

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КОНЕЧНОСТИ У БОЛЬНЫХ С ЗАКРЫТЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ КОСТЕЙ ГОЛЕНИ В УСЛОВИЯХ ЛЕЧЕНИЯ ПО ИЛИЗАРОВУ

В.А. Щуров, Ф.А. Мацукатов

ФГБУ РНЦ «ВТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздравсоцразвития России,  
директор – д.м.н. А.В. Губин  
г. Курган

*Цель исследования* – оценка влияния кислородного режима в тканях и жесткости фиксации отломков на кровоснабжение костного регенерата в процессе лечения больных разного возраста с закрытыми переломами костей голени по методу Илизарова.

С помощью методов высокочастотной доплерографии исследована скорость кровотока костного регенерата у 193 больных с закрытыми переломами костей голени в процессе лечения методом Илизарова. В первые недели после травмы скорость кровотока в зоне повреждения повышена и имеет тенденцию к нормализации в процессе лечения. У пациентов старше 40 лет в тканях поврежденной голени отмечаются большее снижение напряжения кислорода и сравнительно больший прирост скорости кровотока в зоне костного регенерата в состоянии покоя.

**Ключевые слова:** чрескостный остеосинтез, кровоснабжение конечностей, перелом кости.

## ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE EXTREMITY IN PATIENTS WITH CLOSED FRACTURES OF SHIN BONES DURING THE TREATMENT BY ILIZAROV'S METHOD

V.A. Shchurov, F.A. Matsukatov

The Russian Ilizarov Scientific Center of Restorative Traumatology and Orthopaedics  
Kurgan

*Objective* – an assessment of influence an oxygen mode in tissues and rigidity of bone fragment fixation on blood supply in bone regenerate during the treatment by Ilizarov's method of patients of different age with closed fractures of shin bones.

Blood flow velocity in a region of closed tibia fracture was investigated using high-frequency Doppler ultrasound in the treatment of patients by Ilizarov (193 cases). The rate of blood flow in the area of fracture was increased in first weeks after injury and normalized with the increase of bone regenerate stiffness. In patients aged over 40 years in the tissues of the damaged shin a greater decrease in oxygen tension and a relatively greater increase in blood flow velocity in the zone of bone regenerate were noted.

**Key words:** tibial fractures, external fixation, blood supply, functional state.

### Введение

Травма костей конечностей сопровождается отеком тканей, повышением их напряжения растяжения, потерей произвольной сократительной активности мышц, увеличением региональной скорости кровотока [5, 7]. Чем тяжелее повреждение, тем позднее развивается и дольше продолжается реакция ускорения регионарного кровотока. В процессе фиксации, по мере консолидации концов отломков скорость кровотока нормализуется.

С появлением методики высокочастотной доплерографии стало возможным определять скорость кровотока не только в магистральных артериях, но и в сосудах кожных покро-

вов. Нами разработан способ исследования кровотока в формирующемся костном регенерате в условиях лечения больных по методу Илизарова [9]. При этом оказалось, что изменения скорости кровотока в регенерате кости совпадают с направленностью изменений кровотока в других тканях поврежденного сегмента конечности.

**Цель исследования** – оценка влияния на кровоснабжение костного регенерата кислородного режима в тканях и жесткости фиксации отломков в процессе лечения по методу Илизарова больных разного возраста с закрытыми переломами костей голени.

## Материал и методы

В процессе лечения по методу Илизарова проведено комплексное обследование 45 больных с закрытыми винтообразными и 23 больных с закрытыми оскольчатыми переломами костей голени. Группы были идентичными по возрасту (20–60 лет, средний возраст  $41 \pm 3$  года). Винтообразные переломы, как правило, возникали вследствие не прямой травмы со скручиванием голени при фиксированной стопе и располагались на границе средней и нижней третей большеберцовой кости. Оскольчатые переломы в 80% случаев возникали вследствие дорожно-транспортных повреждений и представлены в данной выборке повреждениями в средней трети голени. При этом в 50% случаев у больных каждой из групп использован аппарат Илизарова и в 50% – аппарат Мацукидиса – Шевцова [2, 3]. Принципиальное отличие спицевого аппарата Мацукидиса – Шевцова заключается в конструкции опор и наличии узлов, облегчающих управление отломками, что способствует исключению известных трудностей при репозиции отломков [4], повышению её точности.

При обследовании больных использованы методы ультразвуковой доплерографии магистральных артерий нижних конечностей, лазерной флоуметрии зоны регенерации и стопы (прибор BLF-21 «Transonic», США), чрескожной полярографии (прибор «Novametrix», мо-

дель-840, США). Кровоснабжение регенерата большеберцовой кости осуществляли на передневнутренней поверхности, где кость покрыта только кожей, с помощью высокочастотного датчика (20 МГц) (прибор «Мини-Макс К-2», Россия). При этом кожный кровоток блокировали приложением внешнего усилия (масса датчика), достаточного для пережатия поверхностных микрососудов. В сосудах костного регенерата при этом сохранялся кровоток [9].

Микроподвижность костных отломков определяли с помощью разработанного нами метода тензометрического определения изменения расстояния между спицами, выходящими из большеберцовой кости по обе стороны от места излома при аксиальном функциональном нагружении голени силой 10 кг [6].

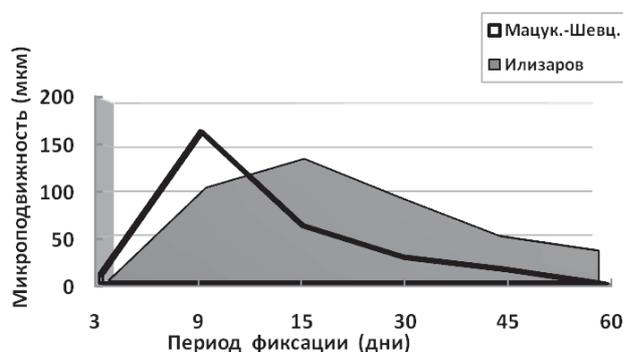
## Результаты и обсуждение

Для успешного сращения отломков имеют значение точность репозиции и надежность фиксации отломков. У больных с оскольчатыми переломами в условиях применения аппарата Мацукидиса – Шевцова исходная микроподвижность отломков, определяемая характером перелома, расстоянием от кости до опор, точностью репозиции концов отломков, существенно не отличалась от показателя в первой группе больных, однако она быстрее снижалась, что влияло на длительность периода фиксации отломков (табл., рис. 1).

Таблица

**Динамика микроподвижности костных отломков при лечении больных с оскольчатыми переломами костей голени с помощью разных аппаратов ( $M \pm m$ )**

Аппарат	Период фиксации, дни					
	3	9	15	30	45	60
Илизарова	–	$104 \pm 26$	$136 \pm 21$	$92 \pm 13$	$50 \pm 12$	$34 \pm 13$
Мацукидиса – Шевцова	$9 \pm 4$	$164 \pm 19$	$63 \pm 13$ $p \leq 0,05$	$29 \pm 11$ $p \leq 0,01$	$16 \pm 7$	–



**Рис. 1.** Динамика микроподвижности отломков при лечении больных с оскольчатыми переломами с помощью аппарата Илизарова и Мацукидиса – Шевцова

Гораздо большие различия выявлены при оценке показателя микроподвижности костных отломков при сравнении больных с винтообразными и оскольчатыми переломами. Показатель был выше при оскольчатых переломах. В обеих группах этот показатель снижался в процессе лечения:

$$L_1 = 97,2 - 1,47 \times t; \quad R^1 = 0,503$$

$$L_2 = 131,8 - 3,07 \times t; \quad R^2 = 0,956,$$

где  $L_1$  и  $L_2$ , – показатели микроподвижности (мкм),

$t$  – дни.

Линейная скорость кровотока по магистральным артериям в процессе лечения травматологических больных в значительной мере определялась изменением диаметра сосуда. После травмы прирост диаметра магистральных артерий достигал 10%, что не позволило по приросту определяемой методом ультразвуковой доплерографии линейной скорости судить об истинных изменениях кровоснабжения тканей конечности, поскольку в формулу уравнения Пуазейля, описывающее течение жидкости через трубку, радиус входит в 4 степени.

При анализе показателей капиллярного кровотока голени (лазерная флоуметрия кожных покровов) у больных с винтообразными переломами выявлены высокие показатели кровотока в кожных покровах над регенератом. В процессе лечения больных скорость кровотока нормализовалась. Скорость кровотока в кожных покровах стопы больной и интактной конечностей в течение первых 2 недель после травмы также возрастала, а затем постепенно нормализовалась:

$$Q = -0,32 \times t^2 + 1,29 \times t + 3,53; \quad R^2 = 0,910.$$

Транскутанное напряжение углекислого газа в тканях поврежденной конечности как при винтообразных, так и при оскольчатых переломах после травмы повышалось до 52–55 мм

рт.ст., постепенно нормализуясь в процессе лечения:

$$CO_2 = 57,8 - 0,28 \times t; \quad r = -0,904.$$

Транскутанное напряжение кислорода после травмы было снижено лишь при оскольчатых переломах. Однако в процессе лечения оно также нормализовалось:

$$pO_2 = 33,3 + 0,71 \times t; \quad R^2 = 0,873.$$

Следует заметить, что снижение уровня напряжения кислорода в тканях конечности явилось фактором, приводящим к компенсаторному увеличению скорости кровотока в сосудах костного регенерата. По мере последующего повышения уровня кислорода до 40–45 мм рт.ст. скорость кровотока нормализовалась (рис. 2).

В первые 2 недели после травмы среднее значение скорости кровотока в микрососудах области костного регенерата при лечении больных с помощью аппарата новой конструкции достоверно не отличалось от показателя, наблюдающегося при применении аппарата Илизарова (соответственно  $5,3 \pm 0,69$  см/с и  $4,2 \pm 0,54$  см/с). При винтообразных переломах скорость кровотока в сосудах костного регенерата возрастала на протяжении первых 3 недель лечения, а затем постепенно снижалась (рис. 3). При оскольчатых переломах скорость кровотока в течение первой недели достигала максимальных значений, после чего также снижалась по мере компактизации костного регенерата.

Помимо всего прочего, на скорость кровотока в регенерате влиял возраст пациентов. С увеличением возраста больных в процессе лечения выявлен больший прирост напряжения углекислого газа и снижение напряжения кислорода (рис. 4) в тканях конечности, что обуславливало прирост скорости кровотока в покое у больных старше 40 лет (рис. 5).

Принципы лечения больных с травмами костей по Илизарову наиболее полно описаны ав-

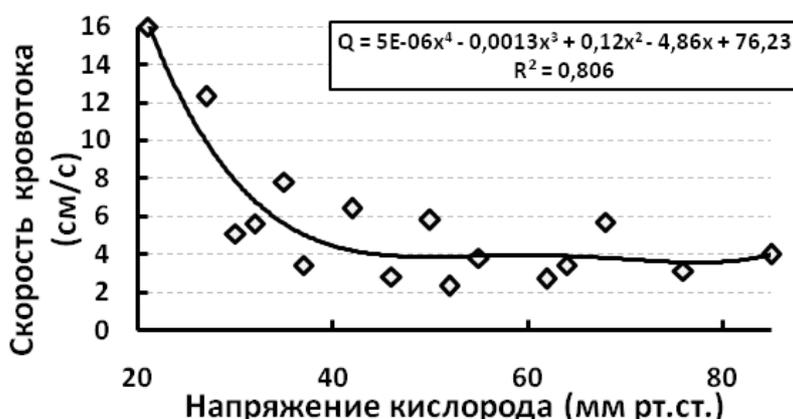


Рис. 2. Зависимость кровоснабжения регенерата от напряжения кислорода в кожных покровах голени

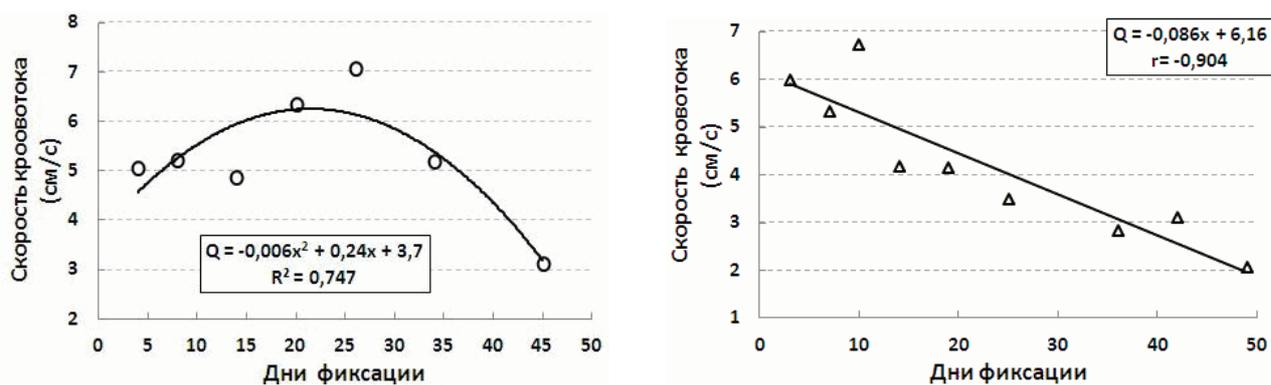


Рис. 3. Динамика средней скорости кровотока в сосудах костного регенерата при винтообразных (левый график) и оскольчатых переломах костей голени (правый график)

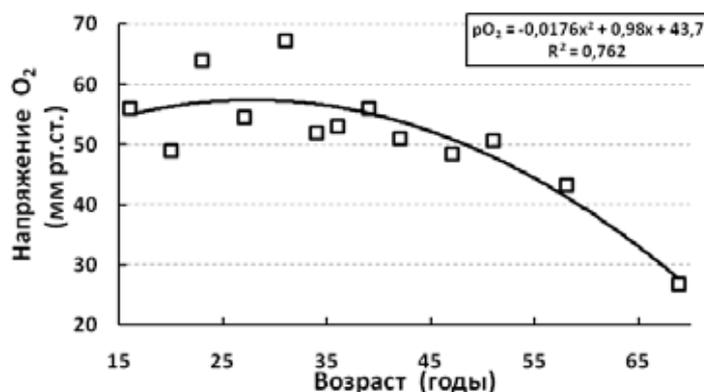


Рис. 4. Возрастная динамика напряжения кислорода в тканях поврежденной конечности

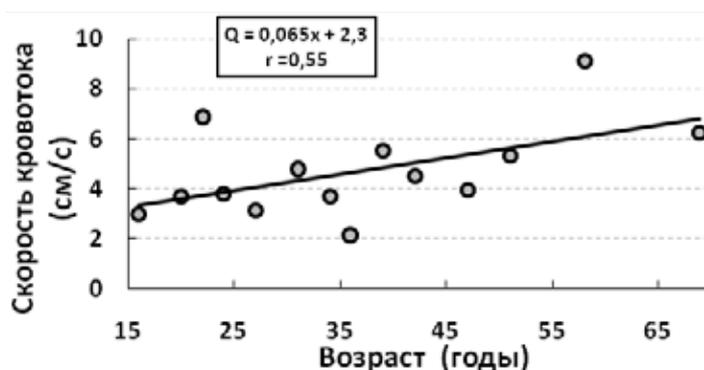


Рис. 5. Возрастная динамика скорости кровотока в сосудах регенерата у травматологических больных

тором метода более 40 лет назад в его диссертационной работе [1]. За прошедшие десятилетия в связи с повышением требований к сокращению сроков фиксации и улучшению исходов лечения больных шло постоянное совершенствование методики чрескостного остеосинтеза, которое осуществлялось несколькими путями [4]. В данном случае создан аппарат, состоящий из двух блоков, связанных репозиционным узлом с относительно большим числом степеней

свободы. Цель создания аппарата Мацукидаса – Шевцова – стандартизовать качество остеосинтеза вне зависимости от уровня квалификации травматолога, сократить время операции, добиться большей точности репозиции, улучшить исходы лечения больных. Эти преимущества аппарата новой конструкции по сравнению с аппаратом Илизарова не столь очевидны при сравнении групп больных молодого возраста с закрытыми неосложненными переломами в ус-

ловиях лечения в специализированном стационаре института. Преимущества аппарата новой конструкции выявляются лишь в процессе лечения больных, когда при постепенном увеличении функциональной нагрузки на конечность наблюдается относительно меньшая микроподвижность костных отломков.

Уровень прироста скорости кровотока в тканях поврежденной конечности является чутким индикатором её функционального состояния. Прирост скорости кровотока может быть относительно небольшим как при неосложненном переломе, как и при тяжелом повреждении. Опыт оценки состояния кровоснабжения травмированной конечности ранее был обобщен В.И.Фишкиным и соавторами [5]. При этом ряд показателей регионарной гемодинамики отражает лишь степень компенсаторных изменений в тканях, что затрудняет получение полной картины функционального состояния опорно-двигательной системы. Поэтому важно оценивать происходящие сдвиги на микроциркуляторном уровне при одновременной оценке динамики газового режима тканей.

Другим важным обстоятельством является то, что резервы адаптации организма уменьшаются у больных старших возрастных групп. При лечении больных старше 40 лет с оскольчатыми переломами, у которых резервные возможности организма относительно ниже, выявлены более низкие значения напряжения кислорода, высокие показатели напряжения углекислого газа и, соответственно, высокие показатели линейной скорости регионарного кровотока в покое. Известно, что сроки фиксации костных отломков у таких больных под влиянием внешних неблагоприятных факторов увеличиваются в первую очередь [8]. Поэтому для них обеспечение точной репозиции костных отломков имеет большее значение.

### Выводы

1. Применение аппарата Мацукидиса – Шевцова обеспечивает более быстрое снижение микроподвижности на стыке костных отломков в течение первого месяца фиксации по сравнению с больными, лечившимися с помощью аппарата Илизарова.

2. У пациентов в первые недели после травмы скорость кровотока в зоне повреждения повышена и имеет тенденцию к нормализации в процессе лечения.

3. С увеличением возраста пациентов, в частности после 40 лет, в тканях поврежденной голени отмечается большее снижение напряжения кислорода и сравнительно больший прирост скорости кровотока в зоне костного регенерата в состоянии покоя.

### Литература

- Илизаров Г.А. Чрескостный компрессионный остеосинтез аппаратом автора (экспериментально-клиническое исследование) [дис. ...канд. (докт.) мед. наук]. Пермь; 1968. 483 с.  
*Iizarov G.A. Chreskostnyy kompressionnyy osteosintez apparatom avtora (eksperimental'no-klinicheskoye issledovaniye) [Transosseous compression osteosynthesis by author's device (experimental and clinical research)] [dis. ...kand. (dokt.) med. nauk]. Perm'; 1968. 483 s.*
- Мацукатов Ф.А., Бойчук С.П., Хубаев Н.Д. Лечение больных с винтообразными переломами костей голени аппаратом Шевцова-Мацукидиса. В кн.: Илизаровские чтения: материалы науч.-практ. конф. Курган; 2011. с. 236-237.  
*Matsukatov F.A., Boychuk S.P., Khubayev N.D. Lecheniye bol'nykh s vintooobraznyimi perelomami kostei goleni apparatom Shevtsova-Matsukidisa [Treatment of patients with tibia fractures by the Matsukidis-Shevtsov's device]. V kn.: Iizarovskiye chteniya: materialy nauch.-prakt. konf. Kurgan; 2011. s. 236-237.*
- Патент РФ 2357699. МПК А61В17/66. Компрессионно-дистракционный аппарат. Шевцов В.И., Мацукидис Ф.А. Заявка: 2005141637/14, 29.12.2005. Оpubл. 10.06.2009.  
*Patent RF 2357699. MPK A61B17/66. Kompressionno-distraktsionnyy apparat [Compression-distraction apparatus]. Shevtsov V.I., Matsukidis F.A. Zayavka: 2005141637/14, 29.12.2005. Opubl. 10.06.2009.*
- Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2005. 521 с.  
*Solomin L.N. Osnovy chreskostnogo osteosinteza apparatom Iizarova [The basic principles of external fixation using the Iizarov device]. SPb.: ELBI-SPb; 2005. 521 s.*
- Фишкин В.И., Львов С.Е., Удадьцов В.Е. Регионарная гемодинамика при переломах костей. М.;1981. 184 с.  
*Fishkin V.I., L'vov S.Ye., Udal'tsov V.Ye. Regionarnaya gemodinamika pri perelomakh kostey [Regional hemodynamics at bone fractures]. M.;1981. 184 s.*
- Щуров В.А., Кудрин Б.И., Шейн А.П. Метод измерения осевой микроподвижности костных фрагментов голени в условиях компрессионного остеосинтеза. Ортопедия, травматология. 1981;(5):52-53.  
*Shchurov V.A., Kudrin B.I., Shein A.P. Metod izmereniya osevoy mikropodvizhnosti kostnykh fragmentov goleni v usloviyakh kompressionnogo osteosinteza [The method of measuring axial micromobility of shin bone fragments in compression osteosynthesis]. Ortopediya, travmatologiya. 1981;(5):52-53.*
- Щуров В.А., Долганова Т.И., Щурова Е.Н., Горбачева Л.Ю. Анализ факторов, определяющих объёмную скорость кровотока при лечении заболеваний конечностей по Илизарову. Травматология и ортопедия России. 1994;(2):91.  
*Shchurov V.A., Dolganova T.I., Shchurova Ye.N., Gorbacheva L.YU. Analiz faktorov, opredelyayushchikh ob'emnyuyu skorost' krovotoka pri lechenii zabolevaniy konechnostey po Iizarovu [Analysis of the factors determining the volumetric flow rate in the treatment of diseases of the extremities by Iizarov's method]. Travmatologiya i ortopediya Rossii. 1994;(2):91.*

8. Щуров И.В. Хронобиологические, социально-экономические и биологические факторы, определяющие регенераторную способность кости. Научный вестник Ханты-Мансийского медицинского института. 2006;(1):134-135.  
*Shchurov I.V. Khronobiologicheskiye, sotsial'no-ekonomicheskiye i biologicheskiye faktory, opredelyayushchiye regeneratornuyu sposobnost' kosti [Chronobiological, socio-economic and biological factors determining the regenerative capacity of the bone]. Nauchnyy vestnik Khanty-Mansiyskogo meditsinskogo instituta. 2006;(1):134-135.*
9. Щуров В.А, Буторина Н.И., Щуров И.В. Высокочастотная ультразвуковая доплерография костного регенерата. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2007;1(21):145-147.  
*Shchurov V.A, Butorina N.I., Shchurov I.V. Vysokochastotnaya ul'trazvukovaya dopplerografiya kostnogo regenerata [High-frequency Doppler ultrasonography of the bone regeneration]. Regionarnoye krovoobrashcheniye i mikrotsirkulyatsiya. 2007;1(21):145-147.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Щуров Владимир Алексеевич – д.м.н. главный научный сотрудник отдела физиологии

E-mail: shchurovland@mail.ru;

Мацукатов Федор Алексеевич – научный сотрудник лаборатории травматологии

E-mail: office@ilizarov.ru.

Рукопись поступила 06.09.2012