

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ ПОЗВОНОЧНИКА
НА ДИНАМИКУ ДЕСТРУКТИВНОГО ПРОЦЕССА В КРАНИАЛЬНОЙ ЧАСТИ
ПОВРЕЖДЕННОГО УЧАСТКА И СМЕЖНОМ СЕГМЕНТЕ СПИННОГО МОЗГА**

Галина Дмитриевна Сафонова

ФГУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад.
Г.А. Илизарова Росмедтехнологий», 640014, г. Курган, ул. М.Ульяновой, 6, e-mail: galdm@mail.ru

Реферат. Представлена количественная оценка выраженности деструктивного процесса в спинном мозге после гемисекции. Выявлена корреляция между интенсивностью течения процесса деструкции нервной ткани, степенью ограничения подвижности поврежденного отдела позвоночника, а также полнотой и сроками восстановления утраченных функций.

Ключевые слова: позвоночник, спинной мозг, гемисекция, деструкция, морфометрия, остеосинтез.

АРКА МИЕНЕ• КАТНАШ БУЫНТЫГЫНДА • М
ЗЫЯН КУРГ• Н КРАНИАЛЬ ӨЛЕШЕНД•
ДЕСТРУКТИВ ПРОЦЕСС ДИНАМИКАСЫНА
УМЫРТКАЛЫК БАГАНАСЫ Х• Р• К• ТЧ• НЛЕГЕН
ЧИКЛ• У ШАРТЛАРЫНЫ• ЙОГЫНТЫСЫ

Галина Дмитриевна Сафонова

Россия медицина технологиял•рне• академик
Г.А. Илизаров исеменд•ге “Я• адан торгызылган
травматология һ•м ортопедия” Россия гыйльми үзг•те”
640014, Курган ш•һ•ре, Мария Ульянова урамы,
6 нчы йорт, e-mail: galdm@mail.ru

Гемисекцияд•н со• арка миенд• деструктив процессы чагылышыны• саннардагы б•ял•м•се т•кьдим ителг•н. Умырткалык баганасындагы имг•нг•н бүлекне• х•р•к•тчелеген чикл•ү д•р•••се бел•н нерв тукымасы деструкциял•нү процессы агышы интенсивлыгы, шулай ук югалган функциял•рне кабаттан торгызылу сроклары бел•н аны• тулысынча аякка басуы арасындагы корреляция күрс•телг•н.

Төп төшенч•л•р: умырткалык баганасы, арка мие, гемисекция, деструкция, морфометрия, остеосинтез.

THE EFFECT OF THE CONDITIONS OF SPINE MOBILITY
LIMITATION ON THE DYNAMICS OF DESTRUCTIVE
PROCESS IN THE CRANIAL SPINAL CORD INVOLVED
AND IN ITS ADJACENT SEGMENT

Galina Dmitriyevna Safonova

Federal State Institution Russian Ilizarov Scientific Center for
Restorative Traumatology and Orthopaedics, Federal Agency
for High-Technology Medical Assistance
M. Ulianova Street, 6. Kurgan 640014, Russia,
e-mail: galdm@mail.ru

The quantitative evaluation of destructive process manifestation degree in spinal cord after the hemisection performed is presented in this work. The relationship of the intensity of nervous tissue destruction process has been revealed to the mobility degree of the spine part involved, as well as to the completeness and periods of lost function recovery.

Keywords: spine, spinal cord, hemisection, destruction, morphometry, osteosynthesis.

В спинном мозге после повреждения закономерно протекают процессы, приводящие большей частью к глубокой инвалидности. К настоящему времени выявлены многие патогенетические аспекты, обозначены условия для успешной регенерации, пути коррекции, в том числе определено положительное значение стабилизирующих операций [3, 5, 11]. Разрушение ламинотомией заднего опорного комплекса позвоночного столба приводит к нарушению его стабильности, увеличению кифотической деформации, натяжению зубчатых связок и разобщению анатомических структур спинного мозга, особенно по дорсальной поверхности [12]. После гемисекции спинного мозга в поясничном отделе вследствие расхождения краев при нестабильности позвоночника происходит формирование диастаза треугольной формы, который в течение короткого промежутка времени (двух недель) заполняется глиосоединительнотканым рубцом. Позднее происходит увеличение его размеров за счет распада прилежащих участков мозга [6]. Суммарная площадь деструктированных участков, расположенных краниально, вблизи рубца достигает 60% в сером и 35% в белом веществе. При подобной значительной потере нервной ткани утраченные функции обычно не восстанавливаются [7].

Условия нестабильности ведут к нарушению спинального кровообращения и образованию вторичных геморрагических некрозов. Нейроморфологическим проявлением подвижности поврежденного отдела позвоночника является формирование интраспинальных полостей эллипсоидной или неправильной, вытянутой вдоль центрального канала спинного мозга формы, а также их более крупные, чем при ограничении подвижности позвоночника, размеры [1].

Цель исследования — изучить влияние условий ограничения подвижности позвоночника на течение деструктивного процесса в краниальной части поврежденного участка и смежном сегменте спинного мозга.

В эксперименте, выполненном заслуженным изобретателем РФ, канд. мед. наук А.М. Мархашовым и канд. техн. наук Ю.А. Муштаевой, на 18 взрослых беспородных собаках моделировали сочетанное повреждение задних опорных структур поясничного отдела позвоночного столба (частичная ламинотомия слева L_4) и половинное поперечное рассечение спинного мозга.

В 1-й серии ($n=9$) применяли аппарат Илизарова спице-стержневого типа с фиксацией преимущественно за остистые отростки и тела 1-2 поясничных позвонков, что давало возможность ограничения подвижности позвоночника в течение 2-4 недель. Во 2-й серии ($n=9$) использовали аппарат внешней фиксации стержневого типа с креплением преимущественно за тела 3-4 смежных позвонков поясничного отдела позвоночника, что обеспечивало прочную фиксацию на протяжении 2—3 месяцев [8]. Содержание животных и эвтаназию (предельные дозы тиопентала натрия) осуществляли в соответствии с требованиями приказа № 755 МЗ СССР (1977 г.). Сроки эксперимента — 14 суток, 1 и 2—3 месяца.

Спинной мозг фиксировали в 12% растворе нейтрального формалина. Изготавливали продольные парафиновые срезы, содержащие поврежденный и прилежащую часть краниального и каудального сегментов, а также поперечные — из оставшихся фрагментов смежных сегментов. Продольные срезы, выполненные во фронтальной плоскости, получали на нескольких уровнях с целью исследования дорсальной и вентральной поверхностей, а также промежуточной зоны [8]. Гистологические препараты толщиной 8 мкм окрашивали по Нисслю, Массону, Ван-Гизону, Эросу—Нисслю—Бочерикову, гематоксилин-эозином, толщиной 12 мкм импрегнировали азотно-кислым серебром по Рассказовой.

Количественно оценивали выраженность деструктивного процесса с использованием универсального микроскопа «Opton» (Германия) и АПК «ДиаМорф» (Россия). Для этого определяли суммарную площадь профилей интраспинальных микрополостей, сформированных в результате деструкции нервной ткани. Измерения проводили в пяти участках квадратной формы, расположенных краниально от зоны повреждения:

1 и 2 — вблизи зоны повреждения, 3 и 4 — верхняя треть поврежденного сегмента, 5 — смежный сегмент. При этом в латеральном канатике располагались нечетные, в промежуточной зоне — четные номера участков. Площадь каждого из квадратов при инструментальном увеличении в 63 составляла 256 976,7 мкм².

Статистическую обработку производили методами вариационной статистики, достоверность различий определяли с использованием критерия Стьюдента.

В краниально расположенных от линии рассечения участках спинного мозга животных обеих серий наблюдались различной выраженности изменения деструктивного характера. Независимо от серии эксперимента прослеживались гибель нейроцитов и изменения плотности серого и белого вещества на некотором расстоянии от зоны повреждения. При этом в участках распада нервных волокон образовывались микрополости, величина и количество которых уменьшались по мере отдаления, как и количество нейроцитов, имеющих необратимые изменения.

Независимо от серии эксперимента в белом веществе превалировал распад продольно ориентированных проводников вследствие их рассечения при гемисекции. Максимальные преобразования прослеживались вблизи зоны повреждения и в левом дорсальном канатике. В последнем данные изменения определялись как в конце поврежденного, так и в смежном сегменте, что обусловлено массовой уоллеровской дегенерацией рассеченных отростков чувствительных нейроцитов, расположенных в спинномозговых ганглиях.

Преобразования латерального и переднего канатика были более умеренны, что связано с деструкцией проксимальных участков рассеченных отростков нейроцитов, в том числе аксонов мотонейронов двигательных ядер поясничного утолщения. При этом прослеживались различные преобразования в перикарионах — от клеток-теней до гиперхромии отдельных нейроцитов, которые зависели от отдаленности участка рассечения отростков. Большинство нервных клеток имели смещение ядерно-ядрышкового аппарата, различную степень гипохромии. В то же время определялась достаточная сохранность меж- и внутри-сегментарных связей, а также интернейронов вне зоны повреждения. Суммарная площадь профилей микрополостей в изученные сроки эксперимента

в промежуточной зоне спинного мозга животных 1-й серии в исследованных участках варьировала от 15 до 20%, во 2-й серии данный показатель не превышал 4% (рис. 1 А, Б).

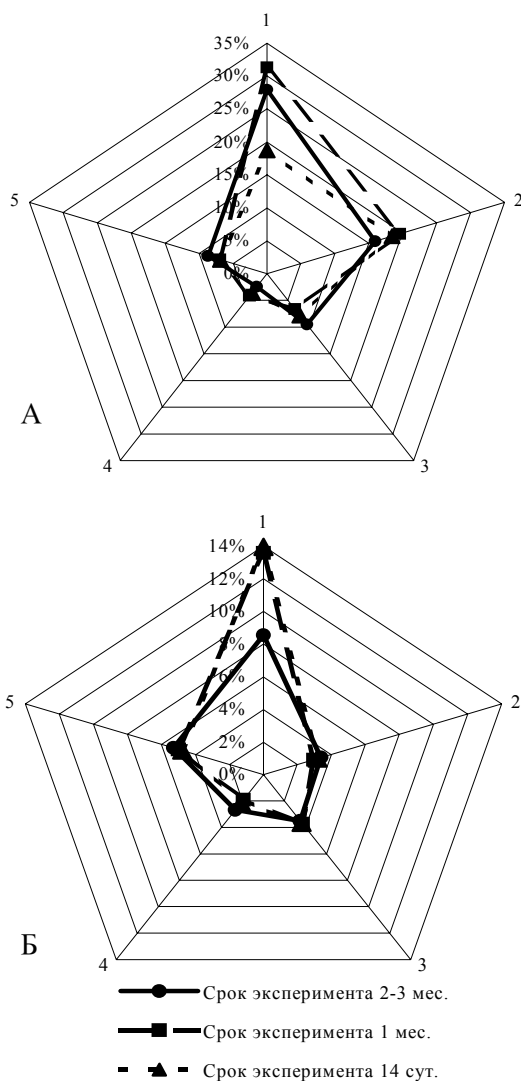


Рис 1. Динамика деструктивных изменений в краниальном отделе поврежденного сегмента спинного мозга животных в условиях ограничения подвижности позвоночника (А) и в сочетании с изменением формы в функционально выгодном положении (Б): 1, 3, 5 — боковой канатик; 2, 4 — промежуточная зона.

Интенсивность деструктивного процесса в целом была выше в проводящих путях спинного мозга у животных 1-й серии: формирование микрополостей прослеживалось в пределах поврежденного сегмента на более значительном протяжении от линии рассечения. Как показали количественные исследования, в левом латеральном канатике нарастание изменений

деструктивного характера наблюдалось преимущественно в течение первого месяца вблизи зоны повреждения, при этом суммарная площадь профилей микрополостей в 1-й серии достигала 32% от площади исследованного участка (№ 1), во 2-й серии — 14%. В участках №№ 3 и 5 увеличения обозначенных изменений после двух недель эксперимента во 2-й серии не выявлено, однако в 1-й серии на протяжении всего эксперимента определялось умеренное нарастание (рис. 1 А, Б).

Вблизи зоны повреждения спинного мозга стенки большинства сосудов были изменены. Это сочеталось, как правило, в срок эксперимента до одного месяца у животных 1-й серии с инфильтрацией клеточными элементами, наличием микродиapedезных кровоизлияний. Данные преобразования особенно характерны для дорсальных рогов и канатиков на стороне повреждения. Во 2-й серии большинство интраспинальных сосудов имели умеренные изменения стенок, микродиapedезные кровоизлияния были единичными. Наблюдались проявления регенераторного процесса: частичное заполнение диастаза и прилежащих участков нервной тканью, в первую очередь глиальными элементами, затем частично регенерирующими нервными волокнами.

Повреждение спинного мозга запускает пролонгированный, динамично нарастающий процесс деструкции нервной ткани с образованием микрополостей, наиболее интенсивный в прилежащих к зоне травмирования участках белого и серого вещества. Известно, что деструкция в поверхностно расположенных структурах поврежденного медуллярного сегмента, вблизи рассеченных оболочек, обусловлена воздействием ликвора на прилежащие травмированные участки [4]. Распад нервных волокон происходит также вследствие аутономии при чрезмерном натяжении спинного мозга в условиях кифотической деформации и подвижности (нестабильности) позвоночника [1, 12]. При ограничении последней деструктивные изменения нервных структур менее выражены, особенно при создании функционально выгодного положения позвоночника с возможностью сближения рассеченных краев мозга. В этих условиях формирования массивного рубца не происходит вследствие уменьшения диастаза первоначально и ограничения деструктивных процессов по периферии в последующем [6, 7, 10]. Увеличение

плотности структуры нервной ткани с течением времени эксперимента обусловлено заполнением исследованных участков, в том числе регенерирующими нервными волокнами при отсутствии выраженной аутономии.

Особенности строения интраспинальной сосудистой сети обуславливают при травматизации более значительные изменения в сером веществе [2]. Степень сохранности структур серого вещества и соответственно двигательных ядер поясничного отдела при ограничении подвижности позвоночника положительно сказываются на полноте и сроках восстановления утраченных функций подопытных животных. Наиболее полное и раннее использование задних конечностей отмечено у животных 2-й серии [6, 9].

Таким образом, нейрогистологические и количественные исследования выраженности деструктивного процесса после гемисекции спинного мозга свидетельствуют о различиях в степени его проявления и важности ограничения подвижности поврежденного отдела позвоночника в раннем посттравматическом периоде. При этом применение внешней управляемой фиксации с возможностью ограничения подвижности нескольких смежных с поврежденным позвонков и создания функционально выгодного положения позвоночника более предпочтительно с позиций обеспечения условий для максимальной сохранности нервной ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Брехов А.Н.* Морфологическое и биомеханическое состояние поврежденного сегмента спинного мозга в условиях его стабилизации: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. — Крымский мед институт. — Симферополь, 1986. — 22 с.
2. *Герман, Д.Г.* Нарушения спинномозгового кровообращения / Д.Г. Герман, А.А. Скоромец. — Кишинев: Штинница, 1981. — 164 с.
3. *Гришенкова, Л.Н.* Травма спинного мозга: современные представления о механизмах повреждения, регенерации и путях их коррекции / Л.Н. Гришенкова, Ф.В. Олешкевич, Л.Н. Семейко, О.И. Дулуб // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. — 1997. — № 2. — С. 37—44.

4. *Зяблов, В.И.* 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 // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. — 1994. — № 1. — С. 30—34.

5. *Корж, А.А.* Возможность восстановления функций после полного перерыва спинного мозга и пути достижения этой цели (Обзор проблемы. Ч. 1-2) / А.А. Корж, В.И. Зяблов, В.А. Филиппенко // Ортопед., травматол. — 1987. — № 2-3. — С. 65—70, 70—74.

6. *Мархашов, А.М.* Изменения в зоне повреждения спинного мозга при нестабильно-деформированном состоянии позвоночника и в условиях его фиксации аппаратом Илизарова / А.М. Мархашов, Г.Д. Сафонова, Ю.А. Муштаева // Гений ортопедии. — 1999. — № 2. — С. 57—60.

7. *Сафонова Г.Д.* Динамика посттравматических преобразований в краниальном отделе поясничного сегмента спинного мозга при нестабильности позвоночника // Морфология. — 2004. — № 2 — С. 38—42.

8. *Хромов, Б.М.* Анатомия собаки / Б.М. Хромов, Н.С. Короткевич, А.Ф. Павлова и др. — Л.: Наука, 1972. — 232 с.

9. *Шевцов В.И., Мархашов А.М., Муштаева Ю.А.* Способ восстановления целостности спинного мозга в эксперименте // Патент 2136242 РФ, МКИ⁶ А 61 В 17/56, G 09 В 23/38 / - № 96109486; Заявл. 22.05.96; Опубл. 10.09.99. Бюлл. № 25.

10. *Шевцов, В.И.* Влияние условий ограничения подвижности поврежденного отдела позвоночника аппаратом Илизарова на течение деструктивного и репаративного процессов в зоне повреждения спинного мозга / В.И. Шевцов, Г.Д. Сафонова, Ю.А. Муштаева // Сочетанная черепно-мозговая травма: материалы науч.-практ. конф. — Омск, 2005. — С. 164—168.

11. *Ярыгин, В.Н.* Регенерация спинного мозга крыс после торакальной сегментэктомии: восстановление анатомической целостности спинного мозга / В.Н. Ярыгин, В.В. Банин, К.Н. Ярыгин // Морфология. — 2005. — № 2. — С.39—43.

12. *Breig, A.* Healing of the spinal cord by biomechanical relaxation and surgical immobilization / A. Breig, M. Renard, S. Stefanko, C. Renard // Anat. clin. — 1982. — Vol. 4, № 3. — P. 167—181.

Поступила 05.04.07.

