Министерство науки и высшего образования РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт фундаментальной биологии и медицины
Кафедра физиологии человека и животных

Программа обучения: «Физиология человека и животных»
по направлению подготовки: 06.04.01 – Биология

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ КОСТНОЙ ТКАНИ У КРЫС В УСЛОВИЯХ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОГО ВЫВЕШИВАНИЯ

Работа завершена:
"21" мая 2019 г. _____ (Н. Ф. Ахметов)

Научный руководитель
доцент,
канд. биол. наук, доц.

"21" мая 2019 г. _____ (Т. В. Балтина)

Работа допущена к защите:

Заведующий кафедрой
д-р биол. наук, проф.
"21" мая 2019 г. _____ (Г. Ф. Ситдикова)

Казань – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 5

1.1 Строение и физиология костей 5

1.2 Изменения в костной массе, геометрии и прочности костей космонавтов во время космического полета 13

1.3 Изменения в метаболизме кальция во время космического полета 18

1.4 Обратимость потерь скелетной массы при возвращении в условия Земной гравитации 21

1.5 Влияние микрогравитации на кости животных 25

1.6 Модель антиортостатического вывешивания 28

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 32

2.1 Объект исследования и экспериментальные группы 32

2.2 Испытания бедренной кости крыс на прочность 33

2.3 Спектральный анализ бедренной кости крыс на СЭМ 35

2.4 Вычисление тензора анизотропии для бедренной кости крыс 36

3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ 47

ВЫВОДЫ 56

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 57

ВВЕДЕНИЕ

Хорошо известно, что воздействие микрогравитации вызывает значительные изменения во многих биологических системах, главным образом в мышечно-скелетной, вследствие снятия гравитационной нагрузки [Hawkey, 2003]. Со времени первых длительных космических полетов была зарегистрирована значительная потеря кальция и костной массы у космонавтов, что представляет огромную опасность для здоровья, в частности, из-за повышенного риска переломов и преждевременного остеопороза в более позднем возрасте [Droppert, 1990; Cavanagh *et al*., 2005; Hughes-Fulford, 2011]. Действительно, человеческий скелет развивается на Земле под действием силы тяжести, которая приводит к поддержанию баланса в метаболизме кальция и нормальной механической нагрузочной среде кости [Keller, Strauss, 1993]. Следовательно, экспозиция в новой среде с низкой силой тяжести во время длительного космического полета нарушает гомеостаз кости в скелете, вызывая ремоделирование структуры кости и высвобождение кальция со скоростью, которая почти в 10 раз выше, чем у женщин в постменопаузе [Iki *et al*., 1996; Sirola *et al*., 2003]. Эта адаптация к микрогравитации приводит к ослаблению скелета, с более высоким риском переломов и потенциальным долгосрочным риском для здоровья космонавтов по возвращении на Землю [Droppert, 1990; Cavanagh *et al*., 2005; Hughes-Fulford *et al*, 2006]. По этим причинам были тщательно изучены физиологические изменения в костях у космонавтов во время космического полета [Parfitt, 1981; Heer, 2002; Cavanagh *et al*., 2005; Baecker *et al*., 2010]. В подобных работах для оценки изменений в костях в условиях микрогравитации обычно используются такие характеристики, как минеральная плотность костной ткани, содержание кальция и фосфора в костях, а также жесткость и прочность кости. Данные характеристики не способны дать ответ на вопрос, какие изменения в костях происходят на структурном уровне, для чего в данной работе помимо использования

стандартных вышеописанных характеристик были описаны изменения пространственной ориентации пор в кости при антиортостатической разгрузке крыс.

Целью работы была оценка изменений механических, структурных и химических свойств бедренных костей крыс при антиортостатической разгрузке. В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Выявление изменений в структурных свойствах бедренных костей при антиортостатической разгрузке с использованием компьютерных алгоритмов обработки фотографий КТ.
2. Определение вклада минерального состава бедренной кости, а также ее структуры в изменения ее механических свойств.
3. Оценка изменений в прочности, гибкости и пористости бедренных костей при антиортостатической разгрузке.

Работа выполнена на кафедре физиологии человека и животных Института фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета.

ВЫВОДЫ

1. При антиортостатической разгрузке у крыс происходит уменьшение жесткости и прочности в бедренных костях.
2. Химический состав костной ткани (содержании кальция и фосфора) в бедренной кости в условиях антиортостатического вывешивания изменяется не значительно.
3. Для гравитационной разгрузки на сроках вплоть до 30-35 суток происходит интенсивный рост в радиальном направлении костной ткани. При этом пористость значительно не изменяется, что объясняется увеличением количества ткани и пор одновременно.
4. Вклад в изменение механических характеристик в значительной степени вносит структура ткани, а именно объемное распределение в ней сети кровеносных сосудов.
5. Разработанный в рамках данного исследования программный модуль обработки фотографий костей, полученных на компьютерном томографе, позволяет эффективно оценивать структурные изменения в костной ткани.