

УДК 612.13-616-001.45-617.584  
DOI: 10.26435/UC.V013(28).239

**А.А. Оприщенко, А.В. Кравченко, К.А. Бодаченко, А.А. Штугин**

Республиканский травматологический центр, Донецк

## **ИЗМЕНЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ РЕГИОНАРНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМАХ ГОЛЕНИ В ОСТРОМ ПЕРИОДЕ ТРАВМЫ**

В условиях вооруженных конфликтов низкой интенсивности открытые повреждения нижней конечности занимают ведущее место в структуре боевой травмы [1, 2]. Характерной особенностью огнестрельных переломов, вызванных применением современных видов вооружения и боеприпасов взрывного действия, является значительная зона повреждения тканей [1-3]. Одним из ведущих механизмов, определяющих течение раневого процесса и прогноз развития осложнений, является характер нарушений регионарного кровотока. Стадийность изменений регионарной гемодинамики при механической травме мирного времени описана в доступной литературе [4]. В то же время динамика гемодинамических параметров в поврежденной конечности при боевой травме изучена недостаточно.

### **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Оценка регионарных гемодинамических изменений при огнестрельных переломах голени в остром периоде травмы в зависимости от тяжести ранения и тактики лечебных мероприятий.

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Проведен анализ материалов клинико-инструментального обследования 27 раненых с изолированными огнестрельными переломами голени. Все раненые были мужчины. Средний возраст  $34,3 \pm 3,2$  года (21-48). Огнестрельные переломы получены в результате взрывной травмы – 19, пулевых ранений – 8. По локализации переломов раненые распределялись следующим образом – проксимальный отдел голени – 8, средняя треть – 14, дистальная треть – 5. По тяжести повреждения согласно классификации Gustillo-Anderson имело место следующее распределение: тип IIIA – 7 (ранения вторичными/третичными ранящими агентами и пулевые ранения), тип IIIB – 20 (ранения первичными факторами взрыва и пулевые ранения). Раненые с типом повреждения IIIC в исследование

не включались. Во всех наблюдениях имели место оскольчатые переломы обеих костей голени В и С типа по классификации АО. В состоянии шока 1-й степени были доставлены 4 раненых. Средний срок поступления раненых в клинику составил  $179 \pm 16$  минут (45-215) от момента ранения.

По степени тяжести перелома и характеру лечебных мероприятий раненые были ретроспективно разделены на две группы: первая группа – раненые с переломами IIIA типа, которым проводилась радикальная первичная хирургическая обработка ран (ПХО) и окончательный остеосинтез аппаратами внешней фиксации (7 пациентов,) и вторая группа – раненые с IIIB типом переломов, которым осуществляли берегательную ПХО, декомпрессивную фасциотомию и стабилизацию перелома аппаратом внешней фиксации (20 пациентов).

Оценка регионарной гемодинамики осуществлялась на основании методов ультразвуковой диагностики (первично и в динамике) и реографии в послеоперационном периоде. Сонографическое обследование выполняли при поступлении, на 3 и 7 сутки с помощью ультразвукового сканера SonoScape 2.0 Pro линейным датчиком высокой плотности L743 (SONOSCAPE CO,LTD, China) 7,5 МГц. Исследование регионарной гемодинамики включало доплерографию, дуплексное и триплексное ангиосканирование бедренных артерии и вены, подколенной артерии и вены, берцовых артерий и вен. При этом анализировали форму волны, показатели давления, линейную скорость кровотока и цветовой спектр сигнала, симметричность показателей на нижних конечностях. Показатели давления сопоставляли с системным давлением крови, измеренным на плече. Скоростные показатели сравнивали со стандартными величинами

и показателями на контрлатеральной конечности.

Для интегральной оценки нарушения регионарного кровообращения нами использована компьютерная система реографии «ReoCom», разработанная в лаборатории компьютерных диагностических систем Национального аэрокосмического университета «ХАИ» [5]. Реографические исследования проводили на 3 и 7 сутки от момента поступления раненых в клинику в стандартизованных лабораторных условиях. При качественном анализе реографической кривой изучали регулярность волн, их форму и высоту, характер подъема анакроты и спуска катакроты, форму вершины дополнительных волн на нисходящей части кривой, идентичность кривых, снятых с симметричных областей.

Для количественной оценки исследования определялись следующие показатели: А2 – максимальная амплитуда систолической волны (Ом) как характеристика пульсового кровенаполнения; А3 – амплитуда инцизуры (Ом); А4 – амплитуда диастолической волны (Ом); ДКИ – дикротический индекс (межамплитудный показатель инцизуры, %) – отношение амплитуды реографической волны на уровне инцизуры (А3) к максимальной амплитуде систолической волны (А2) как показатель, отражающий состояние тонуса резистивных сосудов; ДСИ – диастолический индекс (межамплитудный показатель диастолической волны, %) – отношение величины амплитуды диастолической волны (А4) к максимальной амплитуде систолической волны (А2) как показатель, отражающий состояние оттока крови и тонус венул, а также РК – показатель тонуса артерий (%).

Динамика изменений регионарного кровотока в остром периоде зависит от различных факторов – показателей центральной гемодинамики, объема и характера инфузионно-трансфузионной и медикаментозной терапии, характера и объема локальных повреждений, преморбидных условий и ряда других. В связи с этим мы наблюдали значительный разброс показателей. Поэтому мы сочли целесообразным оценивать параметры кровотока в поврежденной конечности по степени их отличия от контрлатеральной (неповрежденной) конечности на основании коэффициента асимметрии (Ка), который рассчитывали по формуле:

$$Ka = \frac{C-D}{D} \times 100\%$$

где: С – показатели кровотока поврежденной конечности; Д – показатели кровотока контрлатеральной конечности.

Полученные данные обработаны при помо-

щи прикладных программ Microsoft Office 7.0, пакета программ Statistica for Windows 6.0. Гипотезы о различиях проверяли с помощью U-критерия (Манна-Уитни) при уровне достоверности 95%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Качественный анализ формы доплерографической волны показал, что в остром периоде в обеих группах вне зависимости от тяжести повреждения на уровне подколенной артерии в 74% наблюдений фиксировался сигнал с высокой амплитудой анакроты, что является косвенным признаком сосудистого спазма. При этом на берцовых артериях в 78% случаев определялся монофазный кровоток, характеризующий выраженные перфузионные нарушения.

Количественная оценка коэффициента асимметрии артериального кровотока показала наличие наиболее значимых различий в уровне давления крови в подколенной и берцовых артериях. Так коэффициент асимметрии давления в подколенной артерии у раненых первой группы составлял в среднем  $19,7 \pm 5,3\%$ , а во второй группе –  $29,5 \pm 4,7\%$ . На берцовом сегменте соответственно в первой группе –  $25,4 \pm 4,5\%$ , во второй –  $38,9 \pm 5,3\%$  (см. табл.).

Также было отмечено значимое увеличение линейной скорости кровотока в подколенно-тибиальном сегменте артериального русла –  $28,9 \pm 5,8\%$  в первой группе, во второй –  $43,7 \pm 6,4\%$ . Эти данные подтверждались и анализом триплексного ангиосканирования. Мы расцениваем данные результаты как показатель распространенного ангиоспазма в условиях острого периода огнестрельной травмы. Отрицательные значения коэффициента асимметрии кровяного давления могут быть обусловлены выраженностью отека тканей и артериоспазмом в условиях гиперкинетического типа реакции сердечно-сосудистой системы на повреждение. При этом изменения со стороны бедренных сосудов представляются относительно малозначимыми гемодинамическими параметрами.

К 7-м суткам после травмы в обеих группах на фоне стандартной инфузионной и медикаментозной терапии отмечалась положительная динамика показателей артериального кровотока. Показатели давления и скорости кровотока в артериях бедра приближались к нормальным величинам и не различались между группами. Обращала на себя внимание тенденция к нормализации показателей кровотока по подколенной артерии, где в отличие от 3-х суток нивелировались значимые различия между сравниваемыми группами. Можно предположить, что декомпрессивная фасциотомия во второй группе

раненых играла определенную роль в снижении периферического сопротивления и способствовала улучшению перфузии тканей. При этом, несмотря на положительную динамику, сохранялись значимые различия между группами как в показателях регионарного давления, так и скорости кровотока на уровне берцового сегмента, что соответствовало тяжести локального повреждения (см. табл.).

Следует указать на наличие определенной корреляции между данными ультрасонографии и реовазографии. При визуальном изучении реограмм поврежденной конечности на всех сегментах в обеих группах на 3-и сутки после ранения определяли низкоамплитудные реографические волны с замедленным подъемом и, особенно, спуском. Инцизура и диастолическая волна были сглажены и сдвинуты к вершине, которая выглядит уплощенной и растянутой. Сама реографическая волна имела платоподобную или куполовидную форму и была приближена к изолинии. Пульсовое кровенаполнение было резко снижено. Амплитуда систолической волны на бедре в среднем была  $0,0093 \pm 0,0007$  Ом, на голени –  $0,043 \pm 0,0045$  Ом и в области стопы –  $0,066 \pm 0,0066$  Ом. В среднем в обеих группах коэффициент асимметрии этих показателей на указанных уровнях был равен  $18,8 \pm 2,9\%$  на бедре,  $38,8 \pm 3,7\%$  на голени и  $51,5 \pm 5,9\%$  на стопе. Выявить статистически значимые различия между группами по данным реографии нам не удалось, что, вероятно, может быть связано с чувствительностью метода.

Асимметрия межамплитудных показателей инцизуры и диастолической волны (ДСИ), которые характеризуют тонус артериол и ве-

нул, была довольно высокой и представляла соответственно на бедре  $84,7 \pm 6,7\%$  и  $62,5 \pm 7,4\%$ , на голени –  $65,3 \pm 6,4\%$  и  $76,2 \pm 6,7\%$ , на стопе –  $100,0 \pm 9,0\%$  и  $103,2 \pm 9,5\%$ . Показатели отношения амплитуды инцизуры и систолической волны (ДКИ) также были асимметричны. Так, на травмированной конечности, эти показатели были равны на бедре  $75,0 \pm 6,3\%$  и  $45,6 \pm 6,3\%$ , на голени –  $104,7 \pm 9,4\%$  и  $60,6 \pm 5,6\%$ . На уровне стопы асимметрия показателей составила  $75,6 \pm 6,3\%$  и  $155,9 \pm 13,8\%$  соответственно, что значительно превышало нормативные значения асимметрии. Таким образом, качественные и количественные показатели реовазограмм свидетельствовали о значимом снижении пульсового кровенаполнения пораженной нижней конечности, которые были вызваны повышением тонуса артерий и вен среднего и малого калибра.

При реографическом исследовании на 7-е сутки после травмы выявлялась тенденция к нормализации показателей реовазограммы в обеих группах. Коэффициент асимметрии систолической волны на голени снижался до  $26,2 \pm 4,1\%$ , на стопе –  $41,8 \pm 3,7\%$ . При этом Ка ДСИ на голени оставался повышенным в обеих группах –  $57,6 \pm 3,4\%$  и  $62,3 \pm 3,7\%$  соответственно, что свидетельствовало о сохраняющихся нарушениях на уровне микроциркуляторного русла

Таким образом, к 7 суткам от момента травмы в обеих группах раненых определялась тенденция к нормализации ультрасонографических и реовазографических показателей артериального кровотока. При этом статистически значимые различия между ранеными обеих групп выявлялись преимущественно на уровне сегмента голени, что отражало тяжесть ранения. По наше-

Таблица.

Коэффициенты асимметрии сонографических показателей артериального кровотока нижней конечности при огнестрельных переломах голени в остром периоде

Показатель	Коэффициент асимметрии в 3-и сутки (в %)		Коэффициент асимметрии в 7-е сутки (в%)	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
Vfa	$12,5 \pm 3,4$	$13,6 \pm 4,1$	$9,6 \pm 3,8$	$10,4 \pm 4,1$
Vsfa	$12,2 \pm 4,1$	$14,2 \pm 5,1$	$10,1 \pm 3,5$	$11,2 \pm 4,1$
Vpa	$26,4 \pm 7,2$	$39,8 \pm 5,4^*$	$17,5 \pm 4,8$	$21,4 \pm 4,5$
Vta	$28,9 \pm 5,8$	$43,7 \pm 6,4^*$	$19,5 \pm 4,6$	$29,4 \pm 7,8^*$
BPfa	$-6,1 \pm 2,1$	$-8,2 \pm 2,5$	$-5,3 \pm 2,6$	$-6,4 \pm 2,4$
BPsfа	$-7,4 \pm 2,5$	$-9,2 \pm 2,8$	$-5,5 \pm 2,4$	$-7,5 \pm 2,6$
BPpa	$-19,7 \pm 5,3$	$-29,5 \pm 4,7^*$	$-15,6 \pm 3,4$	$-20,2 \pm 3,8$
BPta	$-25,4 \pm 4,5$	$-38,9 \pm 5,3^*$	$-21,2 \pm 3,5$	$-31,8 \pm 4,2^*$

Примечание: V – скорость кровотока, BP – кровяное давление, fa – общая бедренная артерия, sfa – поверхностная бедренная артерия, pa – подколенная артерия, ta – берцовые артерии, \* – различие между группами ( $p < 0,05$ )

му мнению, это указывает на то, что более щадящая тактика хирургических вмешательств у больных с более тяжелыми повреждениями позволяет оптимизировать параметры регионарной артериальной гемодинамики и тем самым обеспечить более благоприятные условия протекания раневого процесса.

## **ВЫВОДЫ**

1. Огнестрельные переломы голени в остром периоде характеризуются значительными регионарными гемодинамическими изменениями, коррелирующими с тяжестью травмы и проявляющимися выраженным артериальным спаз-

мом и снижением перфузионного давления в тиббио-поплитеальном сегменте.

2. К 7-м суткам после ранения в обеих группах раненых отмечается тенденция к нормализации ультрасонографических и реографических показателей регионарного артериального кровотока.

3. Тактика сберегательной ПХО и первичной стабилизации сегмента аппаратами внешней фиксации позволяет оптимизировать процессы восстановления артериальной регионарной гемодинамики при огнестрельных переломах голени.

*А.А. Оприщенко, А.В. Кравченко, К.А. Бодаченко, А.А. Штутин*

*Республиканский травматологический центр, Донецк*

### **ИЗМЕНЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ РЕГИОНАРНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМАХ ГОЛЕНИ В ОСТРОМ ПЕРИОДЕ ТРАВМЫ**

Динамика гемодинамических параметров в поврежденной конечности при боевой травме изучена недостаточно.

Целью исследования являлась оценка регионарных гемодинамических изменений при огнестрельных переломах голени в остром периоде травмы в зависимости от тяжести ранения и тактики лечебных мероприятий.

Материал и методы. Проведен анализ материалов клинико-инструментального обследования 27 раненых с изолированными огнестрельными переломами голени. Средний возраст  $34,3 \pm 3,2$  года (21-48). Раненые были разделены на две группы: первая – раненые с переломами IIIA типа, которым проводилась радикальная первичная хирургическая обработка ран и окончательный остеосинтез аппаратами внешней фиксации (7 пациентов), вторая – раненые с IIIB типом переломов, которым осуществляли сберегательную ПХО, декомпрессионную фасциотомию и стабилизацию перелома аппаратом внешней фиксации (20 пациентов). Оценка регионарной гемодинамики осуществлялась на основании методов ультразвуковой диагностики и реографии на 3 и 7 сутки.

Результаты. Количественная оценка коэффициента асимметрии артериального кровотока показала наличие наиболее значимых различий в уровне давления крови в подколенной и берцовых артериях. Отмечено значимое увеличение линейной скорости кровотока в подколенно-тибиальном сегменте. На 7 сутки в обеих группах отмечалась положительная динамика показателей артериального кровотока на уровне бедренно-подколенного сегмента. Сохранились значимые различия между группами как в показателях регионарного давления, так и скорости кровотока на уровне берцового сегмента, что соответствовало тяжести локального повреждения. Установлено наличие корреляции между данными ультрасонографии и реовазографии.

Заключение. Сберегательная тактика первичной хирургической обработки и стабилизации сегмента аппаратами внешней фиксации позволяет оптимизировать процессы восстановления артериальной регионарной гемодинамики при огнестрельных переломах голени.

**Ключевые слова:** огнестрельные переломы голени, регионарная гемодинамика, острый период.

*А.А. Oprishchenko, A.V. Kravchenko, K.A. Bodachenko, A.A. Shtutin*

*Republican Traumatology Center, Donetsk*

### **CHANGES OF ARTERIAL REGIONAL HEMODYNAMICS IN GUNSHOT SHIN FRACTURES IN AN ACUTE PERIOD OF INJURY**

Dynamics of hemodynamic parameters in the injured limb in combat trauma has been studied insufficiently.

The aim of the study was to assess the regional hemodynamic changes in gunshot shin fractures in an acute period of injury, depending on the severity of the injury and the tactics of the treatment.

Material and methods. The analysis of materials of

a clinical and instrumental examination of 27 wounded with isolated gunshot shin fractures was carried out. The average age is  $34.3 \pm 3.2$  years (21-48). The wounded were divided into two groups: the first – wounded with IIIA type fractures, which underwent radical primary surgical treatment and definitive osteosynthesis by external fixation devices (7 patients); the second – wounded with IIIB

type of fractures, which were carried out with saving debridement, decompressive fasciotomy and stabilization fracture by external fixation (20 patients). Evaluation of regional hemodynamics was carried out on the basis of ultrasound and rheography methods on days 3 and 7.

**Results.** Quantitative assessment of the asymmetry coefficient of arterial blood flow showed the presence of the most significant differences in the level of blood pressure in the popliteal and tibial arteries. A significant increase in the linear velocity of blood flow in the popliteal-tibial segment was noted. On the 7th day, both groups showed a positive dynamics of arterial blood flow at the level of the femoropopliteal segment. Significant differ-

ences were observed between the groups, both in terms of regional pressure and blood flow velocity at the tibial segment level, which corresponded to the severity of local injury. A correlation was established between ultrasonography and rheovasography.

**The conclusion.** The saving tactics of primary surgical treatment and stabilization of the segment with external fixation devices allow to optimize the processes of restoration of arterial regional hemodynamics in case of gunshot shin fractures.

**Key words:** gunshot shin fractures, regional hemodynamics, acute period.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Е.К. Гуманенко, И.М. Самохвалов Военно-полевая хирургия локальных войн и вооруженных конфликтов: Руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011. 672.
2. Dougherty P.J, Najibi S., Silverton C., Vaidya R. Gunshot wounds: epidemiology, wound ballistics, and soft-tissue treatment. Instr. Course Lect. 2009; 58: 131-139.
3. Murray C. K., Roop S. A., Hospenthal D. R. et al. Bacteriology of war wounds at the time of injury. E. Mil Med. 2006; 171 (9): 826-829.
4. Фишкин В. И., Львов С. Е., Удальцов В. Е. Регионарная гемодинамика при переломах костей. М.: Медицина; 1981. 184.
5. РеоКом для WINDOWS XP: Компьютерная система реографии. Харьков: ХАИ-МЕДИКА; 2006. 162.

## REFERENCES

1. E.K. Gumanenko, I.M. Samokhvalov Voennno-polevaya khirurgiya lokal'nykh voyn i vooruzhennykh konfliktov: Rukovodstvo dlya vrachei. M.: GEOTAR-Media; 2011. 672 (in Russian).
2. Dougherty P.J, Najibi S., Silverton C., Vaidya R. Gunshot wounds: epidemiology, wound ballistics, and soft-tissue treatment. Instr. Course Lect. 2009; 58: 131-139.
3. Murray C. K., Roop S. A., Hospenthal D. R. et al. Bacteriology of war wounds at the time of injury. E. Mil Med. 2006; 171 (9): 826-829.
4. Fishkin V. I., Lvov S. E., Udaltsov V. E. Regionarnaya gemodinamika pri perelomakh kostei. M.: Meditsina; 1981. 184 (in Russian).
5. ReoKom dlya WINDOWS XP: Komp'yuternaya sistema reografii. Khar'kov: KhAI-MEDIKA; 2006. 162 (in Russian).