

## Тема № 2 «ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ПИЩЕВАРЕНИЯ»

**Цель:** сформировать представление о физиологии пищеварения, роли нормальной микрофлоры кишечника в функционировании организма.

### Контрольные вопросы:

1. Какие Вам известны важнейшие компоненты пищи, необходимые для поддержания обмена веществ, функционирования органов и тканей, гармоничного роста и развития?
2. Какие отделы пищеварительного тракта Вы знаете и какова их роль в пищеварении.
3. Какие функции выполняет пищеварительный тракт?
4. Перечислите функции, выполняемые нормальной микрофлорой кишечника.

### Справочные материалы по теме:

Большая роль в изучении механизмов пищеварения и установлении общих закономерностей усвоения пищи принадлежит академику А.М. Уголеву, создавшему в 1980 году новую междисциплинарную науку трофологию.

Трофология — это «наука о пище, питании, пищевых связях и процессах усвоения пищи на всех уровнях организации живых систем (от клеточного до биосферного)». А.М. Уголевым была предложена теория «адекватного питания». Основные постулаты - все компоненты пищи (нутриенты<sup>1</sup> и балластные вещества<sup>2</sup>) необходимы для поддержания молекулярного состава организма и возмещения его пластических и энергетических затрат; компоненты пищи включают в себя питательные и регуляторные субстанции; баланс пищевых веществ в организме поддерживается за счет высвобождения отдельных нутриентов из сложных по составу пищевых продуктов за счет полостного, мембранного, внутриклеточного пищеварения, а также микробного синтеза бактериями пищеварительного тракта.

Исходя из теории адекватного питания (А.М. Уголева), для нормальной жизнедеятельности организму необходим пластический и энергетический материал, а также разнообразные регуляторные субстанции, которые поступают в организм с пищевыми продуктами.

Различают шесть важнейших компонентов пищи, которые необходимы организму для поддержания обмена веществ, функционирования органов и тканей, для роста и обновления клеток организма — это вода, белки, жиры, углеводы, минеральные вещества и витамины. Прежде чем организм усвоит их, они подвергаются расщеплению на более простые химические соединения. Это происходит благодаря процессам пищеварения.

---

<sup>1</sup> Нутриенты – биологически значимые компоненты;

<sup>2</sup> Балластные вещества – биологически незначимые компоненты.

Пищеварение – это комплекс физических, химических и физиологических процессов, в результате которых под воздействием ферментов питательные вещества расщепляются на более простые химические соединения, способные всасываться через стенку желудочно-кишечного тракта, поступать в кровоток и усваиваться клетками организма. При этом в процессе пищеварения питательные вещества, продвигаясь через пищеварительный тракт, проходят суммарное расстояние около десяти метров. Процессы пищеварения протекают в определенной последовательности во всех отделах пищеварительного тракта - полости рта, глотке, пищеводе, желудке, тонкой и толстой кишках с участием печени и желчного пузыря, поджелудочной железы. Только минеральные соли, вода и витамины, усваиваются человеком в том виде, в котором они находятся в пище. Белки, жиры и углеводы попадают в организм в виде сложных комплексов. Чтобы они усвоились, требуется их физическая и химическая переработка. Кроме того, компоненты пищи должны предварительно утратить свою видовую специфичность, иначе они будут приниматься системой иммунитета как чужеродные вещества.

Пищеварение начинается с измельчения пищи в ротовой полости, увлажнения ее слюной, первичного метаболизма и трансформации под воздействием ферментов слюны (амилазы, протеиназы, липазы, фосфатазы, РНК-азы). Средняя продолжительность пребывания пищи в полости рта должна составлять порядка 15-20 сек. В случае сокращения времени нахождения пищи в полости рта, нарушаются процессы пищеварения, соответствующие данному участку пищеварительного тракта (измельчение, распад крахмал на простые сахара).

Далее следует этап передвижения пищевого комка за счет перистальтических движений мышц глотки и пищевода в желудок. Акт глотания включает в себя фазу ротовую (произвольную), глоточную (быструю непроизвольную), пищеводную (медленную непроизвольную). Средняя продолжительность времени прохождения пищевого комка через пищевод составляет 2-9 секунд и зависит от плотности пищи. Для предотвращения обратного тока пищи, а также разграничения воздействия на нее пищеварительных ферментов, пищеварительный тракт обеспечен специальными клапанами.

Пищевой комок, попав в желудок, в течение трех-пяти часов подвергается механической и химической обработке под воздействием желудочного сока и присутствующих в нем соляной кислоты, которая обеспечивает кислую среду в желудке, вызывает денатурацию и набухание белков, активизирует пепсиногены, оказывает бактерицидный эффект; пепсин - переваривает белоксодержащие пищевые продукты. Липолитическая активность желудочного сока способствует расщеплению эмульгированных жиров молока. Образующаяся в желудке в значительных количествах слизь, с одной стороны, выполняет защитную функцию защищая слизистую желудка от действия соляной кислоты, а также служит источником эндогенных белков для их последующей утилизации микроорганизмами толстой кишки. В

желудке присутствует также специальный фактор, обеспечивающий в дальнейшем усвоение витамина В<sub>12</sub>.

После желудка пищевой комок попадает в тонкий кишечник, длина которого достигает 6,5 метров. Кишечный сок в этом отделе пищеварительного тракта имеет щелочную среду за счет поступления в тонкий кишечник желчи, сока поджелудочной железы и выделений стенок кишечника. Сок поджелудочной железы содержит такие ферменты, как альфа-амилаза (расщепляет углеводы), РНК-ДНК-нуклеазы (расщепляют нуклеиновые кислоты), липазы (расщепляют жиры), протеазы (расщепляют белки) в виде проэнзимов. Всего в кишечном соке обнаруживается более 20 ферментов (энтерокиназы, пептидазы, фосфатазы, нуклеазы, липаза, амилаза, лактаза, сахараза и др.). У людей, проживающих в разных регионах, встречаются индивидуумы, у которых отмечается недостаточность продукции фермента лактазы, участвующей в утилизации лактозы. Особенно часто этот врожденный дефект обнаруживается у жителей (40-100% популяции) Азии и Африки. Среди лиц славянского происхождения (русские, белорусы, украинцы) дефицитность лактазы обнаруживается у 10-15% представителей популяции.

В тонком кишечнике происходит всасывание основной массы образовавшихся простых химических фрагментов пищи. Не переваренные остатки пищи далее поступают в толстый кишечник, в котором они могут находиться от 10 до 15 часов. В этом отделе пищеварительного тракта осуществляются процессы всасывания воды (до 10 л в сутки), минеральных солей, протекают основные процессы микробной метаболизации остатков питательных веществ, поступивших извне или образовавшихся в пищеварительном тракте. Продолжительность процесса пищеварения у здорового человека в зависимости от структуры питания составляет от 12 до 36 час.

Всасывание осуществляется на всем протяжении пищеварительного тракта, поверхность которого покрыта ворсинками, различающимися по структуре и функции в зависимости от своей локализации. На 1 мм слизистой приходится 30-40 ворсинок. Всасывание осуществляется за счет реализации нескольких механизмов - пассивный транспорт, облегченная диффузия, активный транспорт. При этом, 50-60% продуктов метаболизма белков всасывается в двенадцатиперстной кишке, 30% - в тонкой и 10% - в толстом отделе кишечника. Углеводы всасываются только в виде моносахаров, при этом присутствие в кишечном соке солей натрия существенно повышает скорость их всасывания. Продукты метаболизма жиров так же, как и большинство поступающих с пищей водо- и жирорастворимых витаминов, всасываются в тонком отделе кишечника.

Важную роль в процессе пищеварения играет печень, в которой происходит образование желчи. Желчь способствует эмульгации жиров, всасыванию триглицеридов, активирует липазу, стимулирует перистальтику, инактивирует пепсин в двенадцатиперстной кишке, оказывает бактерицидный

и бактериостатический эффект, усиливает гидролиз и всасывание белков и углеводов, стимулирует пролиферацию энтероцитов, процессы образования и выделения желчи.

Большинство гастроинтестинальных гормонов в химическом отношении представляют собой пептиды и оказывают множество разнообразных эффектов на функции пищеварительного тракта и обмена веществ. Они влияют на секрецию воды, электролитов и ферментов, моторную активность желудочно-кишечного тракта, всасывание воды и питательных веществ, деятельность сердечно-сосудистой системы, функциональную активность эндокринных клеток пищеварительного тракта и других эндокринных желез.

Различают три типа ферментов, участвующих в пищеварении - ферменты, синтезируемые железами человека, ферменты, синтезированные микроорганизмами; 3) ферменты, входящие в состав пищи.

В зависимости от локализации пищеварение подразделяют на внутриклеточное (когда процессы гидролиза питательных веществ происходят внутри клеток за счет лизосомальных ферментов), и внеклеточное (полостное и пристеночное) пищеварение.

Таким образом, пищеварительный тракт выполняет несколько функций:

1) секреторная функция - характеризуется образованием пищеварительных соков (слюны, желудочного, поджелудочного, кишечного соков и желчи);

2) моторная функция - заключается в жевании, глотании, перемешивании, передвижении пищи по пищеварительному тракту и удалению из организма не перевариваемых остатков, в движении ворсинок и микроворсинок; осуществляется мускулатурой пищеварительного аппарата на всех этапах конвейера;

3) всасывательная функция - заключается в поступлении из полости желудочно-кишечного тракта в кровоток продуктов расщепления белков, жиров и углеводов (аминокислоты, глицерин, жирные кислоты, моносахариды), воды, солей, лекарств и других соединений;

4) внутрисекреторная функция - заключающаяся в выработке гормонов, оказывающих регулирующее действие на моторную, секреторную и всасывательную функции пищеварительного тракта (гастрин, секретин и другие гормоны);

5) экскреторная функция - обеспечивает выделение пищеварительными железами в полость желудочно-кишечного тракта продуктов обмена (мочевина, аммиак, желчные пигменты), воды, солей тяжелых металлов, лекарственных препаратов, которые затем удаляются из организма;

6) является местом обитания симбиотических ассоциаций микроорганизмов.

Нормальную микрофлору пищеварительного тракта следует рассматривать как множество микробиоценозов, характеризующихся определенным составом и занимающих тот или иной биотоп в организме человека. Эта микрофлора включает десятки и сотни разнообразных видов

микроорганизмов. Недостаток или избыток того или иного субстрата или метаболита служит сигналом для усиления роста или гибели соответствующего звена экологической системы. В процессе эволюции постоянные представители нормальной микрофлоры превращались во все более взаимосвязанное целое. Одновременно для достижения большей эффективности происходила и специализация их функций. Подобная интеграция и специализация функций позволяет нормальной микрофлоре здорового человека выступать как единое целое, согласованно работающее в интересах всей системы организма, в котором она локализована.

С момента рождения ребенка, его кожа и слизистые обсеменяются микроорганизмами, их число и разнообразие определяется составом микрофлоры матери, механизмами родов, санитарным состоянием среды, в которой они проходили, типом вскармливания. К настоящему времени выявлены некоторые общие закономерности заселения желудочно-кишечного тракта человека микроорганизмами. Так, установлено, что в первые часы и дни в кишечнике новорожденных встречаются преимущественно микрококки, стафилококки, энтерококки и клостридии. Затем появляются энтеробактерии (кишечные палочки), лактобациллы и бифидобактерии. Со временем в кишечнике появляются, а затем начинают преобладать неспороносные облигатно-анаэробные бактерии. Для того чтобы микробная экология пищеварительного тракта новорожденных по своему составу приблизилась к таковой у взрослых, требуется несколько лет. Особенно обильна микрофлора нижних отделов пищеварительного тракта. Здесь обнаружены представители более 500 видов бактерий. Число анаэробных микроорганизмов в этой области здорового взрослого человека более чем в 100 раз превышает таковое по содержанию аэробных бактерий. Энтеробактерии, включая кишечные палочки, стафилококки, грибы и другие аэробы, составляют немногим более 1-4% и рассматриваются как добавочная или случайная микрофлора. На жизнеобеспечение микрофлоры кишечника человека в среднем расходуется до 10% поступившей с пищей энергии.

Представители нормальной микрофлоры присутствуют в организме человека в виде фиксированных к определенным рецепторам микроколоний, заключенных в биопленку. Биопленка, как перчатка, покрывает кожу и слизистые открытых окружающей среде полостей здорового человека и состоит из экзополисахаридов различного состава микробного происхождения, а также муцина, продуцируемого бокаловидными клетками слизистых. С функциональной точки зрения биопленка регулирует взаимоотношения между макроорганизмом и окружающей средой. Попадающий в организм исходный пищевой субстрат в результате микробной трансформации превращается в промежуточный либо конечный продукт с той или иной биологической активностью.

Нормальная микрофлора и продукты ее метаболизма:

1) участвуют в:

1.1. регуляции газового состава кишечника и других полостей организма;

- 1.2. метаболизме белков, углеводов, липидов и нуклеиновых кислот;
  - 1.3. водно-солевом обмене (Na, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn, P, Cl и др.);
  - 1.4. обеспечении колонизационной резистентности, предотвращая приживание и размножение в кишечнике чужеродных организмов или заселение тех или иных областей пищеварительного тракта несвойственными для них видами микроорганизмов);
  - 1.5. рециркуляции стероидных соединений и других макромолекул (включая лекарственные препараты);
  - 1.6. детоксикации экзогенных и эндогенных субстратов;
- 2) обладают морфо-кинетическим действием (стимулируют рост эпителиальных клеток, скорость их обновления на слизистых, перистальтику, влияют на количество потребляемой пищи и т.д.);
  - 3) выполняют иммуногенную функцию (усиливают гуморальный и тканевой иммунитет, стимулируют фагоцитоз, продукцию иммуноглобулинов, интерлейкинов, цитокинов);
  - 4) служат источником энергии (образование жирных кислот);
  - 5) продуцируют разнообразные биологически активные соединения (витамины, липополисахариды, пептидогликаны, амины, антибиотики и другие соединения с антимикробной активностью, нейропептиды, NO, индолы).

Нормальная микрофлора - индикатор физиологического состояния макроорганизма.

Состав микрофлоры в биопленке может изменяться под влиянием, как различных стрессовых агентов, физиологического состояния человека. Медицинские и медикаментозные вмешательства, включая инструментальное, хирургическое или лекарственное воздействие, могут изменить целостность имеющейся биопленки, что ведет к утрате ее отдельных функций.

Среди фармакологических препаратов наиболее выраженный повреждающий эффект на нормальную микрофлору оказывают антибиотики. Многие иммунодепрессанты в концентрациях близких к клиническим, также ингибируют рост бифидобактерий, лакто-бацилл, энтерококков и кишечных палочек. Химиопрепараты, как правило, также вызывают дисбиотические изменения. Дисбиотические проявления выражаются в изменении абсолютной численности анаэробных и других прокариотических клеток, их видового и штаммового состава, спектра и количества образуемых микробных метаболитов. Разработано большое количество тестов, позволяющих объективно судить о состоянии нормальной микрофлоры и ее функциональной активности, степени повреждения.

Нормальная микрофлора кишечника имеет большое значение в усвоении биологически активных веществ и их выработке.

В результате нарушения нормобиоценоза возникает дисбактериоз. Дисбактериоз кишечника может проявляться комплексом симптомов, включающих диспепсию, аллергические состояния, склонностью к частым простудным заболеваниям, гиповитаминоза В. Причины - снижение

толерантности слизистой кишечника к действию патогенной микрофлоры, детоксикационной способности микрофлоры, синтеза витаминов группы В. Дисбактериоз, в зависимости от характера изменения состава микрофлоры толстого кишечника, подразделяется на 3 степени тяжести. Дисбактериоз, как правило, сочетается с другими патологическими синдромами, поэтому мероприятия по коррекции нарушенного микробиоценоза осуществляются одновременно с лечением основного заболевания.

Успехи, достигнутые в области микробиологического изучения микрофлоры кишечника человека, послужили предпосылкой к разработке диетических и лечебно-профилактических кисломолочных продуктов на основе *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* и *Streptococcus*. Главным назначением массового употребления кисломолочных продуктов являлось подавление кишечных гнилостных бактерий, ликвидация дисбиотических нарушений в пищеварительном тракте за счет введения в организм человека больших количеств живых антагонистических молочнокислых бактерий.

Положительные эффекты при дисбактериозе достигаются использованием пробиотических препаратов или продуктов, обладающих пробиотическими свойствами.

По своему действию пробиотические препараты, применяемые при дисбактериозе, разделяются на классы:

1. Классические пробиотики (из облигатной флоры человеческого организма: коли-, бифидум-, лактобактерин.).

2. Самоэлиминирующиеся антагонисты (из штаммов, не характерных для организма: бактисубтил, биоспорин, споробакт).

3. Комбинированные пробиотики (бифилонг, бификол, аципол, линекс, биобактон, кипацид).

4. Имобилизированные на сорбенте живые бактерии (бифидумбактерин-форте).

5. Комбинированные с лизоцимом (бифилиз).

6. Препараты - продукты метаболизма нормальной микрофлоры (хилак-форте).

7. Рекомбинантные - субалин (бактерии *Subtilis*, контролирующие синтез  $\alpha 2$ -интерферона).

Наиболее эффективным средством профилактики и лечения дисбактериоза являются препараты бифидумбактерина.

Хороший эффект первичной и вторичной профилактики дисбактериоза достигается использованием отечественных кисломолочных продуктов, биомороженого. Два стакана кефира в день или одна порция биомороженого обеспечивают организм полезной микрофлорой, суточной потребностью кальция, витаминов и аминокислот, необходимых для предупреждения остеопороза.

#### ***Список дополнительной литературы по теме:***

1. Амирова К.М., Родин И. А., Скляр С. П., Симонов А. Н. Полезная микрофлора кишечника и её коррекция пробиотиками // Приоритетные и

инновационные технологии в животноводстве – основа модернизации агропромышленного комплекса России: Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции научных сотрудников и преподавателей (г. Ставрополь, 16 декабря 2016 г.). – Ставрополь. – 2016. – С. 17-25.

2. Бельмер С.В., Гасилина Т.В. Рациональное питание и состав кишечной микрофлоры // Вопросы детской диетологии. - 2003. - Т. 1. - № 5. - С. 17–20.

3. Бельмер С.В., Малкоч А.В. Кишечная микрофлора и значение пребиотиков для ее функционирования // Лечащий врач. – 2006. - № 4. – С.60-65.

4. Гурина О.П., Блинов А.Е., Варламова О.Н. и др. Часто болеющие дети: иммунодиагностика и реабилитация // Педиатр. - 2011. – Т. II. - №2. – С.45-52.

5. Коротько Г. Ф. Физиология системы пищеварения: Монография. Краснодар, 2009. – 608 с.

6. Уголев А. М. и др. Теория адекватного питания и трофология. – М. - 1991. – 247 с.

7. Хавкин А.И., Блат С.Ф. Микробиоценоз кишечника и иммунитет // Рос. вестник перинатол. и педиат. - 2011. - №1. – С. 66-72.

Штенская О. А., Артюхова С. И. Роль БАДов в восстановлении микрофлоры ЖКТ при антибиотикотерапии // ОмГТУ. - 2012. - №9