

Состояние гемодинамики нижних конечностей у больных с позвоночно-спинномозговой травмой

Е.Н. Щурова

The hemodynamics status of the lower limbs in patients with the spine-spinal cord injuries

E.N. Shchourova

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган (генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

У 53 больных с позвоночно-спинномозговой травмой было проведено комплексное исследование кровообращения нижних конечностей. Определены особенности гемодинамики на всех уровнях: в магистральном, периферическом и капиллярном. В магистральном русле была изменена структура кровотока, снижен индекс пульсации, индекс систолического давления на бедре, увеличена линейная скорость в сосудах стоп. В периферическом русле отмечали снижение резервных возможностей и нарушение регуляции при проведении функциональных проб.

Ключевые слова: позвоночно-спинномозговая травма, нижняя конечность, кровообращение.

The complex study of the lower limb circulation was made in 53 patients with the spine-spinal cord injuries. The hemodynamics peculiarities were determined for all the levels: magistral and peripheral, capillary. In the magistral bed the blood flow structure was changed, pulsation index was decreased and so the systolic pressure of femur, the linear rate in feet vessels was increased. There was decrease of reserve potentials and regulation disorder during functional tests in the peripheral bed.

Keywords: spine-spinal cord injury, lower limb, (blood) circulation.

Травма позвоночника, осложненная повреждением спинного мозга, относится к важнейшим проблемам медицины. Несмотря на большое количество публикаций, посвященных данной проблеме, исследование ресурсов сердечно-сосудистой системы у данной категории больных остается по-прежнему актуальным [1], поскольку при позвоночно-спинномозговой травме высок риск развития сердечно-сосудистой патологии [2]. Анализ литературы показал, что у больных с позвоночно-спинномозговой травмой в большей степени изучена центральная гемодинамика [3, 4] в состоянии покоя, в условиях физической нагрузки и функциональной стиму-

ляции. Изучению кровообращения нижних конечностей уделено относительно мало внимания [5, 6, 7]. Состояние ресурсов периферического сосудистого русла при параплегии и парализации может играть немаловажную роль в процессе функциональной реабилитации этой категории больных. Поэтому комплексное исследование периферического кровообращения с оценкой его резервов является актуальной проблемой.

Целью настоящей работы было исследование особенностей и резервов кровообращения нижних конечностей у больных с позвоночно-спинномозговой травмой.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Было обследовано 53 больных с позвоночно-спинномозговой травмой, возраст которых составлял в среднем — $33,09 \pm 1,3$ года (от 17 до 55 лет). Локализация травмы позвоночника была следующей: у 12 пациентов был поврежден грудной отдел (D₅-D₁₁ позвонки), у 24 — грудно-поясничный отдел (D₁₂-L₁ позвонки); у 17 больных — поясничный (L₂-L₅ позвонки).

Срок от момента травматического повреждения до оперативного вмешательства колебал-

ся от 2 дней до 5 лет. Больные находились на разных этапах травматической болезни: 27 пациентов в позднем периоде; 26 — в остром и раннем. Травма позвоночника сопровождалась ушибом и компрессией спинного мозга, его ишемией, имбибицией кровью, отеком, образованием спаек, гидром, дедрита, разрывами твердой мозговой оболочки. Анализ двигательных нарушений показал, что в 60% наблюдалась нижняя вялая параплегия, в 40% — нижний вя-

льный парапарез различной степени выраженности, в одном проценте случаев отсутствовали нарушения. У 88% больных были нарушения функции тазовых органов (задержка или недержание мочи и кала). В 90% случаев определяли нарушения температурно-болевого чувствительности, проявляющиеся в виде повышения порогов на 4-8° или полного ее отсутствия.

Было проведено комплексное исследование периферического кровообращения нижних конечностей. С помощью ультразвуковой доплеровской установки «Ангио-Плюс» (Россия), оценивали магистральный кровоток в общей бедренной артерии, подколенной артерии, задней большеберцовой и тыльной артериях стоп обеих конечностей. Регистрировали прямую фазу максимальной линейной скорости кровотока – $V_{(+)}$ (см/сек), обратную фазу кровотока – $V_{(-)}$, t_v – время прохождения пульсовой волны, рассчитывали индекс пульсации (Pi) и демпинг-фактор (f_d) линейного кровотока. На ультразвуковой установке «АЛОКА» SSD-630, с использованием датчика 7,5 мГ, определяли диаметр (D_s) общей бедренной и подколенной артерий в период систолы левого желудочка.

Системное систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление измеряли по методу Короткова. Регионарное систолическое давление на нижней конечности определяли на двух уровнях (в нижней трети бедра и на лодыжке) с помощью метода Рива-Роччи с ультразвуковой регистрацией артериального пульса. Рассчитывали градиенты давления по формуле:

$$\text{ИРСД} = \text{РСД}/\text{ПСД},$$

где ИРСД – индекс регионарного систолического давления, РСД – регионарное систоличе-

ское давление, ПСД – систолическое давление на плече.

С помощью окклюзионного плетизмографа «PERIQVANT» (Швеция) с использованием ртутно-резиновых датчиков определяли объемную скорость кровотока (ОСК) голени, пиковый кровоток (после 3-минутной окклюзии бедра, рассчитывали индекс пикового кровотока по формуле:

$$\text{ИПК} = \text{ПК}/\text{ОСК}.$$

Микроциркуляцию кожи нижних конечностей исследовали с помощью лазерного доплеровского флоуметра (BLF-21, «Transonic Systems», США) с использованием накожного датчика (тип R). Объемный капиллярный кровоток (мл/мин*100г) регистрировали в покое (КК, мл/мин*100 г) и в условиях ишемической пробы, с пережатием сосудов конечности манжетой под давлением 230-250 мм.рт.ст. в течение 3-х минут выше исследуемой области. При проведении ишемической пробы регистрировали показатели: максимальный кровоток (КК_м, мл/мин*100 г) после снятия давления; время появления максимального кровотока (t_m , секунды); время восстановления кровотока в постишемическом периоде (t_v , секунды).

Напряжение кислорода и углекислого газа кожи нижних конечностей (мм.рт.ст.) определяли с помощью чрескожного монитора 840 (VFD) Ptc O₂/Ptc CO₂ фирмы «NOVAMETRIX» (США).

Статистическая обработка результатов проведена с использованием методов вариационной статистики. Оценка достоверности различия средних производилась с помощью параметрического t-критерия Стьюдента и непараметрического U-критерия Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ состояния периферического кровообращения у больных с позвоночно-спинномозговой травмой начинался с оценки магистрального кровотока в артериальных сосудах нижней конечности.

Характерной особенностью гемодинамики в крупных магистральных артериях нижних конечностей (табл. 1 и 2) у больных с позвоночно-спинномозговой травмой являлось снижение индекса пульсации на 25,4±3,4% ($P \leq 0,05$). Кроме того, наблюдалось изменение в структуре магистрального кровотока, его трехфазная форма практически переходила в двухфазную, т.е. процент наличия обратной фазы кровотока резко снижался. Эти два факта свидетельствуют о снижении пульсирующего характера кровотока в сосудах, увеличении степени затухания пульсовой волны, снижении периферического сосудистого сопротивления нижних конечностей.

Следует заметить, что систолический диаметр общей бедренной и подколенной артерий

достоверно не отличается от значений контрольной группы (табл. 1 и 2).

В артериях стоп – задней большеберцовой и тыльной (табл. 3 и 4) – было зарегистрировано повышение прямой фазы максимальной линейной скорости кровотока (на 32,3±4,5, $P \leq 0,05$), отсутствие обратной фазы, снижение индекса пульсации на 26,2±3,8% ($P \leq 0,05$) по сравнению с показателями у здоровых людей.

Следует заметить, что у больных с позвоночно-спинномозговой травмой сохраняется такая же, как и у здоровых людей, зависимость величины максимальной линейной скорости в магистральном сосуде от уровня исследования. Прямая фаза максимальной линейной скорости снижалась при последовательности измерения от общей бедренной артерии к задней большеберцовой. Индекс пульсации, наоборот, увеличивался.

Таблица 1
Показатели гемодинамики в общей бедренной артерии у больных с позвоночно-спинномозговой травмой

ПОКАЗАТЕЛИ					
Группы обследуемых	V ⁽⁺⁾ (м/сек)	V ⁽⁻⁾ (м/сек)	P _i	D _s (см)	t _v (сек)
Контрольная группа (n=36)	14,2±1,1	1,1±0,1 (83%)	6,0±0,3	0,81±0,02	0,32±0,02
Больные (n=53)	12,8±0,6	2,9±0,3 (25%)	4,3±0,3*	0,79±0,04	0,36±0,09

Таблица 2
Показатели гемодинамики в подколенной артерии у больных с позвоночно-спинномозговой травмой

ПОКАЗАТЕЛИ					
Группы обследуемых	V ⁽⁺⁾ V ⁽⁻⁾ (м/сек)	P _i	f _d	D _s (см)	t _v (сек)
Контрольная группа (n=36)	6,5±0,7 0,4±0,05 (46%)	6,7±0,5	1,17±0,09	0,67±0,03	0,30±0,01
Больные (n=53)	6,3±0,4 0,8±0,06 (5%)	4,8±0,1*	1,11±0,05	0,61±0,03	0,32±0,02

Примечание: цифры в скобках обозначают процент наличия обратной фазы кровотока. * - достоверность отличия показателей от значений контрольной группы (P≤0,05).

Таблица 3
Показатели гемодинамики в задней большеберцовой артерии у больных с позвоночно-спинномозговой травмой

ПОКАЗАТЕЛИ				
Группы обследуемых	V ⁽⁺⁾ V ⁽⁻⁾ (м/сек)	P _i	f _d	t _v (сек)
Контрольная группа (n=26)	5,0±0,4 0,3±0,04 (46%)	7,1±0,4	1,16±0,07	0,25±0,02
Больные (n=53)	6,2±0,4* -	5,5±0,2*	1,17±0,06	0,30±0,006

* - достоверность отличия показателей от значений контрольной группы (P≤0,05).

Таблица 4
Показатели гемодинамики в тыльной артерии у больных с позвоночно-спинномозговой травмой

ПОКАЗАТЕЛИ				
Группы обследуемых	V ⁽⁺⁾ V ⁽⁻⁾ (м/сек)	P _i	f _d	t _v (сек)
Контрольная группа (n=26)	5,2±0,3 0,3±0,05 (52%)	7,6±0,4	1,17±0,08	0,26±0,02
Больные (n=53)	7,3±0,4* -	5,4±0,2*	1,34±0,06*	0,28±0,005

Таблица 5
Систолическое давление (мм.рт.ст.) в сосудах нижней конечности на разных уровнях

Группы обследуемых	ПОКАЗАТЕЛИ				
	СД	СД в н/з бедра	СД на лодыжке	Индексы давления	
				Бедро	Лодыжка
Контр. гр. (n=26)	123,1±2,5	152,5±2,1	130,3±1,8	1,21±0,4	1,06±0,08
Больные (n=53)	137,5±3,8	145,8±3,8	142,7±3,4*	1,05±0,02*	1,09±0,04

* - достоверность отличия показателей от значений контрольной группы (P≤0,05).

Систолическое регионарное давление в нижней трети бедра достоверно не отличалось от

уровня контрольной группы, на лодыжке было достоверно выше (на 9,5%). Однако индекс систолического давления на бедре у больных с травмой позвоночника был достоверно ниже (на 13,1±2,6%), на лодыжке соответствовал показателям контрольной группы.

Таким образом, исследование гемодинамики в артериальных сосудах нижних конечностей у больных с травмой позвоночника показало наличие изменений в структуре магистрального кровотока, снижение индекса пульсации и индекса систолического давления в нижней трети бедра, увеличение линейной скорости в сосудах стопы.

Объемная скорость кровотока голени, отражающая состояние не только магистрального кровотока, но и периферического (коллатерального) у больных с позвоночно-спинномозговой травмой, в условиях покоя соответствовала уровню здоровых людей (табл. 6). Пиковый же кровоток после проведения 3-х минутной ишемической пробы был резко снижен на 62,4±5,8% (P≤0,05). Индекс пикового кровотока, характеризующий резервные возможности сосудистого русла конечности, так же был ниже нормы на 54,9±3,9% (P≤0,05).

Таблица 6
Показатели объемной скорости кровотока голени в покое и в условиях ишемической пробы (мл/мин*100 г)

Группы обследуемых	Объемная скорость кровотока	Пиковый кровоток	Индекс пикового кровотока
Контрольная группа (n=40)	1,1±0,08	11,5±1,7	10,1±1,3
Больные (n=36)	0,92±0,07	4,1±0,4*	4,6±0,6*

Исследование микроциркуляции кожных покровов нижних конечностей показало, что у больных с позвоночно-спинномозговой травмой базальный кровоток кожи стоп в покое достоверно не отличался от показателей здоровых людей (табл. 7). При проведении ишемической пробы было определено, что время появления максимального постишемического кровотока выше, чем в контрольной группе. Абсолютная величина максимального кровотока и отношение максимального кровотока к базальному уровню ниже нормы. Время восстановления постишемического кровотока до значений базального достоверно не отличалось от величины этого показателя в контрольной группе.

Чрескожное напряжение кислорода и углекислого газа в коже стоп достоверно не отличалось от должных значений (P_{тс}o₂=58,8±3,2 мм.рт.ст.; P_{тс}co₂=41,1±5,5 мм.рт.ст.). Проведение ишемической пробы не выявило наличия выраженных отклонений в газовом режиме тканей (T_{о2}восст.здор.=3,1±0,5 мин.; T_{о2}восст.б-х=3,3±0,4 мин).

Таким образом, у больных с позвоночно-спинномозговой травмой определяли изменения в гемодинамике нижних конечностей на всех уровнях: в магистральном, периферическом и

капиллярном. В магистральном русле менялась структура кровотока, снижался индекс пульсации и индекс систолического давления на бедре, увеличивалась линейная скорость в сосудах

стоп. В периферическом и капиллярном руслах отмечалось снижение резервных возможностей и нарушение регуляции при проведении функциональных проб.

Таблица 7

Показатели микроциркуляции кожи тыльной поверхности стопы у больных с позвоночно-спинномозговой травмой

ПОКАЗАТЕЛИ					
Группы обследуемых	Базальный кровоток (мл/мин*100 г)	Максимальный кровоток (мл/мин*100г)	Время максимального кровотока (сек)	Индекс	Время максимального восстановления кровотока (сек)
Контрольная (n=26)	2,0±0,3	9,6±0,4	7,4±0,5	4,8±0,5	2,8±0,4
Больные (n=53)	1,8±0,2	6,4±0,6*	14,1±0,4*	3,3±0,3*	3,0±0,4

* - достоверность отличия показателей от значений контрольной группы (P≤0,05).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ литературы показал, что при изучении влияния позвоночно-спинномозговой травмы на состояние сердечно-сосудистой системы в большей степени уделено внимания ее центральному компоненту. По данным разных исследователей, непосредственно после травмы возникает прессорная реакция, характеризующаяся значительным подъемом артериального давления, повышением общего сосудистого сопротивления кровотоку и контрактильности миокарда левого желудочка [8]. Затем наступает вторая фаза, обусловленная симпатической денервацией. В этот период регистрируется гипотензия, снижение сердечного выброса, объема циркулирующей крови, уменьшение общего сосудистого сопротивления, контрактильности миокарда и стойкая брадикардия [9, 10].

Периферический компонент реакции сердечно-сосудистой системы на позвоночную травму в литературе освещен менее подробно. Считается, что в гемодинамике нижних конечностей присутствуют функциональные нарушения, характеризующиеся плегией сосудов, асинхронной работой магистрального и терминального сосудистого русла [6, 7]. Снижается скорость микрокровотока в коже и мышцах, особенно в зоне нарушения чувствительности [5], а также скорость потребления кислорода тканями [11]. Некоторые авторы отмечают снижение амплитуды плетизмограмм концевых фаланг пальцев нижних конечностей [12].

Однако в литературе нет детального и комплексного освещения реакции гемодинамики в магистральных артериях нижних конечностей, особенностей реакции периферического русла в условиях ишемической пробы, количественной оценки степени сохранения резервов периферического сосудистого русла.

В наших исследованиях основные направления изменений в регионарном кровообращении нижних конечностей у больных с позвоночно-спинномозговой травмой обусловлены эффектом нарушения симпатической регуляции и гиподинамией, следствием которых является уменьшение общего сосудистого сопротивления и резервных возможностей сосудистого русла.

Так, характерной особенностью гемодинамики в крупных магистральных артериях нижних конечностей у больных с позвоночно-спинномозговой травмой являлось достоверное снижение индекса пульсации на 25,4±3,4%. Кроме того, наблюдалось изменение в структуре магистрального кровотока, его трехфазная форма практически переходила в двухфазную, т.е. процент наличия обратной фазы кровотока резко снижался. Эти два факта свидетельствуют о снижении пульсирующего характера кровотока в сосудах, увеличении степени затухания пульсовой волны. В артериях бедра снижался индекс систолического давления. За счет этого увеличивалась линейная скорость кровотока в артериях стоп.

Показатели систолического диаметра крупных сосудов конечности (общей бедренной и подколенной артерий) достоверно не отличались от значений контрольной группы, хотя имели тенденцию к снижению.

Известно, что диаметр сосудов в денервированной части тела определяется только базальным тонусом. Непосредственно после симпатической денервации базальный тонус снижен и наблюдается вазодилатация, но через несколько дней он начинает возрастать и спустя несколько недель почти достигает исходного уровня [13]. Такое увеличение базального тонуса связано, возможно, с тем, что после денервации сосудов повышается их чувствительность к катехоламинам и другим сосудосуживающим веществам, и степень сокращения мускулатуры сосудов возрастает.

Гемодинамия и плегия (парапарез) мышц нижних конечностей у больных с позвоночно-спинномозговой травмой оказывали выраженное влияние на падение резервов периферического сосудистого русла. Так, в условиях функциональной ишемической пробы определялось снижение максимального постишемического кровотока и отношение максимального кровотока к кровотоку покоя в коже и мышцах.

Кроме того, несмотря на то что наблюдалось нарушение регуляции кожного капиллярного русла и снижение его резервных возможностей,

в состоянии физического покоя кровоснабжение было адекватно сниженным потребностям тка-

ней, т.к. чрескожное напряжение газов достоверно не отличалось от должного уровня.

ВЫВОДЫ

1. У больных с позвоночно-спинномозговой травмой в магистральном русле нижних конечностей изменяется структура кровотока, снижается индекс пульсации и индекс систолического давления в нижней трети бедра, увеличивается линейная скорость в сосудах стопы.

2. Объемная скорость кровотока голени при позвоночно-спинномозговой травме (в покое) соответствует требуемым запросам, в условиях

функциональной пробы выявляется дефицит резервов сосудистого русла нижних конечностей.

3. Базальный объемный капиллярный кровоток кожных покровов стоп соответствует уровню контрольной группы, при проведении ишемической пробы определяется нарушение регуляции местного капиллярного кровотока и снижение его резервных возможностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Effect of spinal cord injury on the heart and cardiovascular fitness / W.T. Phillips, B.J. Kiratli, M. Sarkarati et al. // *Curr. Probl. Cardiol.* – 1998. – Vol. 23, N 11. – P. 641–716.
2. Physiologic responses during functional electrical stimulation leg cycling and hybrid exercise in spinal cord injured subjects / D.L. Mutton, A.M. Scremin, T.J. Barstow et al. // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* – 1997. – Vol. 78, N 7. – P. 712–718.
3. Faghri P.D., Glaser R.M., Fagoni S.F. Functional electrical stimulation leg cycle ergometer exercise: training effects on cardiorespiratory responses of spinal cord injured subjects at rest and during submaximal exercise // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* – 1992. – Vol. 73, N 11. – P. 1085–1093.
4. Blood redistribution and circulatory responses to submaximal arm exercise in persons with spinal cord injury / M.T. Hopman, M. Monro, C. Dueck et al. // *Scand. J. Rehabil. Med.* – 1998. – Vol. 30, N 3. – P. 167–174.
5. Effect of arm cranking exercise on skin blood flow of lower limb in people with injuries to the spinal cord / S. Muraki, M. Yamasaki, K. Ishii et al. // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 1995. – Vol. 71, N 1. – P. 28–32.
6. Исследование регионарного кровообращения при травме позвоночника Б.Ш. Минасов, В.А. Халиков, А.Р. Батыршин и др. // Специализированная ортопедо-травматологическая помощь при патологии суставов конечностей: Материалы III пленума правления Ассоциации травматологов и ортопедов России. – СПб; Уфа, 1998. – С. 402–404.
7. Допплерографическая оценка спинального кровообращения при позвоночно-спинномозговой травме / Б.Ш. Минасов, В.А. Халиков, В.А. Матросов и др. // Специализированная ортопедо-травматологическая помощь при патологии суставов конечностей: Материалы III пленума правления Ассоциации травматологов и ортопедов России. – СПб; Уфа, 1998. – С. 396 – 398.
8. Лившиц А. В. Хирургия спинного мозга. – М.: Медицина, 1990. – 352 с.
9. Tator C.H. // *J. Neurotrauma* – 1992. – Vol. 9. – P. 139–140 / Цит. по Грищенко Л.Н., Олешкевич Ф.В., Семейко Л.Н. и др. Травма спинного мозга: Современные представления о механизмах повреждения, регенерации и путях их коррекции // *Вопросы нейрохирургии.* – 1997. - № 2. – С. 37–44.
10. Sonntag V.K., Douglas R. A. // *J. Neurotrauma.* – 1992. – Vol. 9, Suppl.1. – P. 385–396. / Цит. по Грищенко Л.Н., Олешкевич Ф.В., Семейко Л.Н. и др. Травма спинного мозга: Современные представления о механизмах повреждения, регенерации и путях их коррекции // *Вопросы нейрохирургии.* – 1997. - № 2. – С. 37–44.
11. Нейротравматология: Справочник / Под ред. Л.Б. Лихтермана. – М.: ИПЦ «Вазар-Ферро», 1994. – 420 с.
12. Тиходеев С.А., Иванова Т.Н. Новый способ регистрации спинального кровообращения при заболеваниях и травмах позвоночника // *Вестн. хир.* – 1995. – Т. 154, № 4-6. – С. 83-85.
13. Вицлеб Э. Функции сосудистой системы // *Физиология человека: В 4-х томах. Т. 3.* / Пер. с англ.; Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – М.: Мир, 1986. – С.101-190.

Рукопись поступила 26.09.02.