

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ.
ПИТАНИЕ.
ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ОБМЕНА
ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ
Часть 1

Обмен веществ и энергии представляет собой совокупность процессов превращения веществ и энергии в живых организмах, а также обмен веществами и энергией между организмом и внешней средой.

Эти процессы являются основой всех явлений жизнедеятельности и могут быть представлены как непрерывный трехэтапный цикл, включающий:

1) поступление веществ в различные ткани и клетки организма

2) использование этих веществ тканями и клетками

3) удаление продуктов обмена в окружающую среду

Первый этап включает физическую и химическую обработку пищи, всасывание продуктов гидролиза, поступление в организм кислорода, транспорт веществ кровью.



Второй этап представляет собой совокупность двух процессов — анаболизма (ассимиляция) и катаболизма (диссимиляция).

Анаболические реакции обеспечивают синтез, обновление структурных компонентов тканей и накопление энергии, что необходимо для роста, развития и поддержания функциональных резервов.

Катаболические реакции — совокупность процессов расщепления сложных молекул клеток до конечных продуктов — **воды, углекислого газа, аммиака** с освобождением энергии, необходимой для жизнедеятельности каждой клетки и всего организма.

Аммиак удаляется из организма в виде азотсодержащих метаболитов.

Анаболизм и катаболизм в целом обеспечивают самообновление структур организма в ходе взаимосвязанных биохимических превращений.

В организме взрослого здорового человека реакции анаболизма и катаболизма находятся в состоянии динамического равновесия.

Рост, развитие организма, состояние беременности, восстановительные реакции, переизбыток обычно характеризуются относительным преобладанием анаболических реакций.

Физические нагрузки, психоэмоциональные стрессорные реакции, а также старческий возраст приводят к преобладанию катаболических реакций.

Нарушения равновесия между анаболическими и катаболическими реакциями могут быть следствием определенных заболеваний, при этом чаще отмечается преобладание катаболизма над анаболизмом.

Преобразование поступающих в организм веществ с заключенной в них энергией в формы, доступные для пластического и энергетического обмена, является предметом дальнейшего изложения настоящего раздела.

Пластический обмен связан с самообновлением клеточных структур путем их расщепления и ресинтеза;

Энергетический обмен связан с доставкой энергии, необходимой для обеспечения процессов анаболизма, выполнения функций клеток и организма в целом.

Пластический и энергетический обмен друг от друга неотделимы.

Пластические и энергетические потребности организма обеспечиваются извлечением пластического материала и энергии из углеводов, жиров и белков пищи.

В процессе метаболизма энергия, заключенная в пищевых веществах, переносится на макроэргические молекулы и в последующем используется для синтеза сложных органических соединений — предшественников макромолекул организма.

Третий этап обмена веществ и энергии — удаление во внешнюю среду метаболитов: **углекислого газа, воды, азотистых продуктов обмена.**

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

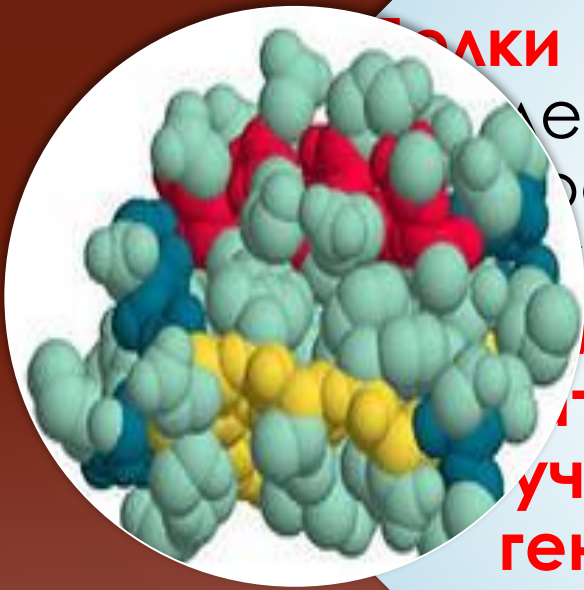
Начальным этапом обмена веществ является поступление в организм пластического и энергетического материала с пищей.

Питательными (пищевыми) веществами называют компоненты пищи, ассимилирующиеся в ходе обмена веществ в организме.

К ним относятся **белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные вещества и вода.**

Для количественной оценки обмена веществ исследуют приход в организм **белков, жиров, углеводов** и их расход.

ОБМЕН БЕЛКОВ



Белки составляют 15 — 20 % (липиды и углеводы вместе — лишь 1 — 5 %) сухой массы тканей человека; они могут быть **структурными, ферментными, транспортными, защитными, рецепторными и участвующими в передаче генетической информации.**

А. Роль белков в организме

С синтезом белка в клетках связаны:

- 1) процессы роста и самообновления структурных компонентов организма;
- 2) процессы регенерации и восполнения специфических клеточных белков;
- 3) продукция ферментов, гормонов пептидной и белковой природы, иммуноглобулинов, гемоглобина, рецепторных белков. Белки, главным образом альбумины, обеспечивают онкотическое давление и тем самым влияют на обмен воды между кровью и тканями;
- 4) поддерживают суспензионные свойства и вязкость крови, необходимые для обеспечения оптимальных параметров гемодинамики;
- 5) входят в состав буферных систем плазмы;
- 6) являются переносчиками гормонов, минеральных веществ, липидов, холестерина.
- 7) Иммунные белки плазмы крови и факторы гемостаза участвуют в важнейших защитных реакциях организма.
- 8) Белки могут использоваться в качестве источника энергии; эта их роль значительно возрастает во время стрессорных реакций.

Б. Биологическая ценность различных белков

Основными структурными компонентами белков являются 20 аминокислот, из которых 10 считаются незаменимыми, так как они не синтезируются в организме и поступают только с пищей.

К ним относятся аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин.

Содержащие полный набор этих кислот животные белки называются **полноценными**: они почти полностью способны превращаться в белковые структуры организма.

Неполноценными называются белки, чаще растительные, которые не содержат хотя бы одной незаменимой аминокислоты.

В. Преобразование белков в организме

Из кишечника в кровь всасываются главным образом аминокислоты, реже — полипептиды и нерасщепленные белки.

Концентрация аминокислот в плазме крови колеблется в пределах 350 — 650 мг/л, они используются в клетках для синтеза белка.

Существует относительно постоянное соответствие количества аминокислот плазмы крови и лабильных белков клеток.

При достижении верхнего предела хранения белка в клетке избыток поступающих в нее аминокислот может использоваться для преобразования в жир или гликоген (называется глюконеогенез).

В процессе глюконеогенеза большая часть аминокислот преобразуется в углеводы; почти все аминокислоты могут преобразовываться в липиды.

Значительная часть белков, содержащихся в плазме крови, образуется в печени; 20— 50 % глобулинов, в основном гамма-глобулины, синтезируются в лимфоидной ткани.

При заболеваниях почек ежедневно с мочой может теряться до 20 г белка, и все это количество может восполняться процессами синтеза.

Соотношение количества плазменных и тканевых белков стабильно даже при голодании и составляет 1:33.

Средний период полураспада белков тела человека приближается к 80 сут; при этом для мышечных белков величина его приближается к 180 сут, для белков плазмы крови к 10 сут, гормоны пептидной и белковой природы «живут» лишь несколько минут.

Ежедневно в различных частях тела синтезируется и расщепляется около 400 г белка.

Примерно $\frac{2}{3}$ аминокислот, освобождающихся при распаде белка, вновь используется для его синтеза, $\frac{1}{3}$ аминокислот окисляется в энергетических цепях.

По результатам сравнения количества принятого с пищей и выведенного из организма азота можно судить **о характере белкового (азотистого) баланса**.

В организме здорового взрослого человека эти параметры обычно равны между собой, т.е. имеет место азотистое равновесие.

Преобладание количества выведенного из организма азота (отрицательный баланс) может наблюдаться при недостатке в пище полноценных белков, при голодании, ряде заболеваний, при травмах, ожогах, после операций, а также в результате старения.

При белковом голодании источником свободных аминокислот становятся белки плазмы крови, печени, слизистой оболочки кишечника и мышечной ткани, что позволяет достаточно длительно поддерживать обновление белков мозга и сердца.

Положительный баланс азота, характеризующийся накоплением белка (азота) в организме, развивается обычно в условиях преобладания анаболических реакций над катаболическими.

Г. Регуляция обмена белков

Гормональная регуляция белкового обмена может приводить к увеличению его **анаболической направленности** (влияния соматотропина, инсулина, глюкокортикоидов, тестостерона, эстрогенов, тироксина), реже способствует **катаболическим эффектам** (глюкокортикоиды, тироксин).



Соматотропин (гормон роста) повышает транспорт аминокислот в клетки и синтез белка. Этому частично способствует его катаболическое действие на жировой обмен, что снижает скорость окисления аминокислот.



Инсулин повышает поступление в клетки аминокислот, но аналогичное влияние инсулина на углеводный обмен ограничивает использование аминокислот в энергетическом обмене.



Анаболический эффект **тестостерона** реализуется главным образом в мышечной ткани. Эстрогены действуют подобно тестостерону, но их эффект значительно меньше.



Глюкокортикоиды вызывают уменьшение концентрации белка в большинстве клеток, повышение концентрации аминокислот в плазме крови, увеличение синтеза белка в печени и его переход в углеводы (глюконеогенез).



Тироксин повышает скорость обменных реакций во всех клетках. При ограничении поступления с пищей жиров и углеводов он мобилизует белки для энергетического использования.

Если же углеводов, жиров и аминокислот в организме достаточно, тироксин способствует повышению синтеза белка.

ОБМЕН ЛИПИДОВ

Липиды представлены в организме в основном нейтральными жирами (триглицеридами - ТГ), фосфолипидами (ФЛ), холестерином (Хс) и жирными кислотами (ЖК). Последние являются также существенным компонентом триглицеридов и фосфолипидов.

В структуре триглицеридов на одну молекулу глицерина приходится три молекулы жирных кислот

А. Роль липидов в организме

1. Липиды участвуют в **пластическом и энергетическом обмене**.

Их пластическая роль реализуется главным образом фосфолипидами и холестерином. Эти вещества участвуют в синтезе факторов свертывания крови и оболочки для нейронов, стероидных гормонов, желчных кислот, простагландинов и витамина Р, а также в формировании всех биологических мембран, обеспечении их прочности и биофизических свойств.

2. Холестерин ограничивает абсорбцию водорастворимых веществ и некоторых химически активных факторов. Кроме того, он уменьшает неощутимые потери воды через кожу. При ожогах такие потери могут составлять в сутки вместо 300 — 400 мл до 5 — 10 л.

3. Роль липидов в поддержании структуры и функции клеточных мембран, тканевых оболочек, покровов тела и в механической фиксации внутренних органов является основой защитной роли липидов в организме.

4. При повышении энергетического обмена жиры активно используются в качестве источника энергии. В этих условиях ускоряется гидролиз триглицеридов, продукты которого транспортируются к тканям и окисляются. Почти все клетки (в меньшей степени клетки мозга) могут использовать для получения энергии наряду с глюкозой жирные кислоты.

5. Жиры являются также источником образования эндогенной воды и являются своеобразным **депо энергии и воды**.

Депозиты жира в организме в виде триглицеридов представлены в основном клетками печени и жировой ткани. В последней жир может составлять 80 — 95 % объема клеток. Он используется главным образом для энергетических целей.

Накопление энергии в форме жира представляет собой самый экономный способ длительного ее хранения в организме, так как при этом единица запасаемой энергии находится в сравнительно небольшом объеме вещества.

Если количество гликогена, одновременно хранящегося в различных тканях организма, составляет лишь несколько сотен граммов, то масса жира, находящегося в различных депо, — несколько килограммов.

У человека в виде жира хранится в 150 раз больше энергии, чем в виде углеводов. Жировые депо составляют 10 — 25 % массы тела здорового человека. Их пополнение происходит в результате приема пищи. Если поступление энергии, заключенной в пище, преобладает над расходом энергии, масса жировой ткани в организме увеличивается — развивается ожирение.

6. Учитывая, что у взрослой женщины доля жировой ткани в организме составляет в среднем 20 — 25 % массы тела — почти вдвое больше, чем у мужчины (соответственно 12— 14 %), следует полагать, что жир выполняет в женском организме еще и специфические функции. В частности, жировая ткань обеспечивает женщине резерв энергии, необходимый для вынашивания плода и грудного вскармливания.

7. Существуют данные о том, что часть мужских половых стероидных гормонов в жировой ткани преобразуется в женские гормоны, что является основой косвенного участия жировой ткани в гуморальной регуляции функций организма.

Г. Транспорт липидов лимфой и кровью

Из кишечника весь жир всасывается в лимфу в виде мелких капель диаметром 0,08— 0,50 мкм — хиломикронов. На их внешней поверхности адсорбируется небольшое количество специального белка, повышающего поверхностную стабильность капель и предупреждающего прилипание капель к стенке сосуда.

Через грудной лимфатический проток хиломикроны попадают в венозную кровь, при этом через 1 ч после приема жирной пищи их концентрация может достигать 1 — 2 %, а плазма крови становится мутной. Через несколько часов плазма очищается с помощью гидролиза триглицеридов ферментом, а также путем отложения жира в клетках печени и жировой ткани.

Е. Регуляция липидного обмена.

При физической нагрузке и стрессах активация симпатической нервной системы, повышение секреции катехоламинов, кортикотропина и глюкокортикоидов приводят к увеличению активности гормоночувствительной триглицерид-липазы жировых клеток, в результате в крови повышается концентрация жирных кислот. При интенсивных и длительных стрессах это может приводить к развитию нарушений липидного обмена и атеросклероза. Практически так же действует соматотропный гормон гипофиза.

Тиреоидные гормоны, первично влияя на скорость энергетического обмена, приводят к снижению количества метаболитов липидного обмена, в результате способствуя быстрой мобилизации жира.

ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

Углеводы поступают в организм в основном в виде полисахаридов растительного (крахмал) и животного (гликоген) происхождения.

Конечными продуктами их гидролиза в пищеварительном тракте являются глюкоза (80 % этих продуктов), а также фруктоза и галактоза, которые после всасывания в кровь быстро превращаются в глюкозу.

Таким образом, глюкоза представляет собой общий конечный продукт транспорта углеводов кровью. Концентрация в плазме крови глюкозы важный параметр гомеостазиса.

Она колеблется в пределах 0,8 — 1,0 г/л (4,4 — 5,5 ммоль/л) через 3 — 4 ч после еды. Прием большого количества рафинированных углеводов приводит к повышению концентрации глюкозы у здорового человека до 1,4 г/л (7,7 ммоль/л).

А. Роль углеводов в организме и пути их преобразования.

1. Пластическая роль углеводов состоит в том, что глюкоза, галактоза и другие сахара входят в состав гликопротеинов плазмы крови, а также в состав гликопротеинов и гликолипидов, играющих важную роль в рецепторной функции клеточных мембран. Промежуточные продукты окисления глюкозы (пентозы) входят в состав нуклеотидов и нуклеиновых кислот. Глюкоза необходима для синтеза некоторых аминокислот и липидов.

2. Более 90 % углеводов расходуется для выработки энергии. В клетках глюкоза используется как источник энергии

Образование гликогена (гликогенез) поддерживает процессы депонирования углеводов. Гликоген есть во всех клетках организма, но больше его в миоцитах и гепатоцитах, где гликоген составляет соответственно 1 — 3 и 5— 8 % массы клетки. Превращение глюкозы в гликоген или жир происходит в клетках печени и жировой ткани, когда глюкоза активно не используется, а запасы ее, которых хватает обычно на 12 — 24 ч, достаточны. Количество гликогена в организме человека составляет в среднем 400 г он легче липидов мобилизуется на срочные нужды обмена энергии.

Когда запасы углеводов низки, например при их активном использовании во время стресса, некоторое количество глюкозы образуется из аминокислот и глицерина, т.е. развивается глюконеогенез.

Б. Регуляция обмена углеводов.

Повышение концентрации глюкозы в крови (гипергликемия) не опасно для жизни, но может приводить к увеличению осмотического давления плазмы крови. При гипергликемии происходит повышение секреции инсулина, активируются транспорт глюкозы в клетки и дальнейшие ее превращения.

Инсулин является единственным гормоном анаболического действия на углеводный обмен. Он в 10 раз и более повышает проницаемость к глюкозе клеточных мембран и скорость мембранного транспорта глюкозы.

При снижении же концентрации глюкозы в крови (гипогликемия) ускоряется гликогенолиз (превращение гликогена в глюкозу) под влиянием фермента, активируемой гормоном поджелудочной железы **ГЛЮКАГОНОМ** и гормоном мозгового вещества надпочечников **адреналином**.

Оба эти гормона более важны для острой и кратковременной регуляции содержания глюкозы в крови.

К «контринсулярным», или катаболическим, гормонам, регулирующим обмен углеводов, кроме глюкагона, катехоламинов, кортикотропина и выделяющихся под его влиянием глюкокортикоидов, относят соматотропин и йодсодержащие гормоны щитовидной железы (тироксин, трийодтиронин).

МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН

Соли являются составной частью жидкостей внутренней среды организма. Их функции многообразны. Они

- 1) играют роль кофакторов в ферментативных реакциях;
- 2) участвуют в регуляции кислотно-основного равновесия;
- 3) обеспечивают процессы свертывания крови,
- 4) создают мембранный потенциал и потенциал действия возбудимых клеток (образование животного электричества).

Минеральные вещества входят в структуры самых различных органов тела. Суточная потребность в них варьирует у человека от нескольких микрограммов до нескольких граммов в сутки. Наиболее важное значение для организма имеют натрий, калий, хлор, кальций, магний, фосфор, железо, йод, фтор.

Натрий и калий определяют величину рН, осмотическое давление, объем жидкостей тела. Они участвуют в формировании биоэлектрических потенциалов, в транспорте аминокислот, сахаров и ионов через мембрану клеток. Натрий составляет 93 % всех катионов плазмы крови, его концентрация равна 135 — 145 ммоль/л. Калий — в основном внутриклеточный катион, в плазме крови его концентрация равна 3,3 — 4,9 ммоль/л.

Дневной пищевой рацион жителей цивилизованных стран содержит в среднем 10— 12 г хлорида натрия, однако истинная потребность человека в нем значительно ниже и приближается к 5 — 8 г, а по некоторым данным, — к 2 — 3 г. Это количество хлорида натрия содержится в обычной пище, что ставит под сомнение необходимость ее дополнительного подсаливания.

Избыточный прием поваренной соли может приводить к увеличению объемов жидкостей тела, повышению нагрузки на сердце и почки. Увеличение в этих условиях проникновения натрия, а с ним и воды в межклеточные промежутки тканей стенки кровеносных сосудов способствует их набуханию и утолщению, а также сужению просвета сосудов.

Ускоренное проникновение натрия в гладкомышечные клетки стенки сосуда увеличивает нагрузку на ионные насосы, что может привести к нарушению их работы, накоплению натрия в клетках, деполяризации мембраны и повышению тонуса гладких мышц сосудов. Все эти явления способствуют сужению сосудов, росту общего периферического сопротивления сосудистой системы, повышению артериального давления. В популяциях, склонных к повышению кровяного давления, около 50% людей реагируют снижением артериального давления на ограничение приема натрия с пищей. Вместе с тем риск развития при гипертензии инсульта (кровоизлияние в мозг) увеличивается при ограничении приема калия.

Диета со сниженным содержанием натрия и увеличенным содержанием калия может приводить к предупреждению инсультов. Недостаток в пище калия может стать причиной развития дистрофии даже при нормальном приеме белка. Суточная потребность в калии соответствует 1 г на 1000 ккал пищевого рациона. Особенно богаты калием абрикосы, виноград, чернослив, картофель.

Постоянство содержания ионов натрия и калия в плазме крови поддерживается в основном почками.

При снижении концентрации натрия и увеличении калия повышается обратное всасывание натрия и снижается обратное всасывание калия, а также растет секреция калия в почечных канальцах под влиянием минералокортикоида коры надпочечников альдостерона.

Микроэлементами называют химические элементы, содержащиеся в организме и пище в крайне малых количествах. Из них наиболее важное функциональное значение имеют **железо, фтор, йод, медь, марганец, цинк, кобальт, хром.**

Большая часть микроэлементов входит в состав молекул ферментов, гормонов, витаминов или катализаторов их действия на ферментативные процессы.



Кальций содержится в виде фосфатов в костях, а также в тканях зубов и, следовательно, обеспечивает опорную функцию. Ионизированный кальций в возбудимых тканях выполняет роль фактора электросекреторного и электромеханического сопряжения. Присутствие кальция в оптимальных концентрациях является условием нормального функционирования клеточных мембран. Кальций активно участвует в реакциях гемостаза.



Концентрация кальция в плазме крови равна 2,4 — 2,6 ммоль/л, суточная потребность в нем приближается к 1,5 г. Для беременных женщин и для детей оптимальным считают прием в 1,5 раза большего количества кальция. Поступает этот катион в организм с молочными продуктами. Дополнительный его прием в виде карбоната, глюконата или лактата кальция примерно до 1 г в сутки может существенно ограничить развитие остеопороза («молчащий вор»), т.е. разрежения костей, повышающего опасность переломов. Это заболевание развивается в пожилом возрасте у мужчин и несколько раньше (в постменопаузе) у женщин.



Постоянство концентрации ионов кальция в плазме крови обеспечивается противоположным влиянием на кальциевый обмен паратгормона паращитовидных и тиреокальцитонина щитовидной желез.



При повышении концентрации кальция в плазме крови угнетается секреция паратгормона и увеличивается выделение тиреокальцитонина; последний активирует остеобласты костной ткани и повышает переход кальция из крови в кости.



Паратгормон, напротив, повышает активность остеокластов костей, увеличивает поступление кальция в кровь из костной ткани, а также всасывание его в кишечнике и реабсорбцию в почечных канальцах. Секреция этого гормона растет при снижении концентрации кальция в плазме крови.



Магний является катализатором многих внутриклеточных процессов, особенно связанных с углеводным обменом.

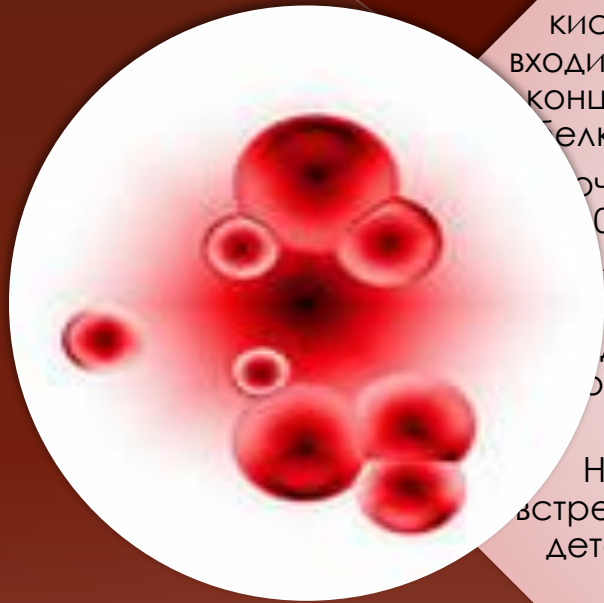
Магний снижает возбудимость нервной системы и сократительную активность скелетных мышц, способствует расширению кровеносных сосудов, уменьшению частоты сокращений сердца и снижению артериального давления. Концентрация магния в плазме крови равна 0,65 — 1,10 ммоль/л, суточная потребность в нем — около 0,4 г. Содержится магний в продуктах растительного происхождения.



Фосфор входит в состав фосфорно-кальциевых соединений костного вещества, а также анионов внутриклеточной жидкости, макроэргических соединений, коферментов тканевого дыхания и гликолиза. Соли фосфорной кислоты и ее эфиров являются компонентами буферных систем поддержания кислотно-основного состояния тканей.

Концентрация фосфора в сыворотке крови равна 0,81 — 1,45 ммоль/л, суточная потребность в фосфоре — примерно 1,2 г, у беременных и кормящих женщин — до 1,6 — 1,8 г.

Фосфор поступает в организм главным образом с молочными, мясными, рыбными и зернобобовыми продуктами.



Железо абсолютно необходимо для транспорта кислорода и для окислительных реакций, так как оно входит в состав гемоглобина и цитохромов митохондрий; концентрация его в крови в комплексе с транспортным белком трансферрином в норме равна 1,0— 1,5 мг/л.

Суточная потребность в железе для мужчин соответствует 10 мг, для женщин детородного возраста в связи с менструальными кровопотерями эта величина значительно больше и приближается к 18 мг.

Для беременных и кормящих женщин в связи с потребностями детского организма этот параметр приближается соответственно к 33 и 38 мг.

Недостаточность поступления железа в организм встречается часто: в странах Европы у 10 — 30 % женщин детородного возраста выявляется железодефицитная анемия. Железо содержится в мясе, печени, зернобобовых продуктах, гречневой и пшеничной крупах.



Йод представляет собой единственный из известных микроэлементов, участвующих в построении молекул гормонов. До 90 % циркулирующего в крови органического йода приходится на долю тироксина и трийодтиронина. Недостаточное поступление в организм йода может быть причиной нарушения функций щитовидной железы. Концентрация йода в плазме крови равна 10 — 15 мкг/л. Суточная потребность составляет 100 — 150 мкг, для беременных и кормящих женщин 180 — 200 мкг. Источниками йода являются морские растения и морская рыба, мясо и молочные продукты.



Фтор обеспечивает защиту зубов от кариеса. Предполагают, что он блокирует микроэлементы, необходимые для активации бактериальных ферментов. Фтор стимулирует кроветворение, реакции иммунитета, предупреждает развитие старческого остеопороза. Суточная потребность во фторе равна 0,5— 1,0 мг; он поступает в организм с питьевой водой, рыбой, орехами, печенью, мясом, продуктами из овса.