



¹С. В. ГОПОНЯКО, ¹И. В. БУЙНЕВИЧ, ²И. В. СЛЕСАРЬ, ²А. М. КРАВЧЕНКО,
³М. И. КАРАСЕВ, ²М. В. КУЗЬМИЧ, ²А. А. ШАРИКОВ

НАРУШЕНИЕ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ПО РЕСТРИКТИВНОМУ ТИПУ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ ПОДВИЖНОСТИ ДИАФРАГМЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ)

¹Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь

²Гомельская областная туберкулезная клиническая больница, Гомель, Беларусь

³Гомельская городская клиническая поликлиника № 5, Гомель, Беларусь

Проведен анализ научных публикаций, описывающих причины дисфункции диафрагмы и особенности связанных с ней дыхательных нарушений. Показаны соответствующие клинические наблюдения. Распознавание состояния бывает затруднительным в связи со сложностью визуализации динамической работы диафрагмы. Дифференциальная диагностика должна основываться на тщательном опросе пациента с уточнением характера и особенностей одышки, а также на данных анамнеза, которые могут указывать на ее происхождение, с последующим использованием соответствующих верифицирующих методов исследования.

Ключевые слова: нарушение функции внешнего дыхания по рестриктивному типу, уменьшение жизненной емкости легких, дисфункция диафрагмы, высокое стояние (элевация) диафрагмы.

We analyzed scientific articles describing the reasons of the diaphragm disfunction and the peculiarities of associated breathing disorders. The relevant clinical observations are demonstrated. The recognition of the disorder is challenging due to difficult dynamical visualization of diaphragm working. The differential diagnostics is based on the thorough investigation of patient's complaints and specificity of breathlessness as well as patient's anamnesis which can refer to the genesis of the disorder with following instrumental verification.

Key words: restrictive respiratory disorder, reduction of vital lung capacity, diaphragm disfunction, diaphragm elevation.

HEALTHCARE. 2024; 9: 27—34

RESTRICTIVE RESPIRATORY DISORDER ASSOCIATED WITH DIAPHRAGM RESTRAINT (LITERATURE REVIEW AND CLINICAL OBSERVATIONS)

S. U. Haponiaka, I. V. Buinevich, I. U. Slesar, A. M. Krauchanka, M. I. Karasiou, M. V. Kuzmich, A. A. Sharykau

М а т е р и а л и м е т о д ы

Одышка — одна из самых часто встречающихся жалоб в терапевтической практике, ее появление может быть связано с множеством причин и нередко обусловлено наличием одновременно нескольких заболеваний с вовлечением не только органов дыхания, но и сердечно-сосудистой, нервно-мышечной, эндокринной систем и психической сферы [1—4].

Рестриктивный (от лат. *restrictio* — стягивание, ограничение) тип нарушения функции внешнего дыхания (ФВД) связан с уменьшением объема вдыхаемого воздуха, наиболее наглядным спирометрическим показателем является снижение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) [1; 5; 6]. Спирометрия позволяет предположить наличие рестриктивных нарушений, для подтверждения требуется комплексное исследование ФВД с измерением функциональной остаточной емкости легких [5].

Нарушение ФВД по рестриктивному типу может быть обусловлено исключением из процесса дыхания участка легкого в результате:

паренхиматозного поражения (пневмония, туберкулез, ателектаз и т. п.); потери эластичности и снижения растяжимости легочной ткани с уменьшением внутриальвеолярного объема (интерстициальные заболевания легких, грубый поствоспалительный фиброз, эмфизема и т. п.); торако-диафрагмальных причин (заболевания, проявляющиеся деформацией и нарушением функции костно-мышечного каркаса грудной клетки, дисфункция диафрагмы различного генеза); наличия гидроторакса, выраженного ожирения, недостаточности кровообращения и других причин [1—6].

Диафрагма — внутренняя дыхательная мышца, сокращение которой с уплощением куполов обеспечивает расширение грудной клетки, что совместно с работой межреберных мышц обеспечивает механику дыхания. Работа диафрагмы внешне практически невидима, при этом нарушение ее функции приводит к появлению одышки инспираторного характера (затруднение вдоха). Учитывая, что рентгенографию

и компьютерную томографию (КТ) органов грудной клетки проводят в статическом положении на высоте вдоха, оценка подвижности и функции диафрагмы при проведении этих исследований невозможна. Визуализация работы диафрагмы возможна только благодаря рентгеноскопии, а небольшое смещение вверх купола диафрагмы при нарушении сократимости может быть замечено только при сравнении с более ранними рентгенограммами А.

Результаты и обсуждение

Уменьшение сократимости и подвижности диафрагмы может быть одно-или двусторонним, степень выраженности может варьировать от клинически незначимого ограничения до полного паралича одного из куполов (двусторонний полный паралич диафрагмы несовместим с жизнью) [10; 11]. Причины дисфункции диафрагмы могут иметь мио- или нейропатический характер, описано также идиопатическое поражение [7—13]. Изолированное миопатическое поражение диафрагмы встречается крайне редко. При системных заболеваниях, поражающих поперечно-полосатую мускулатуру, дисфункция диафрагмы диагностируется в комплексе с другими двигательными нарушениями [14].

Иннервация диафрагмы осуществляется парными диафрагмальными нервами, исходящими из корешков 3—5 шейных нервов (С3—С5) с непостоянным участием ветвей С2—С7, а также ветвями нижних шести пар межреберных нервов и диафрагмальных сплетений. Наиболее частой нейропатической причиной дисфункции диафрагмы является поражение диафрагмального нерва, которое, в свою очередь, может иметь вертеброгенный генез или возникать в результате сдавления нерва объемными образованиями средостения [7—13].

Объемные образования средостения визуализируются при проведении рентгеновского исследования органов грудной клетки, алгоритмы дифференциальной диагностики этих заболеваний хорошо известны [1; 8; 9; 12].

Поражение диафрагмального нерва вертеброгенного характера возникает чаще всего вследствие травм шейного отдела позвоночника. При частичном повреждении нервов их дисфункция, приводящая к снижению подвижности диафрагмы и возникновению дыхательных нарушений, в течение длительного времени может оставаться нераспознанной, а по исте-

чении времени связь одышки с ранее случившейся травмой может ускользать от внимания самого пациента и врача. При одностороннем частичном снижении сократимости диафрагмы состояние длительно может быть практически бессимптомным и проявляться только появлением одышки при значительных физических нагрузках. Изменение формы и некоторая элевация купола диафрагмы, визуализируемая при рентгенографии, может не расцениваться как клинически значимое, особенно без сравнения с предыдущими рентгенограммами [7—13].

К дисфункции диафрагмального нерва могут также приводить вертеброгенные причины нетравматического характера, прежде всего чрезвычайно распространенные дегенеративно-дистрофические заболевания шейного отдела позвоночника (остеохондроз). Ограничение сократимости и подвижности диафрагмы может также развиваться вследствие нарушения мозгового кровообращения, поражения спинного мозга различного генеза, плечевого сплетения, а также межреберных нервов (наиболее частой этиологией является вирусная инфекция *Herpes zoster*) [7—13].

Настороженность врача в отношении диафрагмальной дисфункции должна возникать всегда, когда выраженность одышки и ее персистирующий характер не объясняются визуализацией соответствующих изменений в легких, при этом при спирометрии регистрируется рестриктивный тип нарушения ФВД (вероятно, в сочетании с соразмерным снижением скоростных показателей). Возможное наличие дисфункции диафрагмы также необходимо иметь в виду, когда одышка инспираторного характера является явно преобладающим симптомом при отсутствии кашля, и нет признаков того, что рестриктивное нарушение ФВД патогенетически связано с легочной гиперинфляцией вследствие выраженной бронхообструкции [3; 7; 11; 15; 16].

При предъявлении жалоб пациент, как правило, самостоятельно не указывает на клинические особенности одышки, связанные с дисфункцией диафрагмы, однако они легко могут быть выявлены при целенаправленном опросе. Одышка, обусловленная дисфункцией диафрагмы, усиливается при появлении условий, которые ограничивают подвижность ребер, прежде всего в положении лежа на спине и особенно на боку, противоположном

стороне поражения. Пациенты указывают на резко выраженный дискомфорт, чаще всего спят на одном боку, соответствующем стороне поражения, объясняя это удобством, привычкой, не фиксируя связь с резким развитием одышки. Характерным проявлением является невозможность дышать при погружении в воду до плечевого пояса (при целенаправленном опросе часть пациентов могут четко указывать на такую особенность). Одышка, связанная с ограничением подвижности диафрагмы, также может резко усиливаться при наклонах вниз и в противоположную от поражения сторону. Типичной особенностью для одышки, связанной с дисфункцией диафрагмы, является то, что резко выраженный дыхательный дискомфорт проявляется сразу при появлении провоцирующих факторов, что вынуждает пациента немедленно сменить положение (при кардиогенном происхождении одышки, выраженном ожирении дыхательный дискомфорт нарастает постепенно) [3; 7; 11].

При значительных дыхательных нарушениях во время проведения пульсоксиметрии определяли снижение показателя оксигенации крови ниже 95 %. Возможность выявления изменений при физикальном обследовании пациента зависит от выраженности ограничения подвижности диафрагмы. Также обнаруживали асимметрию расширения грудной клетки при дыхании, участие в дыхании мышц плечевого пояса, ограничение экскурсии нижнего края легкого и ослабление дыхания в нижних отделах при перкуссии и аускультации (эти изменения могут быть и недостаточно явными). У части пациентов может быть выявлено парадоксальное втяжение передней брюшной стенки на вдохе (особенно при глубоком дыхании), обусловленное нарастанием отрицательного давления в грудной полости. В норме во время вдоха одновременно увеличивается положительное давление в брюшной полости за счет уплощения куполов диафрагмы, а при ограничении сократимости этого не происходит, купол диафрагмы смещается в краниальном направлении с содружественным втяжением передней брюшной стенки. При проведении физикального обследования также можно убедиться в возникновении резкого дискомфорта у пациента в горизонтальном положении (пациент не может лечь на бок, противоположный стороне поражения) и зафиксировать быстрое снижение оксигенации крови при помощи пульсоксиметрии [3; 7—13; 15; 16].

Наряду с дыхательными нарушениями необходимо выяснить наличие проявлений со стороны органов брюшной полости, таких как боли и тяжесть после еды в эпигастрии, изжога, дисфагия [6]. Учитывая, что причиной дисфункции диафрагмы нередко является заболевание (предшествовавшая травма) шейного отдела позвоночника, при пальпации этой области может быть обнаружена болезненность [7].

При рентгенографии и КТ органов грудной клетки патологическое состояние диафрагмы может проявляться изменением формы и/или элевацией купола. Не исключено снижение пневматизации базальных отделов легкого на стороне поражения вследствие коллабирования и гиповентиляции [3; 7—14]. Обязательно проведение сравнения с индивидуальным рентгенологическим архивом пациента для оценки рентгенологической динамики и дифференциальной диагностики с пневмонией и другими заболеваниями. Оценка подвижности диафрагмы возможна при выполнении рентгеноскопии, однако это исследование доступно только в специализированных медицинских центрах.

Показательным и высокоинформативным исследованием может быть проведение спирометрии в горизонтальном положении пациента: при дисфункции диафрагмы это поможет зафиксировать выраженное снижение ЖЕЛ по сравнению с вертикальным положением (возможно, на 30 % и более). При преобладании рестриктивного синдрома в нарушении ФВД остается высоким (0,8 и более) отношение объема форсированного выдоха за первую секунду к ЖЕЛ при спокойном и форсированном выдохе ($ОФВ_1/ЖЕЛ$, $ОФВ_1/ФЖЕЛ$) [3; 7].

Высокоинформативным исследованием для оценки сократительной функции диафрагмы является УЗИ, при помощи которого могут быть визуализированы структура, подвижность диафрагмы, ее толщина и изменение (утолщение не менее чем на 20 %) на вдохе. Методика УЗИ диафрагмы проста и хорошо воспроизводима, исследование является неинвазивным, безопасным, и организация его проведения (в отличие от рентгеноскопии) не требует специальных условий [17—21]. К сожалению, проведение УЗИ диафрагмы недоступно в медицинской практике в Республике Беларусь (в частности, в организациях здравоохранения Гомельской области), по нашим представлениям, этот вопрос требует актуализации.

Нередко дыхательные нарушения обусловлены у пациента несколькими причинами, при этом сама элевация диафрагмы может приводить к появлению участков гиповентиляции вследствие коллабирования легкого, что может выявляться рентгеновскими методами исследования в виде снижения пневматизации [7—13].

Для оценки различных патогенетических компонентов одышки и дифференциальной диагностики с ранними проявлениями интерстициальных заболеваний легких целесообразно проведение бодиплетизмографии и исследования диффузионной способности легких, позволяющих измерить бронхиальное сопротивление, остаточный объем и функциональную остаточную емкость легких, оценить альвеолярный объем и проницаемость альвеолярно-капиллярной мембраны [15]. Следует отметить, что в доступных публикациях не удалось найти достаточных сведений об изменениях, выявляемых этими методами исследования у пациентов с дисфункцией диафрагмы.

Дополнительно для диагностики, выявления причин, определения прогноза и необходимых лечебно-реабилитационных мероприятий при дисфункции диафрагмы могут применяться такие методы, как электронейромиография и измерение трансдиафрагмального давления [22—24].

При анализе рентгенологических данных, полученных при проведении скрининговой рентгенографии органов грудной клетки (случайная выборка, $n = 3879$), элевация и/или изменение формы одного из куполов диафрагмы (без сочетания с изменениями в легких или патологическими образованиями средостения) были обнаружены у 0,82 % (95 % ДИ (0,56—11,6)) обследованных. Возраст пациентов с выявленными изменениями — от 23 до 83 лет; число мужчин составило 46,9 %, женщин — 53,1 %.

В исследуемой выборке у всех пациентов изменения были односторонними (при этом изучение архива более ранних рентгенограмм было доступно лишь у части пациентов, в связи с чем не исключено, что выявление двусторонних изменений с небольшой элевацией и сохраненным соотношением куполов диафрагмы оказывалось невозможным). Право- и левосторонние изменения диафрагмы выявлены в 68,8 % и 31,2 % случаев соответственно. Ана-

лиз клинической значимости выявленных изменений требует дальнейшего исследования.

Рассмотрим два клинических случая (ретроспективно).

П а ц и е н т 1 69 лет направлен на консультацию к пульмонологу по причине наличия одышки, отсутствия эффекта от бронхолитиков. Диагноз при направлении: «ХОБЛ, эмфизематозный тип?».

При опросе пациента получены следующие данные: одышка инспираторного характера беспокоит в течение длительного времени (пациент описывает следующими фразами: «не могу сделать нормальный вдох», «не могу набрать воздух»), постепенно, в течение нескольких лет прогрессирует. В настоящее время одышка появляется при повседневной физической нагрузке (ходьба в умеренном темпе, подъем по лестнице на 2—3-й этаж). Кашля нет. Не курит (отказ более 10 лет назад, индекс курения — менее 10). Пациент отмечал, что практически никогда не лежал на левом боку из-за дискомфорта. В анамнезе — травма шейного и поясничного отделов позвоночника (падение с высоты более 10 лет назад), характер травмы уточнить не мог, сведений в направлении нет.

Объективно: частота дыхания в покое — 16 в минуту, SpO_2 — 97 %. В положении лежа на левом боку — затруднение вдоха, увеличение частоты дыхания до 22 в минуту, выраженный дискомфорт (пациент поднимается в вертикальное положение). Сердечные тоны ритмичны, частота сердечных сокращений — 70 в минуту. Артериальное давление — 140/80 мм рт. ст.

Исследование ФВД: ЖЕЛ — 84 % (3,47 л); дыхательный объем — 159 % (0,98 л); резервный объем вдоха — 2,65 л; ФЖЕЛ — 92 % (3,56 л); ОФВ₁ — 80 % (2,49 л); ОФВ₁/ФЖЕЛ — 0,85; ПОСвыд — 6,72 л/с (87 %). Критерии качества теста выполнены. Показатели ФВД находились в пределах нормы, высокую информативность для оценки патогенетического вклада возможной дисфункции диафрагмы на развитие диспноэ показала бы спирометрия в положении лежа.

При рентгенографии органов грудной клетки очаговых и инфильтративных изменений в легких не выявлено. Скрининговую рентгенографию выполняли ежегодно, на дообследование не приглашали (в описании отмечали частичную релаксацию правого купола диафрагмы). Рентгенограммы представлены на рис. 1.

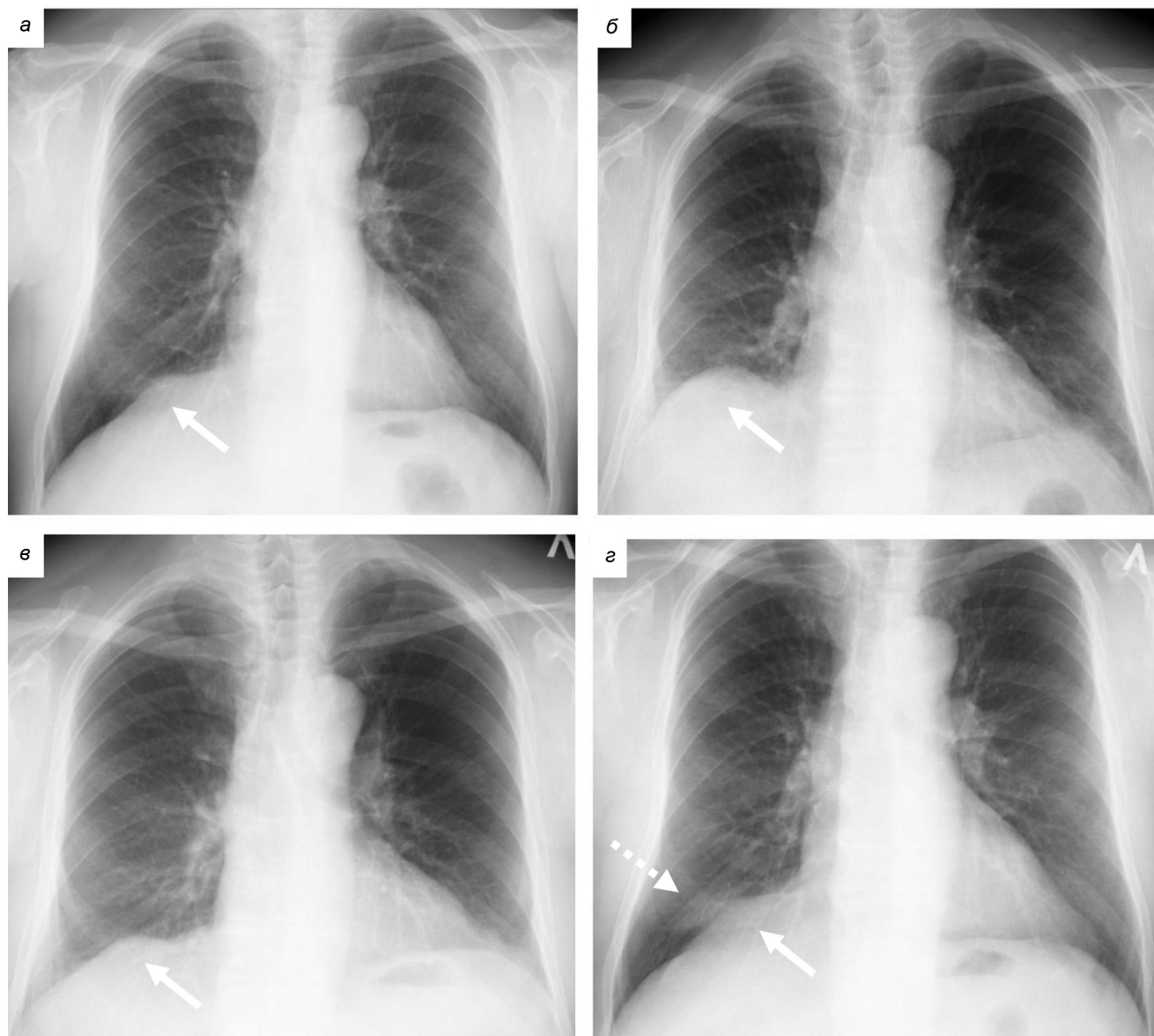


Рис. 1. Серия рентгенограмм (а — г) органов грудной клетки при частичной релаксации правого купола диафрагмы (сплошная стрелка) на протяжении 9 лет с интервалом 2—3 года. Пунктирной стрелкой указан участок гиповентиляции

П а ц и е н т 2 57 лет направлен на консультацию к пульмонологу для оценки степени дыхательной недостаточности перед освидетельствованием медико-реабилитационной экспертной комиссией после обследования в отделении торакальной хирургии многопрофильного стационара. Страдает артериальной гипертензией II стадии, ишемической болезнью сердца с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий, недостаточностью митрального клапана 1—2 степени, недостаточностью трикуспидального клапана 2 степени, недостаточностью кровообращения II А—Б степени.

Предъявлял жалобы на одышку при физической нагрузке, редкий кашель.

В течение последних нескольких лет пациента неоднократно консультировал пульмонолог по причине персистирующей одышки, возникновение которой связывали с наличием в легких остаточных изменений после перенесенной пневмонии, вызванной вирусом SARS-CoV-2, и наличием хронического заболевания сердечно-сосудистой системы с недостаточностью кровообращения. Показатель оксигенации крови, по данным медицинской документации, в течение нескольких лет составлял 90—93 %.

Исследование диффузионной способности легких не проводили.

Объективные данные: частота дыхания в покое — 20—21 в минуту, SpO₂ — 92 %.

вероятно, обусловленные гиповентиляцией. Трахея и бронхи 1—3-го порядка проходимы. Плевральные полости свободные. Рентгенограмма и КТ органов грудной клетки, выполненные ранее (после перенесенной пневмонии, вызванной SARS-CoV-2), представлены на рис. 2.

Следует отметить, что элевацию левого купола диафрагмы указывали при описании рентгенограмм, выполнявшихся ранее, это отражалось в диагнозе, однако исследований, направленных на выявление причин и определение обратимости дисфункции диафрагмы и возможных лечебно-реабилитационных мероприятий, не проводили. При проведении КТ положение диафрагмы описано не было (при этом левый купол диафрагмы в положении лежа на животе смещался в краниальном направлении до уровня бифуркации трахеи).

Таким образом, в обоих случаях у пациентов имеется особенность диспноэ, указывающая на дисфункцию диафрагмы, — резкое усиление одышки в положении лежа, особенно на боку, противоположном стороне поражения. Пациентам показаны исследование сократимости и подвижности диафрагмы, консультация невролога, хирурга-травматолога и торакального хирурга, чтобы определить возможные причины, обратимость дисфункции и тактику лечения.

В ы в о д ы

1. При выявлении рестриктивных нарушений ФВД без сочетания с соразмерным поражением паренхимы легких, выявляемым рентгеновским исследованием, следует иметь настороженность в отношении дисфункции диафрагмы как возможной причины развития диспноэ.

2. Диагностика дисфункции диафрагмы возможна при целенаправленном сборе клинико-anamnestических данных (наиболее значимым признаком является резкое усиление одышки в положении лежа на спине и особенно на боку, противоположном стороне поражения). Верификация может быть осуществлена при проведении рентгеновского исследования органов грудной клетки (рентгенография с анализом формы и положения куполов диафрагмы в динамике, рентгеноскопия с оценкой подвижности, КТ, в том числе для дифференциальной диагностики).

3. Высокой информативностью для исследования функции диафрагмы обладает УЗИ, применение простой и воспроизводимой методики могло бы в значительной степени объективизировать и усовершенствовать диагностику.

4. Обратимость дисфункции диафрагмы и обусловленных ею дыхательных нарушений зависит от своевременной диагностики и лечения, для чего необходимы разработка алгоритма мероприятий и осведомленность врачей широкого круга специальностей (врачей общей практики, терапевтов, пульмонологов, рентгенологов, травматологов, торакальных хирургов, неврологов, реабилитологов). При отсроченной диагностике дыхательные нарушения могут приобретать необратимый характер, при выраженной степени дисфункции диафрагмы может быть причиной дыхательной недостаточности, в значительной степени ограничивающей жизнедеятельность и приводящей к инвалидизации.

Контактная информация:

Гопоняко Светлана Владимировна — старший преподаватель кафедры фтизиопульмонологии с курсом ФПКП. Гомельский государственный медицинский университет. Ул. Ланге, 5, 246000, г. Гомель. Сл. тел. +375 232 31-55-47.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: С. В. Г., И. В. Б. Сбор информации и обработка материала: С. В. Г., И. В. С., А. М. К., М. И. К., М. В. К., А. А. Ш. Проведение и анализ рентгеновского, ультразвукового, функционального исследований: С. В. Г., И. В. С., М. И. К., М. В. К., А. А. Ш. Написание текста: С. В. Г., И. В. Б., А. М. К. Редактирование: С. В. Г., И. В. Б., А. М. К.

Конфликт интересов отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чучалин, А. Г. Респираторная медицина : руководство / под ред. А. Г. Чучалина. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2017. — 640 с.
2. Пациент с одышкой в практике врача-терапевта / Н. В. Гордеева [и др.] // Пульмонология — 2020. — Т. 30, № 6. — С. 842—846.
3. Одышка в практике терапевта: развитие пареза диафрагмы у больного бронхиальной астмой / Н. В. Шарова [и др.] // Терапия. — 2021. — Т. 20, № 11. — С. 77—81.
4. Одышка у пациентов терапевтического профиля: вопросы терминологии, патогенеза, оценки прогноза / Е. В. Хазова [и др.] // Вестник совр. клин. медицины. — 2019. — Т. 12, № 5. — С. 92—99.
5. Алгоритм исследования функции внешнего дыхания спирометром MAC2-БМ в общей врачебной практике / Е. И. Давидовская [и др.] // Семейный доктор. — 2019. — № 4. — С. 22—27.
6. Спирометрия : метод. руководство / Рос. респир. общество. — М. : Министерство здравоохранения Российской Федерации. — 2021. — 62 с.

7. Дисфункция диафрагмы / О. М. Урясьев [и др.] // *Мед. вестник Сев. Кавказа*. — 2022. — Т. 17, № 3. — С. 317—322.
8. Schepens, T. *Diaphragmatic Function* / T. Schepens, S. Fard, E. C. Goligher // *Respir. Care*. — 2020. — Vol. 65, № 6. — P. 807—819.
9. *Diaphragmatic dysfunction* / J. Ricoy [et al.] // *Pulm.* — 2019. — Vol. 25, № 4. — P. 223—235.
10. O'Toole, S. M. *Unilateral Diaphragmatic Paralysis* [Electronic resource] / S. M. O'Toole, J. Kramer // *StatPearls Publishing*. — Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557388/>. — Date of access: 20.04.2024.
11. Двусторонний паралич диафрагмы : клиническое наблюдение / О. М. Урясьев [и др.] // *Пульмонология*. — 2022. — Т. 32, № 6. — С. 906—914.
12. Bruells, C. S. *Diaphragmale dysfunction-Facts for clinicians* / C. S. Bruells, G. Marx // *Med. Klin. Intensivmed. Notfmed.* — 2018. — Vol. 113, № 7. — P. 526—532.
13. *Diaphragm dysfunction: A comprehensive review from diagnosis to management* / J. Kocjan [et al.] // *Intern. Med. J.* — 2021. — P. 16.
14. Диагностика ранних дыхательных нарушений у больных миастенией / Е. М. Павлова [и др.] // *Неврол. журнал*. — 2013. — № 1. — С. 14—21.
15. Роль функциональных методов исследования в диагностике пареза диафрагмы / О. И. Савушкина [и др.] // *Клин. медицина*. — 2022. — Т. 100, № 6. — С. 310—313.
16. Меньшикова, И. Г. Взаимосвязь показателей функционального состояния диафрагмы и легочной гемодинамики у больных хронической обструктивной болезнью легких / И. Г. Меньшикова, В. Е. Перлей, И. В. Складар // *Бюллетень физиол. и патологии дыхания*. — 2018. — № 67. — С. 25—30.
17. Неклюдова, Г. В. Возможности ультразвукового исследования диафрагмы / Г. В. Неклюдова, С. Н. Авдеев // *Тер. архив*. — 2019. — Т. 91, № 3. — С. 86—92.
18. *Ultrasound for assessment of diaphragm in ALS* / S. Pinto [et al.] // *Clin. Neurophysiol.* — 2016. — Vol. 127, № 1. — P. 892—897.
19. Laghi, F. A. Jr. *Ultrasound and non-ultrasound imaging techniques in the assessment of diaphragmatic dysfunction* / F. A. Laghi Jr., M. Saad, H. Shaikh // *BMC Pulm. Med.* — 2021. — Vol. 21, № 1. — P. 85.
20. *Ultrasound imaging for diaphragm dysfunction: a narrative literature review* / L. Vetrugno [et al.] // *Cardiothorac. Vasc. Anesth.* — 2019. — Vol. 33, № 9. — P. 2525—2536.
21. Базылев, В. В. Анализ положения и подвижности диафрагмы у взрослых с нормальной функцией легких до и после кардиохирургических операций / В. В. Базылев, Т. И. Парамонова, А. В. Вдовкин // *Луч. диагн. и тер.* — 2017. — № 1. — С. 53—63.
22. *Transdiaphragmatic pressure and contractile properties of the human diaphragm following standardized magnetic stimulation* / J. Spiesshoefer [et al.] // *ERJ Open Research*. — 2019. — № 5. — P. 67.
23. Паромов, К. В. Лечение дисфункции диафрагмы в послеоперационном периоде кардиохирургического вмешательства : обзор литературы и клинический случай / К. В. Паромов, Д. А. Свицкий, М. Ю. Киров // *Вестник интенс. терапии им. А. И. Салтанова*. — 2022. — № 3. — С. 57—68.
24. Стимуляция диафрагмального нерва посредством модифицированного имплантируемого устройства в комплексе реабилитационных мероприятий после повреждения шейного отдела спинного мозга (случай из практики) / А. Н. Ерохин [и др.] // *Гений ортопедии*. — 2020. — № 1. — С. 89—95.

Поступила 16.04.2024

Принята к печати 29.04.2024