

Пищеварение

Питательные вещества. Жизнедеятельность любого организма, в том числе и человека, невозможна без постоянного поступления энергии из внешней среды. Такой энергией для человека является потребляемая пища, содержащая питательные вещества — белки, жиры и углеводы. *Питательные вещества* — это жизненно необходимые составные части пищи, используемые организмом как пластический материал для построения живого вещества клеток и служащие источником энергии, необходимой для его жизнедеятельности. Организму нужны также минеральные соли, вода, витамины. Все эти вещества также поступают с пищей. Но лишь вода, минеральные соли и витамины усваиваются организмом в том виде, в каком они находятся в пище. Белки, жиры и углеводы, являясь высокомолекулярными соединениями, не могут всасываться в пищеварительном тракте и усваиваться организмом без предварительного расщепления до более простых соединений.

Понятие о пищеварении. Функции пищеварительной системы. *Пищеварение* — это совокупность процессов, обеспечивающих механическое измельчение пищи, химическое расщепление макромолекул питательных веществ на компоненты, пригодные для всасывания и участия в обмене веществ. Таким образом, функциями пищеварительной системы являются: секреторная, всасывательная, моторная.

Секреторная функция заключается в образовании железистыми клетками пищеварительных соков, содержащих ферменты, которые расщепляют белки, жиры и углеводы. *Всасывательная функция* осуществляется слизистой оболочкой желудка, тонкого и толстого кишечника. Этот процесс обеспечивает поступление переваренных органических веществ, солей, витаминов и воды во внутреннюю среду организма. *Моторная, или двигательная, функция* осуществляется мускулатурой пищеварительного тракта и обеспечивает жевание, глотание, передвижение пищи по пищеварительному тракту и удаление непереваренных остатков.

Пищеварительные ферменты и их роль. Главнейшая роль в химической переработке пищи принадлежит *ферментам*. Они вырабатываются в слюнных железах, желудке, поджелудочной железе, кишечнике. Несмотря на большое разнообразие ферментов, все они обладают некоторыми общими свойствами. Всем ферментам присуща *высокая специфичность*, заключающаяся в том, что каждый из них катализирует только одну реакцию или действует только на один тип связи. Так, *протеазы* расщепляют белки, *липазы* — жиры, а *амилазы* — углеводы. К протеазам относятся пепсин и химозин желудка, трипсин, химоотрипсин, карбоксипептидаза поджелудочной железы, эрепсин клеточного сока. К амилазам принадлежат амилаза и мальтаза слюны, амилаза, мальтаза, лактаза поджелудочного сока. Благодаря высокой специфичности действия ферментов обеспечивается тонкая регуляция всех жизненно важных процессов, протекающих в клетке и организме.

Ферменты активны только при определенных значениях *активной реакции среды (pH)*. Так, пепсин активен только в кислой среде желудка. Напротив, амилазы активны в слабощелочной среде и теряют свою активность в кислой среде.

Ферменты действуют *в узком интервале температур*, близком к 36—37°C. За пределами этого интервала их активность значительно снижается, что сопровождается нарушением процессов пищеварения.

Ферменты обладают высокой *активностью*, что позволяет расщеплять большое количество органических веществ.

Строение и функции органов пищеварительной системы. Система органов пищеварения представлена пищеварительным каналом длиной 8—10 м (ротовая полость, глотка, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник) и пищеварительными железами (слюнные, печень, поджелудочная железа).

Стенка пищеварительного тракта состоит из трех слоев: наружного, среднего и внутреннего. *Наружный слой* образован волокнистой, соединительной тканью, средний слой — мышечной. В полости рта, глотки и верхней части пищевода он представлен поперечнополосатой, а в остальных отделах — гладкомышечной тканью, расположенной в два слоя: наружный — продольный, внутренний — кольцевой. Благодаря сокращениям этих мышц (сокращения называются червеобразными или перистальтическими) пища продвигается по пищеварительному каналу и смешивается с пищеварительными соками.

Внутренний слой состоит из слизистого и подслизистого слоев, имеющих обильное крово- и лимфоснабжение. Железистые клетки этого слоя выделяют слизь и пищеварительные соки. В нем же диффузно расположены эндокринные клетки, вырабатывающие гормоны, которые регулируют двигательную и секреторную деятельность пищеварительной системы.

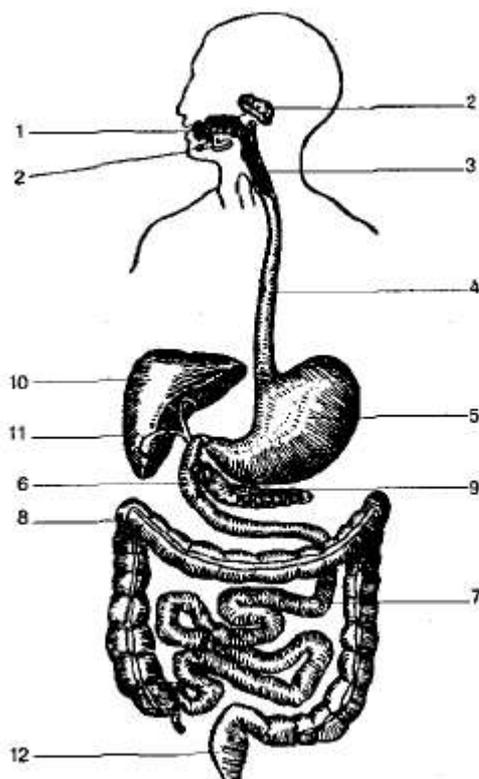


Схема пищеварительной системы человека: 1—ротовая полость; 2 — слюнные железы (подчелюстная и околоушная); 3 — глотка; 4 — пищевод; 5 — желудок; 6 — двенадцатиперстная кишка; 7 — тонкий кишечник; 8 — толстый кишечник; 9 — поджелудочная железа; 10 — печень; 11 — желчный пузырь; 12 — прямая кишка.

Ротовая полость — начальный отдел пищеварительного тракта, функциями которого являются опробывание вкуса и качества пищи, ее измельчение, начало расщепления

углеводов, формирование пищевого комка и проталкивание его в следующий отдел. Она образована губами, щеками, нёбом, языком и мышцами дна ротовой полости. Двумя рядами зубов полость делится на *преддверие* и *собственно полость рта*. Размельчение пищи осуществляется *зубами*, сидящими в ячейках (альвеолах) верхней и нижней челюстей.

У человека две смены зубов: *молочные* и *постоянные*. Первые молочные зубы (они не имеют корней) прорезываются в шестимесячном возрасте. Их количество равно 20 — по 10 на каждой челюсти. У взрослого человека 32 постоянных зуба: по 4 резца, 2 клыка, 4 малых коренных и 6 больших коренных зубов на каждой челюсти. Резцы и клыки используются для откусывания, а коренные зубы — для измельчения и пережевывания пищи. Каждый зуб имеет *коронку*, *шейку*, *корень* и состоит из плотного костного вещества — *дентина*. Внутри зуба расположена полость, заполненная зубной мякотью — *пульпой*, — состоящей из соединительной ткани, кровеносных сосудов и нервов. Коронка зуба выступает над десной и покрыта более прочной, чем дентин, костной тканью — *эмалью*. Корень зуба лежит в зубной альвеоле.

Язык — мышечный орган, в слизистой оболочке которого расположены вкусовые рецепторы, дающие возможность ощутить вкус еды. Он также участвует в перемешивании пищи и проталкивании ее в глотку.

В ротовую полость открываются протоки трех пар слюнных желез: *околоушных*, *подчелюстных* и *подъязычных*. Слюна — прозрачная, слегка вязкая жидкость, имеющая слабощелочную реакцию. В ее состав входят вода (98—99%), неорганические соли (1—1,5%) и органические вещества: белок муцин и ферменты птиалин и мальтаза. Слизистый тягучий муцин обеспечивает пищевому комку легкость проглатывания. Содержащийся в слюне лизоцим выполняет бактерицидную функцию, растворяя клеточную оболочку бактерий. Птиалин расщепляет крахмал пищи до промежуточного вещества — солодового сахара, или мальтозы, который в присутствии фермента мальтазы превращается в простой сахар — глюкозу. Увлажняя пищу, слюна растворяет отдельные ее частицы и этим облегчает воздействие на них ферментов. Количество и состав слюны зависят от характера пищи. Так, например, больше слюны выделяется при потреблении сухой пищи, чем жидкой. В среднем за сутки выделяется около 1—1,5 л слюны.

Академик И. П. Павлов разработал операцию наложения фистулы выводного протока слюнной железы и показал, что слюна выделяется рефлекторно под действием раздражения пищей рецепторов языка и слизистой оболочки ротовой полости. Возникшее возбуждение затем по вкусовым чувствительным нервным волокнам передается в центр слюноотделения, расположенный в продолговатом мозге, а оттуда по центробежным нервам проводится к слюнным железам, вызывая слюноотделение. Это безусловный, или врожденный, рефлекс. Своими опытами И. П. Павлов также показал, что отделение слюны происходит в ответ на вид пищи, ее запах, при разговоре о ней (условный рефлекс).

Пережеванная и смоченная слюной пища языком проталкивается к глотке, и происходит рефлекторный акт глотания.

Глотка — трубка конической формы (с расширением сверху) длиной около 13 см. Сокращаясь, мощные мышцы стенки глотки проталкивают пищевой комок в пищевод.

Пищевод — мышечная трубка длиной около 25 см, лежащая позади трахеи. Через отверстие в диафрагме пищевод из грудной полости проникает в брюшную полость, где соединяется с желудком. Сокращения мышц пищевода продвигают пищевой комок в желудок.

Желудок — расширенная часть пищеварительной трубки объемом около 1,5—2 л. Размеры и форма желудка изменяются в зависимости от количества принятой пищи и степени сокращения мышц его стенок. В желудке выделяют верхнюю часть — *дно*, среднюю наибольшую часть — *тело*, а также нижнюю горизонтально расположенную часть — *привратник*. Отверстие привратника ведет в двенадцатиперстную кишку.

Мышцы стенки желудка хорошо развиты и представлены тремя слоями волокон, имеющими разную ориентацию: *продольными*, *кольцевыми* (в области перехода привратника в двенадцатиперстную кишку слой утолщается и образует сфинктер, регулирующий продвижение пищи) и *косыми*. Слизистая оболочка желудка образует складки, увеличивающие ее поверхность. В толще слизистой оболочки содержится большое количество желез, вырабатывающих желудочный сок. Железы состоят из секреторных клеток нескольких типов: *главных*, вырабатывающих пищеварительные ферменты, *обкладочных*, секретирующих соляную кислоту, и *добавочных*, выделяющих слизь.

В желудке за счет мышечных сокращений происходит перемешивание пищи с желудочным соком — прозрачной жидкостью, имеющей кислую реакцию вследствие присутствия в ней свободной 0,4%-ной соляной кислоты. Она действует как дезинфицирующее средство, уничтожая большинство поступающих с пищей бактерий, а также создает необходимую кислотность среды, при которой становятся активными ферменты желудочного сока. Протеазами желудочного сока являются *пепсин* и *химозин*.

Главными клетками желез желудка синтезируется пепсиноген — неактивный предшественник пепсина. В полости желудка в

присутствии соляной кислоты пепсиноген превращается в активный пепсин. Он расщепляет белки до пептидов. Фермент химозин (ренин) переводит растворимый белок молока в нерастворимый казеин (створоженное молоко). Секретируемая желудочная липаза действует только на *эмульгированные* (в виде мельчайших капелек) *жиры молока*, *расщепляя их* до глицерина и *жирных кислот*. Выделяемая добавочными клетками *слизь (муцин)* выполняет роль барьера, предохраняя стенку желудка от механических повреждений, а также разрушающего воздействия соляной кислоты и переваривающего действия пепсина. Ферменты слюны в кислой среде желудка недействительны.

В секреции желудочных желез выделяют две фазы; сложнорефлекторную и желудочную. Первая фаза секреции является результатом действия комплекса условных и безусловных раздражителей, предшествующих попаданию пищи в желудок (вид и запах пищи, разговоры о ней). Выделяемый в этой фазе желудочный сок называют *запальным*, или *аппетитным*. Он подготавливает желудок к восприятию пищи. Вторая фаза — желудочная, или нейрогуморальная, — обусловлена раздражением пищей рецепторов слизистой оболочки желудка в результате механического и химического воздействия на них. Ведущую регуляторную роль в этой фазе играет гормон *гастрин*, вырабатываемый

некоторыми клетками слизистой оболочки желудка. Он активизирует секрецию желудочного сока и регулирует двигательную активность желудка и кишечника. Сильное возбуждающее действие на желудочную секрецию оказывают вещества, содержащиеся в отварах мясной и овощной пищи. Жиры *тормозят сокоотделение, поэтому жирная пища переваривается значительно* дольше (8–10 ч), чем другие ее виды (3–4 ч).

Большой вклад в методику изучения состава желудочного сока и механизмов регуляции желудочной секреции внесли работы русского ученого И. П. Павлова. Им был разработан новый подход к исследованию желудочной секреции, получивший название *метода изолированного желудка*. Оперативным путем изолировалась часть желудка (туда пища не попадала) собаки с сохранением иннервации. В изолированный желудочек, сохранявший полноценность функций, вживлялась фистула, позволяющая собирать и анализировать чистый желудочный сок на любом этапе пищеварения. Этот метод позволил установить количество выделяемого желудочного сока и его состав в зависимости от химического состава органической части пищи, содержания в ней воды, минеральных веществ. Было показано, что желудочного сока с максимальным содержанием ферментов больше всего выделяется при потреблении белковой пищи, меньше — при углеводном питании и еще меньше — при употреблении жирной пищи. За большие заслуги в области физиологии пищеварения академику И. П. Павлову, первому из русских ученых, в 1904 г. была присуждена Нобелевская премия.

Из желудка пищевая кашица небольшими порциями поступает в *тонкий кишечник*, имеющий три отдела: *двенадцатиперстную, тощую и подвздошную кишки* общей длиной 5–7 м. Начальный и самый короткий отдел тонкого кишечника — двенадцатиперстная кишка длиной 25–30 см и диаметром 3–5 см. В полость кишки, имеющей подковообразный вид, открываются протоки двух самых больших пищеварительных желез — печени и поджелудочной железы. Длина тощей кишки чуть меньше подвздошной.

Слизистая оболочка тонкой кишки имеет выпячивания — *ворсинки* высотой около 0,5–1,2 мм и количеством от 18 до 40 на 1 мм² (рис. 13.13). Поверхность ворсинки представлена каемчатым эпителием. Каемка этих клеток образована огромным количеством микроворсинок. За их счет резко увеличивается всасывающая поверхность кишечника. В полости каждой ворсинки расположен слепо оканчивающийся лимфатический сосудик, из которого лимфа оттекает в более крупный лимфатический сосуд. В каждую ворсинку входят 1–2 артериолы, распадающиеся там на капиллярные сети. В соединительнотканной основе ворсинки имеются отдельные гладкомышечные волокна, благодаря которым ворсинка способна сокращаться.

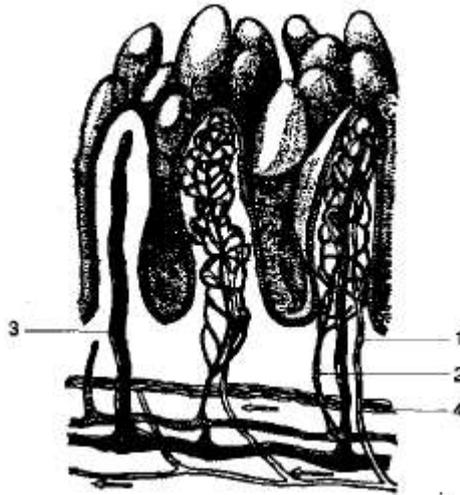


Схема строения кишечных ворсинок: 1 — артерия; 2 — вена; 3 — центральный лимфатический сосуд; 4 — гладкие мышцы.

В слизистой оболочке тонкого кишечника расположены многочисленные *железы*, вырабатывающие ежедневно до 2 л кишечного сока — непрозрачной вязкой жидкости. В составе кишечного сока более 20 ферментов, расщепляющих молекулы белков, жиров и углеводов до низкомолекулярных соединений, способных всосаться, т. е. проникнуть из пищеварительного канала в кровь или лимфу.

Печень — самая крупная железа человеческого организма массой до 2 кг. Она расположена в брюшной полости справа непосредственно под диафрагмой и состоит из четырех неравных долей. Ее верхняя сторона выпуклая, нижняя — слегка вогнутая. В центре нижней поверхности находятся *ворота печени* — место прохождения крупных кровеносных сосудов, нервов и желчных протоков. Там же располагается *желчный пузырь* — резервуар объемом 40—70 мл. Основу печени образуют многочисленные печеночные дольки. Железистый эпителий долек вырабатывает примерно 0,5—1,5 л желчи ежедневно.

Желчь — густоватая жидкость золотисто-желтого цвета. В ее состав входят желчные кислоты и пигменты (главным образом продукты распада гемоглобина), холестерин, минеральные соли. Основные *функции желчи* следующие: перевод жиров в эмульгированное состояние, создание щелочной среды в тонком кишечнике, усиление активности всех пищеварительных ферментов и в особенности липазы, активирование процесса всасывания продуктов расщепления жира и витамина К, вырабатываемого бактериями толстого отдела кишечника, усиление перистальтических движений кишечника. Процесс образования желчи непрерывен, а желчевыведение в полость двенадцатиперстной кишки происходит периодически и связано в основном с приемом пищи. Часть желчи скапливается в желчном пузыре, откуда её запасы выделяются в кишечник при усиленном пищеварении. В случае закупорки желчного протока желчь в кишечник не выделяется и жиры не усваиваются человеком.

В изгибе двенадцатиперстной кишки располагается *поджелудочная железа*. Она имеет вытянутую форму и внутри разделена перегородками на ряд долек. В железе различают *головку*, *тело* и *хвост*. Вдоль железы проходит общий проток, по которому поджелудочный сок, имеющий щелочную реакцию, выделяется в полость двенадцатиперстной кишки. В соке содержится полный набор ферментов, способных

расщепить все виды сложных питательных веществ (биополимеров) до мономеров. Один из ферментов — *трипсин* — заканчивает начатое еще в желудке расщепление белков до аминокислот. Трипсин выделяется в просвет кишки в форме неактивного *трипсиногена*, который после активации ферментом кишечного сока *энтерокиназой* превращается в активный трипсин. *Химотрипсин* также расщепляет крупные фрагменты белков до аминокислот. Поджелудочная *липаза* расщепляет эмульгированные желчью жиры до конечных продуктов всасывания — глицерина и жирных кислот. Она наиболее активна *в присутствии желчи*. Поджелудочная *амилаза* осуществляет гидролиз сложных углеводов до дисахаридов, мальтаза — до моносахаридов. Ферменты поджелудочной железы сохраняют свою активность в щелочной среде при температуре тела человека,

Пищеварительные ферменты в *тощей* и *подвздошной кишке* вырабатываются железами слизистой оболочки. В кишечном соке содержатся *энтерокиназа*, активирующая протеазы поджелудочного сока, *полипептидазы*, под действием которых завершается расщепление белков до аминокислот, и амилолитические ферменты (*сахараза, мальтаза, лактаза*), расщепляющие в конечном итоге сложные углеводы до мономеров. Переваривание пищи в тонкой кишке завершается примерно за 4 часа.

Таким образом, в результате действия ферментов слюны, желудочного, поджелудочного и кишечного соков питательные вещества

Всасывание — совокупность процессов, обеспечивающих перенос веществ из просвета кишки в кровь и лимфу. Осуществляется этот процесс через эпителии кровеносных и лимфатических капилляров кишечных ворсинок слизистой оболочки. В лимфатический сосудик из содержимого тонкой кишки всасываются продукты расщепления жиров — *глицерин* и *жирные кислоты*. Растворимый в воде глицерин легко проникает через клеточные мембраны, а жирные кислоты образуют комплексы со щелочами и желчными кислотами и после омыления в растворимом состоянии всасываются через мембраны ворсинок. В клетках ворсинок из глицерина и жирных кислот синтезируются жиры, свойственные человеку. Они затем поступают в лимфатический сосудик ворсинки. Лимфа, оттекающая от кишечника, имеет желтый цвет, так как насыщена мельчайшими капельками жира. Через грудной лимфатический проток жиры попадают в общий кровоток и вступают в обменные процессы.

Аминокислоты и моносахариды всасываются в кровеносные капилляры ворсинок. Током крови аминокислоты доставляются клеткам организма, в которых из них синтезируются белки. Часть моносахаридов используется на нужды клеток, а другая их часть поступает в печень, где запасается в виде животного крахмала — *гликогена*. Ворсинки, сокращаясь, способствуют контакту поверхности слизистой оболочки тонкой кишки с пищевой кашицей (химусом), а также оттоку крови и лимфы, насыщенных питательными веществами.

Из тонкого кишечника химус поступает в толстую кишку. Ее длина примерно 1,5–2 м и диаметр 4–8 см. Слизистая оболочка кишки образует складки полулунной формы, ворсинки отсутствуют. Начальный отдел толстого кишечника — мешковидная *слепая кишка* с небольшим червеобразным отростком — *аппендиксом*. При воспалении этого

отростка (аппендиците) может создаться угроза для жизни человека. За слепой кишкой следуют *ободочная, сигмовидная и прямая кишки*. Заканчивается прямая кишка анальным отверстием.

Через слизистую оболочку толстой кишки интенсивно всасывается вода, минеральные соли. Специализированные микроорганизмы кишечника расщепляют целлюлозную клеточную стенку растительной пищи, а также остатки непереваренных белков. В результате гнилостного распада белков образуются ядовитые вещества, которые всасываются через слизистую оболочку толстой кишки в кровь. Кровь, оттекающая от кишечника, по воротной вене поступает в печень, где ядовитые вещества обезвреживаются. Эта функция печени называется *барьерной*, или *защитной*. Микроорганизмы кишечника синтезируют витамины К и группы В, подавляют деятельность патогенных бактерий. Образующиеся каловые массы периодически выводятся из организма.

Гигиена питания. *Гигиена питания* — это наука о рациональном питании, обеспечивающем сохранение здоровья человека. Она складывается из правил соблюдения режима, полноценности питания, правильного хранения продуктов и приготовления пищи, соблюдения личной гигиены. Питаться необходимо 3 - 4 раза в день небольшими порциями, желательно в одно и то же время. Пища должна быть питательной и разнообразной, обязательно включать сырые фрукты и овощи — источники многих витаминов. Следует соблюдать меру в потреблении углеводов, избыток которых ведет к ожирению. Пища должна быть хорошо приготовлена и вызывать аппетит. Температура пищи должна быть умеренной, чтобы не раздражать слизистую оболочку полости рта и пищевода. Следует использовать только доброкачественные продукты, чтобы не вызвать отравления. Сырые фрукты и овощи перед едой необходимо мыть и защищать от мух — переносчиков болезнетворных бактерий. Важно также строго соблюдать правила личной гигиены (мыть руки после прихода с улицы, перед едой, после контакта с животными, посещения туалета и т. п.). Отрицательное воздействие на работу пищеварительной системы оказывают курение и злоупотребление алкоголем.