

УДК 61.612

**ВЛИЯНИЕ ВНУТРИГРУДНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
СЕРДЦА****Курганская София Алексеевна**

студент 2 курса Уральского Государственного Медицинского
Университета,
Россия, г. Екатеринбург
ksaypt@icloud.com

Циркова Алина Альбертовна

ассистент кафедры нормальной физиологии
Уральского Государственного Медицинского
Университета, Россия, г. Екатеринбург

Аннотация

Сердце и легочные сосуды являются органами одного (среднего) отдела средостения. Легкие объединены с сердцем как анатомически, находясь в пределах замкнутой грудной полости, так и функционально, постоянно изменяя таким образом внутригрудное давление. По этой причине, понимание его влияния является неотъемлемой частью изучения системы сердца. К взаимодействиям, изменяющим деятельность сердца, помимо внутригрудного давления также относятся: изменения давления окружающих тканей на сердце, перераспределение объема крови (венозный возврат), прямое взаимодействие желудочков (ПВЖ) и постнагрузка на левый желудочек (ЛЖ).

Ключевые слова: внутригрудное давление, сердечный выброс, кардиопульмонарные взаимодействия, выброс левого желудочка, постнагрузка, преднагрузка.

**THE EFFECT OF INTRATHORACIC PRESSURE ON THE ACTIVITY OF THE
HEART****Kurganskaya Sofia Alekseevna**

2nd year student of the Ural State Medical University,
Russia, Yekaterinburg
ksaypt@icloud.com

Circova Alina Albertovna

Assistant of the Department of Normal Physiology
of the Ural State Medical University,
Russia, Yekaterinburg

ABSTRACT

The heart and pulmonary vessels are organs of the same (middle) part of the mediastinum. The lungs are united with the heart both anatomically, being within the closed thoracic cavity and functionally, thus constantly changing the intrathoracic pressure. For this reason, understanding its effects is an integral part of studying the heart system. Interactions that change the activity of the heart in addition to intrathoracic pressure also include: changes of the pressure of surrounding tissues on the heart, redistribution of blood volume (venous return), direct interaction of the ventricles (LV) and afterload on the left ventricle (LV).

Keywords: intrathoracic pressure, cardiac output, cardiopulmonary interactions, left ventricular ejection, afterload, preload.

Актуальность - изменение внутригрудного давления может оказывать влияние разной степени на сердце и приводить к снижению сердечного выброса и многим другим физиологическим отклонениям. Глубокое понимание этих сложных принципов важно для студентов медицинских вузов.

Введение

Чтобы лучше понять физиологию сердечно-легочной системы, важно иметь представление о динамических взаимодействиях, которые происходят между сердцем и легкими. Грудная полость, когда она цела и изолирована, ограничивает сердце и легкие замкнутым пространством. Поэтому изменения внутригрудного давления во время дыхательных фаз могут оказывать различное влияние на работу сердца. Преувеличенные усилия во время дыхания (например, при физической нагрузке или некоторых легочных заболеваниях, таких как ХОБЛ) могут повысить значимость сопряжения этих взаимодействий. Хорошо известно, что повышенное внутригрудное давление во время искусственной вентиляции уменьшает сердечный выброс.

Цель статьи - обзор литературных источников, посвященных важным факторам, влияющим на изменение внутригрудного давления, которое, в свою очередь, влияет на деятельность сердца.

Сердечный выброс определяется частотой сердечных сокращений и ударным объемом, который, в свою очередь, зависит от объема притекающей к сердцу крови. Ударный объем (выталкиваемый из одного желудочка за одну систолу сердца) связан с дыхательной системой: объем крови и объем газов пропорциональны ввиду соответствия степени насыщения крови этими газами и их выхода с выдохом. Объем выброса, с другой стороны, соответствует объему крови, выбрасываемому каждым желудочком во время сокращения, который определяется преднагрузкой (степень напряжения мышцы перед началом сокращения, определяется величиной конечно-диастолического давления, когда наполнение желудочков кровью завершилось), постнагрузкой (нагрузка, которую мышцам стоит преодолеть, развивая сокращение, определяется величиной давления в артерии, берущей начало от данного желудочка) и сократимостью. [5]

Для понимания этих взаимодействий необходимо помнить некоторые основные принципы работы соединительно-тканых структур, через которые проходит ток крови. К ним относятся: камеры сердца, клапан аорты, предсердно-желудочковые клапаны, такие сосуды как аорта, легочный ствол, полые вены. Эти структуры обычно оказывают сопротивление растягивающим или сокращающим силам и стремятся вернуться к своему объему покоя после снятия приложенной силы.

Изменение объема структуры зависит от ее растяжимости и давления, оказываемого на ее стенку, или трансмурального давления, которое соответствует разнице между внутренним и внешним давлением на стенку. Поток через эту эти структуры, с другой стороны, зависит от растяжимости стенок (камер сердца, сосудов), разности давлений между входным и выходным отделами элемента системы (изменения подчинены основному закону гемодинамики: градиент давления увеличивается, ввиду увеличения разницы между давлением на входе и выходе из камер, а так как объем крови, проходящий через полость, пропорционален этой разнице, то объем выброса также повышается), трансмурального давления. [4]

При положительном трансмуральном давлении (давление внутри полости выше внеполостного) сила тока крови будет пропорциональна разности давлений между входным и выходным отделами, например, сосуда. Когда трансмуральное давление уменьшается из-за увеличения давления вне полости, объем структуры (камеры сердца, сосудов) уменьшается, увеличивая таким образом внутреннее давление и перемещая больший объем крови в следующий отдел системы, но с увеличением сопротивления. Сопротивление же зависит от градиента давлений вначале и по выходе из полости (камеры, сосуда). [5]

Эти изменения подчинены основному закону гемодинамики. Градиент давления увеличивается, ввиду увеличения разницы между давлением на входе и выходе из камер, а так как объем крови, проходящий через полость, пропорционален этой разнице, то объем выброса также повышается.

Влияние давления на сердечный выброс

Внешнее ограничение сердца влияет на сердечный выброс, т.к. ограничивается диастолическое наполнение. Поскольку сердце и легкие находятся в непосредственной близости друг от друга, повышение внутригрудного давления при нормовентиляции или форсированном выдохе (например, у пациентов с эмфизематозными легкими) увеличивает давление вокруг самого сердца. В этих условиях эффективное трансмуральное давление (разница между давлением в камере и на камеру) снижается, ограничивая способность к растяжению и сокращению соответственно (согласно закону Франка-Старлинга). [4]

На окружающее давление может влиять как перикардиальное ограничение, так и прямое сдавление желудочков легкими. Ограничение перикарда становится особенно важным только в тех случаях, когда объем крови в сердце значительно увеличивается, например при физической нагрузке, совместно с такими патологиями перикарда, как констриктивный перикардит или выпот перикарда. [2]

Аналогичным образом, высокое внутригрудное давление (давление воздуха в грудной клетке, которое создается дыхательными движениями легких и работой) может изменить распределение объема крови и ограничить диастолическое наполнение обоих желудочков, одновременно увеличивая легочное сосудистое сопротивление, что приводит к большему ограничению наполнения ЛЖ. Хотя обычно считается, что постнагрузка ЛЖ снижается при увеличении внутригрудного давления, возникает вопрос, не является ли снижение постнагрузки ЛЖ следствием снижения преднагрузки ЛЖ. [4]

При значительном повышении внутригрудного давления происходит увеличение давления серозного секрета (при сохранении его объема, но уменьшении объема растяжения перикардиального мешка), что, как правило, вносит основной вклад в снижение эффективного давления в ЛЖ, конечного диастолического объема ЛЖ, ударного объема ЛЖ и ударной работы. Острый напряженный пневмоторакс хорошо демонстрирует это явление, поскольку сердечный выброс быстро снижается с увеличением внутригрудного давления. [5]

Перераспределение объема крови (венозный возврат)

Изменения внутригрудного давления также могут влиять на перераспределение объема крови. При нормальных условиях правый желудочек получает немного больше объема во время вдоха и меньше при выдохе из-за соответствующего пониженного и повышенного внутригрудного давления. Когда внутригрудное давление повышается при вентиляции под положительным давлением (ВППД, вспомогательное средство для поддержки дыхания без применения инвазивных воздухопроводов, градиент давления образуется благодаря повышенному (положительному) давлению от источника воздуха), может уменьшиться градиент венозного давления между грудной и брюшной полостями, что приводит к уменьшению объема крови, возвращающейся к сердцу. [3]

На данный момент описано явление увеличения просвета нижней полой вены в брюшной полости при ВППД, что указывает на увеличение венозной емкости внегрудных полостей из-за разницы в градиенте давления. Сжатие и уменьшение потока крови через верхнюю полую вену приводит к снижению преднагрузки правого желудочка при ВППД. Однако в устойчивом состоянии возвращающийся объем крови должен со временем сравняться с сердечным выбросом, поэтому во время ВППД происходит восстановление градиента давления между полостями и кровоток быстро восстанавливается. Объясняется поддержание возвращающегося объема крови во время ВППД в конце выдоха обратной связью с барорецепторами, повышающими тонус периферических сосудов. [1]

Еще один фактор, который следует учитывать, это влияние изменения объема легких во время ВППД на преднагрузку ЛЖ за счет сжатия легочных вен. Предположительно, увеличение альвеолярного давления во время увеличения объема легкого приводит к экспрессии крови из внутриальвеолярных сосудов в ЛЖ. Этот процесс аналогичен увеличению венозного возврата при использовании пневматических чулок, когда кровь оттекает от емкостных сосудов обратно к сердцу. [2]

Постнагрузка ЛЖ

Постнагрузка представляет собой препятствие для выходящего из желудочков тока крови. Если внутригрудное давление повышено, можно ожидать, что оно будет сдавливать грудную аорту, что приведет к увеличению постнагрузки на ЛЖ. Другие считают наоборот: повышенное внутригрудное давление будет смещать кровь из грудной в брюшную аорту и уменьшать постнагрузку. Вероятно, это связано с относительно большим внутригрудным давлением по сравнению с брюшным и более низким трансмуральным артериальным давлением (разница между внутренним и внешним давлением на стенку сосуда) вблизи ЛЖ. [5]

Общепринято, что при увеличении внутригрудного давления при повышенной вентиляции происходит перераспределение крови из центральной циркуляции на периферию с одновременным наружным сжатием сердца. Это приводит к снижению преднагрузки ЛЖ и, по механизму Франка-Старлинга, к снижению систолического объема ЛЖ. В этом случае может наблюдаться зависимое от преднагрузки снижение постнагрузки при увеличении внутригрудного давления. [3]

Заключение

Этот обзор освещает многие значимые аспекты физиологии сердечно-легочной системы, включая ссылки на важные работы в этой области. Поскольку сердце и легкие занимают ограниченное пространство, неудивительно, что функция одного органа неразрывно связана с другим. Взаимодействие, включающее внешнюю нагрузку на сердце, перераспределение объема крови (венозный возврат), ИВЛ и постнагрузку ЛЖ, в той или иной степени присутствует при нормальном дыхании, но может значительно усиливаться при повышенной вентиляции легких, что часто наблюдается в клинических условиях. Глубокое понимание этих сложных принципов важно для студентов медицинских вузов.

Список литературы:

1. Castillo Moya A., Del Pozo Bascuñán P. Interacciones cardiopulmonares: De la fisiología a la clínica // Revista chilena de pediatría. - 2018. - №89 no.5.
2. Глааб Т., Таубе С. Практическое руководство по кардиопульмональным нагрузочным тестам у взрослых // Респираторные исследования. - 2022. - №9.
3. Лу М., Пензел Т., Томас Р. Сердечно-легочная связь // Достижения экспериментальной медицины и биологии. - 2022. - №1384.
4. Верхофф К., Митчелл Дж.Р. Сердечно-легочная физиология: почему сердце и легкие неразрывно связаны // Успехи физиологии EducationVolume. - 2017. - №41, Выпуск 3.
5. Гайтон А.К., Холл Дж.Э. Медицинская физиология. - М.: Логосфера, 2008.

References:

1. Castillo Moya A., Del Pozo Bascuñán P. Interacciones cardiopulmonares: De la fisiología a la clínica // Revista chilena de pediatría. - 2018. - №89 no.5.
2. Glaab T., Taube C. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults // Respiratory Research. - 2022. - №9.
3. Lu M., Penzel T., Thomas R Cardiopulmonary Coupling // Advances in Experimental Medicine and Biology. - 2022. - №1384.
4. Verhoeff K., Mitchell J.R. Cardiopulmonary physiology: why the heart and lungs are inextricably linked // Advances in Physiology EducationVolume. - 2017. - №41, Issue 3.
5. Guyton A.K., Hall J.E. Medical physiology. - М.: Logosphere, 2008.