

КОРОТКОЕ СООБЩЕНИЕ



© Коллектив авторов, 2017

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА В КОСТНОМ РЕГЕНЕРАТЕ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

В.А. Щуров, С.П. Бойчук, В.Т. Тарчоков, Л.В. Мельникова

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия»
им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, РФ

Оценку зрелости костного регенерата у пациентов с закрытыми переломами плеча (21 человек, возраст от 27 до 66 лет) в процессе лечения по Илизарову проводили по темпу снижения скорости его кровоснабжения при функциональной нагрузке на конечность и по величине этой нагрузки. Исследования проводили через 1 и 2 нед, 1 и 2 мес после фиксации. В первые 2 недели фиксации микроподвижность отломков при аксиальной нагрузке на конечность 10 кгс составила 194 ± 42 мкм. В последующем по мере компактизации костного регенерата микроподвижность костных отломков снижалась до 53 ± 13 мкм ($p \leq 0,02$). В процессе фиксации переносимость большими функциональной нагрузки на плечо возрастала с 5 до 15 кгс. Порог переносимости нагрузки определялся появлением неприятных ощущений у больного в зоне регенерата и приростом скорости кровотока по его сосудам при проведении нагрузочной пробы. В конце периода фиксации скорость кровотока была снижена в 2 раза и при увеличении нагрузки практически не изменялась, что свидетельствует о формировании системы защиты кровеносного русла костного регенерата.

Ключевые слова: кровоснабжение регенерата, функциональная нагрузка, метод Илизарова, перелом плеча.

Dynamics of the Formation of Protection for Circulatory Bed in Bone Regenerate

V.A. Shchyurov, S.P. Boichuk, V.T. Tarchokov, L.V. Mel'nikova

Russian Ilizarov Scientific Centre "Restorative Traumatology and Orthopaedics", Kurgan, Russia

Evaluation of the bone regenerate maturation in 21 patients, aged 27 – 66 years, with closed shoulder fractures was performed in the course of treatment by Ilizarov technique according to the rate of blood supply velocity at functional load and by the value of that load. Examination was performed in 1 and 2 weeks as well as in 1 and 2 months after fixation. Within the first 2 weeks the bone fragments micro mobility at 10 kgF axial load on the extremity made up 194 ± 42 μ m. Subsequently as the regenerate became compact the bone fragments micro mobility decreased up to 53 ± 13 μ m ($p \leq 0.02$). During the fixation period the load tolerance increased from 5 to 15 kgF. The threshold of load tolerance was detected by the occurrence of unpleasant feelings the regenerate zone and increased rate of blood circulation in the vessels. At the end of fixation period the rate of blood circulation was decreased by 2 times and practically did not change at increasing loads confirming the formation of the protection system for circulatory bed in the bone regenerate.

Key words: bone regenerate, Ilizarov technique, shoulder fracture, functional load, blood flow.

Введение. Система защиты сосудистого русла кости предполагает их расположение в системе гаверсовых и фолькмановских каналов. Кровеносные сосуды костного регенерата являются наиболее уязвимыми образованиями на подвергающихся механическим воздействиям конечностях. Примером защиты циркуляторного русла вне таких каналов может быть опорная поверхность стопы. От повреждения сосуды защищены системой демпфирования прилагаемых усилий за счет септации подкожной клетчатки и плотной кожной оболочки [1, 2]. Предполагается, что в костном регенерате конечностей, подвергающемся воздействию функциональной нагрузки в процессе лечения, также должна формироваться система защиты сосудистого русла за счет разрастания эндостальной, ин-

трамедиальной и периостальной частей костной мозоли.

Этот вопрос имеет и теоретическое значение. На протяжении второй половины прошлого столетия среди травматологов велись споры о роли компрессии в ускорении регенерации поврежденной кости [3–5]. Было очевидно, что в условиях компрессии повышается жесткость фиксации костных отломков, но одновременно усиливается их резорбция. Функциональная нагрузка должна способствовать улучшению устойчивости тканей к гипоксии, в том числе за счет улучшения васкуляризации [6, 7]. Аксиально направленная функциональная нагрузка при лечении переломов плечевой кости исключена, по-видимому, не имеет столь большого значения, однако плечевая кость

Для цитирования: Щуров В.А., Бойчук С.П., Тарчоков В.Т., Мельникова Л.В. Динамика формирования защиты циркуляторного русла в костном регенерате плечевой кости. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2017; 4: 43–45.
Cite as: Shchyurov V.A., Boichuk S.P., Tarchokov V.T., Mel'nikova L.V. Dynamics of the formation of protection for circulatory bed in bone regenerate. Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova. 2017; 4: 43–45.

срастается в те же сроки (от 54 дней), что и перелома костей голени [8].

Целью настоящего исследования было предложить способ оценки функциональной зрелости костного регенерата на основании динамики формирования деформативных свойств и кровоснабжения контактного регенерата при лечении по Илизарову больных с переломами плеча.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Под наблюдением был 21 больной в возрасте от 27 до 66 лет (средний возраст 40 ± 3 года), из них 11 мужчин с закрытыми диафизарными переломами плечевой кости. Больные обследованы в процессе лечения по методу Илизарова [9] через 1 и 2 нед, 1 и 2 мес после фиксации.

Метод оценки демпфирующих свойств тканей костного регенерата при аксиальной функциональной нагрузке конечности предполагает использование в качестве индикатора скорости кровотока в артериях регенерата. Доплеровский сигнал находился и регистрировался с помощью датчика с несущей частотой 8 МГц компьютеризированного диагностического комплекса «Ангиодин-2КМ» производственного объединения «БИОСС» (Россия). Сигнал скорости кровотока определяли в зоне регенерации по наружной поверхности плечевой кости и повторно регистрировали при ступенчато по 5 кгс возрастающем аксиально направленном функциональном нагружении плеча с опорой на механические весы (рис. 1). При использовании тензостанции и вольтметра В7-73/1 (Беларусь) регистрировали сигнал тензодатчика, позволяющий определить изменение расстояния между спицами, выходящими из кости выше и ниже зоны перелома.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета анализа данных Microsoft Excel-2010. Нормальность распределения эмпири-

ческих выборок подтверждена с помощью модифицированного критерия Колмогорова. Сравнивали средние значения показателей и определяли среднеквадратическую ошибку. При анализе динамики показателей применяли методы линейного корреляционного и регрессионного анализа. Для оценки статистической значимости различий результатов в случае анализа двух независимых выборок использовали *t*-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Через 5 дней после остеосинтеза возможно аксиальное функциональное нагружение травмированной верхней конечности. По мере увеличения сроков фиксации безболезненная нагрузка возрастала с 5 до 15 кгс. Микроподвижность костных отломков в течение первых 2 недель составила 194 ± 42 мкм, возрастая в среднем на 26%, что обусловлено краевой резорбцией концов (рис. 2). В дальнейшем она снижалась до 53 ± 13 мкм на 10 кг нагрузки ($p \leq 0,02$).

Линейная скорость кровотока в артериях костного регенерата в первые дни лечения составила $47,9 \pm 3,6$ см/с, а через 1–2 мес периода фиксации снизилась в 2 раза ($24,5 \pm 1,8$ см/с; $p \leq 0,01$) до нового стационарного уровня (рис. 3).

Скорость изменения показателя кровотока при функциональном нагружении конечности зависела от периода лечения. В течение первой недели при увеличении нагрузки на конечность до 5 кгс эта скорость возрастала, а затем неуклонно снижалась (рис. 4). В дальнейшем темп снижения скорости при увеличении нагрузки на конечность замедлялся, ее прирост фиксировался при нагрузке 15 кгс. Через 1 мес исходная скорость кровотока снижалась, но при увеличении нагрузки до 20 кгс ее значения становились выше. В конце периода фиксации исходная скорость кровотока оставалась сниженной, и ее величина при проведении функциональной нагрузочной пробы практически не изменялась.

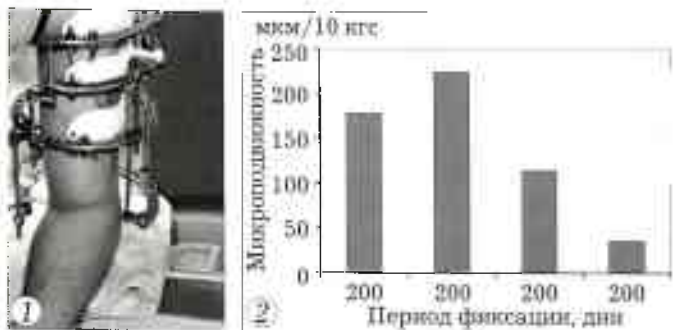


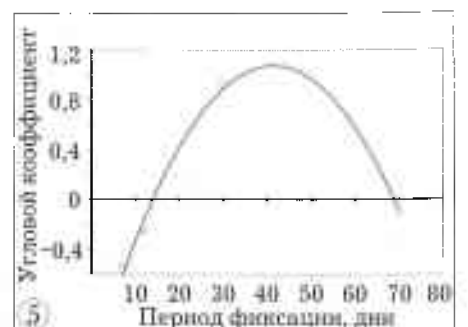
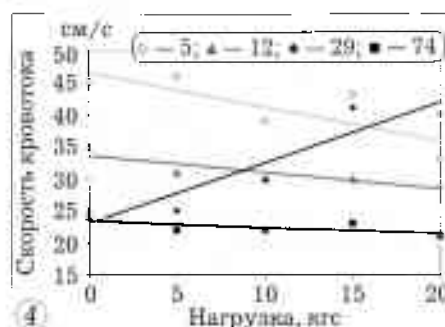
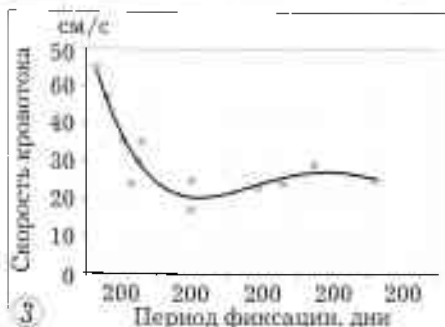
Рис. 1. Рабочий момент функционального нагружения конечности в процессе лечения пациента с переломом плечевой кости.

Рис. 2. Динамика микроподвижности костных отломков при нагружении конечности на 10 кгс.

Рис. 3. Динамика линейной скорости кровотока в артериях костного регенерата при отсутствии функциональной нагрузки на конечность.

Рис. 4. Динамика линейной скорости кровотока в артериях костного регенерата в процессе функционального нагружения конечности.

Рис. 5. Динамика углового коэффициента уравнения линейной регрессии взаимосвязи нагрузки и скорости кровотока.



ОБСУЖДЕНИЕ

Легче всего объяснить динамику взаимосвязи показателей функциональной нагрузки на конечность и скорости кровотока в сосудах костного регенерата в течение 1-й недели фиксации. В это время сосуды не защищены и при повышении давления в межотломковой области механически сдавливались, что приводило к замедлению кровотока. У пациентов при нагрузке возникали неприятные ощущения в зоне перелома. В течение 2 нед периода фиксации сохранялась тенденция к снижению скорости кровотока, однако при нагрузке 15 кгс наблюдалось временное увеличение показателя с $33 \pm 2,3$ до $42 \pm 2,8$ см/с. Пациенты при этом начинали отказываться от дальнейшего увеличения нагрузки.

Через 1 мес после начала лечения наблюдалась положительная корреляционная взаимосвязь изменений нагрузки и скорости кровотока (рис. 5). Прирост скорости кровотока продолжался до нагрузки 20 кгс и по всей видимости был обусловлен тем, что при возрастании внутритканевого давления происходило выравнивание давления по обе стороны стенок сосудов. Согласно закону Бойлиса, стенки сосудов при этом теряют свой тонус, их просвет увеличивается.

Ультразвуковой контроль, проведенный на приборе LOGIQ-5, показал, что в конце периода фиксации артериальные сосуды лоцировались над кортикальной пластинкой. Скорость кровотока в этих сосудах при проведении функциональной нагрузочной пробы в большинстве случаев не изменялась. На этом этапе можно говорить о сформировавшейся системе защиты циркуляторного русла костного регенерата. Пациенты могли пользоваться конечностью для самообслуживания без ограничений.

Следует заметить, что исследования выполнены на верхней конечности, поскольку для нас было не понятно, почему осевая функциональная нагрузка на верхние конечности в процессе лечения в 3 раза меньше, чем на нижние. Особенности костного регенерата плеча при равных сроках фиксации с переломами костей голени были, в частности, более высокие показатели скорости кровотока в сосудах костного регенерата, в 2 раза большая начальная микроподвижность костных отломков.

Заключение. Нами предложен способ, позволяющий инструментально оценивать функциональную зрелость костного регенерата плечевой кости при лечении больных по методу Илизарова на основании динамики формирования его деформационных свойств, величины переносимой функциональной нагрузки и ответной реакции кровотока в сосудах костного регенерата.

Конфликт интересов: не заявлен.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Щуров В.А., Сазонова Н.В., Щуров И.В. Способ оценки биомеханических свойств мягких тканей опорной поверхности стопы. Russian Journal of Biomechanics. 2008; 12 (4): 47-52 [Shchurov V.A., Sazonova N.V., Shchurov I.V. Technique to evaluate the biomechanical properties of soft tissues of the supportive foot surface. Rossiyskiy zhurnal biomekhaniki. 2008; 12 (4): 47-52 (in Russian)].
2. Sarrafian S.K. Anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographic, and functional. Philadelphia: J.B. Lippincott; 1993; 616.
3. Илизаров Г.А., Маркхашов А.М. Кровоснабжение позвоночника и влияние на его форму изменений трофики и нагрузки: клиническое и анатомо-экспериментальное исследование. Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство; 1981 [Ilyarov G.A., Markhashov A.M. Blood supply of the spine and the influence of the changes in trophism and load on its shape. Cheliabinsk: Uyzhno-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo; 1981 (in Russian)].
4. Стецулла В.И., Веклич В.В. Основы управляемого чрезкостного остеосинтеза М.: Медицина; 2003 [Steitsula V.I., Veklich V.V. Principles of guided osteosynthesis. Moscow: Meditsina; 2003 (in Russian)].
5. Basset C.A.Z. Current concepts of bone formation. J. Bone Joint Surg. Am. 1962; 44 (6): 1217-44.
6. Щуров В.А. Податливость и кровоснабжение дистракционного регенерата. Российский журнал биомеханики. 2014; 18 (4): 471-8 [Shchurov V.A. Distraction regenerate compliance and blood supply. Russian Journal of Biomechanics. 2014; 18 (4): 471-8 (in Russian)].
7. Щуров В.А., Кучин Р.В. Влияние изменения массы кровоснабжаемых тканей и систематических тренировок на состояние артерий конечностей. Физиология человека. 2001; 27 (1): 3-8 [Shchurov V.A., Kuchin R.V. Influence of the changes in vascularized tissues mass and systematic training on the state of the arteries of lower extremities. Fisiologiya cheloveka. 2001; 27 (1): 3-8 (in Russian)].
8. Илизаров Г.А., Девятков А.А. Возможности чрезкостного остеосинтеза при лечении переломов костей. В кн.: Материалы Всероссийской научной конференции «Лечение переломов и их последствий методом чрезкостного остеосинтеза». Курган; 1979: 4-8 [Ilyarov G.A., Devyatov A.A. Potentialities of transosseous osteosynthesis in bone fractures treatment. In: Treatment of fractures and their consequences by transosseous osteosynthesis: Proc. All-Rus. Scient. Conf. Kurgan, 1979; 4-8 (in Russian)].
9. Илизаров Г.А., Девятков А.А., Нестеренко И.П. и др. Чрезкостный остеосинтез аппаратом Илизарова при диафизарных переломах плеча: Методические рекомендации. Курган; 1979 [Ilyarov G.A., Devyatov A.A., Nesterenko I.P., et al. Transosseous osteosynthesis by Ilyarov apparatus in diaphyseal humeral fractures. Methodical recommendations. Kurgan; 1979 (in Russian)].

Сведения об авторах: Щуров В.А. — доктор мед. наук, профессор, главный науч. сотр. лаборатории коррекции деформаций и удлинения конечностей; Бойчук С.П. — канд. мед. наук, зав. отделением острой травмы; Тарчоков В.Т. — канд. мед. наук, ординатор травматоло-ортопедического отделения ВГБУ; Мельникова Л.В. — врач-ординатор травматологического отделения № 1.

Для контактов: Щуров Владимир Алексеевич. E-mail: shchurovland@mail.ru.

Contact: Shchurov Vladimir A. — Dr. med. sci., Professor, head scientific worker, laboratory for deformity correction and limb lengthening. E-mail: shchurovland@mail.ru.