

асп. Черевиченко В.А., д.в.н. Анников В.В., асп. Хапрова Т.С.,<sup>1</sup>  
к.т.н. Родионов И.В.<sup>2</sup>

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова<sup>1</sup>  
Саратовский государственный технический университет<sup>2</sup>

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНО-ЦИФРОВОГО СПОСОБА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ БОЛЬНЫХ ОСТЕОМИЕЛИТОМ ЖИВОТНЫХ НА ФОНЕ ЦИТОКИНОВОЙ ИММУНОКОРРЕКЦИИ И БЕЗ НЕЁ**

### **Введение**

Установлено, что при травматических и воспалительных заболеваниях костей происходят существенные изменения в минерализации костной ткани поражённой конечности, начиная уже с первых дней развития патологического процесса [5]. На сегодняшний день известно несколько методов определения степени минерализации костной ткани: химический анализ биоптата костной ткани, «визуальная биопсия», заключающаяся в определении количества минеральных солей в костной ткани по рентгенограммам [5], ультразвуковая денситометрия [3]. Но эти методы являются либо трудоёмкими и не всегда выполнимыми, как, например, химический анализ, либо предполагают наличие погрешностей в результатах («визуальной биопсии»), либо дорогими и требуют наличие специального оборудования (ультразвуковая денситометрия).

Не так давно стал известен программно-цифровой способ определения оптической плотности костной ткани [2]. Суть его заключается в измерении яркости участков рентгенограммы с помощью функции Histogram программы обработки фотоизображений Adobe Photoshop CS2. Данный метод был несколько модифицирован и весьма успешно использован для оценки оптической плотности бедренных костей при рахите собак [4]. Между тем, хотелось бы отметить, что подобных исследований костей, поражённых остеомиелитом, не проводилось. Что и послужило предметом наших научных изысканий.

**Целью** настоящего исследования явилась оценка оптической плотности и степени минерализации костей больных экспериментальным остеомиелитом животных до и после лечения.

### **Методика исследования**

Модель хронического остеомиелита получали по известной методике [1] на 15 кроликах породы нидерландская красная. После получения классической картины хронического остеомиелита больным экспериментальным остеомиелитом животным проводили комплексную терапию, включающую в себя внутримышечное введение антибиотика цефазолина в дозе 10 тыс. ЕД на кг живого веса, 2 раза в сутки, 10 дней подряд и цитокинового препарата «Ронколейкин» по 20 тыс. МЕ на кг живого веса, подкожно, 1 раз в день, на 1, 2, 4 и 6 сутки терапии.

В ходе научных исследований нами были проанализированы 15 рентгенограмм правых большеберцовых костей кроликов опытной и контрольной групп на 21-е, 45-е сутки от начала моделирования остеомиелитического процесса и на 45-е сутки после курса терапии. Для оценки степени минерализации костной ткани при остеомиелите проводили программную обработку оцифрованных рентгеновских снимков костей больных и здоровых животных. При этом определяли яркость зоны поражения, кортикального слоя, губчатого вещества и участков мягких тканей, находящихся в непосредственной близости от исследуемых зон. Затем рассчитывали по нижеприведённым формулам коэффициенты минерализации и окостенения.

$$x = \frac{Xa_1 - Xa_0}{X_1 - X_0}, \text{ где}$$

$x$  – коэффициент минерализации зоны поражения кости больных остеомиелитом кроликов;

$X_0$  – яркость участка мягких тканей здоровых животных в непосредственной близости от зоны поражения, (пк);

$X_1$  – яркость участка зоны предполагаемого поражения здоровых животных, (пк);

$X_{a_0}$  – яркость мягких тканей больных остеомиелитом животных в непосредственной близости от зоны поражения, (пк);

$X_{a_1}$  – яркость участка зоны поражения больных остеомиелитом животных, (пк).

$$y = \frac{Ya_1 - Ya_0}{Y_1 - Y_0}, \text{ где}$$

$y$  – коэффициент минерализации кортикального слоя больных остеомиелитом животных;

$Y_0$  – яркость участка мягких тканей здоровых животных в непосредственной близости от кортикального слоя, (пк);

$Y_1$  – яркость участка кортикального слоя у здоровых животных, (пк);

$Ya_0$  – яркость участка мягких тканей больных остеомиелитом животных в непосредственной близости от кортикального слоя, (пк);

$Ya_1$  – яркость участка кортикального слоя больных остеомиелитом животных, (пк).

$$z = \frac{Za_1 - Za_0}{Z_1 - Z_0}, \text{ где}$$

$z$  – коэффициент минерализации губчатого вещества кости больных остеомиелитом кроликов;

$Z_0$  – яркость участка мягких тканей здоровых животных в непосредственной близости от губчатого вещества кости, (пк);

$Z_1$  – яркость участка губчатого вещества кости у здоровых животных, (пк);

$Za_0$  – яркость участка мягких тканей больных остеомиелитом животных в непосредственной близости от губчатого вещества, (пк);

$Za_1$  – яркость участка губчатого вещества больных остеомиелитом животных, (пк).

$$\gamma = \frac{x + y + z}{3}, \text{ где}$$

$\gamma$  – коэффициент окостенения;

$x$  – коэффициент минерализации зоны поражения кости больных остеомиелитом кроликов;

$y$  – коэффициент минерализации кортикального слоя больных остеомиелитом животных;

$z$  – коэффициент минерализации губчатого вещества кости больных остеомиелитом кроликов.

### Результаты исследования и их анализ

Полученные результаты представлены в таблицах №1 и №2.

Таблица №1

Оптическая плотность различных зон правых большеберцовых костей животных контрольной и опытной групп (пк), (n=15)

Сроки исследования	Зона поражения	Кортикальный слой	Губчатое вещество	Мягкие ткани
Опытная группа				
21-е сутки моделирования	171,89	170,45	171,22	144,63
45-е сутки моделирования	144,42	146,17	148,42	115,09
45-е сутки после терапии	196,33	211,44	194,01	160,15
Контрольная группа				
	216,01	324,02	234,67	211,56

Таблица №2

Степень минерализации и коэффициент окостенения опытной группы (n=10)

Сроки исследования	Коэффициент минерализации			Коэффициент окостенения
	Зона поражения	Кортикальный слой	Губчатое вещество	
21-е сутки моделирования	6,13	0,23	1,16	2,51
45-е сутки моделирования	6,59	0,28	1,46	2,78
45-е сутки после терапии	8,06	0,46	1,48	3,33

Анализируя данные проведённых нами исследований, можно отметить, что в ранние сроки развития патологического процесса (21-е сутки), когда на рентгенограммах структурные изменения оставались незамеченными, программно-цифровой метод обработки позволил выявить снижение оптической плотности костной ткани во всех исследуемых зонах, и особенно в области кортикального слоя (в 1,9 раза), по сравнению с оптической плотностью аналогичных зон костей животных контрольной группы. Кроме того, была выявлена тенденция к стойкому снижению содержания минеральных солей в поражённой кости в стадии хронизации процесса. К 45-м суткам эксперимента в зоне поражения и губчатом веществе оптическая плотность снижалась в 1,5 раза, а в кортикальном слое – в 2,2 раза.

После проведённого нами курса терапии, по мере выздоровления животных, наблюдалось повышение оптической плотности и степени минерализации большеберцовых костей во всех исследуемых зонах до значений, приближающихся к контрольным. Вместе с тем, степень минерализации возрастала в 1,3 раза в зоне поражения и губчатом веществе, а в кортикальном слое – в 2 раза. Коэффициент окостенения также изменялся, и уже к окончанию срока наблюдения составил 3,33. Это позволяет нам сделать заключение о процессе регенерации костной ткани.

Таким образом, можно сделать **выводы**:

1. Программно-цифровой способ оценки степени минерализации костной ткани является объективным в сравнении с обзорной рентгенографией, и может быть использован в качестве дополнительного метода при интерпретации результатов рентгенологического исследования.

2. Данный способ позволяет определять оптическую плотность и степень минерализации костной ткани при остеомиелите, устанавливать степень и давность течения воспалительного процесса в кости, а также выявлять в раннем периоде болезни изменения, которые визуально на рентгенограммах не обнаруживаются.

## Список литературы

1. Кошкин, В. И. К методике получения экспериментального остеомиелита / В. И. Кошкин, В. И. Нагибин // Экспериментальная хирургия и анестезиология. – 1970. – № 3. – С. 49 – 51.
2. Программно-цифровой способ определения степени сращения переломов костей: Пат. 2255656 Рос. Федерация: С2 7 А61В6/00 / Слободской А.Б.; заявитель и патентообладатель Слободской А.Б. - №2003109143/14; заявл. 2003.03.31; опубл. 2005.07.10. – 3 с.
3. Способ диагностики степени выраженности вибрационной болезни: Пат. 2194451 Рос. Федерация: С1 7 А61В8/00 / Вербовой А.Ф., Косарев В.В., Цейтлин О.Я.; заявитель и патентообладатель Самарский государственный медицинский университет. - № 2001114945/14; заявл. 2001.05.31; опубл. 2002.12.20. – 2 с.
4. Хапрова Т.С., Анников В.В. // Методика оценки плотности костной ткани при рахите собак. Актуальные вопросы аграрной науки и образования. Материалы Международной научно-практической конференции. Ульяновск, ГСХА, 2008, т.3. С. 140 – 141.
5. Хлыстов В.А. Об изучении содержания минеральных солей в костной ткани при остеомиелите / В.А. Хлыстов // Вестник рентгенологии и радиологии. – 1970. - №3. С. 21 – 24.