



Ю. Н. Скибо

Харьковская медицинская
академия последипломного
образования

ГУ «Институт общей
и неотложной хирургии НАМН
Украины», г. Харьков

© Скибо Ю. Н.

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЛЕГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ И ПРАВОЖЕЛУДОЧКОВОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПРИ ОБШИРНЫХ РЕЗЕКЦИЯХ ЛЕГКИХ В ХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Резюме. Представлен первый опыт изучения особенностей сердечно-легочной гемодинамики и патоморфологических изменений в легких и миокарде после обширных резекций легких, а также влияния право-левых разгрузочных шунтов на развитие легочной гипертензии и правожелудочковой недостаточности в отдаленном послеоперационном периоде. Материалом экспериментального исследования служили 12 кролей породы «Шиншилла». В ходе исследования установлено, что существенным фактором, влияющим на уменьшение легочной артериальной гипертензии, является прогрессирующее увеличение компенсаторной роли внутрилегочных артериовенозных шунтов, обеспечивающих сброс крови справа налево, минуя капиллярное русло малого круга кровообращения. Обширные резекции легких с контролируемым артериовенозным шунтированием не вызывали существенных изменений гемодинамики в отдаленном послеоперационном периоде, характерных для состояний после обычных резекций соответствующего объема.

Ключевые слова: резекция легкого, пульмонэктомия, легочная гипертензия, недостаточность правого желудочка сердца.

Введение

Несмотря на сложившееся общее стремление хирургов к ограничению объема резекций легких, в клинической практике возникает необходимость в проведении двусторонних резекций, пульмонэктомий, однако такие операции нередко сопровождаются грозными функциональными нарушениями в послеоперационном периоде [3].

В то время, как острая респираторная недостаточность в ранние сроки после пневмонэктомии обусловлена невозможностью обеспечивать достаточный уровень газообмена оставшейся легочной тканью, внезапное повышение сопротивления в оставшейся части малого круга кровообращения ведет к перегрузке правых отделов сердца и повышает риск развития острой правожелудочковой недостаточности. Острая слабость правого желудочка при недостаточности компенсаторных возможностей сердечной мышцы — основная причина многих пострезекционных летальных исходов в хирургии легких [1, 2].

В ряде исследований [4, 5] показана возможность формирования право-левого межпредсердного шунта через персистирующее овальное окно после резекций легких и пульмонэктомий. В то время, как распространенность открытого овального окна оценивается от 25 % до 35 % в общей популяции, такой шунт может

быть причиной диспноэ или, так называемого, синдрома платипноэ-ортодеоксии в отдаленном послеоперационном периоде. Однако значимость такого шунта в уменьшении перегрузки правого желудочка в остром послеоперационном периоде изучена недостаточно.

Цель исследования

Изучение особенностей сердечно-легочной гемодинамики и патоморфологических изменений в легких и миокарде после обширных резекций легких, а также влияния право-левых разгрузочных шунтов на развитие легочной гипертензии и правожелудочковой недостаточности в отдаленном послеоперационном периоде.

Материалы и методы исследования

Материалом экспериментального исследования служили 12 кролей породы «Шиншилла» обоего пола, возрастом 150-200 дней, массой от 2,8 до 3,1 кг. Проведение эксперимента осуществлялось согласно правилам гуманного обращения с лабораторными животными, принятым в Европейском сообществе.

Экспериментальных животных оперировали в стерильных условиях, под общим обезболиванием. Анестезиологическое пособие осуществляли путем внутривенного введения кетамина (50 мг/кг), фентанила (2-4 мг/кг).



Для адекватного контролю дыхательной функции производили стандартную трахеотомию с последующим введением и фиксацией интубационной трубки (3,5 мм).

Животные были разделены на четыре группы по 3 кроля в каждой.

Группа контроля (К) выделена для выяснения основных параметров сердечно-легочной гемодинамики у наркотизированных животных.

В качестве оперативного доступа использовалась продольная срединная стернотомия. Выбор доступа определялся достаточной визуализацией всех отделов сердца, магистральных сосудов, структурных элементов корней легких и возможностью свободного манипулирования на них.

После рассечения кожи, подкожной клетчатки, грудины, продольно вскрывали перикард и фиксировали держалками. Ствол и ветви легочной артерии (ЛА), структурные элементы корней легких выделялись и посредством обхода лигатурами контролировались турникетами.

Прямую пункцию правого (ПЖ) и левого (ЛЖ) желудочков сердца, магистральных сосудов для мониторинга давления выполняли катетерами Intocan-W (Bbraun) G12, с последующей фиксацией нитью пролен 7,0. Катетеры посредством артериальных линий подсоединяли к следящей аппаратуре.

Частоту сердечных сокращений, а также давление в полостях и магистральных сосудах определяли прямым методом с использованием монитора ЮМ-300Т. Показатели PCO_2 крови измеряли потенциометрическим, а PO_2 – амперометрическим методом на газоанализаторе «Easy Blood Gas» (Medica Corporation, USA). Насыщение кислородом, а также альвеолярно-артериальный кислородный градиент рассчитывали газоанализатором по формулам.

Используя ранее выполненные обходы структурных элементов корней легких, подтягиванием турникетов и лигированием создавали препятствие на пути оттока из ПЖ, обеспечивая его перегрузку давлением.

Создание различных уровней легочной гипертензии достигалось путем лигирования структурных элементов корня одного легкого и сегмента контрлатерального легкого. Уровни легочной гипертензии определялись как отношение давления в ЛА к давлению в аорте, которые измерялись прямым способом.

Определяя длительность экспериментальной модели в исследуемых группах животных исходили из данных об устойчивости ПЖ к перегрузке давлением. Для контроля основных показателей гемодинамики в остром периоде нами выбран временной интервал 60 минут.

В группе кролей К1, после оперативного доступа, по описанной выше методике и уста-

новки катетеров, производили лигирование структурных элементов корня одного легкого. В группе кролей К2 производили лигирование структурных элементов корня одного легкого и сегмента второго легкого под контролем увеличения давления в стволе ЛА. В группе животных К3 кроме лигирования структурных элементов корня одного легкого и сегмента второго легкого производили отжатие и дистальное пересечение основной ветви ЛА на стороне лигированного корня с последующим наложением анастомоза в конец ипсилатеральной легочной вены или ушка левого предсердия с регулированием просвета анастомоза. После выполнения соответствующих манипуляций во всех группах экспериментальных животных проведен контроль инвазивного давления и насыщения крови кислородом, ушивание послеоперационных ран.

Экспериментальные животные находились под наблюдением в сроках до 6 месяцев, затем, после повторного измерения показателей, препараты сердца и легких изымались для морфологического исследования. Каждый исследуемый случай подвергался обзорной микроскопии, при которой оценивался общий характер строения тканей легкого и миокарда, состояние кардиомиоцитов, стромального компонента, сосудистого русла, а также наличие или отсутствие вторичных изменений (кровοизлияния, некроз, воспаление).

Результаты исследований и их обсуждение

В отсутствие суживания ствола ЛА в условиях искусственной вентиляции легких кролей группы К при разведенной грудине и установленных желудочковых катетерах систолическое давление в полости левого желудочка (СДЛЖ) составляло от 102 до 108 мм рт. ст., диастолическое (ДДЛЖ) – 0 мм рт.ст.; систолическое давление в полости правого желудочка (СДПЖ) составляло от 19 до 21 мм рт. ст.; начальное-диастолическое (т.е. минимальное в течение сердечного цикла) давление правого желудочка (НДДПЖ) – 2 мм рт. ст. Насыщение крови кислородом в бедренной артерии (SaO_2 AF) составляло $92 \pm 0,6$ %, насыщение крови кислородом в бедренной вене (SvO_2 VF) – $74,6 \pm 0,6$ %, таким образом, количество шунтированной крови (отношение венозной примеси к сердечному выбросу Qs/Qt) составляло 2 %.

Лигирование структурных элементов корня одного легкого в группе экспериментальных животных К1 приводило к умеренному повышению СДПЖ до 22 ± 1 мм рт.ст. на фоне умеренного снижения СДЛЖ до 100 ± 2 мм рт.ст., НДДПЖ имело тенденцию к повышению до уровня 0 мм рт.ст. SaO_2 AF составляло $80,1 \pm 0,4$ %, а SvO_2 VF – $58,0 \pm 0,5$, таким образом, Qs/Qt



составляло 9 %. При изучении параметров гемодинамики экспериментальных животных группы К1 в хроническом эксперименте через 6 месяцев после операции сохранялось визуальное увеличение конечно-диастолического размера ПЖ, при этом СДПЖ достигало 36 мм рт.ст., а НДДПЖ превышало 2 мм рт.ст. В то же время СДЛЖ оставалось умеренно сниженным до 102±2 мм рт.ст.; SaO₂ AF составляло 83,2±0,4 %, SvO₂ VF – 62,2±0,7 %, таким образом, Qs/Qt составляло 17 %.

Аналогичные исследования проведены в группах экспериментальных животных К2 и К3. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели динамики давления в левом желудочке, легочной артерии и насыщения крови кислородом в группах экспериментальных животных

Показатель	Группы экспериментальных животных						
	К	К1		К2		К3	
		60 мин	6 мес	60 мин	6 мес	60 мин	6 мес
СДЛЖ (мм рт.ст.)	105±3	100±2	102±2	76±2	102±2	98±2	102±2
СДПЖ (мм рт.ст.)	20±1	22±1	31,5 ±5,4	38±2	33,2 ±3,1	25,2 ±2,4	33,2 ±3,1
НДДПЖ (мм рт.ст.)	-2	0	2	5±1	2	2	2
SaO ₂ AF, (%)	92,9 ±0,6	80,1 ±0,4	83,2 ±0,4	81,8 ±0,5	81,0 ±0,7	82,3 ±0,5	84,7 ±0,8
SvO ₂ VF, (%)	74,6 ±0,6	58,0 ±0,5	62,2 ±0,7	59,9 ±0,5	56,3 ±0,8	61,6 ±0,5	62,2 ±0,6
Qs/Qt, (%)	2	9	17	11	24	25	25

Следует отметить, что изменения в виде роста систолического давления в полости ПЖ до 50 % от системного и НДДПЖ до 4-6 мм рт.ст. на фоне снижения SaO₂ AF до 81,8±0,5 % и SvO₂ VF до 59,9±0,5 % (Qs/Qt 11 %) при лигировании структурных элементов корня одного легкого и порционного отжатия сегмента второго легкого экспериментальных животных группы К2 сохранялись при изучении параметров гемодинамики данной группы через 6 месяцев. Так, давление в полости ПЖ достигало 36 мм рт.ст., а диастолическое давление превышало 2 мм рт.ст. Давление в полости ЛЖ оставалось умеренно сниженным до 102±2 мм рт.ст. SaO₂ AF составляло 81,0±0,7 %, SvO₂ VF – 56,3±0,8 % и Qs/Qt составляло 24 %.

В то же время, после аналогичных манипуляций и наложения контролируемых разгрузочных право-левых шунтов в группе экспериментальных животных К3, при повышении давления в полости ПЖ до 25,2±2,4 мм рт.ст., снижении СДЛЖ до 98±2 мм рт.ст., снижении SaO₂ AF до 82,3±0,5 % и SvO₂ VF до 61,6±0,5 %, изучении параметров гемодинамики через 6 месяцев установлено, что давление в полости ПЖ составляло 33,2±3,1 мм рт.ст., а диастолическое давление 2 мм рт.ст. Давление в полости ЛЖ оставалось умеренно сниженным до

102±2 мм рт.ст., SaO₂ AF составляло 84,7±0,8 %, а SvO₂ VF – 62,2±0,7 % соответственно, таким образом, количество шунтированной крови Qs/Qt составляло 25 %.

К патоморфологическим особенностям сердца и легкого экспериментальных животных групп К1 и К2 в хроническом эксперименте следует отнести разрыхление миокарда ПЖ, расширение щелей по ходу стромы в виде оптических пустот, фрагментацию кардиомиоцитов, нечеткую поперечную исчерченность, пикнотичность, гиперхромность ядер, наличие мелких очагов ишемического повреждения отдельных групп кардиомиоцитов (рис. 1).

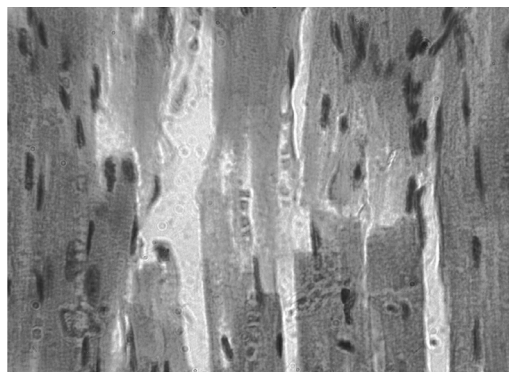


Рис. 1. Эксперимент. Животное группы К1. Миокард правого желудочка. Контрактурные изменения, фрагментация кардиомиоцитов, пикноз ядер. Окраска гематоксилином и эозином. Объектив × 40

На фоне выраженной легочной артериальной гипертензии и застоя в венах большого круга кровообращения в оставшейся легочной ткани обнаруживались явления склероза ветвей ЛА, разрастание интимы, перибронхиальное и периваскулярное разрастание молодой соединительной ткани. В большей части оставшейся легочной ткани обнаружена картина компенсаторной хронической альвеолярной эмфиземы с истончением межальвеолярных перегородок и, местами, с их разрывом (рис. 2).

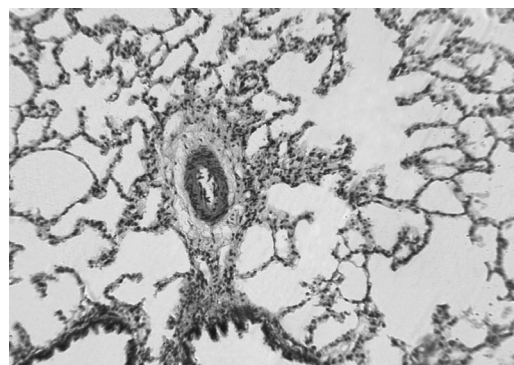


Рис. 2. Эксперимент. Животное группы К2. Альвеолярная эмфизема. Периваскулярное разрастание тонковолокнистой соединительной ткани. Окраска гематоксилином и эозином. Объектив × 100

К патоморфологическим особенностям сердца и легкого экспериментального животного группы К3 в хроническом эксперименте сле-

дует отнести компактность миокарда правого желудочка, незначительное расширение щелей по ходу стромы в виде оптических пустот, неравномерное кровенаполнение сосудов, стаивание эритроцитов с периваскулярным диапедезом в венах. Через 6 месяцев после операции в оставшейся легочной ткани гистологически выявлялись признаки компенсаторной альвеолярной эмфиземы, с явлениями неравномерной гипертрофии межальвеолярных перегородок и расширением просветов капилляров и артериол. Перибронхиально и периваскулярно отмечалось разрастание соединительной ткани, местами с формированием полей (рис. 3, 4).

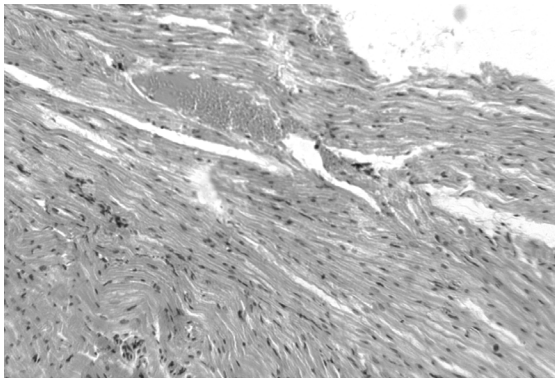


Рис. 3. Эксперимент. Животное группы К3. Миокард правого желудочка. Незначительно расширение щелей по ходу стромы, венозное полнокровие с периваскулярным диапедезом эритроцитов. Окраска гематоксилином и эозином. Объектив $\times 10$

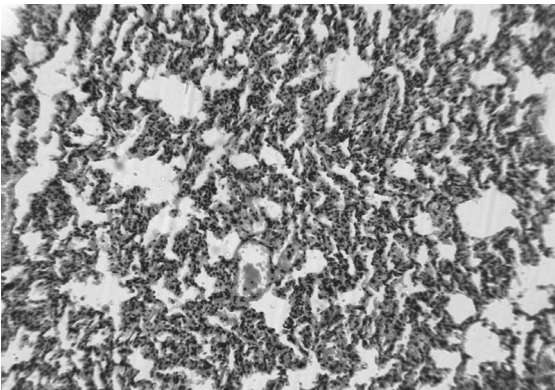


Рис. 4. Эксперимент. Животное группы К3. Гипертрофия и полнокровие капилляров межальвеолярных перегородок. Окраска гематоксилином и эозином. Объектив $\times 10$

Выводы

В ходе исследования установлено, что существенным фактором, влияющим на уменьшение легочной артериальной гипертензии, является прогрессирующее увеличение компенсаторной роли внутрилегочных артериовенозных шунтов, обеспечивающих сброс крови справа налево, минуя капиллярное русло малого круга кровообращения. Так, если сразу после оперативных вмешательств у экспери-

ментальных животных групп К1 и К2 сброс крови Q_s/Q_t составлял 9-11 % (норма от 1 до 3 %), то через 6 месяцев он достигал 17-24 %. Вместе с тем, этих резервов было недостаточно, чтобы нормализовать легочное артериальное давление в послеоперационном периоде. Наоборот, к шестому месяцу после операции отмечалась гипоксемия, а давление в малом круге кровообращения заметно повышалось и достигало $31,5 \pm 5,4$ мм рт.ст. в группе К1 и $33,2 \pm 3,1$ мм рт.ст. в группе К2. Это говорит о том, что в компенсации послеоперационных нарушений кровообращения и газообмена участвует не вся оставшаяся легочная ткань. Участки легочной ткани с выраженным пневмосклерозом и эмфиземой не только не принимают участия в компенсаторной перестройке, а, наоборот, способствуют росту сосудистого сопротивления в малом круге кровообращения и увеличению нагрузки на правый желудочек, вследствие чего нагрузка на оставшуюся полноценно функционирующую легочную ткань и ее сосудистую сеть возрастает еще больше. Оставшаяся полноценная легочная ткань, в свою очередь, также быстро подвергается деструктивным изменениям, что приводит к прогрессированию сердечно-легочной недостаточности.

Результаты исследования в группе животных К3 показали, что обширные резекции легких с артериовенозным шунтированием не вызвали существенных изменений гемодинамики в отдаленном послеоперационном периоде, характерных для состояний после обычных резекций такого объема.

В наших опытах через внелегочный артериовенозный анастомоз после резекции более 50 % легочной ткани шунтировали от 25 % до 36 % недоокисленной крови. По мере исчезновения острых последствий операционной травмы уровень насыщения крови кислородом повышался и через 6 мес. существенно не отличался от показателей насыщения крови кислородом животных, перенесших обширные резекции легких без шунтирования малого круга. Следовательно, резервные возможности оставшейся паренхимы легких у кролей с артериовенозным анастомозом значительно выше, чем без него.

Таким образом, если учесть, что естественные пути компенсации нарушений гемодинамики в малом круге кровообращения после обширных резекций легких развиваются в том же направлении (раскрытие и образование новых внутрилегочных артериовенозных анастомозов), то создание внелегочного артериовенозного анастомоза анатомически и физиологически обосновано.



ЛИТЕРАТУРА

1. Яблонский П.К. Возможности прогнозирования риска острой респираторной и правожелудочковой недостаточности у больных после пневмонэктомии / П.К. Яблонский, О.Б. Ильина // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2002. – № 4. – С. 72-76
2. Хорохордин Н.Е., Современные гемодинамические критерии для определения объема операции при резекциях легких / Н.Е. Хорохордин, И.В. Мосин, В.А. Леоско [и др.] // 7-й Национальный конгресс по болезням органов дыхания. – М. : 1997.
3. Koen De Decker Cardiac complications after noncardiac thoracic surgery / Koen De Decker, Philippe G. Jorens, Paul Van Schil. // an evidence-based current review Ann Thorac Surg. – 2003 – Vol. 75. – P. 1340-1348.
4. Smeenk F.W.J., Interatrial right-to-left shunting developing after pulmonary resection in the absence of elevated right-sided heart pressures. Review of the literature. / F.W.J. Smeenk, P.E. Postmus // Chest. – 1993. Vol. 103. – P. 528-531.
5. Wihlm J.M., Late complications; late respiratory failure. / J.M. Wihlm, G. Massard // Chest Surg Clin North Am. – 1999. – Vol. 9 – P. 633-654.

**ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ
ЛЕГЕНЕВОЇ ГІПЕРТЕНЗІЇ
І ПРАВОШЛУНОЧКОВОЇ
НЕДОСТАТНОСТІ ПРИ
ОБШИРНИХ РЕЗЕКЦІЯХ
ЛЕГЕНІВ В ХРОНІЧНОМУ
ЕКСПЕРИМЕНТІ**

Ю. Н. Скібо

Резюме. У статті представлений перший досвід вивчення особливостей серцево-легеневої гемодинаміки і патоморфологічних змін в легенях і міокарді після обширних резекцій легень, а також впливу право-лівих розвантажувальних шунтів на розвиток легеневої гіпертензії і правошлуночкової недостатності у віддаленому післяопераційному періоді. Матеріалом експериментального дослідження служили 12 кролів породи «Шиншила». Встановлено, що істотним чинником, який впливає на зменшення легеневої артеріальної гіпертензії, є прогресуюче збільшення компенсаторної ролі внутрілегеневих артеріовенозних шунтів, що забезпечують скидання крові справа наліво, минувши капілярне русло малого круга кровообігу. Обширні резекції легень з контрольованим артеріовенозним шунтуванням не викликали істотних змін гемодинаміки у віддаленому післяопераційному періоді, характерних для станів після звичайних резекцій відповідного об'єму.

Ключові слова: *резекція легень, пульмонектомія, легенева гіпертензія, недостатність правого шлуночку серця.*

**PECULIARITIES
OF PULMONARY
HYPERTENSION AND
RIGHT HEART FAILURE
WITH EXTENSIVE LUNG
RESECTION IN CHRONIC
EXPERIMENT**

Yu.N. Skibo

Summary. This paper presents the first experience studying the characteristics of cardio-pulmonary hemodynamics and pathological changes in the lungs and myocardium after major lung resections, as well as the influence of right-left shunts handling on the development of pulmonary hypertension and right heart failure in the late postoperative period. The material of the pilot study were 12 rabbits breed «Chinchilla». The study found that substantial factor, influencing on diminishing of pulmonary arterial hypertension, is a making progress increase of scray role of intrapulmonary arteriovenous shunts, providing the upcast of blood from right to left, passing the capillary bed of small circle of circulation of blood. Extensive resection with controlled pulmonary arteriovenous shunt no significant hemodynamic changes in the late postoperative period, which are characteristic of conditions after normal resection.

Key words: *lung resection, pneumonectomy, pulmonary hypertension, failure of the right ventricle of the heart.*