

**А.А.Царев<sup>1</sup>**  
**А.В.Кривошапов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> 1-я городская клиническая  
больница, Москва

<sup>2</sup> 2-я городская клиническая  
больница, Днепропетровск

**Ключевые слова:** скелетная  
мускулатура, гемомикроцир-  
куляторное русло, повреж-  
дение нервов.

*Надійшла: 27.01.2008*

*Прийнята: 02.03.2008*

УДК: 611.98:611.73:591.483-001-076

## **МАКРО-МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ ЗАДНЕЙ КОНЕЧНО- СТИ КРЫС В НОРМЕ И ПРИ ТРАВМЕ ЕЕ НЕРВОВ**

**Резюме.** Материалом для исследования послужили 22 белые крысы массой 180-210 г репродуктивного периода. Для изучения макро-микроскопических особенностей строения при повреждении периферических нервов скелетной мускулатуры и ее гемомикроциркуляторного русла определяли объем задних конечностей в норме и после повреждения бедренного и седалищного нервов, удельную массу скелетных мышц, диаметр крупных сосудов, а так же ряд гистологических параметров поперечно-полосатой мускулатуры и гемомикроциркуляторного русла. Повреждение бедренного и седалищного нервов вызывали путем пережатия задних конечностей на уровне верхней трети бедра с помощью кровоостанавливающего зажима на протяжении 1-4 часов, а также путем перерезки этих нервов. Контролем служили задние конечности контралатеральной стороны. Статистическая обработка полученных данных включала в себя расчет средних арифметических значений, ошибки средних и, учитывая нормальность распределения при сравнении параметров, использовали критерий Стьюдента. Математическая обработка полученных данных заключалась в проведении корреляционного анализа. Морфология скелетных мышц и их гемомикроциркуляторного русла имеет определенные региональные различия, при деиннервации мышц изменения касаются как самой структуры мышцы, так и ее сосудистого русла. Между рядом макро-микроскопических параметров скелетных мышц и их сосудов имеются положительные сильные корреляционные связи, количество которых увеличивается при повреждении седалищного и бедренного нервов, как при перерезке, так и пережатии.

**Морфологія.- 2008.- Т.ІІ, №2.- С.66-70.**

© А.А.Царев, А.В.Кривошапов, 2008

**Tsarev A.A., Krivoshchapov A.V. The macro-microscopically characteristic of the skeletal muscles of the back extremity of rats in norm and after trauma of their nerves.**

**Summary.** As a material for research served 22 white rats in mass of the genecial period of 180-210 grams have served. For studying macro-microscopically features of a structure at damage of peripheral nerves of a skeletal musculature and it microvasculature defined volume of back extremities in norm and after damage of femoral and sciatic nerves, specific mass of skeletal muscles, diameter of large vessels, and as a number of histological parameters of a cross-section-striped musculature and microvasculature. Damage of femoral and sciatic nerves caused by crossclamping of back extremities at level of the top third of hip by means of a haemostatic clamp throughout 1-4 hours, and also by a section of this nerve. As the control back extremities contralateral the parties served. Statistical processing of the received data included calculation of average arithmetic value, errors of averages and, considering normal distributions at comparison of parameters, used Student criterion. Mathematical processing of the received data consisted in carrying out of the correlation analysis. The morphology of skeletal muscles and them microvasculature has certain regional differences, at denervation change muscles concern both the structure of a muscle, and its vascular bed. Between a number macro-microscopic parameters of skeletal muscles and their vessels there are the positive strong correlation communications which quantity is enlarged at damage of sciatic and femoral nerves as at a section, and crossclamping.

**Key words:** skeletal musculature, microvasculature, damage of nerves.

### **Введение**

Повреждение периферической нервной системы приводит к нарушению не только функции скелетной мускулатуры, но и к изменениям структуры поперечно-полосатых мышц, сосудов, включая гемомикроциркуляторное русло (ГМЦР) (Beel J.A. et al., 1986; Умовист М.Н.,

Чайковский Ю.Б., 1987; Паксютов О.А. и соавт., 1995). В настоящее время большое количество исследований посвящено вопросам травматизации элементов периферической нервной системы, в частности, седалищного нерва (Сарадживили П.М., 1962; Попович М.И., 1981; 1988; Чехонацкий А.А. и соавт., 1992; Щудло М.М.,

Щудло Н.А., 1998). При этом основная часть этих исследований рассматривает изменения нервов, а также способы их регенерации (Юрах Е.М., 1990; Sunderland S., 1990; Архипова Е.Г. и соавт., 2006). В свою очередь клинические исследования описывают преимущественно симптомы, вызванные повреждением структуры нервов и их ветвей, не уделяя внимания изменениям скелетной мускулатуры и ее сосудистого русла. Нарушение функции и повреждения поперечно-полосатой мускулатуры возможны и при травмах спинного мозга (Ковылин А.И., Старикова И.Ф., 2006; Кельмаков В.П. и соавт., 2006). Сегодня отсутствуют морфологические исследования, в которых проводится анализ патологических изменений в скелетных мышцах при различных видах и локализации травмы. Данные литературы относительно строения скелетной мускулатуры нижних конечностей крыс и ее кровеносного русла имеют разрозненный характер и полностью не раскрывают особенности структурной организации мышц этих экспериментальных животных (Смоляр Е.М. и соавт., 1989; Pollak K.H., Fiedler K., 1990; Sunderland S., 1990; Brown R. et al., 1993; Паксютов О.А. и соавт., 1995; Поляков О.Л., Чучкова В.М., 2006). Однако известно, что патологические изменения мускулатуры при повреждении периферической нервной системы, являются важным звеном в патогенезе посттравматических заболеваний. В связи с этим изучение строения поперечно-полосатой мускулатуры нижних конечностей и ее кровеносного русла на макро-микроскопическом уровне в норме и при повреждении элементов периферической нервной системы является актуальным.

**Целью исследования** было изучение макро-микроскопических параметров скелетных мышц, сосудов задних конечностей крыс в норме и при повреждении ее нервов.

#### **Материалы и методы**

Материалом для исследования послужили 22 белые крысы массой 180-210г репродуктивного периода. Для изучения макро-микроскопических особенностей строения скелетной мускулатуры определяли объем задних конечностей в норме и после повреждения бедренного и седалищного нервов, удельную массу скелетных мышц, диаметр крупных сосудов, а так же ряд гистологических параметров поперечно-полосатой мускулатуры и кровеносных сосудов. Повреждение бедренного и седалищного нервов вызывали путем пережатия задних конечностей на уровне верхней трети бедра с помощью кровоостанавливающего зажима на протяжении 1-3 часов, а также путем перерезки этих нервов. В качестве контроля послужили задние конечности контралатеральной стороны. Для выявления кровеносного русла использовали как гистологические, так и инъекционные методики. Статистиче-

ская обработка полученных данных включала в себя расчет средних арифметических значений, ошибки средних и, учитывая нормальность распределения при сравнении параметров, использовался критерий Стьюдента (Плохинский Н.А., 1970). Математическая обработка полученных данных заключалась в проведении корреляционного анализа.

#### **Результаты и их обсуждение**

Скелетная мускулатура задних конечностей крыс состоит из группы мышц, каждая из которых представлена мышечными пучками, объединенными соединительной тканью. В соединительнотканых прослойках находятся сосуды. Каждая мышца кровоснабжается одной-двумя артериями, которые направлены параллельно ходу мышечных пучков. Внутримышечные артериальные ветви располагаются в прослойках соединительной ткани и по мере внедрения в скелетную мышцу уменьшаются в диаметре. Внутримышечная часть кровеносного русла имеет свои особенности распределения, обусловленные направлением мышечных пучков, волокон, количеством соединительной ткани, а также диаметром сосуда и принадлежности к определенному звену гемомикроциркуляторного русла. Ряд авторов при изучении внутримышечного распределения кровеносных сосудов отмечали значительную вариабельность их ангиоархитектоники, выделяя типы и формы ветвления. На поперечных гистологических срезах скелетная мускулатура представлена пучками мышечных волокон, имеющих различную геометрическую форму, между которыми имеются пространства заполненные элементами соединительной ткани и сосудами. Кровеносные сосуды на поперечном срезе имеют также различную форму - от круга до вытянутого овала. На продольных гистологических срезах достаточно четко проявляется параллельная направленность капилляров и мышечных волокон, веноулярное звено ГМЦР располагается под острым углом относительно хода мышечных волокон и пучков. Капилляры и посткапиллярные вены соединяются между собой поперечными анастомозами, диаметр которых в ряде случаев, превышает диаметр продольно расположенных относительно мышечных волокон сосудов. Крупные артериальные и венозные сосуды располагаются в межпучковых пространствах. Сосудистые комплексы из различных звеньев ГМЦР повторяются на протяжении скелетной мышцы.

Диаметр капилляров, выявленных с помощью инъекции тушь-желатиновой массы четырехглавой мышцы бедра белой крысы, в среднем равен  $5,3 \pm 0,67$  мкм, венул —  $21,7 \pm 2,46$  мкм (табл.1). При этом диаметр звеньев ГМЦР четырехглавой мышцы достоверно ниже, чем диаметр звеньев ГМЦР скелетных мышц задней группы бедра. Это указывает на то, что есть определен-

ные региональные особенности сосудов микроциркуляторного русла. При этом артериоло-венулярный коэффициент (АВК) остается доста-

точно постоянным и достоверно не отличается в изученных группах мышц.

Таблица 1

Диаметр сосудов ГМЦР (мкм) четырехглавой мышцы бедра и задней группы мышц бедра половозрелых белых крыс ( $M \pm m$ )

Мышцы	Диаметр артериолы (А)	Диаметр капилляра	Диаметр вены (В)	Артериоло-венулярный коэффициент (АВК)
Четырехглавая мышца бедра	16,7±1,4	5,3±0,7	21,7±2,5	0,77
Задняя группа мышц бедра	18,7±2,0	6,7±0,6	24,7±2,8	0,76

Анализ изменения микроскопических параметров скелетной мускулатуры задних конечностей, а также ее кровеносного русла при перерез-

ке и пережатии бедренного, седалищного нерва показал, что интенсивность этих изменений различна (табл.2, 3).

Таблица 2

Количественные параметры задней группы мышц бедра и сосудов ГМЦР при повреждении седалищного нерва ( $M \pm m$ )

Параметры	Время после перерезки нерва (час)				Время после пережатия конечности (час)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Удельная масса (г/см <sup>3</sup> )	0,27±0,04	0,24±0,03	0,22±0,04	0,24±0,03	0,29±0,03	0,29±0,04	0,26±0,02	0,24±0,03
Толщина мышечного волокна	16,4±0,2	16,8±0,2	16,8±0,2	16,0±0,3	14,4±0,2	14,8±0,2	15,2±0,1	15,6±0,2
Диаметр артериолы	19,9±2,1	21,7±2,1	22,3±2,2	23,9±2,3	18,1±1,9	19,9±1,8	19,1±1,9	19,4±2,0
Диаметр капилляра	6,8±0,4	6,4±0,5	6,3±0,3	6,9±0,7	6,7±0,5	6,9±0,6	6,6±0,5	6,7±0,6
Диаметр вены	30,8±2,8	32,6±3,1	34,5±3,3	38,9±3,8	27,9±2,4	28,9±2,5	29,6±2,8	32,2±2,9

Таблица 3

Количественные параметры четырехглавой мышцы и сосудов ГМЦР при повреждении бедренного нерва ( $M \pm m$ )

Параметры	Время после перерезки нерва (час)				Время после пережатия конечности (час)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Удельная масса (г/см <sup>3</sup> )	0,23±0,03	0,25±0,04	0,20±0,02	0,23±0,03	0,27±0,04	0,27±0,03	0,25±0,03	0,23±0,02
Толщина мышечного волокна	16,8±0,3	17,2±0,2	17,1±0,3	16,4±0,2	14,8±0,3	14,6±0,3	15,0±0,2	15,8±0,3
Диаметр артериолы	18,8±1,9	21,4±2,2	22,8±2,2	24,4±2,4	19,2±1,9	19,6±1,9	19,8±1,9	19,7±2,1
Диаметр капилляра	5,3±0,6	5,6±0,5	5,8±0,6	5,7±0,6	5,8±0,6	5,3±0,6	5,4±0,5	5,6±0,6
Диаметр вены	22,9±2,2	26,5±3,1	30,7±3,5	39,4±4,1	26,7±2,9	28,3±2,8	29,8±2,9	31,3±3,0

Как видно из вышеприведенных таблиц, изменения изученных параметров мышц и их сосудистого русла идентичны при повреждении се-

далищного и бедренного нервов. Наибольшие отклонения при этом отмечаются при перерезке периферических нервов по сравнению с пережа-

тием.

Проведенный корреляционный анализ морфологических показателей скелетных мышц задних конечностей крыс и их сосудов выявил на-

личие положительных корреляционных связей между рядом параметров, как в норме, так и при повреждении бедренного и седалищного нервов (рис.1).

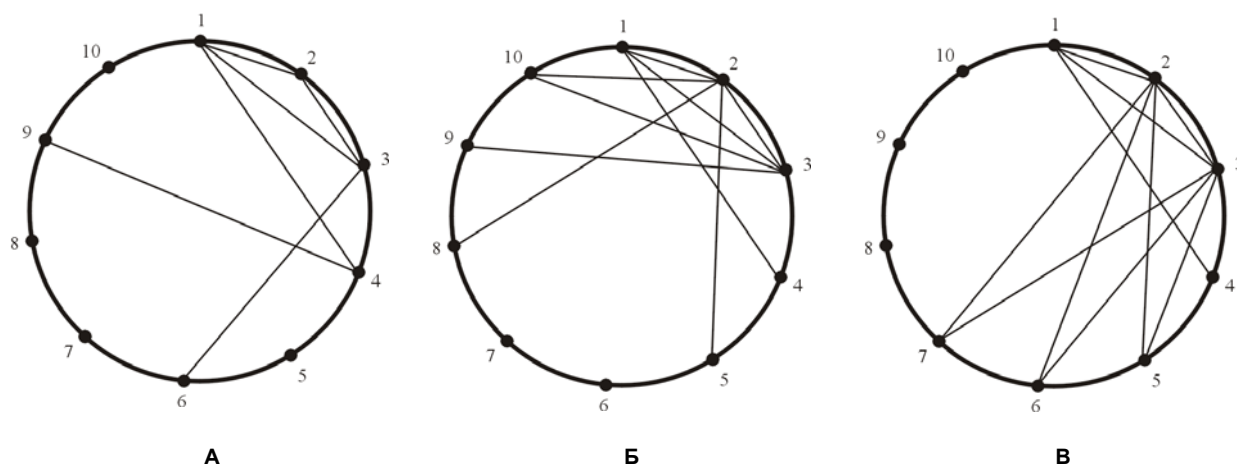


Рис.2. Корреляционные связи между параметрами скелетных мышц бедра крыс в норме (А) и при повреждении бедренного (Б), седалищного нервов (В).

Параметры: 1 - масса крысы; 2 - объем задней конечности; 3 - удельная плотность четырехглавой мышцы бедра; 4 - удельная плотность задней группы мышц бедра; 5 - диаметр артериол четырехглавой мышцы бедра; 6 - диаметр капилляров четырехглавой мышцы бедра; 7 - диаметр венул четырехглавой мышцы бедра; 8 - средний диаметр артериол задней группы мышц бедра; 9 - диаметр капилляров задней группы мышц бедра; 10 - диаметр венул задней группы мышц бедра.

### Выводы

Морфология скелетных мышц имеет определенные региональные различия, при деиннервации последних изменения касаются как самой структуры мышцы, так и ее сосудистого русла. Между рядом макроскопических параметров скелетных мышц и их сосудов имеются сильные положительные корреляционные связи, количество которых увеличивается при повреждении седалищного и бедренного нервов.

### Перспективы дальнейших разработок

предполагают изучение макро- и микроскопических механизмов адаптации структурных компонентов скелетных мышц, их кровеносного русла при травме периферической нервной системы. Изучение участия тех или иных механизмов адаптации позволит в дальнейшем разработать способы улучшения лечения повреждений периферической нервной системы.

### Литературные источники

Архипова Е.Г., Гретен А.Г., Крылов В.Н. Динамика репаративной регенерации кожного нерва крыс при разной степени травмирования // Мат. Всеросс. науч. конф. с междунаро. участием, посвященной 10-летию медицинского факультета и кафедры анатомии и гистологии человека БелГУ «Актуальные вопросы эволюционной, возрастной и экологической морфологии». - Белгород, 2006.- С.10.

Ковылин А.И., Старикова И.Ф. Актуальность реабилитации в санаторных условиях пострадавших на производстве в ранние сроки после полученной производственной тяжелой травмы // Мат-лы межрегион. научно-практич. конф.- Новокузнецк: Кемерово ИД, 2006.- С.46-48.

Кельмаков В.П., Луцик А.А., Пеганова М.А.

Патогенетическое обоснование этапности реабилитации больных с травматической болезнью спинного мозга // Мат-лы межрегион. научно-практич. конф.- Новокузнецк: Кемерово ИД, 2006.- С.43-46.

Паксютов О.А., Демина А.В., Морозов В.И. Строение и реактивные изменения миелиновых нервных волокон большеберцового нерва белых крыс в условиях дефицита симпатической иннервации по данным прижизненной микроскопии // Российские морфологические ведомости.- 1995.- №3.- С.76-80.

Плохинский Н.А. Биометрия.- М.: Изд-во Московского университета, 1970.- 368 с.

Полякова О.Л., Чучкова В.М. Процентное содержание миелиновых и безмиелиновых нервных проводников в кожных и мышечных ветвях

бедренного нерва в периоде старческих изменений в условиях полной десимпатизации // Мат. Всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 10-летию медицинского факультета и кафедры анатомии и гистологии человека БелГУ «Актуальные вопросы эволюционной, возрастной и экологической морфологии». - Белгород, 2006. - С.1140.

Попович М.И. Тractionные повреждения сосудов и нервов // Военно-медицинский журнал. - 1981. - №7. - С.28-31.

Попович М.И. Изменения периферических нервов при их tractionной травме // Вопросы нейрохирургии. - 1988. - №1. - С.39-45.

Сараджишвили П.М. Руководство по невропатологии. Том 6. - М.: Медицина, 1962. - 697с.

Смоляр Е.М., Должников А.А., Польской В.С. Морфофункциональные параллели строения микроциркуляторного русла некоторых периферических нервов и параневрия // Труды института. - 1989. - Т.125. - С.33-36.

Умовист М.Н., Чайковский Ю.Б. Современные представления о строении и функции оболочек нерва: Обзор литературы // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. - 1987. - Т.92, №1. - С.89-96.

Чехонацкий А.А., Бочкарев П.Н., Фадеев О.В. Повреждения седалищного нерва при переломах вертлужной впадины (диагностика и принципы лечения) // Сборник научных работ, посвященный 80-летию клиники нервных и ду-

шевных болезней Саратовского медицинского института «Проблемы неврологии, психиатрии и нейрохирургии». - Саратов, 1992. - №2. - С.93-96.

Щудло М.М., Щудло Н.А. Влияние дискретного растяжения на тканевые компоненты поврежденного периферического нерва // Мат-лы Всеросс. науч. конф. анатомов, гистологов и эмбриологов «Закономерности морфогенеза и регуляция тканевых процессов в нормальных, экспериментальных и патологических условиях». - Тюмень, 1998. - С.92-93.

Юрах Е.М. Морфофункциональные исследования нейроваскулярных компонентов седалищного нерва в норме, при де- и регенерации с воздействием лазерного излучения: Автореф. дисс... канд. мед. наук. - Киев, 1990. - 21 с.

Beel J.A., Stodieck L.S., Luttges M.W. Structural properties of spinal nerve roots: biomechanics // Exp. Neurol. - 1986. - Vol.91, №1. - P.30-40.

Effects of acute graded strain on efferent conduction properties in the rabbit tibial nerve / Brown R., Pedowitz R., Rydevik B. et al. // Clin. Orthop. - 1993. - Vol.296. - P.288-294.

Pollak K.-H., Fiedler K. Lebensgeschichtlicher strukturwandel peripheren nerven. morphometrische untersuchungen am nervus ischiadicus and nervus suralis // Zentralbl. allg. Pathol. Anat. - 1990. - Vol.136, №6. - P.563-569.

Sunderland S. The anatomy and physiology of nerve injury // Muscle Nerve. - 1990. - Vol.13, №9. - P.771-784.

#### **Царьов О.А., Кривошапов А.В. Макро-мікроскопічна характеристика скелетної мускулатури задньої кінцівки щурів в нормі та при травмі її нервів.**

**Резюме.** Матеріалом для дослідження послужили 22 білі щури масою 180-210 г репродуктивного періоду. Для вивчення макро-мікроскопічних особливостей будови при пошкодженні периферичних нервів скелетної мускулатури і її гемомікроциркуляторного русла визначали об'єм задніх кінцівок в нормі і після пошкодження стегнового і сідничного нервів, питому масу скелетних м'язів, діаметр крупних судин, а також ряд гістологічних параметрів поперечносмугастої мускулатури і гемомікроциркуляторного русла. Пошкодження стегнового і сідничного нервів викликали шляхом перетискування задніх кінцівок на рівні верхньої третини стегна за допомогою кровоспинного затиску впродовж 1-4 годин, а також шляхом перерізування цих нервів. Контролем служили задні кінцівки контралатеральної сторони. Статистична обробка одержаних даних включала розрахунок середніх арифметичних значень, похибки середніх і, враховуючи нормальність розподілу при порівнянні параметрів, використовували критерій Ст'юдента. Математична обробка одержаних даних полягала в проведенні кореляційного аналізу. Морфологія скелетних м'язів і їх гемомікроциркуляторного русла має певні регіональні відмінності, при денервації м'язів зміни торкаються як самої структури м'яза, так і її судинного русла. Між рядом макро-мікроскопічних параметрів скелетних м'язів і їх судин є сильні позитивні кореляційні зв'язки, кількість яких збільшується при пошкодженні сідничного і стегнового нервів, як при перерізанні, так і перетискуванні.

**Ключові слова:** скелетна мускулатура, гемомікроциркуляторне русло, пошкодження нервів.