

МОДЕЛЬ ВРОЖДЕННОГО СТЕНОЗА ТРАХЕИ У КРОЛИКА

© Екатерина Игоревна Охлопкова, Екатерина Андреевна Козлова,
Дарья Олеговна Корчагина, Юлия Ивановна Шибутова,
Леонид Александрович Корниевский, Артем Владимирович Косулин

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет.
194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., 2

Контактная информация: Артем Владимирович Косулин — ассистент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии. E-mail: hackenlad@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Врожденный стеноз трахеи является редким пороком развития, для коррекции которого применяется скользящая трахеопластика, позволяющая, в отличие от резекции пораженного сегмента с наложением анастомоза, существенно сократить потерю трахеальной стенки и уменьшение длины трахеи. На результаты скользящей трахеопластики в значительной степени влияют детали оперативной техники. В связи с этим представляет интерес разработка модели врожденного стеноза трахеи. Группе из 15 кроликов выполнялась стенозирующая трахеопластика. Стенку трахеи рассекали вертикально и с помощью разметочного циркуля и ножниц с каждой стороны формировали две пары встречных треугольных лоскутов. Образовавшийся фигурный дефект ушивали в продольном направлении отдельными узловыми швами. При аутопсии препарат трахеи изымался, после чего с помощью расширителей Гегара производили измерения просвета трахеи на уровне стеноза, а также в прилежащих к зоне трахеопластики сегментах. По процентному соотношению фактической и нормальной площади просвета судили о степени стеноза. Также при аутопсии макроскопически оценивали состоятельность заживления трахеальной стенки. Измерения зоны трахеопластики показали формирование стеноза 54–73%. Оценка состоятельности трахеальной стенки показала надежное заживление к 9 суткам. Предлагаемая модель врожденного стеноза трахеи у кролика характеризуется формированием сужения за счет удаления части трахеальной стенки. Вмешательство не представляет значительных технических трудностей. В послеоперационном периоде не требуются специальные мероприятия, частота осложнений со стороны дыхательных путей минимальна. Вместе с тем, существенным недостатком модели является сохранение на уровне стеноза мембранозной части трахеи, вследствие чего не происходит полного воспроизведения морфологии врожденного стеноза — замкнутого хрящевого кольца. Следующим этапом работы должно стать перемещение зоны пластики на заднюю поверхность трахеи с удалением сегмента мембранозной части.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Врожденный стеноз трахеи, скользящая трахеопластика, экспериментальная модель

RABBIT MODEL OF CONGENITAL TRACHEAL STENOSIS

© Ekaterina I. Okhlopkova, Ekaterina A. Kozlova, Dar'ya O. Korchagina,
Yuliya I. Shibutova, Leonid A. Korniyevskiy, Artem V. Kosulin

Saint-Petersburg state Pediatric Medical University. 194100, Saint-Petersburg, Litovskaya st., 2

Contact Information: Artem V. Kosulin — assistant of the Department of operative surgery and topographic anatomy.
E-mail: hackenlad@mail.ru

ABSTRACT. Congenital tracheal stenosis is a rare malformation corrected by means of slide tracheoplasty. This procedure minimizes loss of tracheal wall and preserves length of trachea. Results of tracheal reconstruction depend on surgical technique details. The aim of present study

was to establish a model of congenital tracheal stenosis. 15 rabbits underwent stenosing tracheoplasty. Tracheal wall was incised longitudinally. By means of compasses and scissors two triangular flaps were formed at both sides of incision. Resulting figured defect was longitudinally closed by interrupted sutures. On autopsy tracheal complex was withdrawn and lumen diameter at tracheoplasty level as well as in adjacent unaltered levels was measured by Hegar's dilators. By measured and normal lumen area ratio grade of formed stenosis was estimated. Healing of tracheal wall was also accessed. Measured stenosis grade was 54–73%. Reliable healing of tracheal wall was achieved by 9th postoperative day. Proposed model of congenital tracheal stenosis in rabbit narrows trachea as result of partial tracheal wall removal. Surgical procedure is not technically difficult. No special measures are required postoperatively. Respiratory complications rate is low. Nevertheless, the most important limitation of the model is preservation of membranous wall at the level of stenosis and failure to reproduce complete cartilaginous ring to simulate congenital anomaly morphology. Next step of the research should be transfer of tracheoplasty zone to the posterior side of trachea and removal of membranous wall segment.

Key words: Congenital tracheal stenosis, slide tracheoplasty, animal model.

ВВЕДЕНИЕ

Врожденный стеноз трахеи является редким пороком развития с широким спектром клинических проявлений в зависимости от степени сужения просвета дыхательных путей, протяженности мальформации, сочетанных аномалий. Наиболее распространенным радикальным способом коррекции данного порока является скользящая трахеопластика, позволяющая, в отличие от резекции пораженного сегмента с наложением анастомоза, существенно сократить потерю трахеальной стенки и уменьшения длины трахеи. На результаты скользящей трахеопластики в значительной степени влияют детали оперативной техники. В связи с этим представляет интерес разработка модели врожденного стеноза трахеи. В качестве критериев удовлетворительной модели выступают воспроизводимость, относительная простота хирургического вмешательства, минимальные требования к послеоперационному уходу, минимальные сроки формирования модели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Группе из 15 кроликов породы шиншилла обоего пола (9 самок, 6 самцов) массой 2,4–4,1 кг выполнялась стенозирующая трахеопластика. Под аппаратным эфирным наркозом животному выполнялась прямая ларингоскопия и интубация трахеи (с учетом предстоящего формирования стеноза диаметр интубационной трубки составлял 2,5 мм; герметизация дыхательного контура достигалась тампонадой ротоглотки), а также катетеризация периферической вены. Животное фикси-

ровали в положении на спине, шерсть на передней области шеи удаляли. После обработки операционного поля в проекции шейного сегмента трахеи выполняли вертикальный срединный разрез, осуществляли доступ к трахее и мобилизацию ее передней полуокружности. Стенку трахеи рассекали вертикально и с помощью разметочного циркуля и ножниц с каждой стороны формировали две пары встречных треугольных лоскутов (рис. 1). Образовавшийся фигурный дефект ушивали в продольном направлении отдельными узловыми швами (рис. 2). Выполняли пробу на аэростаз. Рану послойно ушивали. В ходе операции все животные получали инфузионную поддержку из расчета 10 мл/кг/час, а также антибактериальную профилактику (цефтриаксон в дозе 50 мг). В раннем послеоперационном периоде животные получали анальгетическую терапию. После операции животные подлежали ежедневному клиническому наблюдению. Четверым кроликам в дальнейшем на 29–40 сутки после операционного периода выполнялась хирургическая ревизия и скользящая трахеопластика. В случае смерти животного, а также при плановой аутопсии препарат трахеи изымался, после чего с помощью расширителей Гегара производили измерения просвета трахеи на уровне стеноза, а также в прилежащих к зоне трахеопластики сегментах. За нормальное значение диаметра просвета трахеи на уровне стеноза принимали среднее арифметическое диаметров прилежащих неизмененных сегментов. По расчетному нормальному значению диаметра просвета трахеи и фактическому измеренному диаметру, соответственно, вычисляли нормальную и фактическую пло-

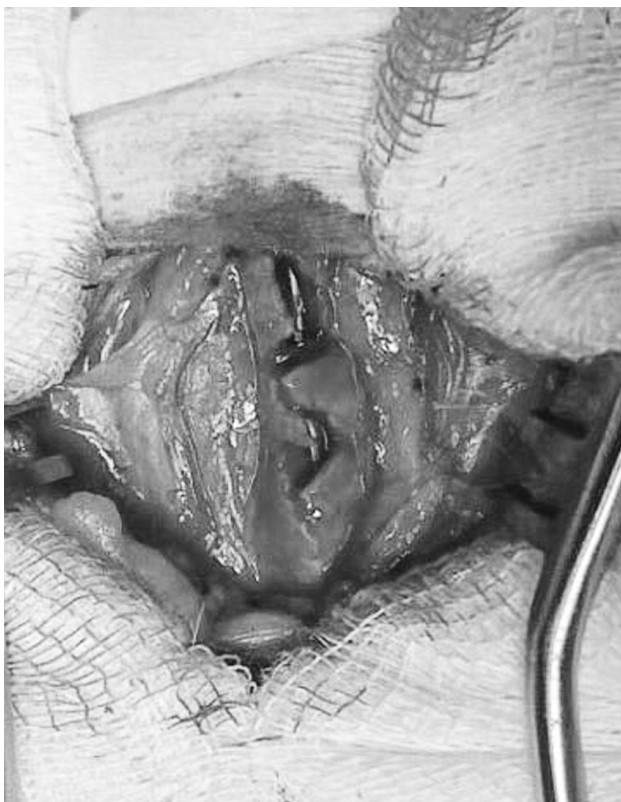


Рис. 1. Формирование встречных треугольных лоскутов

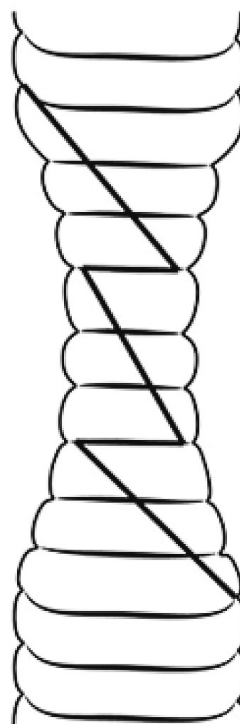


Рис. 2. Завершенная стенозирующая трахеопластика

щадь, принимая сечение трахеи за окружность. По процентному соотношению фактической и нормальной площади просвета судили о степени стеноза. При каждой аутопсии швы с трахеи удаляли и макроскопически оценивали состоятельность заживления трахеальной стенки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Двое животных погибли от анестезиологических причин в ходе оперативного вмешательства. Один кролик погиб на 4 сутки, на вскрытии обнаружена пневмония. Двое животных погибли на 5 и 7 сутки послеоперационного периода от несвязанных с оперативным вмешательством причин. Восемь животных были выведены из работы в срок 5–37 суток после операции. Измерения зоны трахеопластики показали формирование стеноза 54–73%. Оценка состоятельности трахеальной стенки показала надежное заживление к 9 суткам. При хирургической ревизии и выполнении скользящей трахеопластики 4 кроликам во всех случаях был обнаружен стеноз трахеи, измерения не выполнялись. Из 13 животных, переживших первичную операцию, осложнения со стороны дыхательных путей были отмечены только в одном случае (7,7%). В двух случаях (15,4%) наблюдались гнойные осложнения со стороны послеоперационной раны.

ОБСУЖДЕНИЕ

Врожденный стеноз трахеи представляет собой редкий порок развития. Частота встречаемости составляет 1 на 64 500 [2]. Клинически значимые формы, тяжесть течения которых зависит от степени и протяженности стеноза, проявляются в периоде новорожденности признаками дыхательной недостаточности и требуют ранней коррекции [3, 4]. Стандартом диагностики считается трахеобронхоскопия, компьютерная томография не позволяет оценить морфологию порока достаточно точно [3, 8]. Дефинитивным оперативным вмешательством считается скользящая трахеопластика, так как при данном вмешательстве происходит минимальная потеря трахеальной стенки, а также возможна коррекция протяженного стеноза [1]. Сочетанные пороки развития, как правило, затрагивают сердечно-сосудистую систему [2]. При невозможности или нежелательности радикальной оперативной коррекции врожденного

стеноза трахеи (при крайне низкой массе тела, с высоким риском операции в связи с сопутствующими состояниями) возможно использование паллиативных вмешательств: баллонной трахеопластики, стентирования пораженного сегмента [4, 7]. Так как морфологической основой врожденного стеноза трахеи, как правило, являются замкнутые хрящевые кольца [3, 4], даже клинически незначимые, обнаруженные в качестве случайной находки при обследовании, формы стеноза в дальнейшем, по мере роста ребенка, могут приводить к появлению дыхательной недостаточности и требовать хирургического лечения [4]. Паллиативные вмешательства также нередко сопровождаются формированием рестеноза [4].

Кролик обладает относительно длинным шейным сегментом трахеи, морфометрически сопоставимым с трахеей новорожденного ребенка. Nakagishi и соавторами предложена модель постинтубационного стеноза трахеи, формирование которого происходит вследствие травмирования слизистой оболочки жесткой нейлоновой кистью. Стеноз развивается за счет рубцовых изменений, приводящих к увеличению толщины трахеальной стенки [5]. Таким образом, данная модель имеет ограниченное значение в контексте врожденного стеноза трахеи. Takano с соавторами исследовали на модели кролика рост трахеи после скользящей трахеопластики, выполняя циркулярную резекцию в косом направлении [6]. Данное вмешательство не дает представления о технике скользящей трахеопластики, так как не предполагает коррекции предсуществующего стеноза. Вместе с тем, техника оперативного вмешательства имеет большое значение для результатов хирургического лечения врожденного стеноза трахеи [7].

Предлагаемая модель врожденного стеноза трахеи у кролика характеризуется формированием сужения за счет удаления части трахеальной стенки. Поперечные ребра встречаемых треугольных лоскутов обеспечивают армирование передней полуокружности трахеи и способствуют сохранению формы ее просвета, предотвращая килевидную деформацию передней полуокружности. Вмешательство не представляет значительных технических трудностей. В послеоперационном периоде не требуются специальные мероприятия, частота осложнений со стороны дыхательных путей минимальна. Заживление трахеальной стенки наступает к 9 сутками после

операции. Сформированный таким образом стеноз пригоден для последующего выполнения скользящей трахеопластики. Вместе с тем, существенным недостатком модели является сохранение на уровне стеноза мембранозной части трахеи, вследствие чего не происходит полного воспроизведения морфологии врожденного стеноза — замкнутого хрящевого кольца. Следующим этапом работы должно стать перемещение зоны пластики на заднюю поверхность трахеи с удалением сегмента мембранозной части.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разумовский А.Ю., Горбачевский О.В., Шаталов К.В., Куликова Н.В., Гуз В.И., Степаненко Н.С. Скользящая трахеопластика у детей в условиях искусственного кровообращения. Первый опыт в России. *Анналы хирургии*. 2012; 1: 48–52.
2. Anton-Pacheco J.L., Morante R. Operative or non-operative treatment of congenital tracheal stenosis: is there something new? *J Thorac Dis*. 2017; 9(12): 4878–4880. DOI: 10.21037/jtd.2017.11.75.
3. Hofferberth S.C., Watters K., Rahbar R. et al. Management of Congenital Tracheal Stenosis. *Pediatrics*. 2015; 136(3): e660–669. DOI: 10.1542/peds.2014–3931.
4. Morita K., Maeda K., Yabe K. et al. Management of congenital tracheal stenosis in the neonatal period. *Pediatr Surg Int*. 2017; 33(10): 1059–1063. DOI: 10.1007/s00383–017–4137–9.
5. Nakagishi Y., Morimoto Y., Fujita M. et al. Rabbit model of airway stenosis induced by scraping of the tracheal mucosa. *Laryngoscope*. 2005; 115(6): 1087–1092. DOI: 10.1097/01.MLG.0000163105.86513.6D.
6. Takano Y., Maeda K., Hisamatsu C. et al. The efficacy of slide tracheoplasty in a growing rabbit model. *Pediatr Surg Int*. 2012; 28(1): 37–41. DOI: 10.1007/s00383–011–3006–1.
7. Usui Y., Ono S., Baba K. et al. Pitfalls in the management of congenital tracheal stenosis: is conservative management feasible? *Pediatr Surg Int*. 2018; 34(10): 1035–1040. DOI: 10.1007/s00383–018–4329-y.
8. Varela P., Torre M., Schweiger C. et al. Congenital tracheal malformations. *Pediatr Surg Int*. 2018; 34(7): 701–713. DOI: 10.1007/s00383–018–4291–8.
9. Zhang H., Wang S., Lu Z. et al. Slide tracheoplasty in 81 children: Improved outcomes with modified surgical technique and optimal surgical age. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96(38): e8013. DOI: 10.1097/MD.00000000000008013.

REFERENCES

1. Razumovskiy A.YU., Gorbachevskiy O.V., Shatalov K.V., Kulikova N.V., Guz V.I., Stepanenko N.S. Skol'zyashchaya trakheoplastika u detey v usloviyakh iskusstvennogo krovoobrashcheniya. Pervyy opyt v Rossii [Slide tracheoplasty on cardiopulmonary bypass. First experience in Russia]. *Annaly khirurgii*. 2012; 1: 48–52 (in Russian).
2. Anton-Pacheco J.L., Morante R. Operative or non-operative treatment of congenital tracheal stenosis: is there something new? *J Thorac Dis*. 2017; 9(12): 4878–4880. DOI: 10.21037/jtd.2017.11.75.
3. Hofferberth S.C., Watters K., Rahbar R. et al. Management of Congenital Tracheal Stenosis. *Pediatrics*. 2015; 136(3): e660–669. DOI: 10.1542/peds.2014–3931.
4. Morita K., Maeda K., Yabe K. et al. Management of congenital tracheal stenosis in the neonatal period. *Pediatr Surg Int*. 2017; 33(10): 1059–1063. DOI: 10.1007/s00383–017–4137–9.
5. Nakagishi Y., Morimoto Y., Fujita M. et al. Rabbit model of airway stenosis induced by scraping of the tracheal mucosa. *Laryngoscope*. 2005; 115(6): 1087–1092. DOI: 10.1097/01.MLG.0000163105.86513.6D.
6. Takano Y., Maeda K., Hisamatsu C. et al. The efficacy of slide tracheoplasty in a growing rabbit model. *Pediatr Surg Int*. 2012; 28(1): 37–41. DOI: 10.1007/s00383–011–3006–1.
7. Usui Y., Ono S., Baba K. et al. Pitfalls in the management of congenital tracheal stenosis: is conservative management feasible? *Pediatr Surg Int*. 2018; 34(10): 1035–1040. DOI: 10.1007/s00383–018–4329-y.
8. Varela P., Torre M., Schweiger C. et al. Congenital tracheal malformations. *Pediatr Surg Int*. 2018; 34(7): 701–713. DOI: 10.1007/s00383–018–4291–8.
9. Zhang H., Wang S., Lu Z. et al. Slide tracheoplasty in 81 children: Improved outcomes with modified surgical technique and optimal surgical age. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96(38): e8013. DOI: 10.1097/MD.00000000000008013.