

УДК 616.71-001.5-089(23.03)
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-5-30-34

**ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВЫСОКОГОРЬЯ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ МЯГКИХ ТКАНЕЙ
ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ПРИ ЧРЕСКОСТНОМ
КОМПРЕССИОННО-ДИСТРАКЦИОННОМ ОСТЕОСИНТЕЗЕ ПО Г.А. ИЛИЗАРОВУ**

*С.А. Джумабеков, А.А. Кубатбеков, А.К. Борукеев,
Б.Б. Дюшеналиев, И.Б. Мистенбеков*

Аннотация. Процесс регенерации мягких тканей в условиях высокогорья протекает снижением интенсивности воспалительной реакции, за счет чего увеличивается срок ее длительности. Экспериментальная работа проводилась на перевале Туя-Ашуу (3200 м над уровнем моря), где содержались животные основной группы, а контрольная группа содержалась в виварии низкогорья г. Бишкека (780 м над уровнем моря). Огнестрельные переломы наносили собакам в диафиз костей голени с наложением аппарата Илизарова. Забор материала на морфологическое исследование проводился через каждые семь дней в течение шестидесяти суток. Для морфологического исследования образцы тканей фиксировали согласно общепринятой методике. Процесс регенерации мягких тканей в условиях высокогорья протекает снижением интенсивности воспалительной реакции, за счет чего увеличивается срок ее длительности. Применение чрескостного компрессионно-дистракционного остеосинтеза снижает выраженность патологической реакции со стороны сосудов, минимизирует их повторную травматизацию, что в итоге ведет к усилению трофики тканей и ускорению регенерации мышечных волокон.

Ключевые слова: регенерация; мягкие ткани; огнестрельный перелом; компрессионно-дистракционный остеосинтез; высокогорье.

**Г.А. ИЛИЗАРОВДУН ТРАНСОССЕАЛДЫК КОМПРЕССИЯЛЫК
ДИСТРАКЦИЯЛЫК ОСТЕОСИНТЕЗ ЫКМАСЫ МЕНЕН БЕКИТИЛГЕН УЧУРДАГЫ
ОК ЖАРАКАТЫНАН КИЙИНКИ ЖУМШАК ТКАНДАРДЫН РЕГЕНЕРАЦИЯСЫНА
БИЙИК ТООЛУУ ФАКТОРЛОРДУН ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ**

*С.А. Джумабеков, А.А. Кубатбеков, А.К. Борукеев,
Б.Б. Дюшеналиев, И.Б. Мистенбеков*

Аннотация. Бийик тоолуу шарттарда жумшак ткандардын регенерация процесси сезгенүү реакциясынын интенсивдүүлүгүн азайтуу жолу менен ишке ашат, анын узактыгы көбөйөт. Кысуу-дистракциялык остеосинтезди колдонуу тамырлар тарабынан патологиялык реакциялардын оордугун азайтат, алардын кайталанма травматизациясын азайтат, бул ткандардын трофизминин жогорулашына жана булчуң жипчелеринин тездетилген регенерациясына алып келет. Эксперименттик иштер Туя-Ашуу ашуусунда (деңиз деңгээлинен 3200 м бийиктикте) жүргүзүлдү, анда негизги топтун жаныбарлары, ал эми көзөмөл тобу Бишкектин жапыз тоолорундагы вивариумда (деңиз деңгээлинен 780 м бийиктикте) багылат. Иттердин астыңкы бут сөөктөрүнүн диафизинде Илизаров аппаратынын жардамы менен мылтык сыныктары жасалган. Морфологиялык изилдөө үчүн материал алтымыш күн бою жети күн сайын чогултулган. Морфологиялык изилдөөлөр үчүн ткандардын үлгүлөрү жалпы кабыл алынган методдор боюнча бекитилди. Бийик тоолуу шарттарда жумшак ткандардын регенерация процесси сезгенүү реакциясынын интенсивдүүлүгүн азайтуу менен ишке ашат, анын узактыгы көбөйөт. Transosseous кысуу-дистракциялык остеосинтезди колдонуу тамырлар тарабынан патологиялык реакциялардын оордугун азайтат, алардын кайталанма травматизациясын азайтат, бул ткандардын трофизминин жогорулашына жана булчуң жипчелеринин тездетилген регенерациясына алып келет.

Негизги сөздөр: регенерация; жумшак ткандар; октон жарак; компрессиондук-дистракциялык остеосинтез; бийик тоолуу.

INFLUENCE OF HIGH MOUNTAIN FACTORS ON SOFT TISSUE REGENERATION OF GUNSHOT FRACTURES DURING PERCUTANEOUS COMPRESSION-DISTRACTION OSTEOSYNTHESIS ACCORDING TO THE FOLLOWING PROCEDURE G. A. ILIZAROV

**S.A. Djumabekov, A.A. Kubatbekov, A.K. Borukeev,
B.B. Dushenaliyev, I.B. Mistenbekov**

Abstract. The process of soft tissue regeneration at high altitude proceeds by reducing the intensity of the inflammatory reaction, which prolongs its duration. Experimental work was carried out at the Tuyu-Ashuu pass (3200 meters above sea level), where the animals of the main group were kept, and the control group was kept in the vivarium of the low mountains of Bishkek (780 meters above sea level). Gunshot fractures were inflicted on dogs in the diaphysis of the lower leg bones with the application of an Ilizarov apparatus. Material was collected for morphological examination every seven days for sixty days. For morphological studies, tissue samples were fixed according to generally accepted methods. The process of regeneration of soft tissues in high altitude conditions occurs by reducing the intensity of the inflammatory reaction, due to which its duration increases. The use of transosseous compression-distractor osteosynthesis reduces the severity of pathological reactions on the part of the vessels, minimizes their repeated traumatization, which ultimately leads to increased tissue trophism and accelerated regeneration of muscle fibers.

Keywords: regeneration; soft tissues; gunshot fracture; compression-distractor osteosynthesis; high mountains.

Введение. Несмотря на огромные достижения современной медицины, лечение огнестрельных переломов длинных костей скелета продолжает оставаться сложной и до конца нерешенной проблемой. Течение раневого процесса огнестрельной раны определяется характером и объемом поврежденных тканей, реакцией сосудов, развитием гипоксии в тканях, особенно мышечной, которая возникает на фоне расстройств микроциркуляции [1, 2].

В последние годы при лечении огнестрельных переломов длинных костей скелета широко используют чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Г.А. Илизарову, который проходит период переосмысления и широкого внедрения за рубежом [3]. К большому сожалению, и в настоящее время лечение огнестрельных переломов сопровождается частотой неудовлетворительных результатов [3], чем обосновывается необходимость проведения дальнейших исследований, направленных на изучение процессов, происходящих в ране при данном методе лечения. По мнению некоторых авторов [4], одной из многочисленных причин является недостаточное внимание к повреждению и восстановлению мягких тканей, которые также являются одним из важных компонентов опорно двигательного аппарата.

Многочисленные исследования отечественных и зарубежных авторов посвящены изучению влияния факторов высокогорья на физиологические и патологические процессы в организме,

поскольку гипоксия возникает при целом ряде других заболеваний и имеет самостоятельное значение при действии на организм разреженной атмосферы [5–7].

Поскольку данных о динамике регенерации мягких тканей огнестрельных переломов при чрескостном остеосинтезе по Илизарову в условиях высокогорья в доступной нам литературе не выявлено, это побудило нас к проведению настоящего исследования.

Экспериментальные методы. Эксперименты проводили на перевале Туя-Ашуу (3200 метров над уровнем моря), где содержались животные основной группы, а контрольная группа содержалась в виварии низкогорья г. Бишкека (780 метров над уровнем моря). Для проведения эксперимента отобраны 63 взрослые беспородные собаки. Основную группу составили 36 собак, которым в 1-е сутки пребывания в условиях высокогорья была воспроизведена модель огнестрельного перелома голени. В контрольной группе было 27 собак, которым также была воспроизведена аналогичная модель переломов. Огнестрельные переломы наносили собакам в диафиз костей голени с наложением аппарата Илизарова под нейролептаналгезией. Точка нанесения огнестрельной раны находилась в области средней и нижней трети голени с латеральной стороны с расстояния в 20 метров из ПМ, пулей конической (калибра 9 мм), тупоконечной формы со стальным сердечником, длиной 102 мм, массой 6,4 г.

Методы исследования. Забор материала на морфологическое исследование проводился через каждые 7 дней в течение 60 суток. Для морфологического исследования образцы тканей фиксировали 10%-м забуференным формалином, обезживали в спирте восходящей концентрации, заливали в парафин-воск согласно общепринятой методике. Срезы толщиной 5–7 мкм, полученные на санном микротоме, окрашивали гематоксилином и эозином для обзорного и морфометрического исследования, пикрофуксином по Ван-Гизону с целью выявления новообразованных коллагеновых волокон. В мягкотканной части регенерата производили подсчет фиброцитов, фибробластов, эндотелиальных клеток, нейтрофилов и макрофагов, которые выражали в процентном отношении к общему количеству клеток, определяли количество сосудов на площади 1 мм², диаметр сосудов в мкм, высчитывали общую площадь сечения кровеносного русла (ОППС) в мкм².

Все этапы обработки препаратов проводили в соответствии с принципами количественных методов исследования гистологических объектов [8–10]. Все полученные данные были обработаны в статистической программе для обработки медико-биологических данных SPSS 16.0, а также в приложении Microsoft Office Excel 2008. При сравнении данных применялся критерий Стьюдента для несвязанных выборок. На основании этого критерия определяли достоверность получаемого признака (P). Различия считались статистически достоверными при $P < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. По результатам проведенного экспериментального исследования нам удалось выявить то, что при фиксации огнестрельных переломов аппаратом Илизарова в условиях высокогорья, на ранних сроках наблюдения грануляционная ткань в мягких тканях формируется очагами в краевых участках и характеризуется низким количеством содержания клеток. В последующем она постепенно заполняется соединительной тканью, где длительное время еще сохраняются клетки воспалительного инфильтрата, стенки сосудов тонкие и измененные [11, 12].

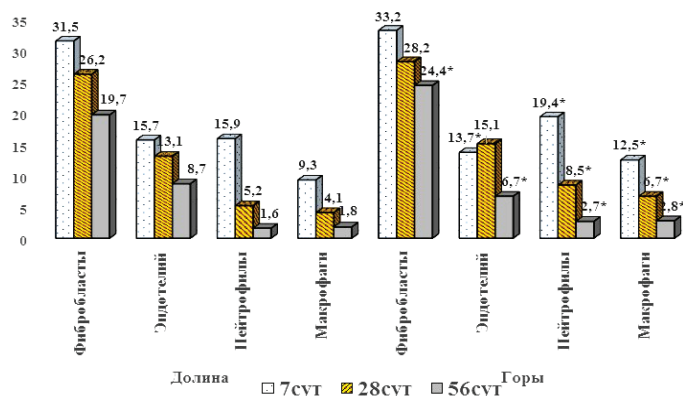
Процесс регенерации в мышцах ослаблен, а к концу наблюдения отмечается некоторое

число атрофированных мышечных волокон с низким содержанием ядер и клеток-сателлитов, окруженных жировой и соединительной тканью. Наряду с этим, определяются и зоны интенсивной регенерации. В данных участках сохраняется повышенное содержание низкодифференцированных клеток, фибробластов, лимфоцитов и макрофагальных элементов, сопровождающих сосуды.

Начальные этапы развития грануляционной ткани совпадают с фибробластической фазой воспалительного процесса. Наиболее важную роль в ней играют клетки фибробластического ряда, активность которых определяет структуру дифференцирующейся соединительной ткани и соотношение в ней клеточных и волокнистых образований, а также аморфного вещества. Преобладание фибробластов в клеточном составе мягкотканного регенерата наблюдается уже на ранних сроках условия высокогорья, максимальное число которых наблюдается к концу второй недели ($35,5 \pm 1,2$ %). В последующем их содержание начинает снижаться, но к концу наблюдения отмечается рост этих клеток, превышая показатели контрольной группы на 24 %, что свидетельствует о сохраняющихся процессах коллагенообразования. Относительная доля фиброцитов в мягкотканном регенерате прогрессивно растет на всех сроках исследования и к концу 8-й недели практически приравнивается к показателям контрольной группы, подтверждая высокую степень развития соединительной ткани (рисунок 1).

На 14–28-е сутки наблюдается максимум относительного содержания эндотелиоцитов. В последующем их число начинает падать, но остается стабильным до конца эксперимента, хотя и достоверно ниже значения контрольной группы. Это доказывает интенсивность ангиогенеза в регенерате не снижается, а следовательно, повышается интенсивность его кровоснабжения.

Для осуществления исхода восстановительного процесса ведущим фактором является реакция клеточных элементов макрофагической системы. Клетки крови первыми выселяются в область повреждения и определяют качественный характер процесса воспалительного в ране, а в последующем качественный и количественный состав грануляционной ткани. В ранних



Примечание. * – Показатели достоверно ($P < 0,05$) отличаются от аналогичного показателя группы сравнения.

Рисунок 1 – Содержание клеток в мышечном регенерате при чрескостном остеосинтезе по Илизарову огнестрельных переломов в условиях низко- и высокогорья (% , $M \pm m$)

сроках исследования наблюдается некоторое нарушение баланса содержания макрофагов и нейтрофилов, выраженный в совпадении пика относительного содержания этих клеток, выраженность которых наблюдается на 7-е сутки эксперимента, с параллельным процессом уменьшения их количества в тканях регенерата в более поздние сроки. Причем, несмотря на стойкое снижение относительных показателей этих клеток по сравнению с более ранними сроками в горах, их относительные доли превышают аналогичные показатели в долине в 1,3–1,6 раза даже к концу 8 недели исследования (см. рисунок 1), что подтверждает наличие процессов

деструкции в тканях, которая приводит к удлинению течения воспалительного процесса. Кроме этого, значительные изменения иммунного статуса, в том числе соотношения клеточных элементов, отвечающих за иммунный ответ, наблюдаются в физиологических условиях при адаптации к высокогорью (Китаев М.И., 2000).

Объективное наблюдение за сосудистыми расстройствами необходимо не только для оценки системных и регионарных нарушений кровообращения, но и является наиболее надежным критерием жизнеспособности тканей в зоне ишемического поражения. Сравнительное исследование плотности распределения сосудов

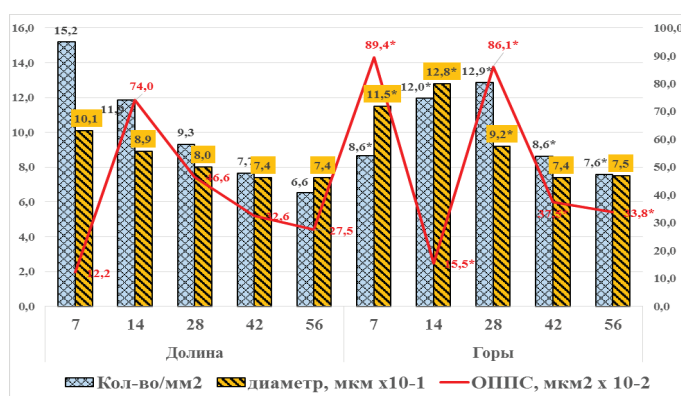


Рисунок 2 – Динамика показателей сосудистого русла в мышечном регенерате при чрескостном остеосинтезе по Илизарову огнестрельных переломов в условиях низко- и высокогорья (% , $M \pm m$)

в мышечном регенерате показало, что на 7-е сутки наблюдения уровень кровоснабжения заметно ниже, чем в группе сравнения. Так, численная плотность сосудов составляет только 56,9 % от значения в долине. При этом выраженная дилатация сосудов приводит к снижению общей площади поперечного сечения кровеносного русла лишь на 22,5 %. Отставание васкуляризации регенерата от показателей в долине сохраняется до 35–42-х суток наблюдения, а к 48–56 суткам наблюдается повышение показателей на 15–20 % (рисунок 2), что способствует улучшению обменных процессов, удалению из области поражения продуктов метаболизма и обеспечению тканей кислородом и питательными веществами.

Выводы. Таким образом, в результате проведенных морфологических исследований установлено, что при использовании чрескостного компрессионно-дистракционного остеосинтеза по Илизарову для огнестрельных переломов в условиях высокогорья, в мышечной ткани увеличивается объемная плотность соединительной ткани, параллельно с этим происходят процессы нарушения и репаративной регенерации мышечных волокон. При этом в конце наблюдения стромально-паренхиматозные отношения в мышце сдвигаются в сторону паренхимы. Реституции мышц способствует ранняя и быстрая их васкуляризация.

Поступила: 03.04.24; рецензирована: 17.04.24;
принята: 19.04.24.

Литература

1. Арсомаков А.З. Особенности лечения огнестрельных переломов голени в условиях Ингушетии: автореф. дис. ... канд. мед. наук / А.З. Арсомаков. М., 2010. 20 с.
2. Бектурганова А.О. Морфофункциональное состояние лейкоцитов при кратковременной адаптации животных к климатогеографическим условиям высокогорья / А.О. Бектурганова // Академический журнал Западной Сибири. 2023. Т. 19. № 1. С. 49–52.
3. Бектурганова А.О. Влияние экстремальных факторов высокогорья на ультраструктуру лейкоцитов крови крыс / А.О. Бектурганова, Ж.А. Махмудова, Н.Р. Аскалиева [и др.] // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. № 5. С. 91–97.
4. Давыдов Д.А. Морфометрические особенности строения костной ткани головки бедра при коксартрозе / Д.А. Давыдов, И.М. Устьянцева // Политравма. 2017. № 3. С. 74–79.
5. Овденко А.Г. Внешний остеосинтез при огнестрельных переломах / А.Г. Овденко. СПб., 2011. 286 с.
6. Alkenani N.S. et al. Ilizarov bone transport after massive tibial trauma: Case report // Int J Surg Case Rep. 2016. Vol. 28. P. 101–106.
7. Beall C.M. High-altitude adaptations // Lancet. 2003. Vol. 362, Suppl. S. 14–5.
8. Bumbaširević M. et al. Ilizarov fixation for the treatment of scaphoid nonunion: a novel approach // Eur J Orthop Surg Traumatol. 2016. № 10. P. 11.
9. Petersen W., Zantop T., Raschke M. Tibial head fracture open reposition and osteosynthesis-arthroscopic reposition and osteosynthesis (ARIF) // Unfallchirurg. 2006. V. 109. № 3. P. 235–44.
10. Robert S.R., Weitzman A.M., Watson J.T. et al. Simultaneous treatment of tibial bone and soft-tissue defects with the Ilizarov method // J. Orthop. Trauma. 2006. V. 20. № 3. P. 197–205.
11. Исаков Б.Д. Репаративная способность трубчатых костей в условиях высокогорья при фиксации отломков аппаратом Илизарова / Б.Д. Исаков // Вестник КPCY. 2013. Т. 13. № 1. С. 156–158.
12. Джумабеков С.А. Применение метода стабильного чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова при переломах длинных трубчатых костей в условиях высокогорья / С.А. Джумабеков, А.А. Кубатбеков [и др.] // Вестник КPCY. 2013. Т. 13. № 4. С. 110–112.