

В. И. Козлов, Т. Ю. Цветкова

БИОМЕХАНИКА ПОДВИЖНОСТИ РЕБЕР ПРИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ЭКСКУРСИЯХ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Кафедра анатомии человека (зав. — проф. В. И. Козлов), Медицинский институт, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

Целью настоящего аналитического исследования является решение вопроса о биомеханике подвижности ребер при дыхательных экскурсиях грудной клетки и возможности участия в этих движениях так называемых мышц, поднимающих ребра. В большинстве современных руководств по анатомии функция этих мышц освещается в соответствии с их названием. Однако в более ранних работах высказывались сомнения об участии этих мышц в поднимании ребер. Анатомо-биомеханические особенности соединения ребер грудной клетки не допускают изменения их положения относительно позвоночного столба и смещение их как в краниальном направлении (т. е. поднятие ребер), так и в каудальном направлении (т. е. опускание ребер). При дыхании как истинные, так и ложные ребра, постоянно сохраняют свое положение относительно позвоночного столба, к которому каждое ребро фиксируется малоподвижными суставами в двух точках. Допустимо только вращение ребер вокруг оси, косо проходящей вдоль шейки ребра. Однако благодаря искривленной форме ребер при их вращении изменяется пространственное положение тела и грудинного конца ребер. Поскольку название *mm. levatores costarum* не соответствует их функции как поднимающих и даже как вращателей ребер, то представляется оправданным изменение их номенклатурного названия. Исходя из реальных анатомо-биомеханических особенностей этих мышц, их следует причислить к мышцам, действующим на позвоночный столб, которые обеспечивают его ротацию и разгибание. Этим мышцам более присуще название реберно-поперечные мышцы (*mm. costotransversales*). В этом названии отражена их наиболее вероятная функция как вращателей и разгибателей позвоночного столба в грудном отделе.

Ключевые слова: биомеханика дыхательных движений, мышцы-ротаторы позвоночного столба, подвижность грудной клетки, подвижность ребер; мышцы, поднимающие ребра

В подавляющем большинстве современных учебников и руководств по анатомии и физиологии, да и вообще в медицинской практике бытует представление о том, что при дыхательных движениях грудной клетки происходит поднятие и опускание ребер. В этой связи в анатомической номенклатуре сохраняются так называемые мышцы, поднимающие ребра (*mm. levatores costarum*). Однако в более ранних авторитетных анатомических изданиях высказывалось обоснованное сомнение об участии этих мышц в поднимании ребер, если такая функция вообще допустима [2, 15].

Мы поставили перед собой задачу рассмотреть с точки зрения биомеханики возможную подвижность ребер при дыхательных экскурсиях грудной клетки, а также определить возможные функции *mm. levatores costarum*.

Как известно, благодаря соединениям в грудной клетке ребра (кроме колеблющихся) фиксированы в трех точках крайне малоподвижными суставами: суставом головки ребра,

реберно-поперечным суставом и грудинореберными суставами (для II–V ребер) или реберно-грудинным синхондрозом (для I, VI и VII ребер) (рис. 1). Для ложных ребер фиксация их хрящевой части к груди осуществляется опосредованно через соединения с реберной дугой посредством межхрящевых суставов. Такая конструкция соединений повышает мобильность ложных ребер, благодаря чему вентиляция нижних отделов легких обеспечивается лучше, чем верхних.

В силу анатомо-биомеханических свойств соединений как истинных, так и ложных ребер, при дыхательных экскурсиях грудной клетки невозможно ни их поднятие, ни опускание. При расширении и уменьшении объема грудной клетки, что необходимо для вентиляции легких, ребра постоянно сохраняют свое исходное положение в скелете туловища относительно позвоночного столба, к которому каждое ребро фиксируется малоподвижными суставами в двух точках: к телам двух соседних позвонков и поперечному отростку. При дыхательных движениях допустимо только

Сведения об авторах:

Козлов Валентин Иванович (e-mail: Akvi13@yandex.ru), Цветкова Татьяна Юрьевна (e-mail: Tsvetkova_Tatyana@rambler.ru), кафедра анатомии, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

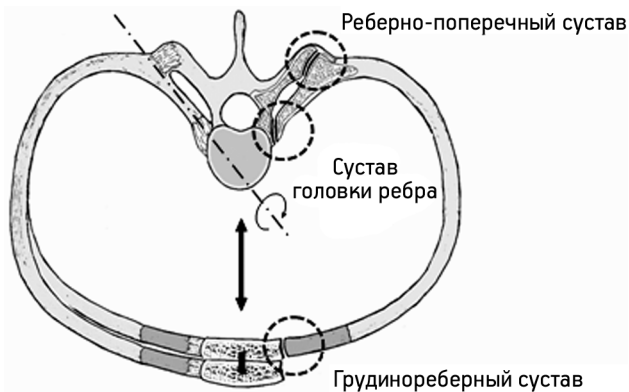


Рис. 1. Точки фиксации и подвижность истинных ребер при дыхательных движениях грудной клетки

вращение ребер вокруг оси, косо проходящей вдоль шейки ребра через его головку и щель реберно-поперечного сустава. Однако благодаря причудливо искривленной форме ребер при их вращении изменяется пространственное положение их тела и грудинного конца ребер. У истинных ребер при вдохе синхронно приподнимаются их передние концы, в результате чего грудина несколько смещается вверх и кпереди. Благодаря этому при вдохе в верхней части грудной клетки увеличивается переднезадний размер, величина которого возрастает не более чем на 10–15 мм (см. рис. 1).

Ложные ребра, которые присоединяются к нижней части грудины опосредованно через межхрящевые суставы, при своем вращении совершают лишь небольшие скользящие движения передних концов ребер в составе реберной дуги в латеральном направлении (рис. 2). Поэтому в нижних отделах грудной клетки при вдохе имеет место смещение переднего конца ложных

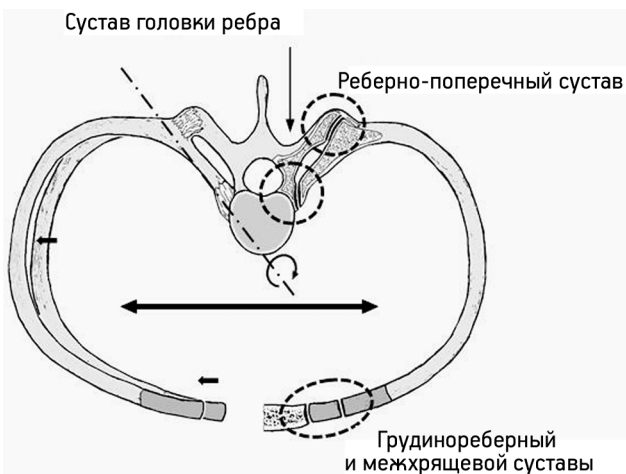


Рис. 2. Точки фиксации и подвижность ложных ребер при дыхательных движениях грудной клетки

ребер в латеральном направлении, что ведет к увеличению поперечного размера грудной клетки.

В ряде литературных источников такое смещение средней части ребра при вдохе описывается как движение по типу «ручки ведра» [15, 19]. Такая метафора была бы возможна лишь в случае фиксации ребра к осевому скелету в двух точках, что не соответствует действительности. На самом деле ребро фиксируется не в двух, а в трех точках, что существенно ограничивает свободу его перемещений. Ребро может только вращаться по месту своего положения.

Помимо этой подвижности ребер, регламентированной синовиальными соединениями, в изменениях объема грудной клетки при дыхании (как при ее расширении, так и при сжатии) существенную роль играют эластическая деформация многочисленных синхондрозов (реберно-грудинных синхондрозов и симфизов рукоятки грудины и мечевидного отростка), а также небольшое спрямление грудного кифоза при вдохе.

Подвижность ребер, как и степень расширения грудной клетки, непосредственно зависят от глубины дыхания. Как известно, при спокойном дыхании преимущественно изменяется вертикальный размер грудной клетки, что происходит за счет регулярных сокращений диафрагмы, приводящих к уплощению ее купола и смещению вниз ее сухожильного центра. Возвращение сухожильного центра диафрагмы после ее расслабления в исходное положение происходит пассивно, преимущественно за счет разности внутригрудного и внутрибрюшного давления. При этом сокращение межреберных мышц (наружных и внутренних) предотвращает западение (прогибание внутрь) мягких тканей в межреберных промежутках или их выбухание наружу при изменении внутригрудного давления при дыхании.

Максимальная подвижность ребер и всей грудной клетки, в целом, достигаются лишь при глубоким дыханием (рис. 3). Тогда в расширение грудной клетки, помимо основных дыхательных мышц, в работу дополнительно вовлекаются другие мышцы. Среди этих мышц существенная роль принадлежит лестничным мышцам, фиксирующим верхний отдел грудной клетки в приподнятом положении; задним зубчатым мышцам (верхним и нижним), растягивающим грудную клетку за верхние и нижние ребра; подреберным мышцам, поперечной мышце груди, а также мышцам живота, обеспечивающим максимальное сжатие грудной клетки при выдохе.

Таким образом, анатомо-биомеханические особенности скелета и соединений грудной клет-

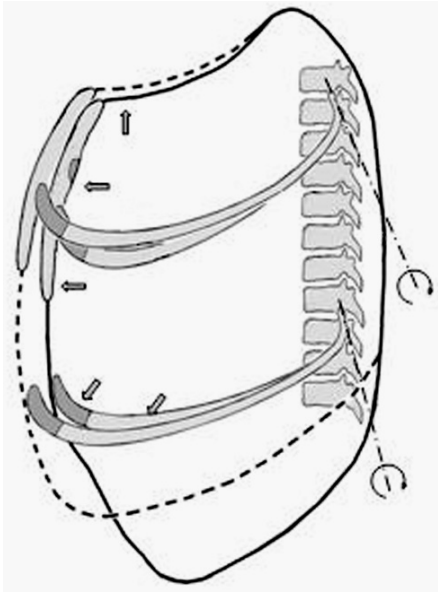


Рис. 3. Подвижность ребер и грудины при глубоком дыхании

ки допускают при дыхательных движениях только вращение ребер по их местоположению. Поэтому употребление термина *mm. levatores costarum*, как «поднимателей ребер», представляется казуистическим и должно быть изъято из анатомической номенклатуры, как не соответствующего реальной подвижности, обусловленной вращением ребер при глубоких дыхательных движениях.

Mm. levatores costarum располагаются на задней поверхности грудной клетки; их волокна простираются между поперечным отростком вышележащего позвонка и верхним краем и задней поверхностью соответствующего ребра (рис. 4). Японские исследователи из Нагасаки Jun-ichiro Satoh и Ting-Choung (1968) [17] детально изучали *mm. levatores costarum* у людей ($n=10$) и обезьян ($n=15$). У человека присутствуют короткие и длинные мышцы, поднимающие ребра, у обезьян — только короткие. Короткие мышцы имеют крыловидную форму с сухожилием, с помощью которого они фиксируются к поперечному отростку. Обычно они начинаются на латерально-нижней поверхности поперечного отростка VII шейного и одиннадцати грудных позвонков. Мышцы следуют латерально вниз и имеют мышечное прикрепление на верхнем крае и задней поверхности шейки следующего ребра или достигают угла нижележащего ребра. Короткие мышцы были обнаружены японскими авторами на всех изучаемых препаратах. Эти мышцы увеличиваются в размерах в каудальном направлении, также увеличивается в этом направлении угол прикрепления к ребру. Аналогичное описание этих мышц

Рис. 4. Анатомический препарат *mm. levatores costarum*

дается почти во всех анатомических руководствах [4, 7, 9, 10, 23].

Различные мнения высказываются относительно начала и прикрепления этих мышц. Одни авторы считают, что они начинаются на поперечных отростках и прикрепляются к ребрам [7, 9, 10, 15], а В. П. Воробьев (1932) полагает, что началом для этих мышц служат ребра, а прикрепляются они к поперечным отросткам [1].

Длинные мышцы, поднимающие ребра, присутствуют только у человека по сравнению с обезьянами. Это тонкие, длинные веретенообразные мышцы, они имеют общее сухожильное начало с короткими поднимаателями ребер и находятся более поверхностно. Длинная мышца обычно следует латерально и каудально, перекидывается через одно ребро (иногда через два и более ребер) и прикрепляется к верхнему краю ребра. Длинные мышцы не всегда прикрепляются на верхнем крае ребра, иногда они могут вплетаться в наружные межреберные мышцы [17]. В этом случае, возможно, мышцы, поднимающие ребра, могут принимать участие в поддержании мышечного корсета межреберных промежутков и препятствовать западению межреберных промежутков при вдохе. По данным Jun-ichiro Satoh и Ting-Choung Shu (1968), длинные мышцы, поднимающие ребра, начинаются от поперечных отростков позвонков от II по IV и от VIII по X, т. е., присутствуют, преимущественно, в верхних и нижних межреберных промежутках, в центральных отделах их немного. Кроме того, в верхнем

отделе они выражены слабо. Иногда две длинные мышцы начинаются от поперечного отростка одного грудного позвонка, но с раздельными прикреплениями, при этом одна из них развита слабо. Латеральные отделы мышцы, поднимающей ребра, частично покрывают наружные межреберные мышцы, а сама мышца полностью расположена под подвздошно-реберной мышцей и длиннейшей мышцей спины.

Рассмотрим с точки зрения физики вращательного движения твердого тела принципиальную возможность мышц, поднимающих ребра, осуществлять функцию вращения ребра, тем самым приводя к подниманию передних и боковых отделов ребер (рис. 5). Как известно, для того, чтобы вызвать вращение тела вокруг неподвижной оси, к нему надо приложить силу F , которая не должна совпадать с осью вращения [6]. При этом, действие силы тем значительнее, чем больше расстояние от точки ее приложения до оси вращения [3, 5, 8]. Это учитывается с помощью величины, называемой вращающим моментом, или просто моментом силы, численно равным произведению силы F на длину перпендикуляра, опущенного из центра вращения на направление силы, который называют плечом силы; в нашем случае величина силы будет зависеть от силы мышцы и расстояния от точки прикрепления мышцы до оси вращения ребра, что составляет несколько миллиметров. На рис. 5 показана раскладка сил, развиваемых рассматриваемыми мышцами, на две составляющие, из которых только одна F_r (меньшая часть равнодействующей силы), лежащая на касательной к окружности вращения в точке прикрепления этой мышцы к ребру, будет влиять на вращение ребра. Другая составляющая силы F_n , которая проходит через центр (ось) вращения ребра, не будет вносить вклад во вращательное движение ребра. Эта составляющая будет стабилизировать реберно-позвоночное сочленение, прижимая суставные поверхности друг к другу. Однако малая масса каждой мышцы,

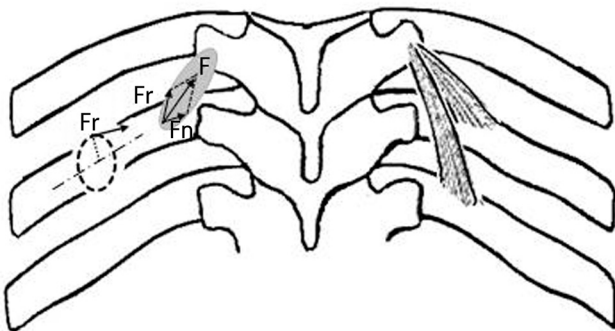


Рис. 5. Возможный вращательный момент, развиваемый *m. levator costae brevis*

а следовательно, малая величина развиваемой мышцей силы и небольшая величина рычага прилагаемой силы не могут обеспечить значительную роль мышц, поднимающих ребра, в повороте ребра. Таким образом, действие этих мышц, как вращателей ребер, вряд ли значительно; их роль, если она вообще присутствует, ничтожна даже при глубоком дыхании.

По мнению ряда авторитетных анатомов [7, 18], эти мышцы, скорее всего, участвуют в наклоне позвоночника в стороны и во вращении позвоночного ствола [15, 25].

Не является однозначным и вопрос о происхождении *mm. levatores costarum*. Приведем три различных точки зрения по поводу происхождения этих мышц. По мнению Д. Н. Зернова, мышцы, поднимающие ребра, представляют собой пучки, искусственно выделяемые в задней части межреберных промежутков от межреберных мышц. Эти пучки, расположенные близко к позвонкам, своими верхними концами прикрепляются не к ребрам, а к поперечным отросткам. Эти пучки и описываются на спине как короткие подниматели ребер [2]. Такое же мнение высказывалось и в работах Р. Eisler (1912), Н. Luschka (1863), S. Nishi (1938) и др. [13, 18, 22]. Т. Fujita (1963) описывал эти мышцы, продолжающиеся в наружные межреберные мышцы без видимой границы между ними, так что разделить их не представляется возможным; однако автор не связывал две эти мышцы воедино.

Наиболее детальное описание мышц, поднимающих ребра, и их иннервация даны в разделе «Миология» в Bardeleben's Anatomie des Menschen (немецкое издательство, Karl Heinrich von Bardeleben), который был написан Р. Eisler [20, 21]. Он описывает тоненькие веточки от каждого межреберного нерва, которые сзади проникают через заднюю межреберную мембрану и ложатся на переднюю поверхность соответствующей мышцы, поднимающей ребро. В связи с тем, что многие авторы считают, что мышцы, поднимающие ребра, иннервируются межреберными нервами, в частности, передней первичной ветвью спинномозгового нерва, они были описаны как группа переднелатеральных мышц [11, 12, 16] или мышцы спины вентрального происхождения [7, 24].

А. J. E. Cave при описании шейных межпоперечных мышц отнес мышцы, поднимающие ребра, как снабжаемые передней первичной ветвью (по его предположению), к гомологам латеральной порции поясничных межпоперечных мышц, которые тоже снабжаются передними первичными ветвями, и предположил, что они не имеют соот-

ветствующих элементов в шейном отделе [12]. Он сделал такой вывод на основании иннервации, начала и прикрепления мышц, поднимающих ребра.

В отличие от Д. Н. Зернова и других авторов Jun-ichiro Satoh и Ting-Choung Shu относят эти мышцы к системе подвздошно-реберных мышц и мышц, выпрямляющих позвоночник. Мышцы, поднимающие ребра, и мышца, выпрямляющая позвоночник, имеют общее начало и их трудно отделить [16, 26]. Т. Fujita, исследовавший иннервацию мышц, поднимающих ребра, подтвердил правильность взглядов А. В. Morrison, который также считал, что эти мышцы относятся к системе подвздошно-реберных мышц (мышца, выпрямляющая позвоночник) [14]. Так, А. В. Morrison на 4 препаратах описывает, что все мышцы, поднимающие ребра, иннервировались задней ветвью соответствующего спинномозгового нерва [21]. В большинстве случаев это были ветви латеральной порции задней первичной ветви, но на одном препарате в одном межреберном промежутке она отходила еще до деления на медиальную и латеральную ветви. У различных животных (крыс, кошек и собак) исследователь описывает аналогичную картину. Н. Gray также описал иннервацию мышц, поднимающих ребра, боковыми ветвями дорсальных ветвей соответствующих грудных спинномозговых нервов [15].

Исходя из анатомо-биомеханических особенностей подвижности позвонков и ребер, мы также полагаем, что так называемые мышцы, поднимающие ребра, относятся к системе мелких межпозвоночных мышц, преимущественно участвующих во вращательных движениях позвоночного столба (рис. 6). Используя свою опору на ребрах, они возможно участвуют в дыхательных экскурсиях грудной клетки благодаря небольшому спрямлению грудного кифоза при глубоком вдохе.

Однако в поясничной области мышцы, поднимающие ребра, по мнению А. В. Morrison, представлены медиальными задними межпоперечными мышцами, но не латеральными задними межпоперечными мышцами, как предполагал А. J. E. Cave. Задние межпоперечные мышцы крепятся на поперечных отростках, а одна из точек прикрепления мышц, поднимающих ребра, расположена на ребрах, поэтому трудно представить, что эти мышцы являются гомологами. Но надо принять во внимание, что их прикрепление может мигрировать латерально при сохранении такой же иннервации. Наивысшая из этих мышц часто сливается с последней шейной межпоперечной мышцей, ее трудно даже различить [20]. Иногда латеральные межпопереч-

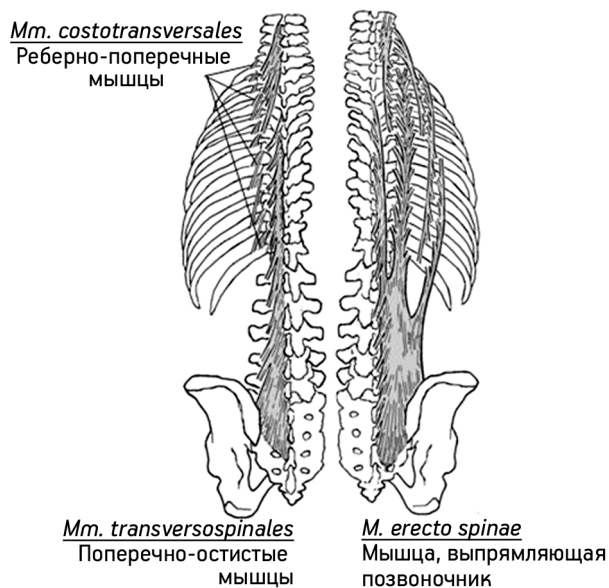


Рис. 6. Мышцы-ротаторы и мышцы-разгибатели позвоночного столба

ные мышцы описываются как гомологи межреберных мышц.

Иннервация мышц, поднимающих ребра, осуществляется задней ветвью грудного спинномозгового нерва из соответствующего сегмента. По мнению Jun-ichiro Satoh и Ting-Choung Shu (1968), задняя ветвь сначала отдает веточку к поперечно-остистым мышцам, а затем — к мышцам, поднимающим ребра, и, наконец, разветвляется в длиннейшей мышце спины и подвздошно-реберной мышце. Самая верхняя мышца, поднимающая ребра, иннервируется задней ветвью восьмого шейного нерва. Исходя из описанных выше особенностей иннервации мышц, поднимающих ребра, можно принять точку зрения авторов, относящих данные мышцы к системе мышц, выпрямляющих позвоночник.

Заключение. Анатомо-биомеханические особенности соединения ребер в грудной клетке не допускают изменения их положения относительно позвоночного столба и смещение их как в краниальном направлении (поднятие ребер), так и в каудальном направлении (опускание ребер). При дыхательных экскурсиях грудной клетки допустимо только вращение ребер по их местоположению.

Поскольку название *mm. levatores costarum* не соответствует их функции как поднимателей и даже вращателей ребер, то нам представляется оправданным изменение их номенклатурного названия. Исходя из реальных анатомических особенностей этих мышц, их следует причислить к мышцам, действующим на позвоночный столб, обеспечивающих его ротацию и раз-

гибание. Им более присуще название реберно-поперечные мышцы (mm. costotransversales). В этом названии отражена их наиболее вероятная функция как вращателей и разгибателей позвоночного столба в грудном отделе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по программе повышения конкурентоспособности РУДН «5–100» среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2016–2020 гг.

Авторы сообщают об отсутствии в статье конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Воробьев В.П. Анатомия человека: Руководство и атлас для студентов и врачей. В 3 томах. Т. 1. М.: Медгиз, 1932. 702 с. [Vorob'ev V.P. Human anatomy: Guide and atlas for students and doctors. Vol. 1. Moscow: Medgiz, 1932. 702 p. In Russ.].
- Зернов Д.Н. Руководство по описательной анатомии. Т. 1. М.-Л.: Наркомздрав СССР, Медгиз, 1938. 480 с. [Zernov D.N. Descriptive Anatomy Guide. Vol. 1. Moscow-Leningrad: Narkomzdrav of USSR, Medgiz, 1938. 480 p. In Russ.].
- Иваницкий М.Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии): Учебник для институтов физической культуры. Изд. 7-е / Под ред. Б.А.Никитюка, А.А.Гладышевой, Ф.В.Судзиловского. М.: Олимпия, 2008. 624 с. [Ivanitsky M.F. Human anatomy (with the basics of dynamic and sport morphology): A textbook for institutes of physical education. Ed. 7th / Ed. B.A.Nikityuk, A.A.Gladysheva, F.V.Sudzilovsky. Moscow: Olympiya, 2008. 624 p. In Russ.].
- Козлов В.И. Анатомия человека. М.: Практическая медицина, 2018. 744 с. [Kozlov V.I. Human anatomy. M.: Prakticheskaya meditsina, 2018. 744 p. In Russ.].
- Лесгафт П.Ф. Избранные труды по анатомии. М.: Медицина, 1968. С. 370 [Lesgaft P.F. Selected Works on Anatomy. Moscow: Meditsina, 1968. P. 370. In Russ.].
- Ливенцев Н.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 1974. 646 с. [Liventsev N.M. Physics course. Moscow: Vysshaya shkola, 1974. 646 p. In Russ.].
- Лысенков Н.К., Бушкович В.И. Привес М.Г. Учебник нормальной анатомии человека. Л.: Медгиз, Ленинградск. отд., 1958. 784 с. [Lysenkov N.K., Bushkovich V.I., M.G.Prives. Textbook of normal Human Anatomy. Leningrad: Medgiz, Leningradskoe otdelenie, 1958. 784 p. In Russ.].
- Самсонова А.В., Комиссарова Е.Н. Биомеханика мышц: учебно-методическое пособие / Под ред. А.В.Самсоновой. СПб.: СПбГУФК им. П.Ф.Лесгафта, 2008. 127 с. [Samsonova A.V. Muscle biomechanics: teaching aid / Ed. A.V.Samsonova, E.N.Komissarova. St.Petersburg: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet fizicheskoi kul'tury im. P.F.Lesgafta, 2008. 127 p. In Russ.].
- Сапин М.Р. Анатомия человека. Т. 1. М.: Медицина, 1993. 544 с. [Sapin M.R. Human anatomy. Vol. 1. Moscow: Meditsina, 1993. 544 p. In Russ.].
- Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. Атлас анатомии человека. Т. 1. М.: Медицина, 1996. 338 с. [Sinelnikov R.D., Sinelnikov Ya.R. Atlas of Human Anatomy. Vol. 1. Moscow: Meditsina, 1996. 338 p. In Russ.].
- Bryce T.H. Quain's Elements of Anatomy, 11th ed. Vol. IV, part 2. London: Longmans, Green and Co, 1923.
- Cave A.J.E. The innervation and morphology of the cervical intertransverse muscles // J. Anat., Lond. 1937. 71 (Pt 4). P. 497–515.
- Eisler P. Die Muskeln des Stammes. In: K. von Bardeleben's Handbuch der Anatomie des Menschen. Bd. 2, Abt.2, T. 1.1. G. Fischer, Jena, 1912. P. 13–52.
- Fujita T. On the nerve supply of the levatores costarum muscles and its morphological considerations // Acta Anat. Nippon, 38. 1963. P. 282–290.
- Gray H. Anatomy of the Human Body, 24th ed. Edited by Warren H., Lewis B.S. Philadelphia, Pennsylvania, 1946. 1428 p.
- Howell A.B. The phylogenetic arrangement of the muscular system // Anat. Rec. 1936. Vol. 66. P. 295–316.
- Jun-ichiro Satoh, Ting-Choung Shu On the Mm. Levatores Costarum in Man and Monkey Okajimas // Fol. Anat. Jap. 1968. Vol. 45. P. 35–50.
- Luschka H. Die Anatomie des Menschen. Tubingen, 1863. 192 p.
- Moore K.L., Dalley A.F., Anne M.R. Agur Clinically Oriented Anatomy, 7th ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2014. 1134 p.
- Morrison A.B. The nerve supply of the Levatores costarum // J. Anat. 1952. Vol. 86. P. 496–497.
- Morrison A.B. The levatores costarum and their nerve supply // J. Anat. 1954. Vol. 88 (1). P. 19–24.
- Nishi S. Muskeln des Rumpfes. In: Bolck et al. Handbuch d. vergl. Anat. d. Wirbeltiere. Vol. 5. Berlin–Wien, 1938. P. 351–466.
- Owen R. On the comparative Anatomy and Physiology of Vertebrates. Vol. II. London: Longmans Green & Co, 1868. 168 p.
- Walmsley T. The costal musculature // J. Anat, London. 1916. Vol. 50. P. 165–171.
- Werner Platzer Color Atlas of Human Anatomy, 6th rev. Vol. 1. Publisher: Stuttgart, New York: Thieme, 2009. 468 p.
- Yamaguchi T. On the mm. dorsi profundii (mm. dorsi proprii) in formosan monkey. Part II. Systema m. iliocostalis // Okajimas Fol. Anat. Jpn. 1966. Vol. 43 (1). P. 1–19.

Поступила в редакцию 11.03.2020

BIOMECHANICS OF MOBILITY OF THE RIBS IN RESPIRATORY EXCURSIONS OF THE CHEST

V. I. Kozlov, T. Yu. Tsvetkova

Objective — to solve the problem of the biomechanics of the mobility of the ribs during thoracic respiratory excursion and the possibility of participation of the so-called mm. levatores costarum in these movements. In most modern anatomy guidelines, the function of these muscles is covered according to their name. However, in earlier works doubts were expressed about the involvement of these muscles in lifting the ribs.

Both true and false ribs can neither raise nor lower during respiratory excursions of the chest due to the anatomical and biomechanical properties of their articulations in the chest. During chest expansion and compression, the ribs constantly maintain their original position relative to the vertebral column, to which each rib is fixed by tight joints at two points. Therefore, the only possible movement is rotation of the ribs around oblique axis passing along the rib neck. The curved shape of the ribs is

responsible for the change in space position of the body and the sternal end of the ribs during their rotation. As far as the name *mm. levatores costarum* do not correspond to their function as lifters and even as rotators of ribs, it seems justified to change their nomenclature name. Based on the real anatomical and biomechanical peculiarities of these muscles, they should be ranked with the muscles which are responsible for rotation and extension of the spinal column. The name costotransverse muscles

(*mm. costotransversales*) are more applicable for these muscles. This name reflects their most likely function as rotators and extensors of the spinal column in the thoracic region.

Key words: *biomechanics of respiratory movements, rotators-muscles of vertebral column, mobility of chest, mobility of ribs, mm. levatores costales*

Department of Anatomy, Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow 117198