

## **Плотность минеральных веществ в позвоночнике при травмах и устранении деформаций**

**А.А. Свешников, А.Т. Худяев, Н.Ф. Обанина, Л.А. Смотров**

## ***Mineral density in the spine for injuries and deformity correction***

**A.A. Sveshnikov, A.T. Khudiyayev, N.F. Obanina, L.A. Smotrova**

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган (генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

С помощью метода фотонной абсорбциометрии измеряли плотность минералов (МП) в процессе оперативного исправления деформаций позвоночника (спондилолистез, сколиоз, кифоз), а также при острой и застарелой травме. Показана высокая информативность метода при измерении МП на этапах чрескостного остеосинтеза. При спондилолистезе плотность при тракции уменьшалась на 20%. При кифозе и сколиозе при дистракции в центре кривизны - на 32%. А в смежных позвонках - на 15-20%. Через четыре месяца после снятия аппарата плотность минералов в позвонках составляла 90%.

Ключевые слова: позвоночник, деформация, минеральная плотность, чрескостный остеосинтез.

Mineral density (MD) was measured during surgical correction of spinal deformities (spondylolisthesis, scoliosis, kyphosis) and also in cases of acute and advanced injuries, using photon absorptiometry method. High informative ability of the method was demonstrated during MD measurement at the stages of osteosynthesis, using transpedicular fixation. In case of spondylolisthesis the density 20% decreased for traction. In case of kyphosis and scoliosis it 32% decreased in the curvature center for distraction. It 15-20% decreased in adjacent vertebrae. Mineral density in vertebrae was 90% four months after the fixator removal.

Keywords: spine, deformity, mineral density, osteosynthesis, transpedicular fixation.

Минеральная плотность (МП) является чувствительным показателем состояния трабекулярной ткани позвоночника на протяжении репаративного процесса после переломов позвонков и при исправлении деформаций (спондилолистез, сколиоз, кифоз). В тот период, когда рентгенологическим методом диагностируются изменения, они могут быть достаточно глубокими.

Среди методов определения МП широко используется двухфотонная абсорбциометрия, при которой ошибка измерения составляет  $\pm 2\%$ . Метод отвечает всем требованиям клиники [1]. Высокая точность обследований весьма актуальна, так как коэффициент корреляции между МП и пределом прочности - 0,82-0,90 [2]. Поэтому МП может быть использована для непрямого определения предельной величины компрессионной

прочности позвонков.

МП существенно влияет на тип перелома: поперечные - встречаются в позвонках с относительно высокой МП, окруженных неизменными дисками при неповрежденных концевых пластинках. Линия перелома в таких случаях проходит параллельно им на расстоянии около 10 мм через вертикальные губчатые трабекулы. При исследовании такого позвонка МП может быть не изменена за счет сжатия кости. Клиновидные переломы происходят в позвонках с низкой МП и выраженной дегенерацией диска.

При поперечном переломе плотность в поясничных позвонках составляла  $3,64 \pm 0,13$  г/см, предел прочности -  $4249 \pm 269$  Н, при клиновидном -  $2,78 \pm 0,11$  г/см и  $3071 \pm 157$  Н (в контроле соответственно  $3,55 \pm 0,20$  г/см и  $4276 \pm 353$  Н) [8, 9].

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Измерения минеральной плотности проводили у 18 больных, возраст - 19-43 года. При острой неосложненной и осложненной травме время поступления в клинику составляло 2-3 дня, при застарелых переломах - 8-12 месяцев.

Оперативное лечение включало переднюю декомпрессию спинного мозга и корешков "конского хвоста" с наложением аппарата наружной фиксации позвоночника. Дистракционные усилия распространялись на тело компрессируван-

ного и прилежащих позвонков.

Измерение МП наиболее часто проводили в положении больного на спине. Однако оно не дает возможности установить отдельно изменения в теле позвонка и его дужках. Поэтому пациента укладывали на бок. С помощью лазерного луча определяли необходимую область измерения и производили запись. Изображение сканированного участка отражалось на экране дисплея. В качестве контроля служили данные, полученные у такого же числа практически здоровых людей аналогичного возраста.

Перед тем как начать исследования в клинике, мы провели измерения *in vitro* в телах позвонков с целью изучения распределения минеральных веществ после введения шурупов [2]. Измерения МП проводили в условиях, максимально приближенных к клиническим, то есть

позвонки помещали в тканезквивалентную среду (70%-ный раствор этанола). Было установлено, что введение шурупа в позвонок уменьшало вес его тела на 0,805%. МП уменьшалась на 4,552%, что никоим образом не могло отразиться на его механической прочности. Были сделаны также наблюдения над тем, как дистракция части тела позвонка отразится на его прочности [2]. МП определяли на расстоянии 2 мм от края остеотомии у краниального и каудального фрагмента позвонка и в регенерате. Результаты исследования показали, что в условиях эксперимента в теле позвонка происходят закономерные изменения при дистракции и фиксации, которые поддаются точной количественной оценке. Поэтому сделано заключение, что выполнение таких операций возможно в условиях клиники.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Спондилолистез.** До операции в смещенном позвонке МП была выше нормальных значений на 18% (рис. 1), а в смежных позвонках снижена на 17-19%. Во время тракции в исходное положение смещенного позвонка МП начинала уменьшаться и к концу этого периода снижалась на 20% (табл. 1). Одновременно происходила деминерализация и в прилежащих позвонках - на 90-й день тракции плотность была снижена на 30-35% (рис. 2). С переводом аппарата на

фиксацию плотность начинала повышаться и к ее окончанию была снижена в перемещавшемся позвонке всего на 24%, а в смежных позвонках - на 25%. После снятия аппарата наиболее интенсивно минерализация происходила в месте дискотомии - через год она ниже нормальных значений на 7%, а через 1,5 года уже выше нормы - на 10%. В прилежащих позвонках - близка к нормальным значениям.



Рис. 1. Денситограмма, отражающая минеральную плотность в позвоночнике больного со спондилолистезом L<sub>5</sub> позвонка до операции. Определяется повышенная плотность минеральных веществ на уровне нестабильности.

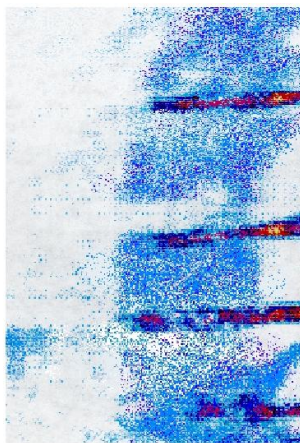


Рис. 2. Денситограмма больного со спондилолистезом L<sub>5</sub> позвонка через 3 месяца после наложения аппарата. Пониженная минеральная плотность наиболее заметна на уровне дискотомии.

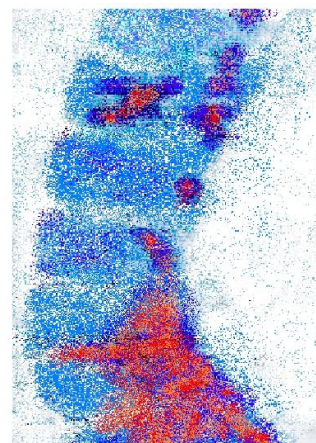


Рис. 3. Денситограмма больного со спондилолистезом L<sub>5</sub> позвонка через 1,5 года после снятия аппарата наружной фиксации. Отмечается увеличение минеральной плотности на уровне дискотомии (костный блок).

Минеральная плотность в процессе коррекции сколиоза. До начала лечения в зоне основной кривизны МП была выше на 15%, а в прилежащих позвонках на 4-7% (рис. 4). В процессе лечения МП быстро убывает (рис. 5). Она снижена в зоне основной кривизны на 32%, а в соседних позвонках - на 18-20% (рис. 6). Через 3 месяца после снятия аппарата происходило быстрое восстановление МП: в зоне основной кривизны она составляла 90%, а в прилежащих позвонках - 85-87%.

МП в позвоночнике при коррекции кифоза. В

области реклинации МП накануне наложения аппарата увеличена на 12%, в смежных позвонках - на 5-7%. При дистракции МП непрерывно снижалась и на 90-й день деминерализация составляла 24%, в смежных позвонках - 19%. При фиксации происходило постепенное восстановление плотности, и накануне снятия аппарата деминерализация была равна соответственно 15 и 10%.

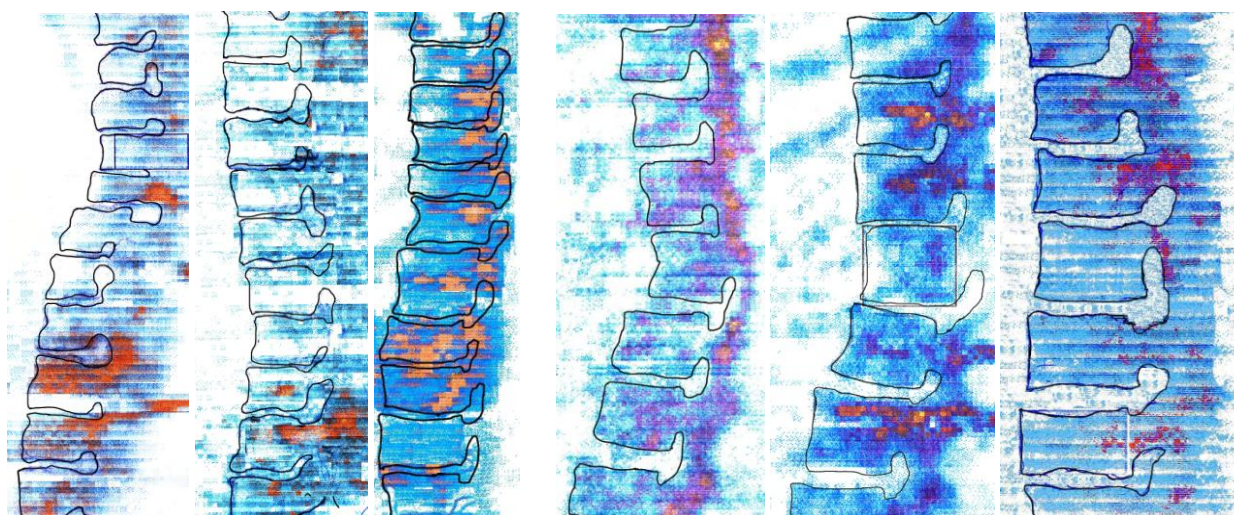
Через два месяца после снятия аппарата МП была снижена на 13%, а через 6 месяцев находилась в пределах нормы.

Таблица 1.

Минеральная плотность (г/см<sup>2</sup>) в процессе тракции поврежденного позвонка

| Место измерения            | У здорового человека   | До операции            | Дистракция (дни)            |                        |                        |
|----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
|                            |                        |                        | 30                          | 60                     | 90                     |
| Второй выше-расположенный  | 1,045±0,022            | 0,844±0,029<br>P<0,001 | 0,812±0,017<br>P<0,001      | 0,791±0,023<br>P<0,001 | 0,786±0,039<br>P<0,001 |
| Первый выше-расположенный  | 1,091±0,017            | 0,907±0,019<br>P<0,05  | 0,845±0,015<br>P<0,001      | 0,815±0,023<br>P<0,001 | 0,765±0,017<br>P<0,001 |
| Перемещаемый позвонок      | 1,102±0,032            | 1,330±0,021<br>P<0,001 | 1,170±0,021<br>P>0,1        | 0,980±0,033<br>P>0,1   | 0,880±0,034<br>P<0,001 |
| Нижерасположенный позвонок | 1,137±0,027            | 0,928±0,037<br>P<0,05  | 0,835±0,031<br>P<0,001      | 0,790±0,026<br>P<0,001 | 0,745±0,029<br>P<0,001 |
| Место измерения            | Фиксация (дни)         |                        | После снятия аппарата (дни) |                        |                        |
|                            | 90                     | 180                    | 90                          | 360                    | 540                    |
| Второй выше-расположенный  | 0,815±0,029<br>P<0,001 | 0,862±0,026<br>P<0,001 | 0,883±0,016<br>P<0,001      | 0,910±0,026<br>P<0,05  | 0,933±0,031<br>P<0,05  |
| Первый выше-расположенный  | 0,803±0,022<br>P<0,001 | 0,835±0,018<br>P<0,001 | 0,865±0,036<br>P<0,001      | 0,892±0,041<br>P<0,001 | 1,030±0,032<br>P<0,05  |
| Перемещаемый позвонок      | 0,920±0,027<br>P<0,05  | 1,003±0,020<br>P<0,05  | 1,085±0,017<br>P<0,05       | 1,124±0,036<br>P>0,1   | 1,209±0,046<br>P>0,1   |
| Нижерасположенный позвонок | 0,829±0,030<br>P<0,001 | 0,851±0,037<br>P<0,001 | 0,885±0,027<br>P<0,001      | 0,965±0,036<br>P<0,05  | 1,092±0,033<br>P>0,1   |

Примечание: здесь, а также в табл. 2-5, "P" рассчитано по отношению к данным у здоровых людей.



Коррекция, 30 дней      Коррекция, 90 дней      После снятия аппарата

Рис. 4. Сканограммы, отражающие минеральную плотность в позвоночнике в процессе исправления сколиоза.

После травмы      Дистракция, 120 дней      Фиксация, 120 дней

Рис. 5. Сканограммы, отражающие минеральную плотность в области сломанного позвонка и последующего его удлинения.

Таблица 2.

Минеральная плотность (г/см<sup>2</sup>) в телах позвонков при коррекции сколиоза

| Место измерения           | У здорового человека | До операции            | Коррекция (дни)        |                        |                        | После снятия аппарата (дни) |
|---------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
|                           |                      |                        | 30                     | 60                     | 90                     |                             |
| Третий выше-расположенный | 1,039±0,012          | 0,789±0,017<br>P<0,01  | 0,768±0,026<br>P<0,01  | 0,753±0,021<br>P<0,01  | 0,729±0,019<br>P<0,01  | 0,824±0,023<br>P<0,05       |
| Второй выше-расположенный | 1,062±0,019          | 0,763±0,019<br>P<0,001 | 0,752±0,017<br>P<0,001 | 0,741±0,023<br>P<0,001 | 0,726±0,039<br>P<0,001 | 0,839±0,023<br>P<0,05       |
| Первый выше-расположенный | 1,089±0,031          | 1,164±0,031<br>P>0,1   | 1,084±0,015<br>P<0,001 | 0,971±0,023<br>P<0,001 | 0,924±0,017<br>P<0,01  | 0,956±0,039<br>P<0,05       |
| Основная кривизна         | 1,138±0,024          | 1,310±0,019<br>P<0,001 | 1,154±0,021<br>P>0,1   | 0,983±0,033<br>P<0,001 | 0,840±0,034<br>P<0,001 | 1,032±0,023<br>P<0,001      |
| Первый ниже-расположенный | 1,174±0,041          | 1,242±0,029<br>P>0,1   | 1,169±0,031<br>P<0,001 | 1,087±0,026<br>P<0,001 | 0,969±0,029<br>P<0,001 | 0,998±0,029<br>P<0,05       |
| Второй ниже-расположенный | 1,198±0,030          | 0,812±0,033<br>P<0,05  | 0,787±0,021<br>P<0,001 | 0,769±0,032<br>P<0,001 | 0,793±0,028<br>P<0,001 | 0,916±0,021<br>P<0,05       |
| Третий ниже-расположенный | 1,202±0,021          | 0,837±0,021<br>P<0,001 | 0,814±0,027<br>P<0,001 | 0,793±0,017<br>P<0,001 | 0,812±0,022<br>P<0,001 | 0,876±0,025<br>P<0,05       |

Таблица 3.

Минеральная плотность (г/см<sup>2</sup>) в телах позвонков при коррекции кифоза

| Место измерения           | У здорового человека   | До операции            | Дистракция (дни)       |                            |                        |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
|                           |                        |                        | 30                     | 60                         | 90                     |
| Третий выше-расположенный | 0,998±0,032            | 0,922±0,023<br>P>0,1   | 0,893±0,019<br>P<0,05  | 0,823 ±0,024<br>P<0,001    | 0,792±0,031<br>P<0,001 |
| Второй выше-расположенный | 1,012±0,019            | 0,939±0,032<br>P>0,1   | 0,851±0,024<br>P<0,001 | 0,783±0,019<br>P<0,001     | 0,732±0,025<br>P<0,001 |
| Первый выше-расположенный | 1,029±0,021            | 1,089±0,026<br>P>0,1   | 0,976±0,031<br>P>0,1   | 0,896±0,019<br>P<0,01      | 0,819±0,024<br>P<0,001 |
| Область реклинации        | 1,152±0,024            | 1,287±0,031<br>P>0,1   | 1,138±0,032<br>P>0,1   | 0,991±0,028<br>P<0,001     | 0,932±0,021<br>P<0,001 |
| Первый ниже-расположенный | 1,187±0,037            | 1,235±0,022<br>P>0,1   | 1,193±0,028<br>P>0,1   | 1,043±0,025<br>P<0,01      | 0,837±0,029<br>P<0,001 |
| Второй ниже-расположенный | 1,203±0,041            | 1,112±0,039<br>P>0,1   | 1,032±0,020<br>P<0,01  | 0,911±0,024<br>P<0,001     | 0,852±0,023<br>P<0,001 |
| Третий ниже-расположенный | 1,226±0,033            | 1,176±0,025<br>P>0,1   | 1,038±0,031<br>P<0,01  | 0,982±0,019<br>P<0,001     | 0,884±0,031<br>P<0,001 |
| Место измерения           | Фиксация (дни)         |                        |                        | После снятия аппарата(дни) |                        |
|                           | 60                     | 120                    | 180                    | 60                         | 180                    |
| Третий выше-расположенный | 0,839±0,029<br>P<0,001 | 0,859±0,020<br>P<0,001 | 0,892±0,031<br>P<0,01  | 0,911±0,024<br>P>0,1       | 0,987±0,030<br>P>0,1   |
| Второй выше-расположенный | 0,856±0,027<br>P<0,001 | 0,942±0,029<br>P>0,1   | 0,983±0,019<br>P>0,1   | 0,996±0,027<br>P>0,1       | 1,022±0,032<br>P>0,1   |
| Первый выше-расположенный | 0,842±0,030<br>P<0,001 | 0,874±0,032<br>P<0,001 | 0,921±0,027<br>P<0,05  | 0,976±0,023<br>P>0,1       | 1,012±0,019<br>P>0,1   |
| Область реклинации        | 0,898±0,024<br>P<0,001 | 0,924±0,029<br>P<0,001 | 0,973±0,036<br>P<0,001 | 0,994±0,025<br>P<0,05      | 1,168±0,029<br>P>0,1   |
| Первый ниже-расположенный | 0,856±0,020<br>P<0,001 | 0,883±0,017<br>P<0,001 | 0,936±0,031<br>P<0,001 | 0,989±0,026<br>P<0,001     | 1,152±0,029<br>P>0,1   |
| Второй ниже-расположенный | 0,871±0,019<br>P<0,001 | 0,924±0,024<br>P<0,001 | 0,969±0,028<br>P<0,001 | 1,016±0,021<br>P<0,001     | 1,187±0,021<br>P>0,1   |
| Третий ниже-расположенный | 0,913±0,027<br>P<0,001 | 0,986±0,020<br>P<0,001 | 1,073±0,026<br>P<0,001 | 1,149±0,022<br>P>0,1       | 1,203±0,027<br>P>0,1   |

*Острая осложненная травма.* На 30-й день distraction МП снижена на 15%, в прилежащих позвонках - на 7-8%. К 60-му дню деминерализация составляла в поврежденном позвонке 30%, в смежных - 18-19% (табл. 4). В последующие дни снижение МП продолжалось, и на 120-й день distraction она была ниже нормальных значений на 39%, в смежных позвонках - на 25-27%.

В период фиксации происходит постепенное насыщение минералами, и на 120-й день в травмированном позвонке минералов уже 92%, в прилежащих позвонках - 94-95% (рис. 5).

*Минеральная плотность при лечении заста-*

*рых осложненных переломов.* В поврежденном позвонке накануне лечения МП высокая (рис. 6; табл. 5). В процессе distraction плотность уменьшалась (рис. 6), и на 120-й день была ниже нормальных значений на 13%, в прилежащих позвонках - 27-28%. Подобное различие с поврежденным позвонком обусловлено тем, что в нем в исходном состоянии было значительно больше минералов.

Для начала фиксации характерно постепенное увеличение МП. К концу ее в удлиненном позвонке минералов уже 91%, в рядом расположенных позвонках - 94-95%.

Таблица 4.

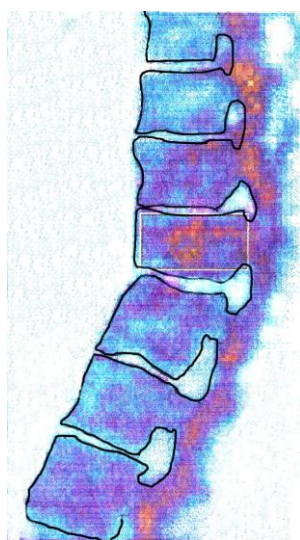
Минеральная плотность (г/см<sup>2</sup>) в позвоночнике в области сломанного позвонка при острой осложненной травме

| Место измерения           | У здорового человека   | Дни distraction        |                         |                        |                        |
|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
|                           |                        | 30                     | 60                      | 90                     | 120                    |
| Третий выше-расположенный | 1,122±0,023            | 0,994±0,021<br>P<0,05  | 0,966±0,034<br>P<0,01   | 0,912±0,018<br>P<0,001 | 0,852±0,024<br>P<0,001 |
| Второй выше-расположенный | 1,163±0,027            | 1,112±0,021<br>P>0,1   | 1,036±0,019<br>P<0,001  | 0,998±0,028<br>P<0,001 | 0,930±0,026<br>P<0,001 |
| Первый выше-расположенный | 1,178±0,017            | 1,091±0,039<br>P>0,1   | 0,978±0,025<br>P<0,001  | 0,926±0,021<br>P<0,001 | 0,889±0,027<br>P<0,001 |
| Поврежденный позвонок     | 1,208±0,032            | 1,022±0,021<br>P>0,1   | 0,843±0,032<br>P<0,001  | 0,843±0,026<br>P<0,001 | 0,733±0,024<br>P<0,001 |
| Первый ниже-расположенный | 1,227±0,027            | 1,123±0,021<br>P<0,05  | 1,011 ±0,028<br>P<0,001 | 0,947±0,031<br>P<0,001 | 0,896±0,025<br>P<0,001 |
| Второй ниже-расположенный | 1,234±0,023            | 1,142±0,030<br>P<0,05  | 1,083±0,026<br>P<0,01   | 0,954±0,021<br>P<0,001 | 0,927±0,04<br>P<0,001  |
| Третий ниже-расположенный | 1,249±0,033            | 1,159±0,026<br>P<0,05  | 1,112±0,030<br>P<0,01   | 0,974±0,021<br>P<0,001 | 0,932±0,020<br>P<0,001 |
| Место измерения           | Дни фиксации           |                        |                         |                        |                        |
|                           | 30                     | 60                     | 90                      | 120                    |                        |
| Третий выше-расположенный | 0,899±0,020<br>P<0,001 | 0,976±0,032<br>P<0,001 | 1,033±0,029<br>P<0,01   | 1,097±0,023<br>P>0,1   |                        |
| Второй выше-расположенный | 0,978±0,023<br>P<0,001 | 1,011±0,026<br>P<0,001 | 1,069±0,025<br>P<0,01   | 1,091±0,031<br>P>0,1   |                        |
| Первый выше-расположенный | 0,921±0,024<br>P<0,001 | 0,979±0,019<br>P<0,001 | 1,026±0,032<br>P<0,001  | 1,137±0,018<br>P>0,1   |                        |
| Поврежденный позвонок     | 0,785±0,022<br>P<0,001 | 0,910±0,026<br>P<0,001 | 1,010±0,019<br>P<0,001  | 1,106±0,030<br>P<0,01  |                        |
| Первый ниже-расположенный | 0,963±0,037<br>P<0,001 | 1,041±0,026<br>P<0,001 | 1,122±0,019<br>P<0,05   | 1,156±0,026<br>P>0,1   |                        |
| Второй ниже-расположенный | 0,954±0,021<br>P<0,001 | 1,043±0,025<br>P<0,001 | 1,136±0,029<br>P<0,01   | 1,189±0,018<br>P>0,1   |                        |
| Третий ниже-расположенный | 0,973±0,024<br>P<0,001 | 1,068±0,019<br>P<0,001 | 1,178±0,022<br>P>0,1    | 1,201±0,021<br>P>0,1   |                        |

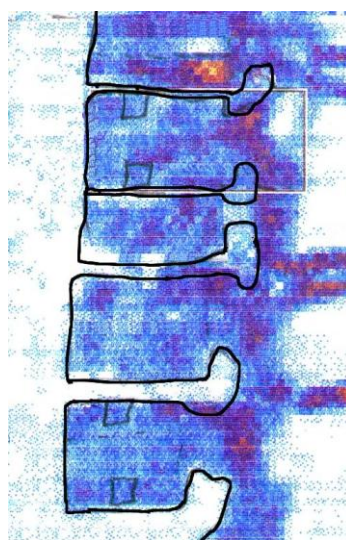
Таблица 5.

Минеральная плотность (г/см<sup>2</sup>) в позвоночнике в области застарелого осложненного перелома (M±m)

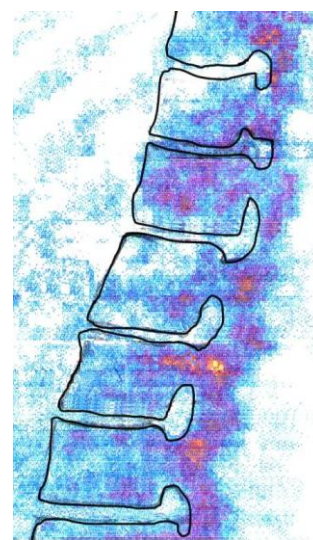
| Место измерения           | У здорового человека   | Дни дистракции         |                        |                        |                        |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                           |                        | 30                     | 60                     | 90                     | 120                    |
| Третий выше-расположенный | 1,127±0,026            | 1,060±0,026<br>P>0,1   | 1,003±0,031<br>P<0,01  | 0,967±0,029<br>P<0,001 | 0,941±0,032<br>P<0,001 |
| Второй выше-расположенный | 1,160±0,032            | 0,977±0,030<br>P<0,01  | 0,911±0,026<br>P<0,001 | 0,852±0,025<br>P<0,001 | 0,805±0,033<br>P<0,05  |
| Первый выше-расположенный | 1,178±0,027            | 1,086±0,026<br>P<0,05  | 1,005±0,024<br>P<0,001 | 0,932±0,019<br>P<0,001 | 0,865±0,023<br>P<0,001 |
| Поврежденный позвонок     | 1,193±0,024            | 1,406±0,039<br>P<0,001 | 1,267±0,032<br>P<0,001 | 1,029±0,028<br>P<0,001 | 0,932±0,036<br>P<0,001 |
| Первый ниже-расположенный | 1,212±0,031            | 1,147±0,032<br>P>0,1   | 1,086±0,028<br>P<0,05  | 0,954±0,021<br>P<0,001 | 0,872±0,033<br>P<0,001 |
| Второй ниже-расположенный | 1,226±0,027            | 1,123±0,021<br>P<0,05  | 1,052±0,023<br>P<0,001 | 0,996±0,031<br>P<0,001 | 0,934±0,025<br>P<0,001 |
| Третий ниже-расположенный | 1,259±0,027            | 1,201±0,029<br>P>0,1   | 1,142±0,034<br>P<0,05  | 1,096±0,016<br>P<0,01  | 1,021±0,028<br>P<0,001 |
| Место измерения           | Дни фиксации           |                        |                        |                        |                        |
|                           | 30                     | 60                     | 90                     | 120                    |                        |
| Третий выше-расположенный | 0,983±0,023<br>P<0,001 | 1,027±0,038<br>P<0,05  | 1,076±0,026<br>P>0,1   | 1,111±0,037<br>P>0,1   |                        |
| Второй выше-расположенный | 0,872±0,024<br>P<0,001 | 0,986±0,019<br>P<0,001 | 1,062±0,028<br>P<0,05  | 1,093±0,023<br>P>0,1   |                        |
| Первый выше-расположенный | 0,912±0,021<br>P<0,001 | 0,979±0,019<br>P<0,001 | 1,086±0,029<br>P<0,05  | 1,121±0,024<br>P>0,1   |                        |
| Поврежденный позвонок     | 0,972±0,021<br>P<0,001 | 1,022±0,034<br>P<0,001 | 1,046±0,029<br>P<0,001 | 1,087±0,022<br>P<0,05  |                        |
| Первый ниже-расположенный | 0,961±0,017<br>P<0,001 | 1,012±0,031<br>P<0,001 | 1,093±0,026<br>P<0,01  | 1,142±0,029<br>P>0,1   |                        |
| Второй ниже-расположенный | 0,981±0,027<br>P<0,001 | 1,025±0,030<br>P<0,001 | 1,105±0,024<br>P<0,01  | 1,163±0,029<br>P<0,05  |                        |
| Третий ниже-расположенный | 1,054±0,021<br>P<0,001 | 1,096±0,027<br>P<0,001 | 1,134±0,023<br>P<0,01  | 1,202±0,032<br>P>0,1   |                        |



До лечения



Дистракция, 120 дней



Фиксация, 120 дней

Рис. 6. Сканограммы, отражающие минеральную плотность в области застарелой осложненной травмы и последующего удлинения позвонка.

Для контроля за активностью репаративного процесса после оперативного вмешательства мы измеряли МП, что давало важную информацию в процессе лечения. Для застарелых патологических изменений в позвоночнике характерно повышенное накопление минеральных веществ. В равной мере это относится и к компрессионным переломам тел позвонков. Процесс дистракции сопровождается деминерализацией как в удлиняемом позвонке, так и в смежных позвонках. При фиксации происходит интенсивная минерализация вновь образованной ткани [7]. Особенность позвоночника состоит в том, что здесь преимущественно губчатая кость и поэтому к моменту снятия аппарата насыщение регенерата минералами составляет 80-90%.

Установлено, что между состоянием кровообращения и величиной МП в регенерате существует взаимосвязь. Эту закономерность мы обнаружили достаточно давно [7]. Увеличение накопления минералов возможно лишь при условии открытия и образования большого числа новых сосудов и коллатералей между ними. Однако при ускорении кровообращения время нахождения минеральных веществ в сосудах уменьшается. В предыдущих работах [6, 7] с помощью меченых остеотропных соединений показано, что они накапливаются в слабоминерализованных тканях. Усвоение находится в прямой зависимости от уровня кальция в тканях. Остеотропные меченые соединения накапливаются в костном межклеточном пространстве, окружая сеть вновь образовавшихся капилляров, и на прилежащих поверхностях остеоида. Определенное значение имеет и большая поверхность кристаллов фосфата кальция. Увеличение поверхности является результатом образования незрелого апатита, то есть с до конца не сформированной кристаллической решеткой. По мере завершения костеобразования включение минералов уменьшается [3, 10]. Вот почему использованный нами метод фотонной абсорбциометрии позволял контролировать активность репаративного процесса и, следовательно, важен с

клинической точки зрения.

Состояние кровообращения влияет и на образование электрического потенциала кости, необходимого для отложения солей. Он создается следующим образом. Белки стенки капилляров и протекающей крови обладают свойством полупроводимости. В капиллярах растущей кости заряд отрицательный. В месте перехода артерий в вены - положительный. Венулы каналов остеона также заряжены положительно [5, 10]. В процессе микроциркуляции формируется электрохимический потенциал электронной проводимости. Ускоренный кровоток при росте кости повышает потенциал до значений, при которых возможна преципитация солей. Поэтому в зоне венозной части капилляра образуется очаг кальцификации. Роль инициальных факторов играют также пептиды костного коллагена, богатые отрицательно заряженными аминокислотами, и органический фосфор, которые отсутствуют в коллагене мягких тканей. В месте соединения гидроксиапатита и коллагена также образуется электрический потенциал. Кристаллы начинают функционировать как пьезоэлектрические датчики, усиливающие отложение солей. Электрические потенциалы оказывают влияние на движение ионов и заряженных молекул [10]. В позвоночнике обычно не видна отчетливо выраженная "зона роста", так как регенерация идет одновременно на всей поверхности.

В процессе удлинения позвонков стало ясно, что растяжение тканей является своеобразным длительно действующим стрессором, гормональный эффект от которого наиболее обстоятельно впервые изучен в лаборатории радионуклидной диагностики РНЦ "ВТО" [7]. Деминерализации обычно способствует повышенная концентрация паратгормона, а образованию новой кости - соматотропина и кальцитонина. Таким образом, процесс регенерации ткани позвонков проходит при вовлечении в процесс многочисленных систем организма, изучение реакции которых является задачей наших дальнейших исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Свешников А.А. Содержание минеральных веществ в позвоночнике и возможность переломов // Ортопед., травматол. - 1988. - № 11 - С. 76-78.
2. Свешников А.А. Возрастные изменения плотности минеральных веществ в костях конечностей и позвоночника здорового человека // Проблемы и методы возрастной физиологии: Материалы Всесоюз. симпозиума. - Баку, 1987. - С. 187-188.
3. Свешников А.А., Кирсанов К.П., Обанина Н.Ф. Изменение содержания минеральных веществ в поясничном отделе позвоночника при удлинении одного из позвонков // Новое в лечении заболеваний и повреждений скелета: Материалы республ. науч.-практ. конф. - СПб, 1994. - Ч. 1. - С. 85-86.
4. Худяев А.Т., Свешников А.А., Обанина Н.Ф. Изменение содержания минеральных веществ в позвоночнике при лечении застарелых травм аппаратом наружной фиксации // Современные проблемы медицины и биологии: Материалы XXX обл. науч.-практ. конф. - Курган, 1998. - С. 140-141.
5. Свешников А.А., Обанина Н.Ф., Меньщикова Т.И. Содержание минеральных веществ в телах поясничных позвонков в процессе их удлинения // Материалы XXX областной науч.-практ. конф. - Курган, 1998. - С. 141-142.
6. Свешников А.А. Остеопороз: проблема профилактики переломов // Гений ортопедии. - 2000. - № 2. - С. 1-7.
7. Свешников А.А. Материалы к разработке комплексной схемы коррективки функционального состояния внутренних органов при чрескостном остеосинтезе // Гений ортопедии. - 1999. - № 1. - С. 48-53.
8. Hansson T., Roos B. The influence of age, height and weight on the bone mineral content of lumbar vertebrae // Spine. - 1980. - Vol. 5. - P. 545-551.
9. Hansson T., Roos B. The Relation between bone mineral content, experimental compression fractures and disk degeneration in lumbar vertebrae // Spine. - 1981. - Vol. 6. - P. 147-153.
10. Physical activity and bone density / H. J. Montoye, J.F. McCabe, H.L. Metzner, S.H. Gam // Human Biology. - 1976. - Vol. 48. - P. 599-610.

Рукопись поступила 26.01.01.