

© Е.Н. Щурова, 2004

Исследование гемодинамики в магистральных артериях нижних конечностей у больных с травматической болезнью спинного мозга разных возрастных групп

Е.Н. Щурова

Study of hemodynamics in magistral arteries of the lower limbs in patients of different age groups with traumatic spinal cord disease

E.N. Shchourova

Государственное учреждение

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)

Рассмотрен вопрос о влиянии возраста на показатели гемодинамики в магистральных артериях нижних конечностей у больных с позвоночно-спинномозговой травмой в промежуточном и позднем периодах. При травматической болезни спинного мозга нарушаются пропорции изменений давления в плечевой артерии и артериях бедра и голени, разность систолического давления в плечевой артерии и артериях бедра и голени незначительна, с увеличением возраста она практически нивелируется. Возрастная гемодинамика в общей бедренной артерии у больных с травматической болезнью спинного мозга характеризуется более ранним и выраженным снижением прямой фазы кровотока, приобретением в большинстве случаев двухфазной структуры, снижением величины зарегистрированной обратной фазы кровотока, отсутствием направленной динамики индекса пульсации кровотока.

Ключевые слова: Травматическая болезнь спинного мозга, нижняя конечность, магистральные артерии, гемодинамика, возраст.

The work deals with the problem of age effect on hemodynamics indices in magistral arteries of the lower limbs in patients with spinal-and-cerebrospinal injury in intermediate and late periods. In case of traumatic spinal cord disease the proportions of pressure changes in the brachial artery and in the arteries of femur and leg are disordered. The difference of systolic pressure in the brachial artery and in the arteries of femur and leg is insignificant and it's practically leveled with ageing. The age dynamics of hemodynamics indices in the common femoral artery is characterized by earlier and marked decrease of blood flow direct phase, gaining two-phase structure in most cases, decrease of the amount of the blood flow back phase registered, absence of the directed dynamics of blood flow pulsation index.

Keywords: traumatic spinal cord disease, lower limb, magistral arteries, hemodynamics, age.

Рост числа травм позвоночника и спинного мозга, а также появление современных методов реанимации и специализированной помощи приводят к увеличению количества пациентов с осложненными повреждениями позвоночника. Отмечается постоянный рост количества больных с застарелыми повреждениями позвоночника и спинного мозга [1, 2]. По данным Р.Л. Гелли [3], в США насчитывается 200 тыс. больных с параличом вследствие травмы позвоночника и спинного мозга.

По результатам разных исследователей [1, 4, 5], эти пациенты «стареют». Из общего числа больных с позвоночно-спинномозговой травмой в США 40 % старше 40 лет и количество пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой среднего и пожилого возраста увеличивается [6, 7]. Это может быть обусловлено увеличением в структуре народонаселения доли лиц пожилого и среднего возрастов и рос-

том частоты переломов позвоночника в 50 лет и старше [7, 8].

По мнению D.L. Mutton et.al. [6], существует большой риск заболеваний сердца и сосудов у этой категории больных. Сама по себе травма позвоночника не может способствовать атеросклерозу, но в сочетании с увеличением возраста (в старших возрастных группах) приводит к развитию сердечно-сосудистой патологии [5, 9, 10].

Анализ литературы показал, что у больных с позвоночно-спинномозговой травмой в большей степени изучена центральная гемодинамика [11, 12] в состоянии покоя, в условиях физической нагрузки и функциональной стимуляции. Изучению кровообращения нижних конечностей уделено относительно мало внимания [13, 14, 15], а возрастной аспект периферического кровоснабжения у данной категории больных практически не исследован. Состоя-

ние ресурсов периферического сосудистого русла при параплегии и параплезе может играть немаловажную роль в процессе функциональной реабилитации этой категории больных [16].

Целью данной работы является исследование гемодинамики в магистральных артериях нижних конечностей у больных с застарелой позвоночно-спинномозговой травмой в различные возрастные периоды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Было обследовано 54 больных с травматической болезнью спинного мозга (ТБСМ) в позднем и промежуточном периодах. Пациенты были распределены на 5 возрастных групп: 1 – 17-19 лет; 2 – 20-29 лет; 3 – 30-39 лет; 4 – 40-49 лет; 5 – 50-59 лет. В среднем срок после травмы составлял $2,03 \pm 0,8$ лет (от 3 мес. до 5 лет). Локализация травмы позвоночника была следующей: у 16 пациентов был поврежден грудной отдел (D_5 - D_{11} позвонки), в 26 случаях – грудно-поясничный отдел (D_{12} - L_1 позвонки); у 17 больных – поясничный (L_2 - L_5 позвонки). Анализ двигательных нарушений показал, что в 78 % наблюдалась нижняя вялая параплегия, в 22 % – нижний вялый парализм различной степени выраженности. У 90 % больных были нарушения функции тазовых органов (задержка или недержание мочи и кала). В 90 % случаев определяли нарушения температурно-болевой чувствительности ниже очага поражения, 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) и ALOKA SSD-630 (Япония) оценивали магистральный кровоток в общей бедренной артерии, подколенной артерии, задней большебер-

цовой 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.

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: $ИРСД = РСД/ПСД$, где ИРСД – индекс регионарного систолического давления, РСД – регионарное систолическое давление, ПСД систолическое давление на плече.

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) критериев.

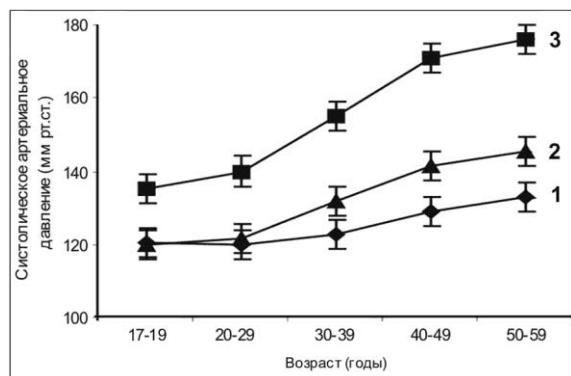
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При обобщении и анализе полученных данных обращает на себя внимание возрастная динамика систолического артериального давления в сосудах нижних конечностей у больных с травматической болезнью спинного мозга. Если у здоровых людей с возрастом увеличиваются как абсолютные величины систолического артериального давления, так и индексы периферического давления на конечности (рис. 1, а и 2, а), и рост давления на ногах более выражен, чем на плече, то у больных с ТБСМ этот процесс протекает менее выраженно.

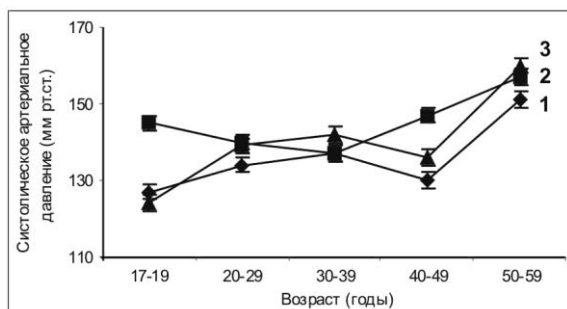
В большинстве случаев у больных с ТБСМ систолическое давление в плечевой артерии выше, чем у здоровых людей, и темп роста давления на нижней конечности с увеличением возраста менее выражен и достоверно не различается как в плечевой артерии, так и в сосу-

дах бедра и голени (рис. 1, б). Индексы периферического систолического давления на нижней конечности, в отличие от показателей здоровых людей, практически не меняются с увеличением возраста (рис. 2, б).

Таким образом, у больных с травматической болезнью спинного мозга разность систолического давления в плечевой артерии и артериях бедра и голени незначительна и с возрастом она практически нивелируется. Это, по всей видимости, связано с нарушением симпатической регуляции сосудов нижних конечностей (симпатической денервации) и способствует снижению степени отражения пульсовых волн давления артериального русла нижних конечностей и уменьшению периферического сосудистого сопротивления.

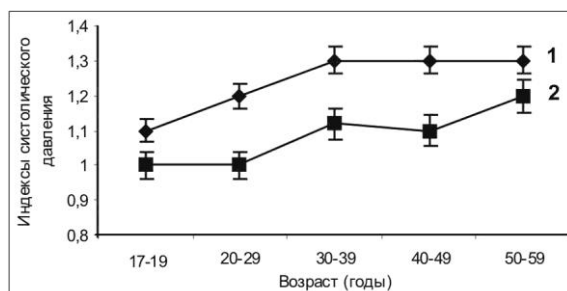


а

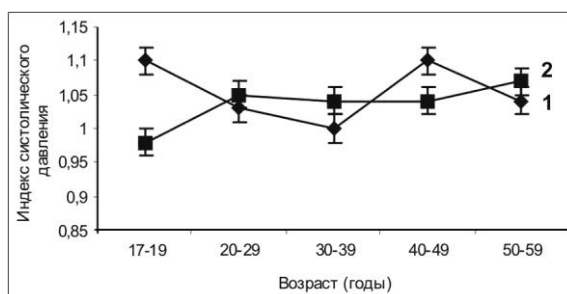


б

Рис. 1. Возрастная динамика систолического артериального давления в плечевой артерии (1), в нижней трети бедра (2) и голени (3): а – у здоровых людей; б – больных с травматической болезнью спинного мозга



а



б

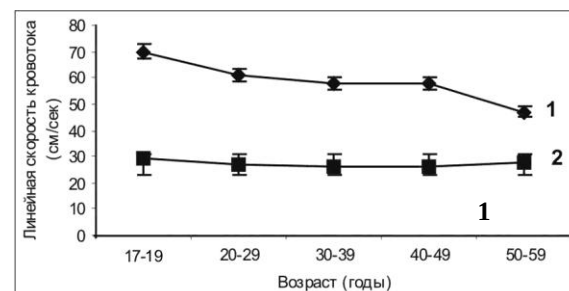
Рис. 2. Возрастная динамика индексов систолического давления бедро/плечо (1) и голень/плечо (2) у здоровых людей (а) и больных с травматической болезнью спинного мозга (б)

При исследовании гемодинамики в магистральных артериях нижних конечностей у больных с ТБСМ было выявлено, что, как и у здоровых людей, возрастные изменения в наибольшей степени наблюдаются в общей бедренной артерии.

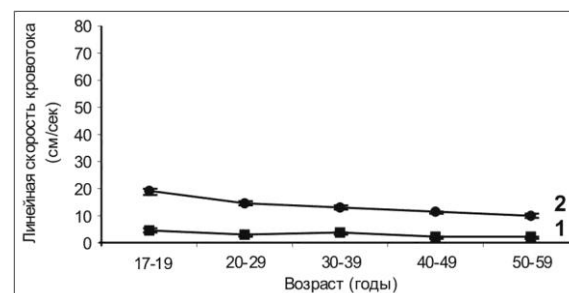
Так анализ кровотока в общей бедренной артерии показал, что его прямая фаза у больных с

ТБСМ в возрастной группе 50-59 лет на $38,7 \pm 8,7\%$ ($P \leq 0,05$) ниже, чем в самой молодой группе пациентов, и достоверное снижение наблюдается уже после 20 лет (рис. 3, б). Обратная фаза магистрального кровотока, зарегистрированная только в 30 % случаев, также снижается, но позже, после 40 лет (на $51,0 \pm 4,6\%$, $P \leq 0,05$), а в возрастной группе 50-59 лет этот показатель не регистрировался.

У здоровых людей значительное снижение прямой фазы кровотока отмечается только после 50 лет (на $31,2 \pm 2,1\%$, $P \leq 0,05$), обратная фаза кровотока, зарегистрированная практически у всех обследуемых, не имеет динамики в интервале возраста от 20 до 60 лет (рис. 3, а).



а



б

Рис. 3. Возрастная динамика линейной скорости кровотока в общей бедренной артерии (1- прямая фаза кровотока, 2 - обратная фаза кровотока) у здоровых людей (а) и больных с травматической болезнью спинного мозга (б)

Индекс пульсации кровотока в общей бедренной артерии у здоровых людей увеличивался после 50 лет на $12,1 \pm 1,4\%$ ($P \leq 0,05$), у больных с ТБСМ этот показатель достоверно не отличался в возрастных группах 17-20 и 50-59 лет (рис. 4), хотя в 40-49 лет имел тенденцию к росту.

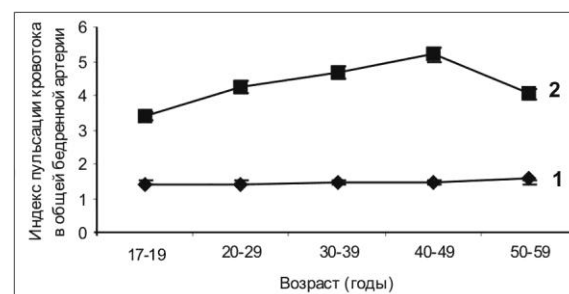


Рис. 4. Динамика индекса пульсации кровотока в общей бедренной артерии у здоровых (1) и больных с травматической болезнью спинного мозга (2)

Таким образом, возрастная гемодинамика в общей бедренной артерии у больных с травматической болезнью спинного мозга характеризуется более выраженным и ранним снижением прямой фазы кровотока, приобретением в большинстве случаев двухфазной структуры, снижением величины зарегистрированной обратной фазы кровотока, отсутствием направленной динамики индекса пульсации кровотока.

В подколенной артерии показатели гемодинамики у больных с ТБСМ, как и у здоровых людей, в интервале возраста от 20 до 60 лет достоверно не изменялись (рис. 5). Отличие больных заключалось в том, что процент регистрации обратной фазы кровотока был значительно ниже и составлял 10 %. У здоровых людей этот показатель достигал 50 %.

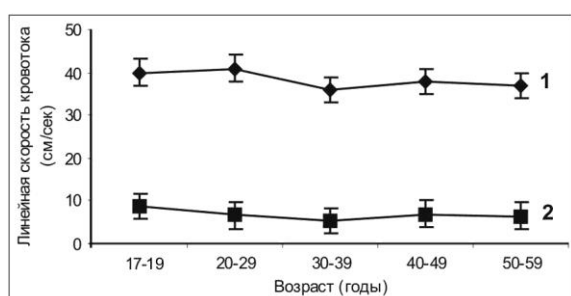


Рис. 5. Показатели прямой фазы линейной скорости кровотока в подколенной артерии у здоровых людей (1) и больных с травматической болезнью спинного мозга (2)

Отмеченные особенности кровотока в подколенной артерии у больных с ТБСМ повторяются и при анализе показателей в задней большеберцовой и тыльной артериях стопы, за исключением того, в этих артериях практически не регистрируется обратная фаза кровотока.

В задней большеберцовой артерии у больных с ТБСМ возрастная динамика показателей не выражена. У здоровых людей показатели прямой и обратной фазы имели тенденцию к снижению, хотя индекс пульсации и демпинг-фактор достоверно не менялись. Обратная фаза была зарегистрирована в 55 % случаев. Из представленных таблиц (1 и 2) видно, что индекс пульсации у больных с ТБСМ ниже, чем у здоровых людей.

В тыльной артерии стопы у здоровых людей (табл. 3) с возрастом не меняются величины прямой и обратной фазы кровотока.

Таблица 1

Показатели гемодинамики в задней большеберцовой артерии у здоровых людей

Возрастные гр.	Кол-во набл.	Показатели гемодинамики			
		Прямая фаза ЛСК (см/сек)	Обратная фаза	Индекс пульсации	Демпинг-фактор
17-20	7	6,5±0,5	0,40±0,05	6,9±0,4	1,12±0,03
20-29	6	5,0±0,6	0,38±0,01	7,0±0,6	1,02±0,07
30-39	5	5,6±0,6	0,30±0,04	7,2±1,0	1,40±0,22
40-49	12	5,6±0,8	0,27±0,02	7,1±0,5	1,08±0,10
50-59	6	4,8±0,7	—	6,1±0,6	1,11±0,15

Таблица 2

Показатели гемодинамики в задней большеберцовой артерии у больных с травматической болезнью спинного мозга

Возрастные гр.	Кол-во набл.	Показатели гемодинамики			
		Прямая фаза ЛСК (см/сек)	Обратная фаза	Индекс пульсации	Демпинг-фактор
17-20	5	5,5±0,5	—	5,6±0,6	1,40±0,22
20-29	17	6,9±0,6	—	5,0±0,3	1,05±0,09
30-39	12	5,6±0,6	—	5,8±0,4	1,30±0,12
40-49	14	6,6±0,7	—	5,7±0,4	1,26±0,14
50-59	6	5,5±0,6	—	5,6±0,7	1,06±0,22

Таблица 3

Показатели гемодинамики в тыльной артерии стопы у здоровых людей

Возрастные гр.	Кол-во набл.	Показатели гемодинамики			
		Прямая фаза ЛСК (см/сек)	Обратная фаза	Индекс пульсации	Демпинг-фактор
17-20	7	5,8±0,4	0,42±0,07	7,6±0,4	1,1±0,02
20-29	6	4,4±0,6	0,38±0,08	7,5±0,5	1,07±0,10
30-39	6	4,0±0,5	0,30±0,04	6,8±0,8	1,2±0,12
40-49	12	5,8±0,7	0,25±0,04	7,5±0,7	1,14±0,15
50-59	6	4,6±1,3	0,34±0,07	5,6±0,7*	1,17±0,11

Обратная фаза кровотока была зарегистрирована в 73 % случаев. Индекс пульсации имел тенденцию к снижению. У больных с травматической болезнью спинного мозга (табл. 4) прямая фаза кровотока не менялась в возрасте от 20 до 60 лет. Обратная фаза практически не регистрировалась. Индекс пульсации кровотока был ниже, чем у здоровых, и с возрастом достоверно снижался. Так же уменьшался демпинг-фактор кровотока.

Таблица 4

Показатели гемодинамики в тыльной артерии стопы у больных с травматической болезнью спинного мозга

Возрастные гр.	Кол-во набл.	Показатели гемодинамики			
		Прямая фаза ЛСК (см/сек)	Обратная фаза	Индекс пульсации	Демпинг-фактор
17-20	5	7,6±1,2	—	5,4±0,3	1,50±0,20
20-29	17	8,5±0,8	—	5,4±0,6	1,27±0,13
30-39	12	5,7±0,6	—	6,0±0,6	1,64±0,32
40-49	14	7,3±0,8	—	6,0±0,4	1,43±0,22
50-59	6	7,2±1,1	—	4,5±0,2*	0,97±0,12*

Таким образом, у больных с травматической болезнью спинного мозга возрастная гемодинамика в магистральных артериях нижних конечностей обладает рядом особенностей: 1) разность систолического давления в плечевой артерии и артериях бедра и голени незначительна, и с возрастом эта разница практически нивелируется; 2) в крупном магистральном сосуде — общей бедренной артерии наблюдается более выраженное и раннее снижение прямой фазы кровотока, приобретение в большинстве случаев двухфазной структуры, уменьшение величины зарегистрированной обратной фазы кровотока, отсутствие направленной динамики индекса пульсации кровотока; 3) в подколенной, задней

большеберцовой и тыльной артериях показатели гемодинамики не имеют направленной возрастной динамики, практически отсутствует обрат-

ная фаза кровотока, индекс пульсации снижен по сравнению с показателями здоровых людей.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Травматическая болезнь спинного мозга в поздний и промежуточный период, как правило, характеризуется завершением адаптации сердечно-сосудистой системы к условиям пониженной мышечной активности. К этому времени отмечаются снижение объема циркулирующей крови, уменьшение массы сердца и снижение сократительной способности миокарда, падение сердечного выброса, уменьшение общего сосудистого сопротивления [17]. Кроме того, в этот период возникают выраженные нарушения регуляции сердечно-сосудистой системы [18].

Экспериментальная окклюзия сосудов нижних конечностей у больных с последствиями травмы спинного мозга с параплегией нижних конечностей приводит к уменьшению или отсутствию роста частоты сердечных сокращений, неизменности артериального давления при электрически индуцируемом упражнении [16]. Это свидетельствует о важности проходимости и сохранении резервов сосудистого русла нижних конечностей для процесса реабилитации и предотвращения патологии сердечно-сосудистой системы у этой категории больных.

Считается, что в гемодинамике нижних конечностей, присутствуют функциональные нарушения, характеризующиеся плегией сосудов, асинхронной работой магистрального и терминального сосудистого русла [14]. Однако возрастной аспект гемодинамики в магистральных артериях нижних конечностей у данной категории больных в современной литературе остается неосвещенным.

В наших исследованиях проанализирована возрастная гемодинамика в магистральных артериях нижних конечностей у больных с травматической болезнью спинного мозга в сравнении со здоровыми людьми того же возраста.

С увеличением возраста растет систолическое давление на плече и на нижней конечности как у здоровых людей, так и у больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы. Однако травматическая болезнь спинного мозга накладывает свои изменения на состояние сердечно-сосудистой системы подвергнутой возрастным негативным сдвигам. Так у больных с ТБСМ более резко выражен возрастной рост систолического давления в плечевой артерии – 19,5 % (у здоровых людей он составляет 10,1 %).

В условиях физиологического старения основной причиной возрастного повышения артериального давления является уменьшение эластичности крупных артериальных сосудов и повышение периферического сосудистого со-

противления [19, 20]. Резкому росту систолического давления препятствует ряд приспособительных механизмов: увеличение вместимости аортального эластического резервуара, снижение сердечного выброса [19, 20, 21]. При травматической болезни компенсация возрастных негативных изменений ослаблена, что и выражается в более резком подъеме систолического давления в плечевой артерии.

У больных с ТБСМ нарушаются соотношения изменений давления в плечевой артерии и артериях бедра и голени. Индексы давления практически не меняются с возрастом. Это связано с усиливающимися с увеличением возраста атрофией мышц и нарушением симпатической регуляции сосудов нижних конечностей (симпатической денервации), которое снижает степень отражения пульсовых волн артериального русла нижних конечностей и уменьшает периферическое сосудистое сопротивление.

Исследование количественных и качественных характеристик кровотока в магистральных артериях нижней конечности у больных с ТБСМ разных возрастных групп показало, что степень возрастных изменений зависит от типа и локализации артерии в сосудистом русле. В наибольшей степени возрастные изменения наблюдаются в артерии смешанного типа, наиболее приближенной к сердцу – общей бедренной артерии. Динамика показателей гемодинамики в этой артерии у больных с травматической болезнью спинного мозга характеризуется более выраженным и ранним снижением прямой фазы кровотока, приобретением в большинстве случаев двухфазной структуры, снижением величины зарегистрированной обратной фазы кровотока, отсутствием направленной динамики индекса пульсации кровотока.

Кровоток в подколенной, задней большеберцовой и тыльной артериях не имел направленной возрастной динамики. Характерной особенностью гемодинамики в этих артериях было отсутствие обратной фазы кровотока и снижение индекса пульсации кровотока.

Возрастное снижение кровотока в крупном магистральном сосуде у больных с ТБСМ обусловлено, по всей видимости, падением сердечного выброса и ростом систолического артериального давления, атрофией мышц.

Факт отсутствия динамики состояния кровотока в подколенной, задней большеберцовой и тыльной артериях можно объяснить тем, что степень возрастных изменений сосудов по направлению от сердца к периферии уменьшается

[22] и увеличивается автономность местных регуляторных реакций кровообращения [23]. Кроме того, сосуды мышечного типа начинают стареть позже, чем эластического [20]. Отсутствие обратной фазы кровотока и уменьшение

индекса пульсации у больных с ТБСМ обусловлены сниженным периферическим сосудистым сопротивлением и пониженной мышечной активностью.

ВЫВОДЫ

1. При травматической болезни спинного мозга нарушаются пропорции изменений давления в плечевой артерии и артериях бедра и голени, разность систолического давления в плечевой артерии и артериях бедра и голени незначительна, и с увеличением возраста она практически нивелируется.

2. Возрастная гемодинамика в общей бедренной артерии у больных с травматической болезнью спинного мозга характеризуется более ранним и выраженным снижением прямой фазы кровотока, приобретением в большинстве слу-

чаев двухфазной структуры, снижением величины зарегистрированной обратной фазы кровотока, отсутствием направленной динамики индекса пульсации кровотока.

3. Кровоток в подколенной, задней большеберцовой и тыльной артериях не имеет направленной динамики с увеличением возраста. Характерной особенностью гемодинамики в этих артериях является отсутствие обратной фазы кровотока и снижение индекса пульсации кровотока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черемисов, В.В. Особенности медико-социальной экспертизы при травме позвоночника / В.В. Черемисов, В.И. Солёный // I съезд нейрохирургов РФ. : Тез. докл. – Екатеринбург, 1995. – С. 174 – 175.
2. Фищенко, В.Я. Реконструкция позвоночного канала в поздние сроки осложненных повреждений позвоночника / В.Я. Фищенко // Ортопед., травматол. – 1996. - №4. - С. 9 – 12.
3. Гелли, Р.Л. Неотложная ортопедия позвоночника / Р.Л. Гелли, Д.У. Спайт, Р.Р. Симон. – М., 1995. – С. 432.
4. Социально-медицинские аспекты инвалидности от осложненных переломов позвоночника / К.И. Шапиро, Л.Н. Савельев, Г.Г. Эпштейн и др. // Вопросы нейротравмы и пограничных состояний. – Л., 1991. – С.87 – 93.
5. 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.
6. 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.
7. Prevalencia de fractura vertebral en poblacion asturiana mayor de 50 anos de acuerdo con diferentes criterios radiologicos / J.B. Diaz Lopez, M. Naves Diaz, C. Gomez Alonso et al. // Med. Clin. – 2000. – Vol. 115, N 9. – P. 326-331.
8. Kolache, A. A global strategy for healthy ageing / A. Kolache, H. Kickbusch // World Health. – 1997. - N 4. – P. 4-5.
9. Over levelse og dodsarsager efter trauma tisk rygmarsskade / P.A. Hartkopp, H.H. Bronnum, A.-M. Seiden Schnur et al. // Ugeskr. Laeger. – 1998. – Vol. 160, N 43. – P. 6207-6210.
10. Janssen, T.W.J. Coronary heart disease risk indicators, aerobic power, and physical activity in men with spinal cord injuries / T.W.J. Janssen, J.K. van Oers, G.H. van Kamp // J. Rehabil. Res. Dev. – 1998. – Vol. 35, N 2. – P. 246-247.
11. Faghri, P.D. Functional electrical stimulation leg cycle ergometer exercise: training effects on cardiorespiratory responses of spinal cord injured subjects at rest and during submaximal exercise / P.D. Faghri, R.M. Glaser, S.F. Figoni // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1992. – Vol. 73, N 11. – P. 1085-1093.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Афонин, Д.Н. Изменение кровотока в нижних конечностях при компрессии спинного мозга Д.Н. Афонин, П.Н. Афонин // Актуальные проблемы сердечно-сосудистой, легочной и абдоминальной хирургии: Сб. тр. науч. конф., посвящ. 95-летию со дня рожд. акад. РАМН Ф.Г. Углова. – СПб, 1999. – С.6-7
16. Heart rate during exercise with leg vascular occlusion in spinal cord-injured humans / M. Kjaer, F. Pott, T. Mohr et al. // J. Appl. Physiol. – 1999. – Vol. 86, N 3. – P. 806-811.
17. Травма спинного мозга: Современные представления о механизмах повреждения, регенерации и путях их коррекции / Л.Н. Грищенко, Ф.В. Олешкевич, Л.Н. Семейко и др. // Вопросы нейрохирургии. – 1997. - № 2. – С. 37 – 44.
18. Лившиц, А. В. Хирургия спинного мозга / А. В. Лившиц. – М.: Медицина, 1990. – 352 с.
19. Фолков, Б. Кровообращение / Б. Фолков, Э. Нил. – М.: Медицина, 1976. – 464 с.
20. Бисярина, В.П. Артериальные сосуды и возраст / В.П. Бисярина, А.М. Яковлев, П.Я. Кукса. - М.: Медицина, 1986. – 224 с.
21. Липовецкий, В.М. Возраст и функция сердечно-сосудистой системы человека / В.М. Липовецкий, Н.И. Плавинская, Г.Н. Ильина. – Л.: Наука, 1988. - 92 с.
22. Цедерс, Э.Э. Механические свойства сосудов человека в зависимости от их локализации / Э.Э. Цедерс, Б.А. Пурия // Механика полимеров. - 1979. - № 2. – С. 325.
23. Фролькис, В.В. Кровообращение и старение / В.В. Фролькис, В.В. Безруков, В.Г. Шевчук. – Л.: Наука, 1984. – 202 с.

Рукопись поступила 21.07.03.