

ПРОЧНОСТЬ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ БЕЛЫХ КРЫС РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА ПРИ НАНЕСЕНИИ ДЫРЧАТОГО ДЕФЕКТА БОЛЬШЕБЕРЦОВЫХ КОСТЕЙ

Сак Н.Н.

Харьковская государственная академия физической культуры

Сак Н.Н. Прочность плечевой кости белых крыс различного возраста при нанесении дырчатого дефекта большеберцовых костей // Украинський морфологічний альманах. – 2012. – Том 10, №2. – С. 196-198.

В эксперименте исследовали механическую прочность костей скелета белых крыс различного возраста при нанесении сквозного дырчатого дефекта в большеберцовой кости при сохранении функциональной нагрузки, а также возможности коррекции выявленных отклонений кверцетином.

Установили, что условия эксперимента оказывают негативное влияние на прочность плечевых костей подопытных животных. Это проявляется увеличением удельной стрелы прогиба и снижением значений разрушающего момента, предела прочности, модуля упругости и минимальной работы разрушения кости. У неполовозрелых крыс прочность плечевых костей снижается в первую очередь за счет показателей, характеризующих кость как материал, прочность кости как конструкции снижается лишь за счет показателей, характеризующих состояние минерального компонента. После 30 дня наблюдения выявленные отклонения полностью сглаживаются. У животных репродуктивного и старческого возраста в условиях эксперимента понижается прочность плечевых костей и как конструкции, и как материала. Признаки снижения прочностных характеристик сохраняются вплоть до 90 дня наблюдения, у крыс старческого возраста в большей степени, чем у животных репродуктивного возраста. Внутривенное введение биофлавоноида кверцетин в терапевтической дозировке сглаживает выявленные отклонения.

Ключевые слова: белые крысы, кости скелета, прочность, костный дефект, кверцетин.

Сак Н.М. Міцність плечової кістки білих щурів різного віку при нанесенні дірчатого дефекту великогомілкових кісток // Український морфологічний альманах. – 2012. – Том 10, №2. – С. 196-198.

В експерименті досліджували механічну міцність кісток скелету білих щурів різного віку при нанесенні наскрізного дірчатого дефекту у великогомілкової кістки зі збереженням функціонального навантаження, а також можливості корекції визначених відхилень кверцетином.

Встановили, що умови експерименту оказують негативний вплив на міцність плечових кісток піддослідних тварин. Це проявляється збільшенням питомої стріли вигину та зниженням значень руйнівного моменту, межі міцності, модуля пружності і мінімальної роботи руйнування кістки. У статевонезрілих щурів міцність плечових кісток знижується в першу чергу за рахунок показників, що характеризують кістку як матеріал, міцність кістки як конструкції знижується лише за рахунок показників, що характеризують стан мінерального компоненту. Після 30 днів спостереження визначені відхилення повністю згладжуються. У тварин репродуктивного та старчого віку в умовах експерименту знижується міцність плечових кісток як конструкції, так і матеріалу. Ознаки зниження міцнісних характеристик зберігаються до 90 днів спостереження, в щурів старчого віку більшого мірою, ніж у тварин репродуктивного віку. Внутрішньополункове введення биофлавоноида кверцетин в терапевтичному дозуванні згладжує визначені відхилення.

Ключові слова: білі щури, кістки скелету, міцність, кістковий дефект, кверцетин.

Sak N.N. Humerus strength in white rats of various ages on background of perforation of tibia // Український морфологічний альманах. – 2012. – Том 10, №2. – С. 196-198.

In experiment, we studied a mechanical strength of humeri in white rats of various age on background of perforation of tibia with retained functional load and possibility of correction of deviations determined with Quercetin.

We found out that experimental conditions have negative effect on humeri in experimental animals. It was shown as specific bending deflection increase and decreased values of destruction moment, strength range, elasticity modulus and minimum destruction work of a bone. In immature rats strength of humerus decreases first of all due to parameters characterizing a bone as material, constructional strength of the bone decreases only due to the parameters characterizing a state of a mineral component. After 30 days of observation, the determined deviations return to baseline values completely. In adult and old animals under experimental conditions, strength of humerus both as constructions, and as stuff reduced. Decrease of strength characteristics retained up to 90th day of observation, more expressed in old rats and less in reproductive animals. Intra-gastric introduction of bioflavonoid Quercetin in a therapeutic dosage reduces the deviations determined.

Key words: white rats, bones, bone strength, bone defect, Quercetinum.

Установлено, что при нанесении сквозного дырчатого дефекта в метадиафизарной области длинных трубчатых костей наряду с интенсивными процессами формирования регенерата изменяются темпы роста и минеральная насыщенность всех костей скелета [1-3]. Однако, сведений о том, как изменяется механическая прочность костей скелета в этих условиях у биологических объектов различного возраста нет.

Цель данной работы: исследовать прочностные характеристики плечевых костей белых крыс различного возраста при нанесении сквозного дырчатого дефекта в большеберцовой кости при сохранении функциональной нагрузки, а также обосновать возможности коррекции выявленных отклонений биофлавоноидом кверцетином.

Материалы и методы исследования. Эксперимент был проведен на 252 беспородных белых крысах, распределенных на 3 возрастных группы: неполовозрелых (с исходной массой 40-45 г), половозрелых (130-140 г) и периода выраженных старческих изменений (300-315 г). В качестве контроля использовали интактных животных (1-ая

группа). Остальным крысам под эфирным масочным наркозом стандартным стоматологическим бором диаметром 2 мм наносили сквозной дефект на границе проксимального метафиза и диафиза большеберцовых костей. Поскольку переднезадний размер большеберцовой кости в этой области составляет не менее 3 мм, манипуляция не сопровождалась нарушением целостности костного органа и создавались условия для сохранения функциональной нагрузки (2-ая группа) [4]. Часть животных внутривенно через зонд получала кверцетин ежедневно в дозировке аналогичной 3 г для человека (3-я группа) [5]. Все манипуляции на животных выполняли в соответствии с правилами Европейской конвенции защиты позвоночных животных, использующихся в экспериментальных и других научных целях [6]. По истечении сроков эксперимента (7, 15, 30 и 90 дней) животных депитировали под эфирным наркозом, выделяли и скелетировали плечевые кости. Биомеханические характеристики плечевой кости определяли при изгибе на универсальной нагрузочной машине Р-0.5 со скоростью нагружения 0,25 мм/мин до раз-

рушения. Рассчитывали удельную стрелу прогиба, предел прочности, модуль упругости, работу разрушения [7, 8]. Полученные цифровые данные обрабатывали методами вариационной статистики с использованием прикладного пакета Statistica 5.11 for Windows.

Результаты и их обсуждение. Оценку полученных данных проводили при обязательном сравнении с аналогичными показателями одновозрастных интактных животных.

У неполовозрелых интактных крыс прочность плечевых костей при изгибающей деформации в ходе наблюдения (с 7 по 90 дни) интенсивно возрастала. Так, за время наблюдения величина удельной стрелы прогиба уменьшилась с $14,37 \pm 0,60$ НмкМ до $5,68 \pm 0,09$ НмкМ. Значения разрушающего момента, предела прочности, модуля упругости и минимальной работы разрушения при этом возрастали соответственно с $44,20 \pm 1,87$ НмМ до $98,21 \pm 2,60$ НмМ, с $66,18 \pm 2,29$ ГПа до $110,87 \pm 3,30$ ГПа, с $3,25 \pm 0,09$ ГПа до $4,65 \pm 0,31$ ГПа и с $28,33 \pm 0,73$ мДж до $49,52 \pm 3,21$ мДж.

У крыс репродуктивного возраста прочность плечевых костей при изгибающей деформации продолжала увеличиваться, но менее значительно, чем у неполовозрелых животных. Значение удельной стрелы прогиба в ходе наблюдения постепенно понижалось с $5,70 \pm 0,11$ НмкМ до $3,47 \pm 0,15$ НмкМ, а значения разрушающего момента, предела прочности, модуля упругости и минимальной работы разрушения продолжали увеличиваться соответственно с $104,78 \pm 0,94$ НмМ до $178,93 \pm 8,14$ НмМ, с $116,32 \pm 3,81$ ГПа до $165,82 \pm 7,11$ ГПа, с $4,92 \pm 0,25$ ГПа до $5,42 \pm 0,12$ ГПа и с $59,47 \pm 2,16$ мДж до $93,86 \pm 2,96$ мДж.

Наконец, у животных старческого возраста значения удельной стрелы прогиба в ходе наблюдения колебались в пределах 2,26-2,74 НмкМ, разрушающего момента – в пределах 218,93-247,50 НмМ, а минимальной работы разрушения – в пределах 105,69-113,18 мДж. В то же время, показатели предела прочности и модуля упругости постепенно понижались соответственно с $169,96 \pm 8,27$ ГПа до $149,50 \pm 10,68$ ГПа и с $5,91 \pm 0,24$ ГПа до $4,79 \pm 0,35$ ГПа. Это свидетельствует об ухудшении прочностных свойств кости как материала (за счет как органического, так и минерального компонента) и является проявлением возрастзависимого остеопороза.

Нанесение сквозного дырчатого дефекта большеберцовой кости сопровождалось снижением прочности плечевых костей при изгибе. При этом у неполовозрелых крыс величины удельной стрелы прогиба и разрушающего момента в ходе наблюдения достоверно не изменялись, а минимальная работа разрушения была ниже контрольных показателей в период с 7 по 30 дни эксперимента соответственно на 11,81%, 21,55% и 10,17% ($p > 0,05$).

Такие отклонения свидетельствуют об уменьшении прочности кости как конструкции за счет качественных свойств лишь минерального компонента [9]. К 90 дню выявленные отклонения полностью нивелируются.

Предел прочности и модуль упругости – показатели, характеризующие в первую очередь состояние кости как материала, у неполовозрелых животных были ниже контрольных значений в период с 7 по 30 дни соответственно на 9,68% ($p > 0,05$), 11,56% и 8,60% и на 11,30%, 13,32% и 10,62%.

У крыс репродуктивного возраста нанесение

сквозного дырчатого дефекта большеберцовых костей сопровождалось снижением прочности плечевой кости и как конструкции, и как материала. Значение удельной стрелы прогиба к 7 дню эксперимента было меньше контрольных показателей на 18,26%, а к 15 и 30 дням превосходило их соответственно на 8,07% ($p > 0,05$) и 16,03% ($p > 0,05$). Минимальная работа разрушения во все установленные сроки эксперимента была меньше аналогичных значений интактных животных соответственно на 18,84%, 19,46%, 16,64% и 8,65% ($p > 0,05$). В то же время, величина предела прочности также во все установленные сроки эксперимента была меньше контрольных значений 7,8% ($p > 0,05$), 14,07%, 12,7% и 9,88% ($p > 0,05$), а модуль упругости был ниже показателей интактных животных к 15 и 30 дням – на 14,77% и 11,40%.

Такие отклонения свидетельствуют о том, что в условиях эксперимента у животных репродуктивного возраста механическая прочность плечевых костей как конструкции, так и материала снижается. На 7 день, наряду со снижением прочности, наблюдается и возрастание хрупкости кости (снижение значения удельной стрелы прогиба). К 90 дню наблюдения намечается тенденция к сглаживанию выявленных отклонений.

В том случае, когда дефект большеберцовых костей наносили крысам старческого возраста, минимальная работа разрушения и разрушающий момент плечевых костей также были меньше контрольных значений в период с 15 по 90 дни эксперимента соответственно на 12,04%, 18,87% и 13,14% и на 6,00% ($p > 0,05$), 13,96% и 7,80% ($p > 0,05$). При этом величина удельной стрелы прогиба достоверно не отличалась от показателей интактных животных, но во все установленные сроки эксперимента превосходила их соответственно на 5,79%, 4,95%, 14,22% и 3,41%.

Величина предела прочности в этих условиях была ниже контрольных значений во все установленные сроки наблюдения соответственно на 10,60%, 13,29%, 11,79% и 7,20%, а модуль упругости – на 13,57%, 16,55%, 16,52% и 14,57%.

Выявленные отклонения свидетельствуют о том, что в условиях эксперимента у животных старческого возраста механическая прочность плечевых костей также снижается – и как конструкции, и как материала. К 90 дню наблюдения снижение прочности плечевых костей сохраняется.

Внутрижелудочное применение кверцетина в терапевтической дозировке сглаживало негативное влияние условий эксперимента. В первую очередь это проявлялось в нивелировании потери прочности костей. У неполовозрелых крыс при сравнении с показателями интактных животных снижение прочности костей не достигало границ доверительного интервала. Сравнение с показателями 2-ой группы (нанесение дефекта без применения кверцетина) показало, что в период с 7 по 15 дни показатели 3-ей группы были несколько больше их, однако границ достоверности достигало лишь увеличение минимальной работы разрушения к 15 дню эксперимента – на 15,28%.

У крыс репродуктивного возраста внутрижелудочное применение кверцетина сглаживало негативное влияние условий эксперимента, но в меньшей степени, чем у неполовозрелых крыс. Так, значение удельной стрелы прогиба к 7 дню эксперимента было на 12,87% ниже показателей 1-й

группы, а к 30 дню превосходило их на 16,22%. Разрушающий момент в этих условиях достоверно не изменялся, а минимальная работа разрушения малодостоверно была меньше показателей 1-й группы в период с 7 по 30 дни – соответственно на 12,31%, 10,18% и 11,20%. Следует отметить, что значение работы разрушения кости достоверно превосходило показатели 2-й группы к 15 и 90 дням – на 11,53% и 6,13%. Величина предела прочности изменялась более значимо: она была меньше показателей 1-ой группы в период с 7 по 30 дни эксперимента соответственно на 12,23%, 13,33% и 9,19% ($p > 0,05$). Значение же модуля упругости было меньше показателей 1-ой группы в период лишь к 30 дню эксперимента - на 10,04%.

Таким образом, применение кварцетина у животных репродуктивного возраста в условиях нанесения дефектов большеберцовых костей в значительной степени сглаживает негативное влияние условий эксперимента на прочность плечевых костей, что проявляется в меньшей, чем во 2-ой группе, амплитуде отклонений исследуемых показателей и нивелировании выявленных отклонений к 90 дню.

Применение кварцетина у крыс старческого возраста сопровождалось сглаживанием нарушений прочности плечевых костей. Удельная стрела прогиба малодостоверно превосходила показатели 1-й группы с 15 дня эксперимента соответственно на 7,13%, 13,96% и 5,37%, а минимальная работа разрушения была ниже аналогичных показателей 1-й группы в те же сроки - соответственно на 12,04% ($p < 0,05$), 13,36% и 5,79%, что меньше по амплитуде, чем во 2-ой группе. Следует отметить, что минимальная работа разрушения кости превосходила показатели 2-й группы к 15 и 90 дням эксперимента – на 6,93% и 8,93%.

Показатели, характеризующие прочность кости как материала, изменялись более значительно, однако и в этом случае амплитуда отклонений была в целом меньше, чем во 2-ой группе. Предел прочности был малодостоверно меньше аналогичных показателей группы интактных животных во все установленные сроки эксперимента соответственно на 8,81%, 10,60%, 6,28% и 7,70%, а модуль упругости – соответственно на 17,47% ($p < 0,05$), 14,60%, 12,56% и 11,36%.

Таким образом, внутрижелудочное введение кварцетина белым крысам старческого возраста на фоне нанесения дефектов в большеберцовых костях также в значительной степени сглаживает негативное влияние условий эксперимента на прочность плечевых костей, что проявляется в меньшей, чем во 2-ой группе, амплитуде отклонений исследуемых показателей. Показатели, характеризующие состояние кости как конструкции (удельная стрела прогиба, минимальная работа разрушения кости), корректируются в большей степени, чем показатели, характеризующие прочность кости как материала. К 90 дню наблюдения выявленные отклонения до конца не сглаживаются.

Заключение. Проведенные исследования позволяют утверждать, что нанесение сквозного дырчатого дефекта в большеберцовой кости сопровождается снижением механической прочности плечевых костей при изгибе. У неполовозрелых крыс прочность плечевых костей снижается в первую очередь за счет показателей, характеризующих прочность кости как материала, прочность кости как конструкции снижается лишь за счет показателей, характеризующих

состояние минерального компонента. После 30 дня наблюдения выявленные отклонения полностью сглаживаются. У животных репродуктивного и старческого возраста в условиях эксперимента понижается прочность плечевых костей и как конструкции, и как материала. Признаки снижения прочностных характеристик сохраняются вплоть до 90 дня наблюдения, у крыс старческого возраста в большей степени, чем у животных репродуктивного возраста.

Внутрижелудочное применение биофлавоноида кварцетина в терапевтической дозировке в значительной степени сглаживает выявленные отклонения. Наиболее эффективно применение кварцетина у неполовозрелых крыс, наименее – у животных периода выраженных старческих изменений.

Перспективы дальнейших исследований. С целью подтверждения выдвинутых предположений будет проведено гистологическое и химическое исследование плечевых костей подопытных животных.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лузин В.И., Ивченко В.К., Ивченко Д.В., Скоробогатов А.Н., Глущенко Р.Н. Особенности продольного роста длинных трубчатых костей при имплантации блоков «Остеопатита керамического-015» в метадиафизарную зону // Травма. – 2006. – Том 7, №4. – С.332-334.
2. Лузин В.И., Ивченко В.К., Ивченко Д.В., Скоробогатов А.Н., Лубенец А.А. Особенности продольного роста длинных трубчатых костей при имплантации в метадиафизарную зону «Остеопатита керамического – 015» с различным содержанием марганца // Український морфологічний альманах. – 2006. - Том 4, №2. – С. 108-111.
3. Лузин В.И., Прочан В.Н. Рост и формирование костей скелета белых крыс при нанесении дырчатого дефекта большеберцовых костей на различных этапах постнатального онтогенеза // Український морфологічний альманах. – 2008. – Том 6, №4. – С. 69-74.
4. Лузин В.И., Ивченко Д.В., Панкратьев А.А., Скоробогатов А.Н., Самойленко А.А. Методика моделирования костного дефекта у лабораторных животных // Український медичний альманах. – 2005. – Том 8, №2 (додаток). – С. 162.
5. Рыболовлев Ю. Р., Рыболовлев Р. С. Дозирование веществ для млекопитающих по константе биологической активности // Доклады АН СССР.- 1979.- Т.247, №6,- С.1513-1516.
6. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purpose: Council of Europe 18.03.1986. - Strasbourg, 1986. - 52 p.
7. Ковешников В.Г., Лузин В.И. Биомеханические методы исследования в функциональной морфологии трубчатых костей // Український морфологічний альманах. – 2003. – Т.1, №2. – С. 46-50.
8. Crenshaw T.D., Peo E.R., Lewis A.J. and Moser B.D. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved // Journal of animal science. - 1981. - Vol. 53, No. 3. – P. 827-835.
9. Радиобиология костной ткани / Л.А.Френкель, Л.З.Калмыков, А.И.Ланько и др.; Под ред. В.И.Шантыря.- М.: Энергоатомиздат, 1986.- 186 с.

Надійшла 15.01.2012 р.
Рецензент: доц. В.М.Волошин