

УДК 612.15:612.82:616.71/718-001

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ КРОВОТОКА В ЗОНЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ПРИ ПЕРЕЛОМЕ КОСТЕЙ, КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИИ И УДЛИНЕНИИ КОНЕЧНОСТИ

<sup>1</sup>Щуров В.А., <sup>1</sup>Новиков К.И., <sup>2</sup>Мекки В.

<sup>1</sup>ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени акад. Г.А.Илизарова» Минздрава РФ,

<sup>2</sup>Елеваим госпиталь Министерства здравоохранения Судана, e-mail: shchurovland@mail.ru

Сравнительное исследование скорости кровотока в зоне регенерации при переломе костей, коррекции деформации и удлинении конечности. В.А. Щуров, К.И. Новиков, В. Мекки. Исследована устойчивость показателя линейной скорости кровотока в артериях регенерата к аксиальной нагрузке конечности до 40 кгс у больных с переломом плечевой кости (35), костей голени (35), при оперативном удлинении (49) и коррекции деформации голени (31) по Илизарову. Скорость кровотока в зоне костного регенерата определяли с помощью ультразвукового датчика с несущей частотой 8 кГц. Показано, что скорость кровотока на плече на 22% выше, чем на голени, а переносимость нагрузки в 2 раза ниже. Критическим уровнем кровотока, при котором возможно нагружение голени при травме, удлинении конечности и коррекции деформации – 17 см/с.

**Ключевые слова:** кровоток в артериях регенерата, переломы плеча и голени, удлинение конечности, коррекция деформации, функциональная нагрузка

## A COMPARATIVE STUDY OF BLOOD FLOW VELOCITY IN THE REGENERATION ZONE WITH A BROKEN BONE DEFORMITY CORRECTION AND LENGTHENING LIMBS

<sup>1</sup>Schurov V.A., <sup>1</sup>Novikov K.I., <sup>2</sup>Mekki V.

<sup>1</sup>The Federal State-Financed Institution «Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics;

<sup>2</sup>Ministry of health Eldewaim Hospital Sudan, e-mail: shchurovland@mail.ru

The stability index of the linear velocity of blood flow in the arteries regenerate limbs to the axial limbs up to 40 kgs in patients with a fracture of the humerus (35), shin bone (35), with the operational elongation (49) and the lower leg deformity correction (31) Ilizarov. The speed of blood flow in the bone regeneration zone determined by the ultrasonic sensor with a carrier frequency of 8 kHz. It is shown that the flow velocity at the shoulder by 22% higher than on the shank, and exercise tolerance is 2 times lower. The critical level of blood flow, in which the possible loading of the lower leg trauma, limb lengthening and deformity correction – 17 cm / s.

**Keywords:** blood flow in the arteries regenerate, fractures shoulder and shin, limb lengthening, deformity correction, functional load

После перелома костей голени, в зависимости от тяжести повреждения и этапа лечения, а также при оперативном её удлинении интенсивность кровоснабжения конечности может возрасти в 2,5 раза [1]. При этом по мере превышения показателем кровоснабжения тканей оптимальных величин, характерных для состояния покоя, возникает тенденция к снижению относительной доли нутритивного кровотока [2]. Особый интерес представляет сравнительная оценка состояния сосудистого русла костного регенерата при компрессионном и дистракционном остеосинтезе, которая проводилась в основном в экспериментальных условиях и при ультразвуковой доплерографии [3, 4, 5].

Для сращения переломов костей могут иметь значение особенности их кровоснабжения, более интенсивного на плече [6, 7, 8]. В то же время, длительность фиксации травмированных костей голени и плеча

практически одинаковые [9]. Ещё менее исследованы особенности кровоснабжения костного регенерата при лечении деформаций конечности, отставания конечности в продольных размерах.

Целью настоящего исследования было сравнительное исследование интенсивности кровоснабжения зоны костного регенерата плеча и голени при травмах, а также при коррекции по Илизарову деформаций и оперативном лечении отставания конечности в росте в условиях возрастающей аксиальной нагрузки на поврежденную конечность.

### Материалы и методы исследования

Обследовано 4 группы больных. Первую составили 35 пациентов с закрытыми диафизарными переломами плечевой кости в условиях лечения по методу Илизарова. Возраст больных от 26 до 66 лет ( $40 \pm 3$ ), срок фиксации в момент обследования от 3 до 94 дней ( $22 \pm 6$ ). Вторую группу составили 35 больных зре-

лого возраста с закрытыми диафизарными переломами костей голени в условиях лечения по методу Илизарову, 3-ю группу 31 больной в процессе коррекции угловой деформации голени и 4-ю – 49 больных в процессе оперативного удлинения отстающей в продольных размерах голени на 3-9 см.



Рис. 1. Аксиальное функциональное нагружение плеча в период лечения больного по Илизарову

У всех пациентов с помощью датчика с несущей частотой 8 МГц компьютеризированного диагностического комплекса «Ангиодин-2КМ» производственного объединения «БИОСС» (Россия) регистрировалась скорость кровотока в зоне перелома или остеотомии, по передневнутренней поверхности большеберцовой кости или по наружной поверхности плечевой кости при ступенчато возрастающем функциональном нагружении голени или плеча с шагом по 10 кгс (рис. 1).

Статистическая обработка результатов исследований проводилась с помощью пакета анализа данных Microsoft EXCEL-2010. Для оценки достоверности различий результатов использовали t-критерий Стьюдента. Применяли методы корреляционного и регрессионного анализа.

### Результаты исследования и их обсуждение

При лечении переломов костей верхней конечностей происходило первоначальное ускорение кровотока по магистральным артериям (рис. 2). Однако в дальнейшем наступало увеличение диаметра периферических магистральных артерий, вследствие чего линейная скорость кровотока по близлежащим магистральным артериям снижалась (табл. 1).

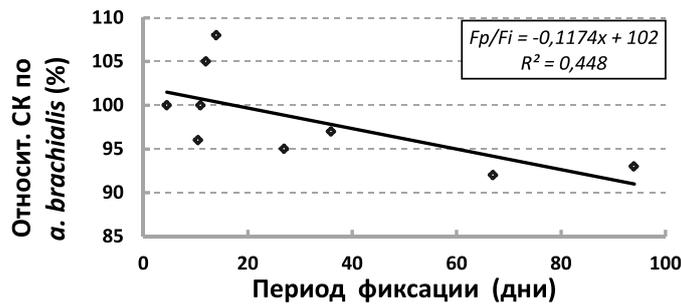


Рис. 2. Динамика соотношения скоростей кровотока по плечевым артериям в процессе лечения больных

Таблица 1

Максимальная систолическая скорость кровотока по артериям (см/с) верхней конечности у больных (37 чел.) в процессе лечения перелома (M ± m)

Конечность	Подключичная	Плечевая артерия	Локтевая артерия	Лучевая артерия
Контрлатеральная	84,7 ± 4,6	68,6 ± 5,2	39,0 ± 9,4	43,3 ± 3,1
Поврежденная	82,9 ± 4,6	60,9 ± 3,4	31,8 ± 5,7	49,3 ± 3,7
Повр./Контрл.	98%	89%	82%	114%

Таблица 2

Скорость кровотока по артериям удлиняемой нижней конечности (M ± m)

Этап лечения	Число набл.	Бедренная артерия	Подколенная артерия	Задняя Б/берцовая	Тыльная стопы
До лечения	60	83,8 ± 2,3	70,6 ± 2,2	55,9 ± 2,0	37,9 ± 2,2
Удлинен	22	84,9 ± 4,2	60 ± 3,3*	49,1 ± 3,5	30,7 ± 3,0
Фиксация	37	87,4 ± 3,7	61 ± 2,7*	44,4 ± 2,7**	26,3 ± 2,6**
После лечения	22	98,7 ± 4,9*	72,1 ± 4,7	51,4 ± 3,3	26,5 ± 2,8**

Примечание. Различие с исходными значениями достоверно: \* p ≤ 0,05; \*\* p ≤ 0,01.

В процессе дистракционного остеосинтеза линейная скорость кровотока по артериям нижней конечности также уменьшалась (табл. 2).

В состоянии физического покоя в положении лежа наибольшая скорость кровотока наблюдалась у больных с переломом костей плеча, меньшая – при переломе костей голени, ещё меньшая при оперативном удлинении и коррекции деформации голени (рис. 2).

При проведении функциональной пробы с увеличением нагрузки на конечность скорость кровотока в зоне костного регенерата неуклонно снижалась (рис. 3). При нагрузке 40 кгс скорость кровотока костного регенерата у различных групп больных снижалась до 17 см/с.

У больных с переломом плечевой кости на всех этапах нагружения скорость кровотока

выше, чем при переломе большеберцовой кости. Достичь нагрузки 40 кгс в этой группе больных не представлялось возможным, в частности, вследствие возрастающих болевых ощущений.

Чем выше была постоянная составляющая уравнения линейной регрессии зависимости скорости кровотока от нагрузки, тем быстрее происходило снижение показателя (табл. 3).

Скорость кровотока в артериях регенерата плеча в течение первых 2 месяцев лечения равнялась  $37,5 \pm 3,4$  см/с, а в артериях регенерата голени –  $25,6 \pm 2,4$  см/с ( $p < 0,02$ ). Скорость кровотока в сосудах костного регенерата плеча была наибольшая в первые дни после травмы и снижалась в течение первого месяца периода фиксации (рис. 4).

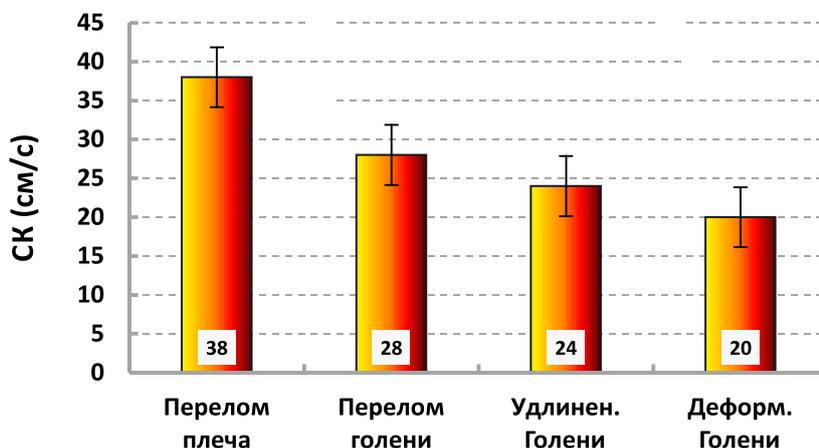


Рис. 3. Скорость кровотока по сосудам костного регенерата у различных групп больных в процессе лечения по методу Илизарова

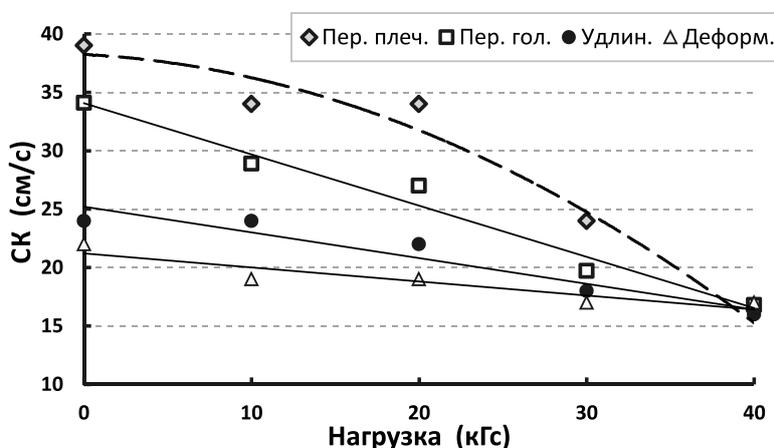


Рис. 4. Зависимость скорости кровотока в артериях регенерата от величины функциональной нагрузки на конечность у больных разных групп

Таблица 3

Уравнения линейной регрессии ( $Y = Ax + B$ ) взаимосвязи скорости кровотока регенерата и функциональной нагрузки на конечность

Группы больных	Число набл.	Угловой коэфф. А	Постоянная составляющ. В	Кэффиц. Корреляции r
Перелом плечевой кости	37	-4,5	44,0	0,853
Перелом костей голени	35	-3,8	32,2	0,953
Удлинение голени	49	-2,2	27,4	0,917
Коррекция деформаций голени	31	-1,2	22,4	0,857

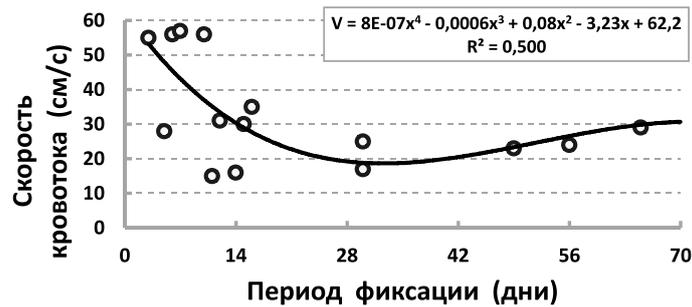


Рис. 5. Динамика скорости кровотока в сосудах костного регенерата плеча

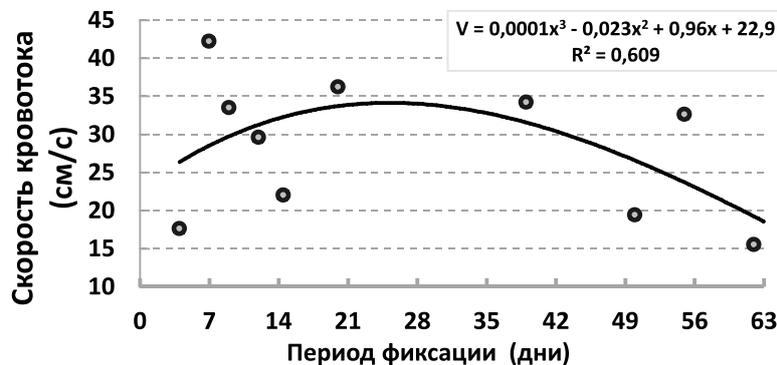


Рис. 6. Динамика скорости кровотока в сосудах костного регенерата голени

Скорость кровотока в костном регенерате голени возрастала на протяжении первых 3 недель после травмы и лишь затем начала снижаться (рис. 5).

Сохранение кровотока в артериях при возрастающей функциональной нагрузке на конечность свидетельствует о том, что в костном регенерате формируются механизмы, защищающие сосудистое русло от пережатия. Снижение показателя кровотока связано с повышением внутритканевого давления и затруднением микроциркуляции. При этом переносимые нагрузки на нижние конечности значительно выше, чем на плечо. Одной из причин большей устойчивости

сосудов нижних конечностей в позе стоя является более высокое внутрисосудистое давление (влияние дополнительного гидростатического давления, величина которого превышает 70 мм рт.ст.).

Таким образом, существующее отличие функционального предназначения верхних и нижних конечностей у людей накладывало свой отпечаток на их состояние в период лечения переломов костей. Скорость кровотока после перелома плеча возрастала в первые дни после травмы, в то время как после травмы большеберцовой кости в течение первых недель. Критический уровень кровотока, при котором

возможно нагружение голени – 17 см/с, в то время как плеча значительно выше. В условиях применения метода Илизарова способность переносить функциональную нагрузку на конечность у плеча значительно ниже, чем у голени.

#### Список литературы

1. Анализ факторов, определяющих объёмную скорость кровотока голени при лечении заболеваний конечностей по Илизарову / В.А. Щуров, Т.И. Долганова, Е.Н. Щурова, Л.Ю. Горбачева // Травматол. и ортопед. России, 1994. – № 2. – С. 91–96.
2. Щуров В.А. Физиологические основы эффекта стимулирующего влияния растяжения тканей на рост и развитие при удлинении конечности по Илизарову // Дисс... докт. мед. наук. – Пермь, 1993. – С. 333.
3. Лаврищева Г.И., Оноприенко Г.А. Морфологические и клинические аспекты репаративной регенерации опорных органов и тканей. – М.: Медицина, 1996. – С. 208.
4. Стецула В.И., Девятов А.А. Чрескостный остеосинтез в травматологии. – К.: Здоров'я, 1987. – 200 с.
5. Исследование особенностей консолидации контактного регенерата у больных с открытыми переломами костей голени (ультразвуковое исследование). / Менщикова Т.И., Долганова Т.И., Мартель И.И. Бажитов А.П. // Гений ортопедии. – 2010. – № 4. – С. 25–28.
6. Илизаров Г.А., Девятов А.А. Возможности чрескостного остеосинтеза при лечении переломов костей // Матер. Всерос. научн. конф.: Лечение переломов и их последствий методом чрескостного остеосинтеза. – Курган, 1979. – С. 4–8.
7. Шевцов В.И., Швед С.И., Сысенко Ю.М. Лечение больных с переломами плечевой кости и их последствиями методом чрескостного остеосинтеза. – Курган, 1995. – 224 с.
8. Лаврищева Г.И. Карпов С.П., Бачу И.С. Регенерация и кровоснабжение кости. – Кишинев: «Штиница», 1981. – 168 с.
9. Илизаров Г.А., Девятов А.А. Возможности чрескостного остеосинтеза при лечении переломов костей // В кн.: Лечение переломов и их последствий методом чрескостного остеосинтеза. – Курган, 1979. – С. 4–8.