

**Взаимосвязь показателей регионарного кровотока
поясничного утолщения спинного мозга и средней
амплитуды суммарной ЭМГ мышц нижних конечностей
у больных с позвоночно-спинномозговой травмой
груднопоясничного отдела позвоночника**

А.П. Шейн, М.Ю. Максимова, **А.Т. Худяев**, Е.Н. Щурова

***The relationship of the values of regional blood flow
of lumbar spinal cord enlargement and those of the mean amplitude
of total lower limb muscle EMG in patients with thoracolumbar
spine-and-spinal cord injury***

A.P. Shein, M.Yu. Maksimova, **A.T. Khudyaev**, E.N. Shchurova

Федеральное государственное учреждение

«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова Росмедтехнологий», г. Курган
(и.о. генерального директора — профессор А.Н. Дьячков)

Проанализирована взаимосвязь некоторых интраоперационно замеренных показателей регионарного кровотока в различных сосудистых бассейнах поясничного утолщения и средней амплитудой суммарной ЭМГ мышц нижних конечностей у больных с позвоночно-спинномозговой травмой в груднопоясничном отделе позвоночника. Обследовано 10 больных (3 женщины и 7 мужчин) с позвоночно-спинномозговой травмой в груднопоясничном отделе позвоночника в возрасте от 24 до 58 лет, прошедших курс оперативного лечения в отделении нейрохирургии РНЦ «ВТО». Показано, что у указанных больных показатели максимальной систолической (Vs) и объемной (Qs) скоростей кровотока в бассейне передней спинальной артерии поясничного утолщения, интраоперационно зарегистрированные как в до-, так и постдекомпрессионном периодах, коррелируют с основным количественным показателем MVA-паттерна произвольной ЭМГ (средней амплитудой) мышц нижних конечностей. Критическое значение Qs, соответствующее «биоэлектрическому молчанию» тестируемых мышц, составляет 2,5 мл/мин.

Ключевые слова: травма спинного мозга, кровотоки, электромиография.

The relationship of some intraoperatively measured values of regional blood flow in different vascular pools of lumbar enlargement and those of the mean amplitude of total lower limb muscle EMG in patients with spine-and-spinal cord injury of thoracolumbar spine has been analyzed. Ten patients (3 females, 7 males) with thoracolumbar spine-and-spinal cord injury at the age from 24 to 58 years who underwent surgical treatment in the department of neurosurgery at RISC "RTO" were examined. The values of maximal systolic (Vs) and volumetric (Qs) blood flow velocity in the pool of the anterior spinal artery of the lumbar enlargement registered intraoperatively both in pre- and post-decompression periods in the patients mentioned have been demonstrated to correlate with the basic quantitative parameter of MVA-pattern of voluntary EMG (mean amplitude) of lower limb muscles. The critical value Qs that corresponds to "bioelectrical silence" of the muscles examined amounts to 2.5 ml/min.

Keywords: spinal cord injury, blood flow, electromyography.

Позвоночно-спинномозговая травма входит в число наиболее тяжелых травм, приводящих либо к смерти, либо к стойкой инвалидизации. Больные с осложненной травмой позвоночника составляют до 80 % всех случаев повреждений позвоночника [2, 3, 7, 15]. Причем большой удельный вес среди таких больных составляют пострадавшие с повреждениями 11-12-го грудных и 1-2-го поясничных позвонков, так называемого «груднопоясничного перехода». Этот термин в последнее время используется в научно-медицинской литературе при характеристике травматических повреждений этого отдела позвоночного столба [6]. При травме позвоночника на данном уровне страдают сегменты спинного мозга с Th₁₂ до S₂, именно здесь располагается поясничное утолщение спинного мозга

[8, 12]. Механическое повреждение спинного мозга, являющееся следствием смещения позвонков, обуславливает его компрессию и ишемию, что в свою очередь приводит к микроциркуляторным расстройствам мозговой ткани, вызывающим грубую неврологическую симптоматику, в виде двигательных, чувствительных расстройств и нарушения функции тазовых органов [5]. Особенно уязвимым является бассейн передней спинальной артерии. К тому же эта артерия располагается в наиболее ранимой зоне (на передней поверхности мозга), так как в 93 % всех случаев травматического сдавления спинного мозга компрессирующий субстрат располагается спереди от него [10, 11, 13]. В настоящее время не вызывает сомнений то, что одним из условий функционального восста-

новления спинного мозга при его травме является улучшение регионарного кровообращения в очаге повреждения на уровне микроциркуляторного звена. Лечение позвоночно-спинальной травмы требует улучшения спинального кровотока, восстановления ликвороциркуляции, что в конечном итоге способствует восстановлению сегментарно-проводниковых функций спинного мозга. Объективным и неинвазивным методом получения информации о состоянии нейромоторного аппарата у больных с повреждением позвоночного столба является, в частности, электронейромиография.

Современные литературные данные, посвященные проблемам патофизиологии, диагностики и лечения больных с повреждениями и заболеваниями позвоночника и спинного мозга, свидетель-

ствуют о том, что лишь применение оптимально сконфигурированного до-, интра- и послеоперационного диагностического комплекса, акцентированного на выявление нейроциркуляторных и сомоторных расстройств, обеспечивает контроль эффективности использованных технологий оперативного и консервативного лечения и восстановления утраченных функций [9].

Цель исследования – проанализировать взаимосвязь некоторых показателей регионарного кровотока в различных сосудистых бассейнах поясничного утолщения и средней амплитудой суммарной ЭМГ мышц нижних конечностей у больных с позвоночно-спинномозговой травмой в грудно-поясничном отделе позвоночника.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа основана на результатах комплексного клиничко-нейрофизиологического обследования 10 больных (3 женщин 7 мужчин) с позвоночно-спинномозговой травмой в грудно-поясничном отделе позвоночника в возрасте от 24 до 58 лет, прошедших курс оперативного лечения в отделении нейрохирургии РНЦ «ВТО». Срок после травматического повреждения и до оперативного лечения 6 больных в остром и раннем периодах варьировал в пределах 2-24 ($11,2 \pm 0,3$) дней, 4 больных в промежуточном и позднем периодах от 1,5 месяцев до 3 лет. Клинический анализ двигательных нарушений показал, что у 4 больных наблюдалась вялая нижняя параплегия, у 4 – нижний вялый паразетез различной степени выраженности, в одном случае – нижний грубый монопарез и моноплегия слева, еще у одного больного двигательные нарушения отсутствовали. У 6 больных были сопутствующие нарушения функции тазовых органов (задержка или недержание мочи и кала). Во всех случаях эстезиометрически определялись нарушения температурно-болевой чувствительности. Комплексное хирургическое лечение включало открытую декомпрессию спинного мозга из заднего или заднебокового доступов и жесткую фиксацию травмированного участка позвоночника аппаратом наружной транспедикулярной фиксации.

При проведении нейрофизиологического обследования использовался метод глобальной ЭМГ. Тестируемые мышцы – *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius* (с. lat.), *m. rectus femoris*, *m. biceps femoris*; используемое оборудование – цифровая система ЭМГ/ВП Viking-IV (Nicolet, США); функциональная проба – «максимальное произвольное напряжение»; тип отведения – биполярный; диаметр электродов – 8 мм, межэлектродное расстояние – 10 мм; анализируемый параметр – средняя амплитуда суммарной ЭМГ ($CA_{ЭМГ}$), программно рассчитываемая по фрагментам экранных копий MVA-теста. Во всех случаях тестировали мышцы левой (S) и правой

(D) конечностей [1, 4, 14].

Регионарное кровообращение спинного мозга изучали с помощью высокочастотной ультразвуковой доплерографии (доплерограф «Минимакс-Допплер-К» с применением интраоперационных датчиков 20 мГц и 10 мГц, фирмы «Минимакс» г. Санкт-Петербург). Для анализа кровотока использовали показатели V_s – максимальная систолическая скорость (см/с), Q_s – объемная скорость (мл/мин), V_m – средняя скорость (см/с), PI – индекс пульсации (Гослинга), RI – индекс сопротивления (Пурсело) [10].

Исследование кровотока спинного мозга осуществляли в условиях операционной во время открытой декомпрессии спинного мозга, после ламинэктомии и вскрытия позвоночного канала в зоне максимального повреждения и прилежащих участках до и после декомпрессирующих мероприятий (удаления гидромы, кисты, гематомы, восстановления проходимости субарахноидального пространства).

Силу основных групп мышц нижних конечностей оценивали по 6-балльной системе [8, 15].

До и после лечения исследовали температурно-болевую чувствительность с помощью электрического эстезиометра с одновременной регистрацией температуры кожи («Nihon Kohden», Япония). Все измерения проводили симметрично справа и слева в области дерматомов, соответствующих очагу поражения.

Статистическая обработка материалов производилась с помощью пакета анализа данных Microsoft EXCEL (описательная статистика и корреляционный анализ). Достоверность различия средних оценивали с помощью параметрического (t-критериев Стьюдента для независимых выборок) и непараметрического (W- и T-критериев Вилкоксона для независимых и парно сопряженных выборок показателей) критериев, а степень взаимосвязи признаков – с помощью линейного коэффициента корреляции Пирсона (R).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал, что у пациентов в бассейне передней спинальной артерии поперечника поясничного утолщения показатели максимальной систолической и объемной скоростей кровотока достоверно выше, чем в зоне кровоснабжения задних спинальных артерий как в остром, так и позднем периодах травматической болезни спинного мозга (табл. 1). Это можно объяснить тем, что передняя спинальная артерия кровоснабжает в основном серое вещество, а, как известно, кровоток в сером веществе всегда интенсивнее.

У больных с острой позвоночно-спинномозговой травмой между показателями кровотока в различных бассейнах поясничного утолщения и анализируемых ЭМГ-характеристик мышц нижних конечностей наблюдались неоднозначные взаимоотношения.

До оперативного лечения во всех отведениях от мышц нижних конечностей наблюдалось в различной степени выраженное снижение произвольной биоэлектрической активности по сравнению с нормативными величинами [4] вплоть до полного ее отсутствия («биоэлектрическое молчание»). Установлена положительная взаимосвязь между СА_{ЭМГ} (D+S) мышц нижних конечностей, зарегистрированных до оперативного вмешательства, и величинами V_s (R=0,758÷0,962) и Q_s (R=0,757÷0,961), зарегистрированными до декомпрессирующих мероприятий (рис. 1, А и 2, А). Особенно наглядно эта взаимосвязь проявилась в отведениях от m. tibialis anterior и m. gastrocnemius (с. lat.).

Следует отметить, что взаимосвязь указанных показателей носит преимущественно логарифмический характер, т.е. при увеличении кровотока до определенного уровня наблюдается рост СА_{ЭМГ}, а последующее увеличение кровотока не сопровождается соответствующей динамикой СА_{ЭМГ}. Судя по приведенным выше диаграммам, критическое

значение Q_s, соответствующее дооперационно зарегистрированному «биоэлектрическому молчанию» тестируемых мышц, составляет 2,5 мл/мин.

Не выявлено статистически значимой взаимосвязи между СА_{ЭМГ} и зарегистрированными до декомпрессии показателями кровотока бассейна задних спинальных артерий.

При проведении декомпрессирующих мероприятий интраоперационно было зарегистрировано значительное увеличение кровотока в бассейне передней спинальной артерии и, менее выраженное – в бассейне задних спинальных артерий (табл. 2).

Представляет интерес тот факт, что статистически значимая положительная взаимосвязь между дооперационно зарегистрированными значениями СА_{ЭМГ} и показателями постдекомпрессионного кровотока в бассейне передней спинальной артерии сохранилась лишь в отведениях от m. tibialis anterior и m. gastrocnemius (с. lat.) (рис. 1, Б и 2, Б).

Как и в предыдущем случае (данные измерений до декомпрессии), ни в одном из отведений не выявлена взаимосвязь между СА_{ЭМГ} и показателями кровотока в бассейне задних спинальных артерий.

В целом постдекомпрессионные тренды СА_{ЭМГ} и показателей кровотока в бассейне передней спинальной артерии имеют однонаправленный характер. В частности, объемная скорость кровотока после декомпрессии выросла на 68,4 % (с 17,9±11,7 до 30,15±11,2), а данные ЭМГ-показателей нижних конечностей увеличились на 25 % (от 0,12±0,02 до 0,16±0,03), сила мышц изменилась с 2,0±0,7 до 2,8±0,6 балла, улучшилась температурно-болевая чувствительность (зарегистрировано снижение порога болевой чувствительности на 1,5 градуса в 25-50 % дерматомах).

Таблица 1

Показатели кровотока спинного мозга (M±m) в бассейне передней и задних спинальных артерий в зоне максимальной компрессии до декомпрессирующих мероприятий (n=10)

Период болезни	Бассейн передней спинальной артерии					Бассейн задних спинальных артерий				
	V _s (см/сек)	Q _s (мл/мин)	V _m (см/сек)	PI	RI	V _s (см/сек)	Q _s (мл/мин)	V _m (см/сек)	PI	RI
Острый и ранний	18,7±5,8	8,7*±2,7	4,9±1,3	1,17±0,5	0,6±0,14	8,7±2,2	4,15±1,03	5,2±0,84	1,32±0,17	0,8±0,02
Промежуточный и поздний	23,5*±6,3	11,07*±3,04	8,5±1,6	1,67±0,15	0,81±0,05	15,5±11,8	7,3±5,5	10,5±7,9	1,38±0,4	0,7±0,12

Примечание: * – достоверность отличия показателей от значений в бассейне задних спинальных артерий (p<0,05).

Таблица 2

Результаты интраоперационного мониторинга кровотока спинного мозга у больных с травмой в грудно-поясничном отделе позвоночника в остром и раннем периодах

Этап наблюдения	Бассейн передней спинальной артерии					Бассейн задних спинальных артерий				
	V _s (см/сек)	Q _s (мл/мин)	V _m (см/сек)	PI	RI	V _s (см/сек)	Q _s (мл/мин)	V _m (см/сек)	PI	RI
До декомпрессии	18,7±5,8	8,7±2,7	4,9±1,3	1,17±0,5	0,6±0,14	8,7±2,2	4,15±1,03	5,2±0,84	1,32±0,17	0,8±0,02
После декомпрессии	37,7*±12,1	16,3*±5,7	33,1*±2,03	1,42±0,46	0,73±1,5	13,45*±5,3	6,3±2,4	10,7±5,4	1,5±0,1	0,78±0,02

Примечание: * – достоверность отличия показателей от додекомпрессионного уровня (p<0,005).

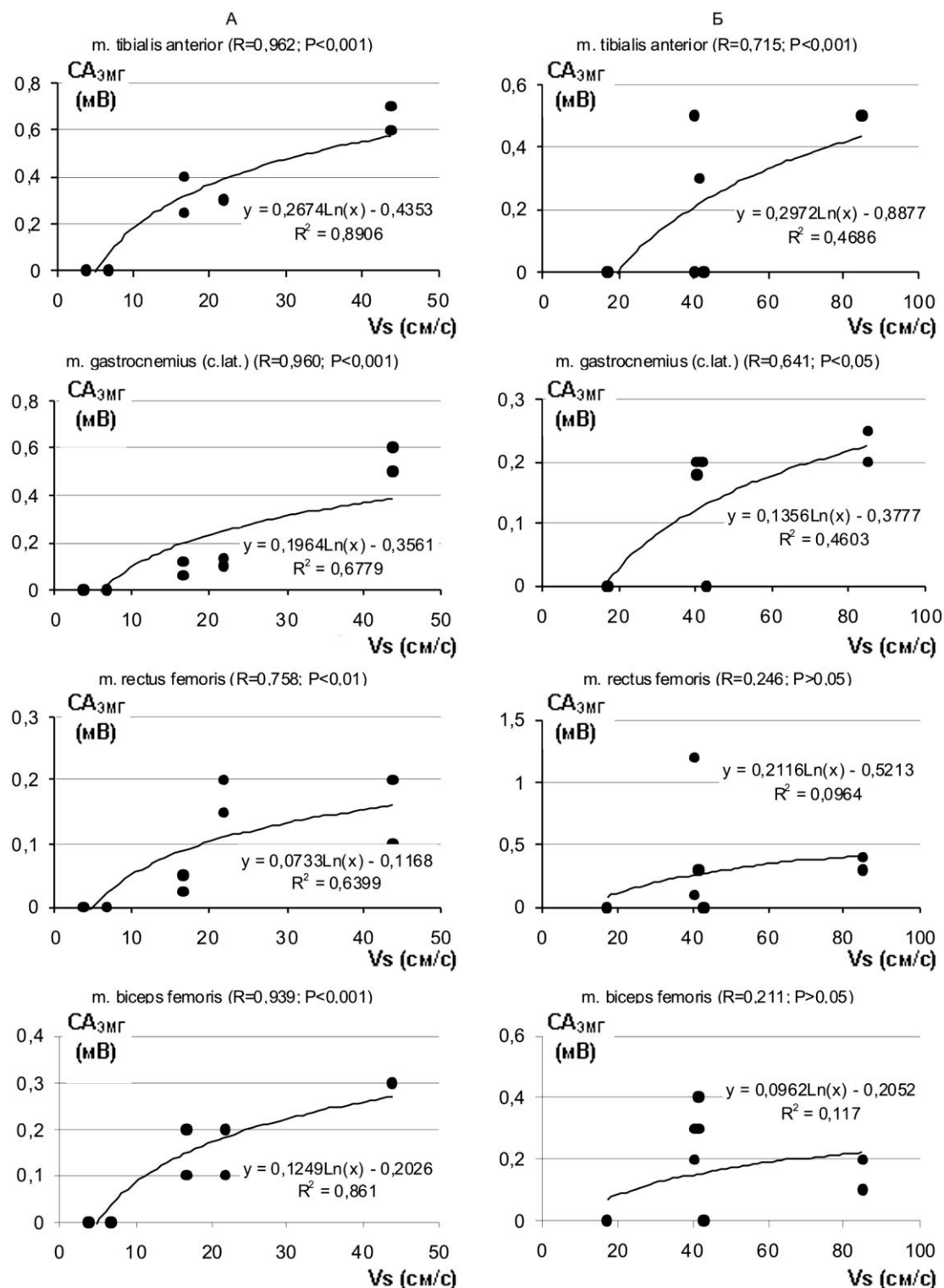


Рис. 1. Взаимосвязь средней амплитуды суммарной ЭМГ (CA_{3MG}) различных мышц с до- (А) и постдекомпрессионной (Б) максимальной систолической скоростью кровотока (Vs) в бассейне передней спинальной артерии

При оценке трендов показателей кровотока с одной стороны и данных глобальной ЭМГ и силы мышц нижних конечностей с другой у больных с позвоночно-спинномозговой травмой в раннем и позднем послеоперационном периодах отмечено отчетливое несоответствие по характеру их направленности. Иными словами, увеличение кровотока в обоих бассейнах не способствовало дальнейшей нормализации ана-

лизируемых ЭМГ-характеристик. Необходимо подчеркнуть, что больные этой группы в 85-90 % случаев были прооперированы повторно. Неврологический статус в послеоперационном периоде улучшился незначительно (уменьшился болевой синдром), тем не менее, сила мышц нижних конечностей фактически не изменилась (с $3,00 \pm 0,6$ до $3,02 \pm 0,8$).

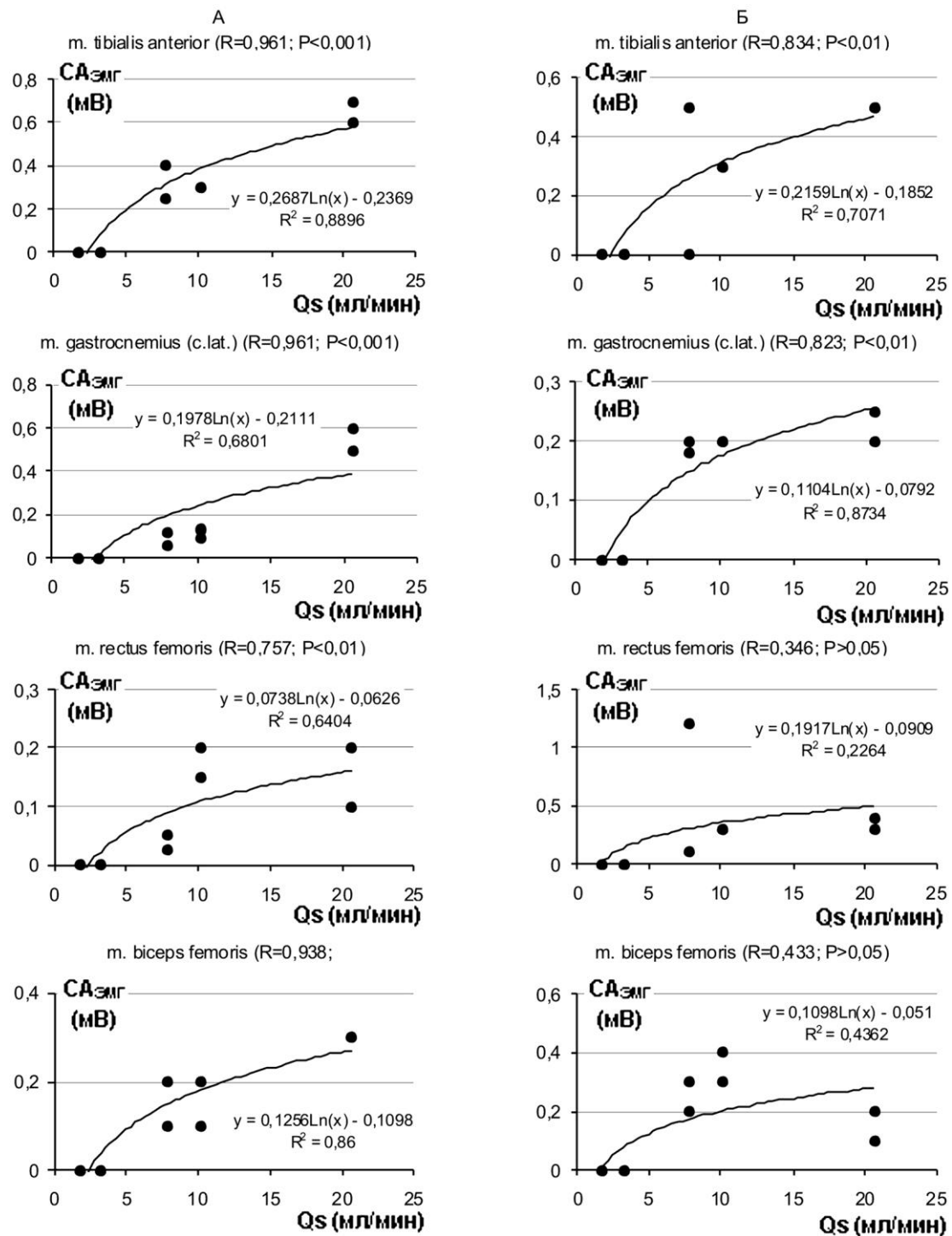


Рис. 2. Взаимосвязь средней амплитуды суммарной ЭМГ (САЭМГ) различных мышц с до- (А) и постдекомпрессионным (Б) объемным кровотоком (Qs) в бассейне передней спинальной артерии

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы возрос интерес к проблеме сосудистой патологии спинного мозга, что обусловлено рядом причин и, в первую очередь, новыми возможностями оказания помощи больным (многие из которых еще недавно расценивались как безнадежные), благодаря использованию новейших достижений науки. Параметры микрогемодинамики позволяют получить представление о

выраженности изменений в неврологическом статусе больных с патологией позвоночника и спинного мозга, а также являются важным условием в определении тактики обследования и лечения. При травме грудного и поясничного отделов позвоночника может повреждаться большая радикуло-медулярная артерия, артерия Адамкевича. При прямой травме спинного мозга – передняя спи-

нальная артерия. Эти артерии являются основными кровеносными магистралями спинного мозга, прекращение кровотока в которых приводит к необратимым последствиям. Хотя в ряде работ проводилось изучение состояния регионального кровотока после травмы спинного мозга, до сих пор остаются невыясненными вопросы о влиянии длительности, силы и уровня компрессии на постдекомпрессионное восстановление кровотока и способности к произвольному контролю мышеч-

ной активности. Представленные нами материалы позволили существенно уточнить роль различных сосудистых образований спинного мозга в обеспечении проводниково-интегративной функции спинальных моторных центров, обслуживающих нижние конечности и обозначить пороговые значения регионального кровотока, ниже которых развивается сегментарный ишемический блок в системе кортико-мышечных связей.

ВЫВОДЫ

1. У больных с острой позвоночно-спинномозговой травмой в груднопоясничном отделе позвоночника показатели максимальной систолической (Vs) и объемной скоростей кровотока (Qs) в бассейне передней спинальной артерии поясничного утолщения, интраоперационно зарегистрированные как в до-, так и постдекомпрессионном периодах, взаимосвязаны с основным количественным показателем MVA-паттерна произвольной ЭМГ (средней амплитудой) мышц нижних конечностей. Критическое значение Qs, соответствующее «биоэлектриче-

скому молчанию» тестируемых мышц, составляет 2,5 мл/мин.

2. Величины кровотока в бассейне задних спинальных артерий не коррелируют с соответствующими показателями глобальной ЭМГ.

3. В позднем периоде позвоночно-спинномозговой травмы груднопоясничного отдела позвоночника отсутствует взаимосвязь ЭМГ-показателей и величин кровотока как в бассейне передней спинальной артерии, так и в бассейне задних спинальных артерий поясничного утолщения спинного мозга

ЛИТЕРАТУРА

1. Биомеханическое и электромиографическое исследование ходьбы больных с последствиями позвоночно-спинальной травмы шейного отдела / Е. М. Миронов [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2005. № 1. С. 55-61.
2. Корнилов Н. В., Усиков В. Д. Повреждения позвоночника, тактика хирургического лечения. СПб.: МОРСАР АВ, 2000. С. 159-168.
3. Леонтьев М. А. Эпидемиология спинальной травмы и частота полного анатомического повреждения спинного мозга // Актуальные проблемы реабилитации инвалидов. Новокузнецк, 2003. С. 37-38.
4. Методы диагностики и электростимуляционной терапии в комплексной реабилитации больных со свежей и застарелой травмой позвоночника и спинного мозга: пособие для врачей / МЗ РФ. РНЦ "ВТО"; сост.: А. П. Шеин, Г. А. Криворучко, Н. А. Чухарева. Курган, 2002. 28 с.
5. Особенности оперативных вмешательств у больных с компрессией спинного мозга и корешков конского хвоста при переломах позвоночника в грудном и поясничном отделах / В. И. Шевцов [и др.] // Нейрохирургия. 2000. № 4. С. 34-37.
6. Оценка возможностей высокочастотной ультразвуковой доплерографии при интраоперационном мониторинге кровотока травмированного спинного мозга / Е. Н. Щурова [и др.] // Регионар. кровообращение и микроциркуляция. 2007. Т. 6, № 3. С. 70-77.
7. Рамих Э. А. Повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника // Хирургия позвоночника. 2008. № 1. С. 86-106.
8. Скоромец А. А. Топическая диагностика заболеваний нервной системы: рук. для врачей. 2-е изд. СПб: Политехника, 1996. 360 с.
9. Травма спинного мозга: современные представления о механизмах повреждения, регенерации и путях их корреляции / Л. Н. Грищенко [и др.] // Журн. Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. 1997. № 2. С. 37-42.
10. Щурова Е. Н., Худяев А. Т. Интраоперационное исследование локального кровотока спинного мозга у больных с позвоночно-спинномозговой травмой в остром и раннем периоде // III съезд нейрохирургов России: материалы съезда. СПб., 2002. С. 228.
11. Early time-dependent decompression for spinal cord injury vascular mechanisms of recovery / G. D. Carlson [et al.] // J. Neurotrauma. 1997. Vol. 14, No 12. P. 951-962.
12. Effects on spinal cord blood flow and neurologic function secondary to interruption of bilateral segmental arteries which supply the artery of Adamkiewicz: an experimental study using a dog model / S. Kato [et al.] // Spine. 2008. Vol. 33, No 14. P. 1533-1541.
13. Experimental study of acute spinal cord injury: a study of spinal blood flow / K. Kawata [et al.] // No Shinkei Geka. 1993. Vol. 21, No 3. P. 239-245.
14. López, J. R. The use of evoked potentials in intraoperative neurophysiologic monitoring // Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am. 2004. Vol. 15, No 1. P. 63-84.
15. International Standards for Neurological and Neuronal Classification of Spinal Cord Injury / F. M. Maynard [et al.] // American Spinal Association. Spinal Cord. 1997. Vol. 35. P. 266-274.

Рукопись поступила 18.12.09.

Сведения об авторах:

1. Шеин Александр Порфирьевич – ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова Росмедтехнологий», главный научный сотрудник научного клинко-экспериментального отдела физиологии, д.б.н. профессор;
2. Максимова М.Ю. – ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова Росмедтехнологий», аспирант научного клинко-экспериментального отдела физиологии;
3. Щурова Елена Николаевна – ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова Росмедтехнологий», ведущий научный сотрудник научного клинко-экспериментального отдела физиологии, д.б.н.