

Горбунов Д.В., Ахаш У.М., Ахметов С.Ж.



ПРИНЦИПЫ ДРЕНИРОВАНИЯ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ И
ПРОФИЛАКТИКА ПЕРИОПЕРАЦИОННОГО
ПНЕВМОТОРАКСА В ДЕТСКОЙ КАРДИОХИРУРГИИ

Методические рекомендации

**НАО НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ
КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР**



Горбунов Д.В., Ахаш У.М., Ахметов С.Ж.

**ПРИНЦИПЫ ДРЕНИРОВАНИЯ
ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ И ПРОФИЛАКТИКА
ПЕРИОПЕРАЦИОННОГО ПНЕВМОТОРАКСА
В ДЕТСКОЙ КАРДИОХИРУРГИИ**

(Методические рекомендации)

Астана, 2023



УДК: 616.1-053.2-089

ББК: 54.101

Г 67

Рецензенты:

1. Джэналаев Д.Б., д.м.н., директор клиническо-академического департамента детской хирургии ННЦМД
2. Разумовский А.Ю. – член-корреспондент РАН, профессор, д.м.н., заведующий кафедрой детской хирургии Педиатрического факультета Российского национального исследовательского медицинского университета (РНИМУ) им. Н.И. Пирогова, г. Москва.

Авторы:

Горбунов Дмитрий Валерьевич – заведующий ДКХО ННЦ

Ахаш Улбосын Мухаметкаликызы – детский кардиолог ННЦ

Ахметов Сергей Жамбылович – детский кардиохирург ДКХО ННЦ

Принципы дренирования грудной полости и профилактика периперационного пневмоторакса в детской кардиохирургии: Методические рекомендации / Горбунов Д.В., Ахаш У.М., Ахметов С.Ж. // Астана: Национальный научный кардиохирургический центр, 2023. - 27с.

ISBN 978-601-305-531-2

Настоящие методические рекомендации описывают как современные подходы к дренированию грудной полости у детей после кардиохирургических операций, так и меры профилактики периперационного пневмоторакса. В руководстве представлен протокол ведения пациентов с пневмотораксом, дано описание работы с современными торакальными дренажными системами.

УДК: 616.1-053.2-089

ББК: 54.101

Утверждено и разрешено к изданию типографским способом РГП на ПХВ «Национальный научный центр развития здравоохранения им. Салидат Каирбековой» МЗ РК (протокол заседания Департамента медицинского образования и науки РГП на ПХВ «ННЦРЗ» № 376 от 10 июля 2023 года)

© Горбунов Д.В., Ахаш У.М., Ахметов С.Ж., 2023

СОДЕРЖАНИЕ:

Введение.....	5
1. Область применения и цель.....	7
1.1. Цель руководства.....	7
1.2. Целевые пользователи.....	7
1.3. Целевая популяция.....	7
2. Пневмоторакс в детской кардиохирургии.....	8
2.1. Определение и причины пневмоторакса.....	8
2.2. Патофизиология пневмоторакса.....	8
2.3. Вычисление объёма пневмоторакса.....	9
2.4. Классификация пневмоторакса.....	11
3. Дренирование грудной полости в детской кардиохирургии.....	15
3.1. Показания к дренированию грудной полости.....	15
3.2. Принципы дренирования.....	15
3.3. Техника установки дренажей.....	18
3.4. Особенности дренирования у новорожденных.....	25
4. Торакальные дренажные системы.....	27
4.1. Классификация торакальных дренажных систем.....	27
4.2. Компоновка торакальных дренажных систем.....	28
4.2.1. Камера контроля аспирации.....	29
4.2.2. Камера водяного замка.....	30
4.2.3. Резервуар.....	31
4.3. Уточнение термина «барботаж».....	32
4.4. Уровень целевого отрицательного давления в торакальной дренажной системе у детей.....	32
4.5. Принципы удаления дренажей у детей.....	33
4.5.1. Критерии для удаления дренажа при отсутствии утечки воздуха в раннем послеоперационном периоде.....	33
4.5.2. Критерии для удаления дренажа при наличии утечки воздуха в раннем послеоперационном периоде.....	34
5. Алгоритм ведения пациентов с пневмотораксом.....	35
6. Методы профилактики периоперационного пневмоторакса.....	38
Заключение.....	39
Список литературы.....	40

Список аббревиатур

ДКХО	Детское кардиохирургическое отделение
ИВЛ	Искусственная вентиляция лёгких
ННКЦ	Национальный научный кардиохирургический центр
ЦВК	Центральный венозный катетер

Коды по МКБ 10

J93.0	Спонтанный пневмоторакс напряжения
J93.1	Другой спонтанный пневмоторакс
J93.8	Другой пневмоторакс
J93.9	Пневмоторакс неуточненный

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на достижение значительного прогресса в лечении детей с кардиохирургической патологией, послеоперационный период у них может протекать осложнённо. Одним из возможных осложнений является развитие пневмоторакса, частота возникновения которого у пациентов детского возраста после кардиохирургических вмешательств может составлять от 5% до 13,6% [1, 2]. Поскольку детские кардиохирурги, как правило, не являются сертифицированными специалистами по торакальной хирургии, то у них могут возникать трудности в лечении лёгочных осложнений. Публикации, посвящённые дренированию органов грудной полости у детских кардиохирургических пациентов, редки и скудны [3]. Внедрение алгоритмов, регламентирующих удаление торакальных дренажей у детей после кардиохирургических вмешательств, ведёт к снижению продолжительности дренирования, уменьшению длительности госпитализации и расходов без увеличения числа случаев повторного дренирования грудной клетки [4].

Данное руководство состоит из трёх основных разделов, посвящённых патогенезу периоперационного пневмоторакса, принципам и технике дренирования грудной полости и практическому применению торакальных дренажных систем у детей после кардиохирургических операций. В нём мы сделали акцент на особенностях ведения пациентов с торакальными дренажами в ННКЦ, по сути, описав принятый в нашем центре протокол. Так в руководство мы включили наш алгоритм лечения пневмоторакса и обозначили методы его профилактики. В качестве иллюстраций были использованы оригинальные рисунки.

NB! В нашем центре доступными для детских кардиохирургов являются торакальные дренажи с минимальным диаметром 15 Fr (1 Fr = 0,3 мм). Мы не имеем рутинного опыта работы с дренажами меньшего диаметра, поэтому данное руководство может быть неактуальным для клиник, где на постоянной основе используются дренажные трубки размерами 10-12 Fr. В руководстве упоминаются некоторые вычисления и рекомендации, применяемые во взрослой торакальной хирургии. Эти параметры могут лишь ограниченно использоваться в детской популяции среди пациентов подросткового возраста, приближенных по своим физическим данным к взрослым пациентам.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ЦЕЛЬ

1.1. Цель руководства

Целью данного руководства является снижение числа случаев периоперационного пневмоторакса у детей после кардиохирургических операций.

1.2. Целевые пользователи

Целевыми пользователями данного руководства являются детские кардиохирурги; анестезиологи-реаниматологи; неонатологи; детские кардиологи; резиденты вышеуказанных специальностей; специалисты сестринского дела, работающие в детских кардиохирургических отделениях, отделениях детской реанимации, операционных блоках кардиохирургических клиник.

1.3. Целевая популяция

Данное руководство применяется у детей от 0 до 18 лет с кардиохирургической патологией, перенесших оперативное вмешательство на органах грудной полости.

2. ПНЕВМОТОРАКС В ДЕТСКОЙ КАРДИОХИРУРГИИ

2.1. Определение и причины пневмоторакса

Пневмотораксом называется патологическое скопление воздуха в плевральной полости. Причинами возникновения пневмоторакса являются: надрыв ткани лёгкого, нарушение целостности стенки трахеобронхиального дерева, наличие сообщения между атмосферой и плевральной полостью. Лёгкие могут быть повреждены как непосредственно в ходе операции, например при (ре-)стернотомии, так и в послеоперационном периоде. Существенным фактором риска, предрасполагающим к развитию пневмоторакса, является эмфизема лёгких. Эмфизематозное лёгкое может быть повреждено как во время установки ЦВК, так и при проведении ИВЛ у пациентов с имеющимися буллами и блябами (участками отслоенной висцеральной плевры). Ещё одним источником периперационного пневмоторакса может быть дисфункция торакальной дренажной системы вследствие нарушения целостности дренажных трубок, механического повреждения дренажной банки, дислокации дренажной трубки наружу, испарения жидкости в дренажной банке и т.д.

2.2. Патофизиология пневмоторакса

Плевральная полость представляет собой щелевидное пространство между двумя листками плевры, в норме содержащее незначительное (около 25 мл) количество плевральной жидкости. За счёт эластической тяги лёгких в плевральной полости возникает давление ниже атмосферного, составляющее в норме от -3,4 до -8 см вод. ст. [5]. Внутриплевральное давление изменяется во время акта дыхания. В норме отмечается рост давления до -3,4 см вод. ст. во

время выдоха и его снижение до - 8 см вод. ст. – в фазу вдоха. Градиент между внутрилёгочным и внутриплевральным давлением составляет в норме - 4 см вод. ст. Данный градиент давления, имеющий отрицательную величину, позволяет лёгким находиться в грудной полости в полностью расправленном состоянии и является одним из важных механизмов, обеспечивающих приток венозной крови к правым отделам сердца. У новорожденных из-за сниженной эластичности лёгких градиент между внутрилёгочным и внутриплевральным давлением может стремиться к нулю.

Когда в плевральную полость попадает воздух, внутриплевральное давление значительно возрастает, вследствие чего лёгкое спадается. При развитии пневмоторакса, помимо коллабирования лёгочной ткани, наступает опущение купола диафрагмы, смещение средостения в противоположную сторону, сдавление и перегиб магистральных сосудов. Данные факторы ограничивают вентиляционную функцию лёгких, нарушают газообмен и влияют на гемодинамику. При массивном скоплении воздуха в плевральной полости развивается т.н. напряжённый пневмоторакс, который вызывает выраженное смещение органов средостения в контралатеральную сторону. Данное состояние может сопровождаться резкой депрессией гемодинамики [6].

2.3. Вычисление объёма пневмоторакса

Чтобы определять лечебную тактику у детей с пневмотораксом, необходимо уметь вычислять его объём. В американской медицинской школе используют вертикальное (а), а в британской – горизонтальное (б) линейное измерение величины пневмоторакса (рис. 1).

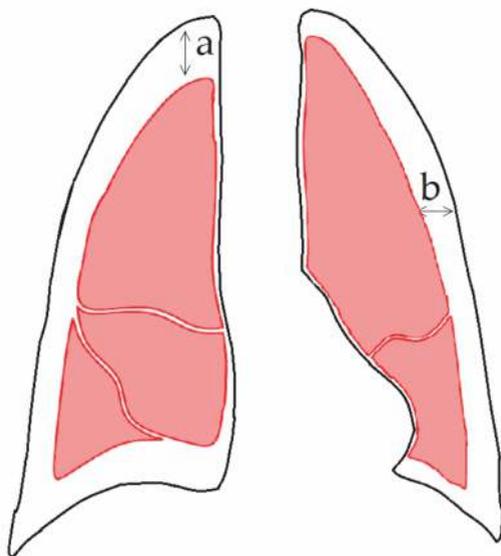


Рисунок 1 – Измерение пневмоторакса

Для вычисления объёма пневмоторакса на практике используется формула британца R. Light [7]:

Объем (V) пневмоторакса в % = $(1-DL/DH) \times 100$,

где DL – диаметр коллабированного лёгкого, а DH – диаметр гемиторакса.

Измерения проводятся на рентгенограмме в прямой проекции на уровне ворот лёгких и выражаются в сантиметрах (рис. 2).

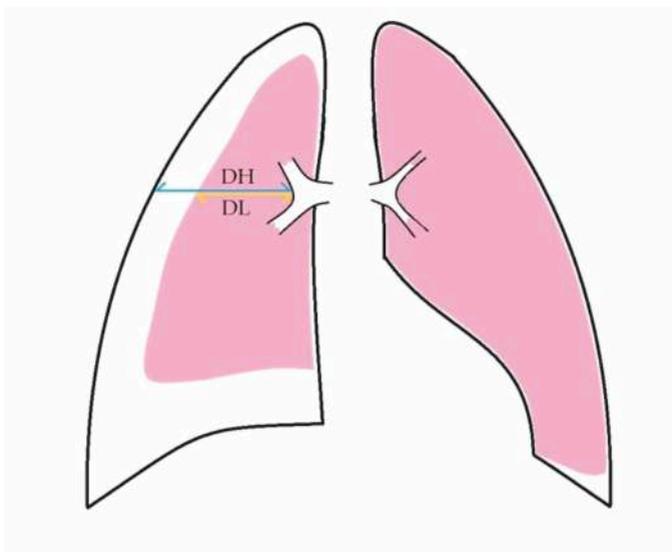


Рисунок 2 – Вычисление объёма пневмоторакса

2.4. Классификация пневмоторакса

Пневмоторакс у взрослых и подростков старше 12 лет в зависимости от горизонтального расстояния между лёгким и грудной стенкой (британская медицинская школа) подразделяется на:

- малый (<2 см);
- большой (>2 см) [8].

При измерении вертикального расстояния между лёгким и грудной стенкой (американская медицинская школа) за референсную точку, определяющую степень пневмоторакса, необходимо принимать не 2 см, а 3 см.

У **детей** следует использовать классификацию, основанную на измерениях объёма пневмоторакса по формуле R. Light. В зависимости от вычисленного объёма пневмоторакса, различают следующие его степени:

- малый (менее 25%);
- средний (от 50% до 75%);
- тотальный (100%);
- напряжённый (со смещением средостения).

Руководство Британского торакального общества даёт следующие рекомендации по ведению пациентов взрослого и подросткового возраста: если пациент с диагнозом пневмоторакс клинически стабилен, диаметр пневмоторакса на рентгенограмме составляет <2 см, а вычисленный по формуле R. Light объём пневмоторакса – менее 15% от диаметра гемиторакса, то такого пациента следует вести консервативно [8]. У пациентов, находящихся на ИВЛ, показания к дренированию плевральной полости нужно выставлять более щедро, так как при принудительном поступлении воздуха в плевральную полость во время ИВЛ высок риск развития напряжённого пневмоторакса.

По локализации пневмоторакс делят на два вида:

- Односторонний;
- Двусторонний.

В зависимости от механики повреждения различают следующие виды пневмоторакса:

- закрытый (воздух в плевральную полость поступает из бронха в период вдоха, грудная клетка интактна) (рис. 3);

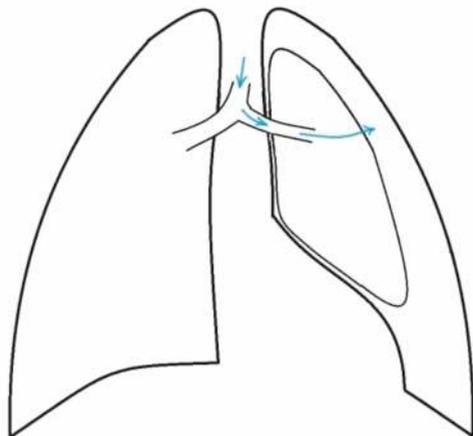


Рисунок 3 – Закрытый пневмоторакс

- открытый (плевральная полость сообщается с поверхностью грудной клетки, воздух поступает через рану или находящееся снаружи отверстие дренажной трубки в период вдоха и выходит в фазу выдоха) (рис. 4);

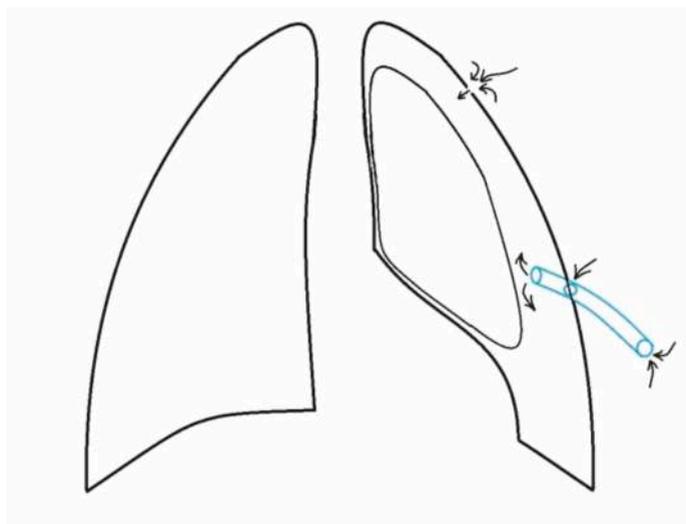


Рисунок 4 – Открытый пневмоторакс

-
- клапанный или напряжённый (воздух из бронха поступает в плевральную полость во время вдоха, а во время выдоха отверстие в бронхе или паренхиме лёгких перекрывается обрывком буллы, фрагментом лёгкого или сгустком фибрина, воздух не выходит в бронхиальное дерево, лёгкое всё больше коллабирует с каждым вдохом; грудная клетка интактна) (рис. 5).

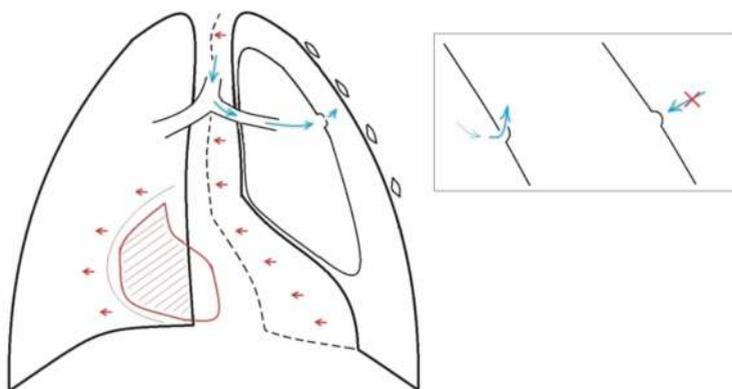


Рисунок 5 – Клапанный (напряжённый) пневмоторакс

3. ДРЕНИРОВАНИЕ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ

3.1. Показания к дренированию грудной полости

1. Контроль послеоперационного кровотечения и утечки воздуха.

2. Наличие и профилактика периперационного плеврального выпота

(гемо-, серо-, хилоторакс, эмпиема плевры) и пневмоторакса.

3. Относительные показания: наличие пневмомедиастинума, пневмоперикарда, подкожной эмфиземы у пациентов на ИВЛ.

3.2. Принципы дренирования

1. Торакальные дренажи устанавливаются интраоперационно в соответствии с наличествующим (и/или предполагаемым) объемом кровотечения и утечкой воздуха. Дренирование грудной клетки выполняется из межрёберного и/или субкисфоидального доступа. Число устанавливаемых дренажей зависит от риска периперационного кровотечения и повреждения лёгких: чем выше риск, тем больше различных зон следует дренировать. Для дренирования жидкости дренажную трубку следует направлять кзади и книзу, для дренирования воздуха – кпереди и кверху. Чем больше диаметр установленного дренажа, тем легче осуществляется эвакуация вязкого выпота.

2. В детской кардиохирургии имеется два диаметрально противоположных подхода к дренированию грудной клетки: либо во время операции хирург максимально избегает вскрывать плевральные полости, либо он наоборот широко

вскрывает одну или обе плевральные полости. Данные предпочтения обусловлены как хирургическим опытом оперирующих врачей, так и спектром имеющихся в арсенале клиники дренажных трубок. В нашей клинике мы руководствуемся правилом: лучше дренировать плевральную полость интраоперационно, чем выполнять рестернотомию или устанавливать дополнительные дренажи после операции. В качестве материала для внутрисердечных пластик мы используем преимущественно аутоперикард. Целостность перикардальной сумки нами, как правило, не восстанавливается.

3. Межрёберное дренирование во время операции, в зависимости от формы грудной клетки пациента, осуществляется в 6-8-м межреберье по передней подмышечной линии. При установке дренажа из субкисфоидального доступа трубка проводится через апоневроз мышц передней брюшной стенки во избежание развития инфекционных осложнений.

4. Если предполагается, что дренажи будут использоваться длительно (например, у пациентов после операции Фонтена), то дренажные трубки необходимо устанавливать из межрёберного доступа, так как длительное использование дренажей, установленных из субкисфоидального доступа, чревато развитием медиастенита.

5. При формировании дополнительных отверстий в дренажной трубке следует выполнять крайнее из них в зоне рентген-контрастной полоски для возможности контролировать местоположение крайнего дренажного отверстия на рентгенограмме.

6. Дренаж следует проводить по верхнему краю ребра через межрёберный промежуток, находящийся на одно межреберье выше места установки, с целью удлинения канала и его герметизации мягкими тканями после удаления дренажа. В

немецкоязычной литературе данный механизм называют эффектом «кулисы» (рис. 6) по аналогии с кулисами, которыми закрывают сцену в театре [6].

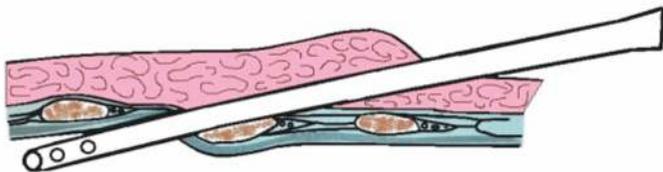


Рисунок 6 – Эффект «кулисы»

7. При установке дренажа через рёберно-диафрагмальный синус нужно визуальнo проконтролировать то, что крайнее отверстие дренажной трубки находится внутри плевральной полости, и убедиться в отсутствии кровотечения из канала.

8. Дренажные трубки проводятся через контрапертурные разрезы и фиксируются к коже дважды (до и после обвития дренажа) одной шёлковой нитью во избежание миграции дренажа при его сдаивании. До фиксации дренажа с помощью шёлковой нити накладывается дополнительный П-образный шов, который завязывается во время удаления дренажа.

9. После наложения стерильной повязки с целью уменьшения болевого синдрома следует зафиксировать дренажную трубку к коже с помощью широкого лейкопластыря, обвитого вокруг дренажа и дополнительно склеенного между собой в виде «дубликатуры».

10. У пациентов с установленными торакальным(-и) дренажем(-ами) с целью выявления пневмоторакса в нашем центре регулярно выполняется обзорная рентгенография органов грудной клетки: у пациентов во время ИВЛ – ежедневно, у спонтанно дышащих пациентов – при клиническом подозрении на наличие или прогрессирование пневмоторакса и/или выпота.

3.3. Техника установки дренажей

В англоязычной литературе различают переднее и латеральное дренирование грудной клетки. В первом случае дренаж устанавливается субсифоидально, во втором – через межрёберный промежуток боковой стенки грудной клетки.

В нашей клинике приняты следующие основные типы дренирования перикарда и плевральных полостей:

1. Дренирование полости перикарда (при закрытых плевральных полостях) одним стандартным (изогнутым) или многоканальным дренажем (дренаж Блейка), установленным субсифоидально. Данный способ подходит для простых операций с низким риском послеоперационного кровотечения без вскрытия плевральных полостей (рис.7).

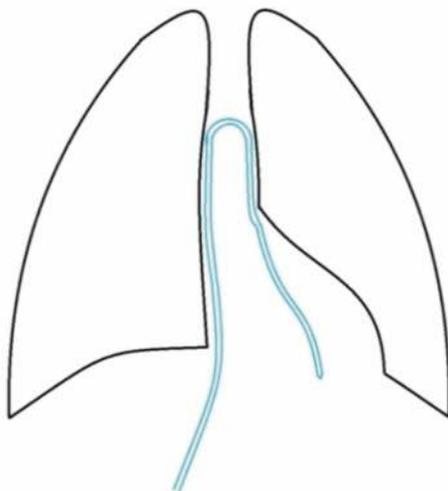


Рисунок 7 – Многоканальный дренаж (Блейка)

2. Дренирование полости перикарда двумя дренажами, установленными из субсифоидального доступа: первый (прямой) устанавливается под грудину, второй (изогнутый) – на

диафрагмальную поверхность полости перикарда (рис. 8). Данный способ подходит для операций со средним риском послеоперационного кровотечения для непродолжительного дренирования. Перикард над магистральными сосудами может быть ушит. При вскрытии плевральной полости дренажная трубка из субксифоидального доступа устанавливается в контралатеральную плевральную полость.

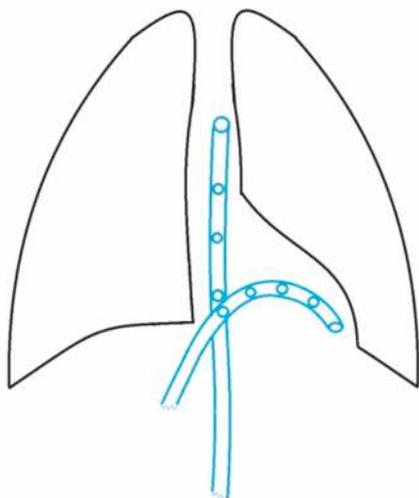


Рисунок 8 – Дренирование полости перикарда двумя дренажами

3. Дренирование плевральной полости и полости перикарда прямой дренажной трубкой, установленной через 6-8-е межреберье на стороне правого предсердия (рис.9). Для улучшения оттока следует надсечь боковой участок перикарда, не повредив диафрагмальный нерв. Данный способ дренирования может применяться при стандартных операциях с низким риском послеоперационного кровотечения. При повышенном риске послеоперационного кровотечения данный вид дренирования следует дополнить дренированием полости перикарда из субксифоидального доступа.

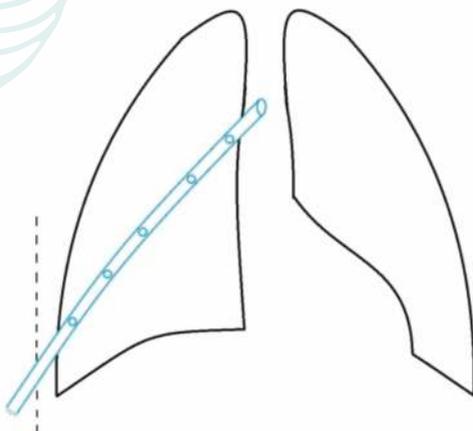


Рисунок 9 – Дренаживание из межрёберного доступа

NB! При установке дренажа следует убедиться, что его торец не упирается в париетальную плевру контралатерального лёгкого, так как такое расположение дренажа вкупе с созданием значительного разрежения в дренажной системе может вызывать повреждение плевры с развитием контралатерального пневмоторакса после удаления дренажа (рис. 10).

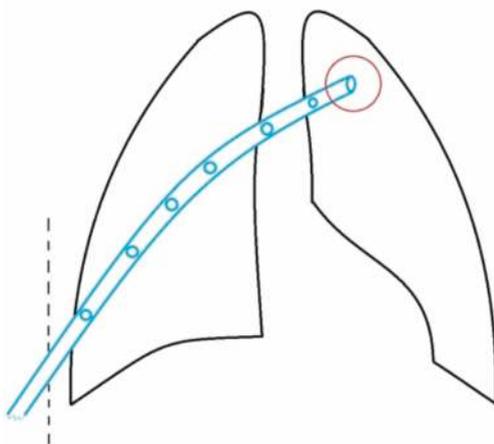
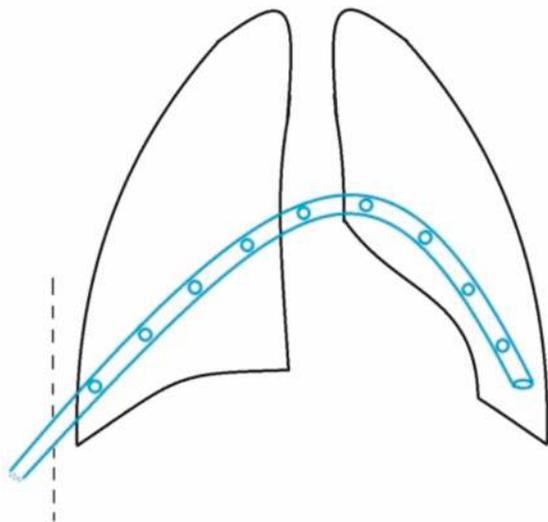


Рисунок 10 – Ошибка при установке дренажа

4. Схожим образом осуществляется дренирование обеих плевральных полостей и полости перикарда одной изогнутой дренажной трубкой, установленной «от синуса до синуса». Данный способ используется нами у новорожденных для предупреждения т.н. «сухой» тампонады. Боковая поверхность перикарда надсекается до уровня выше диафрагмального нерва (рис. 11)



*Рисунок 11 – Дренирование обеих плевральных
одним дренажем*

5. При повышенном риске послеоперационного кровотечения субксифоидально устанавливается дополнительный изогнутый дренаж в полость перикарда (рис. 12).

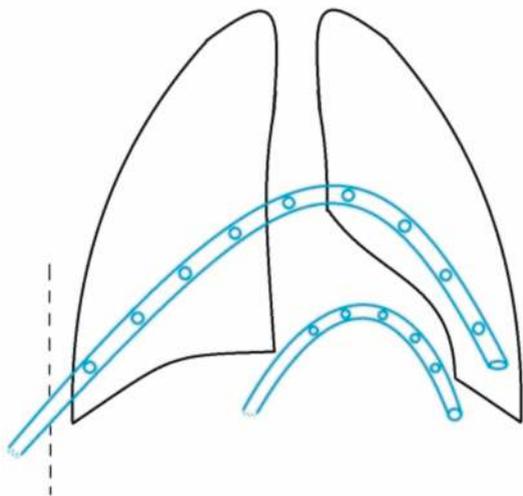


Рисунок 12 – Дополнительное дренирование перикарда

6. Дренирование обеих плевральных полостей двумя изогнутыми дренажами, установленными из субксифоидального доступа «крест-накрест» в сторону контралатеральной плевральной полости (рис. 13). Данный способ дренирования мы используем, как правило, при повторных операциях у пациентов с высоким риском послеоперационного кровотечения. Под грудину может устанавливаться третья прямая дренажная трубка. При наличии участков ушитого лёгкого следует устанавливать дополнительные дренажи для дренирования воздуха в области верхушки лёгкого.

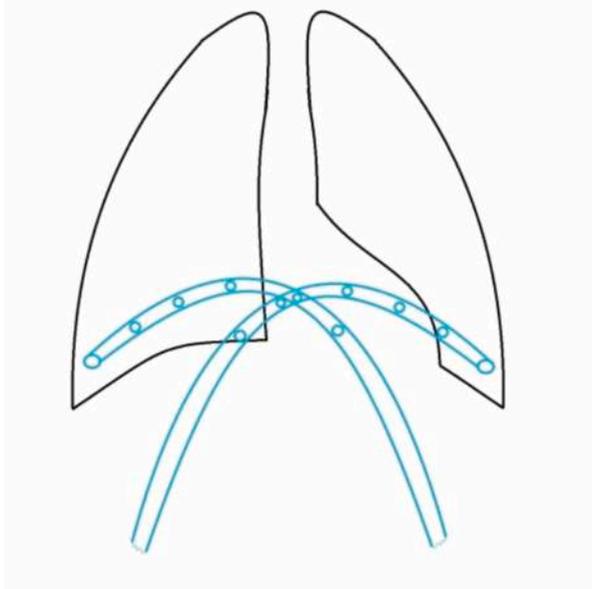


Рисунок 13 – Дренажирование обеих плевральных полостей двумя дренажами

7. В экстренной ситуации для дренирования плевральной полости в нашей клинике используется следующая методика: в послеоперационном периоде дренирование грудной клетки осуществляется в 5-м межреберье по передней подмышечной линии. В немецкоязычной литературе [6] данный метод называется «задним» дренированием (аналогичен латеральному дренированию в англоязычной литературе) и может использоваться, в зависимости от выбора типа и траектории установки дренажа, как для эвакуации выпота, так и с целью разрешения пневмоторакса (рис 14). Место доступа для «заднего» дренирования необходимо выбирать на уровне не ниже соска во избежание повреждения диафрагмы и органов брюшной полости, особенно при наличии пареза диафрагмы на стороне дренирования. Экстренное изолированное дренирование перикарда мы осуществляем из субкисфоидального доступа.

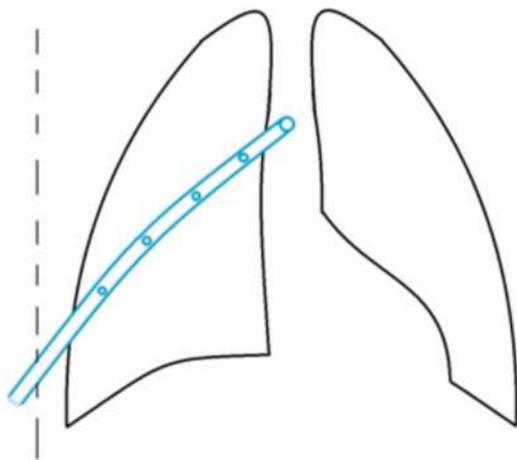


Рисунок 14 – Экстренное «заднее» дренирование

8. В экстренном случае для разрешения напряжённого пневмоторакса следует выполнить пункцию и/или дренирование во 2-м межреберье по среднеключичной линии (в немецкоязычной литературе [6] - т.н. «переднее» дренирование или дренирование по Мональди) (рис. 15). При проведении «переднего» дренирования **не следует устанавливать дренаж медиальнее среднеключичной линии** из-за риска повреждения внутренней грудной артерии. При наличии сочетанного гемопневмоторакса может понадобиться установка двух дренажей: «заднего» - для дренирования выпота и воздуха, «переднего» - для дренирования воздуха. Дренирование по Мональди используется в нашей клинике крайне редко.

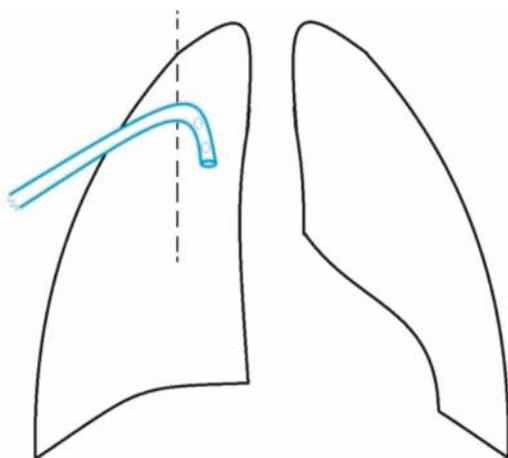


Рисунок 15 – Дренаживание по Мональди

9. Экстренная эвакуация воздуха из плевральной полости при напряжённом пневмотораксе может проводиться пункционно. Для этого после обработки кожи раствором йодпovidона во 2-м межреберье по среднеключичной линии по верхнему краю 3-его ребра выполняется пункция плевральной полости иглой или периферическим венозным катетером. При использовании венозного катетера игла, используемая в качестве троакара, после введения в плевральную полость удаляется и воздух полностью аспирируется через катетер без риска повреждения лёгкого.

3.4. Особенности дренирования у новорожденных

Отёк средостения, возникающий у новорожденных после кардиохирургической операции с искусственным кровообращением, потенциально может привести к развитию т.н. «сухой» тампонады сердца. Поэтому, если не вскрывать плевральные полости, то при имеющемся дефиците свободного

пространства, следует дренировать полость перикарда многоканальным дренажем по типу дренажа Блейка минимального диаметра (10-12 Fr) из субксифоидального доступа.

Стандартные торакальные дренажи диаметром 15-16 Fr занимают слишком много места в полости перикарда новорожденного, что при закрытии грудной клетки может вызвать сдавление сердца. Поэтому при наличии в клинике только таких дренажей следует максимально широко открыть обе плевральные полости и дренировать их одним изогнутым дренажем «от синуса до синуса» (рис. 11). При повышенном риске периоперационного кровотечения можно субксифоидально устанавливать дополнительный изогнутый дренаж для дренирования диафрагмальной зоны полости перикарда и косого синуса (рис. 12). Данный вид дренирования двумя дренажами мы чаще всего используем при пролонгированной стернотомии у новорожденных. Дорсальная стенка косого перикардального синуса может дополнительно рассекаться для обеспечения оттока жидкости из полости перикарда в плевральные полости.

4. СИСТЕМЫ ДЛЯ ТОРАКАЛЬНОГО ДРЕНИРОВАНИЯ

Торакальная дренажная система должна выполнять, как минимум, три функции [9]:

- обеспечивать непрерывное дренирование жидкости и воздуха из грудной клетки,
- противодействовать попаданию атмосферного воздуха через дренажную трубку обратно в грудную клетку,
- поддерживать физиологические отрицательные значения внутриплеврального давления.

4.1. Классификация торакальных дренажных систем

1. Однокомпонентная система (т.н. дренирование по Бюлау) лишь частично обеспечивает вышеуказанные функции: функция жидкостной заглушки обеспечена полностью, дренирующая функция при пневмотораксе может быть затруднена, а внутриплевральное давление снижается пассивно по мере залипания плевральной полости. Увеличение уровня жидкости в банке по мере опорожнения плеврального выпота может затруднять отхождение воздуха из плевральной полости и вызывать прогрессирование пневмоторакса. Данный вид дренирования, когда одна банка (или камера) служит в качестве и резервуара, и подводного замка, может быть использована для лечения лишь неосложнённого пневмоторакса и в настоящее время практически не используется в детской кардиохирургии.

2. Модификацией данной системы является двухкомпонентная система, в которой имеется контейнер для сбора жидкости, последовательно соединённый с камерой подводного замка и – при наличии – с источником разрежения. В обеих системах для обеспечения дренирования жидкости используется сила грави-

тации, поэтому банка обязательно должна находиться ниже уровня грудной клетки.

3. Трёхкомпонентная система (рис. 16) была впервые внедрена в клиническую практику в 1967 г. Дальнейшей модификацией трёхкомпонентной системы является использование т.н. «сухой» аспирации, количественное измерение выходящих пузырьков и применение специальных цифровых устройств, обеспечивающих поддержание и постоянный контроль заданных параметров внутриплеврального давления.

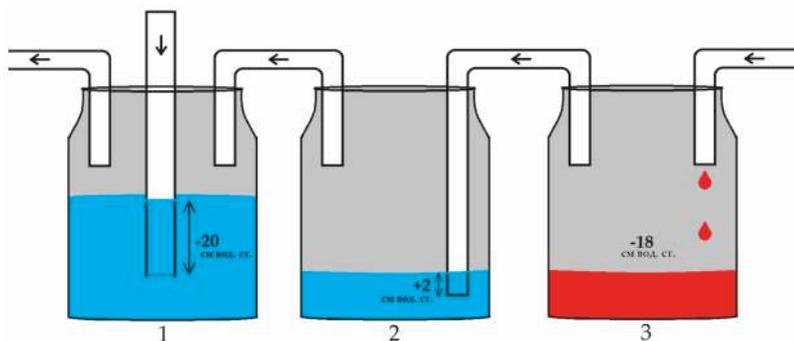


Рисунок 16 – Принцип работы трёхкомпонентной дренажной системы (1 – камера контора аспирации; 2 - водяной замок; 3 – резервуар; обозначено давление в камерах)

4.2. Компоновка торакальных дренажных систем

Для дренирования жидкости и/или воздуха в современной детской кардиохирургической практике используются одноразовые трёхкомпонентные системы, исходно сконструированные для нужд взрослых пациентов. Чтобы дренажная система функционировала корректно, она всегда должна находиться в горизонтальном положении ниже уровня грудной клетки.

NB! В данном руководстве мы сознательно изменили принятый в литературе и исторически верный порядок описания торакальной дренажной системы (слева-направо: резервуар – водяной замОк – камера контроля аспирации). Данное изменение было сделано для того, чтобы облегчить понимание конструкции современной дренажной системы, где инженерами классический порядок компоновки визуально и конструкционно был изменён на зеркально-противоположный.

Как следует из названия, в трёхкомпонентной дренажной системе различают три камеры, выполняющие различную функцию: камеру контроля аспирации (синоним: «камера регулирования отрицательного давления»), водяной замОк (синонимы: «Water Seal», «жидкостная заглушка», «гидравлический затвор», «подводный замОк») и резервуар (синоним: «накопительная камера») (рис. 17).

4.2.1. Камера контроля аспирации.

Отрицательное давление в дренажной банке регулируется в камере контроля аспирации с помощью жидкости, уровень которой измеряется в сантиметрах водного столба (минимальное значение -20 см вод. ст.). Данная камера в обязательном порядке должна сообщаться с атмосферой для профилактики избыточного вакуума в системе. При слишком низком уровне жидкости создаваемый вакуум не может обеспечить полную эвакуацию секрета и/или воздуха. При избыточном уровне отрицательного возможным становится присасывание отверстий дренажа к органам грудной клетки, что потенциально может приводить к повреждению эпимиокардиальных сосудов и/или паренхимы лёгких. Следствием подобных повреждений может быть развитие кровотечения и/или пневмоторакса после удаления дренажа. Поэтому следует следить за уровнем жидкости в камере контроля аспирации и чётко придерживаться вра-

чебных рекомендаций по уровню целевого отрицательного давления (см. п. 3.4.).

4.2.2. Камера водяного замка.

Данная камера служит для предотвращения обратного попадания воздуха из системы к пациенту. В дренажной системе она состоит из трёх сообщающихся между собой отсеков: непосредственно водяного замка, шкалы водяного замка и шунтирующего отсека.

При спонтанном дыхании уровень жидкости в шкале камеры водяного замка колеблется на уровне 2 см, меняясь в соответствии с актом дыхания: при вдохе, когда интраплевральное давление снижается, уровень жидкости повышается, при выдохе на фоне роста интраплеврального давления уровень жидкости снижается. Во время ИВЛ отмечается обратная картина: уровень жидкости в шкале камеры водяного замка снижается в фазу вдоха и повышается в фазу выдоха. Данное колебание уровня жидкости является клиническим признаком проходимости дренажной трубки.

Если в дренажной системе при интенсивном кашле/плаче или сдаивании дренажа возникает избыточное отрицательное давление, то для предотвращения переливания жидкости из камеры водяного замка в накопительный резервуар данная жидкость шунтируется в небольшой дополнительный отсек, расположенный в верхнем отделе камеры и оснащённый специальным клапаном-поплавком. Для восстановления целевого отрицательного давления в дренажной системе имеется специальный впускной клапан, регулируемый кнопкой. При нажатии на кнопку накопленная в дополнительном отсеке жидкость через шкалу камеры водяного замка возвращается обратно в отсек непосредственно водяного замка. Данный сброс избыточного вакуума можно производить только во время активной

аспирации. Во время пассивного дренирования сброс отрицательного давления может привести к возникновению пневмоторакса, чего следует избегать. Как в камере контроля аспирации, так и в камере водяного замка имеются самогерметизирующиеся инъекционные порты, через которые можно аспирировать избыточную жидкость.

4.2.3. Резервуар.

В резервуарной камере, как следует из названия, накапливается собираемая жидкость, и с помощью имеющейся градуировки отслеживается динамика эвакуации выпота.

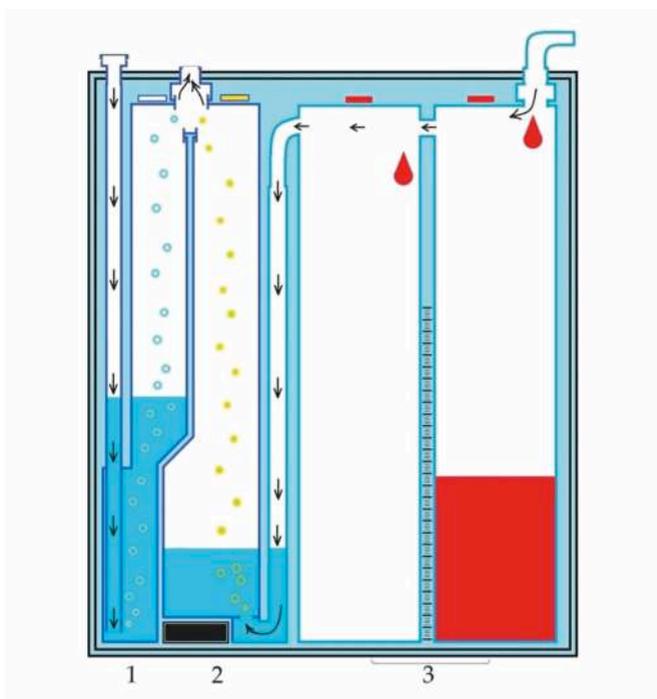


Рисунок 17 – Трёхкомпонентная система дренирования (1 – камера контроля аспирации; 2 - водяной замок; 3 – резервуар); жёлтые пузырьки – воздух, выходящий из грудной полости при пневмотораксе; голубые пузырьки – атмосферный воздух

4.3. Уточнение термина «барботаж»

Барботажем (барботированием) в промышленности называется активный процесс пропускания газа или пара через слой жидкости. При подключении торакальной дренажной системы к источнику активной аспирации происходит прохождение атмосферного воздуха через столб жидкости в камере контроля аспирации. Чем активнее аспирация, уровень которой регулируется специальным рычажком, тем выше шумовой эффект от возникновения пузырьков и тем быстрее испаряется жидкость в данной камере.

Если лёгкое герметично, то при проведении активной аспирации барботаж имеется только в камере контроля аспирации, а в камере водяного замка его нет. В нашем протоколе данный термин трактуется именно так. Иногда термин «барботаж» несколько жаргонно используется в торакальной хирургии для обозначения процесса прохождения пузырьков воздуха через водяной замок. Строго говоря, использование данного термина в качестве синонима негерметичности лёгкого некорректно, так как явление утечки воздуха из лёгких – в отличие от промышленной терминологии – процесс не преднамеренный, а опосредованный.

4.4. Уровень целевого отрицательного давления в торакальной дренажной системе у детей

Высота водного столба в камере контроля аспирации определяет отсасывающую силу, прикладываемую к дренажу и обеспечивающую дренирование выпота и/или воздуха. Прикладываемая к дренажу отсасывающая сила образуется путём сложения величин отрицательного давления в камере контроля аспирации и положительного давления в камере водяного замка:

$$-20 + 2 = -18 \text{ см вод. ст.}$$

(см. рис. 16). В таблице 1. представлены значения давления в различных компартментах дренажной системы. **Значения во второй слева колонке соответствуют целевому уровню жидкости в камере контроля аспирации.** В зависимости от зоны дренирования у детей используется различный уровень отрицательного давления [10].

Зона дренирования	Целевое давление в камере контроля аспирации, см вод. ст.	Давление в камере водяного замка, см вод. ст.	Результирующее давление, прикладываемое к дренажу, см вод. ст.
Перикард (изолированно)	-10	2	-8
Плевральная полость+перикард	-12	2	-10
Плевральная полость (изолированно)	-15	2	-13

Таблица 1 – Уровень давления в торакальной дренажной системе у детей

4.5. Принципы удаления дренажей у детей

4.5.1. Критерии для удаления дренажа при отсутствии утечки воздуха в раннем послеоперационном периоде:

1. Серозный характер отделяемого (при подозрении на хилоторакс следует определить pH в выделяемом выпоте: лимфа имеет выраженную щелочную среду).

2. Количество отделяемого не более 6 мл/кг/сутки (2 мл/кг в течение последних 8 часов) [10].

4.5.2. Критерии для удаления дренажа при наличии утечки воздуха в раннем послеоперационном периоде:

1. Серозный характер отделяемого.

2. Количество отделяемого не более 6 мл/кг/сутки (2 мл/кг в течение последних 8 часов) [10].

3. Отсутствие данных за пневмоторакс на рентгенограмме при пережатом на 6 часов дренаже.

Удаление дренажей при активной аспирации должно осуществляться в фазу выдоха у спонтанно дышащих пациентов и в фазу вдоха – у пациентов на ИВЛ. Не следует опасаться убирать дренажи у кричащих и плачущих, несмотря на анестезию, пациентов, так как данные состояния повышают интраплевральное давление, которое противодействует попаданию воздуха в плевральную полость.

5. АЛГОРИТМ ВЕДЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПНЕВМОТОРАКСОМ

1. Если у спонтанно дышащего пациента в периоперационном периоде возникает пневмоторакс объемом $\leq 15\%$ по формуле R. Light (см. п. 2.3.), то проводится мониторинг его состояния, пациент ведётся консервативно. Если объем пневмоторакса на рентгенограмме существенно не нарастает в течение 24 часов, но в динамике у пациента развиваются признаки дыхательной недостаточности, то выполняется пункция плевральной полости (см. п. 3.3.). Если пациент с объемом пневмоторакса $\leq 15\%$ находится на ИВЛ, то решение о дренировании плевральной полости принимается на основании клинических данных и параметров ИВЛ. При возникновении малейшего тренда на ухудшение состояния, следует дренировать плевральную полость.

2. При возникновении пневмоторакса объемом $>15\%$ и/или подозрении на негерметичность лёгкого пациенту показано экстренное дренирование плевральной полости (см. п. 3.3.) с последующим рентгенологическим/-скопическим контролем.

3. Когда пневмоторакс возникает у пациента с уже установленным дренажем, то, в первую очередь, следует исключить негерметичность соединений в дренажной системе, неправильное положение дренажной трубки или наличие дефекта её стенки, а также нарушение целостности дренажной банки. В случае негерметичности лёгкого, воздух из плевральной полости выходит, как правило, в виде небольших пузырьков в конце фазы вдоха. Если же произошла разгерметизация контура торакальной дренажной системы, то утечка воздуха является массивной, постоянной и не меняется в зависимости от фазы дыхания.

4. При подозрении на утечку воздуха из лёгкого, с помощью дренажной системы в плевральной полости создаётся целевое отрицательное давление (см. п. 4.4.). Во время лечения пневмоторакса пациенту показана инсуффляция кислорода [11]. Активная аспирация проводится до залипания дефекта и прекращения утечки воздуха.

5. Если, несмотря на установленный дренаж, лёгкое не расправляется, то возможным решением проблемы является увеличение разрежения, для чего следует долить жидкость в камеру регулировки отрицательного давления. Если лёгкое не расправляется и на фоне активной аспирации происходит перелив жидкости из шкалы водяного замка в специальный дополнительный отсек камеры водяного замка (см. п. 4.2.2.), то это может быть признаком дисфункции дренажной трубки. Решением этой проблемы является переустановка дренажа или установка дополнительного дренажа.

6. Массивное поступление воздуха по дренажу без разгерметизации контура может свидетельствовать о надрыве паренхимы лёгких или повреждении трахеобронхиального дерева. Из-за риска формирования альвеолярно- или бронхоплевральной фистулы в такой ситуации следует рассмотреть вопрос о ранней реторакотомии с целью ушивания повреждённого участка лёгкого/проведения ревизии бронха или трахеи.

7. После прекращения поступления воздуха по дренажу осуществляется пассивное (без активной вакуум-аспирации) дренирование плевральной полости в течение 24-48 ч., после чего выполняется контрольная обзорная рентенография органов грудной клетки. При залипанию дефекта лёгкого снижается внутриплевральное давление, следствием чего может быть подъём уровня жидкости в шкале камеры водяного замка на фоне спонтанного дыхания. Уровень жидкости при этом «играет» синхронно с фазами дыхания.

NB! Данное состояние является близким к физиологическому. Уровень давления в шкале камеры водяного замка при пассивном дренировании нельзя сбрасывать с помощью впускного клапана, так как это чревато развитием пневмоторакса (см. п. 4.2.2.).

8. При отсутствии пневмоторакса на рентгенограмме дренаж пережимается в течение 6 часов, затем выполняется контрольная рентгенография/-скопия.

9. При отсутствии значимого пневмоторакса дренаж удаляется.

10. Если на рентгенограмме на одном из вышеуказанных этапов имеются данные за рецидив пневмоторакса, то возобновляется активная аспирация с дальнейшим соблюдением указанного алгоритма. Следует повторно перепроверить и исключить вышеуказанные (в п. №1 данного алгоритма) внешние причины, например, в случае сомнения, поменять дренажную банку.

11. Если пневмоторакс не разрешается в течение 14 дней, то принимается решение о реторакотомии/рестернотомии для устранения негерметичности лёгкого.

6. МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ ПЕРИОПЕРАЦИОННОГО ПНЕВМОТОРАКСА

1. Инструктаж персонала, работающего с дренажными банками трёхкомпонентного типа.
2. Использование доступных дренажей минимального диаметра.
3. Профилактика интраоперационного повреждения паренхимы лёгкого. При повреждении ткани лёгкого необходимо ушить участок повреждения.
4. Использование эффекта «кулисы» при установке дренажа.
5. Визуальный контроль интраплеврального положения крайнего отверстия дренажной трубки.
6. Двойная фиксация дренажной трубки к коже с наложением дополнительного П-образного шва для герметизации дренажного канала после удаления дренажа.
7. Проведение «подводной» пробы перед сведением грудины для выявления надрывов лёгочной паренхимы, негерметичности трахеи и бронхов.
8. Рентгенографический контроль местоположения крайнего отверстия дренажной трубки на рентгенограмме.
9. Контроль за параметрами ИВЛ для профилактики баротравмы.
10. Контроль должного уровня отрицательного давления в дренажной системе, целостности её компонентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы полагаем, что применение данного руководства в детских кардиохирургических отделениях Республики Казахстан и других стран позволит уменьшить частоту возникновения периоперационных пневмотораксов у детей с кардиохирургической патологией. Будем благодарны за Ваши отклики, замечания и предложения, которые Вы можете направлять на адрес электронной почты gibbus@mail.ru. Надеемся, что публикация нашего протокола облегчит врачам, а также медицинским братьям и сёстрам работу с торакальными дренажными системами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Tension pneumothorax and pneumomediastinum caused by a malpositioned mediastinal drain in a patient following closure of an atrial septal defect / Hiremath S., Hegde H.V., Swamy P.R., Pai R.B. // *J. Cardiothorac.Vasc. Anesth.* – 2012. – Vol.26(1). – P. – 104-105;
2. Post Operative Pulmonary Complications Following Surgery for Congenital Heart Disease / Hasan, M. N. A., Sharifuzzaman, M., Shamsuddin, A. K., Biswas, S. K., et al. // *Journal of Bangladesh College of Physicians and Surgeons.* – 2017. – Vol.35(2). – P. – 52–60;
3. Clinical descriptors of pneumothorax following chest tube removal in paediatric cardiac surgery / LaGrasta C., McLellan M., Connor J. // *Cardiol.Young.* – 2021. – Vol.31(1). – P. – 121-124;
4. Chest tube removal algorithm is associated with decreased chest tube duration in pediatric cardiac surgical patients / Bertrandt RA, Saudek DM, Scott JP, et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2019. – Vol. 158(4). – P. – 1209-1217;
5. BTS Pleural Disease Guideline Group. Management of spontaneous pneumothorax: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010 / MacDuff A., Arnold A., Harvey J. et al. // *Thorax.* – 2010. – Vol.65 (Suppl II). – P. – 18-31;
6. Larsen R., Ziegenfuss T. In: *Beatmung: Grundlagen und Praxis.* SpringerVerlag Berlin Heidelberg New York, 1997 – S. 574-592.
7. Light R.W. Pneumothorax. In: *Pleural diseases.* – 3rd ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1995. – P. – 242-277.
8. Катилев А.В., Зайков С.В., Дмитриев Д.В., Макаров С.Ю. Спонтанный пневмоторакс у детей: диагностика и тактика ведения. *Педиатрия* 2016;37(2): 30-32.
9. Chest drainage systems in use / Zisis C., Tsirgogianni K., Lazaridis G., Lampaki S., et al. // *Ann. Transl. Med.* – 2015. – Vol.3(3). – P. – 43;
10. Bork M. *Handbuch der Kinder-Herz-Intensiv-Station (H3i)* Universitätskinderklinik Heidelberg. Heidelberg; 2010.
11. Supplemental oxygen improves resolution of injury-induced pneumothorax / Zierold D., Lee S.L., Subramanian S., DuBois J.J. // *J. Pediatr. Surg.* – 2000. – Vol. 35(6). – P. – 998-1001.

