

УДК [611.73:612.13:612.55:612.83-001]-092.9

DOI 10.18286/1816-4501-2021-3-164-169

**ГЕМОДИНАМИКА В ТАЗОВЫХ КОНЕЧНОСТЯХ ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОСПАЕЧНОГО ГИАЛУРОНСОДЕРЖАЩЕГО ГЕЛЯ**

**Кубрак Надежда Владимировна**, младший научный сотрудник;  
**Кононович Наталья Андреевна**, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник;  
ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России  
640014, Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6  
e-mail: kubrak2@mail.ru

*Ключевые слова:* Спинальный мозг, травма, противовоспалительные вещества, тазовые конечности, гемодинамика, терморегуляция, частота сердечных сокращений.

Снизить степень системных осложнений, возникающих в ответ на травму спинного мозга, возможно путем своевременного оказания лечебной помощи. Известно положительное терапевтическое влияние интратекального введения гиалуронсодержащих гелей при таких повреждениях. В свою очередь эти препараты могут использоваться в качестве средств-носителей других лекарственных веществ. Цель исследования: изучить гемодинамику в тазовых конечностях при травматическом повреждении спинного мозга в условиях применения противовоспалительного геля, содержащего На-карбоксиметилцеллюлозу. Крысам моделировали травму спинного мозга на уровне грудного отдела позвоночника и в область повреждения вводили гиалуронсодержащий противовоспалительный рассасывающийся гель. Изучали гемодинамику и температурную реакцию тканей тазовых конечностей. Оценивали динамику сердечного ритма и общую температуру тела. Количественные данные сравнивали с физиологической нормой. За животными наблюдали в течение 90 суток. Не отмечали нарушения сердечного ритма. На протяжении опыта регистрировали гипертермию центрального генеза, что характеризовалось увеличением общей температуры тела максимально до  $37,11 \pm 0,6$  °C ( $p=0,004$ ) и локальной температуры - до  $34,48 \pm 2,24$  °C ( $p=0,002$ ). Наблюдали явление вазодилатации артерий, сильнее выраженные через 60 суток опыта. В последующем вязко-упругие свойства сосудов улучшались. Затруднения венозного оттока в созданных условиях не отмечали. По данным литературы при моделировании травмы спинного мозга и без использования противовоспалительных гиалуронсодержащих препаратов сосудистые нарушения более выражены. Использование гиалуронсодержащего противовоспалительного геля при травматическом повреждении спинного мозга позволяет снизить интенсивность формирующихся патологических состояний.

**Работа выполнена в соответствии с планом научных исследований в рамках программы НИР Государственного задания на 2018-2020 гг: «Оптимизация условий восстановительных и адаптационно-компенсаторных процессов при оперативных вмешательствах на позвоночнике и в остром периоде травматической болезни спинного мозга (ТБСМ)».**

**Введение**

В настоящее время поиск эффективных хирургических и терапевтических подходов для лечения патологических состояний позвоночника и спинного мозга сохраняет высокую степень актуальности как в клинической медицине, так и в ветеринарии [1-5].

Как правило, травматические повреждения спинного мозга влекут за собой системные

осложнения различной степени выраженности. Уменьшить степень развития патологических процессов после подобного рода травм возможно путем проведения необходимых лечебных мероприятий в ранний посттравматический период. Основной задачей терапии является предотвращение тканевой гипоксии, ускорение окислительно-восстановительных процессов, замедление образования и обеспечение рассасывания

сывания спаек в оболочках спинного мозга.

Пути и средства доставки лекарственных веществ в зону повреждения могут быть различны. К одному из таких способов относится эндолюмбальное **Введение** (непосредственно в ликворную систему). Эта методика хорошо зарекомендовала себя при обеспечении профилактики и лечения спаечно-рубцовых и инфекционных процессов в канале спинного мозга, а также поддержании метаболического обмена в тканях [6].

Местное **Введение** лекарственных препаратов может предполагать дополнительное использование средств-носителей, обладающих высокими ингибирующими свойствами [7]. В этом плане поиск новых препаратов либо их подбор из уже известных, разрешенных к применению, подразумевает выполнение соответствующих доклинических испытаний на лабораторных животных с использованием, релевантных клиническим состояниям, экспериментальных моделей. Такой подход позволит определить безопасность тестируемых веществ для дальнейшего их применения в качестве носителей.

Известно, что одним из следствий нарушенной иннервации, возникшей в результате повреждения спинного мозга, являются гемодинамические расстройства в тканях и органах, расположенных ниже уровня травмы [8].

Соответственно при экспериментальном моделировании различных патологических состояний позвоночника и спинного мозга, а также доклинических испытаниях способов их коррекции оценка кровообращения в тканях может являться ценным критерием эффективности разрабатываемых хирургических техник и терапевтических подходов [9].

Результаты таких исследований представляют как научный, так и практический интерес для профильных специалистов.

Цель настоящего исследования: изучить гемодинамику в тазовых конечностях при травматическом повреждении спинного мозга в условиях применения противоспаечного гиалуронсодержащего геля.

#### **Материалы и методы исследований**

Выполнены эксперименты на 20 самках крыс линии Wistar в возрасте от 8 до 10 месяцев, с массой тела 270-320 г. Животные содержались в индивидуальных клетках (по одной особи в каждой клетке). Рацион включал стандартные корма и чистую питьевую воду без ограничений.

Во всех случаях в условиях операционной

нарколизированным животным моделировали контузионную травму спинного мозга средней степени тяжести. Для этого после продольного разреза мягких тканей выполняли ламинэктомию на уровне Th<sub>ix</sub>. Осуществляли жесткую фиксацию позвоночника за остистые отростки позвонков Th<sub>viii</sub> и Th<sub>x</sub>. Травму спинного мозга проводили цилиндрическим грузом (диаметр 1,8 мм, масса 10 г), свободно падающим с высоты 25 мм, с использованием оригинального ударного устройства (дата регистрации заявки 10.03.2021, входящий № W21013374, регистрационный № 2021106172). Затем на твердую мозговую оболочку наносили 0,2 мл гиалуронсодержащего противоспаечного рассасывающегося геля «Антиадгезин» (зарегистрирован на территории РФ как медицинское изделие № гос. регистрации РЗН 2015/2449). На мягкие ткани накладывали узловыи швы.

Для достижения цели у животных перед оперативным вмешательством, а также через 15, 30, 60 и 90 суток эксперимента изучали особенности кровообращения на симметричных участках дистальных сегментов тазовых конечностей и температурную реакцию тканей.

Дополнительно в эти же периоды регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) и общую температуру тела (T<sub>общ</sub>, °C). Показатель ЧСС определяли путем выполнения электрокардиографии (ЭКГ), функциональное состояние сосудов и температурную реакцию регистрировали с использованием реографа-полианализатора РГПА-6/12 «РЕАН-ПОЛИ» (НПКФ «МЕДИКОМ-МТД», Россия) и входящих в комплект принадлежностей. Электроды для снятия ЭКГ-потенциалов устанавливали во втором стандартном отведении. Температуру покровных тканей регистрировали непрерывно в течение трех минут с помощью контактного температурного датчика ДТ-3. Для оценки кровообращения в тканях применяли метод фотоплетизмографии (ФПГ). Исследование выполняли в течение 60 секунд датчиком ФПГ-2, который устанавливали с латеральной поверхности голени, в области брюшка передней большеберцовой мышцы. Вязкоупругие свойства артерий крупного, среднего и мелкого калибра оценивали по степени изменения максимальной скорости быстрого кровенаполнения (МСБКН, Ом/с) и средней скорости медленного кровенаполнения (ССМКН, Ом/с). Для изучения особенностей венозного оттока анализировали изменение индекса венозного оттока (ИВО, %). Общую температуру тела измеряли при помощи электронного тер-

мометра DT-622 в течение 1 минуты.

В качестве физиологической нормы использовали значения изучаемых показателей, полученных при обследовании 15 интактных животных аналогичного возраста и от экспериментальных животных, зарегистрированных перед оперативным вмешательством.

Полученные количественные данные подвергали статистической обработке с использованием программы AtteStat 13.1 (Россия). Для каждого анализируемого параметра определяли средние значения (M) и стандартное отклонение (SD). Достоверность различий оценивали с помощью критерия Вилкоксона. Различия показателей считали достоверными при  $p < 0,05$ .

Все экспериментальные исследования и манипуляции выполнялись в соответствии с требованиями «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей» (Страсбург, 1986) и Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, а также были одобрены Комитетом по этике ФГБУ «НМИЦ ТО им. академика Г.А. Илизарова» (протокол № 2 (57) от 17.05.2018). Содержание и уход за животными осуществляли в соответствии с ГОСТ 33216-2014.

### Результаты исследований

При оценке изучаемых показателей перед началом эксперимента, характеризующих локальную температурную реакцию и функциональное состояние сосудов тазовых конечностей, не выявили достоверных отличий между симметричными участками на правой и левой половине тела. Общие средние значения составили:  $t_{лев}$  и  $t_{пр}$  -  $28,38 \pm 1,58$  °C; МСБКН -  $1,58 \pm 0,33$  Ом/с, ССМКН -  $0,89 \pm 0,43$  Ом/с, ИВО -  $57,57 \pm 19,14$  %, ЧСС -  $284,58 \pm 1,32$  уд/мин;  $T_{общ}$  -  $33,36 \pm 0,73$  °C.

Через 15 суток эксперимента у всех животных регистрировали достоверное повышение общей температуры тела до  $35,84 \pm 0,29$  °C ( $p = 0,004$ ). При этом на конечностях термальные значения были напротив достоверно снижены по отношению к дооперационному уровню и составляли:  $t_{лев}$  -  $21,60 \pm 2,38$  °C ( $p = 0,019$ ),  $t_{пр}$  -  $22,39 \pm 1,98$  °C ( $p = 0,028$ ). Между собой значимых отличий не имели ( $p = 0,6$ ). Изменений МСБКН в данный период не происходило. Этот показатель составлял слева  $1,24 \pm 0,45$  Ом/с (с нормой  $p = 0,58$ ), справа  $-1,25 \pm 0,52$  Ом/с (с нормой  $p = 0,67$ ). К этому сроку значения ССМКН также достоверно от нормы не отличались и составляли слева  $0,44 \pm 0,19$  Ом/с ( $p = 0,07$ ), справа

-  $0,58 \pm 0,43$  Ом/с ( $p = 0,3$ ), (между собой  $p = 1,00$ ). ИВО на обоих конечностях не изменялся ( $p = 0,3$ ), его значения составили слева  $48,57 \pm 15,28$  %, справа -  $49 \pm 13,08$  %.

Через 30 суток эксперимента  $T_{общ}$  сохранялась повышенной ( $36,00 \pm 1,29$  °C). Во всех случаях локальная температура тела на конечностях была равномерно достоверно увеличена в сравнении с дооперационным уровнем ( $p = 0,002$ ) и предыдущим сроком ( $p = 0,006$ ) и составляла:  $t_{лев}$  -  $34,18 \pm 2,37$  °C,  $t_{пр}$  -  $34,48 \pm 2,24$  °C (между собой  $p = 0,74$ ). Параметр МСБКН по отношению к норме и предыдущему этапу обследования достоверных отличий не имел и составлял слева  $1,25 \pm 0,52$  Ом/с, справа МСБКН  $1,32 \pm 0,59$  Ом/с. Значения ССМКН варьировали в диапазоне нормы (слева  $0,53 \pm 0,38$  Ом/с, справа -  $0,46 \pm 0,17$  Ом/с), между собой и предыдущим периодом обследования различий не имел ( $p = 0,23$ ). Показатель ИВО варьировал в диапазоне нормальных значений, которые составляли слева  $49,6 \pm 19,86$  %, справа -  $60,0 \pm 11,04$  %.

К 60 суткам опыта состояние гипертермии сохранялось у всех животных.  $T_{общ}$  была в среднем  $35,84 \pm 1,26$  °C. Температура тканей на голених заметно уменьшалась в сравнении с предыдущим этапом ( $p = 0,01$ ), однако достоверно ( $p = 0,001$ ) превышала дооперационные значения на 5 °C и составляла:  $t_{лев}$  -  $30,61 \pm 1,12$  °C,  $t_{пр}$  -  $30,00 \pm 1,03$  °C (между собой  $p = 0,44$ ). В этот период как на правой, так и на левой конечности регистрировали первые достоверные изменения МСБКН в сторону уменьшения по отношению к норме и предыдущему этапу (слева  $p = 0,01/p = 0,03$ ; справа  $p = 0,03/p = 0,02$ ). Значения этого параметра составляли слева  $0,75 \pm 0,29$  Ом/с, справа -  $0,42 \pm 0,5$  Ом/с (между собой  $p = 0,25$ ). Параметр ССМКН на левой конечности был достоверно меньше нормы ( $0,17 \pm 0,16$  Ом/с,  $p = 0,008$ ), вместе с тем в сравнении с предыдущим этапом статистически значимой разницы не выявили ( $p = 0,12$ ). Справа ССМКН также уменьшался ( $0,33 \pm 0,66$  Ом/с) по отношению к норме ( $p = 0,1$ ) и предыдущему сроку ( $p = 0,11$ ), но этот эффект был менее выражен. Между левой и правой конечностью достоверных различий не выявили. ИВО по отношению к дооперационным значениям не изменялся как слева ( $54,8 \pm 26,72$  %,  $p = 0,7$ ) так и справа ( $64,83 \pm 10,02$  %,  $p = 0,4$ ).

Через 90 суток состояние гипертермии еще больше усугублялось. В этот период были отмечены максимальные значения  $T_{общ}$  ( $37,11 \pm 0,6$ ). Они достоверно отличались от дооперационных

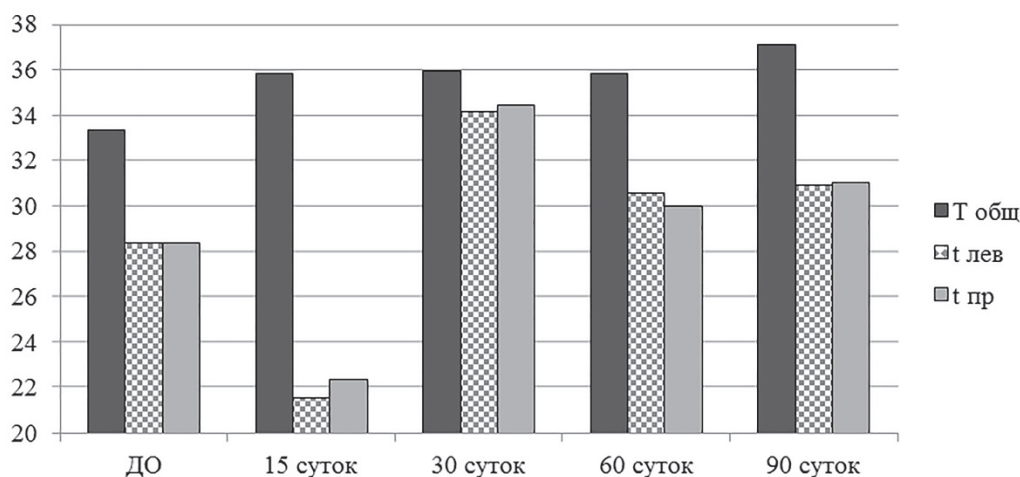


Рис. Динамика температурной реакции (°C)

( $p=0,004$ ), превышали предыдущие более чем на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , однако с последними достоверной разницы не имели ( $p=0,06$ ). Локально на конечностях температура сохранялась на достигнутом уровне ( $t_{\text{лев}} - 30,95 \pm 1,81\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{пр}} - 31,08 \pm 1,34\text{ }^{\circ}\text{C}$  (между собой  $p=0,47$ ). К этому сроку параметр МСБКН на обеих конечностях увеличивался до нормальных значений и составлял слева  $1,08 \pm 0,3\text{ Ом/с}$ , справа  $0,97 \pm 0,7\text{ Ом/с}$ . Показатель ССМКН слева повышался по отношению к предыдущему этапу ( $p=0,13$ ), но был достоверно ниже нормы ( $0,32 \pm 0,07\text{ Ом/с}$ ;  $p=0,006$ ). Справа – также незначительно увеличивался в среднем до  $0,42 \pm 0,29\text{ Ом/с}$ . В сравнении с нормой ( $p=0,14$ ) и предыдущим этапом ( $p=0,27$ ) достоверной разницы не выявили. Параметр ИВО сохранялся без изменений по отношению к норме и составил слева  $47,57 \pm 32,91\%$ , справа –  $46,86 \pm 15,56\%$ .

Динамика температурной реакции в ходе эксперимента представлена на рис.

Определили, что в течение первого месяца после оперативного вмешательства показатель ЧСС варьировал в диапазоне нормальных значений. К 60 суткам опыта регистрировали достоверное усиление сердечного ритма, а к окончанию эксперимента происходила его нормализация (Табл.).

#### Обсуждение

Известно, что повреждения позвоночника и спинного мозга сопровождаются высоким процентом летальности. Уменьшение степени негативных последствий напрямую связано с качеством своевременно оказанной лечебной помощи в остром посттравматическом периоде. Для этого, помимо хирургических вмешательств, применяют фармакологические пре-

Таблица.

Динамика ЧСС (М±s).

Параметры	Этапы эксперимента				
	НОРМА	15 суток	30 суток	60 суток	90 суток
ЧСС (уд/мин)	284,28 ±57,42	282,43 ±29,73	291,5 ±59,84	317,64 ±33,68	275,66 ±41,95
Достоверность различий с нормой (p=)		0,79	0,88	0,02	0,61

параты общего и местного действия. Локально, как правило, используют противовоспалительные и кровоостанавливающие вещества, а также препараты, способствующие уменьшению отека спинного мозга, улучшающие кровообращение, метаболизм в тканях и неврологический статус (лидаза, контрикал, смеси ноотропных препаратов и озона, и др.) [6].

В выполненном исследовании изучили кровотоки в тазовых конечностях у лабораторных крыс линии Wistar, которым после моделирования травмы спинного мозга, в зону повреждения вводили противовоспалительный рассасывающийся гель «Антиадгизин» на основе Na-карбоксиметилцеллюлозы, содержащий высокоочищенную натриевую соль гиалуроновой кислоты.

При выборе противовоспалительного препарата опирались на сведения о положительном терапевтическом влиянии интратекально введенных гиалуронсодержащих гелей при спинномозговой травме [10].

Анализ полученных данных показал, что в условиях применения гидрогеля после травмы спинного мозга у лабораторных крыс линии



Wistar происходило нарушение процессов терморегуляции, что характеризовалось резким повышением общей температуры тела на ранних сроках эксперимента (15 суток). Это состояние сохранялось до окончания опыта. В некоторых работах также отмечаются гипертермические состояния у пациентов с повреждениями центральной нервной системы [2, 11].

В проведенных экспериментах патологического нарушения сердечного ритма не происходило. Ниже уровня травмы спинного мозга в течение первых 30 суток после оперативного вмешательства вязкоупругие свойства артерий крупного, среднего и мелкого калибра не изменялись.

Некоторые авторы после экспериментального моделирования травмы спинного мозга, в том числе и с полной его перерезкой, но без использования противоспаечных препаратов отмечали вазодилатацию артерий в тканях расположенных ниже участка повреждения. Изменения определялись уже через 7 суток после повреждения и в последующем усугублялись. Это в свою очередь способствовало формированию застойных явлений. К 60-90 суткам гемодинамика в тканях улучшалась, но расширение посткапиллярных сосудов сохранялось [12, 13].

В выполненных исследованиях заметное уменьшение тонуса сосудов артериального русла регистрировали к 60 суткам опыта, соответственно кровенаполнение в тканях уменьшалось, что было сильнее выражено на левой тазовой конечности. Через 90 суток функциональное состояние артерий крупного калибра нормализовалось. Свойства сосудов среднего и мелкого калибра заметно улучшались, но на левой конечности их тонус был еще умеренно понижен. В покровных тканях конечностей на протяжении эксперимента нами не было зарегистрировано затруднения венозного оттока. Наблюдаемое практически на всех этапах значительное увеличение локальной температуры покровных тканей конечностей вероятнее всего было следствием нарушения процессов терморегуляции в целом. Локально не наблюдали выраженной асимметрии термальных показателей.

#### **Заключение**

Результаты выполненных исследований дополняют и подтверждают уже имеющиеся сведения об особенностях гемодинамики и температурной реакции в тканях ниже уровня травмы спинного мозга. При этом локальное использование противоспаечных препаратов на основе Na-карбоксиметилцеллюлозы, содержа-

щих соль гиалуроновой кислоты может уменьшить степень микроциркуляторных расстройств и предотвратить либо снизить степень формирующихся застойных явлений в тканях.

#### **Библиографический список**

1. Бывальцев, В. А. Симультанные хирургические вмешательства в спинальной нейрохирургии: систематический обзор / В. А. Бывальцев, А. А. Калинин, С. О. Рябых, А. В. Бурцев, В. В. Шепелев, С. В. Очкал, Р. А. Польшкин, М. Ю. Бирючков // *Гений ортопедии*. – 2020. – Т. 26. – №. 2.
2. Гринь, А. А., Кайков А. К., Крылов В. В. Профилактика и лечение осложнений у больных с позвоночно-спинномозговой травмой (часть 1) / А. А. Гринь, А. К. Кайков, В. В. Крылов // *Нейрохирургия*. – 2014. – №. 4. – С. 75-86.
3. Климов, В. С. Влияние реконструкции сагиттального баланса на результаты лечения пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным спондилолистезом низкой степени градации: анализ моноцентровой четырехлетней когорты / В. С. Климов, И. И. Василенко, С. О. Рябых, Е. В. Амелина, А. В. Булатов, А. В. Евсюков // *Гений ортопедии*. – 2020. – Т. 26. – №. 4. – С. 275-281.
4. Козлов, Н. А. Современная концепция лечения компрессионных повреждений спинного мозга у собак. Часть 2. Клинический раздел / Н. А. Козлов // *Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные*. – 2014. – №. 2. – С. 24-27.
5. Сотников, В. В. Лечение острых травм спинного мозга, переломов и вывихов / В. В. Сотников // *Ветеринарный Петербург*. – 2014. – №. 3. – С. 2-4.
6. Юлдашев, Ш. С. Эндолюмбальная ноотропно-озоновая терапия в комплексном лечении больных с осложненной травмой позвоночника в остром периоде / Ш. С. Юлдашев, А. Р. Саттаров // *Ортопедия, травматология и протезирование*. – 2010. – №. 4. – С. 38-41.
7. Altomare, L. Biopolymer-based strategies in the design of smart medical devices and artificial organs / L. Altomare, L. Bonetti, C. E. Campiglio, L. De Nardo, L. Draghi, F. Tana, S. Farè // *The International journal of artificial organs*. – 2018. – Т. 41. – №. 6. – С. 337-359.
8. Парай, А. Е. Пластические операции при пролежнях различной локализации у спинальных больных / А. Е. Парай, А. Г. Бутырский, В. Н. Старосек // *Вестник неотложной и восстановительной хирургии*. – 2016. – Т. 2. – №. 1. – С. 47-53.
9. Кобызов, А. Е. Особенности кровообра-

щения в мышцах спины при сколиотической деформации поясничного отдела позвоночника и в условиях ее коррекции / А. Е. Кобызев, Н. А. Кононович, В. В. Краснов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2014. – Т. 157. – №. 6. – С. 778-781.

10. Kang, C. E. A new paradigm for local and sustained release of therapeutic molecules to the injured spinal cord for neuroprotection and tissue repair / C. E. Kang, P. C. Poon, C. H. Tator, M. S. Shoichet // Tissue Engineering Part A. – 2009. – Т. 15. – №. 3. – С. 595-604.

11. Токмаков, К. А. Гипертермия у пациентов с повреждением центральной нервной системы / К. А. Токмаков, С. М. Горбачева, В. В. Унжаков, В. И. Горбачев // Политравма. – 2017. – №. 2. – С. 70-84.

12. Новосельская, Н. А. Морфо-функциональная перестройка сосудистого русла нижних конечностей крыс после перерезки спинного мозга / Н. А. Новосельская, Н. В. Кирсанова, В. Н. Куница, Т. Л. Свербилова, О. Я. Яровая // Научное обозрение. Международный научно-практический журнал. – 2018. – №. 3. – С. 14.

13. Шелепа, Е. Д. Морфофункциональная характеристика нервных элементов и гемомикроциркуляторного русла узлов симпатического ствола собак в ранние сроки после экспериментального повреждения спинного мозга / Е. Д. Шелепа, Е. Ю. Шаповалова, Е. М. Мостюк // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2015. – Т. 5. – №. 1 (17) – С. 60-62.

## HEMODYNAMICS IN HIND LIMBS IN CASE OF SPINAL CORD INJURY UNDER CONDITIONS OF ANTI-ADHESIVE HYALURON-CONTAINING GEL APPLICATION

**Kubrak N.V., Kononovich N.A.**

**FSBI Ilizarov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of the Ministry of Health of Russia  
640014, Kurgan, M. Ulyanova st., 6  
e-mail: kubrak2@mail.ru**

*Key words: Spinal cord, injury, anti-adhesions, pelvic limbs, hemodynamics, thermoregulation, heart rate.*

*It is possible to reduce the degree of systemic complications arising in response to spinal cord injury by providing timely medical care. Positive therapeutic effect of intrathecal administration of hyaluron gels is known for such injuries. In turn, these medications can be used as carriers of other medical substances. The aim of the research is to study hemodynamics in hind limbs in case of traumatic spinal cord injury using an anti-adhesion gel which contains Na-carboxymethyl cellulose. Rats' spinal cord injury at the level of the thoracic section of the spine was simulated and a hyaluronic-containing anti-adhesion absorbable gel was injected into the injury area. Hemodynamics and temperature response of pelvic limb tissues were studied. Heart rate dynamics and general body temperature were assessed. The quantitative data were compared with the physiological norm. The animals were observed for 90 days. No heart rhythm disturbances were noted. During the experiment, hyperthermy of central genesis was recorded, which was characterized by an increase of the total body temperature to a maximum of  $37.11 \pm 0.6$  °C ( $p = 0.004$ ) and local temperature - up to  $34.48 \pm 2.24$  °C ( $p = 0.002$ ). The phenomena of vasodilatation of the arteries were observed, which were more pronounced after 60 days of the experiment. Further on, the visco-elastic properties of the vessels improved. Difficulties in venous outflow in the created conditions were not found. According to available literature data, when modeling a spinal cord injury without application of anti-adhesion hyaluronic medications, vascular disorders are more explicit. Conclusion. The application of a hyaluronic anti-adhesion gel for traumatic spinal cord injury can reduce the intensity of emerging pathological conditions.*

### *Bibliography:*

- 1. Simultaneous surgical interventions in spinal neurosurgery: a systematic review / V. A. Byvaltsev, A. A. Kalinin, S. O. Ryabykh, A. V. Burtsev, V. V. Shepelev, S. V. Ochkal, R. A. Polkin, M. Yu. Biryuchkov // The Genius of Orthopedics. - 2020. - V. 26, № 2. - P. 275-281.*
- 2. Grin, A.A. Prevention and treatment of complications of patients with spinal cord injury / A.A. Grin, A.K. Kaikov, V.V. Krylov // Neurosurgery. - 2014. - Part 1, № 4. - P. 75-86.*
- 3. Influence of reconstruction of sagittal balance on the results of treatment of elderly and senile patients with degenerative spondylolisthesis of low grade: analysis of a monocentric four-year cohort / V. S. Klimov, I. I. Vasilenko, S. O. Ryabykh, E. V. Amelina, A.V. Bulatov, A.V. Evsyukov // Genius of Orthopedics. - 2020. - V. 26, № 4. - P. 275-281.*
- 4. Kozlov, N.A. The modern concept of treatment of dogs' compression injuries of the spinal cord. Clinical section / N.A.Kozlov // Russian veterinary journal. Small domestic and wild animals. - 2014. - Part 2, № 2. - P. 24-27.*
- 5. Sotnikov, V.V. Treatment of acute spinal cord injuries, fractures and dislocations / V.V. Sotnikov // Veterinary Petersburg. - 2014. - № 3. - P. 2-4.*
- 6. Yuldashev, Sh. S. Endolumbar nootropic-ozone therapy in complex treatment of patients with complicated spinal trauma in the acute period / Sh. S. Yuldashev, A.R. Sattarov // Orthopedics, traumatology and prosthetics. - 2010. - № 4. - P. 38-41.*
- 7. Biopolymer-based strategies in the design of smart medical devices and artificial organs / L. Altomare, L. Bonetti, CE Campiglio, L. De Nardo, L. Draghi, F. Tana, S. Farè // The International journal of artificial organs. - 2018. - V. 41, № 6. - P. 337-359.*
- 8. Paray, A.E. Plastic surgery for various localization bedsores of spinal patients / A.E. Paray, A.G. Butyrskiy, V.N. Starosek // Vestnik of emergency and restorative surgery. - 2016. - V. 2, № 1. - P. 47-53.*
- 9. Kobzyev, A.E. Features of blood circulation in the back muscles in case of scoliotic deformity of the lumbar spine and in the conditions of its correction / A.E. Kobzyev, N.A. Kononovich, V.V. Krasnov // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. - 2014. - V. 157, № 6. - P. 778-781.*
- 10. A new paradigm for local and sustained release of therapeutic molecules to the injured spinal cord for neuroprotection and tissue repair / CE Kang, PC Poon, CH Tator, MS Shoichet // Tissue Engineering Part A. - 2009. - V. 15, № 3. - P. 595-604.*
- 11. Hyperthermy of patients with central nervous system damage / K. A. Tokmakov, S. M. Gorbacheva, V. V. Unzhakov, V.I. Gorbachev // Polytrauma. - 2017. - № 2. - P. 70-84.*
- 12. Morpha-functional restructuring of the vascular bed of rats' lower limbs after spinal cord transection / N. A. Novoselskaya, N. V. Kirsanova, V. N. Kunitsa, T. L. Sverbilova, O. Ya. Yarovaya // Scientific Review. International scientific and practical journal. - 2018. - № 3. - P. 14.*
- 13. Shelepa, E.D. Morphofunctional characteristics of nerve elements and hemomicrocirculatory bed of sympathetic trunk nodes of dogs at the early stages after experimental spinal cord injury / E.D. Shelepa, E. Yu. Shapovalova, E.M. Mostyuk // Crimean Journal of Experimental and clinical medicine. - 2015. - V. 5, № 1 (17). - P. 60-62.*