

И. А. СПИРЮХОВ и В. Я. СУЕТИН

РОЛЬ ДИАФРАГМЫ В АРТЕРИАЛЬНОМ ДАВЛЕНИИ КРОВИ

(Представлено академиком Л. А. Орбели 28 VI 1948)

Сто лет тому назад в 1847 г. Людвиг впервые записал на ленте ки-мографа кривую кровяного давления и обнаружил на ней, наряду с пульсовыми колебаниями, волны, синхронные с дыханием. Затем мно-гими исследователями было выяснено, что полного совпадения этих волн с актом вдоха и выдоха не имеется, и поэтому был проведен цел-лый ряд экспериментов по выяснению механизма их образования. Одни (Эйнбродт и Людвиг ⁽⁵⁾) причину возникновения «дыхательных» волн кровяного давления видели в изменении грудного давления на сердце и крупные сосуды. Другие (Мари ⁽⁵⁾) объясняли появление этих волн изменением в соотношении давления в грудной и брюшной поло-стях. Третьи (Шифф ⁽⁵⁾) высказывали мнение, что «дыхательные» колебания не зависят от перемены давления в грудной клетке, так как они не исчезают и при вскрытии плевральных полостей у кураризиро-ванных животных.

Особенно обстоятельно вопрос об этих волнах был исследован Н. Ковалевским ⁽⁵⁾. На основании разбора литературных данных и собственных экспериментов он полагал, что причиной появления «дыха-тельных» волн может быть либо изменение внутригрудного давления на сердце и крупные сосуды, либо изменение давления в легких на их сосуды, и пришел к выводу, что эти волны возникают в результате перемен в кровообращении легких, которое в свою очередь зависит от изменений давления в грудной полости.

Авторы руководств и учебников по физиологии ^(1-3, 7, 9) вплоть до последнего времени объясняют механизм образования «дыхатель-ных» волн кровяного давления на основе вышеприведенных работ, склоняясь то к одной, то к другой точке зрения или объединяя их вместе. Р. Гебер ⁽³⁾, разбирая обстоятельства повышения кровяного давления при вдохе, приходит к заключению, что «дыхательные коле-бания давления представляют собой явление довольно запутанное».

Таким образом, можно сказать, что единого мнения о причинах появления «дыхательных» волн до настоящего времени нет и вопрос о них остается нерешенным и даже запутанным.

Изучая анатомическое строение диафрагмы и ее соотношение с аортой у различных животных, мы пришли к выводу, что диафрагма должна оказывать прессорное действие на аорту, изменяя кровяное давление в артериальном русле. Этот вывод навел нас на мысль о том, что выражением прессорного действия диафрагмы являются «дыхательные» волны кривой кровяного давления. Настоящая работа представляет собой обоснование этой мысли.

Физиологические опыты были проведены на 10 собаках и 1 кошке. У первых поясничная часть диафрагмы по своему строению и разви-тию значительно отличается от остальных ее частей ⁽⁴⁾. Она пред-

ставляет два пластинчатых тяжа, называемых ножками, заканчивающихся каждый двумя сухожилиями в одной сагиттальной плоскости, в области между первым и пятым поясничными позвонками. Правый мускульный тяж массивнее левого. Сухожилия обоих тяжей над аортой соединяются вместе, образуя овальное кольцо, которое по отношению к аорте располагается в косом направлении. От кольца в краниоventральном направлении отходят мускульные волокна, вплетающиеся в сухожильный центр диафрагмы. Между мышечными волокнами ножек образуется также и отверстие для пищевода.

При сокращении мускульных волокон ножек их конечные сухожилия натягиваются, выпрямляются и изменяют форму кольца таким образом, что щель его становится уже — это ведет к тому, что аорта с боков сдавливается. Здесь уместно отметить, что по указаниям В. Элленбергера и А. Траутмана (8) стенка аорты лошадей в том месте, где она проходит через диафрагму, сильно утончена; повидимому, такое утончение имеется и у собак и у кошек; оно, несомненно, облегчает сдавливание аорты диафрагмой.

Нельзя не сопоставить в связь с прессорным действием диафрагмы и того обстоятельство, что артерии, питающие такие мощные органы, как желудок, кишечник, печень, селезенку, поджелудочную железу и почки, т. е. артерии — чревная, краниальная брыжжеечная и почечные, отходят от брюшной аорты в области сухожильного кольца, не выходя за его границы.

Прямое доказательство наличия прессорного действия диафрагмы на аорту и его значения в возникновении «дыхательных» волн кровяного давления было получено в физиологических опытах. Последние заключались в том, что у подопытных животных под наркозом при различных условиях записывалось на жимографе артериальное давление крови.

В первых трех опытах запись проводилась на краниальной брыжжеечной артерии. Выбор на нее пал потому, что она, во-первых, находится около диафрагмы, во-вторых, благодаря своей длине удобна для оперирования, и, кроме того, кривые, полученные на ней, отражают кровяное давление при исключении брюшного давления. После записи в течение некоторого времени при открытой брюшной полости разрезом тканей в межреберных пространствах вскрывались плевральные полости — сначала на одной, а затем и на другой стороне. Щели в грудной стенке делались обширные. У одной собаки пневмоторакс получен разрезом диафрагмы вентральнее аортального кольца.

В этих опытах, таким образом, проводилась запись кровяного давления при последовательном выключении брюшного и грудного давлений и при спадении легких, но при действии диафрагмы, т. е. поочередно исключалось все то, что прежние авторы считали причиной образования «дыхательных» волн.

Полученные кривые показали, что при устранении брюшного давления «дыхательные» волны остаются, а при пневмотораксе (получен ли он со стороны грудных стенок, или со стороны диафрагмы — все равно) они не только не исчезают, как это следовало из литературных данных, а наоборот, резко увеличиваются. Но как только прекращает сокращаться диафрагма, «дыхательные» волны перестают появляться, остаются только пульсовые, которые исчезают с прекращением сердцебиения.

Следующие опыты были проведены с разрушением кольца. При них вести запись на краниальной брыжжеечной артерии было технически неудобно, так как приходилось оперировать на диафрагме, и поэтому мы стали получать кривые на общей сонной артерии (левой), убедившись предварительно в одном из опытов в совпадении кривых, полученных на брыжжеечной и сонной артериях.

Вначале мы разрушали кольцо перерезкой сухожилий ножек (2 опыта). Опыты при этом были неудачны, т. е. «дыхательные» волны оставались. Анатомический контроль после опытов показал, что неудача зависела от того, что перерезалось только по одному сухожилию каждой ножки, а вторые оставались неповрежденными, и прессорное действие диафрагмы сохранялось. Остальные опыты велись с перерезкой диафрагмального кольца вентральнее аорты. Это делалось следующим образом. Скальпелем с кольца диафрагмы снималась серозная оболочка (брюшина), после чего кольцо выделяется яснее, обнаруживается аорта, а также чревная и краниальная брыжжечная артерии. Потом скальпелем или браншей ножниц приподнималась левая половина кольца (получается пневмоторакс и увеличение «дыхательных» волн на кривой) и перерезалась левая ножка вплоть до ребер. Остальная часть кольца отделялась от аорты и оттеснялась в сторону. «Дыхательные» волны при такой методике оттеснения кольца от аорты во всех случаях моментально исчезали.

Такого же рода опыт был проведен и на кошке, причем запись кровяного давления в этом случае делалась с аорты позади почечных артерий. Один опыт на собаке был проведен с записью с бедренной артерии. Оба эти опыта дали такие же результаты, как и с записью с сонной артерии. В одном опыте перед разрушением диафрагмального кольца были удалены желудок, кишечник и левая почка, что значительно облегчило освобождение аорты от кольца.

Подтверждением прессорного действия диафрагмы служит также и то, что если после перерезки кольца и освобождения от него аорты, т. е. после устранения «дыхательных» волн, только слегка надавить пальцем на аорту, на кривой кровяного давления появляется подобие «дыхательных» волн.

Проведенные опыты показывают, что так называемые дыхательные волны кривой кровяного давления не зависят ни от брюшного давления, как утверждал Мари, ни от изменений отрицательного давления в грудной клетке, как предполагал Людвиг, ни от перемены кровообращения в легких, как пытался доказать Н. Ковалевский,— эти волны возникают как результат прессорного действия поясничной части диафрагмы — ее ножек.

Увеличение в размахе «дыхательных» волн при пневмотораксе можно объяснить тем, что при вскрытии грудной клетки происходит спадение легких и удушье животного, при этом нервные импульсы, идущие к дыхательным мышцам, в том числе и к диафрагме, усиливаются и вызывают резкое, можно сказать, судорожное сокращение последней, что и обуславливает увеличенный размах «дыхательных» волн. Усиление этих волн во время затрудненного дыхания (Мари) и при глубоком дыхании (Тигерштедт), по нашему мнению, объясняется усиленным сокращением диафрагмы, а меньшая выраженность этих волн при покойном или поверхностном дыхании обуславливается более слабыми ее сокращениями.

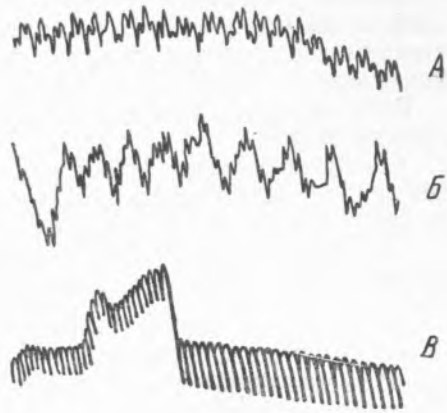


Рис. 1. Кривая кровяного давления в сонной артерии. А — норма, Б — пневмоторакс, В — освобождение аорты от кольца; слева препаровка, справа кольцо от аорты откинута

Хотя при пневмотораксе и изменяются условия работы сердца, но на наших кривых заметного изменения сердечных (пульсовых) волн не было. Они в общем были такими же, как и при не вскрытой грудной клетке. Но как только аорта освобождалась от прессорного действия диафрагмы, «дыхательные» волны исчезали, а пульсовые увеличивались в размахе в несколько раз. Этот факт ярко показывает, что устранением прессорного действия диафрагмы устраняется и ее содействие в продвижении крови в артериях и сердцу приходится компенсировать этот недостаток усилением своих сокращений.

Из сказанного следует, что на диафрагму нужно смотреть не только как на мышцу, участвующую в дыхании (дыхательная мышца), но и как на орган, играющий большую роль в продвижении крови не только по венам, но и по артериям. В этой связи следует обратить внимание на обособленность ее поясничной части, которая, как известно из эмбриологии, возникает и развивается отдельно от остальной части диафрагмы (столбы Ускова), имеет отдельную васкуляризацию⁽⁶⁾ и, по видимому, иннервируется не так, как ее части, возникающие в эмбриогенезе из *septum transversum*.

Весь материал настоящего сообщения дает нам право сделать следующие выводы:

1. «Дыхательные» волны кривой кровяного давления возникают в результате прессорного действия поясничной части диафрагмы (ее ножек) и поэтому их следует назвать диафрагмальными.

2. Поперечно-полосатая мускулатура (диафрагма) участвует в продвижении крови по артериям, оказывая на них прессорное действие.

Бурят-Монгольский
Зоотехническо-ветеринарный институт
г. Улан-Удэ

Постулило
29 XII 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. А. Андреев, К. М. Быков и др., Учебник физиологии, 1945.
² Е. Б. Бабский и др., Физиология человека и животных, 1946. ³ Р. Гебер, Курс физиологии человека, 1934. ⁴ А. Ф. Климов, Анатомия домашних животных, I, 1941. ⁵ Н. Ковалевский, Материалы к изучению влияния дыхания на кровообращение, Казань, 1877. ⁶ В. В. Колесников, Арх. анат., гист. и эмбр., 20, № 1 (1939). ⁷ К. Тигерштедт, Учебник физиологии человека, 1909. ⁸ В. Эллиенбергер и А. Траутман, Основы сравнительной гистологии домашних животных, 1929. ⁹ В. Эллиенбергер и А. Шейнерт, Руководство сравнительной физиологии домашних животных, 1930.