

Экспериментальное моделирование компрессионного анастомоза в двустольной энтеростоме с использованием устройства из никелида титана с памятью формы

© С.Д. ИВАНОВ¹, Г.В. СЛИЗОВСКИЙ¹, Я.В. ШИКУНОВА¹, С.В. ВТОРУШИН¹, Д.В. ВАСИЛЬЧЕНКО¹, В.Э. ГЮНТЕР², В.Н. ХОДОРЕНКО², С.Г. АНИКЕЕВ²

¹Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Российская Федерация

²НИИ медицинских материалов и имплантов с памятью формы Сибирского физико-технического института при Томском государственном университете, Томск, Российская Федерация

Обоснование. Энтеростомия остается актуальным методом этапного хирургического лечения заболеваний тонкой кишки у детей. Наиболее себя зарекомендовали Т-анастомоз с отводящей стомой по Bishop-Koop и двустольная энтеростомия с компрессионным анастомозом по Mikulicz. Недостатки последней возможно устранить используя клипсу из никелида титана с памятью формы.

Цель. Экспериментально изучить эффективность и преимущества использования клипсы из никелида титана при формировании компрессионного анастомоза в двустольной энтеростоме по Mikulicz (группа А), в сравнении с ручным Т-анастомозом по Bishop-Koop (группа В).

Материалы и методы. В качестве биологической модели использовались 24 крольчихи породы «Серебристый», возрастом 2,5-3 месяца, с массой 2790–3100 г, поделённые на две равные группы по типу стомы. Оценивался послеоперационный период, масса тела, осложнения, согласно классификации Clavien-Dindo. Аутопсия выполнялась на 10, 14, 21-е сутки с пневмопрессией и гистологическим исследованием. Статистически значимыми были приняты различия при $p\text{-value} < 0,05$.

Результаты. Длительность операции Mikulicz (группа А) была достоверно меньше, чем наложение Т-анастомоза Bishop-Koop (группа В) ($p=0,000$). Достоверные различия в изменении массы выявлены на 14, 21 сутки, с преобладанием в группе А ($p=0,029$). Среди осложнений встречались нагноение раны, эвентрация, перитонит, эвагинация, дерматит, несостоятельность анастомоза. Компрессионный анастомоз на 10-е сутки имел меньшее давление разгерметизации, однако к 21-м суткам оказался более прочным, чем ручной ($p=0,019$). К 14-м суткам в области ручного анастомоза сохранялись воспалительные изменения в слизистой оболочке, с фиброзом в мышечном слое и очагами хронического воспаления вокруг швов. К 21-м суткам фиброзные изменения распространялись во всех слоях со снижением эластичности анастомоза. В области компрессионного анастомоза пролиферация преобладала над воспалением, отмечалась регенерация всех слоёв.

Выводы. Формирование стомы по Mikulicz с наложением клипсы из никелида титана занимает меньше времени, чем Т-анастомоза по Bishop-Koop. Животные с двустольной стомой и компрессионным анастомозом имеют большую прибавку массы. При операции по Mikulicz чаще требуется местное лечение осложнений. Компрессионный анастомоз никелидтитановой клипсой в стоме прочнее ручного. При компрессионном анастомозе никелидтитановой клипсой происходит послойная регенерация от серозного слоя к слизистому, заживление происходит быстрее, с преобладанием процессов пролиферации, уменьшается риск стенозирования. Применение клипсы из никелида титана при хирургическом лечении детей с двустольными энтеростомами может быть рекомендовано для практического применения.

Ключевые слова: двустольная энтеростомия; Т-образный анастомоз; компрессионный анастомоз; никелид титана

Experimental Simulation of Compression Anastomosis in Double-Barreled Enterostomy Using a Titanium Nickelide Memory Shape Device

© S.D. IVANOV¹, G.V. SLIZOVSKIY¹, Y.V. SHIKUNOVA¹, S.V. VTORUSHIN¹, D.V. VASILCHENKO¹, V.E. GUNTHER², V.N. KHODORENKO², S.G. ANIKEEV²

¹Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation

²Research Institute of Medical Materials and Implants with Shape Memory of Siberian physical-technical institute TSU, Tomsk, Russian Federation

Introduction. Enterostomy remains a relevant option of staged treatment of small intestine diseases in children. T-anastomosis with stoma (Bishop-Koop) and double-barreled enterostomy with compression anastomosis (Mikulicz) are among the most widely accepted ones. Disadvantages of compression anastomosis can be eliminated by using a NiTi-clip with shape memory.

The aim of the study was to perform an experimental study to detect effectiveness and advantages of NiTi-clip application in formation of a compression anastomosis in a double-barreled enterostomy compared with manual T-anastomosis.

Methods. The study included 24 rabbits of the "Serebristyi" breed, aged 2.5-3 months, weighed 2790-3100 g; they were divided into two equal groups. Autopsy was performed in 10, 14, 21 days with pneumopression and histological examination. Differences were considered statistically significant at $p\text{-value} < 0.05$.

Results. The duration of the Mikulicz operation (group A) was significantly shorter than that of Bishop-Koop's (group B) ($p = 0.000$). Significant differences in weight were found in 14, 21 days, with a predominance in group A ($p = 0.029$). Complications included wound suppuration, eventration, peritonitis, evagination, dermatitis, and anastomotic leakage. In 10 days, compression

anastomosis had a lower anastomotic pressure, but in 21 days, it was more stable than in manual anastomosis ($p = 0.019$). In 14 days, inflammatory changes in the mucosa with fibrosis in the muscle layers and lesions were detected in the area of manual anastomosis, they were accompanied by inflammation around sutures. In 21 days, fibrotic changes spread in all layers. Proliferation prevailed over inflammation in the area of the compression anastomosis.

Conclusions. *Double-barreled stoma formation with NiTi-clip application took less time than T-anastomosis. Animals with a double-barreled stoma and compression anastomosis had a larger weight gain. Compression anastomosis with NiTi-clip in the stoma was stable than manual anastomosis. With compression anastomosis, layer-by-layer regeneration from serous to mucous membrane occurs, healing occurred faster; with a predominance of proliferation processes, the risk of stenosis decreased. The use of NiTi-clip in the surgical treatment of children with double-barreled enterostomy can be recommended for practical use.*

Keywords: *double-barreled enterostomy; T-shape anastomosis; compression anastomosis; titanium nickelide*

В настоящее время энтеростомия остаётся актуальным методом этапного хирургического лечения заболеваний тонкой кишки у новорождённых и детей раннего возраста. Несмотря на то, что существуют исследования, доказывающие преимущества первичного анастомозирования [1,2] или сочетания анастомоза со стомой [3,4], есть данные об относительной безопасности и преимуществах наложения стомы при ряде заболеваний кишечника, и даже у недоношенных детей [5].

Среди способов стомирования тонкой кишки у детей наиболее себя зарекомендовали отводящая концевая энтеростомия в сочетании с ручным Т-образным анастомозом по Bishop-Кооп и двуствольная энтеростомия по Mikulicz. Последняя включает отсроченное наложение раздавливающего зажима на межстомную шпору для создания компрессионного соединения между приводящей и отводящей кишкой. Первоначально данные операции выполнялись у новорождённых детей при различных заболеваниях кишечника, в частности при мекониальном илеусе, атрезии с большой разницей в диаметре приводящего и отводящего отделов, а также после резекции кишки при некротическом энтероколите [6].

Оба способа позволяют осуществлять декомпрессию, при этом имеют ряд отличий. В частности, операция Mikulicz открывает доступ к проксимальному и дистальному отделам кишечника, однако несёт в себе риски перфорации при наложении швов на продольно-ориентированные концы стом и при наложении раздавливающего зажима на изменённую кишечную стенку [7]. Формирование ручного анастомоза по Bishop-Кооп занимает больше времени и сопровождается техническими сложностями у недоношенных детей, кроме того, не исключается несостоятельность и стеноз. Способы сохраняют проходимость кишечника (Bishop-Кооп) или восстанавливают её отсрочено, без проведения расширенного оперативного вмешательства под общей анестезией (Mikulicz). Закрытие стом в обоих случаях требует повторного внутрибрюшного вмешательства и последующей реабилитации, однако в случае энтеростомы по Bishop-Кооп не затрагивается зона анастомоза и отсутствует длительное «голодание» отделов, дистальнее стомы. С другой стороны, при наличии состоятельного компрессионного соединения в двуствольной энтеростоме возможно её закрытие ушиванием наружной части без резекции зоны со-

устья, при этом уменьшается доля лигатурного шва в формируемом анастомозе.

В основе механизма компрессионного анастомоза лежит оптимальное, с точки зрения трофики тканей, сжатие при соприкосновении стенок соединяемых органов. Степень компрессии при формировании локального некроза в смежной зоне межстомной шпоры двуствольной энтеростомы приводит к демаркации по линии шва и эвакуации устройства наружу вместе с участком некротизированной ткани без её миграции по кишечнику. Компрессионный шов в отличие от лигатурного, лишён таких недостатков, как формирование грубой рубцовой ткани, загрязнение шовного канала и оставление инородных тел (нитей) в области шва. Последующее закрытие возможно выполнить без резекции участка стомы, лишь ушиванием наружной части сформированного компрессионного соустья. В качестве материалов для формирования компрессионного шва описано использование магнитов [8,9] и сплавов из никелида титана с памятью формы. Каждый из описанных материалов обладает своими преимуществами и недостатками, однако ни один из них не получил широкого практического распространения ввиду необходимости индивидуального подбора размеров и локального изготовления устройств.

Впервые устройства из никелида титана для формирования компрессионных анастомозов разработали и широко начали применять на кафедре факультетской хирургии Тюменского медуниверситета в 1985 году под руководством профессора Зиганьшина Р.В. [10]. Большое количество исследований, посвящённых применению сплавов из никелида титана в абдоминальной хирургии у взрослых выполнено в г. Томске, под руководством Гюнтера В.Э., Дамбаева Г.Ц. и др. [11]. В детской абдоминальной хирургии изучением данного вопроса впервые в своём экспериментально-клиническом исследовании занимался Игнатчик С.В. под руководством профессора Ситко Л.А.

К настоящему моменту накоплен некоторый клинический опыт использования устройств из никелида титана в детской абдоминальной хирургии [12,13], однако отсутствуют экспериментальные работы, посвящённые эффективности и безопасности их применения при малом диаметре кишечника, а также в сравнении с другими способами анастомозирования.

Определённые недостатки двуствольной энтеростомии по Mikulicz возможно устранить при ис-

пользовании в качестве устройства для формирования отсроченного компрессионного анастомоза между приводящей и отводящей кишкой устройства из никелида титана с памятью формы. Преимущества, которыми обладает компрессионное соединение, созданное с помощью никелидтитанового сплава, в перспективе могут улучшить результаты лечения детей с кишечными стомами.

Цель

Экспериментально изучить эффективность и преимущества использования устройства из никелида титана с памятью формы при формировании компрессионного анастомоза в двуствольной энтеростоме по Mikulicz, в сравнении с ручным Т-образным анастомозом по Bishop-Koop с отводящей энтеростомой.

Материалы и методы

Экспериментальное исследование проводилось на базе лаборатории биологических моделей СибГМУ (заведующий лабораторией, к.м.н. Иванов В.В.), сотрудниками кафедры детских хирургических болезней и одобрено локальным этическим комитетом (№7936/1 от 28.10.2019).

Научной гипотезой настоящего исследования являлось представление о преимуществах применения устройства из никелида титана с памятью формы при формировании компрессионного анастомоза в двуствольных энтеростомах у детей перед ручным Т-образным анастомозом с отводящей энтеростомой. Для проверки данной гипотезы была выбрана биологическая модель тонкой кишки новорождённого ребёнка. В качестве лабораторного животного использовались самки кроликов породы «Серебристый» в возрасте от 2,5 до 3-х месяцев, с массой тела от 2790 до 3100 г. Обоснованием для выбора данной биологической модели является морфологическое сходство в строении подвздошной кишки кроликов с таковым у

новорождённого ребёнка, с учётом роста и созревания тканей [14].

Дизайн проведённого исследования представлен на рис. 1.

Животных на всем протяжении эксперимента содержали в условиях вивария в свободном доступе к воде и пище, в соответствии с нормативами ГОСТа «Содержание экспериментальных животных в питомниках НИИ». Экспериментальное исследование выполнялось на основании Федерального закона РФ «О защите животных от жестокого обращения» от 01.01.1997, «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных», утверждённых Приказом Министерства здравоохранения СССР №742 от 13.11.1984 г. «Об утверждении правил проведения работ с использованием экспериментальных животных», Приказом Министерства здравоохранения СССР №48 от 23.01.1985 г. «О контроле за проведением работ с использованием экспериментальных животных», а также на основании положений Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации от 1964 г., дополненной в 1975, 1983, 1989 и 2000 гг., обуславливающих гуманное обращение с животными.

Все животные в группах А и В получали идентичный сбалансированный комбикорм, содержащий достаточное количество минеральных веществ и необходимых нутриентов, а также одинаковый объём питьевой воды.

Оперативное вмешательство проводилось под общей анестезией путём внутримышечного введения препарата Золетил® 100 в дозировке 15 мг/кг, с предварительной премедикацией 0,1% р-ром атропина сульфата в дозировке 0,1 мл подкожно. В предоперационном периоде, и в течение 3-х суток после операции проводилась антибактериальная терапия цефотаксимом, обладающим широким спектром действия, в дозировке 50 мг/кг в сутки внутримышечно. Для аналь-

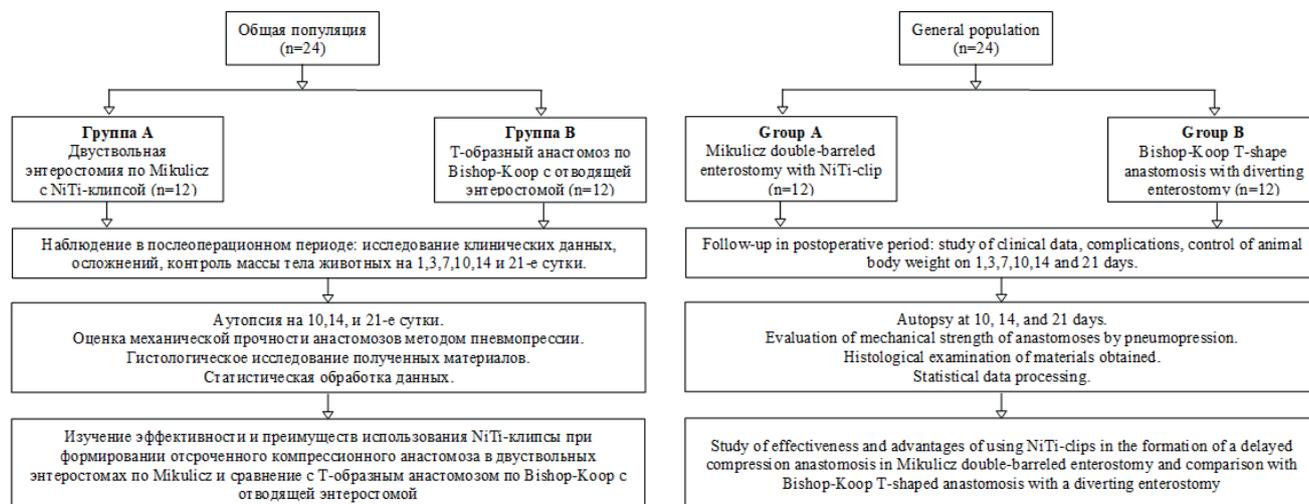


Рис. 1. Дизайн экспериментального исследования.

Fig. 1. Experimental study design.



Рис. 2 Выделение на подвздошной кишке зоны формирования энтеростомы.

Fig. 2. Mobilization of the formation zone of enterostomy on ileum.

гезии использовался 50% р-р метамизола натрия в дозировке 0,05 мл/кг в сутки.

Во время хирургической стадии наркоза проводилась поперечная лапаротомия, выведение в рану петли подвздошной кишки в 10 см проксимальнее илеоцекального угла (рис. 2).

Согласно общепринятой методике по Mikulicz, у животных группы А, после наложения лигатур на уровне формирования стом, приводящий и отводящий концы кишки фиксировались друг к другу в параллельном положении тремя узловыми швами по противобрыжеечному краю на протяжении 3 см (рис. 3).

После поперечной энтеротомии между лигатурами, сформированная двуствольная энтеростома фиксировалась послойно через угол раны, с последующим ушиванием лапаротомного доступа (рис. 4).

Интраоперационно на сформированную межстомную шпору накладывалась клипса из никелида

титана, предварительно охлаждённая в морозильной камере в течение 8 часов (рис. 5).

Клипса, представляющая собой модифицированное, с учётом размеров кишки, устройство Зиганшина-Гюнтера, состоит из двух параллельно-ориентированных витков-бранш, соприкасающихся по образующей, размером 30х60 мм, с диаметром сечения проволоки 1 мм из сплава ТН-10 никелида титана с памятью формы в рабочем интервале температур 0-40°C и эффектом сверхпластичности. При наложении предварительно охлаждённой до 0°C клипсы в разведённом состоянии на межстомную шпору происходит смыкание бранш при согревании устройства до температуры тела и компрессия смежных стенок приводящего и отводящего отделов энтеростомы. В результате спаяно-некротизирующего процесса происходит отсроченное формирование межкишечного соустья и восстанавливается проходимость в отделы кишечника дистальнее стомы. Устройства, используемые в исследовании, были изготовлены Научно-исследовательским институтом медицинских материалов и имплантов с памятью формы при Сибирском физико-техническом институте ТГУ г. Томска под руководством директора института, д.т.н. Гюнтера В.Э.

Формирование Т-образного анастомоза с отводящей энтеростомой по Bishop-Коор у животных в группе В выполнялось также из поперечно-лапаротомного доступа, на подвздошной кишке в 10 см проксимальнее илеоцекального угла. После разобщения кишки накладывался анастомоз «конец-в-бок» по противобрыжеечному краю отводящей кишки, с последующим выведением концевой энтеростомы через отдельный разрез брюшной стенки. Использовался ручной двурядный шов, где внутренний слой формировался непрерывно через все слои, а наружный серозно-мышечно, рассасывающейся синтетической нитью размером 5/0. Расстояние от конца стомы до анастомоза составляло 5 см (рис. 6).

В ходе исследования проводилась оценка длительности оперативного вмешательства, клинического состояния животных в послеоперационном периоде:

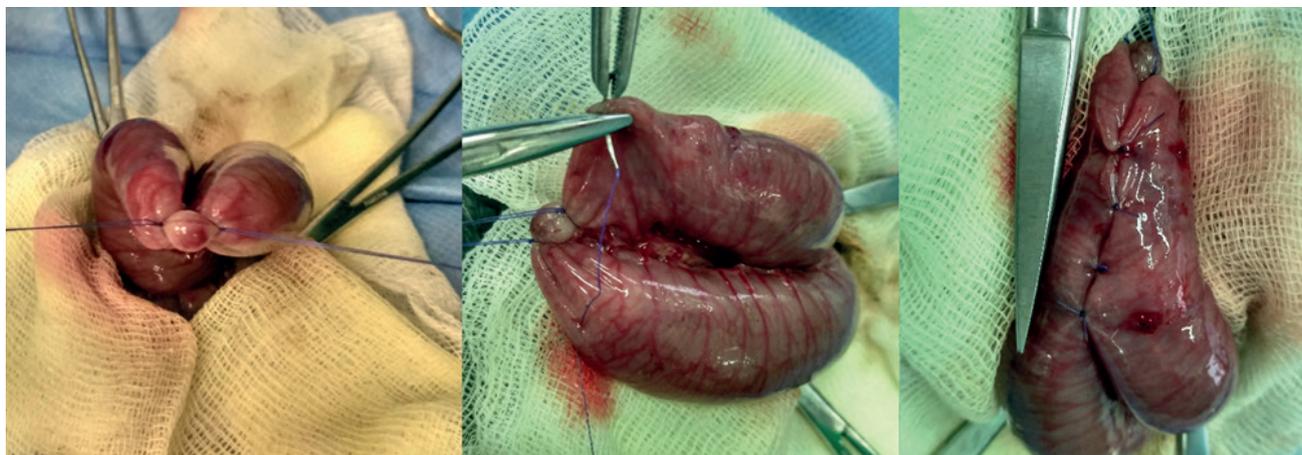


Рис. 3. Этапы формирования двуствольной энтеростомы по Mikulicz (объяснение в тексте).

Fig. 3. Stages of Mikulicz double-barreled enterostomy formation (explanation in the text).



Рис. 4. Фиксация двустольной энтеростомы через рану на брюшной стенке (объяснение в тексте).
Fig. 4. Fixation of a double-barreled enterostomy through the wound in abdominal wall (explanation in the text).

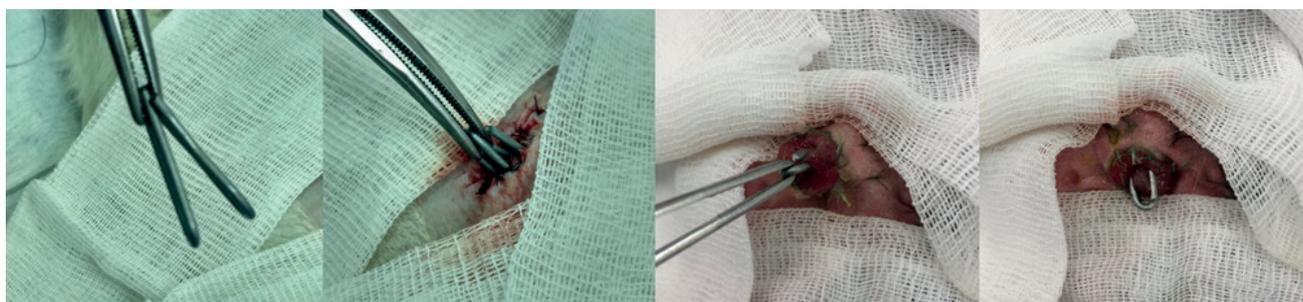


Рис. 5. Наложение клипсы из никелида титана на межстомную шпору двустольной энтеростомы (объяснение в тексте).
Fig. 5. Applying a NiTi-clip to interstomal spur of a double-barreled enterostomy (explanation in the text).

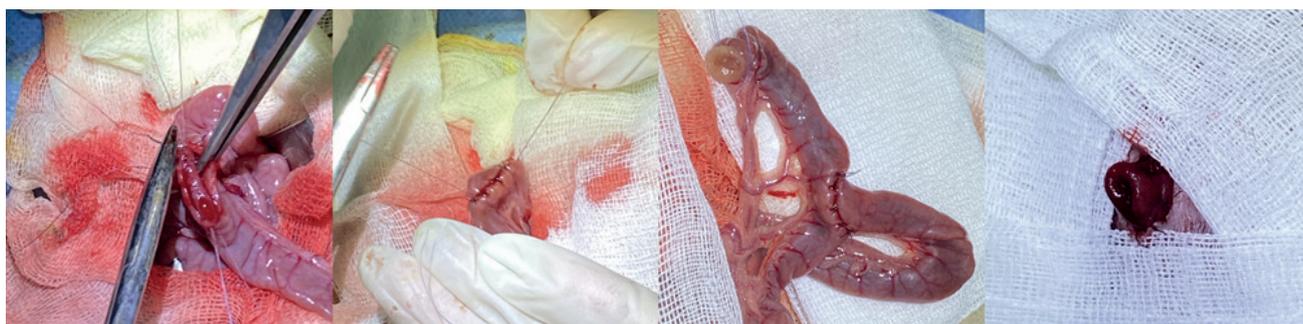


Рис. 6. Формирование Т-образного анастомоза по Bishop-Кооп с отводящей энтеростомой (объяснение в тексте).
Fig. 6. Formation of Bishop-Koop T-shaped anastomosis with a diverting enterostomy (explanation in the text).

еждневное измерение ректальной температуры, двигательной активности, отделяемого по стоме и отхождения стула по анусу; выполнялось измерение массы тела животных на 1,3,7,10,14 и 21-е сутки после операции, а также регистрировались осложнения и проводилась их оценка по классификации хирургических осложнений Clavien-Dindo (CDC) [15]

Выведение животных из эксперимента выполнялось в исследуемых группах на 10, 14 и 21 сутки (по 4 животных в обеих группах) путём ингаляции углекислым газом, в соответствии с Европейской директивой 2010/63/EU гуманного обращения с экспериментальными животными.

После аутопсии проводился забор фрагментов кишки, несущих энтеростому, включая зону сформированного соустья, участок приводящего и отводящего концов длиной 2 см.

Изучение механической прочности полученных соединений проводилось методом пневмопрессии [16].

При изучении макропрепаратов оценивали степень спаечного и воспалительного процессов в области анастомоза; состояние стенки кишки со стороны серозного покрова в зоне оперативного вмешательства; вид анастомозированной кишки со стороны слизистой оболочки.

Фрагменты, взятые для гистологического исследования, фиксировались в 10% растворе нейтрального формалина и заливались в парафин по общепринятой методике для приготовления срезов. Далее проводилась окраска срезов гематоксилином и эозином. Для морфологической оценки сформированного соустья использовались параметры заживления кишечного соустья, предложенные Турусовым Р.А. и Егоровым В.И. с соавт. [17]. Гистологическое исследование материалов проводилось на кафедре патологической анатомии СибГМУ под руководством профессора Вторушина С.В.

Обработка данных проводилась с использованием пакета программ для статистического анализа SPSS V.23. Проверка количественных данных на нормальное распределение проводилась с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Данные с нормальным распределением представлены в виде среднего арифметического (M) со стандартным отклонением ($\pm SD$). Данные с ненормальным распределением представлены в виде медианы (Me) с интерквартильным размахом ($Q1-Q3$). Для количественных данных с нормальным распределением оценка значимости различий проводилась с использованием t -критерия Стьюдента; для данных с ненормальным распределением с помощью критерия Манна-Уитни. Для оценки значимости различий в группах по частоте развития осложнений использовался критерий χ^2 Пирсона. Статистически значимыми были приняты различия при $p\text{-value} < 0,05$.

Результаты

Во время оперативного вмешательства и в раннем послеоперационном периоде ни одно животное не погибло. Длительность операции в среднем составляла 46 (40–53) минут в группе А и 76 (70–79) минут в группе В, с достоверным различием ($p=0,000$).

В ходе наблюдения за животными в раннем послеоперационном периоде существенных отличий в двигательной активности в исследуемых группах не обнаружено. Крольчихи были достаточно активны в пределах клетки, пили, однако от корма отказывались до вторых суток. Дополнительной инфузионной терапии не требовалось. При ректальной термометрии в первые двое суток отмечался однократный подъём температуры у троих крольчих из группы А и у двоих в группе В до 39,5–40,0°C.

Отделяемое по стоме у животных группы А появилось практически сразу после операции, в виде кашицеобразного содержимого, и отходило достаточно обильно, что требовало смены повязок каждые 3–6 часов. В группе В отделяемое по стоме появилось на 4–е сутки после операции, в виде кашицеобразных масс с прожилками свернувшейся крови, в то время как стул через анус начал отходить уже на 2–е сутки.

При изучении динамики показателей массы тела животных в послеоперационном периоде выявлены следующие изменения (рис. 7). Снижение массы тела животных, обусловленное интраоперационной травмой и потерями по стомам, сохранялись до 3–х суток. Статистически значимая разница потери массы тела отмечалась на первые сутки ($p=0,0001$), с преобладанием в группе А. Начиная с 7–х суток прибавка массы, обусловленная снижением потерь по стомам сохранялась до конца исследования, при этом статистически значимая разница по прибавке массы у животных группы А отмечалась на 14–е ($p=0,0013$) и 21–е сутки ($p=0,0293$). Суммарная средняя прибавка массы тела животных за весь эксперимент в группе А значимо превышала таковую в группе В ($p=0,0293$).

В группе А отпадение клипсы вместе с некротизированным участком межстомной шпоры в двустольных энтеростомах осуществлялось самопроизвольно, в сроки от 5 до 7 суток после операции. Наличие функционирующего соустья приводило к уменьшению отделяемого по стоме, что снижало необходимость частых перевязок, и увеличивало количество стула по анусу.

В таблице №1 представлены осложнения, ассоциированные с оперативным вмешательством, а также с наличием функционирующей стомы и анастомоза,

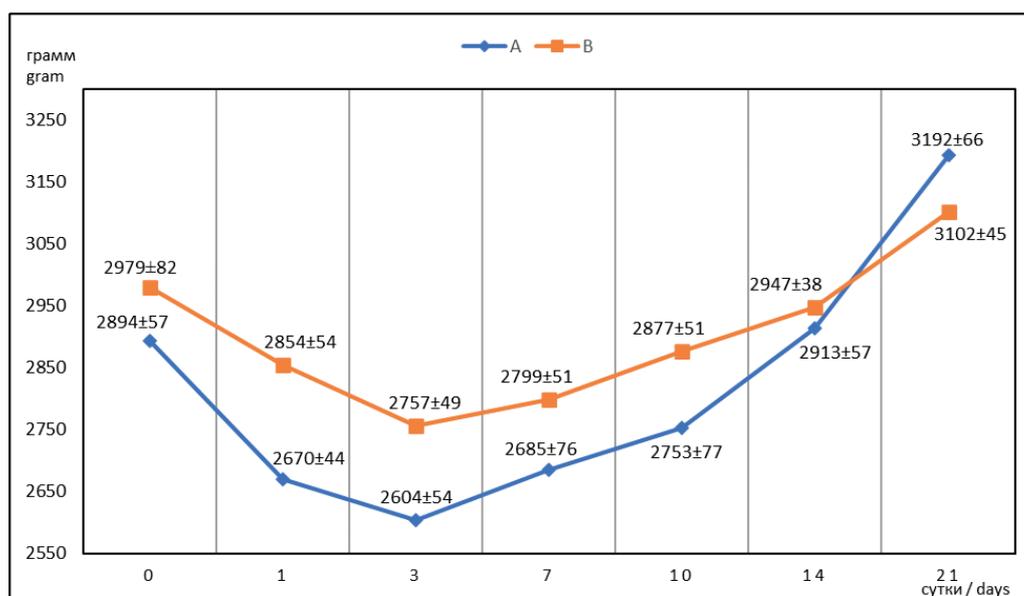


Рис. 7. Динамика средних показателей массы тела (грамм) животных в исследуемых группах А и В до операции (0), на 1,3,7,10,14-е и 21-е сутки послеоперационного периода.

Fig. 7. Dynamics of body weight (gram) of animals in the study groups A and B before surgery (0), 1,3,7,10,14 and 21 days of the postoperative period.

Таблица 1. Осложнения, ассоциированные с энтеростомией у животных в исследуемых группах, и классификация по Clavien-Dindo n (%)**Table 1.** Complications associated with enterostomy in animals in study groups and Clavien-Dindo-Classification (CDC) grades n (%)

Осложнения / Complications	Группа А / Group A	Группа В / Group B	p-value*
Нагноение лапаротомной раны / Wound infection	1 (8,3)	2 (16,7)	0,537
Расхождение швов с эвентрацией / Wound discharge	2 (16,7)	0 (0)	0,140
Перитонит / Peritonitis	1 (8,3)	2 (16,7)	0,537
Эвагинация стомы / Prolapse	1 (8,3)	0 (0)	0,307
Перистомальный дерматит / Skin excoriation	3 (25)	0 (0)	0,064
Несостоятельность анастомоза / Anastomotic leakage	0 (0)	1 (8,3)	0,307
CDC степень I / CDC grade I	4 (33,3)	0 (0)	0,028
CDC степень II / CDC grade II	2 (16,7)	2 (16,7)	1,000
CDC степень III / CDC grade III	3 (25)	3 (25)	1,000

Примечания: *критерий Хи-квадрат Пирсона
Note:* Pearson's χ^2 test

и их оценка по классификации Clavien-Dindo. Нагноение операционной раны возникло в 3-х случаях на 5-е сутки после операции, что проявилось припухлостью в области швов и наличием скудного гнойного отделяемого. Под местной анестезией приводилось вскрытие гнойного очага и продление антибактериальной терапии до 5-х суток. Температурной реакцией или изменением общего состояния данное осложнение не сопровождалось. Расхождение швов у двух животных в группе А возникло на 1 сутки после операции и было связано с плохой фиксацией повязки и негативной реакцией животного на рану. Проводилась обработка и ушивание раны под общей анестезией, без непосредственного вмешательства в области энтеростомы и анастомоза. Наличие воспалительного процесса в брюшной полости, в виде отграниченного гнойного очага в области стомы и анастомоза, являлось во всех случаях находкой во время аутопсии и не сопровождалось температурной реакцией и явлениями интоксикации, что вероятно обусловлено хорошими отграничительными способностями брюшной полости кролика и эффективной антибактериальной терапией. Эвагинация двустольной энтеростомы на 3 см отмечалась у одного кролика в группе А на 20-е сутки после операции, что не сопровождалось нарушением общего состояния и кишечной непроходимостью. Местное раздражение кожи вокруг стомы встречалось у троих крольчих в группе А на 4-е сутки после операции, и было связано с наличием обильного отделяемого по стоме в виде кишечного химуса, что требовало частых перевязок с цинковой пастой. После отпадения клипсы и восстановления проходимости мацерация заживала в течение 3-х суток. Несостоятельность швов анастомоза у одного животного из группы В возникла на 5-е сутки после операции, что проявилось ухудшением общего состояния в виде снижения активности, отказе от корма, повышении общей температуры до 41°C, отсутствии отделяемого по стоме и анусу. При прове-

дении релапаротомии и ревизии зоны анастомоза выявлена несостоятельность швов в области Т-образного соустья с подтеканием кишечного содержимого наружу, местной воспалительной реакцией. После санации брюшной полости проводилась резекция зоны анастомоза и реконструкция Т-образного ручного анастомоза с отводящей энтеростомой, согласно вышеописанной методике. После операции проводилась продлённая до 7 суток антибактериальная терапия цефотаксимом в дозировке 50 мг/кг в сутки.

При оценке по классификации Clavien-Dindo в исследуемых группах (табл. 1) отличия выявлены в частоте развития осложнений, потребовавших местного лечения в виде заживляющих мазей и частой смены повязок ($p=0,028$). По необходимости продлённой антибактериальной терапии (CDC II) и повторного оперативного вмешательства (CDC III) достоверных отличий не выявлено.

После проведения аутопсии и забора препаратов во всех случаях проводилась оценка их механической прочности с помощью метода пневмопрессии (рис. 8). Так как отпадение клипсы и формирование компрессионного анастомоза у животных в группе А происходило в среднем к 7-м суткам послеоперационного периода, сравнение прочности полученных соединений проводилось с 10-х суток эксперимента. Проведенное исследование показало прогрессирующее достоверное увеличение давления разгерметизации соединений за последующие две недели в обеих группах: к 10-м суткам среднее давление в группе В превышало таковое в группе А, однако на 21-е сутки прочность компрессионного анастомоза оказалась выше, чем у ручного ($p=0,0192$). На 14-е сутки результаты пневмопрессии в обеих группах были сопоставимы, и статистически не различались.

При макроскопическом исследовании области оперативного вмешательства явления спаечного про-

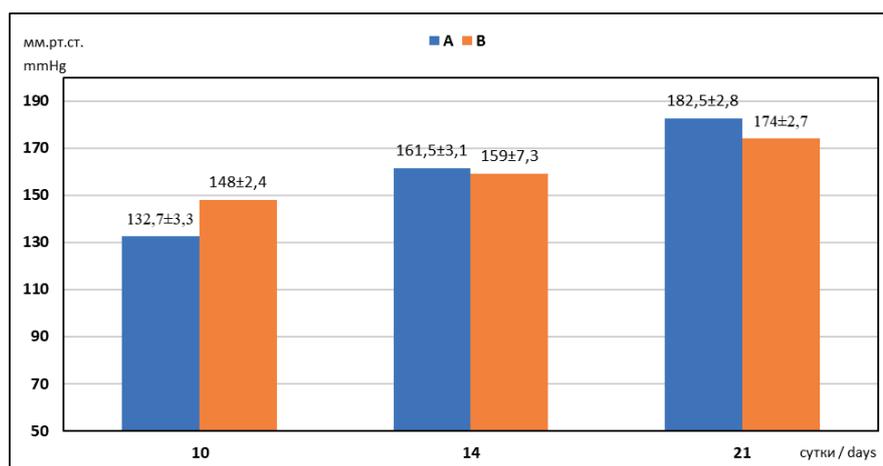


Рис. 8. Результаты пневмопрессии компрессионного анастомоза в группе А и ручного Т-образного анастомоза в группе В на 10, 14 и 21-е сутки эксперимента (мм. рт. ст.).

Fig. 8. Pneumopression results of compression anastomosis in group A and manual T-shaped anastomosis in group B on 10, 14 and 21 days of the experiment (mmHg).

цесса и воспаления брюшины в обеих группах были минимальными, за исключением вышеописанных случаев течения отграниченного перитонита. В области двухствольной энтеростомы у животных из группы А линия компрессионного анастомоза снаружи была представлена полоской бледно-розовой серозы между двумя параллельно ориентированными концами кишки, без явлений грубого рубцевания, наложений фибрина и спаечного процесса с окружающими тканями. Глубина формирования соустья соответствовала 2,5-3 см и была расценена как достаточная для ушивания и закрытия стомы без резекции зоны анастомоза в 11 случаях (91,6%). У одного животного (8,4%) с развившейся эвагинацией стомы глубина соустья была менее 1 см. Таким образом, эффективность исполь-

зования компрессионной клипсы из никелида титана с памятью формы при формировании соустья между концами двухствольной энтеростомы, по данным эксперимента, составляла 91,6%, при этом достигалось формирование состоятельного функционирующего соединения. Область Т-образного ручного анастомоза снаружи была представлена межкишечным соединением, с наличием шовного материала, без наложений фибрина и спаечного процесса с окружающими тканями. Просвет соединения был представлен ригидным кольцом, по диаметру сопоставимым с просветом приводящего отдела подвздошной кишки.

При проведении морфологической оценки сформированных соединений путём световой микроскопии в обеих группах отмечались существенные отличия.

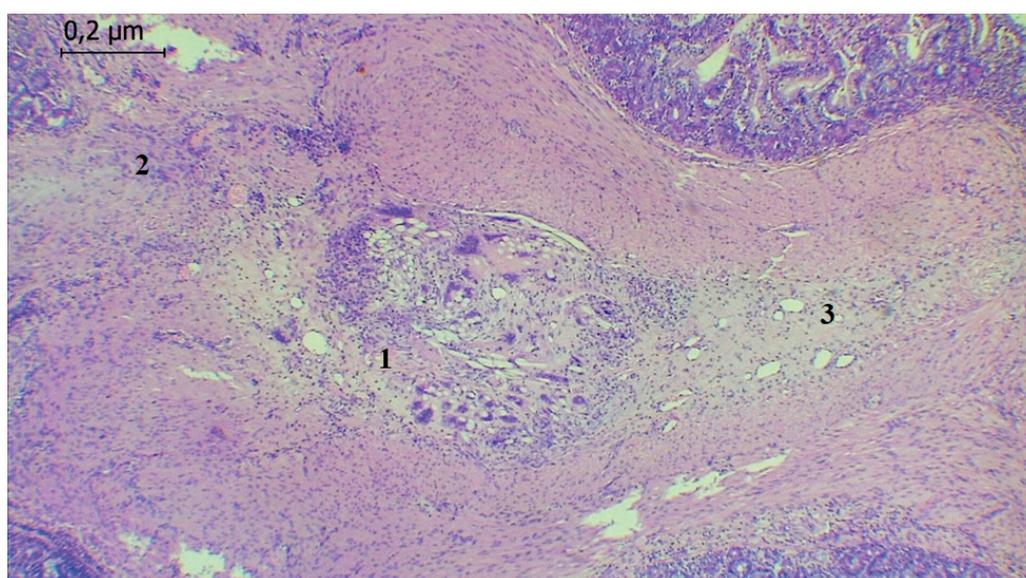


Рис. 9. Морфологическая картина ручного Т-образного анастомоза у животных в группе В на 14-е сутки после операции. Воспалительная инфильтрация вокруг шовного материала (1), область анастомоза (2), формирование фиброзной ткани в мышечном слое (3). Окраска гематоксилин-эозином (ув. x40).

Fig. 9. Morphological picture of manual T-shaped anastomosis in animals of group B on the 14th day after surgery. Inflammatory infiltration around the suture material (1), anastomotic area (2) and formation of fibrous tissue in muscle layer (3). Hematoxylin-eosin stain. (size x40).

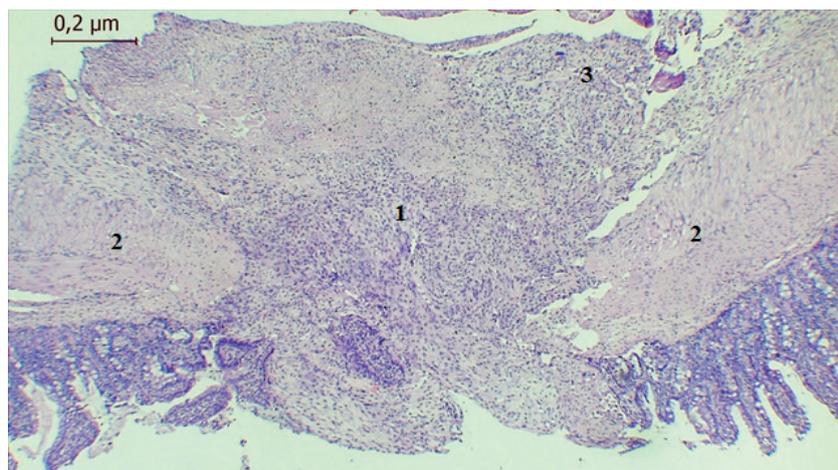


Рис. 10. Морфологическая картина ручного Т-образного анастомоза у животных в группе В на 21-е сутки после операции. Фиброзная ткань в зоне формирования анастомоза (1), мышечный слой (2), фибринозно-гнойный экссудат со стороны серозной оболочки (3). Окраска гематоксилин-эозином (ув. x40).

Fig. 10. Morphological picture of manual T-shaped anastomosis in animals of group B on the 21st day after surgery. Fibrous tissue in anastomotic formation zone (1), muscle layer (2), fibrinous-purulent exudate from the side of the serous membrane (3). Hematoxylin-eosin stain. (size x40)

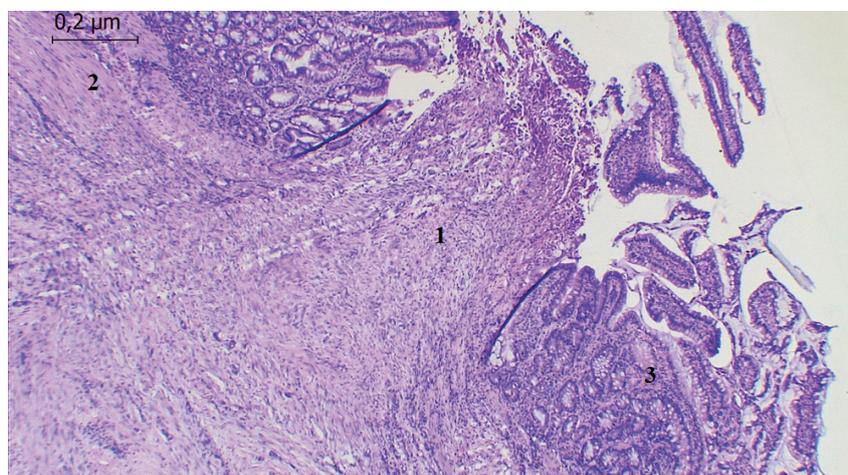


Рис. 11. Морфологическая картина компрессионного анастомоза у животных в группе А на 14-е сутки после операции. Зона анастомоза (1), мышечный слой (2), слизистая оболочка (3). Окраска гематоксилин-эозином (ув. x40).

Fig. 11. Morphological picture of compression anastomosis in animals of group A on the 14th day after surgery. Anastomotic zone (1), muscle layer (2), mucous membrane (3). Hematoxylin-eosin stain. (size x40).

В группе ручного анастомоза к 10-м суткам сохранялись явления анастомозита, которые начинали стихать только к 14 суткам, тогда как в группе компрессионного анастомоза (группа А) ткани, окружающие устройство, оставались без явных воспалительных изменений, в связи с отграниченной зоной процесса регенерации.

При исследовании материалов в группе В, на 14-е сутки в зоне анастомоза во всех слоях отмечалась воспалительная инфильтрация в виде сегментоядерных нейтрофилов с примесью эозинофилов, преимущественно вокруг шовного материала. В мышечном слое формировались зоны фиброза, снижающие эластичность формируемого соединения (рис. 9).

К 21-м суткам заживление проходило по типу вторичного натяжения, проходя через стадии гнойного расплавления участков некроза с образованием соединительнотканного рубца, в толще которого отмеча-

лось хроническое воспаление с примесью гигантских многоядерных клеток (рис. 10).

В области компрессионного шва у животных в группе А к 10-м суткам регенеративный процесс, начавшись с серозного слоя постепенно переходил к мышечному и слизистому. Отсутствие инородных тел в зоне заживления и постепенное восстановление микроциркуляции создавали благоприятные условия для формирования анастомоза. В результате к 14-м суткам процессы пролиферации преобладали над процессами альтерации и воспалением (рис. 11). Воспалительная инфильтрация в слизистой была менее выражена, чем таковая в ручном анастомозе. Фиброзные изменения мышечного слоя в зоне формирования компрессионного соединения были минимальными.

Эпителизация, начавшись сразу после удаления клипсы, достигала своего максимума на 14-е сутки, полностью завершалась к 21-м, достигая высокого уровня дифференцировки (рис. 12). В результате, спу-

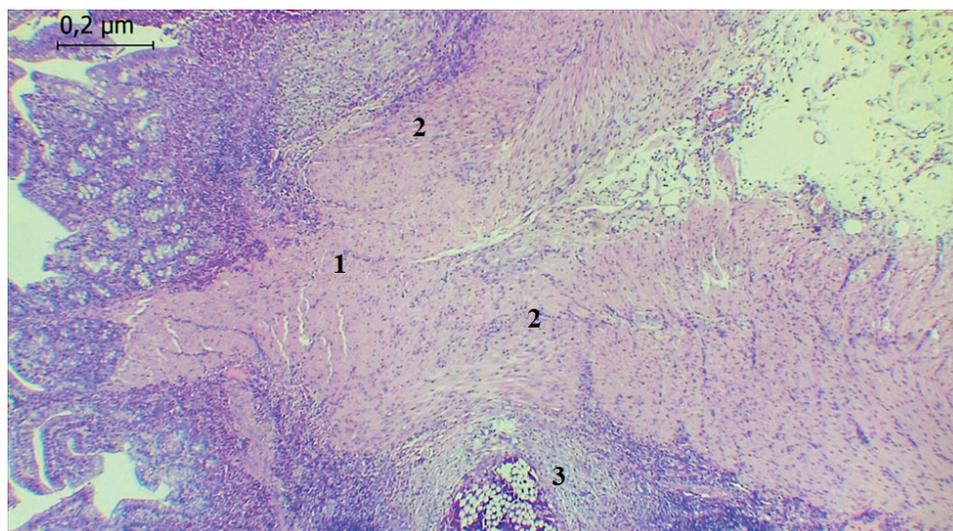


Рис. 12. Морфологическая картина компрессионного анастомоза у животных в группе А на 21-е сутки после операции. Зона анастомоза (1), мышечный слой (2), остаточный шовный материал от фиксации стомы в брюшной стенке (3). Окраска гематоксилин-эозином (ув. x40).

Fig. 12. Morphological picture of compression anastomosis in animals of group A on the 21st day after surgery. Anastomotic zone (1), muscle layer (2), residual suture material from fixation of the stoma in the abdominal wall (3). Hematoxylin-eosin stain. (size x40).

стя 3 недели после наложения клипсы происходило сращение серозной и слизистой оболочек с восстановлением мышечного слоя, тем самым формировалось эластичное состоятельное соединение, без риска стенозирования.

Обсуждение

В ходе подготовки к исследованию подобных экспериментов, сравнивающих описываемые методы стомирования с применением никелидтитановых устройств, не найдено. Выявленные преимущества использования клипсы из никелида титана с памятью формы при формировании компрессионного анастомоза в двустольной энтеростоме позволяют рекомендовать данный метод к применению в практической деятельности. Среди основных преимуществ в первую очередь стоит выделить достоверное положительное влияние на темпы прибавки массы у животных, показатели механической прочности сформированных соединений и морфологические особенности регенеративного процесса в зоне анастомоза, отличные от таковых при ручном способе анастомозирования. Объяснить данные преимущества можно особенностями применяемого материала, ключевым из которых является оптимальное сжатие тканей в зоне формирования шва, с последующим спаечно-некротическим процессом, при этом само устройство удаляется наружу, без дальнейшего влияния на морфогенез анастомоза. Принцип отсроченного восстановления проходимости кишечника, в сочетании с эффективной декомпрессией и простотой воспроизведения доказали свою эффективность в эксперименте, поэтому обосновано клиническое применение описываемого способа при хирургическом лечении детей.

Выводы

На основании представленных результатов экспериментального исследования можно сделать следующие выводы:

Формирование двустольной энтеростомы по Mikulicz с наложением компрессионной клипсы из никелида титана занимает меньше времени, чем ручного Т-образного анастомоза по Bishop-Koop с отводящей энтеростомой.

Животные из группы двустольной энтеростомии с компрессионным швом имеют большие потери на первые сутки и прибавки массы на 14 и 21-е сутки после операции.

Местные осложнения при двустольной энтеростомии возникают чаще, чем при отводящей стоме Т-анастомоза.

Прочность компрессионного шва в двустольной энтеростоме клипсой из никелида титана превышает таковую ручного Т-анастомоза.

При компрессионном анастомозе никелидтитановой клипсой в области двустольной энтеростомы происходит послойная регенерация от серозного слоя к слизистому, заживление происходит быстрее, чем при ручном анастомозе, с преобладанием процессов пролиферации, уменьшается риск стенозирования в ходе дальнейшего роста.

Применение клипсы из никелида титана с памятью формы для формирования межкишечного анастомоза в двустольных энтеростомах у детей может быть рекомендовано для практического применения.

Дополнительная информация

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы

- Eeftinck Schattenkerk LD, Backes M, WJ. de Jonge. Treatment of Jejunioleal Atresia by primary anastomosis or Enterostomy: Double the operations, double the risk of complications. *Journal of Pediatric Surgery*. 2021; 12: 57 DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2021.07.021
- Haricharan RN, Gallimore JP, Nasr A. Primary anastomosis or ostomy in necrotizing enterocolitis? *Pediatric surgery international*. 2017; 33(11): 1139–1145. DOI: 10.1007/s00383-017-4126-z.
- Wit J, Sellin S, Degenhard P, Scholz M, Mau H. Is the Bishop-Koop anastomosis in treatment of neonatal ileus still current. *Chirurg*. 2000; 71: 307–310.
- Peng YF, Zheng HQ, Zhang H, He QM, Wang Z, Zhong W. Comparison of outcomes following three surgical techniques for patients with severe jejunoileal atresia. *Gastroenterology report*. 2019; 7(6): 444–448. DOI: 10.1093/gastro/goz026
- Haithem H Ali Almoamin. Meconium ileus a study and comparison between common operative procedures performed in basrah. *Basrah Journal of Surgery*. 2016; 22(2): 84–90. DOI: 10.33762/bsurg.2016.116618.
- Bell RH, Johnson FE, Lilly JR. Intestinal anastomoses in neonatal surgery. *Annals of surgery*. 1976; 183(3): 276–281. DOI: 10.1097/00000658-197603000-00011.
- Попов Ф.Б., Немилова Т.К., Караваева С.А. Энтеростомия в неотложной абдоминальной хирургии новорождённых. *Детская хирургия*. 2004; 5: 20–23.
- Гаткин Е.Я., Разумовский А.Ю., Корсункий А.А., Коновалов А.К., Сергеев А.В., Виноградов А.Я. Создание межкисечных анастомозов с помощью постоянных магнитов в комплексе хирургического лечения детей с кишечной стомой. *Хирургия*. 2015; 5: 45–50.
- Бисалиев Б.Н. Цап Н.А., Тусупкалиев А.Б., Досмагамбетов С.П., Жалмуханбетов К.К., Гржибовский А.М. Применение магнитно-компрессионного межкисечного анастомоза в лечении детей с энтеростомами. *Новости хирургии*. 2020; 28(1): 46–52. DOI: 10.18484/2305-0047.2020.1.46
- Зиганшин Р.В., Гюнтер В.Э., Гиберт Б.К. Компрессионные анастомозы в желудочно-кишечной хирургии, выполненные при помощи устройства из сплава с памятью формы. *Хирургия*. 1990; 8: 115–120.
- Гюнтер В.Э., Дамбаев Г.Ц., Сысолятин П.Г., Зиганшин Р.В. *Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы*. Томск: Изд-во Том. ун-та. 1998; 487.
- Аксельров М.А. Первый опыт использования компрессионного отсроченного анастомоза при резекции кишки в условиях перитонита у детей. *Детская хирургия*. 2010; 4: 51–52.
- Балаганский Д.А., Караваев А.В., Осипкин В.Г., Ведерников В.А., Слизовский Г.В., Гюнтер В.Э. Применение компрессионных устройств из никелида титана с памятью формы при лечении кишечной непроходимости в детском возрасте. *Медицина в Кузбассе*. 2007; 1: 12–13.
- Никитченко В.Е., Наумова Е.И., Шубер С.М. Морфологическое строение желудочно-кишечного тракта кроликов. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2015; 1: 18–24.
- Dindo D, Demartines N, Clavien P.A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. 2004; 240(2): 205–213. DOI:10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae
- Егоров В.И. Механические методы оценки заживления желудочно-кишечных соединений. *Аналы хирургии*. 2001; 3: 25–28.
- Турусов Р.А., Егоров В.И., Счастливцев И.В., Баранов А.О., Прут Э.В. Механические и биологические аспекты проблемы кишечного анастомоза человека. *Механика композиционных материалов и конструкций*. 1999; 5(4): 109–135.

Информация об авторах

- Станислав Дмитриевич Иванов - врач-детский хирург, аспирант кафедры детских хирургических болезней, e-mail: ivanov_st@mail.ru
- Григорий Владимирович Слизовский - д.м.н., профессор, заведующий кафедрой детских хирургических болезней, e-mail: sgv5858@mail.ru
- Яна Владимировна Шикунова - к.м.н., доцент кафедры детских хирургических болезней, e-mail: yana-z@mail.ru
- Сергей Владимирович Вторушин - д.м.н., профессор кафедры патологической анатомии, e-mail: wtorushin@rambler.ru
- Дмитрий Владимирович Васильченко - ассистент кафедры патологической анатомии, e-mail: vasilchenkodmitry1991@gmail.com
- Виктор Эдуардович Гюнтер - д.тех.н., профессор, директор, e-mail: hodor_val@mail.ru
- Валентина Николаевна Ходоренко - к.ф.м.н., старший научный сотрудник, e-mail: hodor_val@mail.ru
- Сергей Геннадьевич Аникеев - к.физ.-мат.н., старший научный сотрудник, e-mail: anikeev_sergey@mail.ru

References

- Eeftinck Schattenkerk LD, Backes M, WJ. de Jonge. Treatment of Jejunioleal Atresia by primary anastomosis or Enterostomy: Double the operations, double the risk of complications. *Journal of Pediatric Surgery*. 2021; 12: 57 DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2021.07.021
- Haricharan RN, Gallimore JP, Nasr A. Primary anastomosis or ostomy in necrotizing enterocolitis? *Pediatric surgery international*. 2017; 33(11): 1139–1145. DOI: 10.1007/s00383-017-4126-z.
- Wit J, Sellin S, Degenhard P, Scholz M, Mau H. Is the Bishop-Koop anastomosis in treatment of neonatal ileus still current. *Chirurg*. 2000; 71: 307–310.
- Peng YF, Zheng HQ, Zhang H, He QM, Wang Z, Zhong W. Comparison of outcomes following three surgical techniques for patients with severe jejunoileal atresia. *Gastroenterology report*. 2019; 7(6): 444–448. DOI: 10.1093/gastro/goz026
- Haithem H Ali Almoamin. Meconium ileus a study and comparison between common operative procedures performed in basrah. *Basrah Journal of Surgery*. 2016; 22(2): 84–90. DOI: 10.33762/bsurg.2016.116618.
- Bell RH, Johnson FE, Lilly JR. Intestinal anastomoses in neonatal surgery. *Annals of surgery*. 1976; 183(3): 276–281. DOI: 10.1097/00000658-197603000-00011.
- Popov FB, Nemilova TK, Karavaeva SA. Enterostomy in emergency abdominal surgery of newborns. *Detskaya khirurgiya*. 2004; 5: 20–23. (in Russ.)
- Gatkin EYA, Razumovskiy AYU, Korsunkiy AA, Konovalov AK, Sergeev AV, Vinogradov AYU. Interintestinal anastomoses formation using permanent magnet in surgical treatment of children with intestinal stomas. *Khirurgiya*. 2015; 5: 45–50. DOI: 10.17116/hirurgia2015545-50. (in Russ.)
- Bisaliev BN, Tsap NA, Tusupkaliev AB, Dosmagambetov SP, Zhalmukhanbetov KK, Grzhibovskii AM. The use of magnetic compression interintestinal anastomosis in the treatment of children with enterostomies. *Novosti khirurgii*. 2020; 28(1): 46–52. DOI: 10.18484/2305-0047.2020.1.46. (in Russ.)
- Zigan'shin RV, Gyunter VE, Gibert BK. Compression anastomoses in gastrointestinal surgery performed with a shape memory alloy device. *Khirurgiya*. 1990; 8: 115–120. (in Russ.)
- Gyunter VE, Dambaev GTs, Sysolyatin PG, Zigan'shin RV. *Meditsinskie materialy i implantaty s pamyat'yu formy*. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 1998. 487c. (in Russ.)
- Aksel'rov MA The first experience of using delayed compression anastomosis with bowel resection in peritonitis in children. *Detskaya khirurgiya*. 2010; 4: 51–52. (in Russ.)
- Balaganskii DA, Karavaev AV, Osipkin VG, Vedernikov VA, Slizovskii GV, Gyunter VE. The use of titanium nickelide compression devices with shape memory in the treatment of intestinal obstruction in childhood. *Meditsina v Kuzbasse*. 2007; 1: 12–13. (in Russ.)
- Nikitichenko VE, Naumova EI, Shuber SM. Morphological structure of the gastrointestinal tract of rabbits. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo*. 2015; 1: 18–24. (in Russ.)
- Dindo D, Demartines N, Clavien P.A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. 2004; 240(2): 205–213. DOI:10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae
- Egorov VI, Mechanical methods for assessing the healing of gastrointestinal joints. *Annaly khirurgii*. 2001; 3: 25–28.
- Turusov RA, Egorov VI, Schastlivtsev IV, Baranov AO, Prut EV. Mechanical and biological aspects of the problem of human intestinal anastomosis. *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruksii*. 1999; 5(4): 109–135.

Information about the Authors

- Stanislav Dmitrievich Ivanov - pediatric surgeon, postgraduate student at the pediatric surgery department, e-mail: ivanov_st@mail.ru
- Grigoriy Vladimirovich Slizovskiy - M.D., professor, head of pediatric surgery department, e-mail: sgv5858@mail.ru
- Yana Vladimirovna Shikunova - Ph.D., assistant professor at the pediatric surgery department, e-mail: yana-z@mail.ru
- Sergey Vladimirovich Vtorushin - M.D., professor at the pathology department, e-mail: wtorushin@rambler.ru
- Dmitrii Vladimirovich Vasilchenko - M.D., assistant professor at the pathology department, e-mail: vasilchenkodmitry1991@gmail.com
- Viktor Eduardovich Gunther - Ph.D., professor, director of institute, e-mail: hodor_val@mail.ru
- Valentina Nikolaevna Khodorenko - Ph.D., senior researcher, e-mail: hodor_val@mail.ru
- Sergei Gennadievich Anikeev - M.D., senior researcher, e-mail: anikeev_sergey@mail.ru

Цитировать:

Иванов С.Д., Слизовский Г.В., Шикунова Я.В., Вторушин С.В., Васильченко Д.В., Гюнтер В.Э., Ходоренко В.Н., Анкиев С.Г. Экспериментальное моделирование компрессионного анастомоза в двуствольной энтеростоме с использованием устройства из никелида титана с памятью формы. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2022; 15: 1: 46-57. DOI: 10.18499/2070-478X-2022-15-1-46-57.

To cite this article:

Ivanov S.D., Slizovskiy G.V., Shikunova Y.V., Vtorushin S.V., Vasilchenko D.V., Gunther V.E., Khodorenko V.N., Anikeev S.G. *Experimental Simulation of Compression Anastomosis in Double-Barreled Enterostomy Using a Titanium Nickelide Memory Shape Device. Journal of experimental and clinical surgery* 2022; 15: 1: 46-57. DOI: 10.18499/2070-478X-2022-15-1-46-57.