

# АБСОРБЦИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ У ЖЕНЩИН РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

А.А. ВОЛКОВ, Н.Н. БЕЛОСЕЛЬСКИЙ, Ю.Н. ПРИБЫТКОВ

ГБОУ ВПО «Ярославский государственный медицинский университет» МЗ РФ (ректор профессор А.В. Павлов)

*С целью изучения особенностей количественного и качественного состояния минеральной плотности кости были изучены результаты количественной рентгеновской компьютерной томографии 127 женщин различного возраста без клинических признаков остеопороза. Для оценки полученных данных по данным количественной компьютерной томографии был использован ряд предложенных дополнительных количественных и качественных показателей оценки состояния костной ткани.*

*Получены сведения о величине и соотношении костной массы в кортикальной и губчатой ткани поясничных позвонков с учетом плотностного диапазона, характеризующего как максимально, так и минимально минерализованные их участки, которые отображают не только количественное, но и качественное состояние кости.*

*Полученные данные будут использованы в дальнейшем для оценки изменений качества кости при остеопении и остеопорозе.*

**Ключевые слова:** остеопороз, остеопения, МПК, качество костной ткани, количественная компьютерная томография, QCT.



## ВВЕДЕНИЕ

Снижение минеральной плотности кости (МПК) при остеопении и остеопорозе, как известно, сопровождается определенными изменениями качественного состояния костной ткани, значительно влияющими на ее прочность [1]. И если определение костной массы давно стало доступным и хорошо известным методом выявления остеопороза, то исследование качественного состояния кости (состояние органического матрикса, костной микроархитектоники и ее микрповреждений) продолжает оставаться недостаточным [2, 3, 4].

Вместе с тем, абсорбциометрическое исследование в виде количественной рентгеновской компьютерной томографии (КРКТ) за счет некоторых своих особенностей позволяет оценить определенные характеристики качественного состояния костной ткани. Это значение КРКТ, по нашему мнению, остается недооцененным.

К этим параметрам можно отнести данные о соотношении минеральной плотности губчатой и кортикальной костной ткани, характеризующие костную микроархитектонику, а также величину плотностного интервала, как кортикальной, так и губчатой кости, связанного с состоянием минерализованной части кости и органического матрикса.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение особенностей состояния МПК по данным количественной рентгеновской компьютерной томографии у женщин различного возраста.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения поставленных задач по общепринятой методике была выполнена КРКТ 127 женщинам различного возраста, от 37 до 85 лет, (средний возраст  $62,8 \pm 2,34$  года), обследованным по поводу заболеваний, не сопровождающихся снижением МПК, с определением костной массы в кортикальной и губчатой ткани тел второго, тре-

тьего и четвертого поясничных позвонков. Исследования выполнялись в соответствии с медицинскими этическими нормами на компьютерном томографе Somatom фирмы «Дженерал Электрик».

При анализе результатов абсорбциометрии учитывался ряд параметров, характеризующих количественные и качественные особенности состояния МПК. В целом их можно разделить на несколько групп. Первая группа показателей характеризует состояние губчатой костной ткани.

1. Средняя МПК губчатой ткани тел трех поясничных позвонков в  $\text{мг/мм}^3$  (СПГ). Показатель дает представление об общем состоянии плотности губчатой костной ткани центральных отделов исследуемых позвонков  $L_{2-3-4}$  с учетом плотностного влияния всех структур кости, находящихся в зоне измерения.

2. Среднее стандартное отклонение плотности губчатой ткани тел позвонков (СОПГ) в  $\text{мг/мм}^3$ . СОПГ характеризует средний диапазон плотности губчатой ткани в зоне измерения. Этот показатель дает представление о различии плотности тех участков трабекулярной кости, где степень минерализации наивысшая, и тех ее отделов, где плотность наименьшая. Учитывая, что диагностическое значение величины этого диапазона при разном уровне МПК будет разным, есть смысл выразить этот показатель также в виде как максимального значения костной массы (СПГ $\text{max}$ ) в  $\text{мг/мм}^3$ , так и минимальной ее величины (СПГ $\text{min}$ ) в  $\text{мг/мм}^3$ . С определенной долей условности можно считать, что СПГ $\text{max}$  в основном связана с плотностью наиболее минерализованных элементов губчатой кости, то есть преимущественно «костных балок», а СПГ $\text{min}$  характеризует плотностные особенности наименее минерализованных структур костной ткани — органической части межклеточного вещества — «органического матрикса». Выделяя эти показатели, мы отдавали себе отчет как об условности этих понятий, так и об объективности полученных количественных данных, на которых они основаны. Вместе с тем, величина этого диапазона (различие между СПГ $\text{max}$  и СПГ $\text{min}$ ) может

характеризовать степень минерализации костных балок. Сохранение его на нормальном уровне свойственно не только для нормы, но и для остеопении и остеопороза, поскольку при них преципитация неорганической части костной ткани, как известно, происходит в полном объеме. В то же время для остеомалиции будет характерно уменьшение различий из-за нарушений ремоделирования с недостаточной преципитацией неорганических костных структур. При достоверном увеличении плотностного диапазона, по нашему мнению, есть основание говорить о развитии остеосклероза, как в губчатой структуре тела позвонка, так и в кортикальных, субхондральных его отделах.

Вторая группа исследованных параметров состояния костной ткани представляет аналогичные сведения о кортикальной кости.

3. Средняя минеральная плотность кортикальной ткани (СПК) тел трех поясничных позвонков  $\text{мг/мм}^3$ . Показатель дает представление об общем состоянии костной массы периферических, кортикальных отделов исследуемых позвонков  $L_{2-3-4}$ .

4. Среднее стандартное отклонение плотности кортикальной ткани в зоне измерения (СОПК) в  $\text{мг/мм}^3$ . СОПК характеризует средний диапазон плотности кортикальной кости позвонка в области исследования и, также как и для губчатой ткани, может быть представлено в виде СПКmax и СПКmin.

Третья группа показателей имеет сравнительный характер за счет сопоставления представленных выше параметров, характеризующих состояние губчатой и кортикальной кости.

5. Различие средней минеральной плотности кортикальной и губчатой костной ткани в  $\text{мг/мм}^3$  — среднее кортикально-губчатое различие (СКГР). Показатель дает представление о различии костной массы кортикальных и губчатых отделов тел позвонков. С учетом известных данных эта характеристика может отражать особенности снижения минеральной плотности кости при начальных проявлениях первичного или при некоторых формах вторичного остеопороза, учитывая, что изменения губчатой кости обычно возникают раньше и выражены больше, чем преобразования кортикала [5].

6. Это же значение, но более приемлемое для сравнительного анализа, имеет средний кортикально-губчатый индекс (СКГИ) — отношение костной массы кортикальной и губчатой кости. Показатель позволяет оценить важный параметр качества кости — соотношение минеральной плотности компактной и трабекулярной ткани трех поясничных позвонков как в целом, так и в отдельности для каждого из тел.

Четвертая группа параметров имеет интегральное значение за счет сопоставления выявленной костной массы со средней ее величиной, соответствующей норме.

7. Состояние МПК по Т-критерию (Т) характеризует МПК по отношению к известной максимальной минеральной плотности с учетом пола. Измеряется в стандартных отклонениях (SD).

8. Состояние МПК по Z-критерию (Z) характеризует МПК по отношению к нормальной минеральной плотности с учетом возраста и пола. Измеряется в стандартных отклонениях (SD).

Таким образом, использованный комплекс показателей, полученных на основе стандартных результатов

КРКТ, позволит характеризовать не только количественные, но и некоторые качественные показатели состояния МПК.

Статистические данные обрабатывались с помощью программного комплекса Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 приведены общие средние результаты абсорбциометрического исследования 127 обследованных пациенток в целом и средние данные для каждого из исследуемых позвонков в отдельности.

Как следует из представленных материалов, средняя суммарная минеральная плотность губчатой кости (СПГ) составила  $101,5 \text{ мг/мм}^3$ , что в целом соответствует среднему возрасту обследованных. Диапазон плотности в структуре губчатой части исследованных позвонков (СОПГ) составил  $\pm 48,7 \text{ мг/мм}^3$ . Иными словами, в составе центральных отделов позвонка, в зоне измерения костной массы губчатой ткани находились структуры,

Таблица 1

Общие абсорбциометрические данные для тел поясничных позвонков ( $M \pm m$ )

|                             | Средние Данные   | L <sub>1</sub>   | L <sub>2</sub>    | L <sub>3</sub>    |
|-----------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| СПГ ( $\text{мг/мм}^3$ )    | 101,5 $\pm$ 3,22 | 110,1 $\pm$ 3,15 | 101,5 $\pm$ 2,95* | 89,3 $\pm$ 2,95*  |
| СОПГ ( $\text{мг/мм}^3$ )   | 48,7 $\pm$ 1,34  | 49,6 $\pm$ 1,23  | 48,0 $\pm$ 1,23   | 47,6 $\pm$ 1,13   |
| СПГmax( $\text{мг/мм}^3$ )  | 150,2 $\pm$ 1,33 | 159,7 $\pm$ 1,84 | 149,5 $\pm$ 1,93* | 136,9 $\pm$ 1,93* |
| СПГmin ( $\text{мг/мм}^3$ ) | 52,8 $\pm$ 1,32  | 60,5 $\pm$ 1,64  | 53,5 $\pm$ 1,64*  | 41,7 $\pm$ 1,64*  |
| СПК ( $\text{мг/мм}^3$ )    | 277,3 $\pm$ 3,23 | 261,0 $\pm$ 2,14 | 281,2 $\pm$ 2,23* | 260,6 $\pm$ 2,13* |
| СОПК ( $\text{мг/мм}^3$ )   | 113,4 $\pm$ 1,15 | 97,9 $\pm$ 0,94  | 110,8 $\pm$ 0,82* | 123,3 $\pm$ 0,84* |
| СПКmax( $\text{мг/мм}^3$ )  | 390,7 $\pm$ 1,23 | 358,9 $\pm$ 1,64 | 392,0 $\pm$ 1,73* | 383,9 $\pm$ 1,60* |
| СПКmin ( $\text{мг/мм}^3$ ) | 163,9 $\pm$ 1,22 | 163,1 $\pm$ 1,63 | 170,4 $\pm$ 1,65* | 137,3 $\pm$ 1,60* |
| СКГР ( $\text{мг/мм}^3$ )   | 168,5 $\pm$ 1,13 | 150,9 $\pm$ 1,13 | 179,7 $\pm$ 0,94* | 171,3 $\pm$ 0,94* |
| СКГИ                        | 3,41 $\pm$ 0,13  | 2,89 $\pm$ 0,24  | 3,31 $\pm$ 0,13*  | 3,27 $\pm$ 0,13   |
| T-индекс                    | -1,36 $\pm$ 0,10 | -                | -                 | -                 |
| Z-индекс                    | -0,61 $\pm$ 0,10 | -                | -                 | -                 |

\* $p < 0,05$

M — выборочное среднее, m — ошибка среднего, p — уровень значимости, \* — статистически достоверное различие

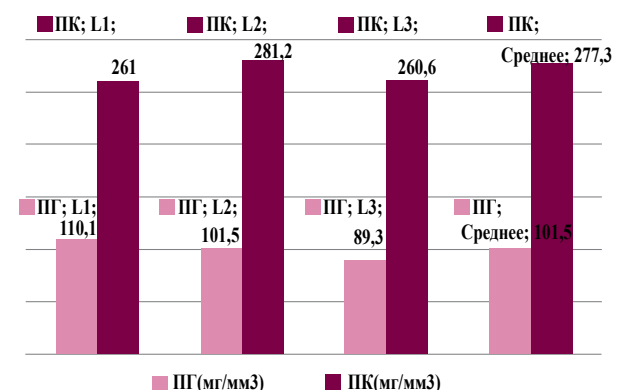


Рис. 1. Соотношение минеральной плотности кортикальной (ПК) и губчатой (ПГ) кости тел поясничных позвонков в среднем и для трех поясничных позвонков в отдельности ( $\text{мг/мм}^3$ )

плотность которых была почти на 50% больше или меньше, чем среднее значение. Максимальная плотность губчатой костной ткани (СПГmax), таким образом, в среднем составила 150,2 мг/мм<sup>3</sup>, а минимальное ее значение (СПГmin) было 52,8 мг/мм<sup>3</sup>. Плотность «органического матрикса» губчатой кости была в три раза меньше, чем плотность неорганической, минерализованной части кости, что в целом соответствует некоторым известным данным [6].

Из приведенных сведений следует также, что плотность губчатой ткани, как СПГ, так и СПГmax была наибольшей в первом поясничном позвонке, а наименьшей в третьем. Обращает на себя внимание также и то, что, несмотря на эти отличия, диапазон отклонений плотности во всех позвонках был практически одинаковым, что свидетельствует о равномерности степени минерализации.

Средняя суммарная плотность кортикальной кости (СПК) составила 277,3 мг/мм<sup>3</sup>, диапазон плотностных различий (СОПК) был 113,4 мг/мм<sup>3</sup>, то есть 44,9% от величины среднего значения. Максимальная минеральная плотность составила 390,7 мг/мм<sup>3</sup>, а минимальная — 163,9 мг/мм<sup>3</sup>. Таким образом, плотность наиболее минерализованной части кортикальной кости (СПКmax) была более, чем в два раза выше, чем плотностные особенности «органического матрикса» (СПКmin).

На рис. 1 приведены сведения о соотношении плотности кортикальной и губчатой костной ткани тел поясничных позвонков.

Средняя величина различия плотности кортикальной и губчатой ткани (СКГР) была 168,5 мг/мм<sup>3</sup>, а характеризующий эту величину кортикально-губчатый индекс (СКГИ) составил 3,4. Таким образом, степень минерализации компактной кости в составе тел позвонков в среднем была почти в три с половиной раза выше, чем минеральная плотность губчатой ткани.

Плотность наиболее минерализованных элементов компактной кости была в два с половиной раза выше, чем плотность аналогичных структур губчатой костной ткани, а костная масса «органического матрикса» кортикальной кости была более, чем в три раза выше, чем у аналогичных структур губчатой кости. Наибольшие значения СПК и СОПК, в отличие от губчатой кости, были отмечены в структуре третьего поясничного позвонка, что, по всей вероятности, связано с анатомо-функциональными особенностями этой части позвоночного столба.

Все это в целом, как следует из представленных данных, соответствует начальной остеопении по Т-критерию (-1,36) и норме по Z-критерию (-0,61).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате исследования были получены данные о ряде количественных и качественных показателей состояния костной ткани обследованных пациенток.

Минеральная плотность кортикальной кости тел поясничных позвонков по данным КРКТ была в целом в 3,5 раза выше, чем аналогичные данные губчатой костной ткани. Костная масса наиболее минерализованной части губчатой кости («костные балки») была в 2,8 раза выше, чем плотность наименее минерализованных ее

участков («органический матрикс»), а минеральная плотность «костных балок» кортикальной костной ткани в 2,4 превосходила плотность наименее минерализованной ее части.

Плотность наиболее минерализованных участков кортикальной кости была в 2,6 раза выше, чем у аналогичной части губчатой костной ткани, а костная масса наименее минерализованной части кортикальной кости в 3,1 раза больше, чем плотностные особенности этих же участков губчатой костной ткани.

Полученные сведения, характеризующие ряд количественных и качественных показателей состояния кости, выявленные на основе стандартной количественной рентгеновской компьютерной томографии, будут использованы в дальнейшем при анализе состояния костной массы у женщин в зависимости от возраста и величины минеральной плотности кости.

## SUMMARY

**Aim.** To study the characteristics of the quantitative and qualitative characteristics of bone mineral density in women.

**Materials and methods.** Quantitative computed tomography with additional quantitative and qualitative assessments was performed in 127 women of different ages without clinical signs of osteoporosis.

**Results.** We had calculated the size and the ratio of cortical bone and spongy tissue at the lumbar vertebrae considering the density range characterized as the maximum and minimum of mineralized areas that represent not only quantitative but also qualitative state of the bone tissue.

**Conclusions.** The obtained data can be used to assess the changes in the quality of bone in osteoporosis and osteopenia.

**Keywords:** osteoporosis, osteopenia, BMD, bone quality, quantitative computed tomography, QCT.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рожинская Л.Я. Концепция качества кости: влияние на параметры качества кости антирезорбтивных препаратов, результаты исследования Quest. Остеопороз и остеопатии. 2003; 3: 25–29.
2. Рожинская Л.Я. Концепция качества кости: влияние антирезорбтивных препаратов (Миакальцика) на прочность кости. Кардиология. Эндокринология, 05 мая 2004 г, № 9 С. 35–42
3. Поворознюк В.В., Дзерович Н.И. Качество трабекулярной костной ткани у женщин различного возраста. Боль. Суставы. Позвоночник. 2012;2:24–28.
4. Hans D., Winzenrieth R. Estimation of Bone microarchitecture Pattern from AP spine DXA scans using the Trabecular Bone Score (TBS): An added value in clinical routine for the patient. A short review. Osteolog bulletin. 2011; 16(3): 7078.
5. Насонов Е.Л., Гукасян Д.А. Применение альфа-кальцидола (АлфаД3-Тева) для профилактики и лечения остеопороза (обзор литературы). Терапевтический архив. 2000;11: 71–73.
6. Winzenrieth R., Dufour R., Pothuau L. et al. A retrospective case-control study assessing the role of trabecular bone score in postmenopausal caucasian women with osteopenia: analyzing the odds of vertebral fracture. Calcif. Tissue Int. 2010; 86:104109.