УДК 616.7 *DOI: 10.26211/2658-4522-2021-3-3-20-26*

САНОМЕХАНИКА ДЛЯ ДЫХАНИЯ В СИСТЕМЕ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ДВУСТОРОННЕЙ АМПУТАЦИИ ИЛИ ВРОЖДЕННОГО НЕДОРАЗВИТИЯ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Питкин М.Р. [1]

[1] *Тафтский университет, Бостон, MA 02111, США*

Резюме

Введение. Обращается внимание на естественные механизмы очищения дыхательных путей, которые зависят от транспортировки жидкостей в организме, в частности, на связь между дыханием и глотанием. Приводятся аргументы о принципиальной роли глотания в процессе очищения трахеи, бронхов и носовых пазух от мокроты и слизи. Приводится саномеханическая методика активизации естественного очищения дыхательных путей в качестве профилактики астматического синдрома и образования полипов в носовой полости. Предлагается включение данной методики в программу реабилитации инвалидов после двусторонней ампутации и с врожденным недоразвитием верхних конечностей.

Цель. Целью данной работы является изложение методики профилактики распространенных проблем, связанных с дыханием.

Материалы и методы. Рассматриваются гидромеханические аспекты механизма естественной очистки дыхательных путей с помощью непроизвольного вызывания глотательного рефлекса на протяжении суток, помимо принятия еды. Прослеживается возможность и роль сознательного включения указанного механизма. Предлагается трехэтапная система действий для произвольной подготовки носоглотки к очищающему сглатыванию мокроты и носовой слизи.

Результаты. Разработана трехэтапная методика для произвольного вызывания глотательного рефлекса с целью очищающего сглатывания мокроты и носовой слизи.

Обсуждение. Предлагаемая методика является составным элементом системы Саномеханики, объединяющей упражнения, выполняемые со специфическим критерием правильности и с пониманием их биомеханической роли. Возможна модификация методики для обучения детей младшего возраста с трудностями или невозможностью пользования обычными санитарно-гигиеническими приемами.

Заключение. Изначально методика была разработана автором для решения его собственных проблем по минимизации последствий образования полипов в носу. После безоперационной ликвидации полипов он продолжает упражнения для рутинной очистки дыхательных путей утром, вечером и по необходимости, например, во время простуды. Настоящая статья написана по рекомендации коллег из Федерального научного центра реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта Минтруда России для обсуждения возможности и целесообразности использования методики в системе реабилитации детей и взрослых после двусторонней ампутации или врожденного недоразвития верхних конечностей.

Ключевые слова: дыхательные пути, глотание, трахея, пищевод, диафрагма.

Питкин М.Р. Саномеханика для дыхания в системе реабилитации после двусторонней ампутации или врожденного недоразвития верхних конечностей // Физическая и реабилитационная медицина. — 2021. — Т. 3. — № 3. — С. 20-26. DOI: 10.26211/2658-4522-2021-3-3-20-26.

Pitkin MR. Sanomehanika dlja dyhanija v sisteme reabilitatsii posle dvustoronnej amputatsii ili vrozhdennogo nedorazvitija verhnih konechnostej [Sanomechanics for Breathing in the Rehabilitation System after Bilateral Amputation or Congenital Underdevelopment of the Upper Limbs]. Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina [*Physical and Rehabilitation Medicine*]. 2021;3(3):20-26. DOI: 10.26211/2658-4522-2021-3-3-20-26. (In Russian).

Питкин Марк Рафаилович / Mark R. Pitkin; e-mail: mpitkin@tuftsmedicalcenter.org

SANOMECHANICS FOR BREATHING IN THE REHABILITATION SYSTEM AFTER BILATERAL AMPUTATION OR CONGENITAL UNDERDEVELOPMENT OF THE UPPER LIMBS

Pitkin MR

Tufts University, Boston, MA 02111, USA

Abstract

Introduction. Attention is drawn to the natural mechanisms of airway cleansing that rely on the systems of fluid transport in the body, with particular emphasis on the relationship between breathing and swallowing. Arguments are given about the fundamental role of swallowing in the process of cleansing the trachea, bronchi and sinuses from sputum and mucus. A sanomechanical technique for enhancing the natural cleansing of the respiratory tract as a prophylaxis for asthmatic syndrome and the formation of polyps in the nasal cavity is presented. It is proposed to include this technique in the rehabilitation program for people with disabilities after bilateral amputation and with congenital underdevelopment of the upper extremities.

Aim. The aim of this work is to outline a methodology for the prevention of common breathing problems.

Materials and methods. The hydromechanical aspects of the mechanism of natural airway clearance and the use of periodic involuntary induction of swallowing reflex are considered. The role of the conscious activation of this mechanism is traced. A three-stage system of actions is proposed for voluntary preparation of the nasopharynx for clearing excess sputum and nasal mucus through.

Results. A three-stage technique has been developed for voluntary induction of the swallowing reflex to clear excess sputum and nasal mucus.

Discussion. The proposed method is an integral element of the Sanomechanics system, which combines exercises performed with a specific criterion of correctness and with an understanding of their biomechanical role. It is possible to modify the methodology for teaching young children who either have difficulties or are unable to use usual sanitary and hygienic techniques.

Conclusion. Initially, the technique was developed by the author to solve his own problems and to minimize the consequences of the formation of polyps in the nose. After eliminating polyps without surgery, he continues to exercise routinely to clear the airways in the morning, evening, and as needed, such as during a cold. This article was written on the recommendation of colleagues from the Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled, St. Petersburg, Russia, to discuss the possibility and feasibility of using the technique in the rehabilitation system for children and adults after bilateral amputation or congenital underdevelopment of the upper limbs.

Keywords: respiratory tract, swallowing, trachea, esophagus, diaphragm

Publication ethics. The submitted article has not been previously published.

Conflict of interest. There is no information about the conflict of interests.

Source of financing. The study had no sponsorship.

Acknowledgements. This article was written on the recommendation of colleagues from the Scientific Center for Rehabilitation of the Disabled named after G. A. Albrecht: Doctor of Medical Sciences Shcherbina K.K. and Sokurov A.V. to discuss the possibility and feasibility of using the technique in the rehabilitation system of children and adults after bilateral amputation or congenital underdevelopment of the upper extremities. I sincerely thank them for their attention and interest in this work.

Received: 01.06.2021
Accepted for publication: 03.09.2021

…С божьей помощью Крамли развернул свою колымагу и умудрился съехать вниз, не сорвавшись в пропасть. Всю дорогу я сидел, вытаращив глаза.
— Только ничего не говори. Крамли старался не смотреть на меня.
Я судорожно сглотнул. …Три пожара и одно землетрясение…

Рэй Брэдбери. Давайте все убьем Констанцию.
«Голливудские триллеры. Детективная трилогия», Эксмо, 2018

Введение / Introduction

В приведенной выше цитате из повести Брэдбери герой «судорожно сглотнул» после того, как он «всю дорогу сидел, вытаращив глаза». Иными словами, хотя постоянное выделение слюны во рту требует периодического ее сглатывания, герой был так поглощен опасностью ситуации, что ему было не до глотания. Он, однако, был вынужден сглотнуть, когда решился говорить. Если бы не это решение, ему пришлось бы закашляться, чтобы освободить в горле дорогу для воздуха. Такой кашель часто слышен в концертных залах, причем на самых лучших представлениях, когда зрители слишком поглощены происходящим на

сцене, чтобы регулярно следовать глотательному рефлексу.

Знакомство с естественными механизмами того, как дыхательные пути очищаются, поможет нам сознательно предотвратить проблемы, связанные с дыханием. Обсудим некоторые гидромеханические аспекты дыхания, которые зависят от транспортировки жидкостей в организме. В частности, связь между дыханием и глотанием.

Приводится саномеханическая методика активизации естественного очищения дыхательных путей в качестве профилактики астматического синдрома и образования полипов в носовой полости. Предлагается включение данной методики в программу реабилитации инвалидов после двусторонней ампутации и с врожденным недоразвитием верхних конечностей.

Материалы и методы / Materials and methods

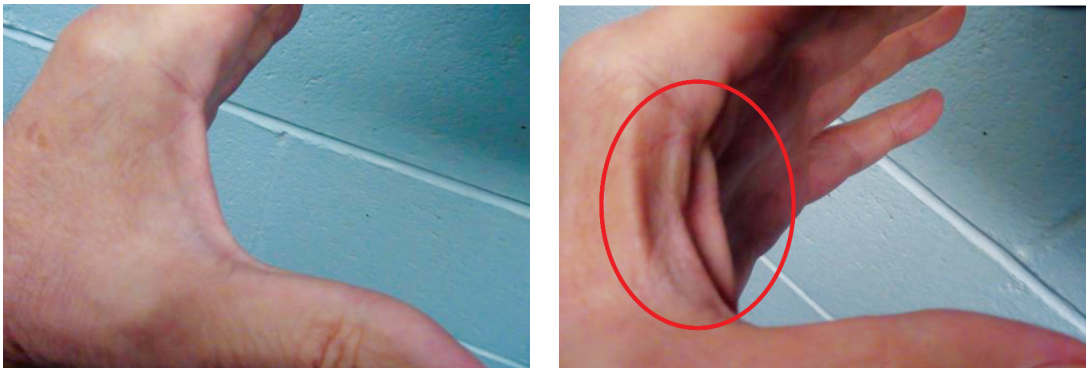
1. Носовые полипы

Мой интерес к биомеханике очистки дыхательных путей восходит к 2004 году, когда мне был поставлен диагноз «полипы в носу». Они блокировали носовые дыхательные пути, я не мог спать, горло было мучительно сухим, потому что дышать можно было только через рот. Операция по удалению полипов была запланирована, но я отменил ее после разговора со знакомым, который, как я знал, проходил аналогичное лечение ранее. Он рассказал, что боль была очень сильной в течение десяти дней после операции, и что через пять лет он должен был делать еще одну операцию, так как полипы вернулись. Я согласился бы терпеть послеоперационную боль, но знание того, что процедуру, возможно, придется повторить, заставили меня задуматься о проблеме в целом.

В попытках объяснить себе, что вызвало образование полипов, я вспомнил свой рейс из Пекина в Бостон за две недели до постановки диагноза. За четырнадцать часов полета мой нос заложило. Как люди обычно делают, я много работал с носовым платком, и, честно говоря, с небольшим успехом. «Возможно, я сморкался слишком сильно», — это была мысль, которая пришла мне в голову сейчас. Видимо, механические нагрузки, связанные с частым форсированием выдоха, превысили некоторые ограничения для восстановления эпителиальных тканей в носу. Визуальное подтверждение этой гипотезы пришло, когда мои руки после мытья были под сушилкой (рис. 1 а). То, что я увидел, были волны кожи и «холмы», или выпячивания мягких тканей кисти, появившееся под влиянием сильного потока воздуха (рис. 1 б).

Позже я нашел в литературе несколько аргументов в пользу гипотезы о том, что поток воздуха в полости носа может нести ответственность за инициирование появления полипов. Были сообщения о крайне сложной природе и нежной структуре системы эпителия, что делает его восприимчивым к поверхностному натяжению, индуцированному сильным потоком воздуха [1, 2].

Мое предположение состояло в том, что с точки зрения аэромеханики образование полипов можно объяснить с помощью закона Бернулли. Согласно этому закону, если вдоль линии тока скорость течения возрастает, то давление жидкости убывает [3]. При чрезмерно активном сморкании, как в моем случае во время долгого перелета, давление в струе выдыхаемого с повышенной скоростью воздуха оказывалось намного меньше, чем в клетках слизистой оболочки носовых каналов. Видимо, этого перепада давлений оказалось достаточным для выдавливания порций тканей внутрь каналов, т. е. для образования полипов по типу грыжи. Подобное негативное влияние эффекта Бернулли на тенденцию «схлопывания» легких при астме отмечалось ранее [4].



a b

Рисунок 1. Образование волн и «холмов» в коже (a); под действием сильного воздушного потока (b) [15]
Figure 1. Development of waves in the hands' soft tissues (a); under the strong air flow (b) [15]

Следующим шагом было восстановить пропускную способность моих дыхательных путей без хирургического вмешательства и без рекомендуемых аэрозолей. Я расскажу, что я делал и зачем. Я могу также сказать, что при проверке через шесть месяцев врач никаких полипов не нашел.

2. Путь для воздуха

Воздушный поток, а также вода и пища встречаются в горле, где их маршруты затем расходятся. Воздух поступает в трахею, а жидкость и пища проходят в пищевод (esophagus) (рис. 2). Для предотвращения попадания воды и еды в легкие имеется клапан под названием надгортанник (epiglottis), который при необходимости закрывает вход в трахею.

Трахея выстлана эпителиальными клетками, которые производят слизь (мокроту). Слизь ловит инородные частицы, принесенные воздухом, а затем транспортирует их в гортань, а затем в глотку (рис. 2). Порция слизи может быть либо проглочена, либо сплюнута, либо истрогнута кашлем. Подвижные реснички клеток эпителия транспортируют слизь вдоль стенок «снизу вверх» от бронхов к трахее и к глотке.

Как правило, сигнал проглотить слизь поступает рефлекторно, но не раньше, чем когда ее количество достигнет определенного порога.

Необходимость кашля возникает, когда производство слизи увеличивается в качестве средства для борьбы с инфекцией, а сглатывание по каким-то причинам запаздывает, и реснитчатый эпителий не справляется со своей работой. Кашель возникает также, когда крупные объекты, такие как кусок пищи, «промахивается» и поступает ко входу в трахею вместо входа в пищевод.

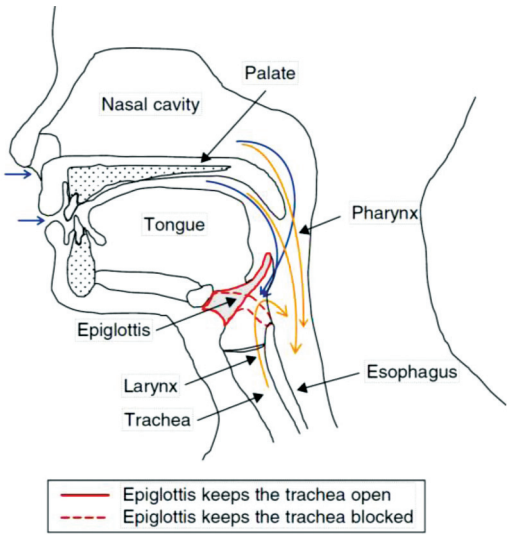


Рисунок 2. Воздух при вдохе (голубые стрелки) проходит через полости носа и рта при контроле надгортанника. Оранжевые стрелки показывают прохождение носовой слизи, пищи и слюны [15]

Figure 2. Air (blue arrows) passages through nasal and/or oral cavity controlled by the epiglottis. Orange arrows show passage of mucus and food and/or saliva via swallowing [15]

Борьба с инфекцией или привычка курить приводит к большей вязкости слизи, что делает более трудным для подвижных ресничек транспортировать ее по трахее вверх к глотке для дальнейшего удаления. Медленная доставка слизи в глотку снижает эффективность глотательного рефлекса. Система управления глотанием «не знает» об увеличении объема слизи в трахее и легких. Но система управления дыханием «знает» о снижении уровня кислорода в крови в результате механических препятствий для воздушного потока. Это вызывает рефлекторное превышение активного вдоха по сравнению с выдохом. Недостаток отрицательного по отношению к атмосферному давлению в легких все более затрудняет следующие вдохи, что может вылиться в астматический приступ.

Механика глотания такова, что, когда мышцы глотки сокращаются, та порция пищи, воды, слизи или слюны, которая вызвала рефлекс глотания, движется «вниз» в пищевод, избегая трахею, вход в которую блокируется надгортанником (рис. 2). Задняя часть неба блокирует поступление воздуха через нос; губы закрыты для блокирования входа воздуха через рот, что создает эффективный биологический насос.

Как и любой насос, он создает зону положительного давления и зону отрицательного давления [5]. Под действием положительного давления глотка перемещает содержимое в пищевод. Проглатывание вещества не есть свободное падение в сторону желудка, оно происходит вследствие согласованных сокращений и расслаблений в виде волны перистальтики. Первое сжатие пищевода проходит выше проглоченной порции, но ниже клапана надгортанника. После этого оказывается безопасным открыть вход в гортань к трахее и вход к носовой полости (рис. 2). Данные согласованные действия формируют зону отрицательного давления и в трахее, и в носовой полости.

Отрицательное давление притягивает и перемещает мокроту из трахеи и слизь из полости носа в область глотки. Это представляет собой важнейший механизм очищения дыхательных путей и помогает работе подвижных ресничек эпителия [6]. Вот почему несколько глотков питьевой воды могут помочь в подавлении кашля. Действительно, дополнительные циклы глотания вызывают удаление дополнительного объема слизи из трахеи. Таким образом, путь для воздушного потока расширяется, и физическая необходимость в кашле пропадает.

Становится понятным, почему количество слюны, производимой во рту в течение суток в два-три раза превышает ее количество, необходимое для процесса пищеварения. Человек глотает около 600 раз в сутки, но только 200 раз во время еды, 50 раз во время сна, 350 раз в остальное время [7]. Скорее всего, эти не связанные с едой глотания и есть гидромеханическая основа физиологического механизма бессознательного, но жизненно необходимого постоянного очищения дыхательных путей.

Результаты / Results

Саномеханика для дыхания

Посмотрим, как это представление поможет научиться произвольно вызывать глотательный рефлекс для очищения дыхательных путей без сморкания, кашля и даже приема жидкости.

Мощным насосом для транспортировки мокроты и слизи в глотку для дальнейшего глотания, является диафрагма, брюшной пресс и межреберные мышцы в период между выдохом и вдохом. Чем дольше этот период, тем эффективнее будет очищение. Причина в том, что период «ожидания» между выдохом и вдохом — это время эффективной работы по созданию отрицательного давления для накачки мокроты из трахеи и слизи из носовой полости в область гортани. Давайте поговорим об этом механизме подробнее.

Когда диафрагма сокращается, ее купол, обращенный в расслабленном состоянии «вверх», выравнивается (делается более плоским), и содержимое брюшной полости перемещается вниз. Тем самым объем грудной полости увеличивается (рис. 3) [8]. Это создает отрицательное давление внутри грудной клетки по отношению к атмосферному давлению, что позволяет наружному воздуху поступать в легкие.

В процессе обычного выдоха купол расслабленной диафрагмы движется вверх (рис. 3, а). Это уменьшает обьем грудной полости и повышает давление в грудной клетке, выталкивая воздух из организма наружу. Процесс останавливается, когда давление внутри грудной клетки равно внешнему атмосферному давлению. Такое дыхание называется поверхностным, и оно стимулирует транспортировку слизи из трахеи и носовых пазух к глотке лишь незначительно.

Когда выдох активен благодаря дополнительному действию мышц брюшного пресса, объем в грудной клетке достигает своего абсолютного минимума, что позволяет более эффективному засасыванию новой порции воздуха, поступающего внутрь легких. Если после активного выдоха мы задержим дыхание и расслабим мышцы брюшного пресса, объем грудной клетки увеличится, и давление внутри станет ниже атмосферного.

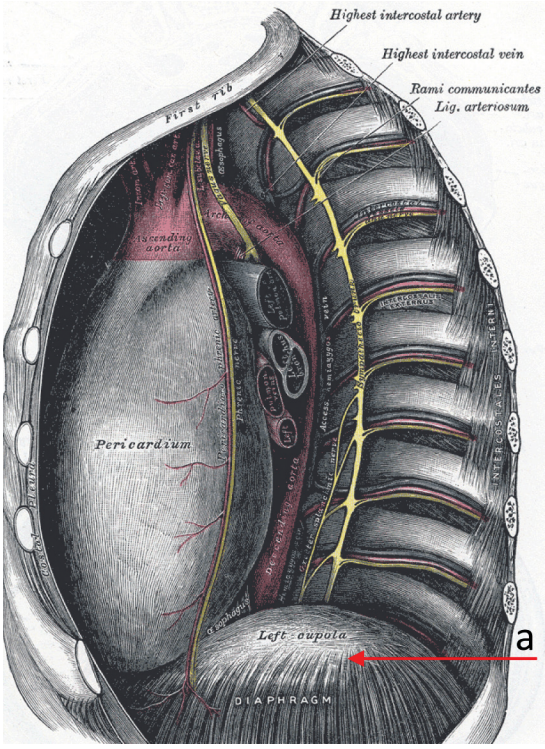


Рисунок 3. Расположение диафрагмы (а). Показан купол «вверх» при расслабленной мышце, что выталкивает воздух из легких при выдохе [15]

Figure 3. The middle and posterior mediastina with diaphragm having shape of a dome «up» (a) during exhaling [15]

Тогда, так как давление в эпителиальных клетках является атмосферным, между внутренней и внешней мембранами клетки создастся разность давлений. Разность давлений активирует секрецию, обеспечивая выделение большего количества воды, что облегчает транспортировку слизи на стенках трахеи и носовой полости. Мокрота движется в глотку вверх вдоль трахеи, и слизь движется вниз от носовой полости. Увеличение количества субстанции в области глотки вызывает глотательный рефлекс, и мы сглатываем поступившую субстанцию, тем самым очищая дыхательные пути.

Методика для произвольного вызывания глотательного рефлекса включает три этапа.

1. Активный выдох.

2. Задержка дыхания до появления внутреннего сигнала о возможности/необходимости сглатывания.

3. Сглатывание, после которого делается свободный вдох.

Количество таких трехэтапных циклов зависит от результатов. Бывает достаточным повторение 3–5 циклов для заметного облегчения дыхания. В другое время потребуется 10—15 циклов. Если нос сильно заложен, можно начать с его легкого промывания раствором поваренной соли.

Если требуется обучить методике детей младшего возраста, может оказаться трудным объяснить, что такое «активный выдох». Тогда можно сказать ребенку: «Давай подуем на эту игрушку или на эту картинку и немножко подождем». Вы заметите, что сразу после этого или через два-три цикла ребенок сделает глотательное движение непроизвольно, тем самым двигаясь к нужному результату.

Обсуждение / Discussion

Данная работа может быть отнесена к категории «респираторной реабилитации», определение которой отражает сегодняшний многоцелевой и мультидисциплинарный подход [9–13], включая растущий интерес к древнейшей йоговской системе энергетического дыхания — пранаяме [14]. Однако, несмотря на исследование многочисленных факторов и технологий, способных влиять на восстановление нормального дыхания, в доступных автору публикациях нет указания на фундаментальную связь систем пищеварения и дыхания. В частности, на роль глотания в непроизвольном и непрекращающемся очищении дыхательных путей. Данное положение в сочетании с методикой целенаправленной активации взаимосвязи обоих физиологических систем [15] и составляет основной предмет новизны данной статьи.

Заключение / Conclusion

Как только я прояснил для себя, почему задержка дыхания после активного выдоха облегчает глотание и приводит к эффективной очистке дыхательных путей, я начал практиковать эту технику вместе с самовнушением: «Мои носовые и лобные пазухи, трахея и бронхи становятся чище с каждым глотанием». Это сочетание выполнения упражнения, наряду с пониманием его биомеханики и с соответствующим самовнушением является Саномеханикой по определению [6, 16].

Полипов в носу нет давно, но каждое утро по пробуждении и вечером перед сном я делаю несколько циклов отсроченного активного выдоха с последующим сглатыванием. На концертах пять-шесть подобных циклов помогают подавить позыв к кашлю, когда по залу прокатывается неизбежная волна кашля зрителей, увлеченных действием и «забывающих» поэтому сглатывать слюну. Дыхание становится легким и бесшумным.

Выражение благодарности

Выражаю благодарность работникам ФГБУ ФНЦРИ им. Альбрехта Минтруда России д-рам мед. наук К.К. Щербине и А.В. Сокурову за добрые советы опубликовать данную статью с целью публично обсудить возможность применения данной методики при реабилитации детей и взрослых после двусторонней ампутации или врожденного недоразвития верхних конечностей.

Этика публикации. Представленная статья ранее опубликована не была.

Конфликт интересов. Информация о конфликте интересов отсутствует.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Elad D, Schroter RC. Respiratory Biomechanics. Respir Physiol Neurobiol. 2008;163(1-3):1-2.
2. Ghadiali SN, Gaver DP. Biomechanics of liquid-epithelium interactions in pulmonary airways. Respir Physiol Neurobiol. 2008;163(1-3):232-243.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Техтеоретиздат. Москва, Ленинград, 1950.
4. Schmidt RW, Wasserman K, Lillington G. The effect of air flow and oral pressure on the mechanics of breathing in patients with asthma and emphysema. American Review of Respiratory Disease. 1964;90(4):564-571.
5. Beitler SR, Lindahl EJ. Hydraulic machinery. Ronald Press Co, New York. 1953.
6. Pitkin M. Biomechanics for Life. Introduction to Sanomechanics. Heidelberg, Dondrecht, London, New York: Springer; 2011. http://www.springer.com/medicine/orthopedics/book/978-3-642-17176-5
7. Рубинов И.С. Физиология и патофизиология жевания и глотания. Медгиз. 1958.
8. Gray H, Lewis W. Anatomy of the human body. Bartleby.com, 2000; Lea & Febiger, Philadelphia, 1918.
9. Сметнев А., Юревич В. Респираторная терапия в клинике внутренних болезней. Медицина. М., 1984.
10. Chamberlain Mitchell SAF, Ellis J, Ludlow S, Pandyan A, Birring SS. Non-pharmacological interventions for chronic cough: The past, present and future. Pulm Pharmacol Ther. 2019;56:29-38.
11. Troosters T, Blondeel A, Janssens W, Demeyer H. The past, present and future of pulmonary rehabilitation. Respirology. 2019;24(9):830-837.
12. Dedhia RC, Strollo PJ, Soose RJ. Upper Airway Stimulation for Obstructive Sleep Apnea: Past, Present, and Future. Sleep. 2015;38(6):899-906.
13. Дидур М.Д., Курникова М.В., Чередниченко Д.В. Приданникова В.Д. Респираторная реабилитация. Отдельные вопросы понятийной и терминологической гармонизации (научный обзор). Физическая и реабилитационная медицина. 2021;3(1):19-27.
14. Gupta RS. Pranayama: A Conscious Way of Breathing. New Age Books. 2002.
15. Pitkin M. Sanomechanics for Respiration, Biomechanics of Lower Limb Prosthetics. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer. 2011.
16. Питкин М. Теория внутреннего гидравлического экзоскелетона и система саномеханика (Sanomechanics®) в применении к профилактике остеоартрита после односторонней ампутации нижней конечности. Физическая и реабилитационная медицина. 2021;3(1):8-18.

References

1. D. Elad RC. Schroter, Respiratory Biomechanics. Respir Physiol Neurobiol. 2008;163(1-3):1-2.

2. Ghadiali SN, Gaver DP. Biomechanics of liquid-epithelium interactions in pulmonary airways. Respir Physiol Neurobiol. 2008;163(1-3):232-243.
3. Lojtsjanskij LG, Mehanika zhidkosti i gaza [Mechanics of liquid and gas] Tehteoretizdat [Techteoretizdat]. Moskva, Leningrad [Moscow, Leningrad] 1950.
4. Schmidt RW, Wasserman K, Lillington G, The effect of air flow and oral pressure on the mechanics of breathing in patients with asthma and emphysema. American Review of Respiratory Disease. 1964;90(4):564-571.
5. Beitler SR, Lindahl EJ. Hydraulic machinery, Ronald Press Co. New York. 1953.
6. Pitkin M. Biomechanics for Life. Introduction to Sanomechanics. Heidelberg, Dondrecht, London, New York: Springer; 2011. http://www.springer.com/medicine/orthopedics/book/978-3-642-17176-5
7. Rubinov IS, Fiziologija i patofiziologija zhevanija i glotanija [Physiology and pathophysiology of chewing and swallowing]. Medgiz [Medgiz]. 1958. (In Russian).
8. Gray H, Lewis W. Anatomy of the human body. Bartleby.com, 2000; Lea & Febiger, Philadelphia, 1918.
9. Smetnev A, Jurevich V. Respiratornaja terapija v klinike vnutrennih boleznej [Respiratory therapy in the clinic of internal diseases]. Meditsina [Medicine]. Moskva. [Moscow]. 1984. (In Russian).
10. Chamberlain Mitchell SAF, Ellis J, Ludlow S, Pandyan A, Birring SS. Non-pharmacological interventions for chronic cough: The past, present and future. Pulm Pharmacol Ther. 2019;56:29-38.
11. Troosters T, Blondeel A, Janssens W, Demeyer H. The past, present and future of pulmonary rehabilitation. Respirology. 2019;24(9):830-837.
12. Dedhia RC, Strollo PJ, Soose RJ. Upper Airway Stimulation for Obstructive Sleep Apnea: Past, Present, and Future. Sleep. 2015;38(6):899-906.
13. Didur MD, Kurnikova MV, Cherednichenko DV, Pridannikova VD. Respiratornaja reabilitatsija. Otdel'nye voprosy ponjatijnoj i terminologicheskoj garmonizatsii (nauchnyj obzor) [Respiratory rehabilitation. Individual issues of conceptual and terminological harmonization (scientific review)]. Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina [Physical and Rehabilitation Medicine]. 2021;3(1):19-27. (In Russian).
14. Gupta RS. Pranayama: A Conscious Way of Breathing. New Age Books. 2002.
15. Pitkin M. Sanomechanics for Respiration. Biomechanics of Lower Limb Prosthetics. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer. 2011.
16. Pitkin M. Teorija vnutrennego gidravlicheskogo `ekzoskeletona i sistema sanomehanika (Sanomechanics®) v primenenii k profilaktike osteoartrita posle odnostoronnej amputatsii nizhnej konechnosti [The theory of the internal hydraulic exoskeleton and the Sanomechanics (Sanomechanics®) system in application to the prevention of osteoarthritis after unilateral amputation of the lower limb,]. Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina [Physical and Rehabilitation Medicine]. 2021;3(1):8-18. (In Russian).

Рукопись поступила: 01.06.2021
Принята в печать: 03.09.2021

Автор

Питкин Марк Рафаилович — доктор технических наук, профессор Тафтского университета, Бостон, MA 02111, США. Тел.: 617-636-7000, e-mail: mpitkin@tuftsmedicalcenter.org

Author

Prof. Pitkin, M.R. Dr. Tech. Sci. Tufts University, Boston, MA 02111, USA. Phone 617-636-7000, e-mail: mpitkin@tuftsmedicalcenter.org