

**СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОНЕЧНОСТЯХ КРЫС ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ  
БЕДРЕННОГО И СЕДАЛИЩНОГО НЕРВОВ****ГУ «Днепропетровская медицинская академия» МОЗ Украины (г. Днепропетровск)**

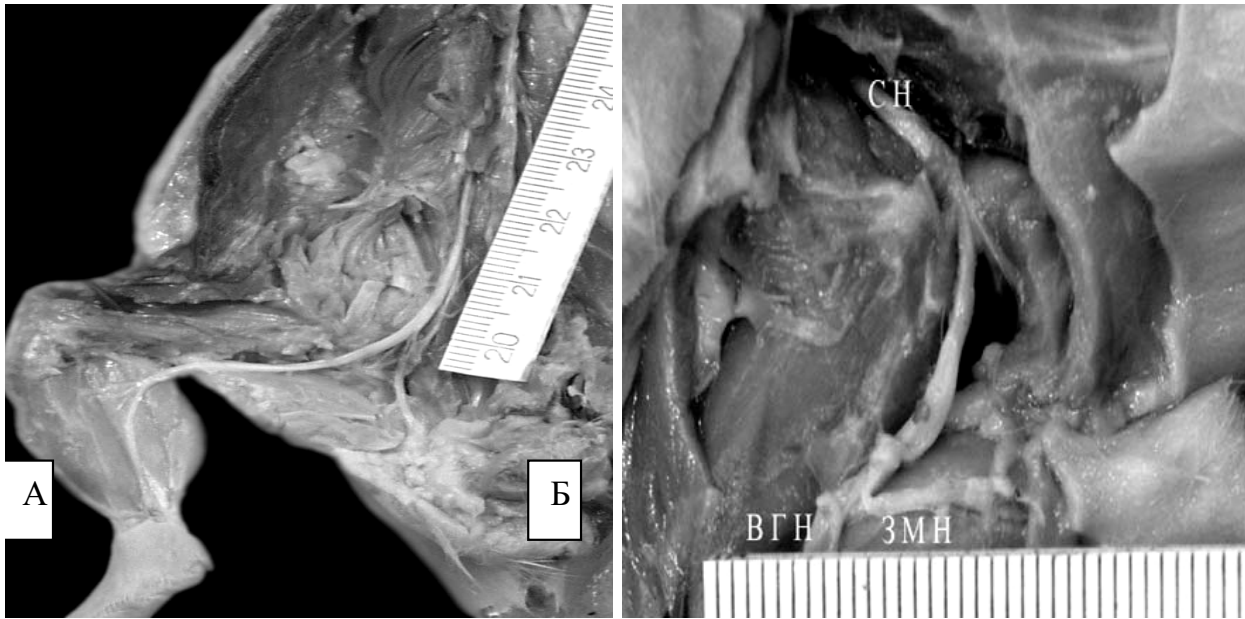
Работа является фрагментом научных разработок кафедры анатомии человека Днепропетровской государственной медицинской академии по темам: «Развитие и становление сердца, его сосудов, папиллярно-трабекулярного и клапанного аппарата в онто- и филогенезе» (№ государственной регистрации: 0101U000777) и «Морфогенез сердца и сосудов после экспериментальных вмешательств» (№ государственной регистрации: 0106U012193).

**Вступление.** В научной литературе большое количество исследований посвящено изучению изменений самих нервов и в меньшей степени их структур, которые иннервируются ими, в частности скелетная мускулатура [4]. При этом в клинических работах описывают в большей степени симптомы при повреждении нервов и их ветвей, не уделяя внимания изменениям скелетной мускулатуры и ее сосудистого русла. Однако известно, что исход, количество осложнений при травмах периферических нервов во многом зависит от состояния сосудистого русла скелетной мускулатуры, глубины его повреждения [2]. Повреждения периферической нервной системы, по данным авторов, встречаются в 1,5 – 6% случаев от всех механических травм конечностей [1]. Повреждения, в большинстве случаев осложняются травматическими нейропатиями с болевым синдромом и нарушением микроциркуляции. При этом на нижние конечности приходится 70 – 80% от всех повреждений периферических нервов. Инвалидность от последствий травм периферических нервов нижних конечностей составляет 5%, стойкая потеря трудоспособности 11%, а 30% больных вынуждены сменить профиль трудовой деятельности [3]. Утраченная функция конечности после лечения восстанавливается только у 50% больных, что связано с состоянием микроциркуляторного русла периферического кровообращения [6, 7]. В литературе, в середине прошлого столетия, когда началось интенсивное изучение микроциркуляции и её органных особенностей, были описаны реакции микрогемососудов периферических нервов на повреждение. Тот факт, что суммарная площадь нервных волокон является меньшей, половины площади поперечного среза нерва, приводит к выводу, что структуры, которые имеют больше половины площади среза, имеют значение не только в нормальных, но и в патологических условиях [5]. Все вышеизложенное свидетельствует о необходимости проведения морфологических исследований по изменению мышц нижних конечностей при нарушении иннервации на разных уровнях. Повреждение

периферической нервной системы приводит к нарушению не только функции скелетной и поперечно – полосатой мускулатуры, но и к нарушению трофики, включая структурные изменения сосудов гемомикроциркуляторного русла. Не вызывает сомнения необходимость исследования процессов происходящих в конечностях при травматических повреждениях в ранние сроки. Все вышеизложенное подтверждает актуальность и своевременность изучения и решения проблемы структурных изменений в конечностях при повреждении периферической нервной системы.

**Цель исследования:** исследовать структурные изменения мышц задних конечностей при деиннервации.

**Объект и методы исследования.** Материалом для исследования послужило 160 белых крыс с массой 180 – 190 грамм репродуктивного периода контрлатерально и 20 интактных. С помощью анатомических, гистологических исследований проведен анализ динамики структурно-функциональных преобразований тканевых и клеточных компонентов после перерезки, пережатия бедренного, седалищного нервов. 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 этого нерва. Контролем служили задние конечности контралатеральной стороны. Результаты структурных изменений в состоянии острого эксперимента наблюдали через один, два, четыре часа после перерезки бедренного и седалищного нервов и сопоставляли с данными, полученными после пережатия нервов нижних конечностей, соответствующего временного промежутка. Для изучения микроскопических и ультраструктурных особенностей строения скелетной мускулатуры при повреждении нервов использовали гистологические окраски срезов. Статистическая обработка полученных данных, включала в себя расчет средних арифметических значений, ошибки средних и при сравнении параметров, использовали критерий Стьюдента. Крысы содержались в обычных условиях в стандартной клетке, за ними проводилось систематическое наблюдение. Экспериментальные исследования выполнялись согласно «Общим этическим принципам экспериментов над животными», которые утверждены I Национальным конгрессом по биоэтике (Киев, 2001р.); согласно положениям «Европейской конвенции по защите позвоночных животных,



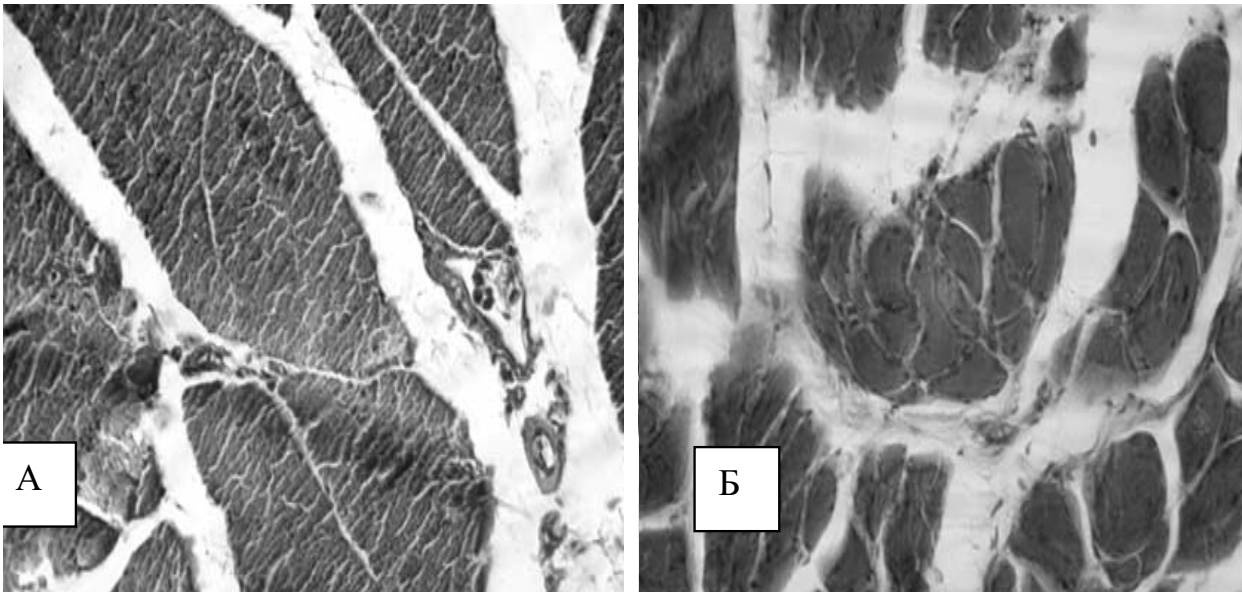
**Рис. 1. Варианты расположения бедренного (А) и седалищного (Б) нервов задних конечностей крыс. Макропрепарат.**

которые используются в экспериментах и других учебных целях» (Страсбург, 18. 03. 1986 р.). Нервные волокна крыс фиксировали в растворе 8% формалина, жидкости Буэна. В работе использовались традиционные гистологические методы помещения в парафиновые блоки и получения из них серийных срезов на микротоме в режиме подачи ножа 10 мкм. Гистологические срезы нервного волокна окрашивали железным гематоксилином Гейденгайна и гематоксилин – эозином, проводили гистометрию. Документацию результатов исследования осуществляли в световом микроскопе с помощью цифровой фотоприставки. Количественные данные обрабатывали с использованием методов статистики.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Иннервация поперечно – полосатой мускулатуры задних конечностей у крыс осуществляется ventральными ветвями поясничного и крестцового сплетений. При выходе из спинного мозга крупные ветви поясничного и крестцового сплетений располагаются на ventральной поверхности таза, задней стенки брюшной полости. Такое расположение ветвей является характерной особенностью формирования сплетений у крыс. Длина этих ветвей до ветвления на более мелкие нервы различна. Наибольшей длины достигает бедренный нерв, который на протяжении брюшной полости и таза не дает ветвей. Седалищный нерв (его ventральная часть) наиболее короткая. Общий ствол седалищного нерва формируется 3-6 ventральными ветвями, выходящими из спинного мозга. Рассыпной тип ветвления седалищного нерва является характерным и по нашим данным он встречается в 78% случаев. Бедренный нерв у крысы является самым крупным, диаметр его в среднем равен  $1,2 \pm 0,09$  мм, длина  $4,1 \pm 0,5$  см. Характер ветвления бедренного нерва

достаточно разнообразен. Среди вариантов ветвления можно выделить рассыпной тип, при котором конечные ветви отходят от основного ствола на протяжении сантиметра. Наиболее часто встречаемый тип ветвления ближе к магистральному (86%), при котором конечные ветви формируются на протяжении 2-2,5см (рис. 1).

В результате исследования, мы выделили следующие стадии изменений мышечной ткани конечностей в ранние сроки после повреждения (перерезка и пережатие) и произвели сравнительный анализ. Так, в первый час после перерезки седалищного нерва наблюдается уменьшение удельной массы мышечного волокна с её снижением к четвёртому часу эксперимента, то есть преобладают гипотрофические процессы. В первый же час после пережатия происходит расслабление скелетной мускулатуры, за счет чего увеличивается её диаметр, то есть наблюдается преобладание гипертрофических процессов. При этом увеличивается проницаемость сосудов и количество межтканевой жидкости. В сосудах гемомикроциркуляторного русла: артериолах и венах происходит увеличение их диаметра, в связи с вышеизложенными процессами, а диаметр капилляров не изменяется. Следует отметить, что изменения в мышечном волокне и в сосудах гемомикроциркуляторного русла происходят более интенсивно при перерезке бедренного и седалищного нервов в состоянии острого эксперимента, нежели чем при их пережатии. Так к четвёртому часу острого эксперимента объем межтканевой жидкости увеличивается, начиная сдавливать мышечные волокна, что приводит к уменьшению их диаметра, то есть гипотрофии. При этом толщина мышечного волокна ко второму часу в результате преобладания отёка увеличивалась незначительно, а к четвертому часу



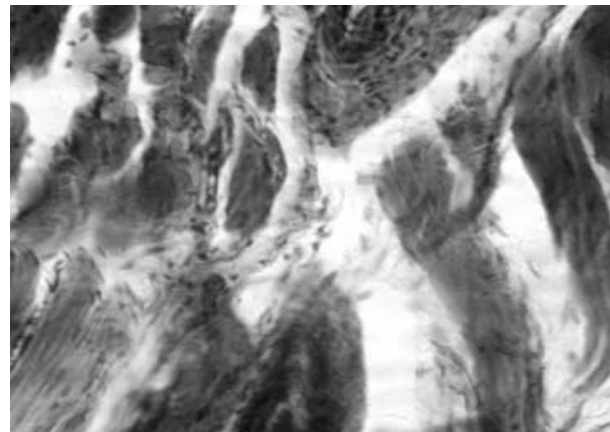
**Рис. 2. Сосуды гемомикроциркуляторного русла (А) и мышечные волокна (Б) после перерезки седалищного нерва через 4 часа. А-увеличение диаметра сосудов. Б–увеличение интерстициального пространства. Окраска: гематоксилин–эозин. Увеличение: об. 40. ок. 4.**

снижалась ниже первичных показателей. В сосудах гемомикроциркуляторного русла при перерезке седалищного нерва диаметр артериол к четвертому часу эксперимента увеличивался в 1,2 раза, а венул в 1,3 раза. При перерезке бедренного нерва диаметр артериол увеличивался в 1,3 раза, а венул в 1,7 раза. Эти изменения происходят молниеносно с первого часа и достигают максимума к четвертому часу в остром эксперименте, а диаметр капилляров при этом не изменяется (рис. 2, 3).

При пережатии седалищного нерва изменения происходили в той же последовательности, что и после перерезки, но более плавно и равномерно. Наблюдалось уменьшение удельной массы мышечного волокна с её снижением к четвертому часу эксперимента, а его толщина увеличивалась к третьему часу незначительно, достигая максимума к четвертому часу до 15,6. Диаметр артериол и венул изменялся в 1,1 раз. Эти изменения происходили постепенно с первого часа и достигали максимума к четвертому часу.

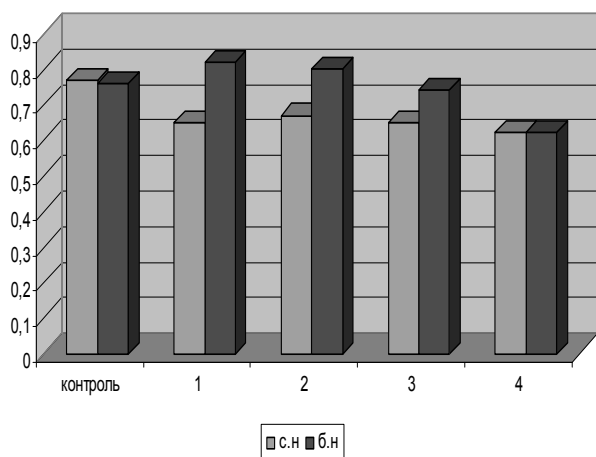
На поперечных гистологических срезах скелетная мускулатура представлена пучками мышечных волокон, имеющих различную геометрическую форму, между которыми имеются пространства заполненные элементами соединительной ткани и сосудами. Кровеносные сосуды на поперечном срезе имеют также различную форму от круга 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.

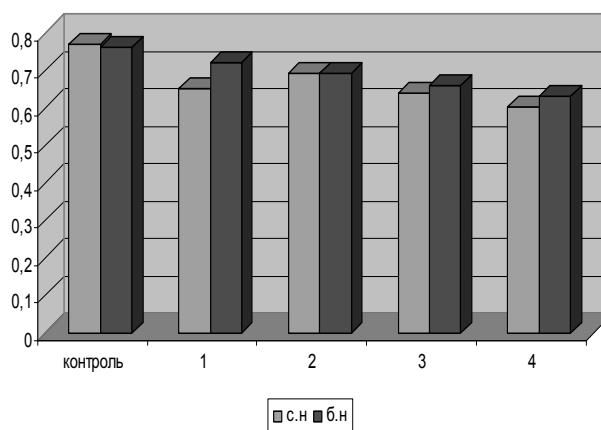


**Рис. 3. Мышечные волокна после перерезки бедренного нерва через 4 часа. Уменьшение толщины мышечного волокна. Окраска: эозин-гематоксилин. Увеличение: об. 40. ок. 4.**

Диаметр звеньев ГМЦР, выявленных с помощью инъекции тушь – желатиновой массы, четырехглавой мышцы бедра белой крысы достоверно ниже, чем диаметр звеньев ГМЦР скелетных мышц задней группы бедра. Это указывает на то, что есть определенные региональные особенности сосудов микроциркуляторного русла. При этом нами рассчитывался артерио-веноулярный коэффициент (АВК) при повреждении



**Рис. 4.** Показатели артерио – веноулярного коэффициента при перерезке седалищного и бедренного нервов.



**Рис. 5.** Показатели артерио – веноулярного коэффициента при пережатии седалищного и бедренного нервов.

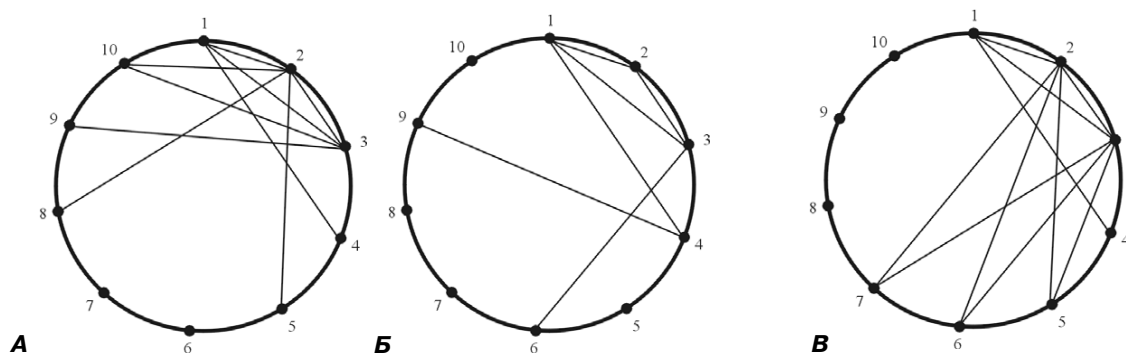
обоих нервов. Так, при перерезке седалищного нерва он был ниже, чем при перерезке бедренного нерва на протяжении первых 3 часов эксперимента достигая максимального значения к первому часу эксперимента, и постепенно снижаясь к третьему. К четвертому часу эксперимента АВК передней и задней групп мышц бедра выравнивался и составлял 0,62, что было ниже контрольной группы (рис. 4).

При пережатии задней конечности показатели АВК в передней и задней группах мышц бедра практически не отличались, и наблюдалось постепенное его снижение. К четвертому часу эксперимента АВК передней и задней группах мышц бедра составлял 0,63 и 0,60, что было ниже контрольной группы (рис. 5).

Изменения параметров мышц (объем задней конечности, удельная плотность четырехглавой мышцы бедра, удельная плотность задней группы мышц бедра и их сосудистого русла) идентичны при повреждении седалищного и бедренного нервов. Наибольшие изменения при этом отмечают при перерезке периферических нервов по сравнению с пережатием.

Нами был проведен корреляционный анализ морфологических показателей скелетных мышц задних конечностей крыс и их сосудов. В результате было выявлено наличие положительных корреляционных связей между рядом параметров, как в норме, так и при повреждении бедренного и седалищного нервов (рис. 6).

Таким образом, 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 положительные сильные корреляционные связи, количество которых увеличивается при повреждении седалищного и бедренного нервов.



**Рис. 6.** Корреляционные связи между параметрами скелетных мышц бедра крыс в норме (А) и при повреждении бедренного (Б), седалищного нервов (В).

**Примечание:** 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.** В результате анатомо – экспериментального исследования наблюдались посттравматические изменения в мышечной ткани задних конечностей крыс. Эти изменения в ранние сроки: первый, второй, третий и четвёртый часы после повреждения нервов, характеризуются преобладанием периваскулярного отёка, гипотрофическими изменениями в мышечном волокне и изменениями в артериолах и венулах гемомикроциркуляторного русла, при которых происходит увеличение их диаметра. Под воздействием повреждения происходят изменения в мышцах задних конечностей эмбрионов крыс, которые характеризуются гипотрофическими процессами, приводящими к уменьшению толщины мышечного волокна. В ранние часы после пережатия, вышеуказанные результаты влияния повреждения нервов задних конечностей можно рассматривать как защитный компенсаторный механизм сосудов гемомикроциркуляторного русла, а в состоянии острого эксперимента при

перерезке данных нервов как результат острого и резко прогрессирующего нарушения трофики, гемомикроциркуляции и прогнозирования снижения пролиферативной активности клеток в период восстановления.

Между отдельными параметрами скелетных мышц и их сосудов имеются положительные сильные корреляционные связи, количество которых увеличивается при повреждении седалищного и бедренного нервов.

**Перспективы дальнейших исследований.** Дальнейшие исследования предполагают изучение макро- и микроскопических механизмов адаптации структурных компонентов скелетных мышц, их кровеносного русла при травме периферической нервной системы. Изучение доли тех или других механизмов адаптации позволит в дальнейшем разработать способы улучшения лечения повреждений периферической нервной системы.

### Список литературы

1. Абдулкина Н. Г. Алгоритмизация физиотерапии травм периферических нервов / Н. Г. Абдулкина, Е. Ф. Левицкий, В. А. Кочегуров [и др.]. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2007. – 248 с.
2. Архипова Е. Г. Динамика репаративной регенерации кожного нерва крыс при разной степени травмирования / Е. Г. Архипова, А. Г. Гретен, В. Н. Крылов // Мат-лы Всерос. науч. конф. с межд. участ., посвященной 10 – летию медицинского факультета кафедры анатомии и гистологии человека. Под ред. Крикуна Е. Н. – Белгород, 2006. – С. 10.
3. Крупаткин А. И. Клиническая нейроангиофизиология конечностей (периваскулярная иннервация и нервная трофика) / А. И. Крупаткин. – М.: Научный мир, 2003. – 328 с.
4. Непомнящих Л. М. Морфогенез метаболических повреждений скелетных мышц / Л. М. Непомнящих, М. А. Бакарев – М.: Издательство РАМН, 2005 – 352 с.
5. Периферійний нерв (нейрон – судинно – десмальні взаємовідношення в нормі та при патології [Геращенко С. Б., Дельцова О. І., Колодійцев А. К., Чайковський Ю. Б.]. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2005. – 342 с.
6. Hart A. M. Neuronal death after peripheral nerve injury and experimental if strategies for neuroprotection / A. M. Hart, G. Terenghi, M. Wiberg // *Neurol. Res.* – 2008. – Vol. 30 (10). – P. 999-1011.
7. Varejao A. S. Functional evaluation of peripheral nerve regeneration in the rat: walking track analysis (A. S. Varejao, M. F. Meek, J. A. Ferreira Antonio, A. B. Patricio Joao) // *Journal of neuroscience methods.* – 2001. – V. 108, № 1. – P. 1-9.

УДК 611.98:611.73:591.483-001-076

### СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОНЕЧНОСТЯХ КРЫС ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ БЕДРЕННОГО И СЕДАЛИЩНОГО НЕРВОВ.

**Кошарный В. В., Абдул–Оглы Л. В., Демьяненко И. А., Супонько Ю. В.**

**Резюме.** Целью данного исследования являлось установление изменений происходящих в конечностях крыс при повреждении бедренного и седалищного нервов. 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 этого нерва. Контролем служили задние конечности контралатеральной стороны. При перерезке седалищного нерва изменения в конечности проходит ряд последовательных стадий. Мы исследовали ранние изменения при этих состояниях. В первый час при перерезке седалищного нерва наблюдается уменьшение удельной массы мышечного волокна с её снижением к четвёртому часу эксперимента. При перерезке бедренного нерва изменения в мышцах передней группы происходят аналогично изменениям мышц задней группы бедра и происходят в той же последовательности. При перерезке бедренного нерва диаметр артериол к четвёртому часу эксперимента увеличивается в 1,3 раза, а венул в 1,7 раза. Диаметр капилляров при этом не изменяется.

**Ключевые слова:** бедренный нерв, седалищный нерв, крыса.

УДК 611.98:611.73:591.483-001-076

### **СТРУКТУРНІ ЗМІНИ В КІНЦІВКАХ ЩУРІВ ПРИ ПОШКОДЖЕННІ СТЕГНОВОГО І СІДНИЧНОГО НЕРВІВ**

**Кошарний В. В., Абдул–Огли Л. В., Дем'яненко І. А., Супонько Ю. В.**

**Резюме.** Метою даного дослідження було встановлення змін, які відбуваються в кінцівках щурів при пошкодженні стегнового і сідничного нервів. Пошкодження стегнового і сідничного нервів викликали шляхом пережиму задніх кінцівок на рівні верхньої третини стегна за допомогою кровоспинного затиску впродовж 1-4 годин, а також шляхом перерізування цього нерва. Контролем служили задні кінцівки контралатеральної сторони. При перетині сідничного нерва зміни в кінцівки проходять ряд послідовних стадій. Ми досліджували ранні зміни при цих станах. У першу годину після перетину сідничного нерва спостерігається зменшення питомої маси м'язового волокна з її зниженням до четвертого години експерименту. При перетині стегнового нерва зміни в м'язах передньої групи відбуваються аналогічно змінам м'язів задньої групи стегна і відбуваються в тій же послідовності. При перетині стегнового нерва діаметр артеріол до четвертого години експерименту збільшується в 1,3 рази, а венул в 1,7 рази. Діаметр капілярів при цьому не змінюється.

**Ключові слова:** стегнова нерв, сідничний нерв, щур.

UDC 611.98:611.73:591.483-001-076

### **Structural Changes in Extremities of Rats at Injury of Femoral and Sciatic Nerves**

**Kosharny V. V., Abdoul-Ogly L. V., Demyanenko I. A., Suponko Yu. V.**

**Summary.** The aim of this study was to determine the changes occurring in the limbs of rats with damage to the femoral and sciatic nerves. Damage of femoral and sciatic nerves caused by cross clamping 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 contralateralis the parties served. After transactions of the sciatic nerve changes in the limbs are a number of successive stages. We investigated the early changes in these conditions. In the first hour with transaction of the sciatic nerve, a decrease of the specific mass of the muscle fibre and its reduction by the fourth hour of the experiment by cutting the femoral nerve changes in the muscles of the front panel there are similar changes in the back of the thigh muscles and occur in the same sequence. When the femoral nerve transaction diameter of the arterioles to the fourth hour of the experiment is increased 1,3 times and 1,7 times in venues. The diameter of the capillaries does not change.

**Key words:** femoral nerve, sciatic nerve, rat.

Стаття надійшла 2.10.2012 р.

Рецензент – проф. Шерстюк О. О.