

# Экспериментальное обоснование способа хирургического лечения экспираторного стеноза трахеи и главных бронхов

Дамбаев Г.Ц.<sup>1</sup>, Топольницкий Е.Б.<sup>1</sup>, Шефер Н.А.<sup>1</sup>, Ходоренко В.Н.<sup>2</sup>,  
Фомина Т.И.<sup>3</sup>, Байков А.Н.<sup>1</sup>, Гюнтер В.Э.<sup>2</sup>

## Experimental basis of surgical treatment for expiratory collapse of the trachea and main bronchial tubes

*Dambayev G.Ts., Topolnitskiy Ye.B., Shefer N.A., Khodorenko V.N.,  
Fomina T.I., Baikov A.N., Gyunther V.E.*

<sup>1</sup> Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск

<sup>2</sup> НИИ медицинских материалов и имплантатов с памятью формы, г. Томск

<sup>3</sup> НИИ фармакологии СО РАМН, г. Томск

© Дамбаев Г.Ц., Топольницкий Е.Б., Шефер Н.А. и др.

Разработан оригинальный способ хирургического лечения экспираторного стеноза трахеи и главных бронхов путем экстратрахеального укрепления патологически подвижного участка имплантатом из пористо-проницаемого никелида титана. Способ апробирован на 10 беспородных собаках на экспериментальной модели подслизистой резекции хрящевых полуколец. Эффективность способа оценивалась клинически рентгенологическим, эндоскопическим и морфологическими методами контроля. Показано, что способ позволяет просто и надежно устранять избыточно подвижный участок трахеи.

**Ключевые слова:** трахея, экспираторный стеноз трахеи и главных бронхов, трахеобронхомалиция, никелид титана.

Original surgical treatment for tracheobronchomalacia using external stabilization of movable segment with titanium nikelide implant has been developed. The experimental study was performed on 10 mongrels. Tracheomalacia was created by submucosal resection of tracheal cartilages. Efficacy of the method was tested using clinical, radiological, endoscopic and morphological examination. It is ascertained, that the technique permits to eliminate redundant mobility of tracheal segment simply and reliably.

**Key words:** trachea, expiratory collapse of the trachea and main bronchial tubes, tracheobronchomalacia, titanium nikelide.

УДК 616.231:616.233]-007.271-035-089-092.4

## Введение

В настоящее время под экспираторным стенозом понимают нарушение дыхания, возникающее в связи с периодическим перекрытием просвета трахеи и главных бронхов «складывающимися» до полного соприкосновения между собой их стенками при выдохе. Впервые это патологическое состояние описал в 1949 г. J. Lemoine и назвал его «ретракция трахеи и бронхов». В литературе можно встретить и другие названия данной патологии: трахеомалиция, трахеобронхиальная дискинезия, пролапс мембранозной части трахеи и бронхов, трахеобронхиальный пролапс. Однако наиболее полно отражающим возникающие двигательные функциональные нарушения дыхания является термин

«экспираторный стеноз», предложенный в 1958 г. Н. Herzog [5, 8, 11].

По литературным данным, частота экспираторного стеноза значительно варьирует и встречается у 0,4—21,0% пациентов пульмонологического профиля, подвергшихся трахеобронхоскопии. Очень часто экспираторный стеноз протекает под маской других заболеваний органов дыхания, сопровождающихся синдромом обструкции и кашля [2, 4, 5, 7, 9].

При экспираторном стенозе в силу ряда причин развиваются дегенеративно-дистрофические изменения в стенке трахеи и главных бронхов, наиболее выраженные в их мембранозной части, которая теряет свою эластичность, атрофируется и значительно растягивается. В результате этих изменений мембранозная

часть во время выдоха пролабирует в просвет и перекрывает дыхательные пути [10, 11].

Консервативное лечение данной патологии имеет преимущественно симптоматический характер и заключается в назначении противокашлевых средств, бронхолитиков, противовоспалительных препаратов, санационных бронхоскопий [5].

Несмотря на разнообразие терапевтических подходов, основным способом стойкой коррекции экспираторного стеноза является хирургическое лечение. Наиболее часто хирургическое вмешательство направлено на укрепление мембранозной части трахеи путем фиксирования различных трансплантатов внеслизистыми, гофрирующими мембранозную часть трахеи швами. В качестве укрепляющего материала применяют пластинки из расщепленного ребра с надкостницей, большеберцовой кости, свободные аутолоскуты апоневроза влагалища прямой мышцы живота, плевры, перикарда, консервированную трупную кость и перикард, бычий перикард, полипропиленовую и лавсановую сетку (марлекс), нейлоновую ленту [4—6, 8, 10, 11]. Основные недостатки способов связаны с низким уровнем биосовместимости с тканями и технической сложностью фиксирования имплантата к истонченной мембранозной части. Кроме того, большинству методов, основанных на использовании собственных тканей, присуща дополнительная травматичность, связанная с забором аутолоскутов, либо их лизирование в результате отсутствия кровоснабжения.

В настоящее время появляется все больше сообщений об использовании в хирургии нового класса имплантатов из никелида титана, преимуществом которого является биохимическая и биомеханическая совместимость с тканями организма [3]. Для восстановления упруго-эластических свойств стенки трахеи было разработано и экспериментально обосновано устройство, состоящее из связанных между собой пористых никелид-титановых полуколец, фиксация которого к стенке трахеи осуществляется внеслизистыми никелид-титановыми нитями [1]. Однако техническая сложность конструкции и трудность фиксации ограничивает ее использование.

Цель исследования — разработка простого и надежного способа хирургического лечения экспираторного стеноза трахеи и главных бронхов с использованием имплантата из пористо-проницаемого никелида титана.

## Материал и методы

Имплантат, изготовленный из пористо-проницаемого никелида титана, разработан в НИИ медицинских материалов и имплантатов с памятью формы (г. Томск). При разработке формы имплантата исходили из анатомических особенностей трахеи и протяженности смоделированного участка экспираторного стеноза.

Способ апробирован на 10 взрослых беспородных собаках обоего пола массой тела 10—16 кг, которым предварительно моделировали экспираторный стеноз. Модель экспираторного стеноза создавалась по способу, предложенному Н.В. Путовым и соавт. (1974). Животных содержали в условиях вивария Центральной научно-исследовательской лаборатории Сибирского государственного медицинского университета (СибГМУ). Исследование проводили согласно этическим принципам, изложенным в «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей». Исследование одобрено этическим комитетом СибГМУ.

Подготовка к операции, анестезиологическое обеспечение и ведение послеоперационного периода у всех животных были одинаковыми. В условиях управляемого дыхания под общей анестезией осуществлялся доступ к шейному отделу трахеи. На мобилизованном участке трахеи выполняли моделирование экспираторного стеноза путем подслизистой резекции четырех хрящевых полуколец трахеи. В результате этого вмешательства стенка трахеи становилась избыточно подвижной на локальном участке и была представлена только слизисто-подслизистыми слоями (рис. 1). Пролабирующий участок шейного отдела трахеи укрепляли пористо-проницаемым имплантатом из никелида титана (рис. 2).

В послеоперационном периоде проводили клиническое наблюдение за животными, осуществляли лучевой и эндоскопический контроль. На 14-е, 21-е сут после операции выполняли рентгенографию органов грудной клетки в прямой и боковой проекциях. Кроме того, пяти животным на 7-е и 14-е сут проводили трахеоскопию ригидным бронхоскопом KarlStors (Германия). Животных выводили из эксперимента на 3-и, 7, 14, 30-е сут и 3, 6 мес. Имплантат с окружающим тканевым регенератом исследовали сканирующим электронным микроскопом Quanta 200-3D (FEI Company,

США) в режиме среды. Препараты фиксировали в 10—12%-м растворе нейтрального формалина. После фиксации формалином имплантат прецизионно извлекали, тканевой регенерат с его поверхности и прилежащие ткани подвергали гистологическому исследованию. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином и по ван Гизону.



Рис. 1. Этап операции. Смоделированный участок экспираторного стеноза трахеи. Отсутствует слизисто-подслизистый слой



Рис. 2. Этап операции. Выполнено укрепление смоделированного участка экспираторного стеноза имплантатом из никелида титана

## Результаты и обсуждение

Разработан способ хирургического лечения экспираторного стеноза трахеи и главных бронхов с использованием имплантата из никелида титана (патент РФ №2376949). Имплантат представляет собой вогнутой формы пластину из никелида титана толщиной 0,9—1,0 мм, пористостью 40—70%, с размерами пор от 100 до 1 000 мкм. Благодаря экспериментально подобранным физическим характеристикам имплантата, за счет эффекта капиллярности и шероховатой поверхности происходит его фиксация к пролабирующему участку

трахеи и околотрахеальной клетчатке, что исключает его смещение сразу после имплантации.

В настоящей работе экстратрахеальное укрепление стенки трахеи проводилось следующим образом: в условиях искусственной вентиляции легких (ИВЛ) с интубацией трахеи оротрахеальной трубкой с манжетой осуществляется доступ к заинтересованному отделу дыхательных путей. При согласованном изменении положения эндотрахеальной трубки и режима вдоха—выдоха в ходе ИВЛ уточняют локализацию стеноза. После этого манжету интубационной трубки устанавливают на середине участка пролабирования, препятствуя смещению избыточно подвижной стенки на выдохе в просвет трахеи. Размеры имплантата подбирают с условием, что он должен превышать длину измененного участка дыхательных путей. Укрепление осуществляется путем прикладывания имплантата к стенке трахеи. Благодаря заранее установленной манжете в месте пролабирования, создается интратрахеальное сопротивление, препятствующее западению стенки в просвет трахеи при прижатии имплантата, что обеспечивает равномерную фиксацию его к стенке трахеи.

Послеоперационный период у всех животных был гладким и соответствовал тяжести проведенного оперативного вмешательства. В раннем и отдаленном послеоперационном периодах клинически дыхание животных оставалось свободным, без стридорозного компонента как в покое, так и во время движения животного, что свидетельствует о достаточном просвете трахеи для полноценного дыхания. К 7-м сут восстанавливался лай собак до нормального, что обеспечивается отсутствием препятствия в трахее потоку воздуха при резком выдохе.

При рентгенологическом исследовании органов грудной клетки и воздушного столба трахеи в разные сроки определялась рентгеноконтрастная тень имплантата (рис. 3), столб трахеи не деформирован, признаков смещения имплантата не наблюдалось ни в одном случае.

При трахеоскопии на 7-е сут просвет трахеи стабилен как при ИВЛ, так и при спонтанном дыхании. Пропалса слизистой оболочки трахеи в просвет не наблюдалось ни в одном из случаев. Рельеф слизистой оболочки трахеи в области укрепления сглажен за счет отсутствия хрящевых полуколец. Признаки воспаления выражены незначительно, отмечался умеренный отек и гиперемия в месте имплантации. Разраста-

ния грануляций и признаков формирования стеноза трахеи не обнаружено. На 14-е сут отмечалось отсутствие явлений воспаления со стороны слизистой оболочки в месте укрепления стенки трахеи. Признаков стеноза трахеи не выявлено, визуально просвет трахеи в месте укрепления и на интактном участке одинакового диаметра.



Рис. 3. Рентгенограмма органов грудной клетки животного через 3 мес после операции. Рентгеноконтрастная тень имплантата в проекции шейного отдела трахеи без признаков смещения

При макроскопическом исследовании области имплантации после выведения животных из эксперимента признаков миграции имплантата не обнаружено ни в одном случае.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) показала, что между имплантатом из пористого никелида титана и прилежащими тканями сформировался единый конгломерат. На 7-е сут после имплантации на поверхности и в отдельных порах имплантата наблюдались клеточные элементы и тканевые структуры, характерные для рыхлой неоформленной соединительной ткани. По мере увеличения времени пребывания имплантационного материала в организме происходило дальнейшее заполнение пор вновь образованной тканью и ее созревание. На 30-е сут образованная ткань плотно прилегала к поверхности имплантата и заполнила практически все поры (рис. 4). В последующие сроки тканевой регенерат не претерпевал заметных изменений, происходило лишь его дальней-

шее формирование до состояния зрелой соединительной ткани.

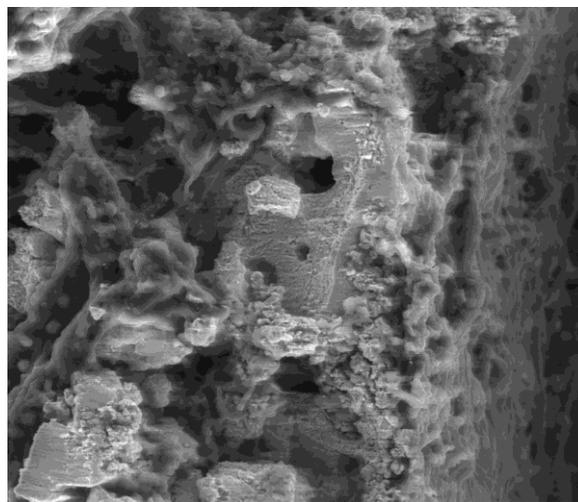


Рис. 4. Структура конгломерата, образованного пористым имплантатом из никелида титана и соединительной тканью, на 30-е сут после операции. СЭМ. Ув. 600

При гистологическом исследовании зоны имплантации на 3-и сут в подслизистом слое отмечались множественные кровоизлияния, отек, выраженная лимфоцитарная воспалительная инфильтрация. Слизистая оболочка трахеи представлена ровной линией без формирования складок. На 7-е сут сохранялись точечные кровоизлияния в подслизистом слое, отечность, лимфоцитарная инфильтрация была выражена незначительно. Слизистая оболочка трахеи не деформирована, выстлана многоядным эпителием. К 14-м сут слизистая оболочка не изменена, в подслизистом слое явления воспаления практически купированы. Вокруг имплантата отмечено формирование грануляционной ткани с большим количеством фибробластов. На 30-е сут после операции имплантат практически не выделялся из-за врастания в поры элементов соединительной ткани. Вокруг имплантата образовалась тонкостенная соединительнотканная капсула, состоящая из извитых коллагеновых волокон. Слизистая оболочка не изменена. В отдаленные сроки слизистая оболочка в месте имплантации не отличалась от нормальной, она имела ровную и гладкую поверхность. В подслизистом слое явления воспаления полностью отсутствовали. Имплантат окружен тонкой соединительно-тканной капсулой, состоящей из коллагеновых волокон.

Таким образом, разработанный способ хирургического лечения экспираторного стеноза трахеи и

главных бронхов обладает преимуществами перед всеми известными способами лечения благодаря простоте исполнения и надежности. Полученные обнадеживающие результаты проведенного исследования дают основания рекомендовать метод к клинической апробации.

## **Выводы**

1. Разработанная конструкция позволяет полноценно восстанавливать утраченные каркасные свойства стенки трахеи без нарушения ее просвета. Благодаря подобранным техническим параметрам имплантат прочно фиксируется к прилежащим тканям сразу после имплантации.

2. Данные лучевого и эндоскопического контроля свидетельствуют о достаточном просвете и стабильности стенки трахеи в разные сроки после операции.

3. Гистологические исследования свидетельствуют о прорастании соединительной ткани сквозь пористую структуру имплантата с образованием единого с имплантационным материалом тканевого регенерата, что предотвращает патологическое пролабирование стенки трахеи и исключает развитие рецидивов.

## **Литература**

1. *Бродер И.А.* Лечение трахеомалации устройством из пористого никелида титана: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Тюмень, 2004. 22 с.
2. *Иоффе Л.Ц.* Регионарные функции легких. Алма-Ата, 1975. С. 139—144.
3. *Никелид титана* / В.Э. Гюнтер, В.Н. Ходоренко, Ю.П. Ясенчук и др. Томск: Печатная мануфактура, 2006. 295 с.
4. *Перельман М.И., Бирюков Ю.В., Королёва Н.С.* // Клинич. медицина. 1990. № 11. С. 132—133.
5. *Торакальная хирургия* / под ред. Л.Н. Бисенкова. М., 2002. С. 755—759.
6. *Трахеобронхиальная хирургия* / Б.В. Петровский, М.И. Перельман, Н.С. Королёва. М., 1978.
7. *Трофимов Э.М.* Экспираторный стеноз трахеи и главных бронхов (клиника, диагностика, лечение): автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1974.
8. *Хирургия трахеи* / под ред. М.И. Перельмана. М., 1975.
9. *Хадарцев А.А.* Диагностика, предупреждение и лечение экспираторных стенозов трахеи и бронхов // Фельдшер и акушерка. 1989. № 5. С. 23—25.
10. *Grillo H.C.* Surgery of the trachea and bronchi. London, 2004. 872 p.
11. *Whight C.D.* Tracheomalacia // Chest Surg. Clin. N. Am. 2003. V. 13. P. 349—357.

Поступила в редакцию 27.01.2011 г.

Утверждена к печати 13.05.2011 г.

## **Сведения об авторах**

*Г.Ц. Дамбаев* — д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАМН, зав. кафедрой госпитальной хирургии СибГМУ (г. Томск).

*Е.Б. Топольницкий* — канд. мед. наук, докторант кафедры госпитальной хирургии СибГМУ (г. Томск).

*Н.А. Шефер* — очный аспирант кафедры госпитальной хирургии СибГМУ (г. Томск).

*В.Н. Ходоренко* — канд. тех. наук, НИИ медицинских материалов и имплантатов с памятью формы (г. Томск).

*Т.И. Фомина* — канд. мед. наук, доцент НИИ фармакологии СО РАМН (г. Томск).

*А.Н. Байков* — д-р мед. наук, профессор, заведующий ЦНИЛ СибГМУ (г. Томск).

*В.Э. Гюнтер* — заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, директор НИИ медицинских материалов и имплантатов с памятью формы (г. Томск).

## **Для корреспонденции**

*Шефер Николай Анатольевич*, тел. 8-913-803-7623; e-mail: schefer@sibmail.com