

СРАЩЕНИЕ ДЕФЕКТА КОСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАДИАЛЬНОЙ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ УДАРНО—ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Г. И. Герцен, Се—Фей, Р. М. Остапчук, А. В. Лесовой, В. В. Жеребчук

Национальная медицинская академия последипломого образования имени П. Л. Шупика МЗ Украины, г. Киев

THE BONE DEFECT HEALING UNDER THE INFLUENCE OF RADIAL EXTRACORPOREAL SHOCK—WAVE THERAPY IN EXPERIMENT

G. I. Gertsen, Se—Fey, R. M. Ostapchuk, A. V. Lesovoy, V. V. Zhrebchuk

National Medical Academy of Postgraduate Education named after P. L. Shupyk of Ministry of Health of Ukraine, Kiev

В многочисленных исследованиях отмечена эффективность ЭУВТ в лечении плантарной энтезопатии, фасциита, адгезивного капсулита, кальцифицирующего тендинита плеча, эпикондилита, стилоидита, апоневрозита [1, 2]. Высокая энергия фокусированной ЭУВТ может "стимулировать" сращение кости при гиперпластическом псевдоартрозе, несросшихся переломах, замедленном сращении переломов костей [3, 4]. Этот эффект обусловлен образованием микротрабекулярных переломов кости, что стимулировало образование костной мозоли. Отмечена "стимуляция" сращения свежих переломов костей под влиянием ЭУВТ [5, 6].

По сравнению с фокусированной радиальной ЭУВТ характеризуется более широкой областью воздействия на ткани и меньшей глубиной проникновения. Нефокусированный механизм действия радиальной ЭУВТ и низкий уровень ее энергии практически исключают возможность повреждения тканей [1]. Радиальная ЭУВТ, воздействуя на ткани, запускает различные реактивные процессы, активизирует внутренние компенсаторные реакции организма [7]. В единичных экспериментальных работах отмечена активация образования костной ткани под влиянием радиальной ЭУВТ [8]. Однако отсутствует единая точка зрения о механизме влияния радиальной ЭУВТ на репаративную регенерацию костной ткани.

Реферат

В эксперименте на 24 кролях изучены процессы репаративного остеогенеза дырчатого дефекта проксимального метадиафиза большеберцовой кости под влиянием экстракорпоральной ударно—волновой терапии (ЭУВТ). По данным клинических, рентгенологических и морфологических исследований, проведенных в сроки наблюдения 5, 15, 30 и 45 сут, установлено, что под влиянием ЭУВТ в костном мозге в области травмы происходят вазодилатация, выход клеток крови из капилляров и синусоидных сосудов с образованием массивных участков костного эндостального регенерата, что обеспечивает восстановление целостности большеберцовой кости.

Ключевые слова: репаративный остеогенез; экстракорпоральная ударно—волновая терапия; эксперимент.

Abstract

In experiment on 24 rabbits the processes of reparative osteogenesis in perforated defect of proximal tibial metaphysis under the influence of extracorporeal shock—wave therapy were studied. In accordance to data of clinical, roentgenological and morphological investigations, conducted in terms 5, 15, 30 and 45 days of observation, there was established, that under the influence of extracorporeal shock—wave therapy in the bone marrow in the traumatic region a vasodilatation, as well as the blood cells exit from capillaries and sinusoid vessels with creation of massive regions of osseous endostal regenerate, guaranteeing the tibial integrity restoration, occurs.

Keywords: reparative osteogenesis; extracorporeal shock—wave therapy; experiment.

Целью исследования было изучение в эксперименте механизма влияния радиальной ЭУВТ на репаративную регенерацию костной ткани.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

У 24 взрослых кролей—самцов массой тела от 2,9 до 3,4 кг проведены рентгенологические и морфологические исследования. Применяли стандартную модель сквозного дырчатого дефекта проксимального метадиафиза большеберцовой кости во фронтальной плоскости диаметром 2,5 мм.

У 12 животных (контрольная группа) после повреждения дополнительное воздействие на участок травмы не применяли; у 12 (основная группа) — применяли радиальную ЭУВТ на участок травмы. Исследования для оценки влияния этого физического фактора на репаративный остеогенез в Украине проведены впервые.

Использовали аппарат для радиальной ЭУВТ фирмы Storz Medical (Suisse), модель MP 200 (Мастерпульс МП 200). Частота ударов 1 — 21 Гц, рабочее давление 1 — 5 бар. Ударная волна образуется пневматически (балистически). Режим ле-

чебного действия: общее число ударов на участок дефекта костной ткани за 1 процедуру 2 000, в том числе непосредственно на дефект кости с использованием головки для классической радиальной ЭУВТ R15, диаметр 15 мм, максимальная энергия 0,48 мДж/мм². Общее число лечебных сеансов на курс 4, интервал между процедурами 4 сут.

Во время эксперимента животных содержали в виварии в соответствии с принципами Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (Страсбург, 1986), Закона Украины № 3447—IV от 21.02.06 "О защите животных от жестокого обращения" и биоэтических норм.

Оперативные вмешательства выполняли в условиях операционной под наркозом гексеналом. В каждый срок наблюдения (5, 14, 30, 45 сут) в обеих группах брали по 3 кроля. Животных выводили из эксперимента путем введения в ушную вену летальной дозы тиопентал—натрия. Оперированную большеберцовую кость иссекали, освобождали от мышц и проводили рентгенографию. Препараты фиксировали в 8% растворе формалина. Участок с дырчатым дефектом большеберцовой кости иссекали в пределах интактных тканей, декальцинировали в 8% растворе азотной кислоты, заливали в целлоидин. Тонкие гистологические срезы окрашивали гематоксилином и эозином, а также по ван Гизон.

Статистическая обработка материала проведена с использованием программного обеспечения Statistica. 5.5. Нормальность распределения проверяли с помощью теста Шапиро—Уилки, статистическую однородность двух выборок — критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рентгенологические исследования. Область метадиафиза дефекта большеберцовой кости у контрольных и опытных животных в сроки наблюдения 5 сут после травмы была круглой формы, дефекты с четки-

ми краями, без изменения структуры компактного и губчатого вещества. Периостальная и эндостальная поверхности кости в области повреждения без признаков деформации и формирования периостального и эндостального костеобразования у животных обеих групп.

На 14—е сутки после травмы у животных контрольной группы четкость краев дефекта сохранялась, уплотнение компактного и губчатого вещества в области травмы, как и признаки периостального костеобразования, не наблюдали. У животных основной группы после 4 сеансов ЭУВТ в области дефекта метадиафиза большеберцовой кости наблюдали неравномерное утолщение компактного вещества, а также уплотнение губчатого вещества.

На 30—е сутки после травмы у животных контрольной группы дефект метадиафиза был менее четким, его размеры несколько уменьшились, губчатое вещество, как и компактное, в области травмы утолщено. У животных основной группы в области дефекта кости выявлены более выраженное, неравномерное утолщение губчатого вещества (признаки склерозирования), локальное неравномерное утолщение компактного вещества, уменьшение размеров дырчатого дефекта, края которого утолщены вследствие репаративного остеогенеза.

Изменения структурно—функциональной организации метадиафиза большеберцовых костей на 45—е сутки после травмы характеризовались неполным восстановлением целостности кости, у животных как контрольной, так и основной групп. Однако у животных контрольной группы дефект кости был больше, с более четкими границами по сравнению с таковым у животных основной группы, плотность губчатого вещества в области метадиафиза была меньшей.

Гистологические исследования. В сроки наблюдений 5 сут после травмы у животных контрольной группы выявлены признаки острой механической травмы: отек костного мозга, плазмостаз, кровенаполнение расширенных сосудов. Нарушения кровообращения в области травмы сопровождалось формированием полей остеогенной ткани. У животных основной группы на фоне отмеченных нарушений кровообращения в области травмы преобладали нарушения микроциркуляции: выраженный выход элементов крови из сосудов микроциркуляторного русла, что обуславливало диффузную инфильтрацию костного мозга.

На 15—е сутки после травмы у животных контрольной группы в области проксимального метадиафиза большеберцовой кости выяв-

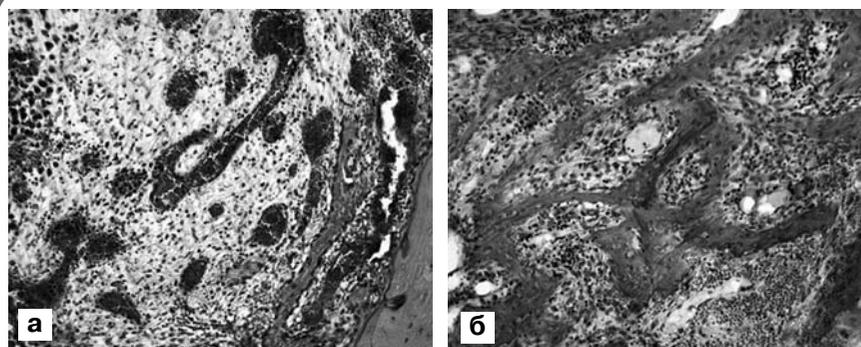


Рис. 1.
Микрофото.

Прогрессирование эндостального остеогенеза, новообразованные костные перекладины у животных обеих групп.
а - единичные кровоизлияния у животных контрольной группы;
б - распространенная "диффузная инфильтрация" костного мозга эритроцитами в зоне регенерата у животных основной группы. 15 сут после травмы.
Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×10.

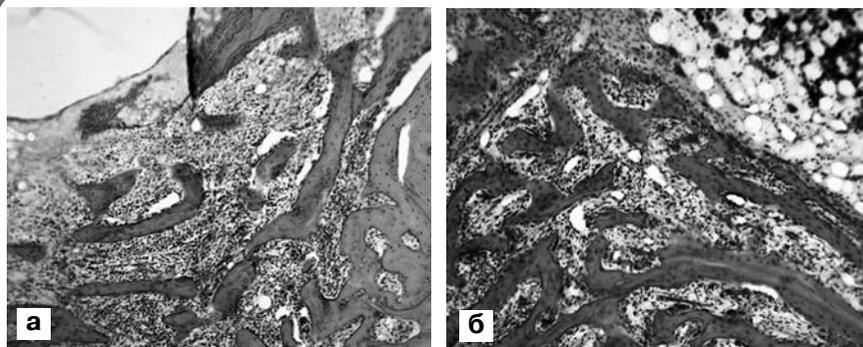


Рис. 2.
Микрофото.
Сформированные костные перекладины в области регенерата.
а - у животных контрольной группы;
б - основной группы. 30 сут после травмы.
Окраска гематоксилином и еозином.
Ув. $\times 10$.

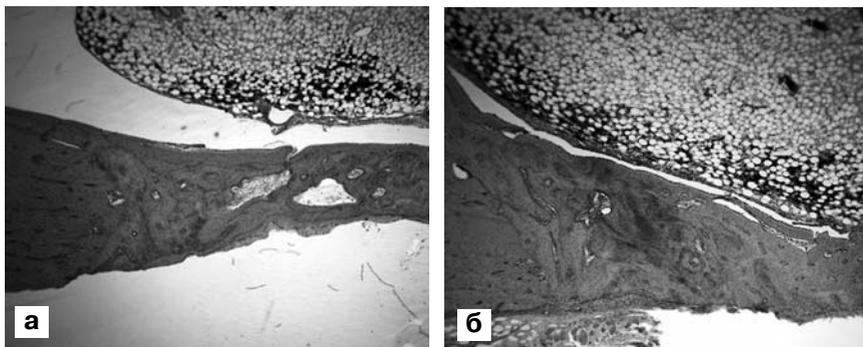


Рис. 3.
Микрофото.
Восстановление целостности коркового вещества большеберцовой кости, его активная органотипичная перестройка.
а - у животных контрольной группы;
б - основной группы. 45 сут после травмы.
Окраска гематоксилином и еозином.
Ув. $\times 10$.

ляли прогрессирующий репаративный остеогенез, что характеризовалось утолщением костных перекладин эндостального и периостального регенератов. Выраженность нарушений кровообращения, распространенность островков кровоизлияний уменьшались (рис. 1, а).

У животных основной группы в области травмы метадиафиза большеберцовой кости отмечали активные признаки пролиферации остеогенных клеток, формирования остеогенной ткани, эндостальных и периостальных участков грубоволокнистой костной ткани, перекладины которой были более широкими, на фоне "диффузных инфильтративных" нарушений тканевого кровообращения (рис. 1 б).

На 30—е сутки после травмы у животных контрольной группы в области метадиафиза большеберцовой кости со стороны периостальной и эндостальной поверхностей костномозговой полости наблюдали прогрессирование остеогенеза с формированием регенерата непосредственно в зоне травмы и постепенной органотипичной перестройкой. Эндостальное костеобразование отмечали преимущественно в области краев дефекта компактного вещества, где формировалась сеть костных перекладин. У животных основной группы отмечены однотипные реактивно—восстановительные процессы репаративного остеогенеза. Различия состояли в интенсивности и распространенно-

сти репаративной реакции, направленной на восстановление целостности поврежденной кости, что проявлялось большей толщиной и плотностью сформированных костных перекладин в области дефекта кости (рис. 2).

К концу наблюдения (через 45 сут после травмы) у одного животного контрольной группы наблюдали полное восстановление целостности компактного вещества метадиафиза большеберцовой кости, однако его толщина была в 1,5 — 2 раза меньше, чем толщина компактного вещества краев дефекта метадиафиза. В компактном веществе в области центрального участка дефекта отмечены признаки активной органотипичной перестройки. В основной группе у 2 животных наблюдали восстановление целостности коркового вещества большеберцовой кости, в костных регенератах — признаки активной органотипичной перестройки (рис. 3).

По данным рентгенологических исследований, проведенных в динамике консолидации дырчатого дефекта проксимального метафиза большеберцовой кости, отмечено более интенсивное течение костеобразовательных процессов у кролей основной группы по сравнению с таковыми у животных контрольной группы. Так, у животных основной группы отмечена большая степень уплотнения костной ткани травмированной кости с уменьшением дырчатого дефекта. К концу периода наблюдения (45 сут) полное восстановление целостности коркового вещества в области дефекта метадиафиза большеберцовой кости было более полноценным у кролей основной группы.

Результаты морфологических исследований свидетельствовали о том, что в контрольной и основной группах процессы восстановления коркового вещества проксимального метадиафиза большеберцовой кости происходили однотипно, на фоне посттравматических нарушений "местного" кровообращения, которые были более выражены у животных основной группы. Нарушения тканевого кровообращения

характеризовались отеком, плазмостазом, кровоизлияниями и "диффузной инфильтрацией" костного мозга клеточными элементами крови. Изменения кровообращения обуславливали образование массивных участков костного эндостального регенерата. Количество костных перекладин периостального и эндостального регенератов в сроки наблюдений 15, 35, 45 сут после травмы было статистически значимо больше в основной группе ($p < 0,05$). Вследствие объединения преимущественно эндостальных участков регенерата и его перестройки происходило восстановле-

ние целостности метадиафиза большеберцовой кости, который к концу периода наблюдения (45 сут) приближался по своей структуре к структурно—функциональной организации интактного компактного вещества.

Таким образом, при моделировании травматического дефекта проксимального метадиафиза большеберцовой кости влияние радиальной ЭУВТ реализуется через нарушения микроциркуляции костной ткани, преимущественно капилляры и синусоидные сосуды костного мозга в области травмы. Поскольку в микроциркуляторном русле кости

вследствие воздействия радиальной ЭУВТ происходит компрессионная деформация, объем тканевой жидкости и крови в сосудах практически не изменяется, происходит вазодилатация с увеличением проницаемости стенок сосудов, выходом клеток крови из капилляров и синусоидных сосудов костного мозга в окружающую область травмы среду в виде "диффузной инфильтрации"; изменения кровообращения, активируя репаративный остеогенез, способствуют образованию массивных участков костного эндостального регенерата, обеспечивающего сращение кости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левенец В. М. Ударно—хвильова терапія в ортопедії і оперативній медицині / В. М. Левенец, М. М. Риган. — К.: Фенікс, 2012. — 155 с.
2. Shock wave therapy induced neovascularization at the tendon—bone junction. F study in rabbits / Ching—Jen Wang, Feng—Sheng Wang, Kuender D. Yang [et al.] // J. Orthop. Res. — 2003. — Vol. 21. — P. 984 — 989.
3. Особенности лечения переломов и ложных суставов ладьевидной кости у спортсменов / А. В. Борзых, И. А. Соловьев, И. М. Труфанов, С. В. Попов // Спорт. медицина. — 2013. — № 1. — С. 29 — 33.
4. Extracorporeal shock—wave therapy compared with surgery for hypertrophic long—bone nonunions / A. Cacchio, L. Giordano, O. Colafarina [et al.] // J. Bone Jt. Surg. — 2009. — Vol. 91. — P. 2589 — 2597.
5. Егорова Е. А. Экстракорпоральная ударно—волновая терапия в лечении переломов костей конечностей / Е. А. Егорова, А. Ю. Васильев // Спорт. медицина. — 2013. — № 1. — С. 12 — 17.
6. Radial extracorporeal shock—wave therapy (rESWT) induces new bone formation in vivo: results of an final study in rabbits / H. Gollwitzer, T. Gloeck, M. Roessner [et al.] // Ultrasound in Medicine and Biology. — 2013. — Vol. 39, N 1. — P. 126 — 133.
7. Островський О. А. Зміни в клітинах і тканинах живих організмів під впливом ударно—хвильової терапії (огляд спеціальної літератури) // Спорт. медицина. — 2013. — № 1. — С. 7 — 11.
8. Се—Фей. Експериментальні морфологічні дослідження впливу екстракорпоральної радіальної ударно—хвильової терапії на репаративну регенерацію кісткової тканини / Се—Фей // Зб. наук. праць співробітн. НМАПО ім. П. Л. Шупика. — К., 2015. — Вип. 24, кн. 3. — С. 63 — 70.

