

УДК 612.15:612.82:616.717/.718-001

## ВЛИЯНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ И ЗАБОЛЕВАНИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ И ГОЛОВНОГО МОЗГА НА ИХ КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ И ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭТИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

<sup>1</sup>Щуров В.А., <sup>2</sup>Берг М.Д.

<sup>1</sup>ФГБУ «РНЦ «Восстановительная травматология и ортопедия» им. Г.А. Илизарова»;

<sup>2</sup>ГОУ ВПО «Пермская государственная медицинская академия им. Е.А. Вагнера», Пермь, e-mail: Shchurovland@mail.ru

Исследована скорость кровотока по артериям конечностей и средней артерии мозга у 34 больных с острой травмой одной из конечностей, у 18 пациентов в процессе оперативного удлинения конечности и у 49 больных с последствиями инсульта мозга в процессе оперативной пластики костей свода черепа. При лечении по Илизарову больных с переломами костей выявлено ускорение кровотока по средней мозговой артерии противоположной стороны. Реакция избирательного перераспределения кровотока по артериям мозга появляется через неделю после травмы по мере уменьшения действия болевого фактора. Появление и выраженность реакции выше у больных молодого возраста, исчезает после 55 лет и может служить объективным критерием адекватности реакции организма на внешние повреждающие воздействия. Неадекватное снижение мозгового кровотока в период оперативного лечения характерно для больных с врожденными аномалиями развития конечностей. После инсульта мозга скорость кровотока по средней мозговой артерии снижена на пораженной стороне и повышена на интактной. В отдаленные сроки после оперативного вмешательства на костях свода черепа скорость кровотока на пораженной стороне мозга продолжает снижаться.

**Ключевые слова:** кровоснабжение мозга, перелом костей, инсульт

## EFFECT OF INJURIES AND DISEASES OF THE LIMBS AND THE BRAIN ON THEIR BLOOD SUPPLY AND THE RELATIONSHIP OF THESE INDICATORS

<sup>1</sup>Shchurov V.A., <sup>2</sup>Berg M.D.

<sup>1</sup>Russian Ilizarov scientific center for restorative traumatology and orthopaedics;

<sup>2</sup>Perm State Medical Academy. a. E.A. Vagner, Perm, e-mail: Shchurovland@mail.ru

Investigated the rate of blood flow through the arteries of the limbs and middle cerebral arteries in 34 patients with acute injury of one of the limbs, 18 patients in the operative limb lengthening and 49 patients with stroke in the brain operational bones of the skull. In the treatment of patients with Ilizarov bone fractures detected acceleration of blood flow in the middle cerebral artery of the opposite side. The reaction of the electoral redistribution of blood flow through the arteries of the brain appears a week after the injury, with the decline of the pain-factor. The occurrence and severity of the reaction is higher in young patients, disappears after 55 years, and may serve as an objective criterion for the adequacy of the reaction of the organism to external damaging influences. Inadequate reduction of cerebral blood flow during surgery typical of patients with congenital malformations of the limbs. After a stroke the brain blood flow to the middle cerebral artery is reduced on the affected side and increased on the intact. In the long-term period after surgery on the bones of the cranial blood flow on the affected side of the brain continues to decline.

**Keywords:** blood flow to the brain, broken bones, insult

Разрабатывая положения своего учения, академик Г.А. Илизаров [1] эмпирически и экспериментально искал теоретическое подтверждение выдвинутому им и проверенным на практике основным принципам управления регенераторным процессом при лечении заболеваний и травм конечностей. Это принципы максимально щадящего отношения к тканям, точной репозиции и надежной фиксации костных отломков, адекватного их кровоснабжения и дозированного воздействия функциональной нагрузки. Важнейшим индикатором адекватности внешних воздействий на организм пациентов была оценка их самочувствия, функциональной активности и состояния конечности.

Проведенные ранее исследования позволили нам обнаружить при лечении по Илизарову переломов костей конечностей стойкое увеличение скорости кровотока

(СК) в средней мозговой артерии (СМА) контрлатеральной стороны [2]. Известно, что у здоровых людей СК по СМА после легкой физической нагрузки увеличивается на 35,6% [3], а при достижении пороговой мощности нагрузки может произойти её неадекватное снижение [4].

Настоящее исследование выполнено с целью дальнейшего изучения обнаруженного феномена стойкого увеличения скорости кровотока по СМА при травмах нижних и верхних конечностей и костей свода черепа, определения влияния на этот эффект возрастных изменений реактивности организма и значения феномена для оценки состояния организма больных.

### Материалы и методы исследования

Определялась скорость кровотока (СК) по артериям конечностей (датчик на 8 МГц), а также средним мозговым артериям с обеих сторон (датчик на 2 МГц)

с помощью компьютеризированного диагностического комплекса «Ангиодин-2КМ» производственного объединения «БИОСС» (Россия). Известно, что СК по СМА обеспечивает кровоснабжение теменной и височной областей головного мозга. Функциональные возможности сосудистой системы оценивались по величине индекса вазомоторной реактивности при проведении проб с апное и гиперпное.

Обследовано 34 больных в возрасте от 14 до 86 лет с закрытыми переломами костей сегмента одной из конечностей (голена, бедра или плеча) в условиях лечения по Илизарову. Также обследовано 18 больных от 5 до 29 лет с врожденным отставанием в росте одной из конечностей до и во время её оперативного удлинения по Илизарову на 3–7 см. Кроме того, обследованы 39 больных с ишемическими нарушениями кровоснабжения мозга (средний возраст  $49 \pm 1,5$  лет) и 10 больных с посттравматическими повреждениями мозга ( $29 \pm 2$  года), приведшими к развитию гемипарезов, нарушению чувствительности, ходьбы и речи. Больные обследованы до лечения, в процессе применения оперативной пластики костей свода черепа в клинике нейрохирургии, проводимой с целью стимуляции кровоснабжения мозга и в различные сроки после окончания хирургического лечения. В контрольную

группу вошли 32 здоровых обследуемых (средний возраст – 38 лет).

Дополнительно проводили психофизиологическое тестирование больных по шкале SF-36 с целью оценки самими больными степени влияния болевого фактора на самочувствие, настроение и способность заниматься повседневной деятельностью.

### Результаты исследования и их обсуждение

У обследуемых контрольной группы скорость кровотока по СМА составила справа  $90 \pm 5$  см/с, слева –  $95 \pm 5$  см/с. Коэффициент асимметрии между показателями равнялся 6%.

У обследуемых с заболеваниями и травмами одной из конечностей в процессе лечения между показателями СК по магистральным артериям этой конечности и СК по СМА контрлатеральной стороны выявлена линейная взаимосвязь. При увеличении СК по артериям травмированной конечности возрастал и показатель СК по СМА контрлатеральной стороны (рис. 1).

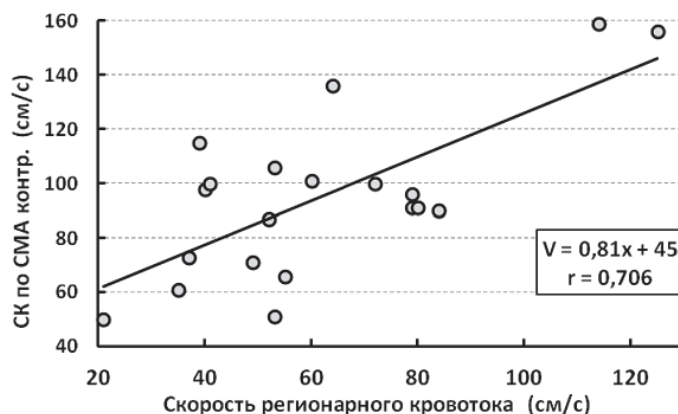


Рис. 1. Взаимосвязь скорости кровотока по регионарным артериям конечности и СК по СМА противоположной стороны мозга у пациентов с заболеваниями и травмами конечностей

У больных с переломом костей показатель СК по СМА контрлатеральной стороны был значительно выше, чем на стороне поврежденной конечности (табл. 1). Между показателями СК по СМА на стороне поврежденной конечности и на контрлате-

ральной стороне выявлены реципрокные взаимоотношения. При снижении СК по СМА на стороне травмы от 105 до 80 см/с скорость кровотока по СМА на контрлатеральной стороне возрастала от 105 до 140 см/с.

Таблица 1

Скорость кровотока и индекс вазомоторной реактивности СМА в процессе лечения больных ( $M \pm m$ )

Группы больных в процессе лечения	n	Возраст, годы	Скорость кровотока по СМА (см/с)			Индекс вазомоторной реактивности (%)	
			Сторона повреждения	Контрлатеральная	$\frac{СМА_{контр}}{СМА_{больной}}$	Сторона повреждения	Контрлатеральная
Переломов плечевой кости	18	$39 \pm 4$	$68 \pm 5$	$96 \pm 8$	141 %	$58 \pm 12$	$52 \pm 10$
Врожденного укорочения голени	18	$20 \pm 3$	$97 \pm 7$	$93 \pm 8$	96 %	$49 \pm 8$	$47 \pm 7$

Установлена зависимость соотношения СК по средним мозговым артериям на контрлатеральной стороне и стороне повреждения от возраста пациентов. С увеличением возраста больных с травмами конечности величина относительной СК по СМА контрлатеральной стороны снижалась. Возрастное снижение величины соотношения скоростей кровотока приводило к тому, что наступал момент, когда оно становилось

менее 100%. Момент, когда СК на контрлатеральной стороне мозга становилась ниже, чем на стороне повреждения наступал у больных с переломами костей конечностей в среднем после 55 лет (рис. 2). По мере сращения перелома костей у больных происходила нормализация кровотока в артериях конечности, и соответственно исчезал эффект избирательного перераспределения СК по СМА.

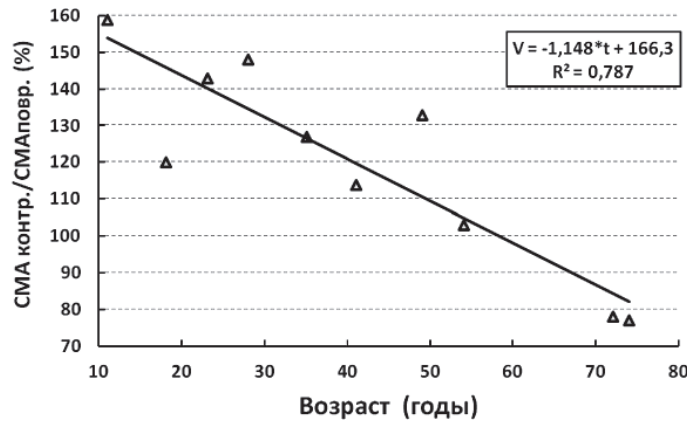


Рис. 2. Возрастная динамика соотношения СК по СМА интактной и травмированной сторон при переломах костей конечностей

Оценивая при психофизиологическом тестировании степень ограничивающего действия на повседневную деятельность пациентов фактора боли, было выявлено его влияния на величину относительной СК по СМА контрлатеральной стороны. Чем менее выражено влияние болевого фактора на повседневную деятельность пациентов, тем выше относительная величина СК по

СМА контрлатеральной стороны. При этом в период оперативного лечения конечности по Илизарову ограничивающее действие фактора боли несравненно больше (рис. 3). Величина относительной СК по СМА также взаимосвязана и с другими параметрами самооценки психического здоровья больных (настроения, самочувствия, работоспособности).

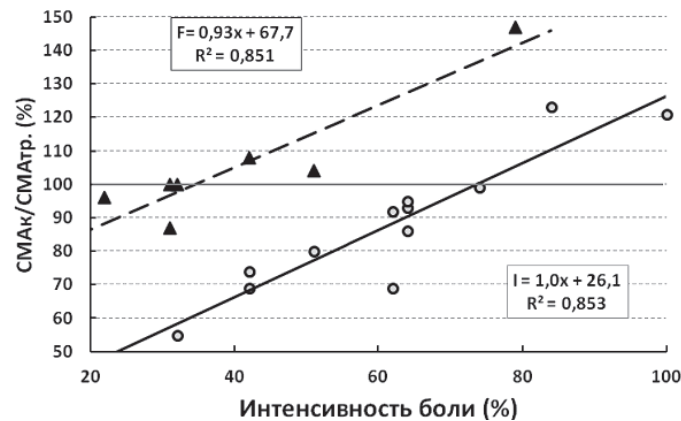


Рис. 3. Зависимость относительной величины СК по СМА контрлатеральной стороны от степени отсутствия влияния болевого фактора у больных до (I) и в процессе оперативного лечения (F)

У больных с врожденной задержкой роста одной из конечностей, несмотря на относительно меньшие её размеры, средние значения линейной СК по региональным

артериям с обеих сторон практически одинаковы, поскольку площадь поперечного сечения артерий отстающей в росте конечности относительно меньше, чем интактной

в среднем на 24%, и находилась в прямой зависимости от степени снижения сократительной способности мышц [5, 6]. При этом индекс вазомоторной реактивности СМА у больных этой группы был относительно нормы снижен на 30%.

Особенностью реакции артерий мозга у пациентов этой группы было то, что в период оперативного удлинения конечности по Илизарову СК по СМА контрлатеральной стороны мозга не повышалась, а снижалась на 31% и лишь в период нейтральной фиксации начинала увеличиваться. Зависимость величины соотношения СК по СМА от сроков лечения ( $t$ , дни) можно описать уравнением регрессии:  $V = 0,77 \cdot t + 35,9$ ;  $r = 0,731$ . Снижение относительной величины СК по СМА контрлатеральной стороны нельзя объяснить неадекватно большим объёмом патологической афферентации в период дистракции, поскольку, например, при такой же методике удлинения голени у больных с последствиями травм и фосфат-диабетом (8 чел.) наблюдался прирост СК по СМА контрлатеральной стороны, величина которого составила  $40\% \pm 10$ .

По-видимому, регенераторные возможности тканей конечности, определяемые в том числе интенсивностью их кровоснабжения, уменьшаются не только по мере увеличения возраста пациентов, что согласуется с положением второго закона регенерации Ч. Дарвина [7], но они также относительно ниже у людей с врожденными заболеваниями конечностей. Причина такого нарушения не столько в изменениях свойств самих тканей пораженных конечностей, сколько в изменении реактивности соответствующих мозговых структур, неадекватно реагирующих на внешние воздействия.

У больных с последствиями инсульта СК по СМА в острый период заболевания (первые месяцы) выше на стороне кровоизлияния, однако на протяжении пяти последующих лет она больше на интактной стороне мозга (рис. 4). Значения относительной величины СК по СМА контрлатеральной стороны снижались по мере увеличения возраста больных:

$$Vr = 146,1 - 0,59 \cdot T; (r = -0,607).$$

При этом выравнивание показателей на двух сторонах мозга происходило к 78 годам.

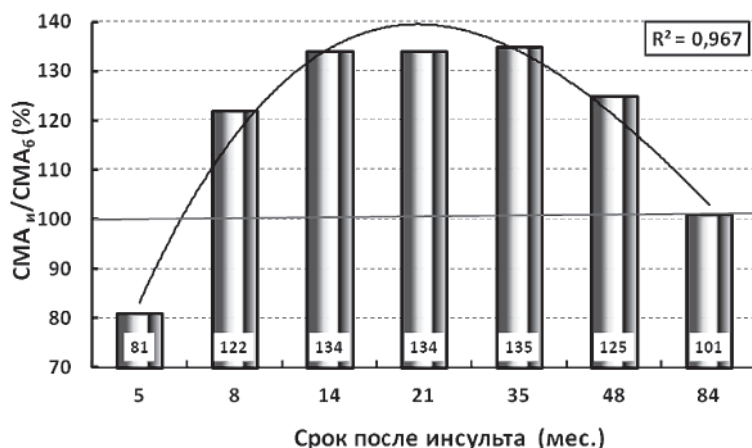


Рис. 4. Динамика соотношения СК по СМА на интактной и пораженной сторонах головного мозга у пациентов с последствиями инсульта

После осуществления операции кранио-остеопластики, выполняемой для стимуляции кровоснабжение зоны поражения мозга на протяжении первых недель периода дистракции по методу Илизарова костного отщипа СК по СМА на интактной стороне мозга становилась относительно меньше (табл. 2). К окончанию периода лечения показатели кровотока на обеих сторонах мозга выравнивались. С увеличением сроков функциональной реабилитации после окончания периода лечения ( $T$ , мес.) соотношение показателей СК на интактной

и пораженной сторонах мозга повышалось:  $Vr = 82,3 + 3,98 \cdot T$ ;  $r = 0,954$ .

У больных с последствиями черепно-мозговой травмы показатели СК по СМА в процессе оперативного лечения не выходили за границы возрастной нормы. По мере увеличения сроков после окончания лечения ( $T$ , мес.) наблюдалось снижение СК по СМА поврежденной стороны:  $Vp = 77,9 - 3,04 \cdot T$ ;  $(r = 0,565)$ . Величина СК по СМА поврежденной стороны оказалась ниже, чем по СМА контрлатеральной на 18%.

Таблица 2

Скорость кровотока по артериям мозга у больных с последствиями инсульта ( $M \pm m$ )

Период лечения	n	Контрлатеральная сторона			Сторона поражения		
		Передняя	Средняя	Задняя	Передняя	Средняя	Задняя
До лечения	49	80 ± 5,4	<b>84 ± 5,2</b>	57 ± 4,3	66 ± 3,9	<b>72 ± 4,9</b>	60 ± 3,0
Период лечения	25	62 ± 5,7	<b>74 ± 5,1</b>	55 ± 6,9	70 ± 5,7	<b>83 ± 9,3</b>	67 ± 6,4
Сразу после лечения	23	74 ± 9,4	<b>82 ± 9,0</b>	63 ± 7,6	74 ± 7,4	<b>73 ± 9,9</b>	54 ± 6,7
Отдаленные результаты	6	84 ± 21	<b>118 ± 22</b>	88 ± 21	93 ± 9	<b>106 ± 15</b>	79 ± 14

Была предпринята попытка исследовать взаимосвязь между показателями СК по СМА и сократительной способностью мышц нижних конечностей. С помощью разработанного нами динамометрического стенда [8] оказалось возможным измерить максимальный момент силы мышц пораженной конечности у 75% больных. Однако не удалось выявить положительного влияния увеличения СК по СМА пораженной стороны мозга на силу соответствующих групп мышц. Более того, сила мышц кистевого схвата оказалась тем меньше, чем выше было СК по СМА пораженной стороны:  $F = 41,7 - 1,01 \cdot x$ ; ( $r = 0,826$ ).

По-видимому, динамика и исход лечения заболеваний и травм определяется не только состоянием тканей данной конечности, но и состоянием регулирующих центров головного мозга, при адекватной реакции которых в период лечения осуществляется избирательное перераспределение скорости кровотока. Происходящие при этом изменения в состоянии центров головного мозга, по-видимому, не только отражают изменения в состоянии тканей конечности, но и оказывают на них трофическое влияние. Такое перераспределение кровотока в соответствующих центрах головного мозга формируется через несколько дней после травмы, а после инсульта – через несколько месяцев. Выраженность изменений зависит от динамики возрастной реактивности организма.

Анализируя СК по СМА, мы нашли эффективный индикатор адекватности взаимосвязи функционального состояния центров головного мозга и поврежденных периферических анатомических образований. Выявленная взаимосвязь процессов, происходящих в поврежденных органах и центрах головного мозга, согласуется с ранее выдвинутыми теоретическими положениями А.Д.Сперанского о роли центральной нервной системы в регуляции трофической функции органов [9].

### Выводы

1. При лечении переломов костей скорость кровотока увеличивается не только по артериям травмированной конечности, но и по средней мозговой артерии контрлатеральной стороны, достигая максимума через 2–3 недели после травмы. Величина обусловленного травмой конечности прироста скорости мозгового кровотока зависит от реактивности организма пациентов, снижающейся с возрастом пациентов.

2. Особенностью больных с врожденным отставанием одной из конечностей в росте является не повышение, а неадекватное снижение скорости кровотока по средней мозговой артерии контрлатеральной стороны в период distraction. Такая реакция связана с функциональными нарушениями соответствующих структур головного мозга.

3. После инсульта мозга скорость кровотока по средней мозговой артерии снижена на пораженной стороне и повышена на интактной. В отдаленные сроки после оперативного вмешательства на костях свода черепа скорость кровотока на пораженной стороне мозга вновь продолжала снижаться.

### Список литературы

- Илизаров Г.А. Некоторые теоретические и клинические аспекты чрескостного остеосинтеза с позиций открытых нами общебиологических закономерностей // Экспериментально-теоретические и клинические аспекты чрескостного остеосинтеза, разрабатываемого в КНИИ-ЭКОТ: Тезисы докл. междунар. конф. – Курган, 1986. – С. 7–12.
- Shchurov V.A., Gubin A.V. The influence of trauma on the limb blood flow through the vessels of the brain. Czech Republic. Prague // Materialy VIII miedzynarodowej naukowo-practycznej konferencyi. – 2012. Medycyna. – Vol. 17. – P. 80–83.
- Куликов В.Н., Доронина Н.И. Реакция мозгового кровообращения на легкую физическую нагрузку // Физиол. человека. – 1999. – Т. 35. – № 6. – С. 71–75.
- Hellstrom G., Wahlgren N.G. Physical exercise increases middle cerebral artery blood flow velocity // Neurosurg. Rev. – 1993. – Vol. 16. – № 2. – P. 151.



5. Щуров В.А. Анализ факторов, определяющих объёмную скорость кровотока голени при лечении заболеваний конечностей по Илизарову / В.А. Щуров, Т.И. Долганова, Е.Н. Щурова, Л.Ю. Горбачёва // Травматол., ортопед. России. – 1994. – no. 2. – С. 91–96.

6. Щуров В.А. Диаметр артерий и масса кровоснабжаемых тканей // Детская и подростковая реабилитация. – 2009. no. 1 (12). – С. 28–31.

7. Shchurov V.A., Muradisinov S.O. The second rule of regeneration and leg elongation of Ilizarov // Chir. Narz. Ruchu ortop. Pol. – 1994. – LIX. – Supl. 4. – P. 32–38.

8. Щуров В.А. Методика оценки сократительной способности мышц голени у больных женского пола с заболеваниями опорно-двигательной системы // Гений ортопедии. – 2003. – № 3. – С. 72–75.

9. Сперанский А.Д. Нервная трофика в теории и практике медицины. –М.: ВИЭМ, 1936. – 423 с.

5. Schurov V.A., Dolganova T.I., Shchurova E.N., Gorbacheva L.Y. Analysis of the factors that determine the volumetric flow rate in the treatment of tibia by Ilizarov limb disorders // Traumat., Orthoped. Russia, 1994. no. 2. pp. 91–96.

6. Schurov V.A. The diameter of the arteries and perfused tissue mass // Children's and adolescent rehabilitation, 2009. no. 1 (12). pp. 28–31.

7. Schurov V.A., Muradisinov S.O. The second rule of regeneration and leg elongation of Ilizarov // Chir. Narz. Ruchu ortop. Pol. 1994. LIX. Supl. 4. pp. 32–38.

8. Schurov V.A. Assessment methodology contractility of leg muscles in female patients with diseases of the musculoskeletal system // The Genius of Orthopaedics, 2003. no. 3. pp. 72–75.

9. Speranski A.D. Trophic nervous in the theory and practice of medicine. M. VIEM. 1936. 423 p.

### References

1. Ilizarov G.A. Some theoretical and clinical aspects of transosseous osteosynthesis with open positions us general biological laws // Experimental and theoretical and clinical aspects of transosseous osteosynthesis, developed in КНИЕКОТ: Proc. Intern. Conf. Kurgan. 1986. pp. 7–12.

2. Schurov V.A., Gubin A.V. The influence of trauma on the limb blood flow through the vessels of the brain. Czech Republic. Prague // Materialy VIII miedzynarodowej naukowy-practycznej konferencyu. 2012. Medycyna. Vol. 17. pp. 80–83.

3. Kulikov V.N., Doronin N.L. Reaction stroke for light exercise // Human Physiology. 1999. T. 35. no. 6. pp. 71–75.

4. Hellstrom G., Wahlgren N.G. Physical exercise increases middle cerebral artery blood flow velocity // Neurosurg. Rev. 1993. Vol. 16. no. 2. pp. 151.

### Рецензенты:

Сабирьянов А.Р., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой медицинской реабилитации и спортивной медицины ГБОУ ВПО «Челябинская государственная медицинская академия», г. Челябинск;

Дуров А.М., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой адаптивной физической культуры ГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 23.01.2013.