

УДК 611/612

Анатомия и физиология акта глотания

1.Максимова Полина Евгеньевна

Студент 2 курса 1-ого медицинского факультета. Медицинская Академия имени С. И. Георгиевского ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского. Россия, г. Симферополь

2. Макалиш Татьяна Павловна

Младший научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории Медицинской Академии имени С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского. Россия, г. Симферополь

Аннотация. Глотание — это нормальная физиологическая функция, которая часто воспринимается как нечто само собой разумеющееся. В среднем мы глотаем около 500 раз в день. Нормальное глотание требует точной координации более 30 мышц, расположенных внутри полости рта, глотки, гортани и пищевода. Движения мышц контролируются несколькими черепными и периферическими (С1-С3) нервами и координируются в мозге (в основном, в продолговатом мозге, где сеть чувствительных ядер, моторных ядер и интернейроны образуют так называемый «глотательный центр»). Глотание осуществляется за счет поочередного сокращения и расслабления мышц, обеспечивающих продвижение пищевого комка. Процесс глотания обычно делится на ротовую, фарингальную и пищеводную стадии в соответствии с расположением болюса. Любое ухудшение процесса глотания может негативно сказаться на восприятии человеком качества жизни. Дисфагия может привести к серьезным осложнениям, включая обезвоживание, недоедание, пневмонию или обструкцию дыхательных путей. В статье проанализированы данные об анатомических и нейрофизиологических компонентах здорового глотания, а также основные причины, которые затрагивают любую точку вдоль сложного пути глотания, и способны привести к дисфагии.

Ключевые слова: анатомия, физиология, глотание, дисфагия.

Anatomy and physiology of swallowing

1.Maximova Polina Evgenievna

Second year student of the 1st medical faculty. Medical Academy named after SI Georgievsky FGAOU VO KFU them V. I. Vernadsky. Russia, Simferopol

2. Makalish Tatyana Pavlovna

Junior Researcher of the Central Research Laboratory of the S.I. Medical Academy Georgievsky FGAOU VO KFU them. V.I. Vernadsky. Russia, Simferopol

Annotation. Swallowing is a normal physiologic function that is often taken for granted. As humans, we swallow an average of 500 times per day. A normal swallow requires the precise coordination of more than 30 muscles located within the oral cavity, pharynx, larynx, and esophagus. Muscle movements are controlled by several cranial (CN V, VII, and IX-XII) and peripheral (C1-C3)2 nerves and are coordinated within the brain stem (mainly medulla oblongata, where a network of sensory nuclei, motor nuclei, and interneurons form what is known as the “swallowing center”). Swallowing is carried out by alternately contraction and relaxation of muscles, ensuring the promotion of the food lump. The swallowing process is commonly divided into oral, pharyngeal, and esophageal stages according to the location of the bolus. Any deterioration in the swallowing process may adversely affect a person’s perception of quality of life. Dysphagia can lead to serious complications, including dehydration, malnutrition, pneumonia, or airway obstruction. The article analyzes the data on the anatomical and neurophysiological components of healthy swallowing, as well as the main reasons that affect any point along the difficult path of swallowing, and can lead to dysphagia.

Key words: anatomy, physiology, swallowing, dysphagia.

Анатомия структур, участвующих в процессе глотания

В акте глотания участвуют структуры ротовой полости, глотки, гортани, пищевода. В ротовую полость открываются выводные протоки слюнных желез, секрет которых принимает участие в формировании пищевого комка. Также в полости рта расположен

мышечный орган-язык, участвующий в продвижении болюса. Корень языка обращен к глотке (pharynx). Мышцы языка подразделяются на скелетные и собственные. К скелетным мышцам относятся: подбородочно-язычная (m.genioglossus), шило-язычная (styloglossus), подъязычно-язычная (m.hyoglossus). К собственным относят: вертикальную, нижнюю и верхнюю продольные, поперечную. Верхней стенкой собственно полости рта является небо, состоящее из твердого и мягкого неба и разделяющее ротовую и носовую полость. Задний конец мягкого неба (palatum molle) — небная занавеска, которая в свою очередь заканчивается язычком (uvula). Латеральные края мягкого неба образуют 2 занавески: небо-язычную, небо-глоточную. Мышцы мягкого неба включают в себя: m.tensor veli palatini, m.levator veli palatini, m.uvulae, m.palatoglossus, m. palatopharyngeus. Глотка подразделяется на 3 части: носовую, ротовую и гортанную. Ротоглотка сообщается с ротовой полостью посредством зева (fauces). В глотке располагается циркулярный слой мышц-констрикторов (верхний, средний, нижний), берущих начало от костей черепа, рогов подъязычной кости, латеральных поверхностей щитовидного и перстневидного хрящей. На задней поверхности глотки констрикторы срастаются с аналогичными мышцами другой стороны, образуя глоточный шов. Перстнеглоточная мышца, входящая в состав нижнего констриктора, прикрепляется к боковой поверхности перстневидного хряща гортани и закрывает верхний пищеводный сфинктер. К продольному слою мышц глотки относятся: m.stylopharyngeus, m.salpingopharyngeus. Надгортанник относится к непарным хрящам гортани. Он расположен впереди от входа в гортань и кзади от корня языка. Надгортанный хрящ прикреплен к подъязычной кости с помощью lig. hyoepiglotticum. Пространство между глоточной поверхностью языка и надгортанником образует углубления — валлекулы. Около входа в гортань располагаются грушевидные карманы — парные углубления в гортанной части глотки. Мышцы гортани подразделяются на 2 группы: наружные и внутренние. К наружным мышцам гортани относят: мышцы, лежащие ниже подъязычной кости (m.omohyoideus, m. sternohyoideus, m. sternothyroideus, m. thyrohyoideus); мышцы, лежащие выше подъязычной кости (m. digastricus, m.stylohyoideus, m. mylohyoideus). Эти мышцы являются антагонистами. Группа мышц, лежащих ниже подъязычной кости, обеспечивает опускание гортани; группа мышц, лежащих выше — поднятие.

Иннервация основных мышц, связанных с глотанием[5]

Черепной нерв, обеспечивающий иннервацию	Мышцы, иннервируемые данным черепным нервом
Тройничный нерв(V) Передняя ветвь нижнечелюстного нерва (n.mandibularis) N. pterygoideus medialis (задняя ветвь n.mandibularis). N. mylohyoideus	M.masseter, m.temporalis, m.pterygoideus lateralis M.pterygoideus lateralis, m.tensor veli palatini M. mylohyoideus, venter anterior m.digastricus
Лицевой нерв (VII)	Venter posterior m. digastricus, m stylohyoideus

Языкоглоточный нерв (IX)	M.stylopharyngeus
Блуждающий нерв (X) Наружная ветвь верхнего гортанного нерва (n.laryngeus superior). Rami pharyngei N.laryngeus inferior	M. cricothyroideus, m. constrictor pharyngeus inferior M. constrictor superior et medius, m.salpingopharyngeus, m.stylopharyngeus, все мышцы мягкого неба (за исключением m.tensor veli palatini) Собственные мышцы гортани (за исключением m.cricothyroideus)
Подъязычный нерв (XII) Radix superior Rami lingualis	Мышцы, расположенные ниже подъязычной кости Мышцы языка

Изменения анатомических структур, участвующих в глотании, в процессе развития

Анатомия головы и шеи младенцев отличается от взрослых. У младенца твердое небо более плоское, а гортань и подъязычная кость располагаются выше в области шеи. Надгортанник касается задней части мягкого неба, так что гортань открыта для носоглотки, но эти дыхательные пути отделены от полости рта мягким тканевым барьером. По мере того, как шея становится длиннее, гортань в области шеи опускается ниже. Контакт мягкого неба и надгортанника теряется, а глотка становится более вертикальной. Эти изменения в развитии человека способствуют речеобразованию. Однако глотка становится частью как пищевого, так и дыхательного путей. Это делает нас уязвимыми к аспирации[5].

Физиология

Две парадигматические модели обычно используются для описания физиологии нормального питания и глотания: четырехступенчатая модель для питья и проглатывания жидкости, а также модель процесса приема и проглатывания твердой пищи. Обычное глотание у людей первоначально описывалось трехступенчатой последовательной моделью. Процесс глотания был классифицирован на ротовые, фарингальные и пищеводные стадии в зависимости от местоположения болюса [6]. Ротовая стадия была позже разделена на пероральную подготовительную и пероральную продвигающую стадии, и была установлена четырехступенчатая модель. Исследования, основанные на четырехступенчатой модели, адекватно описывают биомеханику и болюсное движение во время проглатывания жидкостей. Однако эта модель не может описать процесс проглатывания твердой пищи. Поэтому была разработана модель для описания механизма питания и глотания твердой пищи [4,8]. Таким образом, рационально использовать обе модели в зависимости от консистенции болюса.

Пероральная подготовительная стадия (произвольная)

После того, как жидкость попадает в ротовую полость, жидкий болюс удерживается в передней части полости рта или на поверхности языка напротив твердого неба, окруженного

верхней зубной дугой (верхние зубы). Полость рта закрыта сзади мягким небом и языком, чтобы предотвратить попадание жидкого болюса в ротоглотку перед глотанием. Может произойти просачивание жидкости в глотку, если закрытие будет неполным, это просачивание увеличивается с возрастом.

Пероральная продвигающая стадия (произвольная)

Во время пероральной продвигающей стадии кончик языка поднимается, касаясь альвеолярного отростка твердого неба сразу за верхними зубами, в то время как язык опускается, чтобы открыть заднюю часть полости рта. Поверхность языка движется вверх, сжимая жидкий болюс назад по небу и в глотку. При употреблении жидкостей фарингальная стадия обычно начинается во время пероральной продвигающей стадии.

Ротовая стадия при приеме твердой пищи

При приеме твердой пищи, размельченная (пережеванная и увлажненная) пища обычно проходит через зев для образования болюса в ротоглотке (включая валекулы) за несколько секунд до фарингальной стадии глотания. Дополнительные порции пищи могут проходить в ротоглотку и накапливаться там, в то время как пища остается в полости рта и продолжается ее пережевывание.

1. Транспорт I

Когда пища попадает в ротовую полость, язык переносит пищу в область клыковой ямки и делает латеральные вращательные движения, помещая пищу на окклюзионную поверхность нижних зубов для обработки.

2. Обработка пищи

Пищевая обработка сразу же следует после транспортного этапа. Во время пищевой обработки частицы пищи уменьшаются в размерах путем жевания и смягчаются с помощью слюны, пока консистенция пищи не будет оптимальной для глотания. Круговые движения челюсти в процессе обработки тесно координируются с движениями языка, щек, мягкого неба и подъязычной кости (рис.1).

Во время питья жидкости задняя часть полости рта закрывается взаимодействием «языка и неба» во время пероральной подготовительной стадии, когда болюс удерживается в полости рта. Во время пищевой обработки язык и мягкое небо одновременно движутся циклически в сочетании с движением челюсти, что позволяет открывать связь между полостью рта и глоткой [5,7]. Движения челюсти и языка накачивают воздух в полость носа через глотку, доставляя аромат пищи хеморецепторам, расположенным в носовой полости [1,9].

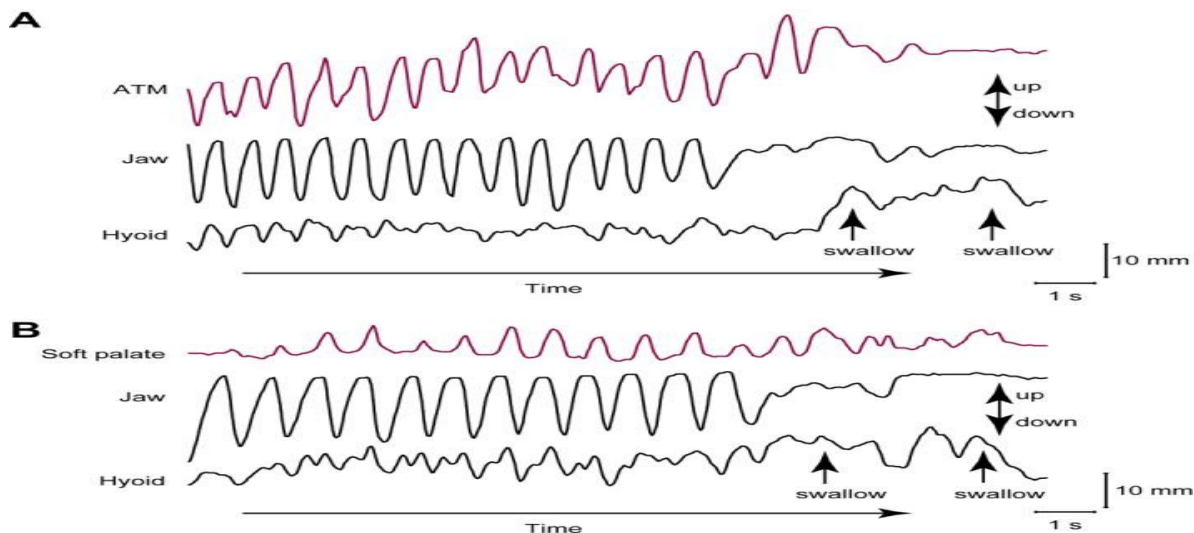


Рис. 1. Движения челюсти, подъязычной кости и языка (А) или мягкого неба (В) с течением времени

Вертикальные положения (А) передней части языка (АТМ), нижней челюсти и подъязычной кости и (В) мягкого неба, нижней челюсти и подъязычной кости. Положения структур строятся относительно нижней челюсти с течением времени. Ритмическое движение языка и мягкого неба временно связано с циклическим движением челюсти. Подъязычная кость также ритмично перемещается; амплитуда движения подъязычной кости больше при глотании, чем в период обработки пищи.

3. Транспорт II

Когда пища становится подходящей для проглатывания, она помещается на поверхность языка и перемещается через зев к ротоглотке (транспортировка на стадии II, рис.2). Основным механизмом переноса на стадии II является то, что описано для пероральной продвигающей стадии с жидким болюсом. Транспортировка этапа II в основном осуществляется с помощью языка [10].

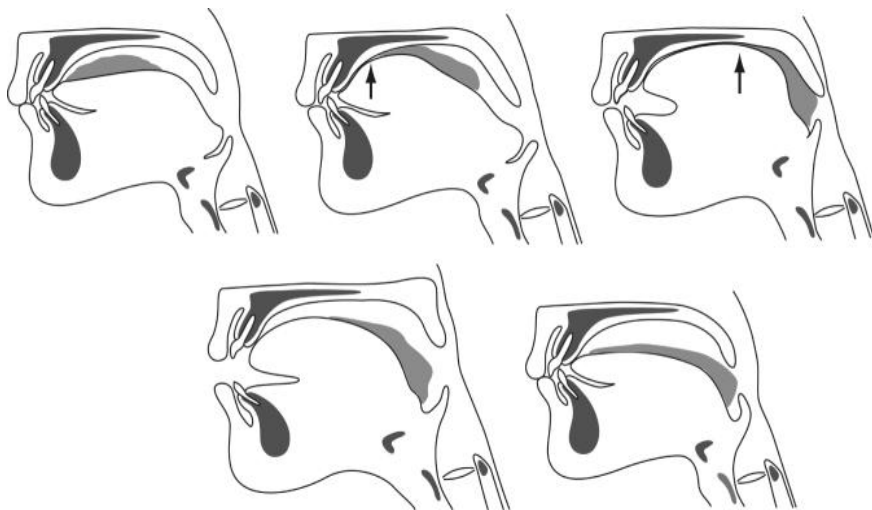


Рис.2. Транспорт II: Рисунки, основанные на видеофлуорографической записи

Фарингальная стадия (непроизвольная)

Фарингальное глотание - это быстрое последовательное действие, происходящее в течение секунды. Оно имеет две важнейшие биологические особенности:

1) прохождение пищи, продвижение пищевого болюса через глотку в пищевод; 2) защита дыхательных путей, изоляция гортани и трахеи от глотки во время прохода пищи для предотвращения попадания пищи в дыхательные пути.

При фарингальной стадии мягкое небо поднимается и контактирует с боковой и задней стенками глотки, закрывая носоглотку примерно в то же время, когда болюс входит в глотку. Поднятие мягкого неба предотвращает попадание болюса в полость носа. Мышцы-констрикторы глотки сокращаются последовательно сверху вниз, проталкивая болюс вниз. Глотка также сокращается вертикально, чтобы уменьшить объем полости глотки.

Безопасный проход болюса в глотке без аспирации пищи имеет решающее значение для человека при глотании. Существует несколько механизмов защиты дыхательных путей, предотвращающих аспирацию в трахею до или во время глотания. Голосовые связки близко расположены, чтобы закрыть голосовую щель и черпаловидный хрящ наклоняется вперед, чтобы соприкоснуться с основанием надгортанника до открытия верхнего пищеводного сфинктера [2]. Подъязычная кость и гортань поднимаются вверх и вперед за счет сокращения

надподъязычных мышц. Это смещение помещает гортань под основанием языка. Надгортанник наклоняется назад, чтобы закрыть полость гортани.

Открытие верхнего пищеводного сфинктера (ВПС) имеет важное значение для введения болюса в пищевод. ВПС состоит из нижнего констриктора глотки (перстнеглоточной мышцы) и самой проксимальной части пищевода. ВПС закрыт в состоянии покоя[3]. При сокращении надподъязычных мышц вытягивается вперед «подъязычно-гортанный комплекс», открывая сфинктер. Давление нисходящего болюса расширяет ВПС, помогая его открытию.

Пищеводная стадия (непроизвольная)

Пищевод представляет собой трубчатую структуру от нижней части ВПС до нижнего пищеводного сфинктера (НПС). Нижний сфинктер пищевода находится в напряжении. Он расслабляется во время глотания и позволяет болюсу пройти в желудок. Как только пищевой болюс попадает в пищевод, проходящий через ВПС, волна перистальтики переносит болюс в желудок через НПС. Перистальтическая волна состоит из двух основных частей, начальной волны релаксации, которая вмещает болюс, и следующая за ней — волна сжатия, которая продвигает болюс.

Дисфагия (аномальное глотание) может быть результатом широкого спектра заболеваний и расстройств[12]. Дисфагия может привести к серьезным осложнениям, включая обезвоживание, недоедание, пневмонию или обструкцию дыхательных путей.

Заболевания и расстройства, вызывающие дисфагию[11].

Неврологическое расстройство и инсульт	Заболевания соединительной ткани	Психическое расстройство	Ятрогенные причины
Психиатрическое расстройство Церебральный инфаркт Психогенная дисфагия Инсульт Внутричерепное кровоизлияние Болезнь Паркинсона Рассеянный склероз Болезнь двигательных нейронов Полиомиелит Деменция	Полимиозит Мышечная дистрофия	Психогенная дисфагия	Радиационный фиброз Лекарственные препараты Хирургическая резекция

Различные области мозга контролируют глотание. Наряду с участием в глотании продолговатого мозга, также контролирует этот процесс другие структуры головного мозга. К ним относят первичную сенсомоторную кору, островковую долю, лобную покрывающую часть, префронтальную кору, теменно-затылочную область, базальные ганглии, таламус, мозжечок и дополнительные моторные области (SMA)[14]. Недавние исследования поражений показали, что за определенные фазы глотания отвечает либо правое, либо левое полушарие. Преимущественно предполагается, что левое полушарие отвечает за ротовую фазу, а правое полушарие - за фарингальную и пищеводную стадии[15,13]. Наиболее часто это прослеживается при инсультах.

Также частой причиной дисфагий являются различные структурные аномалии.

Структурные аномалии могут быть врожденными или приобретенными. Расщелина губы и неба - одна врожденная структурная аномалия. Она препятствует небо-глоточному закрытию. Жевание может быть нарушено вследствие недостаточного развития верхней челюсти и смещения зубов.

Остеофиты шейного отдела позвоночника являются костными наростами шейных позвонков, обычно наблюдаются у пожилых людей. Они могут сузить путь прохождения пищи и направить болюс в сторону дыхательных путей. В глотке или пищеводе могут встречаться дивертикулы. Дивертикул Ценкера – это выпячивание в области глоточно-пищеводного перехода, который встречается в слабом месте мышечной стенки. Болюс может проникать в дивертикул и будет происходить его регургитация, что может привести к кашлю или аспирации.

Нарушение глотания может быть вызвано различными причинами и сопровождаться симптомами и заболеваниями, которые оказывают значительное влияние на качество жизни пациента. Структур, участвующих в глотании множество, поэтому точные знания анатомии и физиологии данного процесса, необходимы для выявления точной причины, вызвавшей данное расстройство.

Ссылки на источники:

1. Buettner A, Beer A, Hannig C, Settles M. Observation of the swallowing process by application of videofluoroscopy and real-time magnetic resonance imaging-consequences for retronasal aroma stimulation. *Chem Senses*. 2001 Nov;26(9):1211–1219.
2. Cantemir S, Laubert A. The physiologic and the pathologic swallowing process. *HNO*. 2017 Mar;65(3):261-270.
3. Ertekin C, Aydogdu I. Electromyography of human cricopharyngeal muscle of the upper esophageal sphincter. *Muscle Nerve*. 2002 Dec;26(6):729–739.
4. Hiiemae KM, Palmer JB. Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia*. 1999;14(1):31–42.
5. Koichiro Matsuo, Jeffrey B. Palmer. Anatomy and Physiology of Feeding and Swallowing – Normal and Abnormal. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2008 Nov; 19(4): 691–707.
6. Logemann JA. Evaluation and treatment of swallowing disorders. 2nd ed. Pro-Ed; Austin Texas: 1998.
7. Matsuo K, Hiiemae KM, Palmer JB. Cyclic motion of the soft palate in feeding. *J Dent Res*. 2005 Jan;84(1):39–42.
8. Palmer JB, Rudin NJ, Lara G, Crompton AW. Coordination of mastication and swallowing. *Dysphagia*. 1992;7(4):187–200.
9. Palmer JB, Hiiemae KM. Eating and breathing: interactions between respiration and feeding on solid food. *Dysphagia*. 2003 Summer;18(3):169–178.
10. Palmer JB. Bolus aggregation in the oropharynx does not depend on gravity. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998;79(6):691–696.
11. Palmer JB, Monahan DM, Matsuo K: Rehabilitation of Patients with Swallowing Disorders. In: Braddom R (Ed): *Physical Medicine and Rehabilitation*. Philadelphia: Elsevier, 2006, pp. 597-616.
12. Shigematsu T, Fujishima I. Dysphagia and swallowing rehabilitation. *Brain Nerve*. 2015 Feb;67(2):169-82.

13. Suntrup S, Kemmling A, Warnecke T, Hamacher C, Oelenberg S, Niederstadt T, Heindel W, Wiendl H, Dziewas R. The impact of lesion location on dysphagia incidence, pattern and complications in acute stroke. Part 1: dysphagia incidence, severity and aspiration. *Eur J Neurol*. 2015 May; 22(5):832-8.
14. Teismann IK, Suntrup S, Warnecke T, Steinsträter O, Fischer M, Flöel A, Ringelstein EB, Pantev C, Dziewas R. Cortical swallowing processing in early subacute stroke. *BMC Neurol*. 2011 Mar 11; 11():34.
15. Teismann IK, Dziewas R, Steinstraeter O, Pantev C. Time-dependent hemispheric shift of the cortical control of volitional swallowing. *Hum Brain Mapp*. 2009 Jan; 30(1):92-100.