. Разработке компьютерной программы предшествовало фор-

мирование базы данных популяционных показателей минеральной плотности кости для женщин Кемеровской области. Был проведён ретроспективный анализ 1504 результатов двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии. В исследование были включены женщины европеоидной расы, проживающие в Кузбассе не менее 10 лет, давшие своё согласие на проведение костной денситометрии и обработку персональных данных. Исключались из исследования лица, имеющие патологию, приводящую к формированию вторичного остеопороза, принимающие лекарственные препараты, способствующие развитию остеопоротических изменений, а так же женщины, использующие гормональную контрацепцию и заместительную гормональную терапию.

Исследование МПК проводилось костным денситометром Lunar-DPX-NT (GE Healthcare, Великобритания). Определялась МПК I-IV поясничных позвонков. В позвонках преобладающей является трабекулярная кость, которая в первую очередь подвергается остеопорозу. В связи с этим, изучение минеральной плотности кости поясничного отдела позвоночника позволяет выявлять потерю костной массы ещё на ранних этапах.

По возрасту женщины были распределены следующим образом: 16-19 лет (n=74), 20-29 лет (n=178), 30-39 лет (n=244), 40-49 лет (n=301), 50-59 лет (n=275), 60-69 лет (n=207), 70-79 лет (n=123), 80 лет и старше (n=102).

Проверка нормальности распределений эмпирических показателей проводилась методом Колмогорова-Смирнова с уровнем значимости равным 0,05 (p=0,05). Для расчёта средних значений (M) минеральной плотности кости и SD использовались методы описательной статистики.

Формирование базы данных популяционных показателей минеральной плотности кости осуществлялось в согласии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Исследование одобрено этическим комитетом ГБОУ ВПО КемГМА Минздрава России.

Особенностью двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии является различие в получаемых абсолютных показателях минеральной плотности кости в зависимости от денситометрической системы. На практике наибольшее распространение получили денситометры Lunar (Великобритания), Hologic (США), Norland (США). Учитывая указанную разницу результатов, в проведённом исследовании для создания базы данных осуществлялась стандартизация показателей минеральной плотности кости с использованием нижеприведённых формул [8,11]:

Стандартизированная МПК (Lunar)=0,9683×(МПК_{Lunar}-1,100)+1,0436
 Стандартизированная МПК (Hologic)=1,0550×(МПК_{Hologic}-0,972)+1,0436
 Стандартизированная МПК (Norland)=0,9743×(МПК_{Norland}-0,969)+1,0436.

Результаты и их обсуждение. На основании проведённого исследования были разработаны стандарты и оценочные таблицы. Стандарты формировались по возрастным группам на основании рассчитанных значений средних показателей минеральной плотности кости и стандартных отклонений [3].

В возрастной группе 16-19 лет средние значения МПК соответствовали 1,126 г/см² (стандартное отклонение, SD – 0,166). К 20-29 годам МПК достигает пиковых значений, составляя 1,177 г/см² (SD – 0,177). Затем показатели МПК начинают снижаться: в группе 30-39 лет – 1,174 г/см² (SD – 0,176), в группе 40-49 лет – 1,144 г/см² (SD – 0,180). После 50-летнего возраста отмечается выраженное снижение костной массы, что связано с наступлением менопаузы. Средние значения МПК в возрастной группе 50-59 лет соответствуют 1,083 г/см² (SD – 0,185), в группе 60-69 лет – 1,040 г/см² (SD – 0,184), в группе 70-79 лет – 0,989 г/см² (SD – 0,186) и после 80-летнего возраста – 0,980 г/см² (SD – 0,187).

Для оценки МПК и расчёта Z-критериев для поясничного отдела позвоночника у женщин с учётом региональных особенностей был создан алгоритм, включающий последовательность нескольких этапов.

Первый этап: на «входе» системы происходит определение абсолютных показателей минеральной плотности кости методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии одной из денситометрических систем (Lunar, Hologic, Norland).

Второй этап: в процессе обработки информации используются стандарты и оценочные таблицы или компьютерная программа для оценки полученных абсолютных значений МПК. Обработка введённых показателей осуществляется в зависимости от денситометрической системы и возраста женщины.

Третий этап: на «выходе» получают значения Z-критериев, на основании которых, делается заключение о соответствии минеральной плотности кости одному из вариантов: показатели МПК «в пределах ожидания для соответствующего возраста» или показатели МПК «ниже ожидаемого для соответствующего возраста».

Разработанный алгоритм лёг в основу прикладной компьютерной программы «Standart LS» (Россия) (рис. 1), позволяющей стандартизировать и оценивать показатели минеральной плотности кости в зависимости от используемого денситометра. Выходными данными программы «Standart LS» являются значения Z-критериев, учитывающие региональные особенности.

Компьютерная программа написана на языке C++, предназначена для операционных систем Windows Microsoft 9x/NT/2000/Vista. Объём программы составляет 8,06 Мб.



Рис. 1. Внешний вид программы «Standart LS»

Алгоритм программы также состоит из трёх этапов: «на входе» вводится фамилия, имя, отчество, возраст обследуемой, затем – тип денситометрической системы (Lunar, Hologic, Norland), которой проводилось сканирование и абсолютные показатели минеральной плотности кости для различных областей исследования: поясничные позвонки (L₁, L₂, L₃, L₄, L₁-L₄, L₂-L₄). После компьютерной обработки, «на выходе» выводятся показатели Z-критериев для каждой области исследования. Дается заключение согласно рекомендациям Международного общества клинической денситометрии (рис. 2).

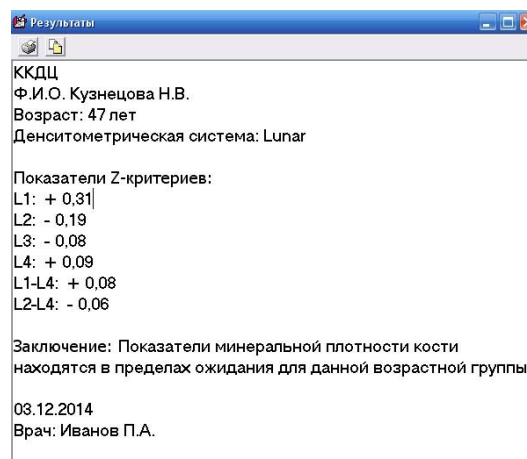


Рис. 2. Результаты обработки показателей МПК, проведённой программой «Standart LS»

Представленная компьютерная программа получила государственную регистрацию [2].

Выводы:

1. Сформированная популяционная база данных показателей минеральной плотности кости для женщин Кемеровской области позволит проводить оценку результатов двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии с учётом региональных особенностей.

2. Разработанная компьютерная программа «Standart LS» будет способствовать повышению качества диагностики потери костной массы у женщин путём стандартизации и расчёта Z-критериев на основании имеющихся популяционных показателей.

Литература

1. Беляева Е.А., Хадарцев А.А. Восстановительная терапия осложненного постменопаузального остеопороза: Монография. – Тула: Из-во «Гриф и К», 2010. 248 с.

2. Захаров И.С., Колпинский Г.И., Иванов В.И. Стандартизация показателей минеральной плотности кости поясничных позвонков (Standart LS). Номер свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ: 2014662120. Дата регистрации 24.11.2014.

3. Захаров И. С., Колпинский Г. И., Ушакова Г. А. Референтные показатели двухмерной минеральной плотности кости поясничных позвонков для жительниц Кузбасса // Политравма. 2014. № 3. С. 63–68.

4. Лесняк О.М. Аудит состояния проблемы остеопороза в Российской Федерации // Профилактическая медицина. 2011. №2. С. 7–10.

5. Остеопороз: диагностика, профилактика и лечение. / Под ред. О.М. Лесняк, Л.И. Беневоленской. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 272 с.

6. Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry and Executive Summary of the 2007 ISCD Position Development Conference / Baim S., Binkley N., Bilezikian J. P., [et al.] // Journal of Clinical Densitometry: Assessment of Skeletal Health. 2008. Vol. 11. №1. P. 75–91.

7. Hernlund E., Svedbom A., Ivergard M., Compston J., Cooper C., Stenmark J., McCloskey E. V., Jonsson B., Kanis J. A. Osteoporosis in the European Union: Medical Management, Epidemiology and Economic Burden. A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11657-013-0136-1/fulltext.html> (accessed 11 March 2013).

8. Universal standardization of bone density measurements: a method with optimal properties for calibration among several instruments / Hui S.L., Gao S., Zhou X.H. [et al.] // J Bone Miner Res. 1997. 12. P. 1463–1470.

9. Lumbar spine and proximal femur bone mineral density, bone mineral content, and bone area: United States, 2005–2008. Data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Washington, DC, DHHS Publication No (PHS) 2012–1601. Series 11. No 251. 141 p.

10. These are the Official Positions of the ISCD as updated in 2013. Available at: <http://www.iscd.org/official-positions/2013-iscd-official-positions-adult> (accessed April 24, 2014).

11. Reference values of bone mineral density and prevalence of osteoporosis in Chinese adults / Zhang Z-Q., Ho S.C., Chen Z-Q. [et. al.] // Osteoporos Int. 2014. Vol. 25. N2. P. 497–507.

References

1. Belyaeva EA, Khadartsev AA. Vosstanovitel'naya terapiya oslozhnennogo postmenopauzal'nogo osteoporoza: Monografiya. Tula: Iz-vo «Grif i K»; 2010. Russian.

2. Zakharov IS, Kolpinskiy GI, Ivanov VI. Standartizatsiya pokazateley mineral'noy plotnosti kosti poyasnichnykh pozvonkov (Standart LS). Nomer svдетель'stva o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM: 2014662120. Data registratsiya 24.11.2014. Russian.

3. Zakharov IS, Kolpinskiy GI, Ushakova GA. Referentnye pokazateli dvukhmernoy mineral'noy plotnosti kosti poyasnichnykh pozvonkov dlya zhitel'nits Kuzbassa. Politravma. 2014;3:63-8. Russian.

4. Lesnyak OM. Audit sostoyaniya problemy osteoporoza v Rossiyskoy Federatsii. Profilakticheskaya meditsina. 2011;2:7-10. Russian.

5. Osteoporoz: diagnostika, profilaktika i lechenie. Pod red. O.M. Lesnyak, L.I. Benevolenskoj. 2-e izd., pererab. i dop. Mosocw: GEOTAR-Media; 2009. Russian.

6. Baim S, Binkley N, Bilezikian JP, et al. Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry and Executive Summary of the 2007 ISCD Position Development Conference. Journal of Clinical Densitometry: Assessment of Skeletal Health. 2008;11(1):75-91.

7. Hernlund E, Svedbom A, Ivergard M, Compston J, Cooper C, Stenmark J, McCloskey EV, Jonsson B, Kanis JA. Osteoporosis in the European Union: Medical Management, Epidemiology and Economic Burden. A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11657-013-0136-1/fulltext.html> (accessed 11 March 2013).

8. Hui SL, Gao S, Zhou XH, et al. Universal standardization of bone density measurements: a method with optimal properties for calibration among several instruments. J Bone Miner Res. 1997;12:1463-70.

9. Lumbar spine and proximal femur bone mineral density, bone mineral content, and bone area: United States, 2005–2008. Data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Washington, DC, DHHS Publication No (PHS) 2012–1601. Series 11. No 251. 141 p.

10. These are the Official Positions of the ISCD as updated in 2013. Available at: <http://www.iscd.org/official-positions/2013-iscd-official-positions-adult> (accessed April 24, 2014).

11. Zhang Z-Q, Ho SC, Chen Z-Q, et al. Reference values of bone mineral density and prevalence of osteoporosis in Chinese adults. Osteoporos Int. 2014;25(2):497-507.