

**Рентгеновская абсорбциометрия
в анализе минеральной плотности костной ткани
у ортопедотравматологических больных**

Т.А. Ларионова, Н.В. Сазонова, Е.Н. Овчинников

**Roentgen absorptiometry for analyzing bone tissue mineral density
in orthopaedic-and-traumatological patients**

T.A. Larionova, N.V. Sazonova, E.N. Ovchinnikov

Федеральное государственное учреждение

«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова Росмедтехнологий», г. Курган
(и.о. генерального директора — д.м.н., профессор А.Т. Худяев)

Разработаны способы локального определения минеральной плотности костной ткани методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии при лечении пациентов ортопедотравматологического профиля. За счет низкой лучевой нагрузки на костный мозг и внутренние органы проведены неоднократные обследования скелета пациентов для получения количественных значений и характеристики репаративного регенерата.

Ключевые слова: локальный анализ, минеральная плотность кости, костная денситометрия.

The techniques of local determination of bone mineral density by the method of double-energy roentgen absorptiometry have been developed for treatment of orthopaedic-and-traumatological patients. At the expense of low radiation loading bone marrow and viscera repeated examinations of patients' skeleton have been performed to obtain the quantitative values and characteristic of reparative regenerated bone.

Keywords: local analysis, bone mineral density, bone densitometry.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос улучшения результатов и сокращения сроков оперативного лечения больных с костной патологией различного генеза с помощью внешней фиксации остается актуальным в медицинской практике как на современном этапе, так и в перспективе. В ходе проведения лечения встает вопрос оценки качества костной ткани, что требует неоднократного проведения исследований, нередко инвазивных. Актуальным остается вопрос изучения минерализации костного регенерата и при экспериментальных исследованиях по поиску и разработке новых методов удлинения конечностей и способов стимуляции регенераторного процесса. Современные костные денситометры, основанные на методе двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии, используются для диагностики остеопороза. Несомненным преимуществом костной денситометрии является низкая лучевая нагрузка на костный мозг и внутренние органы, что позволяет проводить неоднократное обследование скелета пациента. Стандартные (автоматические) программы для денситометров, рекомендованные Международным обществом по клинической денситометрии ISCD, исследуют поясничный отдел

позвоночника, одновременно два проксимальных отдела бедренных костей, композиционный состав тела, латеральную проекцию позвоночника, кости предплечья [5, 6, 7]. На современном этапе способы локальной оценки костной ткани методом двухфотонной рентгеновской абсорбциометрии у больных ортопедотравматологического профиля не разработаны.

Цель исследования: разработать способы локального анализа минеральной плотности костной ткани.

В соответствии с поставленной целью сформулированы следующие задачи:

- 1) определить минеральную плотность костного регенерата при удлинении и устранении деформации кости;
- 2) определить минеральную плотность костного регенерата при лечении травматических повреждений кости;
- 3) определить степень минерализации крупных суставов у больных с нарушениями их функции;
- 4) определить минеральную плотность костной ткани (МПКТ) *in vitro*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследования проведены у 17 ортопедически здоровых людей в возрасте 20-25 лет, увеличивавших свой рост, 28 больных в возрасте 20-57 лет с закрытыми переломами костей верхних конечностей, 29 пациентов в возрасте 40-77 лет с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями крупных суставов нижних конечностей. МПКТ *in vitro* определяли в участках большеберцовых костей 6 беспородных собак после удлинения конечностей аппаратом накостной фиксации. МПКТ определяли методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии на костном денситометре Lunar DPX – NT General Electric Medical Systems с программным обеспечением enCore™2002. обследо-

вания проводили по стандартизированной методике для определения МПКТ в костях всего скелета, проксимального отдела бедренных костей, поясничного отдела позвоночника, а также использовали метод локального анализа в интересующем участке кости¹. Результаты исследования обрабатывали методами вариационной статистики. Нормальность выборок определяли с помощью критерия Титъена-Мура. Достоверность различий полученных результатов определяли непараметрическим W-критерием Вилкоксона. Сгруппированные данные представлены в таблицах в виде среднего (M) и стандартного отклонения (σ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Определение МПКТ с использованием функции локального анализа:

1. Определение МПКТ в проекции длинных трубчатых костей.

При поступлении пациента в стационар проводили обследование в режиме Total Body (все тело) с целью получения значений в предполагаемой области оперативного вмешательства. Методом локального анализа определяли МПКТ в проекции проксимального, дистального и сре-

динного уровней плечевой, бедренной кости, костях предплечья и голени.

Повторное обследование проводили в период distraction и фиксации для динамического наблюдения за процессами формирования регенерата (рис. 1, 2). Обследование в отдаленном периоде после снятия аппарата наружной фиксации проводили для выявления различий в показателях в сравнении с исходными значениями МПКТ.

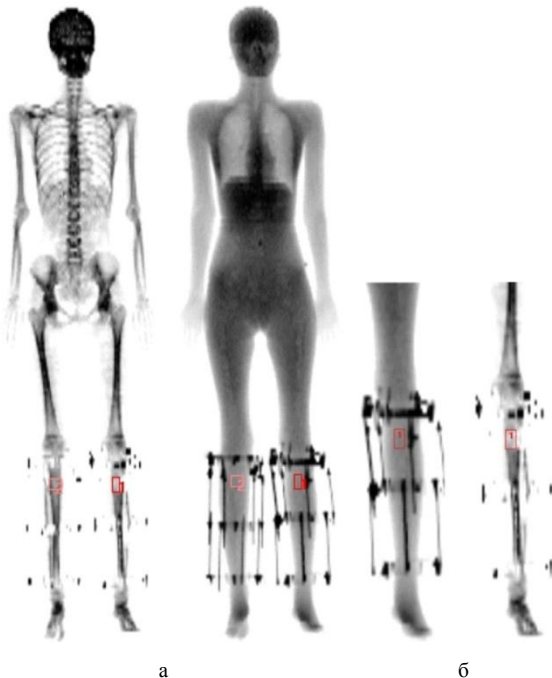


Рис. 1. Денситограмма пациента С., 22 лет, при билатеральном удлинении костей голени: а – скелет (Total Body); б – локальный анализ (Custom)

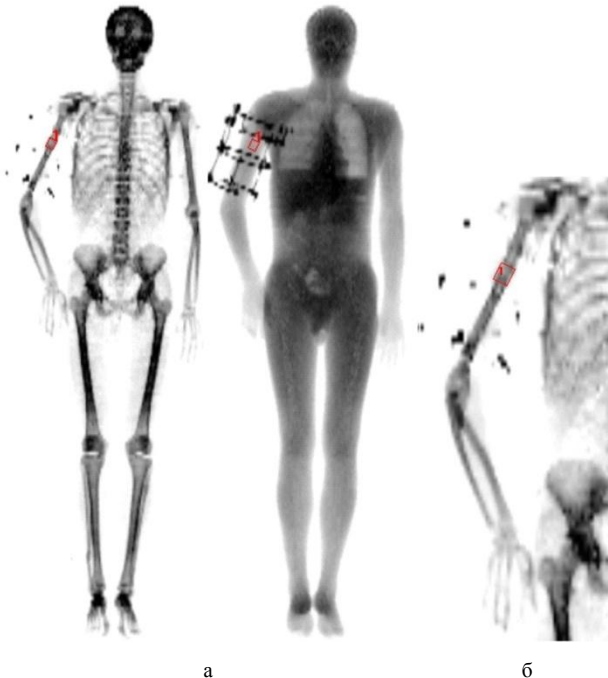


Рис. 2. Денситограмма пациента К., 32 лет, с закрытым переломом плечевой кости в процессе фиксации (30 дней): а) скелет (Total Body), б) локальный анализ (Custom)

¹ Удостоверение № 9/2005 на рац. предложение. Способ локального определения минеральной плотности костной ткани в костях конечностей методом двухфотонной рентгеновской абсорбциометрии при переломах/ А.А.Свешников, Т.А. Ларионова, Е.Н. Овчинников, Р.В. Степанов; ФГУН «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова Росздрава»

2. Определение МПКТ в проекции локтевого сустава.

Исследование проводили в режиме Total Body (все тело). Методом локального анализа определяли МПКТ в проекции ямки локтевого отростка, венечной ямки и дистального метадиафиза плечевой кости (рис. 3). Анализ проводили путем сравнения показателей МПКТ в поврежденной и интактной конечности [4].

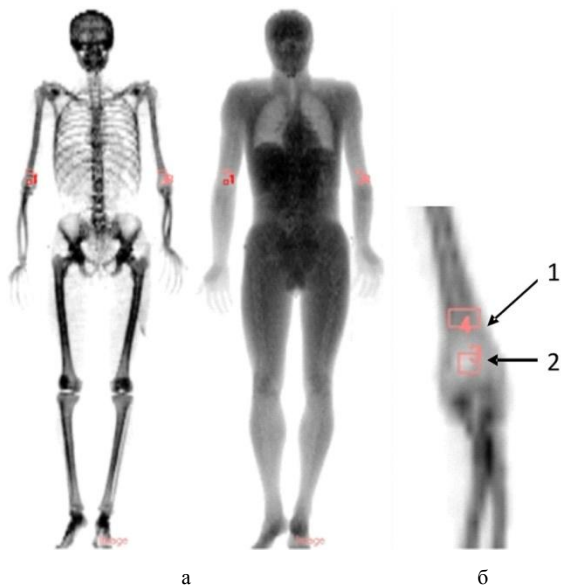


Рис. 3. Денситограмма пациента Р., 27 лет, с посттравматической сгибательной контрактурой левого локтевого сустава: а – скелет (Total Body), б – локальный анализ (Custom): 1 – проекция дистального метадиафиза; 2 – проекция ямки локтевого отростка, венечной ямки

3. Определение МПКТ в проекции коленного сустава.

Исследование проводили во фронтальной проекции в режиме Total Body (все тело). Для обеспечения внутренней ротации голени нижние конечности пациента фиксировали элементом укладки трапецевидной формы с наклоном стороны, равным 15°. Методом локального анализа определяли МПКТ в проекции дистального метадиафиза и латерального мыщелка бедренной кости, проксимального метадиафиза, медиального и латерального мыщелков большеберцовой кости (рис. 4).

В анализ не входила проекция медиального мыщелка бедренной кости по причине суперпозиции костной ткани надколенника в данную область и соответственно необъективному увеличению МПКТ.

4. Определение МПКТ в проекции тазобедренного сустава.

Исследование до оперативного вмешательства проводили в режиме Dual Femur (одновременно два проксимальных отдела бедренных костей). Методом локального анализа определяли МПКТ в проекции нацетабулярной области, головки бедренной кости, большого вертела и диафиза (рис. 5). После тотального эндопротезирования

обследование проводили в режиме Orthopedic Hip (ортопедическая программа). Определение МПКТ проводили в проекции нацетабулярной области методом локального анализа и автоматически в 7 зонах по Gruen (рис. 6).

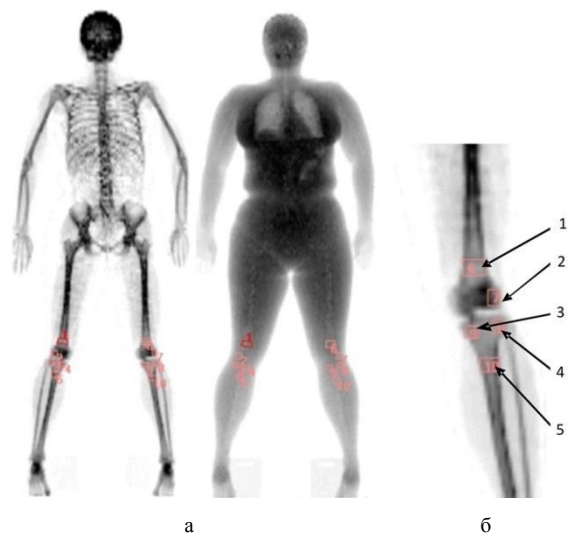


Рис. 4. Денситограмма пациентки А., 41 года, с двусторонним гонартрозом II ст.: а – скелет (Total Body), б – локальный анализ (Custom) (проекции: 1 – дистального метадиафиза бедренной кости; 2 – латерального мыщелка бедренной кости; 3 – медиального мыщелка большеберцовой кости; 4 – латерального мыщелка большеберцовой кости; 5 – проксимального метадиафиза большеберцовой кости)

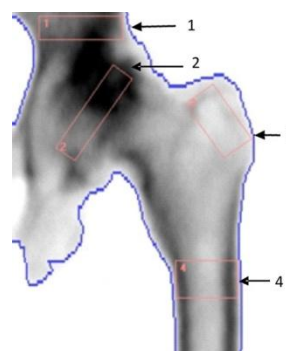


Рис. 5. Денситограмма проксимальной трети бедренной кости пациента Д., 73 лет, с левосторонним коксартрозом III ст. (проекции: 1 – нацетабулярной области; 2 – головки бедренной кости; 3 – большого вертела бедренной кости; 4 – диафиза бедренной кости)

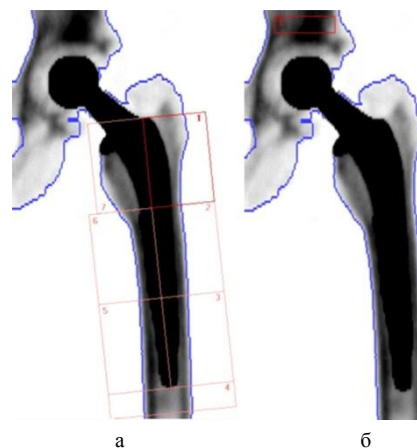


Рис. 6. Денситограмма проксимальной трети бедренной кости пациента Д., 73 лет, после тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава: а – анализ МПКТ в 7 зонах по Gruen; б – локальный анализ МПКТ (Custom) в нацетабулярной области

5. Определение МПКТ in vitro.

Исследование резекционного материала длинных трубчатых костей экспериментального животного проводили по стандартизированной методике калибровки по фантому поясничного отдела позвоночника (AP Spine). Для создания эквивалентного мягким тканям ослабления энергии гамма-квантов контейнер с резекционным материалом заполняли дистиллированной водой (рис. 7). Методом локального анализа определяли МПКТ в срединном, проксимальном, дистальном участке дистракционного регенерата, проксимальном и дистальном метадиафизах (рис. 8). Получаемые результаты интерпретировали в процентном соотношении к проекции с максимальными значениями МПКТ [3].



Рис. 7. Положение контейнера с резекционным материалом на столе прибора

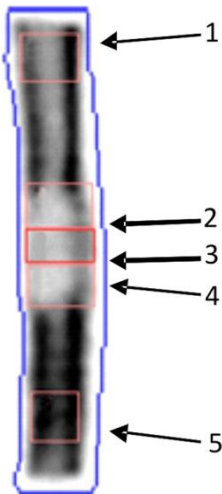


Рис. 8. Денситограмма участка большеберцовой кости экспериментального животного (собака № 4551): 1 – проекция проксимального метадиафиза; 2 – проекция проксимального участка дистракционного регенерата; 3 – проекция срединного участка дистракционного регенерата; 4 – проекция дистального участка дистракционного регенерата; 5 – проекция дистального метадиафиза

По результатам обследования пациентов, увеличивавших свой рост, отмечено динамичное увеличение показателей МПКТ в период фиксации (60-80 дней) по сравнению со значениями в период дистракции. Через 1,5 года после снятия аппарата достоверно значимых различий МПКТ в проекции проксимального метадиафиза большеберцовой кости не выявлено, что свидетельствует о восстановлении структурно-функциональных характеристик костного регенерата (табл. 1).

Таблица 1
Значения МПКТ (г/см²) при увеличении роста здоровых пациентов (n=17)

| | Время обследования | Значение МПКТ (г/см ²) |
|---|--------------------------------|------------------------------------|
| Проксимальный метадиафиз большеберцовой кости | До операции | 1,150±0,21 |
| Проекция регенерата | Дистракция 60 дней | 0,511±0,09* |
| | Фиксация 60-80 дней | 0,786±0,20* |
| Проксимальный метадиафиз большеберцовой кости | После снятия аппарата 1,5 года | 1,171±0,132 |

Примечание: * – p ≤ 0,05 (различия средних величин МПКТ в процессе лечения)

Аналогичная динамика значений костной плотности отмечена по результатам обследования больных с множественными закрытыми переломами верхней конечности. В начале фиксации (6 дней) МПКТ в области перелома составляла: в плечевой кости 0,67±0,11 г/см², в костях предплечья – 0,63±0,19 г/см². К 25-му дню фиксации в травмированном плече минеральная плотность составляла 0,85±0,06 г/см², предплечье 0,77±0,11 г/см². Ко 2-3-му месяцу фиксации в поврежденных сегментах значения МПКТ среди всей выборки больных составляли: плечевая кость 1,10±0,07 г/см², кости предплечья – 1,03±0,12 г/см². К моменту окончания фиксации степень минерализации регенерата приближалась к показателям здоровой конечности и составляла в разных группах – 74-102 % (для плеча) и 94-96 % (для предплечья) [1].

МПКТ у больных с последствиями травм локтевого сустава на интактной (здоровой) конечности в проекции ямки локтевого отростка и венечной ямки имела довольно широкий диапазон колебаний, что объяснялось вариабельностью толщины костной перегородки между ямкой локтевого отростка и венечной ямкой. Через 2 года после проведенного оперативного лечения значения МПКТ в дистальном метадиафизе остаются несколько сниженными в поврежденной конечности, однако достоверных различий между исследуемыми значениями выявлено не было (p ≥ 0,4) (табл. 2).

Таблица 2
Значения МПКТ (г/см²) в проекции локтевого сустава (n=10)

| | Проекция ямки локтевого отростка и венечной ямки | Проекция дистального метадиафиза плечевой кости |
|-------------------------|--|---|
| Поврежденная конечность | 0,637±0,105 | 1,031±0,313 |
| Интактная конечность | 0,752±0,307 | 1,183±0,353 |

МПКТ у пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями коленных суставов отмечены максимальные показатели в проекции латерального мыщелка бедренной кости и проксимального метадиафиза большеберцовой

кости. Минимальные значения МПКТ нами выявлены в проекции латерального мыщелка большеберцовой кости и дистального метадиафиза бедренной кости во всех возрастных группах, что, вероятно, связано с особенностями формирующегося при остеоартрозе стереотипа движения в коленном суставе. В возрастном аспекте значимых различий во всех исследуемых областях выявить не удалось. Достоверных отличий между значениями правой и левой нижних конечностей нами также не обнаружено.

В проекции тазобедренного сустава у больных коксартрозом до операции тотального эндопротезирования выявлены половые различия МПКТ ($p \leq 0,05$) в проекции надецетабулярной области. Значения составили у женщин $1,62 \pm 0,317 \text{ г/см}^2$, у мужчин – $2,06 \pm 0,498 \text{ г/см}^2$. В послеоперационном периоде отмечено уменьшение МПКТ в первые 13-15 дней до 25-30 % ($p \leq 0,05$). При последующем анализе МПКТ в период до 1 года отмечено дина-

мическое увеличение значений как у женщин, так и мужчин. При определении МПКТ в 7-ми зонах по Gruen максимальные значения нами выявлены в зонах 3 и 5, что связано с преобладанием в данных областях компактной костной ткани. Минимальные – в области большого и малого вертела, причем костная плотность достоверно ниже в области большого вертела, что может свидетельствовать об изменении стереотипа движения после операции (табл. 3) [2].

При анализе МПКТ участков большеберцовых костей *in vitro* максимальные значения отмечены в проекции проксимального метадиафиза. Костная плотность в проекции проксимального участка регенерата составляла 67,2 % ($p \geq 0,05$), в проекции срединного участка регенерата 59 % ($p \leq 0,05$). В проекции дистального метадиафиза МПКТ составляла 96,6 % ($p \geq 0,05$). Сравнение проводили относительно максимальных значений.

Таблица 3

Значения МПКТ в проксимальной трети бедренной кости через 1 мес. после операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава ($n=19$)

| Пол | Зоны анализа МПКТ по Gruen | | | | | | |
|---------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Женщины | $0,73 \pm 0,057$ | $1,64 \pm 0,095$ | $2,04 \pm 0,074$ | $1,89 \pm 0,103$ | $2,02 \pm 0,094$ | $1,60 \pm 0,114$ | $1,11 \pm 0,063$ |
| Мужчины | $0,74 \pm 0,039$ | $1,72 \pm 0,056$ | $2,05 \pm 0,059$ | $1,92 \pm 0,105$ | $2,13 \pm 0,074$ | $1,49 \pm 0,064$ | $0,98 \pm 0,075$ |

Примечание: * – $p \leq 0,05$ (различия средних величин МПКТ до и после операции)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Предложенный способ локального анализа минеральной плотности костной ткани при мониторинге эффектов терапии при травмах, удлинении длинных трубчатых костей и заболеваниях крупных суставов, при исследовании *in vitro*, осуществляемый на основе двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии, позволяет количест-

венно оценивать костный регенерат, выявлять очаги повышенной и пониженной костной плотности. Получаемые в ходе исследования значения, значительно повышают информативность данного метода, что, несомненно, позволяет объективнее судить о протекающих в условиях репаративной регенерации биологических процессах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларионова Т. А., Овчинников Е. Н., Самусенко Д. В. Минеральная плотность костной ткани и содержание остеотропных гормонов в крови в процессе лечения множественных закрытых переломов верхней конечности // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2008. № 1. С. 89-91.
2. О взаимосвязи минеральной плотности и биохимических показателей костной ткани при коксартрозе / С. Н. Лулева [и др.] // Травматология и ортопедия России. 2008. № 1. С. 49-53.
3. Определение минеральной плотности костной ткани *in vitro* методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии / Е. Н. Овчинников [и др.] // Радиология-практика. 2008. № 2. С. 33-35.
1. Способ диагностики контрактуры локтевого сустава : пат. 2136208 Рос. Федерация. № 96123682 ; заявл. 16.12.96 ; опубл. 10.09.99, Бюл. № 25.
2. Чернова Т. О. В помощь практическому врачу: методы неинвазивной количественной оценки минеральной плотности костной ткани // Остеопороз и остеопатии. 2002. № 2. С. 31-37.
3. Dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) / R. B. Mazess [et al.] // Presented at NASA Meeting on Immobilization and Bone. San Francisco, 1992. P. 23-29.
4. Precision assessment and radiation safety for dual-energy X-ray absorptiometry : position paper of the International Society for Clinical Densitometry / S. Baim [et al.] // J. Clin. Densitom. 2005. Vol. 8, No 4. P. 371-378.

Рукопись поступила 18.12.08.

Сведения об авторах:

1. Ларионова Татьяна Адиславовна – ведущий научный сотрудник отдела рентгеновских, ультразвуковых и радионуклидных методов диагностики, к.м.н.;
2. Сазонова Наталья Владимировна – зам. главного врача по поликлинической работе, к.м.н.;
3. Овчинников Е.Н. – старший научный сотрудник отдела рентгеновских, ультразвуковых и радионуклидных методов диагностики, к.б.н.