

© Группа авторов, 2003

Заполнение диастаза спинного мозга в условиях частичного ограничения подвижности позвоночника аппаратом Илизарова

В.И. Шевцов, Г.Д. Сафонова, Ю.А. Муштаева

Spinal cord diastasis filling under partial limitation of the spine mobility with the Ilizarov fixator

V.I. Shevtsov, G.D. Safonova, J.A. Moushtayeva

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)

В эксперименте на 9 животных, которым выполняли гемисекцию спинного мозга на уровне L₄ и последующую фиксацию аппаратом Илизарова поясничного отдела позвоночника, установлено, что опосредованное ограничение подвижности поврежденного участка положительно влияет на течение репаративного процесса и восстановление утраченных функций. Прослеживается уменьшение величины диастаза, заполнение его преимущественно органоспецифической тканью. Наблюдалось формирование рубца рыхлой структуры с наличием большого количества нервных волокон в латеральном участке и заполнение медиальной части диастаза элементами нервной ткани.

Ключевые слова: позвоночник, спинной мозг, гемисекция, регенерация, аппарат Илизарова

9 animals were subjected to spinal cord hemisection at the level of L₄ and further fixation of the lumbar spine experimentally using the Ilizarov fixator. It was established that mediated limitation of the mobility of the zone involved positively influenced reparative process and recovery of the functions lost. Size decrease of the diastasis, its filling mainly with organ-specific tissue was noted. Formation of loose-structure scar could be observed with a lot of nerve fibers in the lateral part, the diastasis medial part was filled with nerve tissue elements.

Keywords: spine, spinal cord, hemisection, regeneration, the Ilizarov fixator.

Проблема восстановления утраченных функций после повреждения спинного мозга является актуальной на протяжении длительного времени вследствие своей сложности и трудноразрешимости. В современных условиях возрастания различного рода травматизма с учетом того, что большинство пострадавших — люди молодого, трудоспособного возраста, остающиеся до конца жизни инвалидами I группы [1], значимость исследований по данной проблеме все более возрастает [3, 7].

Травматические повреждения, обусловленные чрезмерным сгибанием или разгибанием позвоночника, а также полное или частичное поперечное рассечение спинного мозга, в силу анатомических особенностей, сопровождаются расхождением краев последнего на некоторое расстояние [2, 4, 14]. После гемисекции спинного мозга экспериментальных животных обычно наблюдают формирование диастаза треугольной формы [9, 11]. При нестабильно-деформированном со-

стоянии позвоночника в участке травматизации спинного мозга происходит формирование оболочечно-мозгового рубца, который заполняет не только зону первоначального повреждения, т.е. диастаз, но и прилежащие, деструктурированные с течением времени участки нервной ткани [15]. Последний, как отмечают большинство исследователей, наряду с обширными интраспинальными полостями, является непреодолимым барьером на пути регенерирующих нервных волокон [4, 13]. Многочисленные попытки приостановить формирование и/или ограничить размеры этого глиосоединительнотканного образования не принесли ожидаемого результата [8, 12].

Цель нашего исследования — выявление особенностей заполнения диастаза и течения репаративного процесса в период его наибольшей активности при создании щадящих условий для травмированного участка спинного мозга посредством ограничения подвижности поврежденного отдела позвоночника.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент проведен заслуженным изобретателем РФ, к.м.н. А.М. Мархашовым на 9 беспородных собаках в возрасте от 1 до 3 лет, которым после частичной ламинэктомии L₄ слева была выполнена латеральная гемисекция спинного мозга. Поясничный отдел позвоночника фиксировали спицевым аппаратом Илизарова за тела двух позвонков, крылья таза и остистые отростки с целью ограничения подвижности поврежденных структур и создания благоприятных условий для течения репаративного процесса в участке рассечения мозга [16]. Длительность эксперимента – от 14 суток до 3 месяцев. Животных содержали в условиях вивария. Уход за ними и эвтаназию осуществляли в соответствии с требованиями инструкции №12/313 Министерства здравоохранения Российской Федерации "Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию эксперименталь-

ных биологических клиник" от 06.01.73. Фиксацию спинного мозга проводили в течение 1 месяца в 12% растворе нейтрального формалина.

Состояние зоны повреждения спинного мозга в сроки 14 суток, 1 и 2-3 месяца эксперимента изучали на фронтальных парафиновых срезах толщиной 12 мкм, импрегнированных азотнокислым серебром по Е.И. Рассказовой, и препаратах, окрашенных по методам Ниссля, Массона, Ван-Гизона и гематоксилином – эозином (толщина срезов 8 мкм). Количественные исследования выполнены на аппаратно-программном комплексе "ДиаМорф" с использованием программы "ДиаМорф - MedIAS". Статистическую обработку результатов проводили методами вариационной статистики с определением средней арифметической, ее ошибки и достоверности, показателя точности опыта и табличного значения критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В спинном мозге животных через 14 суток после его гемисекции в условиях ограничения подвижности позвоночника аппаратом Илизарова наблюдалось смешанное заполнение диастаза: латеральный отдел был заполнен рубцом, медиальный – преимущественно глиальными элементами. Рубец рыхлой структуры, большую часть которого составляли элементы соединительной ткани, располагался в участке расхождения краев диастаза между рассеченными мозговыми оболочками и боковыми канатиками. В области задних рогов он был треугольной, в области передних рогов и промежуточной зоне – овальной формы (рис. 1).

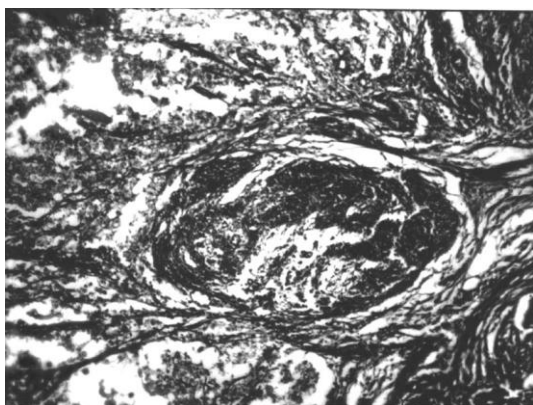


Рис. 1. Формирование рубца овальной формы в латеральном участке диастаза промежуточной зоны спинного мозга через 14 суток после гемисекции. Окраска по Массону, ув. 63.

Длина рубца соответствовала в большинстве случаев поперечному размеру боковых канатиков, ширина имела тенденцию к увеличению с течением времени эксперимента и изменялась от $687,49 \pm 19,38$ мкм до $1490,65 \pm 26,83$ мкм.

Площадь рубца увеличилась соответственно от $517710,07 \pm 15258,36$ мкм² в период наблюдения 14 суток до $1709917,92 \pm 26936,62$ мкм² к концу эксперимента.

Эластические и коллагеновые волокна в рубце были большей частью продолжением аналогичных образований мозговых оболочек, которые изменяли свое направление и проходили вдоль рассеченных краев спинного мозга до участка более плотного сопоставления последних в области серого вещества. Отмечалась также их взаимосвязь с адвентициальными оболочками сосудов. В расширенной зоне диастаза коллагеновые волокна формировали достаточно крупные пучки, большее количество которых обнаруживалось каудально в области задних рогов и промежуточной зоны. Оставшееся пространство занимали хаотично расположенные более мелкие пучки и эластические волокна с наличием между ними некрупных полостей различной формы. Нужно отметить, что значительная часть этих соединительнотканых образований имела и продольную ориентацию. Количество сосудов в рубце было ограниченным, определялись единичные запустевшие капилляры. В этот период эксперимента в диастазе спинного мозга среди пучков соединительной ткани выявлялось небольшое количество регенерирующих нервных волокон, присутствовало значительное количество глиальных элементов, в основном астроцитов.

Наблюдалось формирование не только интраспинального рубца, но обнаруживалось его наличие и в диастазе между пересеченными фрагментами прилежащих спинномозговых корешков, что приводило к умеренным деформациям

циям мозга и спаечному процессу в травмированном участке позвоночного канала. Между рассеченными фрагментами корешков выявлялось ограниченное количество новообразованных нервных волокон, ориентация которых соответствовала предсущствующим. Некоторые из них изменяли свою продольную ориентацию на косо направленную либо поперечную и располагались в латеральном участке диастаза спинного мозга.

В области серого вещества диастаз был в несколько раз уже, чем в области боковых канатиков и представлен на продольных срезах в виде полосы шириной от 100 до 160 мкм, содержащей ткань менее плотной структуры. От медиальной части рубца прослеживалось вращение в эту область единичных волокон соединительной ткани, которые располагались продольно на протяжении всего диастаза в промежуточной зоне, были продольно либо косо ориентированы в области передних рогов и передних канатиков. Участок рассечения спинного мозга был заполнен рыхло расположенными клеточными элементами, среди которых преимущественное большинство составляли ядра глиоцитов, большей частью олигодендроцитов и микроглии. Помимо полиморфизма ядер глиальных клеток выявлялись умеренные изменения их формы. Наблюдалось значительное количество свободно лежащих эритроцитов в промежутках между данными элементами диастаза, прослеживалось формирование небольшого количества капилляров. Края прилежащих краниального и каудального отделов поврежденного сегмента спинного мозга были частично деструктурированы. В области серого вещества они были более плотными, чем в области боковых канатиков.

Через 1 месяц после гемисекции спинного мозга прослеживалось уплотнение структур, расположенных как в диастазе, так и в участках, прилежащих к последнему. Наблюдалось дальнейшее формирование оболочечно-мозгового рубца, который располагался между рассеченными гиперплазированными мозговыми оболочками и частично деструктурированными фрагментами левого бокового канатика. Обнаруживалось соединение с участком рубцевания мозга рассеченных прилежащих спинномозговых корешков, а также стенок позвоночного канала. Наличие спаечного процесса обуславливало деформацию поверхностных участков спинного мозга. Имелись случаи деформации и внутренних структур мозга: втягивание контралатерального участка мозга за счет ретракции при созревании соединительной ткани (рис. 2 а).

В этот срок в строении рубца обнаруживалась мозаичность: среди разнонаправленных, рыхло расположенных пучков соединительной ткани выявлялось примерно такое же количест-

во аналогичных образований, состоящих из нервных волокон. Прослеживалась взаимосвязь последних с волокнами травмированных корешков и оболочек, преимущественное заполнение ими латеральных отделов рубца, что свидетельствовало о корешковом происхождении. Имелись участки скопления плотно расположенных вновь образованных нервных волокон в диастазе, выявлялась их взаимосвязь с прилежащими отделами спинного мозга посредством "глиальных мостиков", состоящих из глиоцитов, расположенных в виде цепочки, а также более массивных образований – тяжей различной ширины. Некоторые нервные волокна имели достаточно ровные контуры, в других - обнаруживались их значительные изменения (рис. 2 б). Прохождения большого количества продольно ориентированных пучков и отдельных нервных волокон через диастаз проследить не удавалось вследствие малой толщины гистологических препаратов и разнонаправленности вновь сформированных структур в участке рассечения спинного мозга. Чаще всего в срезе прослеживалось их косое и перпендикулярное расположение, соответствующее расположению как "глиальных мостиков", так и более массивных глиосоединительнотканых образований.

В медиальных участках диастаза промежуточной зоны и задних рогов, прилежащих к серому веществу, наблюдалось формирование своеобразной структуры, состоящей из значительного количества полосок различной ширины и ориентации. Последние, в свою очередь, состояли из плотно расположенных глиальных элементов, в некоторых из них обнаруживались единичные нервные волокна. Полоски, ориентированные вдоль диастаза, помимо нервных волокон и большого количества ядер глиоцитов, содержали единичные волокна соединительной ткани, имели значительную ширину. Они соединялись между собой, а также с прилежащими отделами мозга более узкими, косо расположенными тяжами и "глиальными мостиками", формируя единую структуру. Элементы последней, соединяющие края прилежащих отделов мозга и содержимое диастаза, напоминали стежки, то есть прослеживался "эффект сшивания" разобщенных участков поврежденного сегмента спинного мозга. Важно отметить, что соединение разобщенных краев мозга в области серого вещества происходило преимущественно органоспецифической тканью (рис. 2 в).

В зоне повреждения спинного мозга животных выявлялись также вновь сформированные сосуды. Прослеживалось ограниченное их количество в участках формирования рубца и значительное – заполненных глиоцитами. Обнаруживались как полнокровные, так и запустевшие сосуды (рис. 2 г).

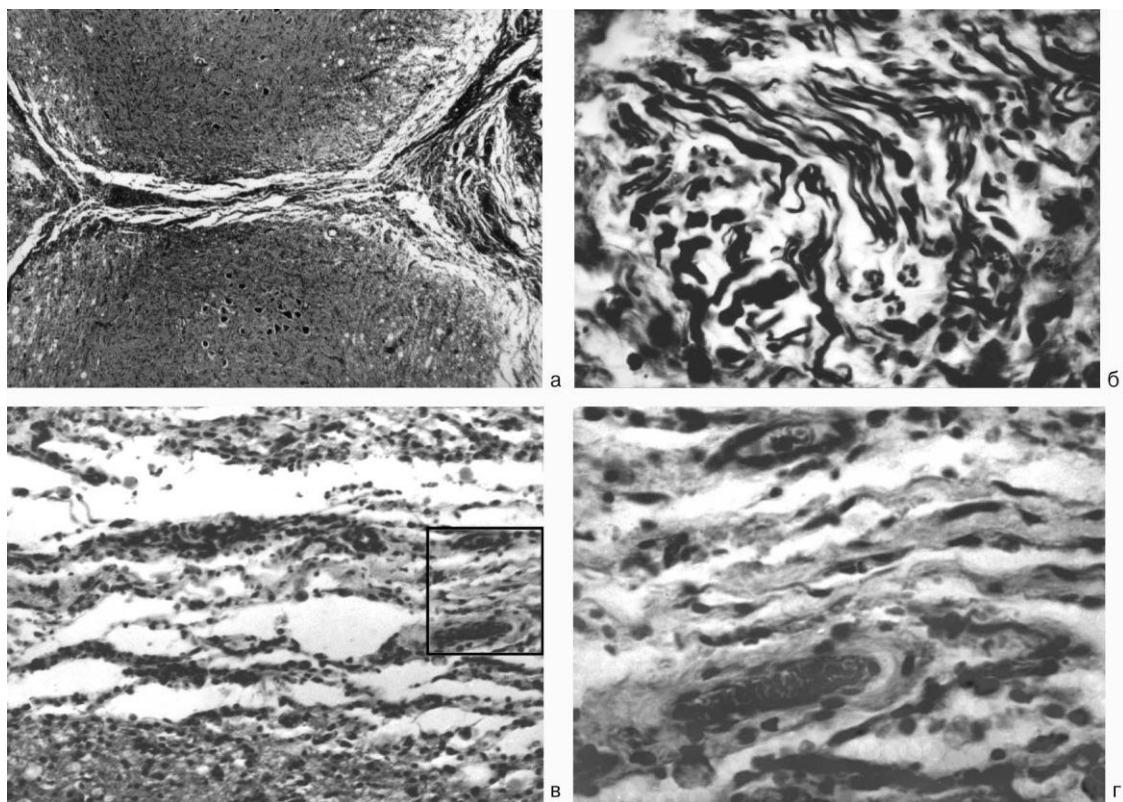


Рис. 2. Заполнение зоны повреждения спинного мозга через 1 месяц после гемисекции. А - мозаичное строение рубца, деформация контралатерального участка, соединение краев диастаза в области серого вещества посредством глиальных образований. Окраска по Массону, ув. 25. Б - регенерирующие нервные волокна в диастазе спинного мозга. Импрегнация серебром по Рассказовой, ув. 400. В - соединение краев и содержимого диастаза многочисленными глиальными мостиками. Окраска гематоксилином-эозином, ув. 400. Г - вновь сформированные сосуды в диастазе спинного мозга, фрагмент В. Окраска гематоксилином-эозином, ув. 400.

Через 3 месяца эксперимента ширина диастаза в его латеральном отделе достигала 1,5 мм. Увеличение происходило за счет деструкции прилежащих к рубцу участков нервной ткани бокового канатика. Вновь сформированный в латеральном отделе диастаза участок на продольном срезе спинного мозга был треугольной формы, плотной структуры. Краниально и каудально его окружала ткань разреженной структуры, расположенная в виде полосы шириной не более 100 мкм, соединяющаяся с аналогичной полоской в медиальном участке диастаза. Некоторое расширение последней наблюдалось краниально в области бокового канатика, что можно объяснить более значительными расстройствами микроциркуляции в данном отделе. В медиальном участке диастаза определялось небольшое уменьшение, по сравнению с предыдущим сроком, ширины диастаза. Это было обусловлено регенерацией как нервных, так и большей частью глиальных элементов: выявлялась значительная плотность краев рассеченного участка спинного мозга с наличием в них, наряду с ядрами глиоцитов, большого количества

ва тонких нервных волокон, ориентированных соответственно расположению последних в области серого вещества. Обнаруживалась и достаточная сохранность прилежащих участков спинного мозга (рис. 3 а).

С течением времени постепенно происходило увеличение количества регенерирующих нервных волокон в диастазе, особенно в его латеральном отделе. Сохранялось мозаичное строение данного участка, но в этот срок преимущественное большинство в его составе занимали нервные волокна. Также прослеживалась взаимосвязь последних с рассеченными фрагментами спинномозговых корешков. Сформированные ими пучки были достаточно крупными, ориентированы хаотично: единичные были расположены вдоль диастаза, большую же часть составляли косо и перпендикулярно относительно плоскости среза направленные пучки и нервные волокна. Большинство вновь образованных нервных волокон были среднего и толстого калибра, имели достаточно ровные контуры (рис. 3 а, б).

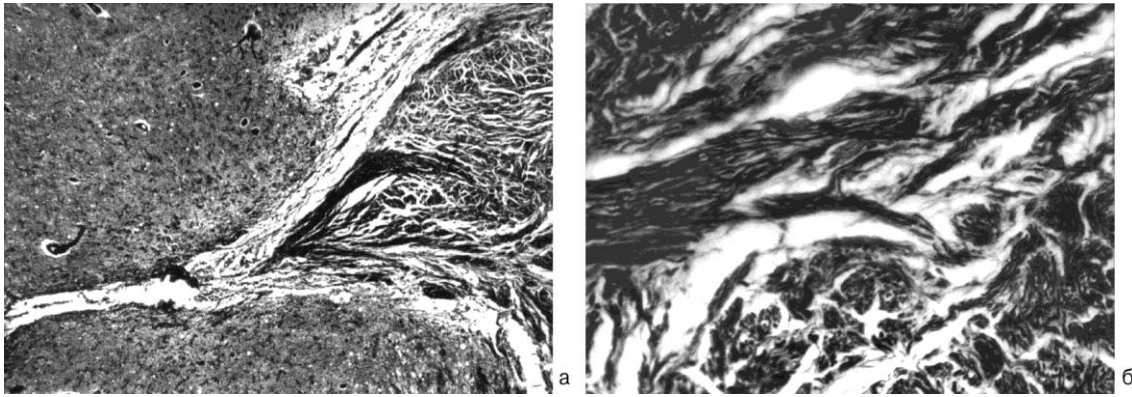


Рис. 3. Состояние зоны травмирования и прилежащих участков через 3 месяца после гемисекции спинного мозга: а – общий вид, окраска по Массону, ув. 25; б – формирование пучков нервных волокон различной ориентации в латеральном участке диастаза. Импрегнация серебром по Рассказовой, ув. 160.

ОБСУЖДЕНИЕ

На основании данного и выполненных ранее исследований [5, 6, 10] можно констатировать, что ограничение подвижности поясничного отдела позвоночника аппаратом Илизарова положительно влияет на течение репаративного процесса в зоне повреждения спинного мозга. В вышеописанном эксперименте мы не прослеживали формирования рубца на протяжении всего диастаза, как наблюдается обычно в условиях без ограничения подвижности травмированного отдела позвоночника. Образования обширных интраспинальных полостей в этой зоне мы также не наблюдали, но выявили уменьшение размеров последних на протяжении эксперимента. Это было обусловлено частичным заполнением диастаза и его умеренно деструктурированных краев элементами нервной ткани, то есть органоспецифической тканью, вначале – глиальными клетками, затем прослеживалось появление и постепенное нарастание плотности нервных волокон.

Однако данный способ фиксации позвоночника не обеспечивал значительного ограничения подвижности поврежденных структур в течение длительного времени так же, как не прослеживалось и достаточного смыкания краев латерального отдела диастаза. Известно, что вследствие значительного расхождения краев рассеченного участка спинного мозга, которое в силу анатомических особенностей более выражено в поясничном отделе (17), происходит заполнение этого пространства преимущественно соединительной тканью – формируется глиомезодермальное сращение (15). Поэтому в спинном мозге экспериментальных животных после гемисекции наблюдают формирование рубца клиновидной формы, который полностью заполняет диастаз. В данном эксперименте также прослеживалось заполнение пространства между краями рассеченного бокового канатика, но по-

скольку в области серого вещества значительного расхождения краев рассеченного участка мозга не наблюдалось, подобное сращение обнаруживалось только в латеральном отделе диастаза. Нужно отметить, что сформированный участок выгодно отличался как количественными характеристиками, так и качественно: в его составе к концу эксперимента прослеживалось превалирование элементов нервной ткани.

Абсолютно уникальным является образование в этих условиях большого количества тяжей и "мостиков", состоящих из глиальных элементов и вновь образованных сосудов, формирующих в диастазе вначале некое подобие сети, затем – более плотные структуры, соединяющие краниальный и каудальный края ("эффект сшивания"). То есть, если в условиях нестабильности позвоночника наблюдают сращение краев поврежденного участка спинного мозга большей частью посредством соединительной ткани, то в данных условиях прослеживается соединение последних преимущественно органоспецифической тканью.

В изученные сроки эксперимента не выявлено значительного количества регенерирующих интраспинальных нервных волокон в вышеописанных вновь сформированных структурах диастаза, однако обнаруживались единичные, располагавшиеся вдоль тяжей и "глиальных мостиков". Можно предположить, что с течением времени возможно увеличение их количества. Наряду с более полноценным заполнением участка рассечения спинного мозга следует отметить, что ограничение подвижности позвоночника способствовало сохранности прилежащих структур серого вещества, предотвращало разрушение, в частности, моторных центров. В свою очередь, это положительно сказывалось на восстановлении двигательных функций тазовых конечностей экспериментальных животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амелина О.А. Травматическая болезнь спинного мозга (патогенетические, диагностические и медико-социальные аспекты): Автореф. дис... канд. мед. наук. - СПб, 1992. - 22 с.
2. Брехов А.Н., Розгонюк Ю.Д. Морфология и биомеханика зоны повреждения спинного мозга в условиях стабилизации позвоночного столба: Сообщ. 2 // Тр. Крым. мед. ин-та. - 1986. - Т. 109. - С. 16-18.
3. Бутуханов В.В. Системный анализ и пути оптимизации восстановительных процессов у больных с повреждением спинного мозга: Автореф. дис... д-ра мед. наук. - Л., 1989. - 37 с.
4. Возможны ли реконструктивные операции при повреждении спинного мозга? / Г.С. Юмашев, В.И. Зяблов, А.А. Корж и др. // Ортопед., травматол. - 1989. - № 1. - С. 71-74.
5. Возможности регенерации спинного мозга в условиях фиксации позвоночника (экспериментальное исследование) / Г.А. Илизаров, А.М. Мархашов, Г.Д. Сафонова, П.И. Коваленко // Вопросы чрескостного остеосинтеза по Илизарову: Сб. науч. работ. - Курган, 1990. - Вып. 15. - С. 162-173.
6. Возможность предотвращения врастания соединительной ткани в диастаз спинного мозга / В.И. Шевцов, А.М. Мархашов, Г.Д. Сафонова, Ю.М. Муштаева // Материалы XXVII научно-практической конференции врачей Курганской области. - Курган, 1995. - С. 18.
7. Георгиева С.А., Бабиченко Н.Е., Пучиньян Д.М. Гомеостаз, травматическая болезнь головного и спинного мозга. - Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1993. - С. 221-222.
8. Травма спинного мозга: современные представления о механизмах повреждения, регенерации и путях их коррекции / Л.Н. Грищенко, Ф.В. Олешкевич, Л.Н. Семейко, О.И. Дулуб // Вопр. нейрохирургии. - 1997. - №2. - С.37 - 44.
9. Иванова С.Н. Механизмы компенсации двигательных функций после латеральной гемисекции спинного мозга. - М.: Наука, 1980. - 146с.
10. Изменение формы позвоночника как фактор, определяющий характер репаративного процесса в травмированном спинном мозге (экспериментальное исследование) / В.И. Шевцов, А.М. Мархашов, Г.Д. Сафонова, Ю.А. Муштаева // Гений ортопедии. - 1996. - № 2-3. - С. 148-149.
11. Казакова П.Б. Изменения в спинном мозге у собак после боковой гемисекции при развитии компенсации нарушенных функций // Электрофизиологические исследования компенсации функций центральной нервной системы: Сб. науч. трудов. - М., 1968. - С. 225-232.
12. Корж А.А., Зяблов В.И., Филиппенко В.А. Возможность восстановления функций после полного перерыва спинного мозга и пути достижения этой цели (Обзор проблемы. Ч. 1-2) // Ортопед., травматол. - 1987. - № 2-3. - С. 65-70, 70-74.
13. Морфогенез интрамедуллярных полостей, глиосоединительнотканного рубца и состояние ферментов системы протеолиза при экспериментальной травме спинного мозга / В.И. Зяблов, В.В. Лысенко, В.Р. Заречный, Ю.Д. Розгонюк // Вопр. нейрохирургии. - 1994. - Вып. 1. - С. 30-34.
14. Мусалов Г.Г. О восстановлении функций и структуры после полной поперечной перерезки спинного мозга у животных: Автореф. дис... д-ра мед. наук. - М., 1974. - 32 с.
15. Хренов А.П. Формирование мозгового рубца в различных экспериментальных условиях // Арх. анатомии. - 1984. - Т. 87, № 12. - С. 20-28.
16. А.С. 1448432 СССР, МКИ4 А 61 В 17/60 Аппарат для лечения повреждений и заболеваний позвоночника / Г.А. Илизаров, А.М. Мархашов (СССР). - № 3854923/28-14; Заявлено 06.02.85. ДСП.
17. Breig A. Adverse mechanical tension in the central nervous system. An analysis of cause and effect. Relief by functional neurosurgery. - Stockholm: Almqvist Wiksel International, 1978. - 261 p.

Рукопись поступила 09.01.02.

Уважаемые коллеги!

Редакционный совет журнала «**Гений Ортопедии**» обращается к Вам с просьбой своевременно подписаться на наш журнал.

Журнал включен в каталог «Газеты и журналы» Агентства «Роспечать» на I полугодие 2003 года. Подписной индекс – 81417.

Цена одного номера – 100 руб.

Для желающих доставка журнала наложенным платежом, как и раньше, непосредственно из центра остается в силе. Стоимость одного номера журнала на 2003 год – 80 руб. (без стоимости пересылки). Для этого необходимо прислать заказ почтой, электронной почтой или по факсу на имя заведующей библиотекой Таушкановой Лидии Федоровны.

Адрес: РНЦ «ВТО», отдел научно-медицинской информации,

ул. М. Ульяновой, 6, г. Курган, 640014, Россия

Факс: (3522) 53-60-46.

Тел.: (3522) 53-09-89.

E-Mail: gip@rncvto.kurgan.ru
