

П.Ф. Переслыцких

ВЫЯВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ, ВЫЗЫВАЮЩИХ АКТИВИЗАЦИЮ РОСТА ВНУТРИКОСТНЫХ СОСУДОВ*Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии СО РАМН (Иркутск)*

Работа посвящена поиску параметров механических колебаний, сокращающих срок врастания сосудов из диафиза в головку бедра. Эксперименты выполнены на 37 хомячках с возраста 15 дней, составивших 9 серий по 3–5 животных в каждой, и заключались в воздействии вибрации на наружную сторону правого бедра. Аппарат «Биовибратор» позволял получать раздельно колебания частотой от 10 до 100 Гц, амплитудой 0,1 мм, что обеспечило наличие сосудов в головке бедра на 23-й день ежедневной 2-минутной вибрации. 8 сеансов этой же работы аппарата «MAVIT», при цикле вибрации 12 с, имеющего переход частот с 20 до 100 Гц и амплитуды с 0,01 до 0,1 мм, также позволили получить врастание сосудов в головку на 23-й день, при сроках появления их у контрольных животных на 25–27-й дни. Таким образом, была найдена возможность активизации роста внутрикостных сосудов при применении вибрации частотой 10 и 20 Гц амплитудой 0,01–0,1 мм в течение 2 минут.

Ключевые слова: бедро, головка, вибрация, активизация ангиогенеза

DISCOVERING THE PARAMETERS OF MECHANICAL VIBRATIONS CAUSING ACTIVITY OF INTRAOSSEOUS VESSELS GROWTH

P.F. Pereslitskikh

Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery SB RAMS, Irkutsk

The work is devoted to the search of the parameters of mechanical vibrations reducing the term of growing-in of vessels from diaphysis into the femoral head. The experiments were performed on 37 hamsters aged from 15 days, divided into 9 series 3–5 animals each. The matter of the experiment was the impact of the vibration of the external side of the right hip. With the help of the device "Biovibrator" we acquired separate vibrations with the frequency from 10 to 100 Hz, amplitude 0.1 mm, which provided availability of vessels in the femoral head on the 23rd day of daily 2-minute vibration. After 8 sessions of the work of "MAVIT" device in the same regime (vibration cycle – 12 sec, transition of frequency – from 20 to 100 Hz, amplitude 0.01–0.1 mm) we could achieve the same results – growing-in of vessels into the head on the 23rd day. In the control group the vessels appeared in the head on 25–27th days. This shows that we have found the opportunity to activate growth of intraosseous vessels applying vibrations with frequency 10 and 20 Hz, amplitude 0.01–0.1 mm and duration 2 minute.

Key words: femur, head, vibration, activation of angiogenesis

Использование физических факторов, активизирующих срастание отломков костей, основано на возможности увеличения их кровоснабжения [4, 7, 8, 11, 12]. Одним из таких факторов является вибромассаж тканей поврежденных сегментов конечности [1], позволяющий увеличить кровообращение в зоне параоссальных тканей. Однако особенности увеличения внутрикостного кровоснабжения требуют дополнительного изучения этого явления, так как применение этого физического фактора в виде направленных механических колебаний нуждается в их дальнейшем изучении на предмет установления параметров, не вызывающих нарушений функций нервно-сосудистых элементов поврежденного сегмента конечности. Это связано с тем, что механические колебания в интервале 1 – 100 Гц не вызывают по данным ряда исследователей патологических изменений со стороны нервно-сосудистых окончаний, мышечной и костно-хрящевой тканей [6], а по данным других авторов колебания 35 Гц и более могут вызывать развитие различных симптомов вибрационной болезни [2, 3, 5, 10] в виде сосудисто-нервных нарушений в зоне действия этих колебаний. Эта совокупность известных данных по этому разделу физических явлений

и их влияния на ткани органов нуждаются в дополнительном уточнении.

В связи с этим была поставлена задача определить параметры механических колебаний, активизирующих развитие внутрикостных сосудов в растущем проксимальном конце бедренных костей, что возможно использовать для стимуляции остеогенеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (Приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755). Эксперименты проведены на 37 золотистых хомячках в возрасте 15 дней после рождения, составивших 9 серий по 3 – 5 животных и заключались в воздействии вибрации на проксимальную поверхность бедра в зоне основания правого большого вертела. Были использованы вибраторы двух типов. Один из них, «Биовибратор», изготовлен на кафедре физики Иркутского технического университета в 2009 г. Его частота колебаний регулируется от 10 до 100 Гц. Шкала аппарата имеет 10 делений, при цене деления 10 Гц. Амплитуда колебаний составляет 0,1 – 0,8 мм.

Масса рабочей головки аппарата равна 80 гр. Потребляемая мощность 3 Вт.

Аппарат УЛП-01 «Елат», свидетельство № 249618, выданное РП РФ изготовлен Елатомским приборным заводом г. Елатья Рязанской области. Зарегистрирован под товарным знаком «МАВИТ», свидетельство № 246493, выданное РП РФ 20.05.03 г. Аппарат автоматически меняет циклы частоты вибрации от 20 до 100 Гц, амплитуду колебаний от 0,01 до 0,1 мм. Общая длительность циклов вибрации 12 с. Масса рабочей головки аппарата равна 30 г, при необходимости используется дополнительный груз весом 50 гр. Мощность, потребляемая устройством из электросети, не более 5 Вт. Экспозиция ежедневной 2-минутной вибрации длилась 8 – 20 дней. Диаметр рабочей поверхности головок вибраторов 9 мм.

27 животным вибрация проводилась аппаратом «Биовибратор» и 10 хомячкам – аппаратом «МАВИТ», при этом у 5 из них использован дополнительный груз весом 50 г, для выявления зависимости активности роста сосудов кости от величины давления на ткани. После окончания опытов проводилась эвтаназия животных парами эфира и затем у них вычленили бедренные кости, с последующей их анатомической и гистологической обработкой.

Анатомическая обработка заключалась в удалении мягких тканей и просмотре головок бедренных костей с помощью лупы при их ярком освещении, на предмет выявления сосудов в зоне хрящевого эпифиза, представленного в этот период жизни хомячков прозрачной массой гиалинового хряща.

Гистологическая обработка включала: фиксацию костей в 10% растворе нейтрального формалина в течение 7 дней, декальцинацию костей, промывку, обезвоживание в спиртах, заливку костей в целлоидин, изготовление блоков, получение продольных срезов препаратов, их окраску гематоксилин-эозином, заключением в канадский бальзам. Просмотр и анализ гистологических срезов должен был подтвердить наличие или отсутствие сосудистых образований в той или иной части эпифиза бедренных костей, выявленных при анатомическом изучении препаратов, а также позволяет измерить площадь микроциркуляторных сетей.

Для доказательства активности воздействия того или иного параметра вибрации на рост сосудов необходимо показать их наличие в растущем проксимальном эпифизе бедренной кости раньше срока, при котором видны сосуды в том же эпифизе интактных костей, например, у контрольных растущих животных, не подвергавшихся действию никаких факторов и у которых сосуды определяются на 25 – 27-й дни после их рождения [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

5 хомячков в возрасте 23 дня после рождения. Проведено 8 сеансов вибрации частотой 10 – 30 Гц амплитудой 0,1 мм (аппарат «Биовибратор») и частоте 20 – 100 Гц амплитудой 0,01 – 0,1 мм (аппарат «МАВИТ») и экспозиции массажа 2 мин.

При анатомическом исследовании бедренных костей под лупой в основании обеих головок каждого животного видны сосудистые почки красного цвета, идущие, как правило, со стороны большого вертела и пересекающие ростковую пластинку.

На гистологических срезах сосудистые почки имеют длину до 200 мкм в опытных головках и до 150 мкм в контрольных этого же животного. Толщина почек около 100 мкм и они лежат в толще хряща на расстоянии 80 – 100 мкм от его суставной поверхности.

5 хомячков в возрасте 24 дня после рождения. Проведено 9 сеансов вибрации при частоте 10 – 40 Гц амплитудой 0,1 мм и частоте 20 – 100 Гц амплитудой 0,01 – 0,1 мм. Экспозиция 2 мин. При анатомическом изучении бедренных костей под лупой в них выявлено увеличение сосудистых образований. На срезах сосудистые сети имеют площадь 600 × 900 мкм в опытных головках и 500 × 600 в одноименных контралатеральных.

9 хомячков в возрасте 25 дней. Проведено 10 сеансов вибрации при частоте 10 – 100 Гц амплитудой 0,1 мм и частотой 20 – 100 Гц амплитудой 0,01 – 0,1 мм и экспозицией 2 минуты. При анатомическом изучении костей у 6 хомячков были выявлены сосудистые сети, лежащие выше проксимальной зоны роста бедренной кости. У 3 хомячков при частоте вибрации 50, 70 и 100 Гц наличия сосудов в головках бедренных костей не выявлено. При гистологическом изучении срезов у 6 хомячков отмечено разрастание сосудистых сетей в опытных головках площадью до 850 × 1700 мкм, в контралатеральных – до 600 × 650 мкм. При этом в зоне микроциркуляции при 20 и 30 Гц отмечено начало формирования остеонидных балочек. При частоте 10 и 40 Гц в зоне микроциркуляции нет формирования балочек, а при частоте 50, 70 и 100 Гц в головках не выявлено сосудов.

Хомячок. Возраст 28 дней. Проведено 13 сеансов вибрации при частоте 100 Гц амплитудой 0,1 мм и экспозиции 2 минуты. При анатомическом изучении в опытной головке выявлена сосудистая сеть площадью 100 × 150 мкм, костных балочек в ней нет.

9 хомячков в возрасте 30 дней. Проведено 15 сеансов вибрации при частоте 10 – 100 Гц амплитудой 0,1 мм и частоте 20 – 100 Гц амплитудой 0,01 – 0,1 мм. При анатомическом изучении головок бедер было установлено, что в их хрящевой ткани расположена микроциркуляторная сеть. На гистологических срезах видно, что в хрящевой ткани расположена сосудистая сеть, в центре которой лежат костные балочки. При этом выраженность формирования сети и костного ядра больше при частоте 10 и 20 Гц и использовании аппарата «Биовибратор», где толщина суставного хряща составляет 300 – 400 мкм, а при применении аппарата «МАВИТ» толщина суставного хряща составляет 350 – 450 мкм. При увеличении частоты вибрации отмечено уменьшение площади костного ядра и сосудистой сети. Например, при частоте 70 Гц сосудистая сеть в опытной головке имеет площадь

0,6 × 1,4 мм, в контрольной — 0,8 × 1,6 мм. При частоте 100 Гц на срезах видна сосудистая сеть площадью 0,2 × 0,3 мм, лежащая в центре хряща основания головок. Костная ткань в головках при этом отсутствует. При использовании аппарата «МАВИТ» в этот срок опытов головки содержат костные ядра площадью до 800 × 1600 мкм и 600 × 1700 мкм.

8 хомячков в возрасте 35 дней. Проведено 20 сеансов вибрации при частоте 10–70 Гц амплитудой 0,1 мм и частоте 20–100 Гц амплитудой 0,01–0,1 мм. При анатомическом изучении головок бедер было установлено, что почти весь их объем при частоте вибрации 10–40 Гц занят костной тканью. При частоте 50 и 70 Гц ее объем уменьшен. Такая же картина видна и при применении аппарата «МАВИТ». На гистологических срезах отмечено наличие костных ядер, занимающих центральную площадь головки и окаймленных суставным хрящом толщиной 150–400 мкм, при частоте вибрации 10–40 Гц. При этом с увеличением частоты возрастает и толщина хряща в обеих головках животного. При частоте 50 Гц на срезах превалирует площадь, занятая хрящом, а участки костной ткани, лежащие в нижней половине эпифиза, имеют площадь от 0,3 × 0,6 мм до 0,7 × 0,8 мм. При частоте 100 Гц на срезах отмечено только наличие сосудистой сети, без формирования в ней костной ткани. На срезах при использовании аппарата «МАВИТ» площадь костной ткани в опытной головке составляет 0,8 × 1,7 мм, в контрольной — 0,7 × 1,7 мм.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики формирования сосудистых образований при морфологическом изучении связи между их появлением и частотой механических колебаний основан на действии тех или иных параметров вибрации на проксимальный конец растущих бедренных костей хомячков. Наиболее раннее появление сосудистых почек из верхнего конца диафиза бедренной кости, затем идущих вдоль боковой поверхности ростковой пластинки и врастающих в хрящ основания эпифизов отмечено на 23-й день после рождения животных, которым начали осуществлять вибрацию со стороны наружной поверхности проксимального конца правого бедра в возрасте с 15-го дня после рождения, при частоте колебаний 10–40 Гц (аппарат «Биовибратор») и частоте 20–100 Гц (аппарат «МАВИТ») амплитудой 0,01–0,1 мм и экспозиции 2 мин. При частоте вибрации 50, 70 и 100 Гц (аппарат «Биовибратор») появление сосудистых образований отмечено после достижения животными 25-дневного возраста, что указывает на отсутствие эффективности роста сосудов при использовании данных параметров вибрации. Для сравнения: появление сосудистых образований у хомячков не подвергавшихся действию вибрации отмечено на 25–27-е сутки после рождения [9]. При этом использование вибрации в течение 20 дней и частоте 10–40 Гц (аппарат «Биовибратор») и частоте 20–100 Гц (аппарат «МАВИТ») стимулирует рост внутрикостных сосудов не только в опытных, но и

в контралатеральных головках бедренных костей. Но при этом в последних стимулирующий эффект снижается через 15 дней после начала вибрации. По-видимому, это связано с ростом костей таза и его связочного аппарата, а также толщины суставного хряща сочленений.

ВЫВОДЫ

Механические колебания частотой 10–40 Гц амплитудой 0,1 мм и их автоматическая последовательность циклов в 20–100 Гц с амплитудой 0,01–0,1 мм в течение 12 с, при экспозиции вибрации 2 мин и 8 ежедневных сеансах позволяет активизировать рост внутрикостных сосудов, которые появляются в головках бедренных костей на 23-й день жизни золотистых хомячков, при наличии сосудов в головках бедер у контрольных животных на 25–27-е дни.

Для активизации ангиогенеза использование частоты вибрации в 50 Гц амплитудой 0,1 мм и более нецелесообразно ввиду отсутствия эффекта стимулирующего рост внутрикостных сосудов, а соответственно и последующего формирования костной ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аникин М.М., Варшавер Г.С. Основы физиотерапии. — М.: Медгиз, 1950. — 712 с.
2. Вибротравма // Большая медицинская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1976. — Т. 4. — С. 54
3. Вибротравма // Малая медицинская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1966. — Т. 2. — С. 239–240.
4. Каплан А.В. и др. О влиянии импульсного электрического тока на репаративный остеогенез // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1980. — № 1. — С. 56–60.
5. Картапольцева Н.В. Исследование вибрационной чувствительности различных участков тела у больных с вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации и больных с профессиональной тугоухостью // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2008. — № 1 (59). — С. 25–28.
6. Кисленко А.К., Веретенников П.Д., Архилев М.А. Влияние виброакустических факторов трудового процесса на организм работника // Вестник Алтайского гос. аграр. ун-та. — 2007. — № 7 (33). — С. 54–58.
7. Лазеры в хирургии. Под ред. О.К. Скобелкина. — М.: Медицина, 1989. — 256 с.
8. Митбрейт И.М. и др. Репаративная регенерация кости под влиянием переменного магнитного поля // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1978. — № 6. — С. 55–64.
9. Переслыцких П.Ф., Родионова Л.В., Кишаш И.Н. Васкуляризация проксимального конца бедренной кости золотистых хомячков // ВСНЦ СО РАМН. — 2006. — № 5. — С. 231–232.
10. Bovenzi M. Medical aspects of the hand-arm vibration syndrome // Int J. Ind. Ergonomics. — 1990. — Vol. 6 (1). — P. 71–73

11. Duarte L.R. The stimulation of bone growth by ultrasound // Arch. orthop. traum. Surg. — 1983. — Vol. 3. — P. 153—159.

12. Tager K. Magnetfeldtherapie nach operativer Knochenbehandlung // Orthop. Prax. — 1982. — Bd. 18. — H. 9. — S. 726—729.

Сведения об авторе

Переслыцких Петр Федорович – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник Научного центра реконструктивной и восстановительной хирургии Сибирского отделения РАМН (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; тел.: 8 (3952) 29-03-69)