

ОРД-ТРАВМ-22

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-ОСЕТИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАФЕДРА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ**

**ДЛЯ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ ординаторов  
по дисциплине**

**«КЛИНИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ»**

**для специальности 31.08.66 Травматология и ортопедия**

**СОДЕРЖАНИЕ:**

<b>№ П/П</b>	<b>НАЗВАНИЕ ТЕМЫ</b>	<b>СТР.</b>
1.	Биохимические анализы в клинической медицине. Методы клинической биохимии	5-50
2.	Клиническая биохимия расстройств гемостаза	51-64
3.	Биохимические маркеры метаболизма костной ткани.	65-78
4.	Биохимические маркеры ремоделирования кости при заболеваниях скелета	79-96

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АКТГ - адренкортикотропный гормон  
17-КС - 17-кетостероиды  
17-ОКС - 17-оксикетостероиды  
2,4-ДНФГ - 2,4-динитрофенилгидразин  
АДФ – аденозиндифосфат  
АТФ – аденозинтрифосфат  
АЧТВ - активированное частичное тромбопластиновое время  
АлАТ – аланинаминотрансфераза АФП  
- альфа-1-фетопротеин  
АДГ - антидиуретический гормон  
АсАТ – аспартатаминотрансфераза  
БОФ - белки острой фазы  
БКЗ - бромкрезоловый зеленый  
БКФ - бромкрезоловый фиолетовый  
БФС - бромфеноловый синий  
БО - буферные основания  
ВМК - ванилилминдальная кислота  
ВЭЖХ - высокоэффективная жидкостная хроматография  
ГТП - гамма-глутамилтранспептидаза  
ГК – гексокиназа  
ГлДГ – глутаматдегидрогеназа  
Г-6-ФДГ - глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа  
ГВК - гомованилиновая кислота  
ГРГ - гонадотропин-рилизинг гормон  
ГРИГ - гонадотропин-рилизинггибнующий гормон  
ИФА - иммуноферментный анализ  
ИХЭД - иммунохроматографическая экспресс-диагностика  
ИАП - ингибиторы активаторов плазминогена  
КОС - кислотно-основное состояние  
КРГ - кортикотропин-рилизинг гормон  
КК – креатинкиназа  
КБГ - кумасси бриллиантового голубого  
ЛДГ – лактатдегидрогеназа  
ЛЖСС - латентная (ненасыщенная) железосвязывающая  
НЖСС – насыщенная железом способность сыворотки  
ЛПВП - липопротеиды высокой плотности  
ЛПОНП - липопротеиды очень низкой плотности  
ЛППП - липопротеиды промежуточной плотности  
ЛГ - лютеинизирующий гормон

МДГ – малатдегидрогеназа

МНО - международное нормализованное отношение

МЕ - международные единицы

МСГ - меланоцит-стимулирующий гормон

МК - мочевая кислота

НО (ВЕ) - недостаток оснований

НСЕ - нейронспецифическая енолаза

НЭЖК - неэтерифицированные жирные кислоты  
НАД – никотинамидадениндинуклеотид  
НАДФ – никотинамидадениндинуклеотидфосфат  
ОМ - опухолевые маркеры  
ОФ - острая фаза  
ПТТГ - пероральный тест на толерантность к  
глюкозе п-НФ - п-нитрофенилфосфат п-НФФ - п-  
нитрофенилфосфат ПДФ - продукты деградации  
фибриногена  
ПРГ - пролактин-релизинг гормон  
ПРИГ - пролактин-релизингингибирующий гормон  
ПСА - простатспецифический антиген  
ПВ - протромбиновое время  
ПО - протромбиновое отношение  
РИА - радиоиммунный анализ  
РЭА - раково-эмбриональный антиген  
РФМК - растворимые фибрин-мономерные комплексы  
РЭС - ретикуло-эндотелиальная система  
СКФ - скорость клубочковой фильтрации  
СТРГ - соматотропин-релизинг гормон  
СТГ - соматотропный гормон  
СРБ - С-реактивный белок  
ССК - сульфосалициловая кислота  
ТРГ - тиреотропин-релизинг гормон  
ТТГ - тиреотропный гормон  
ТПА - тканевой активатор плазминогена  
ТГ – триглицериды  
ТХУ - трихлоруксусная кислота  
ТАГІ - тромбин-активируемый ингибитор фибринолиза  
ТВ - тромбиновое время  
УПА - урокиназный активатор плазминогена  
ФСГ - фолликулостимулирующий гормон  
ХМ – хиломикроны ХС  
– холестерин  
ХЭ – холинэстераза  
ХГЧ - хорионический гонадотропин человека  
ДГЭА – дегидроэпиандростерон  
ДГЭА-С - дегидроэпиандростерон-сульфат  
АМСт - антитела к микросомальному антигену тиреоцитов  
Е2 – эстрадиол  
SHBG - глобулин, связывающий половые гормоны

## **ТЕМА: БИОХИМИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ В КЛИНИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ. МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКОЙ БИОХИМИИ.**

### **Основные вопросы темы.**

- 1) Место клинической биохимии среди других прикладных клинических дисциплин
- 2) Применение биохимических анализов (скрининг, мониторинг, диагноз, прогноз)
- 3) Отбор образцов для анализов (запрос на анализ)
- 4) Понятие о биохимических стандартах и контроле качества биохимического материала
- 5) Лабораторные методы оценки белкового обмена (азотометрические, гравиметрические, «преципитационные», спектрофотометрические, рефрактометрические, колориметрические)
- 6) Лабораторные методы оценки ферментативного обмена
- 7) Лабораторные методы оценки пигментного обмена
- 8) Лабораторные методы оценки углеводного обмена
- 9) Методы определения показателей липидного обмена
- 10) Лабораторные методы оценки кислотно-основного состояния

### **Актуальность темы.**

Клиническая биохимия – клиничко-диагностическая дисциплина, которая занимается разработкой и использованием стандартных методов диагностики, а также осуществляет контроль за течением заболеваний с позиций биохимии. Клиническая биохимия является важнейшим разделом лабораторной диагностики, наряду с клинической лабораторной гематологией, иммунологией, клинической серологией и микробиологией, клинической токсикологией и др. Данная дисциплина располагает специфическим набором аналитического оборудования, использует множество диагностических методов и позволяет врачу-клиницисту оценить диагностически и прогностически значимые нарушения биохимических процессов в организме человека. Эта область лабораторной диагностики достаточно бурно развивается. Современная клиническая биохимия позволяет существенно облегчить квалифицированную и обоснованную постановку диагноза, выбор лечения и оценку прогноза при многих заболеваниях.

Клиничко-биохимические исследования выполняются практически всем пациентам. Их применяют главным образом для подтверждения или уточнения диагноза, характеристики формы, тяжести течения и определения

прогноза болезни, выбора этиологической и патогенетической терапии, контроля за результатами лечения, а также для обнаружения патологии при скрининговых исследованиях.

В зависимости от клинических задач биохимические исследования могут производиться однократно и многократно (в динамике), а также в процессе проведения функциональных или фармакологических тестов со стимуляцией или торможением этапов исследуемого обмена веществ, клеточных или гуморальных реакций либо других функций, выраженность или качество которых отражается в параметрах определяемого лабораторного показателя.

Биохимические технологии регулярно обогащаются новыми методами исследований. Повышение их чувствительности и специфичности способствует расширению объектов биохимического анализа. Помимо традиционного анализа сыворотки крови и мочи все шире в диагностических целях используется конденсат выдыхаемого воздуха, выпотная, слезная жидкость, ликвор, клеточные элементы и др. Широкое внедрение биохимических анализаторов позволяет проводить комплексный анализ с использованием все меньшего объема биологической пробы.

#### **Преаналитический этап биохимических исследований.**

Забор биологического материала для выполнения биохимического лабораторного исследования осуществляется до проведения лечебно-диагностических мероприятий или после него, временной промежуток определяется индивидуально.

В случае проведения забора биологического материала у пациентов, подвергнутых хирургическим и другим вмешательствам, для выполнения биохимического лабораторного исследования необходимо учитывать следующие обстоятельства:

- в послеоперационном периоде, в зависимости от его объема и характера, а также вследствие остаточного влияния самого патологического процесса, изменения различных показателей жизнедеятельности организма могут сохраняться от нескольких дней до трех недель;
- после инфузии внутривенных водных растворов веществ забор образца крови у пациента должен быть отсрочен не менее чем на 1 час;
- после инфузии жировой эмульсии – не менее, чем на 8 часов.

Существенное влияние на результаты биохимического исследования биологического материала оказывают условия периода, предшествующего забору у пациента образца биологического материала. С этой целью в обязательном порядке учитываются следующие факторы:

- лечебно-диагностические процедуры, проводимые пациенту (инъекции, инфузии, трансфузии, введение рентгеноконтрастных средств,

иммуноскинтиграфия, диализ, эндоскопическое исследование, оперативные вмешательства, физиопроцедуры, методы функциональной диагностики);

- воздействие ионизирующего излучения в анамнезе пациента;
- назначение пациенту лечебного питания с учетом тяжести состояния и наличия хронического заболевания.

В случае проведения забора биологического материала у пациента, получающего лекарственные средства с учетом имеющегося заболевания, врач-специалист, оказывающий медицинскую помощь пациенту, обязан отменить за 2-3 суток лекарственные средства, назначенные пациенту и способные повлиять на результаты лабораторного исследования, если отмена лекарственного средства не ухудшит состояние пациента. При невозможности отмены пациенту лекарственных средств, используемых в процессе оказания медицинской помощи, при интерпретации лабораторных исследований необходимо учитывать их влияние на достоверность полученных результатов. При этом забор образца крови должен быть произведен до приема очередной дозы лекарственных средств.

В бланке-направлении, сопровождающем доставку биологического материала в клиничко-диагностическую лабораторию, в обязательном порядке указываются лекарственные средства, принимаемые пациентом, которые могут повлиять на результаты исследований.

Забор крови у пациента, которому произведено внутривенное введение лекарственного средства, проводится после завершения фазы его распределения, через 1–2 часа, с обязательным указанием в бланке-направлении на биохимическое лабораторное исследование времени после приема последней дозы лекарственного средства. В случае внутривенного введения лекарственных средств из группы сердечных гликозидов, забор крови проводится через 6-8 часов после него.

Если нет специальных указаний, для плановых биохимических исследований кровь забирают из вены утром (между 7 и 9 часами) натощак (через 8-12 часов после последнего приема пищи). В случае проведения клинических лабораторных исследований крови в иное время суток, в бланке-направлении указывается период времени, прошедший после последнего приема пищи (после еды в крови повышается содержание глюкозы, холестерина, триглицеридов, железа, неорганических фосфатов, аминокислот). Во внимание должны приниматься колебания содержания ряда аналогов аналитов в организме пациента в течение суток.

**Суточные колебания значений концентрации некоторых аналитов.**

<b>Аналиты</b>	<b>Максимум содержания (время суток, часы)</b>	<b>Минимум содержания (время суток, часы)</b>	<b>Диапазон колебаний (% от среднеустойчивой величины)</b>
АКТГ	6-10 0	0-4	150-200%
Альдостерон	2-4	12-14	60-80%
Гемоглобин	6-18	22-24	8-15%
Железо	14-18	2-4	50-70%
Калий	14-16	23-1	5-10%
Кортизол	5-8	21-3	18-200%
Пролактин	5-7	10-12	80-100%
Ренин	0-6	10-12	120-140%
Соматотропин	21-23	1-21	300-400%
T <sub>4</sub>	8-12	23-3	10-20%
Тестостерон	2-4	20-24	30-50%
ТСГ	20-2	7-13	5-15%
Фосфор неорганический	2-4	8-12	60-80%
Эозинофилы	4-6	18-20	30-40%

### **Биохимические лабораторные тесты.**

Биохимические лабораторные исследования широко используются в клинической практике в тех случаях, когда в основе заболевания лежат метаболические нарушения (например, сахарный диабет), повреждения тканей (например, инфаркт миокарда), воспалительные процессы (например, ревматические заболевания) или нарушения функций органов и тканей (например, почечная недостаточность). В практической медицине биохимические тесты используются для решения следующих задач:

1. скрининга – выявления болезни на доклинической стадии;
2. диагностики – подтверждения или исключения диагноза;
3. прогноза – определения величины риска развития заболевания, особенностей течения заболевания и его исхода;
4. мониторинга – наблюдения за течением заболевания или реакцией на лечение.

Биохимический анализ крови предполагает исследование различных химических аналитов – белков, липидов, углеводов, различных продуктов их превращений, активности ферментов индивидуальных белков и др, имеющих клиническое значение.

**Материал для исследования:** сыворотка венозной крови.

Взятие крови производится натошак из локтевой вены в специальную вакуумную систему активатором свертывания.

#### **Виды пробирок для взятия крови:**

- Вакуумная система (белая/красная крышка) с активатором свертывания;
- Вакуумная система (коричневая/желтая крышка) с активатором свертывания и разделительным гелем.

Полученная из крови сыворотка остается стабильной в течение 7 дней при 2–8 °С. Архивированная сыворотка может храниться в замороженном виде при -20 °С.

- Для исследования уровня гликированного гемоглобина необходима цельная венозная кровь, взятие которой производится в вакуумную систему с антикоагулянтом К2ЭДТА или К3ЭДТА (сиреневая крышка при использовании пробирок типа Vacutainer, красная крышка для пробирок типа Monovette). Полученная кровь может храниться при комнатной температуре – до 6 часов, при температуре 2–8 °С – не более 24 часа.

#### **Исследование активности ферментов.**

Активность ферментов определяется с диагностическими целями преимущественно в сыворотке крови. Большая часть ферментов в крови – это тканевые ферменты, попадающие в кровь в результате разрушения клеток, где их концентрация в 1000-10 000 выше, чем в крови.

В норме в сыворотке крови регистрируется только очень незначительная активность ферментов. Причинами повышения активности ферментов при патологии являются:

- прямое повреждение клеточных мембран (вирусами и химическими соединениями);
- гипоксия, аноксия и ишемия тканей;
- повышенный синтез в тканях (рост злокачественной опухоли).

В сыворотке крови определяют три основные группы ферментов: внутриклеточные, секреторные и экскреторные. Большинство ферментов являются внутриклеточными, в зависимости от локализации они разделяются на:

- неспецифические ферменты, которые катализируют общие для всех тканей реакции обмена и находятся в большинстве органов и тканей например, АСТ, АЛТ, ЛДГ, амилаза, липаза и др.);
- органоспецифические, присутствуют только в определенном типе тканей или органе в высокой концентрации. Повышение в крови уровня органоспецифического фермента указывает прежде всего на повреждение клеток той ткани, в которой этот фермент представлен в наибольшем количестве.

#### **Специфичность ферментов для диагностики патологии.**

<b>Фермент</b>	<b>Орган</b>	<b>Диагностическое значение</b>
$\alpha$ -амилаза	Поджелудочная железа	Острый панкреатит, отит
АЛТ	Печень	Заболевания паренхимы печени
АСТ	Миокард, печень	Инфаркт миокарда, заболевания паренхимы печени, поражения скелетных мышц
ГГТ	Печень	Патология жёлчевыводящих путей, алкоголизм
КК	Скелетные мышцы, сердце, гладкие мышцы	Инфаркт миокарда, поражения скелетных мышц
КФ	Простата, костная ткань	Аденома, рак простаты, метаболические заболевания костной ткани
ЛДГ	Печень, сердце, скелетные мышцы, эритроциты, тромбоциты, лимфатические узлы	Заболевания паренхимы печени, инфаркт миокарда, гемолиз, неэффективный эритропоэз, лимфомы
Липаза	Поджелудочная железа	Острый панкреатит
Холинэстераза	Печень	Отравления фосфорорганическими соединениями, заболевания паренхимы печени
ЩФ	Печень, костная ткань, кишечник, почки	Метаболические заболевания костной ткани, гепатобилиарная патология

Секреторные ферменты (псевдохолинэстераза) синтезируются в печени и постоянно высвобождаются в плазму. Их активность в сыворотке крови выше, чем в клетках или тканях. В клинической практике они представляют интерес, когда их активность в сыворотке крови становится ниже нормы за счет нарушения функции печени.

Экскреторные ферменты образуются органами пищеварительной системы (поджелудочной железой, слизистой оболочкой кишечника, печенью, эпителием желчных путей). К ним относятся  $\alpha$ -амилаза, липаза, щелочная фосфатаза (ЩФ) и др. В норме их активность в сыворотке крови низка и постоянна. Однако при патологии, когда блокирован любой из обычных путей

их экскреции, активность этих ферментов в сыворотке крови значительно увеличивается. **Единицы активности ферментов.**

За единицу активности любого фермента в лабораторной диагностике принимают то количество, которое в оптимальных условиях катализирует превращение 1 субстрата в 1 (мкмоль/мин) при  $t^0=37^{\circ}\text{C}$ . При этом объемная активность фермента выражается как МЕ/л (или Ед/л), удельная активность – как МЕ/мг белка.

### **Аспаратаминотрансфераза (АСТ).**

*Референтные величины активности АСТ в сыворотке: 0–5–40 Ед/л.*

Определение активности АСТ используют для выявления и оценки выраженности цитолитического синдрома при диагностике и мониторинге за болеваний печени, сердца. Тест используют вместе с определением активности АЛТ.

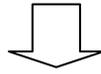
Активность АСТ повышена у 93–98% пациентов с инфарктом миокарда (ИМ) в 2–20 раз. При ИМ АСТ повышается в сыворотке через 6–8 ч, максимальной активности она достигает через 24–36 ч и снижается до нормального уровня к 5–6-му дню. Расширение зоны инфаркта приводит ко второму циклу повышения активности. Степень повышения активности АСТ является мерой массы миокарда, вовлеченной в патологический процесс. Иногда активность АСТ повышается еще до возникновения электрокардиографических признаков ИМ, а отсутствие снижения ее уровня после 3–4-го дня заболевания прогностически неблагоприятно.

При стенокардии активность АСТ, как правило, остается в пределах нормы. Однако повышение АСТ обнаруживают при тяжелой форме коронарной недостаточности в первые 24 ч после приступа (нормализация происходит на 2-й, реже 3-й день после приступа), а также при длительных приступах пароксизмальной тахикардии.

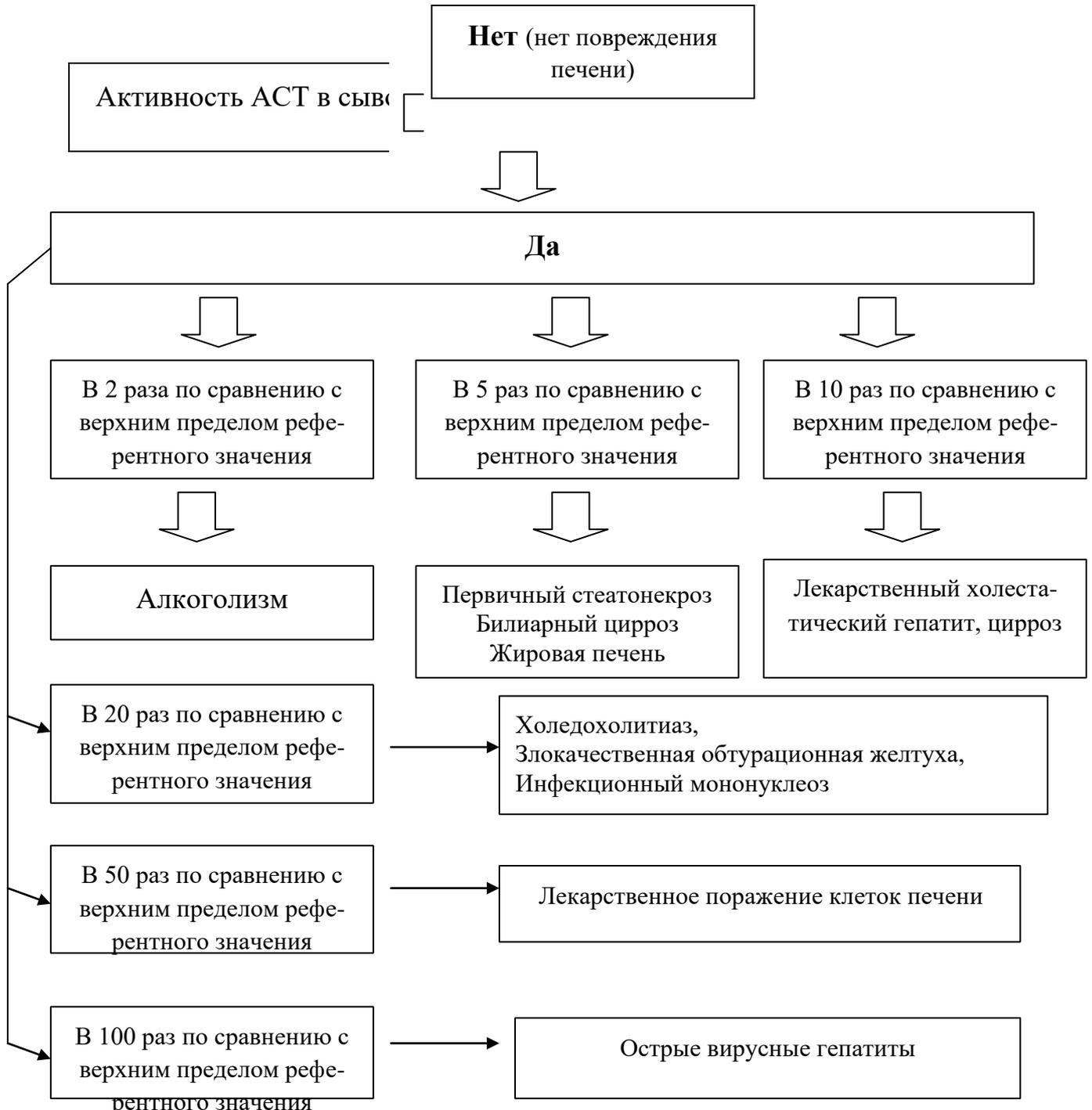
АСТ повышается также при остром гепатите и других тяжелых поражениях гепатоцитов. Умеренное увеличение наблюдается при механической желтухе, у пациентов с метастазами в печень и циррозом. Коэффициент Де Ритиса, т.е. отношение АСТ/АЛТ, в норме равно 1,33, при заболеваниях печени ниже этой величины, а при заболеваниях сердца – выше.

### **Алгоритм для принятия клинических решений при установлении этиологии поражения печени по значению активности уровня АСТ.**

Клинические данные о повреждении печени



## Определение активности АСТ в сыворотке



В клинической практике нашло широкое применение одновременное определение в крови активности АСТ и АЛТ; поскольку оно намного информативнее с клинической точки зрения (позволяет судить о локализации и глубине поражения, активности процесса и прогнозировать исход болезни). **Аланинаминотрансфераза (АЛТ).**

*Референтные величины активности АЛТ в сыворотке: 0–7–40 Ед/л.* АЛТ содержится в скелетной мускулатуре, печени, сердце. В сердечной мышце ее значительно меньше, чем АСТ. Самых больших концентраций АЛТ достигает в печени. Повышение активности аминотрансфераз (АСТ и АЛТ) в 1,5–5 раз по сравнению с верхней границей нормы рассматривают как умеренную гиперферментемию, в 6–10 раз – как гиперферментемию средней степени, более чем в 10 раз – как высокую. Степень подъема активности аминотрансфераз говорит о выраженности цитолитического синдрома, но не указывает прямо на глубину нарушений собственно функции органа.

При ИМ повышение активности АЛТ в сыворотке крови выявляется в 50–70% случаев, чаще при обширных некрозах сердечной мышцы. Наибольшее увеличение активности АЛТ отмечается в острой фазе, достигая в среднем 130–150% от нормы и заметно уступает таковому АСТ, составляющему в среднем 450–500% от нормы.

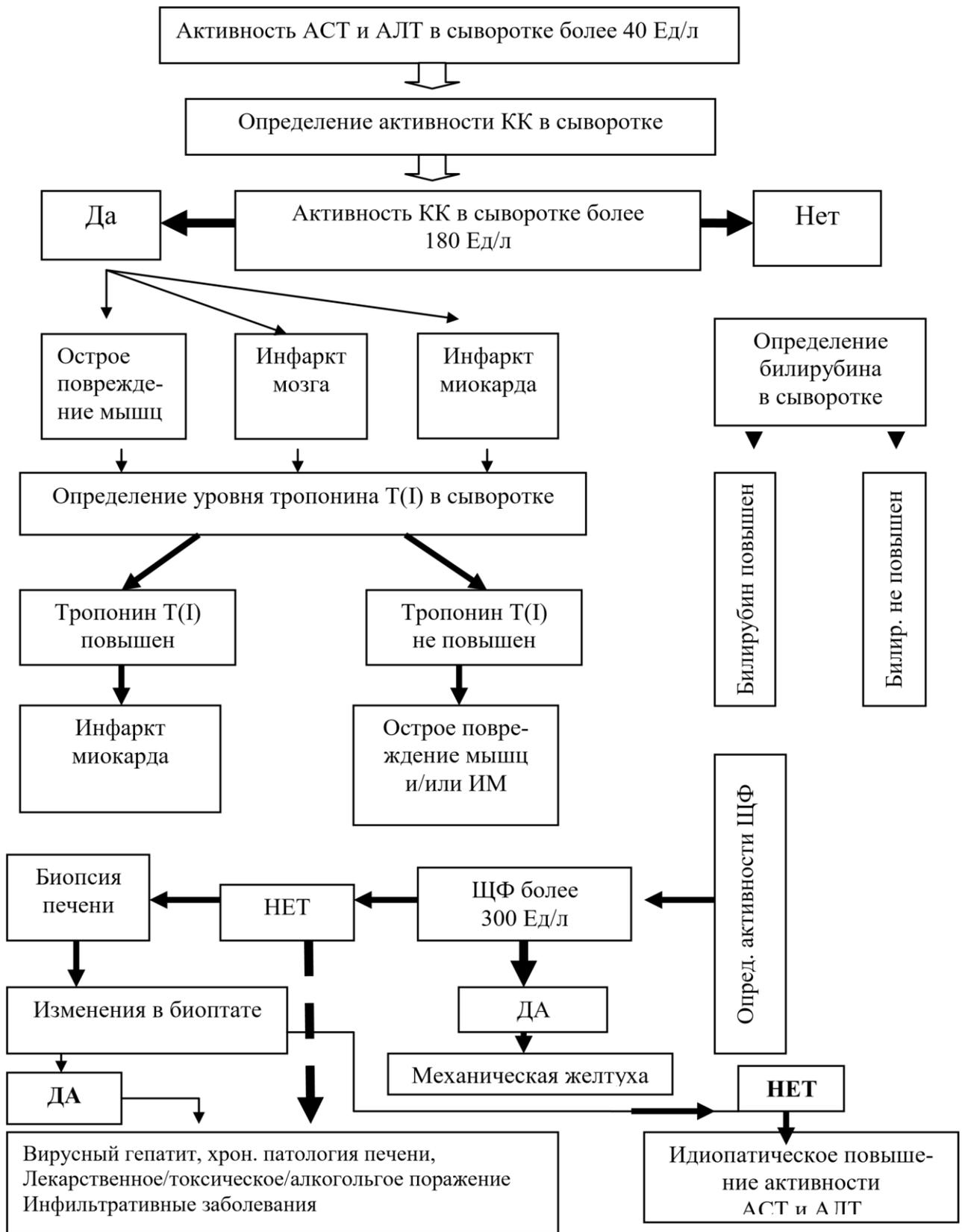
При заболеваниях печени прежде всего и наиболее значительно по сравнению с АСТ изменяется активность АЛТ. При остром гепатите, независимо от его этиологии, активность аминотрансфераз повышается у всех больных. Особенно изменяется активность АЛТ, содержащейся в цитоплазме, что способствует быстрому выходу ее из клетки и поступлению в кровяное русло, поэтому АЛТ – более чувствительный тест ранней диагностики острого гепатита, чем АСТ. Период полураспада АЛТ около 50 ч. АСТ расположена преимущественно в митохондриях, период полураспада около 20 ч, реагирует на более тяжелые повреждения гепатоцита. При остром вирусном гепатите АЛТ и АСТ повышаются за 10–15 дней до появления желтухи при гепатите А, и за много недель при гепатите В, причем повышаются они одно временно, но АЛТ – значительно больше. При типичном течении вирусного гепатита активность АЛТ достигает максимума на 2–3-й неделе заболевания. При благоприятном его течении активность АЛТ нормализуется через 30–40 сут, активность АСТ – через 25–35 сут. Повторное или прогрессирующее повышение активности аминотрансфераз свидетельствует о новом некрозе или рецидиве болезни. Удлинение периода повышенной активности аминотрансфераз часто служит неблагоприятным признаком, так как может свидетельствовать о переходе острого процесса в хронический.

В остром периоде вирусного гепатита при всех формах, кроме тяжелой, коэффициент Де Ритиса колеблется от 0,55 до 0,65 при тяжелом течении заболевания этот коэффициент составляет в среднем 0,83, что отражает более значительное повышение активности АСТ. В дифференциально-диагностическом отношении имеет некоторое значение то, что при алкогольных поражениях печени, в противоположность вирусным, характерно преимущественное повышение активности АСТ и коэффициента

Де Ритиса более 2. Для хронических гепатитов характерна умеренная и средняя гиперферментемия.

При латентных формах цирроза печени повышения активности ферментов не наблюдается. При активных формах стойкий, хотя и незначительный подъем активности аминотрансфераз встречается в 74–77% случаев.

**Алгоритм лабораторной диагностики причин повышения активности трансаминаз.**



Повышение активности АЛТ и АСТ может быть выявлено у практически здоровых носителей поверхностного антигена гепатита В, что указывает на наличие внешне бессимптомных активных процессов в печени. Активность АСТ и АЛТ, а также щелочной фосфатазы (ЩФ) повышается при разрешении хронической сердечной недостаточности (пик обычно на 3-й–4-е сутки).

## **Лактатдегидрогеназа (ЛДГ).**

*Референтные величины активности ЛДГ в сыворотке 120—480 Ед/л.*  
Наибольшая активность ЛДГ обнаружена в почках, сердечной мышце, скелетной мускулатуре и печени. ЛДГ содержится не только в сыворотке, но и в значительном количестве в эритроцитах, поэтому сыворотка для исследования должна быть без следов гемолиза.

Большинство органов и тканей человека содержит пять изоферментов ЛДГ. Характер изоферментного спектра ЛДГ и тип обмена веществ в ткани коррелируют между собой. В тканях с преимущественно аэробным обменом веществ (сердце, мозг, почки) наибольшей ЛДГ-активностью обладают изоферменты ЛДГ1 и ЛДГ2 (или гидроксibuтиратдегидрогеназа). В тканях с выраженным анаэробным обменом веществ (печень, скелетная мускулатура) преобладают изоферменты ЛДГ4 и ЛДГ5. В сыворотке крови здорового человека постоянно обнаруживаются все пять изоферментов ЛДГ. Имеется закономерность в отношении активности изоферментов ЛДГ: активность ЛДГ2 > ЛДГ1 > ЛДГ3 > ЛДГ4 > ЛДГ5. Повреждение того или иного органа изменяет изоферментный спектр сыворотки крови, причем эти изменения обусловлены спецификой изоферментного состава поврежденного органа.

В лаборатории наиболее часто определяют активность общей ЛДГ (сумму всех пяти изоферментов), но могут определять более специфичный для сердечной мышцы изофермент ЛДГ1 (гидроксibuтиратдегидрогеназа) или ЛДГ5 – для заболеваний печени.

Повышенная активность ЛДГ в физиологических условиях наблюдается у беременных, новорожденных, а также после интенсивных физических нагрузок.

Повышение активности ЛДГ при ИМ отмечается через 8–10 ч после его начала. Спустя 48–72 ч достигается максимум активности (повышение обычно в 2–4 раза), и она остается увеличенной в течение 10 сут. Эти сроки могут варьировать в зависимости от величины участка поврежденной мышцы сердца. Увеличение активности общей ЛДГ у пациентов с ИМ происходит за счет резкого повышения ЛДГ1 и частично ЛДГ2. У пациентов со стенокардией повышения активности ЛДГ не наблюдается, что позволяет применять определение ЛДГ в пределах 2–3 сут после ангинозного приступа как высоконадежный критерий отсутствия поражения сердечной мышцы.

Умеренное увеличение общей ЛДГ наблюдается у большинства пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС) (без инфаркта), миокардитом, у больных хронической сердечной недостаточностью, с застойными явлениями в печени. У больных аритмией сердца определяются нормальные ве

личины ЛДГ, а применение электроимпульсной терапии иногда ведет к ее увеличению.

Источником увеличения активности ЛДГ может быть легочная ткань при эмболии и инфаркте легких. Сочетание нормальной активности АСТ, увеличенной ЛДГ и повышения концентрации билирубина может служить диагностической триадой легочной эмболии и дифференциации ее от ИМ. При пневмониях активность фермента иногда может не повышаться.

При миопатиях (мышечные дистрофии, травматические повреждения мышц, воспалительные процессы, расстройства, связанные с эндокринными и метаболическими заболеваниями) отмечается увеличение активности ЛДГ; при нейрогенных заболеваниях мышц активность ЛДГ не повышается.

При остром вирусном гепатите активность ЛДГ в сыворотке крови увеличена в первые дни желтушного периода, и при легкой и среднетяжелой формах заболевания довольно быстро возвращается к нормальному уровню. Тяжелые формы вирусного гепатита, и особенно развитие печеночной недостаточности, сопровождаются выраженным и более длительным повышением ЛДГ. При механической желтухе на первых стадиях закупорки желчных протоков активность ЛДГ в норме, на более поздних стадиях наблюдается подъем активности ЛДГ вследствие вторичных повреждений печени.

### **Щелочная фосфатаза (ЩФ).**

ЩФ широко распространена в тканях, особенно в слизистой оболочке кишечника, остеобластах, стенках желчных протоков печени, плаценте и лактирующей молочной железе. В сыворотке крови можно определить активность общей ЩФ (ее называют печеночной), а также отдельно активность костной и интестинальной (кишечной) ЩФ.

### **Референтные величины активности ЩФ в сыворотке крови.**

<b>Возрастная группа</b>	<b>Общая ЩФ (Ед/л)</b>
Новорожденные	Менее 420
Дети	Менее 480
Взрослые	Менее 150

Примерно лишь у 65% госпитализированных пациентов высокая активность ЩФ обусловлена заболеваниями печени. Активность ЩФ наиболее часто повышается вследствие повреждения или деструкции гепатоцитов или нарушения оттока желчи (холестаза). Некроз печеночных клеток как причина

повышения активности ЩФ играет ведущую роль при вирусных и аутоиммунных гепатитах, токсических и лекарственных повреждениях печени. Холестаз как причина повышения активности ЩФ в крови развивается при внепеченочной обструкции желчных протоков (например, при закупорке камнем или развитии послеоперационной стриктуры), сужении внутрипеченочных протоков (например, при первичном склерозирующем холангите), повреждении желчных протоков (например, при первичном билиарном циррозе печени) или нарушении транспорта желчи на уровне мелких желчных протоков (при применении ряда лекарственных препаратов, например, хлорпромазина). В ряде случаев активность ЩФ повышается при одновременном действии обоих механизмов повреждения.

У 30% желтушных пациентов с циррозом печени выявляется увеличение активности ЩФ. Повышение активности ЩФ наблюдается у 90% больных первичным раком печени и при метастазах в печень. Резко возрастает активность ЩФ при отравлениях алкоголем на фоне хронического алкоголизма. Она может повышаться при приеме лекарственных средств, обладающих гепатотоксическим эффектом (тетрациклин, парацетамол, фенацетин, 6- меркаптопурин, салицилаты и др.). Приблизительно у 50% пациентов с инфекционным мононуклеозом на 1-ой неделе заболевания отмечается повышение активности ЩФ.

Закупорка внепеченочных желчных протоков сопровождается резким увеличением активности ЩФ. При тяжелой обструктивной желтухе активность ЩФ в сыворотке крови может превышать верхний предел нормы в 10 раз и более.

У женщин, принимающих противозачаточные препараты, содержащие эстроген и прогестерон, может развиваться холестатическая желтуха и с повышением активности ЩФ. Очень высокие цифры активности фермента наблюдаются у женщин с преэклампсией, что является следствием повреждения плаценты. Низкая активность ЩФ у беременных говорит о недостаточности развития плаценты.

Помимо названных, повышение активности ЩФ определяется при следующих заболеваниях и состояниях: повышенном метаболизме в костной ткани (при заживлении переломов); первичном и вторичном гиперпаратиреозе, остеомалиции, почечном рахите, обусловленном витамин-D-резистентным рахитом, сочетающимся с вторичным гиперпаратиреозом; цитомегаловирусной инфекции у детей, внепеченочном сепсисе, язвенном колите, регионарном илеите, кишечных бактериальных инфекциях, тиреотоксикозе. Это обусловлено тем, что ЩФ вырабатывается не только в печени, но и в других органах – костях, кишечнике.

Значения уровня активности ЩФ (пороги для принятия клинических решений) при установлении клинического диагноза поражения печени представлены на рисунке. Ряд цифр представляет собой множители, на которые умножается значение верхнего референтного предела для ЩФ.

Снижение активности фермента отмечается при гипотиреозе, цинге, выраженной анемии, квашиоркоре, гипофосфатемии.

**Алгоритм для принятия клинических решений при установлении этиологии поражения печени по значениям активности ЩФ.**



### **Костная щелочная фосфатаза (остаза).**

Костная ЩФ продуцируется остеобластами кости. У детей ЩФ повышена до периода полового созревания. Референтные величины активности костной ЩФ в сыворотке крови представлены в таблице.

#### **Референтные величины активности костной ЩФ в сыворотке.**

<b>Возраст</b>	<b>Активность, Ед/л</b>
1 месяц	60 – 181
3 года	60 – 121
10 лет	90 – 181
Взрослые до 31 года	23 – 55
Взрослые старше 31 года	16 – 46

Увеличение активности общей и костной ЩФ сопровождается рахит любой этиологии, болезнь Педжета, костные изменения, связанные с гиперпаратиреозом. Быстро растет активность фермента при остеогенной саркоме, метастазах рака в кости, миеломной болезни, лимфогранулематозе с поражением костей. При лечении гипокальциемии витамином D необходимо контролировать его по уровню активности ЩФ в крови. Нормализация активности ЩФ является показанием к прекращению лечения.

При болезни Педжета содержание кальция и фосфатов в крови обычно в пределах нормы, но характерен очень высокий уровень активности ЩФ, в связи с чем следует регулярно мониторировать уровень ЩФ. Быстрое нарастание уровня ЩФ может указывать на малигнизацию пораженной кости.

Остеопороз, в основе которого лежит первичное уменьшение массы матрикса костной ткани (потеря кальция при этом вторична), сопровождается нормальным уровнем общей ЩФ в крови или незначительным ее повышением, плохо коррелирует с параметрами костеобразования. Однако костная ЩФ служит чувствительным маркером ускоренного метаболизма кости во время менопаузы.

### **Гамма-глутамилтрансфераза (ГГТ).**

*Референтные величины активности ГГТ в сыворотке: у мужчин – 10–70 Ед/л; у женщин – 6–45 Ед/л.*

В значительных концентрациях ГГТ обнаружена в печени, поджелудочной железе, почках и предстательной железе (поэтому у мужчин активность ГГТ в сыворотке крови приблизительно на 50% выше, чем у женщин).

Повышение активности ГГТ в сыворотке крови может быть обусловлено следующими причинами:

- усилением синтеза в результате активации ферментов, обеспечивающих этот процесс, алкоголем и лекарственными препаратами;
- повреждением клеточных мембран под действием токсических агентов (в том числе спирта), при ишемическом повреждении и инфекционном поражении печени;
- освобождением фермента от связи с клеточными мембранами в результате детергентного действия поверхностно активных желчных кислот при всех видах холестаза.

Изменение активности ГГТ в сыворотке имеет большое диагностическое значение при заболеваниях печени и гепатобилиарного тракта. Этот фермент более чувствителен к нарушениям в клетках печени, чем АЛТ, АСТ, ЩФ и т.д. Отсутствие повышенной активности этого фермента при костных заболеваниях позволяет дифференцировать источник повышения ЩФ.

Особенно чувствительна ГГТ к влиянию на печень длительного потребления алкоголя. У лиц, злоупотребляющих алкоголем, уровень ГГТ в сыворотке коррелирует с количеством принимаемого алкоголя. Тест особенно ценен для контроля лечения алкоголизма. Прекращение приема алкоголя снижает активность фермента приблизительно на 50% в течение 10 дней.

Определение активности ГГТ используется для установления гепатотоксичности и положительно в 90% случаев заболеваний печени. В большинстве случаев у таких больных в крови наблюдается повышение активности трансаминаз и ГГТ. Изолированное повышение активности ГГТ наблюдают у 6–20% пациентов с патологией гепатобилиарной системы. Повышение активности ГГТ более чем в 3 раз вызывают антиконвульсантные препараты, жировая дистрофия печени и сердечная недостаточность.

При острых гепатитах активность ГГТ повышается раньше, чем активность АСТ и АЛТ. На высоте заболевания активность ГГТ ниже (повышена в 2–5 раз), чем активность АСТ и АЛТ, и нормализуется медленнее. Это позволяет использовать ГГТ при контроле за выздоровлением пациента.

Наиболее высокую активность ГГТ (в 5–30 раз выше референтного интервала) наблюдают при внутри- и внепеченочном холестазе. Несколько меньшие значения активности фермента регистрируют при первичных опухолях печени и метастазах в печень. При злокачественных опухолях другой локализации постепенное увеличение активности ГГТ указывает на наличие метастазов в печень. Активность ГГТ может быть использована в

качестве маркера рака поджелудочной и предстательной железы, так как отражает ремиссии и рецидивы.

Необходимо еще раз заметить, что ГГТ многозначна в диагностическом отношении. По крайней мере пять процессов повышают ее активность: цитолиз, холестаза, интоксикация алкоголем, опухолевой рост в печени, лекарственная интоксикация. Такая этиологическая разнородность механизмов повышения ГГТ требует очень тщательной оценки причин гиперферментемии. Обнаружение высокой активности ГГТ заставляет искать причину этого повышения. Как «отсеивающий» тест и метод контроля за течением известного патологического процесса, исследование ГГТ буквально незаменимо по клиническому значению.

### **Холинэстераза (ХЭ).**

*Референтные величины активности ХЭ в сыворотке: 3600–12900 Ед/л.*

В тканях человека встречаются два различных фермента этого типа: ацетилхолинэстераза (истинная ХЭ), которая преимущественно находится в нервной ткани, скелетных мышцах, эритроцитах; и сывороточная, или псевдо-ХЭ, которая широко распространена, присутствует в печени, поджелудочной железе, секретируется печенью в кровь.

Определение активности ХЭ в сыворотке представляет наибольший клинический интерес для диагностики отравлений фосфорорганическими отравляющими веществами и инсектицидами, а также как показатель состояния белково-синтетической функции печени. Отравления фосфорорганическими веществами и инсектицидами сопровождаются выраженным снижением активности ХЭ.

Активность ХЭ наиболее резко снижается при тяжелых хронических заболеваниях печени, особенно при циррозе. Значительное снижение активности ХЭ наблюдается при распространенных blastomatosных поражениях печени. В начальных стадиях обтурационной желтухи снижение активности ХЭ встречается очень редко.

Ярким проявлением снижения белково-синтетической функции печени у пациентов с вирусным гепатитом при развитии острой печеночной недостаточности служит резкое снижение активности ХЭ, при этом степень снижения активности ХЭ обратно пропорциональна тяжести течения заболевания. Наиболее низкие показатели отмечаются у пациентов за несколько дней до развития печеночной комы. Однако длительный период полураспада сывороточной ХЭ (7–10 дней) снижает ее возможности в диагностике острой печеночной недостаточности.

При ИМ резкое падение активности ХЭ отмечается к концу первых суток заболевания и обусловлено шоком, который приводит к тяжелому повреждению печени.

В последнее время исследование этого фермента широко используется для контроля за применением релаксантов в хирургической практике. Курареподобные вещества (дитилин, сукцинилхолин), применяемые в хирургии для расслабления мышц, обычно быстро разрушаются. Тяжелые последствия применения этих средств (длительное апноэ, холинергический шок) возможны как при приобретенном недостатке ХЭ (чаще при хронических заболеваниях печени), так и при врожденном ферментном дефекте.

При нефротическом синдроме наблюдается повышение активности ХЭ. Это связано с увеличением синтеза альбуминов печенью из-за быстрой потери мелкодисперсной фракции белков с мочой.

Повышение ХЭ наблюдается также иногда при ожирении и экссудативной энтеропатии. Небольшое повышение активности ХЭ иногда отмечается при артериальной гипертензии, сахарном диабете, депрессивных неврозах, тревоге, маниакально-депрессивном психозе.

#### **Альфа-амилаза в сыворотке и моче.**

*Референтные величины активности  $\alpha$ -амилазы: в сыворотке: 10–100 Ед/л; в моче – 30–640 Ед/л.*

Наиболее богаты  $\alpha$ -амилазой поджелудочная и слюнные железы. Плазма крови человека содержит  $\alpha$ -амилазы двух типов: панкреатическую (Ртип), вырабатываемую поджелудочной железой, и слюнную (S-тип), продуцируемую слюнными железами.

В физиологических условиях амилаза сыворотки крови состоит на 40% из панкреатической амилазы и на 60% из слюнной амилазы.

Определение активности  $\alpha$ -амилазы имеет важное значение в диагностике заболеваний поджелудочной железы. Повышение активности  $\alpha$ -амилазы в сыворотке крови в 2 и более раз должно расцениваться как симптом поражения поджелудочной железы. Небольшая гиперاميлаземия дает основание заподозрить патологию поджелудочной железы, но может иногда наблюдаться при заболеваниях других органов.

С мочой выделяется в основном Р-амилаза, что является одной из причин большей информативности о функциональном состоянии поджелудочной железы уроамилазы, чем амилазы сыворотки крови. 65% амилазной активности мочи обусловлено панкреатической амилазой. Этим объясняется то обстоятельство, что при остром панкреатите именно она

увеличивается в сыворотке (до 89%) и особенно в моче (до 92%), без изменения показателей амилазы слюнных желез.

При остром панкреатите активность амилазы крови и мочи увеличивается в 10–30 раз. Гиперамилаземия наступает в начале заболевания (уже через 4–6 ч), достигает максимума через 12–24 ч, затем быстро снижается и приходит к норме на 2–6-й день. Уровень повышения сывороточной амилазы не коррелирует с тяжестью панкреатита.

Активность амилазы в моче (используется суточная моча или разовая порция мочи) начинает повышаться через 6–10 ч после острого приступа панкреатита и возвращается к норме через 3 сут. В некоторых случаях уровень амилазы в моче имеет две волны повышения в течение 3 сут. Гиперамилазурия при остром и обострении хронического панкреатита регистрируется у 50% пациентов через 8–12 ч, у 25% – через 12–18 ч, у 66,6% – через 18–24 ч, у 75% – через 24–36 ч, у 100% – через 36–48 ч и у 62,5% – через 48–72 ч. Диагностическая чувствительность определения амилазы в сыворотке для острого панкреатита составляет 95%, специфичность – 88%.

Острые панкреатиты могут протекать без повышения активности амилазы (в частности, при панкреонекрозе). Более точную информацию получают при исследовании активности амилазы в суточном объеме мочи. Важное, а в ряде случаев и решающее значение для распознавания рецидивирующей формы острого панкреатита имеет повторное повышение активности амилазы крови и мочи во время повторяющихся рецидивов болевого синдрома. Данный признак имеет исключительно важное значение для распознавания легких форм рецидивирующего острого панкреатита. Поэтому следует еще раз подчеркнуть необходимость повторных исследований активности  $\alpha$ -амилазы мочи на протяжении первых 2 сут заболевания. При различных формах острого панкреатита динамика повышения  $\alpha$ -амилазы в крови и моче носит различный характер. Так, для отечного панкреатита характерна кратковременная амилаземия на 1-е-3-и сутки заболевания; для панкреонекроза – высокая и длительная амилаземия или, наоборот, кратковременная гиперамилаземия на 3-й сутки заболевания.

Выявление гиперамилаземии и гиперамилазурии является важным, но не специфичным маркером острого панкреатита; кроме того, повышение ее активности может быть кратковременным. Для большей информативности полученных результатов исследования полезно сочетать определение активности амилазы крови и мочи с параллельным определением концентрации креатинина в моче и сыворотке крови. На основании этих данных рассчитывается индекс амилазо-креатининового клиренса по формуле:

$$\frac{\text{АМ} \times \text{КрС}}{\text{КрМ} \times \text{АС}} \times 100,$$

где АМ – амилаза мочи; АС – амилаза сыворотки; КрМ – креатинин в моче; КрС – креатинин в сыворотке.

В норме амилазо-креатининовый индекс не выше 3, превышение считается признаком панкреатита. При остром панкреатите уровень амилазы сыворотки и показатель амилазо-креатининового клиренса обычно повышены за счет подавления почечного механизма канальцевой реабсорбции амилазы. При заболеваниях, протекающих под маской панкреатита, содержание амилазы сыворотки может увеличиваться, но показатель амилазокреатининового клиренса остается нормальным, так как отсутствует канальцевый дефект. Для этого исследования очень важно проводить взятие крови и мочи в одно и то же время.

При хроническом панкреатите активность амилазы в крови и моче повышается (у 10–88 и у 21–70% пациентов соответственно) в период обострения процесса и при возникновении препятствий к оттоку панкреатического сока (воспаление, отек головки поджелудочной железы и СДавление протоков, рубцовый стеноз сосочка двенадцатиперстной кишки и др.). При склеротической форме панкреатита гиперамилаземия определяется также степенью нарушения проходимости протоков и функциональной способностью оставшейся части железы. При хронических панкреатитах с фиброзными изменениями поджелудочной железы обострения, нередко выраженные и распространенные, сопровождаются сравнительно небольшим подъемом активности амилазы. Вследствие нарушения функциональной способности поджелудочной поджелудочной железы гиперамилаземия нередко может отсутствовать при остром гнойном панкреатите (при обширных «тотальных» некрозах поджелудочной железы).

При раке поджелудочной железы уровень амилазы в крови и моче в одних случаях повышается; в других же случаях может оставаться нормальным и даже понижаться.

Оценка результатов исследования активности амилазы в крови и моче затруднена тем, что фермент содержится в слюнных железах, толстой кишке, скелетных мышцах, почках, легких, яичниках, маточных трубах, предстательной железе. Поэтому уровень амилазы может быть повышен при многих заболеваниях, имеющих сходную картину с острым панкреатитом: острым аппендиците, перитоните, перфоративной язве желудка и двенадцатиперстной кишки, кишечной непроходимости, холецистите, тромбозе брыжеечных сосудов, а также при феохромоцитоме, диабетическом ацидозе, после операций по поводу пороков сердца, после резекции печени,

приема больших доз этанола, употребления препаратов опиоидов, сульфаниламидов, морфина, тиазидовых диуретиков, пероральных контрацептивов. Повышение амилазной активности при этих заболеваниях обусловлено разными причинами и носит в большинстве случаев реактивный характер. Вследствие значительных запасов амилазы в ацинарных клетках любое нарушение их целостности или малейшее затруднение оттока секрета поджелудочной железы может привести к значительному попаданию амилазы в кровь. У больных перитонитом увеличение амилазной активности может наблюдаться в результате развития образующих амилазу бактерий. Обычно активность  $\alpha$ -амилазы при перечисленных заболеваниях повышается в крови в 3–5 раз.

Снижение активности  $\alpha$ -амилазы в крови может быть обнаружено при тиреотоксикозе, ИМ, некрозе поджелудочной железы.

### **Панкреатическая $\alpha$ -амилаза.**

*Референтные величины активности панкреатической  $\alpha$ -амилазы: сыворотка: 30–55% от общей амилазы в сыворотке (в среднем 43%) или 13–53 Ед/л; моча: 60–70% от общей амилазы в моче (в среднем 65%).*

Основная ценность определения Р-типа  $\alpha$ -амилазы заключается в том, что увеличение ее активности высокоспецифично для заболеваний поджелудочной железы. Панкреатическая  $\alpha$ -амилаза повышается при остром панкреатите. Активность общей амилазы в этом случае повышена за счет панкреатической фракции. Диагностическая чувствительность панкреатической фракции амилазы в сыворотке крови для острого панкреатита составляет 92%, специфичность – 85%.

Определение активности панкреатической фракции амилазы особенно важно при хроническом панкреатите у пациентов с нормальным уровнем общей амилазы. У пациентов с хроническим панкреатитом панкреатическая амилаза составляет 75–80% общей амилазы крови. Повышение панкреатической амилазы указывает на атаку хронического панкреатита, а снижение – на экзокринную недостаточность поджелудочной железы при атрофии ацинарной ткани и фиброзе органа у пациентов, длительно страдающих данным заболеванием.

Активность панкреатической  $\alpha$ -амилазы помимо диагностики острого панкреатита определяют также после операции на органах брюшной полости с целью ранней диагностики развития осложнения – послеоперационного

панкреатита. Панкреатическая  $\alpha$ -амилаза в моче повышается при остром панкреатите, причем составляет основную часть общей амилазы, так как выводится с мочой лучше, чем слюнная фракция.

Активность панкреатической фракции амилазы, в отличие от общей, не повышается при паротите, диабетическом кетоацидозе, раке легкого, острых гинекологических заболеваниях. Вместе с тем, тест может быть ложноположительным при других непанкреатических заболеваниях.

### **Липаза.**

*Референтные величины активности липазы в сыворотке: 0–190 Ед/л.*  
Определение активности липазы в крови служит наиболее информативным критерием диагностики острого панкреатита. В отличие от  $\alpha$ -амилазы, активность липазы не повышается при паротите, внематочной беременности, аппендиците. Содержание липазы увеличивается и снижается параллельно повышению и снижению активности амилазы, но нормализация ее уровня происходит позже нормализации амилазы. Иногда уровень липазы в крови повышается раньше, чем увеличивается активность амилазы, и остается повышенным длительное время.

При остром панкреатите активность липазы в крови увеличивается в течение нескольких часов после острого приступа, достигая максимума через 12–24 ч (увеличивается до 200 раз), и остается повышенной в течение 10–12 дней. Прогноз заболевания плохой, если уровень липазы в крови повышается в 10 и более раз и не снижается до 3-кратного превышения нормы в течение ближайших нескольких дней. Диагностическая чувствительность липазы в сыворотке крови для острого панкреатита составляет 86%, специфичность – 99%. Одновременное определение уровня  $\alpha$ -амилазы (кровь и моча) и липазы – основа диагностики острого панкреатита. Повышение обоих или одного из ферментов выявляется у 98% больных с острым панкреатитом. При 3-кратном повышении активности липазы в сыворотке крови диагностическая чувствительность теста в отношении острого панкреатита составляет 100%, специфичность – 99%, в то время как аналогичные изменения активности амилазы имеют чувствительность 72%, специфичность – 99%.

Активность липазы сыворотки крови обладает высокой чувствительностью в отношении диагностики острого алкогольного панкреатита, в то время как для пациентов с закупоркой желчевыводящих путей, большого дуоденального сосочка и панкреатических протоков характерен высокий уровень амилазы. В связи с этим для установления этиологии острого панкреатита иногда определяют липазо-амилазовый коэффициент: отношение активности липазы к активности амилазы в сыворотке крови. Величина липазо-амилазового коэффициента выше 2,0 позволяет диагностировать острый алкогольный панкреатит (чувствительность – 91%, специфичность – 76%). Только у пациентов с острым алкогольным панкреатитом коэффициент может быть выше 5,0.

Повышение активности липазы в крови может иметь место при инфаркте кишки, перитоните, желчной колике. Отмечено повышение активности липазы в крови при разрушении жировой ткани – костных переломах, ранениях мягких тканей, после операций, при раке молочной железы.

### **Креатинкиназа (КК) общая.**

*Референтные величины активности общей КК в сыворотке: мужчины – 39–308 Ед/л, женщины – 26–192 Ед/л.*

Наибольшее диагностическое значение имеют следующие изоферменты КК: КК-ММ (мышечный), КК-МВ (сердечный), КК-ВВ (мозговой). Повышение активности КК в сыворотке крови наблюдается из-за выхода фермента из клеток при их повреждении.

Определение активности КК используют для выявления и мониторинга цитолитического синдрома при заболеваниях миокарда и скелетной мускулатуры. При ИМ поступление КК из сердечной мышцы в сыворотку опережает другие ферменты, поэтому определение активности КК широко использовалось для ранней диагностики ИМ. Увеличение активности КК находят у 95 – 99% пациентов с ИМ. КК повышается уже через 2–4 ч после острого приступа, достигая максимума через 24–36 ч, и превышает нормальные величины в 5–20 раз. Следует подчеркнуть, что уровень КК сравнительно быстро возвращается к норме (на 3-й–6-й день). Поэтому в случаях, когда определение КК не было выполнено в этот период после развития инфаркта, трудно рассчитывать на помощь данного показателя в диагностике. В то же время именно быстрота динамики КК делает определение этого фермента особенно ценным для распознавания повторных инфарктов, которые, не давая четких электрокардиографических изменений, могут вызывать повторный подъем активности КК (для выявления их рекомендуется проведение повторных регулярных исследований). Исследование активности КК существенно важно при атипичном течении ИМ и отсутствии характерных электрокардиографических изменений, что может наблюдаться при наличии блокады пучка Гиса, аритмиях, после терапии дигиталисом и в тех случаях, когда у больного уже был инфаркт.

### **Изменение активности ферментов при остром ИМ.**

<b>Фермент</b>	<b>Начало увеличения активности, часы</b>	<b>Максимум увеличения активности, часы</b>	<b>Возвращение к норме, сутки</b>	<b>Кратность увеличения, раз</b>
АСТ	4-6	24-48	4-7	2-20
КК	2-4	24-36	3-6	3-30

ЛДГ	8-10	48-72	8-9	2-4
-----	------	-------	-----	-----

### **МВ-фракция креатинкиназы.**

*Референтные величины активности МВ-фракции КК в сыворотке составляют 6% от общей активности КК или 0–25 Ед/л.*

Повышение активности КК-МВ более специфично для ИМ. При ИМ КК-МВ составляет более 6% общей КК, увеличение наблюдается уже после острого приступа, максимум достигается через 12–24 ч, на 3-й сутки активность КК-МВ возвращается к нормальным значениям при неосложненном течении ИМ. При расширении зоны инфаркта активность КК-МВ повышена дольше, что позволяет диагностировать инфаркт пролонгированного и рецидивирующего течения. Максимум активности КК-МВ часто достигается раньше максимума активности общей КК. Величина повышения КК и ККМВ соответствует величине пораженной зоны миокарда. Если в первые часы ИМ больному начали проводить тромболитическую терапию, то пик активности КК и КК-МВ может появиться раньше, чем обычно, что объясняется вымыванием фермента из пораженной зоны (результат реперфузии – восстановления проходимости тромбированной коронарной артерии). Активность КК-МВ при ИМ колеблется от 6 до 25%.

Различные опухоли могут продуцировать КК-МВ, на долю которой приходится до 60% и более общей активности КК. В этой связи, если ККМВ составляет более 25% общей КК, необходимо думать о злокачественном новообразовании как причине повышения активности фермента. Присутствие в крови ВВ-фракции может имитировать увеличение МВ-фракции, вплоть до превышения уровня МВ-фракции над общей КК. ККВВ появляется при нарушении гематоэнцефалического барьера (после операций на мозге или при травме мозга). ВВ-фракция также возникает при серьезных повреждениях кишечника и после родов (при кесаревом сечении).

Повышение фракции КК-МВ в отдельных случаях наблюдается при миокардитах и миокардиодистрофиях различного течения (наиболее часто при миодистрофии Дюшена), однако КК-МВ составляет менее 3% общей КК. При остром миокардите КК и КК-МВ могут быть нормальными или сильно увеличенными, похожими на ИМ, в зависимости от характера повреждения миокарда.

Повреждение скелетной мускулатуры сопровождается значительным увеличением ММ-фракции, которая может имитировать повышение МВ-фракции. При рабдомиолизе диагностическая чувствительность исследования активности КК (повышается в 5 раз и более) выше, чем АСТ и ЛДГ.

## **Заболевания и состояния, сопровождающиеся повышением уровня активности КК и КК-МВ.**

### **1. Физический стресс и травмы мышц:**

- увеличение мышечной массы в результате физических упражнений;
- физический стресс (перегрузка);
- хирургические вмешательства, прямая травма, внутримышечные инъекции;
- острый психоз, острое повреждение мозга, кома (некроз мышц при пролежнях);
- спазмы (эпилепсия, тетанус), роды;
- сильные ожоги; поражения электрическим током.

### **2. Дегенеративные и воспалительные повреждения:**

- мышечная дистрофия;
- миозит (коллагенозы, вирусные инфекции, трихенелез); □ миокардит.

### **3. Токсические поражения мышц:**

- острое алкогольное отравление, белая горячка;
- экзогенная интоксикация (бромиды, барбитураты, угарный газ);
- тетания;
- медикаменты (клофибрат, бронхолитики); □ токсический рабдомиолиз (героин, амфетамины); □ злокачественная гипертермия.

### **4. Метаболические поражения мышц:**

- гипотиреоз;
- метаболический рабдомиолиз (гипокалиемия, гипофосфатемия, гиперосмолярные состояния);
- гликогеноз (тип V).

### **5. Гипоксические поражения мышц: шок, периферическая эмболия, гипотермия.**

Очень высокая активность КК часто наблюдается при спазмах, гипоксии скелетных мышц, вызванной шоком, токсическим повреждением и очень редко генетическими нарушениями метаболизма гликогена или липидов.

## **Кислая фосфатаза.**

*Референтные величины активности кислой фосфатазы в сыворотке: 0–6 Ед/л.*

У мужчин половину содержащейся в сыворотке кислой фосфатазы вырабатывает предстательная железа, остальную часть – печень и разрушающиеся тромбоциты и эритроциты. У женщин фермент вырабатывается печенью, эритроцитами и тромбоцитами.

Определение активности кислой фосфатазы в клинической практике проводится для диагностики рака предстательной железы. Активность кислой фосфатазы повышается при раке предстательной железы далеко не всегда: только у 20–25% пациентов без метастазов и у 60% больных с метастазами. Степень повышения активности кислой фосфатазы особенно велика у пациентов при наличии костных метастазов рака предстательной железы. Определение активности кислой фосфатазы может быть использовано для дифференциальной диагностики метастазов рака предстательной железы в кости и заболеваний костной ткани, в частности остеодистрофий, при которых обычно повышена активность ЩФ, в то время как при метастазах рака предстательной железы в кости повышается активность в крови как щелочной, так и кислой фосфатазы.

Следует иметь в виду, что массаж предстательной железы, катетеризация, цистоскопия, ректальные исследования повышают активность кислой фосфатазы, поэтому кровь на исследования надо брать не раньше чем через 48 ч после перечисленных процедур.

Повышение активности кислой фосфатазы может иметь место при повышенном разрушении тромбоцитов (тромбоцитопения, тромбоэмболии и др.), гемолитической болезни, прогрессирующей болезни Педжета, метастатических поражениях костей, миеломной болезни (не всегда), болезни Гоше и Нимана-Пика, через 1–2 дня после операции на предстательной железе или после биопсии.

### **Простатическая фракция кислой фосфатазы.**

*Референтные величины активности простатической фракции кислой фосфатазы в сыворотке равны 0,05–2,6 Ед/л.*

Определение простатической фракции кислой фосфатазы – более специфический тест для диагностики рака предстательной железы, чем определение общей активности кислой фосфатазы. Повышение ее активности характерно для рака предстательной железы, особенно с метастазами, наблюдается также при инфаркте простаты после катетеризации мочевого пузыря. При болезни Гоше и Нимана-Пика повышения активности фермента не наблюдается, если отсутствует кистозное изменение предстательной железы. По своей чувствительности и специфичности для скрининга рака предстательной железы общая и простатическая фракция кислой фосфатазы

уступают исследованию простатического специфического антигена (ПСА), поэтому не используются широко в клинической практике.

## **Субстраты и продукты биохимических реакций.**

### **Исследование показателей пигментного обмена.**

В клинических лабораториях измеряют концентрацию общего и прямого билирубина, по разнице рассчитывают концентрацию непрямого билирубина. Если общий билирубин не превышает референтных пределов, допустимо не проводить измерение прямого билирубина.

### **Общий билирубин.**

*Референтные величины содержания общего билирубина в сыворотке 1,7–21,0 мкмоль/л.*

При гипербилирубинемии более 27–34 мкмоль/л развивается синдром желтухи (легкая форма – до 85 мкмоль/л, среднетяжелая – 86–169 мкмоль/л, тяжелая форма – свыше 170 мкмоль/л), обусловленный накоплением билирубина в тканях организма с появлением желтой окраски кожи и конъюнктивы. **Это состояние может быть следствием трех основных групп заболеваний:**

- болезней, связанных с повышенным образованием билирубина (в большем количестве, чем то, которое нормальная печень может экскретировать), при этом печень и желчные пути обычно не вовлечены в патологический процесс; наиболее частое заболевание этой группы – гемолитическая анемия, для которой характерно усиленное разрушение эритроцитов;
- болезней, связанных с повреждением клеток печени или врожденными ферментопатиями, а следовательно, с нарушением их способности конъюгировать билирубин (болезни печени);
- болезней, связанных с нарушением оттока желчи (следовательно, снижением экскреции билирубина), вследствие закупорки желчевыводящих протоков печени (болезни желчевыводящих путей).

В зависимости от того, какой тип билирубина присутствует в сыворотке крови – неконъюгированный (непрямой) или конъюгированный (прямой), гипербилирубинемия классифицируется как неконъюгированная и конъюгированная соответственно. В клинической практике наиболее широкое распространение получило деление желтух на гемолитические, паренхиматозные и обтурационные. Гемолитические и паренхиматозные

желтухи – это неконъюгированная, а обтурационные – конъюгированная гипербилирубинемия.

При гемолитической желтухе гипербилирубинемия сочетается с повышенным выделением уробилиногена с мочой и калом, так как он образуется в кишечнике в большом количестве. Кроме гемолитических анемий гемолиз усилен при В<sub>12</sub>-дефицитной анемии, малярии, массивных кровоизлияниях в ткани, инфаркте легкого, при синдроме разможнения мягких тканей (неконъюгированная гипербилирубинемия). Частой формой гемолитической желтухи и гипербилирубинемии является физиологическая желтуха у новорожденных (встречается у 60% младенцев в первые недели жизни).

Гемолитическими по своему происхождению могут быть желтухи, вызванные действием лекарственных средств, усиливающих распад (гемолиз) эритроцитов (например, ацетилсалициловой кислоты, тетрациклина и др.).

При паренхиматозной желтухе наступает деструкция гепатоцитов, нарушается экскреция прямого (конъюгированного) билирубина в желчные капилляры. Прямой билирубин попадает непосредственно в кровь, где его содержание значительно увеличивается. Кроме того, снижается способность печеночных клеток синтезировать билирубин-глюкуроны; вследствие чего количество непрямого билирубина также увеличивается. Повышение концентрации в крови прямого билирубина приводит к его появлению в моче вследствие фильтрации через мембрану почечных клубочков. Непрямой билирубин, несмотря на увеличение концентрации в крови, в мочу не поступает. Поражение гепатоцитов сопровождается нарушением их способности разрушать всосавшийся из тонкого кишечника мезобилиноген (уробилиноген). Повышение содержания уробилиногена в моче может наблюдаться еще в дожелтушный период. В разгар вирусного гепатита возможно снижение и даже исчезновение уробилиногена в моче. Это объясняется тем, что увеличивающийся застой желчи в печеночных клетках ведет к уменьшению выделения билирубина и, следовательно, к уменьшению образования уробилиногена в желчевыводящих путях. В дальнейшем, когда функция печеночных клеток начинает восстанавливаться, желчь выделяется в большом количестве, и уробилиноген снова появляется в больших количествах, что в данной ситуации расценивается как благоприятный прогностический признак. Стеркобилиноген попадает в большой круг кровообращения и выделяется почками с мочой в виде уробилина.

Основные причины паренхиматозных желтух – острые и хронические вирусные гепатиты, цирроз печени, токсические вещества (хлороформ, четыреххлористый углерод, ацетаминофен), массивное распространение в печени раковой опухоли, альвеолярный эхинококк и множественные абсцессы

печени. При вирусных гепатитах степень билирубинемии коррелирует с тяжестью заболевания. Так, при легкой форме течения вирусного гепатита В содержание билирубина в сыворотке крови не выше 90 мкмоль/л, при среднетяжелой – в пределах 90–170 мкмоль/л, при тяжелой – свыше 170 мкмоль/л.

При развитии печеночной комы уровень билирубина может повышаться до 300 мкмоль/л и выше.

К различным типам гипербилирубинемии (паренхиматозная желтуха) относятся также некоторые редко встречающиеся синдромы – Криглера-Найяра, Жильбера, Дабина-Джонсона, Ротора.

При обтурационной желтухе (конъюгированная гипербилирубинемия) нарушается желчевыведение, вследствие закупорки общего желчного протока камнем или опухолью, как осложнение гепатита, при первичном циррозе печени, при приеме лекарств, вызывающих холестаза. Нарастание давления в желчных капиллярах приводит к увеличению проницаемости или нарушению их целостности и попаданию билирубина в кровь. Механическая желтуха обычно приводит к наиболее высокому уровню прямого (конъюгированного) билирубина в крови, величина которого иногда достигает 800–1000 мкмоль/л. В кале резко снижается содержание стеркобилиногена, полная обтурация желчного протока сопровождается полным отсутствием желчных пигментов в кале. Если концентрация конъюгированного (прямого) билирубина превышает почечный порог (13–30 мкмоль/л), то билирубин выделяется с мочой.

В клинической практике определение билирубина в сыворотке крови применяется для решения следующих задач:

- определение увеличенного содержания билирубина в крови в тех случаях, когда при осмотре больного желтуха не выявляется или наличие ее вызывает сомнение. Желтушная окраска кожи наблюдается при уровне содержания билирубина в крови, превышающем 30–35 мкмоль/л.
- объективная оценка степени билирубинемии;
- дифференциальная диагностика различных видов желтух;
- оценка течения заболевания путем повторных исследований.

Уменьшение содержания билирубина диагностического значения не имеет.

### **Прямой билирубин.**

*Референтные величины содержания прямого билирубина в сыворотке 0,0–5,0 мкмоль/л.*

Исследование обычно проводится с целью дифференциальной диагностики форм желтух.

При паренхиматозной желтухе наступает деструкция печеночных клеток, нарушается экскреция прямого билирубина в желчные капилляры, и он попадает непосредственно в кровь, где содержание его значительно увеличивается. Кроме того, снижается способность печеночных клеток синтезировать билирубин-глюкурониды; вследствие этого количество непрямого билирубина в крови также увеличивается.

При механической желтухе нарушено желчевыделение, что приводит к резкому увеличению содержания прямого билирубина в крови. Несколько повышается в крови и концентрация непрямого билирубина. При гемолитической желтухе содержание прямого билирубина в крови не изменяется.

### **Непрямой билирубин.**

*Референтные величины содержания непрямого билирубина в сыворотке 3,4–13,7 мкмоль/л.*

Исследование непрямого билирубина играет важнейшую роль в диагностике гемолитических анемий. В норме в крови 75% общего билирубина приходится на долю непрямого (свободного) билирубина и 25% на долю прямого (связанного) билирубина.

Непрямой билирубин повышается при гемолитических анемиях, пернициозной анемии, при желтухе новорожденных, синдроме Жильбера, синдроме Криглера–Найяра, синдроме Ротора. Повышение непрямого билирубина при гемолитической анемии обусловлено интенсивным образованием его вследствие гемолиза эритроцитов, и печень оказывается неспособной к образованию столь большого количества билирубин-глюкуронидов. При перечисленных синдромах нарушена конъюгация непрямого билирубина с глюкуроновой кислотой.

Ниже приведена патогенетическая классификация желтухи, которая позволяет легко установить этиологию гипербилирубинемии.

**Преимущественно непрямая гипербилирубинемия** 1. **Избыточное образование билирубина:** □□гемолиз (внутри- и внесосудистый);

□□неэффективный эритропоэз.

2. **Сниженный захват билирубина в печени:**

□□длительное голодание;

□□сепсис.

3. **Нарушение конъюгации билирубина:**

3.1 Наследственная недостаточность глюкуронилтрансферазы:

- синдром Жильбера (легкая недостаточность глюкуронилтрансферазы);
- синдром Криглера-Найяра II типа (умеренная недостаточность глюкуронилтрансферазы);

- синдром Криглера-Найяра I типа (отсутствие активности глюкуронилтрансферазы).

3.2 Физиологическая желтуха новорожденных (преходящая недостаточность глюкуронилтрансферазы; повышенное всасывание непрямого билирубина).

3.3 Приобретенная недостаточность глюкуронилтрансферазы:

- прием некоторых препаратов (например, хлорамфеникола).
- желтуха от материнского молока (угнетение активности глюкуронилтрансферазы прегнандиолом и жирными кислотами, содержащимися в грудном молоке).
- поражение паренхимы печени (гепатиты, цирроз).

### ***Преимущественно прямая гипербилирубинемия.***

#### **1. Нарушение экскреции билирубина в желчь.**

##### **1.1 Наследственные нарушения:**

- синдром Дабина-Джонсона.
- синдром Ротора.
- доброкачественный рецидивирующий внутрипеченочный холестаз; □□холестаз беременных.

##### **1.2 Приобретенные нарушения:**

- поражение паренхимы печени (например, при вирусном или лекарственном гепатите, циррозе печени);
- прием некоторых препаратов (пероральные контрацептивы, андрогены, хлорпромазин);
- алкогольное поражение печени;
- сепсис;
- послеоперационный период;
- парентеральное питание; □□билиарный цирроз печени (первичный или вторичный).

#### **2. Обструкция внепеченых желчных проходов:**

##### **1.1. Обтурация:**

- холедохолитиаз;
- пороки развития желчных путей (стриктуры, атрезия, кисты желчных протоков);
- гельминтозы (клонорхоз и другие печеночные трематодозы, аскари-

доз); □□ злокачественные новообразования (холангиокарцинома, рак фатерова соска);

- гемобилия (травма, опухоли); □□ первичный склерозирующий холангит.

## 2.2 СДавление:

- злокачественные новообразования (рак поджелудочной железы, лимфомы, лимфогранулематоз, метастазы в лимфатические узлы ворот печени); □□ воспаление (панкреатит).

### **Исследование показателей азотистого обмена.**

Для детального анализа состояния азотистого обмена в клинической практике целесообразно определять в крови концентрацию основных составляющих веществ остаточного азота (мочевина, азот аминокислот, мочевая кислота, креатинин, аммиак). При этом на долю мочевины приходится около 50% всего небелкового азота, поэтому уровень мочевины крови в большинстве случаев наиболее адекватно отражает состояние всего азотистого обмена в организме человека.

### **Мочевина.**

*Референтные пределы мочевины в сыворотке крови 2–8 ммоль/л.*  
Определение уровня мочевины используется для оценки и мониторинга выделительной функции почек, а также для оценки мочевинообразующей функции печени при печеночной недостаточности различной этиологии.

#### ***Причины снижения концентрации мочевины в сыворотке крови:***

- диета с низким содержанием белков;
- беременность – приводит к увеличению скорости клубочковой фильтрации (СКФ) и, как следствие, к повышению скорости выведения мочевины;
- болезни печени – основная причина патологического снижения уровня мочевины в крови.

#### ***Причины повышения концентрации мочевины в сыворотке крови:***

1. внепочечные – связаны с повышенным образованием мочевины в организме при нормальной выделительной функции почек – продукционная уремия:

- потребление очень большого количества белковой пищи;

- длительное голодание, которое сопровождается усилением катаболизма белков собственных тканей; возросший распад белков приводит к повышению синтеза мочевины; данная ситуация может также наблюдаться при различных воспалительных процессах, у тяжелых больных, находящихся в отделении реанимации;

- обезвоживание в результате рвоты, поноса; при дегидратации количество реабсорбированной из почечных канальцев в кровь мочевины (после клубочковой фильтрации) увеличивается;

- желудочно-кишечные кровотечения из язв;

- варикозно-расширенных вен пищевода, опухолей; кровь попадает в кишечник, в результате всасывание белков (кровь содержит большое количество белка) увеличивается и, следовательно, вызывает активацию синтеза мочевины.

Однако при этих состояниях избыток мочевины быстро удаляется из организма почками и ее концентрация в крови становится нормальной. Повышение уровня мочевины в крови наиболее часто возникает в результате нарушения выделительной функции почек. Уровень мочевины в крови возрастает, если СКФ снижается.

В соответствии с приведенными выше факторами, способствующими снижению СКФ, все причины, определяющие развитие почечной недостаточности, можно разделить на 3 группы:

- преренальные (уменьшение притока крови к почкам);

□□ренальные (повреждение собственно почечного фильтра);

□□постренальные (затруднение оттока мочи).

Патология, лежащая в основе преренальных механизмов нарушения функции почек, приводит к повышению уровня мочевины в крови и характеризуется низкой СКФ вследствие уменьшения тока крови через почечные клубочки. При этом структура нефрона остается в норме, но нарушается его функция. Причинами преренальной дисфункции почек являются:

- дегидратация и снижение ОЦК: шок, сильное кровотечение, тяжелая диарея, обильная рвота;

Пострая или хроническая сердечно-сосудистая недостаточность; снижение АД или недостаточность сократительной функции миокарда.

Ренальная патология сопровождается низкой СКФ вследствие «блокирования» клубочкового фильтра. Структура нефронов нарушена, и соответственно нарушена их функция. Причинами нарушения функции почек могут быть следующие формы патологии:

- острые и хронические гломерулонефриты (ГН); при остром ГН повышение уровня мочевины наблюдается редко и кратковременно; при хроническом ГН уровень мочевины может колебаться, повышаясь при обострении процесса и снижаясь при его затихании;
- хронические пиелонефриты; повышение уровня мочевины зависит от выраженности нефросклероза и воспалительного процесса в почках;
- нефросклерозы, вызванные отравлениями токсическими веществами;
- синдром длительного СДавливания (размозжения); уровень мочевины в крови оказывается очень высоким, что объясняется сочетанием задержки выведения мочевины с повышенным распадом белков;
- диабетическая нефропатия;
- гипертоническая болезнь со злокачественным течением;
- подагра;
- гидронефроз, выраженный поликистоз, туберкулез почки;
- амилоидный или амилоидно-липоидный нефроз; повышение мочевины в крови наблюдается только на поздних стадиях заболевания.

Патология, лежащая в основе постренальных механизмов нарушения функции почек, проявляется низкой СКФ вследствие блокирования мочевыводящих путей. Она возникает при задержке выделения мочи из-за какого-либо препятствия в мочевыводящих путях (камень, опухоль, в частности, аденома или рак предстательной железы).

Значительное и продолжительное повышение уровня мочевины в крови ( $>10,0$  ммоль/л) всегда свидетельствует о поражении почек, более умеренное повышение этого показателя (от 6,5 до 10,0 ммоль/л) является признаком другой патологии.

Необходимо помнить, что нормальная концентрация мочевины в крови не исключает ранней стадии почечного заболевания. Увеличение концентрации мочевины в крови отмечается только при значительном снижении функции почек. Концентрация мочевины в крови не выходит за пределы нормы до тех пор, пока СКФ не становится ниже 40 мл/мин, т.е. менее 50% от нормального значения. При развитии острого повреждения почек концентрация мочевины крови нередко достигает очень высоких величин – 133,2–149,8 ммоль/л.

### **Креатинин крови и мочи.**

Содержание креатинина в крови здоровых людей – величина довольно постоянная и мало зависящая от питания и других внепочечных факторов.

### Референтные величины содержания креатинина в сыворотке.

Возраст	Содержание креатинина в сыворотке	
	мкмоль/л	мг/дл
Новорожденные	27-88	0,3-1,0
Дети до 1-го года	18-35	0,2-0,4
Дети от 1-го года до 12 лет	27-62	0,3-0,7
Подростки	44-88	0,5-1,0
Взрослые:	62-132 44-97	0,7-1,4
женщины		0,5-1,1
мужчины		

Снижение уровня креатинина в крови не имеет, за редким исключением, существенного значения. Его уровень может снижаться при беременности в результате увеличения экскреции креатинина почечными канальцами. При любом заболевании, сопровождаемом существенным снижением мышечной массы (например, мышечная дистрофия), может отмечаться патологическое снижение уровня креатинина в сыворотке крови.

#### ***Причины повышения уровня креатинина в крови.***

Уровень креатинина в крови, в отличие от мочевины, не повышается при сепсисе, травмах, лихорадочных состояниях, не зависит от степени гидратации организма, повышенного потребления белка.

Определение креатинина широко используется в диагностике и мониторинге заболеваний почек. Креатинин в меньшей степени, чем мочевина, зависит от уровня катаболизма, не реабсорбируется в почках, поэтому в большей мере отражает степень нарушения фильтрационной и выделительной функций почек. В большинстве случаев повышение уровня креатинина в крови – это признак нарушения функций почек.

Гипертиреоз, акромегалия, гигантизм, сахарный диабет, кишечная непроходимость, мышечная дистрофия, обширные ожоги, также могут сопровождаться повышением уровня креатинина в крови.

Определение концентрации креатинина в крови и моче значительно расширяет диагностические возможности оценки функционального состояния почек.

#### **Референтные величины содержания креатинина в моче.**

Возраст	Содержание креатинина в сыворотке	
	мг/(кг в сутки)	мкмоль/(кг в сутки)
Дети до 1-го года	8-20	71-177
Дети от 1-го года до 12 лет	8-22	71-194

Подростки	8-30	71-265
Взрослые: женщины и мужчины	11-20	97-177
	14-26	124-230
Взрослые: мужчины и женщины	800-2000	7,1-17,7
	600-1800	5,3-15,9

В клинической практике важное значение имеет определение отношения креатинина в моче (Км) к креатинину сыворотки крови (Ккр).

***Клиренс эндогенного креатинина (проба Реберга-Тареева).***

Концентрация мочевины и креатинина в сыворотке крови отражает СКФ и влияет на нее, однако не позволяет прямо измерить СКФ. Это обусловлено тем, что уровни этих метаболитов в крови не увеличиваются существенно до тех пор, пока почки не теряют свою функцию (образовывать первичную мочу) на 50%. Поэтому концентрации мочевины и креатинина в сыворотке крови являются слабыми индикаторами незначительных нарушений функции почек на ранних стадиях почечных заболеваний. В связи с этим для повышения информативности оценки СКФ в клинической практике определяют клиренс креатинина (проба Реберга–Тареева). Определение клиренса креатинина также имеет некоторые недостатки, тем не менее это довольно адекватный и доступный метод прямого измерения СКФ и следовательно более чувствительный и специфичный способ диагностики почечной недостаточности на ранних ее стадиях, чем оценка содержания мочевины и креатинина в крови. Клиренс креатинина – это объем плазмы крови, который очищается от креатинина за 1 минуту при прохождении через почки. Чем эффективнее работают почки по очищению крови от креатинина и выведению его с мочой, тем выше клиренс.

В норме клиренс креатинина, или СКФ, у здоровых людей колеблется от 80 до 160 мл/мин, составляя  $120 \pm 25$  мл/мин у мужчин и  $95 \pm 20$  мл/мин у женщин. При заболеваниях почек величину клиренса креатинина (СКФ) принято считать достаточно корректным критерием оценки массы действующих нефронов, параметра важного, в том числе с позиций клинической фармакологии, поскольку фармакокинетика многих медикаментов зависит от величины этого показателя.

Общепринятой методикой оценки СКФ служит исследование клиренса креатинина (проба Реберга–Тареева). Креатинин, будучи низкомолекулярным веществом, беспрепятственно проходит из крови в состав первичной мочи в процессе клубочковой фильтрации безбелковой плазмы крови. Таким образом, концентрация креатинина в фильтрате, т.е. первичной моче, соответствует его плазматической концентрации – концентрации креатинина в исследуемой

сыворотке крови (Ккр). Следовательно, количество креатинина (ммоль/мин), поступающее в фильтрат, соответствует произведению концентрации креатинина в фильтрате на минутный объем фильтрата:

$$\text{Ккр} \times V.$$

### ***Порядок проведения пробы Реберга–Тареева.***

Специальной подготовки пациента не требуется. Пациент в течение суток собирает мочу (всю выделенную мочу за 24 ч). Утром он идет в туалет. Обязательно фиксируется это время (нулевое время). Первую утреннюю порцию пациент не собирает (выпускает в унитаз), а собирает все последующие порции точно до этого же времени следующего дня (за сутки в емкость 3 л). По окончании сбора мочу перемешивают, измеряют объем и указывают его в направлении; около 50 мл мочи отливают в отдельную посуду и доставляют в лабораторию. Утром дня окончания сбора мочи у пациента берется венозная кровь для определения концентрации креатинина.

Для получения точных результатов чрезвычайно важно полностью собрать мочу за 24 ч и указать в направлении на исследование, что это суточная моча. Неправильный сбор мочи приведет к ложным результатам.

В лаборатории определяют концентрацию Ккр и Км пациента, а также рассчитывают минутный диурез – Д, исходя из суточного объема мочи, собранного пациентом. Например, за сутки пациент выделил 1350 мл мочи; это количество в мл необходимо разделить на 24 ч, переведенные в минуты – 1440 мин; следовательно, в данном примере минутный диурез составил 0,94 мл/мин. *Клиренс креатинина рассчитывают по следующей формуле:*

$$\text{клиренс креатинина} = \frac{\text{Км}}{\text{Ккр}} \times \text{Д}$$

Проба Реберга–Тареева может выполняться и за более короткий отрезок времени (например, за 1–2 ч). Однако, проводя исследование клиренса креатинина в более короткий отрезок времени, необходимо учитывать возможность значительной ошибки при сборе небольшого объема мочи из-за неучета «остаточной мочи» в мочевом пузыре, низкого диуреза и аналитической вариации метода определения концентрации креатинина. Для повышения адекватности определения клиренса креатинина желательно добиваться диуреза у обследуемого пациента в объеме не менее 1,5 мл/мин, что обеспечивается дополнительной небольшой водной нагрузкой в объеме 1–2 стаканов воды.

**Порядок проведения пробы Реберга–Тареева за короткий промежуток времени.** Больной утром мочится, выпивает 200 мл воды, и затем натошак в состоянии полного покоя собирает мочу за точно определенное непродолжительное время (2 ч). Посередине этого отрезка времени берут кровь из вены. При направлении проб в лабораторию для получения правильных результатов определения СКФ в направлении на исследование очень важно указать за какой отрезок времени собрана моча.

В норме величины клубочковой фильтрации наиболее низки утром, повышаются до максимальных величин в дневные часы и вновь снижаются вечером. У здоровых людей снижение СКФ происходит под влиянием тяжелой физической нагрузки и отрицательных эмоций; возрастает после питья жидкости и приема высококалорийной пищи.

Так как определение клиренса креатинина является прямым методом измерения СКФ, его величина снижается при уменьшении СКФ. Уменьшение величины клиренса креатинина по сравнению с нормой свидетельствует о повреждении почек. По уровню снижения клиренса креатинина можно судить о тяжести их поражения, но не о диагнозе, так как СКФ уменьшается при заболеваниях почек разной этиологии. Этот показатель – более чувствительный индикатор ранних стадий почечной дисфункции.

На СКФ оказывают влияние экстраренальные факторы. Так, СКФ снижается при сердечной и сосудистой недостаточности, обильном поносе и рвоте, гипотиреозе, механическом затруднении оттока мочи (опухоли предстательной железы), при поражении печени. В начальной стадии острого ГН снижение СКФ происходит не только вследствие нарушения проходимости клубочковой мембраны, но и в результате системных расстройств гемодинамики. При хроническом ГН снижение СКФ может быть обусловлено также азотемической рвотой и поносом.

Ряд лекарственных препаратов (например, циметидин, триметоприм) снижает тубулярную секрецию креатинина, способствуя повышению его концентрации в сыворотке крови. Антибиотики группы цефалоспоринов, вследствие интерференции, приводят к ложноповышенному уровню креатинина в сыворотке.

Повышение СКФ наблюдается при хроническом ГН с нефротическим синдромом, в ранней стадии гипертонической болезни; высокие цифры СКФ отмечаются и при нефрозах.

Наряду с определением СКФ в пробе Реберга-Тареева также оценивают состояние канальцевой реабсорбции, которая рассчитывается по формуле:

$$КР = \frac{СКФ - Д}{СКФ} \times 100$$

В норме канальцевая реабсорбция составляет от 95 до 99% клубочкового филътра.

Канальцевая реабсорбция может значительно меняться в зависимости от физиологических факторов, снижаясь до 90% при водной нагрузке. Выраженное снижение реабсорбции происходит при форсированном диурезе, вызванном мочегонными средствами. Наибольшее снижение канальцевой реабсорбции наблюдается у больных несaхарным диабетом.

При различных заболеваниях почек периоды (время) возникновения нарушения (снижения) СКФ и канальцевой реабсорбции могут существенно отличаться, что используется для оценки динамики заболеваний.

При острых и хронических ГН, нефросклерозах, когда первично поражается фильтр почечного клубочка, канальцевая реабсорбция снижается позже, чем СКФ, т.е. СКФ, как правило, уменьшается намного раньше, чем происходит снижение концентрационной функции почек и накопление в крови мочевины и креатинина. При первичных клубочковых поражениях недостаточность концентрационной функции почек выявляется при резком снижении СКФ (приблизительно на 40-50%).

При пиелонефритах канальцевая реабсорбция снижается раньше уменьшения СКФ. Это обусловлено тем, что при хронических пиелонефритах первоначально поражается преимущественно дистальный отдел канальцев нефрона, а только затем гломерулярный клубочек, поэтому СКФ уменьшается позже, чем канальцевая реабсорбция.

### **Мочевая кислота.**

*Референтные значения мочевой кислоты в сыворотке:*

*до 14 лет: 120–320 мкмоль/л; старше 14 лет,*

*мужчины: 210–420 мкмоль/л, женщины: 150–350*

*мкмоль/л.*

**Повышение уровня мочевой кислоты в крови (гиперурикемия)** может возникнуть вследствие избыточной продукции мочевой кислоты, нарушения ее экскреции или сочетания этих факторов.

**Основные причины, которые приводят к увеличению концентрации мочевой кислоты в плазме крови.**

<b>Увеличение образования мочевой кислоты</b>	<b>Снижение почечной экскреции мочевой кислоты</b>
Первичное	Первичное

Увеличение синтеза пуринов: идиопатическое (неустановленное) наследственное нарушение метаболизма	Идиопатическое
Вторичное	Вторичное
Избыточное поступление пуринов с пищей. Нарушение метаболизма АТФ: <ul style="list-style-type: none"> <li>• алкоголь;</li> <li>• гипоксия тканей.</li> </ul> Увеличение обмена нуклеиновых кислот: <ul style="list-style-type: none"> <li>• злокачественные новообразования;</li> <li>• псориаз;</li> <li>• цитотоксические препараты;</li> <li>• ионизирующее излучение;</li> </ul> лучевая терапия	Хроническая болезнь почек. Увеличение почечной реабсорбции/ уменьшение секреции: □□тиазидные диуретики; <ul style="list-style-type: none"> <li>• салицилаты (низкие дозы);</li> <li>• свинец;</li> <li>• органические кислоты (например, молочная кислота, в том числе вследствие приема алкоголя)</li> </ul>

Определение содержания в крови мочевой кислоты имеет особенно большое значение в диагностике бессимптомной гиперурикемии (мочевая кислота в крови у мужчин – выше 480 мкмоль/л, у женщин – выше 350 мкмоль/л) и скрытого развития подагрической почки (у 5% мужчин). У 5–10% больных с бессимптомной гиперурикемией возникает острый подагрический артрит. Примерно у 25% пациентов с симптомами подагры обнаруживают камни мочевой кислоты и 25% пациентов с камнями мочевой кислоты страдают подагрой. Гиперурикемия у пациентов с подагрой непостоянна, может носить волнообразный характер. Периодически содержание мочевой кислоты может снижаться до нормальных цифр, однако часто наблюдается повышение в 3–4 раза по сравнению с нормой.

Во время острого приступа подагры у 39–42% пациентов уровень мочевой кислоты в сыворотке крови снижается до нормальных значений. Поэтому при нормальных значениях мочевой кислоты таким пациентам необходимо повторить анализы крови через 3–5 суток после купирования приступа для получения объективных величин концентрации этой кислоты.

Для получения точных данных о содержании мочевой кислоты в крови, наиболее адекватно отражающих уровень эндогенного образования мочевой кислоты, необходимо в течение 3 дней перед исследованием назначать пациентам малопуриновую диету.

**Снижение уровня мочевой кислоты** в крови встречается редко, в основном при врожденных нарушениях метаболизма (генетические дефекты синтеза ферментов, участвующих в образовании мочевой кислоты) и дефектах реабсорбции мочевой кислоты в почечных канальцах. Гипоурикемия наблюдается при врожденном дефиците фермента ксантиноксидазы (катализирует превращение гипоксантина в ксантин и ксантина в мочевую кислоту), который сопровождается ксантинурией. Тяжелые заболевания печени, поражения почечных канальцев (например, синдром Фанкони), прием аллопуринола приводят к снижению уровня мочевой кислоты в крови.

### **Гомоцистеин.**

*Референтные величины содержания гомоцистеина в сыворотке составляют: у женщин – 5–12 мкмоль/л, у мужчин – 5–15 мкмоль/л.*

Высокие уровни гомоцистеина служат важнейшим фактором, определяющим риск развития раннего атеросклероза и тромбоза. Гипергомоцистеинемия встречается у 13–47% больных ИБС. Поэтому в настоящее время определение гомоцистеина в сыворотке крови используется в качестве мар-

кера прогноза исхода ИБС. Высокие уровни гомоцистеина у больных ИБС – четкие предвестники острых явлений, которые могут привести к летальному исходу. По степени выраженности гипергомоцистеинемии делят на легкую – уровень гомоцистеина – 15–25 мкмоль/л, умеренную – 25– 50 мкмоль/л и тяжелую – 50–500 мкмоль/л. У больных ИБС с уровнем гомоцистеина в крови ниже 10 мкмоль/л стеноз коронарных артерий обычно менее 50%, при уровне 10–15 мкмоль/л – 80%, выше 15 мкмоль/л – 90%.

Врожденная гомоцистинурия представляет собой моногенный дефект метаболизма, обусловленный дефицитом метилентетрагидрофолатредуктазы. Пациенты с таким довольно редким заболеванием (1 на 200 000 новорожденных) обычно страдают тяжелой задержкой умственного развития, патологией скелета и ранним развитием атеросклеротической болезни. В сыворотке крови концентрация гомоцистеина очень высокая – от 50 до 500 мкмоль/л.

Гипергомоцистеинемия встречается как одно из проявлений неопластического процесса, в частности при раке молочной железы, яичников и поджелудочной железы, остром лимфобластном лейкозе. Увеличение уровня гомоцистеина в сыворотке крови может отмечаться при гипотиреозе, тяжелом течении псориаза, длительном приеме препаратов теофиллина, эстрогенсодержащих контрацептивов, цитостатиков (метотрексат) и

противоэпилептических препаратов (фенитоин, карбамазепин), вследствие нарушения метаболизма и всасывания витамина В<sub>12</sub> и фолиевой кислоты.

### **Исследование показателей углеводного обмена.**

#### **Глюкоза крови и мочи.**

Концентрация глюкозы в сыворотке крови примерно на 11–14% выше, чем в цельной крови, из-за разведения растворенной в плазме глюкозы форменными элементами крови. Концентрация глюкозы в гепаринизированной плазме на 5% ниже содержания глюкозы в сыворотке. Вследствие утилизации глюкозы в тканях цельная венозная кровь содержит меньше глюкозы, чем капиллярная кровь из пальца (натошак примерно на 0,1 ммоль/л, после приема пищи – на 15–20%, большая разница может быть у пациентов с нарушениями микроциркуляции, например при шоке).

#### **Референтные пределы глюкозы.**

<b>Возраст</b>	<b>Глюкоза сыворотки крови ммоль/л</b>	<b>Глюкоза цельной (капиллярной) крови ммоль/л</b>
Новорожденные	2,8-4,4	2,4-4,1
Дети	3,9-5,8	3,3-5,5
Взрослые	4,0-6,1	3,3-5,5

Определение уровня глюкозы в клинической практике используется для следующих целей:

- диагностики и мониторинга сахарного диабета, диабета беременных, нарушения толерантности к глюкозе;
- выявления и мониторинга нарушений углеводного обмена при недостаточности надпочечников, гипофиза, заболеваниях печени, сепсисе, шоке и других критических состояниях;
- скрининг нарушений углеводного обмена в группах риска развития сахарного диабета (ожирение, возраст старше 45 лет, сахарный диабет 1-го типа в семейном анамнезе); □□дифференциальной диагностики комы (гипо- и гипергликемической).

#### ***Увеличение концентрации глюкозы (гипергликемию) вызывают:***

- умеренная физическая нагрузка;
- эмоциональный стресс, боль;

- сахарный диабет;
- увеличение продукции гипергликемических гормонов (феохромоцитома, тиреотоксикоз, акромегалия, гигантизм, синдром Кушинга);
- снижение продукции инсулина при заболеваниях поджелудочной железы (острый и хронический панкреатит, опухоли поджелудочной железы);
- травма, опухоли, операционные повреждения головного мозга, кровоизлияние в мозг.

***Уменьшение концентрации (гипогликемию) вызывают:***

- передозировка гипогликемических препаратов, инсулина;
- повышение продукции инсулина (аденома или карцинома  $\beta$ -клеток островков Лангерганса – инсулинома);
- снижение продукции гипергликемических гормонов (недостаточность  $\alpha$ -клеток островков Лангерганса, болезнь Аддисона, адреногенитальный синдром, гипопитуитаризм, гипотиреоз);
- ослабление гликогенной функции печени при циррозе, тяжелых гепатитах разной этиологии, первичном раке печени, гемохроматозе, алкогольной интоксикации;
- ферментопатии (болезнь Гирке, галактоземия, нарушенная толерантность к фруктозе);
- длительное голодание;
- синдром мальабсорбции;
- интенсивная физическая нагрузка; □□лихорадочные состояния.

**Диагностические критерии сахарного диабета и других категорий гипергликемии, рекомендованные ВОЗ (1999).**

Диагноз	Момент взятия пробы	Цельная кровь		Плазма венозной крови
		<i>Венозная</i>	<i>Капиллярная</i>	
Норма	Натощак	3,3 – 5,5	3,3 – 5,5	4,0 – 6,1
	Через 2 ч после нагрузки глюкозой	<6,7	<7,8	<7,8
	Натощак	<6,1	<6,1	<7,0

Нарушение толерантности к глюкозе	Через 2 ч после нагрузки глюкозой	$\geq 6,7$ и $< 10,0$	$\geq 7,8$ и $< 11,1$	$\geq 7,8$ и $< 11,1$
Сахарный диабет	Натощак	$\geq 6,1$	$\geq 6,1$	$\geq 7,0$
	Через 2 ч после нагрузки глюкозой	$\geq 10,0$	$\geq 11,1$	$\geq 11,1$

### **Глюкоза в моче.**

*Референтные пределы: менее 0,08 ммоль/сутки (большинство тестсистем нечувствительны к такой концентрации и дают отрицательный результат).*

**Определение глюкозы в моче используется для следующих целей:**

- мониторинга сахарного диабета беременных, нарушения толерантности к глюкозе;
- диагностики и мониторинга почечного диабета, патологий почек с нарушением канальцевой реабсорбции.

С мочой глюкоза в норме не выводится, поскольку после фильтрации в почечных клубочках полностью реабсорбируется в проксимальных канальцах. При гипергликемии выше 9–10 ммоль/л (почечный порог для глюкозы) развивается глюкозурия. Глюкозурия не является диагностическим критерием сахарного диабета, поскольку экскреция глюкозы с мочой зависит не только от уровня гликемии, отражающей инсулярную функцию, но и от функционирования почек – способности почечных канальцев реабсорбировать глюкозу, скорости клубочковой фильтрации. Глюкозурия на фоне нормогликемии может развиваться при некоторых заболеваниях почек из-за снижения почечного порога, а также во время нормальной беременности из-за физиологического повышения клубочковой фильтрации неадекватно абсорбционной способности канальцев. Одним из критериев компенсации сахарного диабета 2-го типа является аглюкозурия, при сахарном диабете 1-го типа допускается потеря глюкозы с мочой 20–30 г/сут. При диабетическом гломерулосклерозе почечный порог для глюкозы возрастает, поэтому глюкозурия не развивается даже при выраженной гипергликемии.

**Увеличение экскреции глюкозы (глюкозурия) связано:**

- с гипергликемией при сахарном диабете, гипертиреозе, стероидном диабете, синдроме Кушинга, феохромоцитоме, заболеваниях поджелудочной железы и других состояниях;

- со снижением почечного порога для глюкозы при тубулоинтерстициальных поражениях почек любой этиологии, врожденных тубулопатиях.

На уровень глюкозы в моче оказывает влияние (в сторону повышения) прием глюкокортикоидов, нестероидных противовоспалительных препаратов, некоторых диуретиков.

К тестам, которые используются в диагностике и мониторинге патологии углеводного обмена, относятся определение уровня гликозилированного гемоглобина, фруктозамина, а также альбумина в моче (тест на микроальбуминемию).

### **Гликозилированный гемоглобин.**

Гликозилированный (или гликированный) гемоглобин (HbA1c) образуется в результате неферментативной реакции между гемоглобином А, содержащимся в эритроцитах, и глюкозой сыворотки крови. Для определения уровня HbA1 необходима цельная венозная кровь, взятая с антикоагулянтом.

*Референтные величины содержания HbA1c в крови составляют 4,0–5,2% от общего гемоглобина.*

Степень гликозилирования гемоглобина (а, следовательно, его концентрация) зависит от концентрации глюкозы в крови и от длительности контакта глюкозы с гемоглобином (срока жизни эритроцита). Эритроциты, циркулирующие в крови, имеют разный возраст, поэтому для усредненной характеристики уровня связанной с ними глюкозы ориентируются на полупериод жизни эритроцитов – 60 сут. Существуют три варианта гликозилированного гемоглобина: HbA1a, HbA1b, HbA1c, но только вариант HbA1c количественно преобладает и дает более тесную корреляцию со степенью выраженности сахарного диабета.

Исследование концентрации глюкозы в крови недостаточно для эффективного мониторинга лечения сахарного диабета. Определив уровень глюкозы в крови, можно оценить текущий (сиюминутный) уровень глюкозы, который может зависеть от: 1) приема (или неприема) пищи; 2) ее состава, 3) физических нагрузок и их интенсивности, 4) эмоционального состояния пациента, 5) времени суток. Поэтому при исследовании только текущего уровня глюкозы в крови высока вероятность того, что ее значения не будут отражать действительную степень компенсации сахарного диабета, а это может привести либо к передозировке лекарственных препаратов, либо к неоправданному уменьшению дозировки. Ценность определения HbA1c состоит в том, что он характеризует средний уровень глюкозы в крови на протяжении длительного промежутка времени, т.е. действительную степень компенсации сахарного диабета на протяжении последних 1–2 месяцев.

В целом определение HbA1c дает усредненное, интегрированное представление об уровне гликемии при всех формах сахарного диабета.

### **Взаимосвязь между концентрациями глюкозы в крови и уровнем HbA1c.**

Уровень HbA1c	Концентрация глюкозы в крови	
	ммоль/л	мг/дл
<b>4,0</b>	2,6	50
<b>5,0</b>	4,7	80
<b>6,0</b>	6,3	115
<b>7,0</b>	8,2	150
<b>8,0</b>	10,0	180
<b>9,0</b>	11,9	215
<b>10,0</b>	13,7	250
<b>11,0</b>	15,6	280
<b>12,0</b>	17,4	315
<b>13,0</b>	19,3	350
<b>14,0</b>	21,1	380

Результаты исследования HbA1c оценивают следующим образом: 4–6% свидетельствует о хорошей компенсации сахарного диабета в последние 1–2 месяца, 6,2–7,5% – удовлетворительный уровень, выше 7,5% – неудовлетворительный уровень. Для оценки эффективности лечения целесообразно повторить исследование через 2–3 мес.

Уровень HbA1c не зависит от времени суток, физических нагрузок, приема пищи, назначенных лекарственных средств, эмоционального состояния пациента.

Ложные сниженные значения HbA1c имеют место при уремии, острых и хронических геморрагиях, а также при состояниях с уменьшением длительности жизни эритроцитов (например, при гемолитической анемии).

### **Фруктозамин.**

*Референтные величины содержания фруктозамина в сыворотке – 205–285 мкмоль/л.*

Фруктозамин представляет собой продукт необратимого гликозилирования белков плазмы крови. Степень гликозилирования белков плазмы зависит от концентрации глюкозы в крови и длительности периода полураспада белков. Количество фруктозамина в крови служит хорошим

показателем для ретроспективного контроля за содержанием глюкозы в крови у пациентов с сахарным диабетом и позволяет оценивать эффективность проводимого лечения без отягощающего больного ежедневного контроля за уровнем гликемии в крови.

В отличие от HbA1c, фруктозамин отражает средний уровень глюкозы в крови за 2-3 нед. до измерения. Это обусловлено периодом полураспада гликозилированных белков, для альбумина он составляет 20 дней, тогда как для гемоглобина он определен длительностью полураспада эритроцитов (60 дней). При оценке результатов исследования фруктозамина как критерия компенсации сахарного диабета, считают, что при содержании его в крови от 280 до 320 мкмоль/л компенсация удовлетворительная, выше 320 мкмоль/л – декомпенсация.

### **Альбумин в моче (микроальбуминурия).**

Микроальбуминурия – это экскреция альбумина с мочой, превышающая допустимые нормальные значения, но не достигающая степени протеинурии. В норме экскретируется не более 30 мг альбумина в сутки, что эквивалентно концентрации альбумина в моче менее 20 мг/л при ее разовом анализе. При появлении протеинурии экскреция альбумина с мочой превышает 300 мг/сут. Поэтому диапазон колебаний концентрации альбумина в моче при микроальбуминурии составляет от 30 до 300 мг/сут или от 20 до 200 мкг/мин.

Исследование на микроальбуминурию используют для скрининга поражения почек и необходимости лечения диабетической нефропатии. Своевременное начало лечения нефропатии существенно снижает затраты и улучшает прогноз в отношении развития почечной недостаточности. Если в суточной моче концентрация альбумина выше 30 мг и эти значения повторяются несколько раз, необходимо проводить лечение, так как данные изменения характерны для начинающейся диабетической нефропатии.

### **Классификация видов альбуминурии.**

<b>Вид альбуминурии</b>	<b>Экскреция альбумина с мочой</b>		<b>Концентрация альбумина в моче мг/л</b>
	<b>При однократном сборе мочи (утренняя порция), мкг/мин</b>	<b>За сутки, мг</b>	
Нормоальбуминурия	Менее 20	Менее 30	Менее 20
Микроальбуминурия	20-200	30-300	20-200
Макроальбуминурия	Более 200	Более 300	Более 200

В настоящее время тест на микроальбуминурию необходимо рассматривать как показатель оценки функции плазматических мембран высокодифференцированных клеток. В норме отрицательно заряженный альбумин не проходит через гломерулярный фильтр почек, прежде всего вследствие наличия высокого отрицательного заряда на поверхности эпителиальных клеток. Этот заряд обусловлен структурой фосфолипидов клеточных мембран. Снижение количества двойных связей в ацильных остатках фосфолипидов уменьшает отрицательный заряд, и альбумин начинает фильтроваться в первичную мочу в повышенном количестве. Все эти изменения возникают при развитии атеросклероза, поэтому микроальбуминурия наблюдается у пациентов с генетическими формами дислипидопроteinемии, у пациентов с ИБС, эссенциальной гипертензией, у 10% практически здоровых людей при скрининговых исследованиях и у пациентов с нарушением толерантности к глюкозе. Так как изменение структуры фосфолипидов плазматических мембран высокодифференцированных клеток развивается при атеросклерозе и немедленно сказывается на заряде мембран, микроальбуминурия представляет собой тест раннего определения заболевания.

### **Конечный уровень знаний.**

#### ***1. В сыворотке крови в отличие от плазмы отсутствует:***

- 1) фибриноген
- 2) альбумин
- 3) комплемент
- 4) калликреин
- 5) антитромбин

#### ***2. Понятие «абсорбция» в фотометрии идентично понятию:***

- 1) отражение
- 2) пропускание
- 3) рассеивание
- 4) оптическая плотность
- 5) тушение

#### ***3. Биохимические анализаторы позволяют:***

- 1) повысить производительность работы в лаборатории
- 2) проводить исследования кинетическими методами

- 3) расширить диапазон исследований
- 4) выполнять сложные виды анализов
- 5) все\_перечисленное

**4. К методам срочной лабораторной диагностики следует отнести определение:**

- 1) активности кислой фосфатазы
- 2) белковых фракций
- 3) опухолевых маркеров
- 4) общего холестерина
- 5) билирубина у новорожденных

**5. Усиливают анаболизм белков:**

- 1) тироксин
- 2) глюкокортикоиды
- 3) СТГ, половые гормоны
- 4) инсулин
- 2) паратгормон

**6. К белкам плазмы относят**

- 1) кератины
- 2) эластин
- 3) глобулины
- 4) склеропротеины
- 5) коллагены

**7. Определение альфа-фетопротеина имеет диагностическое значение при:**

- 1) эхинококкозе печени
- 2) первичном раке печени
- 3) инфекционном гепатите
- 4) 4 раке желудка
- 5) 5 осложненном инфаркте миокарда

**8. К клеткам, продуцирующим гамма-глобулины, относятся:**

- 1) плазматические клетки
- 2) моноциты
- 3) базофилы
- 4) макрофаги

5) тромбоциты

**9. Фибриноген снижается в крови при:**

- 1) инфаркте миокарда
- 2) циррозе печени
- 3) ревматизме
- 4) уремии
- 5) остром воспалении

**10. Парпротеины появляются в крови при:**

- 1) болезни Вальденстрема
- 2) миеломе
- 3) болезни тяжелых цепей
- 4) болезни легких цепей
- 5) всех перечисленных заболеваний

**11. Трансферрин - это соединение апо-ферритина с:**

- 1) цинком
- 2) железом
- 3) натрием
- 4) кобальтом
- 5) калием

**12. Содержание креатинина в крови увеличивается при:**

- 1) хронической почечной недостаточности
- 2) гепатите 3) гастрите
- 4) язвенном колите
- 5) всех перечисленных состояниях

**13. Определение клиренса эндогенного креатинина применимо для:**

- 1) оценки секреторной функции канальцев почек
- 2) определения концентрирующей функции почек
- 3) оценки количества функционирующих нефронов
- 4) определения величины почечной фильтрации
- 3) ни для одной из перечисленных задач

**14. Мочевая кислота повышается в сыворотке при:**

- 1) гастрите, язвенной болезни

- 2) гепатитах
- 3) лечении цитостатиками
- 4) эпилепсии, шизофрении
- 5) всех перечисленных заболеваниях

**15. Основная физиологическая роль гаптоглобина:**

- 1) связывание гемоглобина
- 2) антипротеолитическая активность
- 3) участие в реакции иммунитета
- 4) участие в свертывании крови
- 5) все перечисленное верно

**16. Гипогаммаглобулинемия наблюдается при:**

- 1) лимфосаркоме
- 2) миеломной
- 3) облучении
- 4) длительных хронических заболеваниях
- 5) при всех перечисленных состояниях

**17. Наиболее выраженное повышение С-реактивного белка наблюдается при:**

- 1) вирусных инфекциях
- 2) склеродермии
- 3) бактериальных инфекциях
- 4) лейкемии
- 5) все перечисленное верно

**18. Гипоальбуминемия наблюдается при:**

- 1) циррозе печени
- 2) кровотечении
- 3) гипертиреозидозе
- 4) нефротическом синдроме
- 5) все перечисленное верно

**19. Альфа-1 - антитрипсин – это:**

- 1) белок острой фазы
- 2) ингибитор сериновых протеиназ
- 3) ингибитор лейкоцитарной эластазы
- 4) все перечисленное верно

5) все перечисленное неверно

**20. Всасывание углеводов происходит главным образом в:**

- 1) ротовой полости
- 2) желудке
- 3) тонкой кишке
- 4) толстой кишке
- 5) все перечисленное верно

**ТЕМА: КЛИНИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ РАССТРОЙСТВ ГЕМОСТА-  
ЗА.**

**Основные вопросы темы.**

- 1) Функции системы гемостаза в организме
- 2) Виды гемостаза
- 3) Составляющие элементы первичного гемостаза
- 4) Роль тромбоцитов в гемостазе
- 5) Характеристика коагуляционного гемостаза. Плазменные факторы коагуляции
- 6) Основные компоненты фибринолитической системы
- 7) Методы исследования сосудисто-тромбоцитарного гемостаза
- 8) Методы исследования коагуляционного гемостаза. Методы оценки коагуляционного гемостаза
- 9) Понятие о протромбиновом времени. Способы выражения ПТВ
- 10) Методы определения фибриногена

**Актуальность темы.**

**Гемостаз** — это функция организма, обеспечивающая, с одной стороны, сохранение крови в кровеносном русле в жидком агрегатном состоянии, а с другой стороны – остановку кровотечения и предотвращение кровопотери при повреждении кровеносных сосудов. **Система гемостаза включает в себя:**

1. Сосудисто-тромбоцитарный гемостаз (первичный).
2. Коагуляционный гемостаз (вторичный).
3. Фибринолиз.

## **Составляющие элементы первичного гемостаза: А.**

### ***Сосуды и ткани:***

- Сосуды различного калибра спазмируются в ответ на выделение сосудосуживающих субстанций, таких как серотонин, адреналин, норадреналин и др.;

- эндотелий сосудов в неповрежденном виде обладает антикоагуляционными свойствами (гепариноиды на поверхности эндотелия), а при повреждении становится мощным прокоагулянтом. **Б.**

### ***Морфологические элементы крови:***

- тромбоциты; □ эритроциты; □ лейкоциты.

### ***Роль тромбоцитов в гемостазе:***

- на поверхности тромбоцитов происходит большинство реакций плазменного гемостаза;

- адгезия тромбоцитов □ способность активированных тромбоцитов прилипать к стенке сосуда на месте повреждения;

- агрегация тромбоцитов □ способность их прилипать друг к другу с образованием агрегатов.

### ***Роль тромбоцитов в гемостазе:***

- на поверхности тромбоцитов происходит большинство реакций плазменного гемостаза;

- адгезия тромбоцитов □ способность активированных тромбоцитов прилипать к стенке сосуда на месте повреждения;

- агрегация тромбоцитов □ способность их прилипать друг к другу с образованием агрегатов.

## **Коагуляционный гемостаз.**

Коагуляционный гемостаз обеспечивается протеолитической активацией плазменных факторов, в результате из растворимого белка фибриногена образуется нерастворимый фибрин. Ключевой реакцией гемостаза является генерация тромбина.

### ***Плазменные факторы коагуляции:***

**Фактор I** (фибриноген) □ белок, который синтезируется в печени.

Концентрация фибриногена в крови составляет 2-4 г/л. Уменьшение концентрации менее 1 г/л угрожает пациенту кровотечением.

**Фактор II** (протромбин) □ гликопротеид, синтезируется в печени. Для синтеза этого фактора необходим витамин К. В результате воздействия на него мультиферментного комплекса протромбиназы образуется ключевой фермент гемостаза – тромбин.

**Фактор III** (тканевой фактор) □ рецепторный белок мембраны клеток, находится во всех органах и тканях организма, в том числе и эндотелии сосудов. Является рецептором для VII фактора и обеспечивает активацию гемостаза.

**Фактор IV** (кальций) □ участвует во всех этапах плазменного гемостаза.

**Фактор V** (проакцелерин) □ синтезируется в печени, принимает участие в активации протромбина, являясь частью мультиферментного комплекса протромбиназы. При недостатке развивается парагемофилия.

**Фактор VI / VII** (проконвертин/конвертин) □ витамин К зависимый белок, синтезирующийся в печени. Около 1% циркулирует в крови в активной форме VIIa. VIIa на поверхности поврежденного эндотелия образует комплекс с тканевым фактором, который в свою очередь активирован фX, таким образом обеспечивая генерацию микроколичеств тромбина, что играет ключевую роль в усилении процесса свертывания крови.

**Факторы VIII, IX, XI** □ антигемофильные факторы. Активированные факторы VIIIa и IXa на фосфолипидной поверхности мембран образуют теназный комплекс, который образует главный компонент протромбиназы – фактор Xa.

**Фактор X** (фактор Стюарта) □ является ключевым энзимом протромбиназы, которая трансформирует протромбин в тромбин.

**Фактор XII** (фактор Хагемана) □ фактор контакта. Дефицит этого фактора обычно клинически не проявляется.

**Фактор XIII** (фибринстабилизирующий фактор). Образует D=D связи в нестабильном полимере фибрина, что стабилизирует последний. **Основные компоненты фибринолитической системы.**

1. **Плазминоген** – это профермент из которого образуется фибринолитический энзим плазмин.

2. **Активаторы плазминогена** – превращают плазминоген в плазмин:

- тканевой активатор плазминогена (ТПА) – является главным активатором в плазме;
- урокиназный активатор плазминогена (УПА) – является главным активатором в тканях.

3. **Ингибиторы активаторов плазминогена**

(**ИАП**): □ ИАП1 – образуется в эндотелии сосудов;

□ ИАП2 – образуется в плаценте.

4. **Ингибиторы плазмина:** □ 2-антиплазмин, □ 2-макроглобулин и □ 1-антитрипсин.

5. **Рецепторы урокиназного активатора плазминогена** – обеспечивает протекание фибринолиза в тканях.

6. **Рецептор плазминогена.** 7. **Тромбин-активируемый ингибитор фибринолиза (ТАФИ).**

## Методы исследования сосудисто-тромбоцитарного гемостаза.

### 1. **Определение времени кровотечения.**

Многочисленные модификации теста основаны на точном измерении длительности кровотечения из ранки на мочке уха, дистальной фаланги пальца руки или верхней трети ладонной поверхности предплечья.

#### **Метод Дьюке.**

Стерильным скарификатором или плоским ланцетом прокалывают нижний валик мочки уха (глубина прокола 3,5-4 мм) и включают секундомер. Предварительно мочку уха согревают. Выступающие капли крови каждые 30 с промокают фильтровальной бумагой, не прикасаясь к ранке. В момент, когда новые капли крови не образуются, выключают секундомер и определяют общую длительность кровотечения, а также оценивают размеры капель.

В норме время кровотечения по Дьюку не превышает **4 мин.** Его увеличение наблюдается при выраженных тромбоцитопениях или/и тяжелых нарушениях их функции (тромбоцитопатиях). Следует помнить также, что у 60% больных с этой патологией тест оказывается отрицательным. **Метод Айви.**

Несколько более чувствительным является тест Айви, когда оценивают время кровотечения из надрезов на коже ладонной поверхности верхней трети предплечья на фоне искусственного повышения венозного давления с помощью манжеты для определения АД, в которой поддерживают давление 40 мм рт. ст. По ходу предплечья прикладывают соответствующий шаблон и скальпелем делают два надреза длиной 9 мм и глубиной 1 мм. Засекают время. Не касаясь надрезов, осторожно промокают кровь фильтровальной бумагой каждые 30 с до остановки кровотечения в обеих ранках. Рассчитывают среднее время по двум надрезам. В норме время кровотечения по Айви не превышает 7 минут.

### 2. **Подсчет количества тромбоцитов.**

В настоящее время используется три метода подсчета тромбоцитов в крови:

- В камере Горяева;
- в мазках крови;

- автоматический метод.

**Подсчет в камере Горяева.** Является самым точным, но достаточно трудоемким. Подсчет тромбоцитов в 1 л проводится по стандартной методике с учетом разведения крови и объема большого квадрата счетной сетки Горяева с применением фазово-контрастного микроскопа для лучшего контрастирования тромбоцитов.

Исследуемую кровь разводят в 200 раз раствором аммония ок салата или раствором, содержащим натрия хлорид, фурациллин и дистиллированную воду. Разведенную кровь перемешивают и оставляют на 30 минут для гемолиза эритроцитов. Затем заполняют камеру Горяева и подсчитывают тромбоциты в 25 больших квадра тах.

**Подсчет в мазках крови.** Метод основан на подсчете числа тромбоцитов на 1000 эритроцитов с последующим пересчетом на 1 л крови. Кровь смешивают с раствором магнeзии сульфата или ЭДТА. Мазки готовят на предметных стеклах и окрашивают их по Романовскому-Гимзе. В каждом поле зрения микроскопа подсчитывают число эритроцитов и тромбоцитов, передвигая мазок до тех пор, пока не будут просчитаны 1000 эритроцитов. Зная число эритроцитов в 1 л крови, рассчитывают количество тромбоцитов в этом объеме.

**Автоматический метод.** Данный метод с использованием современных анализаторов значительно облегчает и ускоряет исследование, в связи с чем находит все большее распространение в клинической практике.

### **3. Оценка агрегации тромбоцитов.**

Определение агрегационной способности тромбоцитов можно выполнить с помощью следующих методов:

**Качественные методы** (общее ориентировочное представление об агрегационной активности) основаны на визуальном определении тромбоцитарных агрегатов, образующихся при смешивании тромбоцитарной плазмы с различными, чаще естественными, стимуляторами агрегации:

- **в пробирке** – макроскопический способ;
- **на предметном стекле** – микроскопический способ.

В качестве стимуляторов агрегации используют растворы АДФ, тромбина, адреналина, коллагена, ристомицина. Регистрируют время образования крупных агрегатов тромбоцитов, которое в норме обычно не превышает **10-60 с**.

**Количественная фотометрия** – это регистрация процесса агрегации с помощью агрегометров (наиболее полная оценка агрегационной способности тромбоцитов). Метод заключается в графической регистрации изменения оптической плотности тромбоцитарной плазмы при перемешивании ее со стимуляторами агрегации.

Образование тромбоцитарных агрегатов ведет к увеличению светопропускающей способности тромбоцитарной плазмы.

*Полученные при этом агрегатограммы анализируют по не скольким количественным параметрам:*

1. Времени начала агрегации после добавления соответствующего стимулятора.
2. Амплитуде агрегатограммы на 2-й и 6-й минутах исследования.
3. Общей площади агрегатограммы.

*В зависимости от используемого стимулятора и его дозы агрегатограмма может иметь различную форму:*

- при использовании в качестве стимуляторов агрегации тромбоцитов коллагена, тромбина, ристомидина регистрируют одну большую волну агрегации;
- при добавлении к тромбоцитарной плазме малых доз АДФ – двухволновую агрегатограмму.

Отсутствие на агрегатограммах, полученных при использовании в качестве стимулятора малых доз АДФ, второй волны агрегации свидетельствует об уменьшении в тромбоцитах гранул, содержащих биологически активные вещества (недостаточность пула хранения), или о нарушении реакции высвобождения этих веществ из тромбоцитов. **Методы исследования коагуляционного гемостаза.**

В основе большинства лабораторных тестов оценки плазменного звена гемостаза лежит **клотинговый метод**.

Принцип всех клотинговых тестов основан на определении времени образования фибринового сгустка (*clot* – сгусток) после добавления в исследуемую плазму ионов кальция и активатора того этапа коагуляционного гемостаза который нас интересует.

**Методы оценки коагуляционного гемостаза АЧТВ (активированное частичное тромбопластиновое время).**

АЧТВ используется как скрининговый тест для оценки внутреннего пути активации коагуляционного гемостаза, скрининговой диагностики волчаночного антикоагулянта и мониторинга за антикоагулянтным действием гепарина.

Метод основан на измерении времени свертывания бестромбоцитарной плазмы при добавлении в нее оптимального количества кальция хлорида или каолина, что обеспечивает стандартизацию контактной активизации факторов свертывания. Реагент для АЧТВ содержит контактный активатор (суспензия каолина) и фосфолипиды (кефа-

лин). Контакт плазмы с частицами каолина стимулирует продукцию активного фактора XII (XIIa), предоставляя поверхность для функционирования высокомолекулярного кининогена, калликреина и фактора XIIa. Фосфолипиды необходимы для образования комплексов с активным фактором X (Xa) и протромбином.

После определённого времени инкубации в реакционную смесь добавляется хлорид кальция. Тем самым имитируется запуск свертывания по внутреннему пути и выявляется возможный дефицит факторов, участвующих в нем, либо наличие ингибиторов свертывания.

*Укорочение АЧТВ* иногда определяется у больных с тромбофилией. Это может быть связано с резистентностью фактора V к активному протеину C, повышенным уровнем фактора VIII или активированных факторов свертывания. Однако чаще всего укорочение АЧТВ объясняется нарушениями работы с кровью на преаналитическом этапе.

*Удлинение АЧТВ происходит при:*

- врожденном или приобретенном дефиците факторов II, V, VIII, IX, X, XI, XII, прекалликреина, снижении активности ф-VIII на фоне болезни Виллебранда;
- лечении гепарином, гирудином или апротинином (ингибитор контактной фазы коагуляции);
- присутствии в крови ПДФ, волчаночного антикоагулянта;
- нарушении функции печени;
- коагулопатии потребления (ДВС-синдром);
- тяжелой дисфибриногенемии или афибриногенемии.

### **Протромбиновое время (ПТВ).**

Протромбиновое время – широко используемый скрининговый тест для оценки внешнего пути активации коагуляционного гемостаза. ПТВ обычно используется для определения активности фактора VII и контроля за лечением непрямыми антикоагулянтами.

ПТВ представляет собой коагуляционный тест, в котором определяют время свертывания плазмы пациента после добавления к ней смеси тканевого тромбопластина и ионов кальция, что приводит к запуску свертывания по внешнему пути.

*ПТВ удлиняется при:* дефиците факторов VII, X, V, протромбина и фибриногена, в том числе при тяжелых заболеваниях печени, наличии аутоантител против факторов свертывания.

*Существует несколько способов выражения ПТВ:*

- **Протромбиновый индекс (ПТИ)** = ПВстандартной плазмы/ПВпациента (0,8-1,2). Увеличение свидетельствует о гиперкоагуляции, а уменьшение о гипокоагуляции.

- **Протромбиновое отношение (ПО или PR)** = ПВпациента/ПВстандартной плазмы (0,94-1,1).

- **Международное нормализованное отношение (МНО или INR)**, которое рассчитывается следующим образом:

$$\text{МНО} = \text{ПО}^{\text{МИЧ}}$$

МИЧ (ISI) – международный индекс чувствительности, соотносящий активность тканевого фактора из животных источников со стандартом тканевого фактора у человека (рекомендуемое ВОЗ значение МИЧ до 1,2).

### **Тромбиновое время (ТВ).**

Метод заключается в определении времени свертывания плазмы при добавлении в нее раствора стандартного тромбина, который обладает способностью индуцировать превращение фибриногена в фибрин без участия других факторов свертывания крови.

Определение тромбинового времени позволяет оценить конечный этап коагуляционного гемостаза (фибринообразование). ТВ зависит от концентрации фибриногена, его свойств и наличия в крови ингибиторов тромбина (гепарин, антитромбин III). Определение ТВ используют в целях выявления дисфибриногемий и оценки антикоагулянтной активности крови.

Пролонгированное ТВ наблюдается при значительном снижении уровня фибриногена крови (менее 0,5 г/л), наличии продуктов деградации фибрина, в том числе при ДВС-синдроме, тромболитической терапии или присутствии в крови аномальных форм фибриногена (при врожденной патологии и вследствие заболеваний печени).

Присутствие антикоагулянтов прямого действия, в частности гепарина, также вызывает удлинение тромбинового времени (комплекс гепарин-антитромбин нейтрализует добавленный тромбин). Антикоагулянты непрямого действия не влияют на результаты теста. Удлинение тромбинового времени, помимо этого, может быть связано с присутствием аутоантител к тромбину или наличием в плазме парапротеинов, которые препятствуют полимеризации мономеров фибрина.

*Удлинение тромбинового времени наблюдается при:*

- гипофибриногемии (менее 0,5 г/л);
- дисфибриногемии (наследственные, приобретенные);

- повышенном содержании в крови продуктов деградации фибрина (ДВС-синдром; фибринолитическая терапия);
- присутствии в крови антикоагулянтов прямого действия (гепарина, гирудина, синтетических антитромбинов);
- парапротеинемии.

*Укорочение тромбинового времени может произойти при:* □  
повышенном риске тромбообразования (I-я стадия ДВС-синдрома);

- значительном повышении концентрации фибриногена в крови.

### **Фибриноген.**

Фибриноген представляет собой белок, синтезирующийся в печени и являющийся предшественником фибрина. Определение концентрации фибриногена в плазме крови является один из рутинных тестов коагулограммы.

#### **Методы определения.**

##### **Определение по Клауссу.**

Определение фибриногена по Клауссу считается наиболее адекватным тестом, выполняется на коагулометрах. Оно основано на определении времени образования сгустка при добавлении высокой концентрации тромбина к разбавленной в 10-20 раз плазме. При этом логарифм времени образования сгустка прямопропорционален логарифму концентрации фибриногена. Если время свертывания очень короткое (<5 с), то тест проводится с использованием разведенной плазмы. Гепарин не оказывает влияния на результаты определения. **Гравиметрический метод.**

Принцип данного метода заключается в высушивании и взвешивании сгустка, который образуется при добавлении к плазме 0,2 мл стандартного раствора тромбина. **Турбидиметрический метод.**

При этом определение фибриногена осуществляется по изменению мутности плазмы с использованием батроксомбина. Метод широко используется при автоматических вариантах определения фибриногена.

##### **Иммунохимические методы.**

Методы из данной группы основаны на турбидиметрическом или нефелометрическом способе регистрации, использовании поликлональных антител и адаптированы к иммунохимическим анализаторам. Как правило, для каждого иммунохимического анализатора применяется специфический тест-набор на фибриноген. Недостатком данных методов является то, что они не дифференцируют нативный фибриноген и продукты его деградации. Это особенно важно при ведении больных, которым проводится тромболитическая

терапия, при обширных тромбозах и ДВС-синдроме, когда происходит значительное увеличение в плазме ПДФ.

***Клиническое значение:***

Фибриноген - острофазный белок. Его концентрация увеличивается при тяжелых бактериальных инфекциях, травмах и тромбозах. К значительному росту уровня фибриногена приводят заболевания почек (пиелонефрит, гломерулонефрит, гемолитикоуремический синдром), коллагенозы (ревматоидный артрит, узелковый периартериит), ночная пароксизмальная гемоглобинурия, новообразования (рак легких). При атеросклерозе наблюдается устойчивое увеличение фибриногена, трудно корригируемое лекарственными препаратами. Риск развития сердечно-сосудистых заболеваний при этом повышается пропорционально росту его уровня. Повышение концентрации фибриногена в плазме крови больных сердечно-сосудистыми заболеваниями предшествует развитию инфаркта миокарда и инсульта. Корреляция между уровнем данного белка и развитием этих осложнений особенно четко прослеживается у пациентов молодого возраста. Определение уровня фибриногена является одним из наиболее чувствительных тестов для выявления бессимптомных стадий поражения периферических сосудов.

Дисфибриногемия представляет собой относительно часто встречающееся состояние, причем оно может определяться несколькими мутациями, одни из которых не сопровождаются, а другие сопряжены с кровотечениями.

Снижение концентрации фибриногена в плазме наблюдается при:

- врожденном дефиците;
- печеночно-клеточной недостаточности;
- ДВС-синдроме;
- острых фибринолитических состояниях;
- поражениях костного мозга (лейкоз, опухолевые метастазы).

***Референтные значения:***

2-4 г/л.

**Определение высокомолекулярных производных фибриногена.**

Наиболее важными в практическом отношении высокомолекулярными производными фибриногена являются:

**1) *Растворимые фибрин-мономерные комплексы (РФМК).***

Они представляет собой высокомолекулярные растворимые комплексы фибрин-мономера с фибриногеном и с продуктами расщепления фибриногена/фибрина. В норме РФМК не обнаруживаются. Их появление в

плазме свидетельствует о нарушении процесса нормальной полимеризации фибринмономеров.

2) **Продукты деградации фибриногена (ПДФ)**. Вещества, в не больших количествах образующиеся и в норме в результате расщепления фибрина.

### **Определение растворимых фибрин-мономерных комплексов (РФМК).**

Для выявления РФМК в клинике чаще используются так называемые *паракоагуляционные тесты*. Они основаны на феномене неферментативного свертывания РФМК при добавлении к плазме, в которой содержатся РФМК, 50% раствора этанола или 1% раствора протамина сульфата.

**Проба с 50% раствором этанола** является более чувствительной. В пробирку набирают 0,15 мл 50% этанола и 0,5 мл плазмы. Её встряхивают и помещают в штатив при комнатной температуре. Проба расценивается как положительная, если через 1–10 мин в пробирке образуется гель.

**Проба с протамином сульфатом** позволяет выявить не только полимеризацию фибрин-мономеров, высвобождающихся из РФМК, но и обнаружить осаждение ранних продуктов расщепления фибриногена/фибрина. Перед началом исследования предварительно готовят 5 разведений 1% раствора протамина сульфата (в 5, 10, 20, 40 и 80 раз). В каждое из приготовленных разведений добавляют 0,2 мл плазмы. Пробирки оставляют на 30 мин при комнатной температуре. Оценка результатов проводится так же, как и в пробе с этанолом. В норме отрицательный результат обнаруживают во всех разведениях протамина сульфата. Если хотя бы в одном из разведений образуется гель, результат оценивается как положительный.

Положительная проба с этанолом, а также положительный результат протаминсульфатной пробы в первых двух разведениях свидетельствует о наличии в плазме РФМК. Образование геля во всех разведениях протамина сульфата больше характерно для повышения уровня ранних продуктов расщепления фибриногена/фибрина.

Положительные результаты обеих проб встречаются при ДВСсиндроме, а также массивных тромбозах и тромбоемболиях, сопровождающихся активацией системы фибринолиза.

### **Определение продуктов деградации фибрина (ПДФ) D-димеры.**

D-димеры – это специфические продукты деградации фибрина, образующиеся в процессе лизиса сгустка крови под влиянием плазмина и некоторых неспецифических фибринолитиков. Концентрация D-димеров в сыворотке пропорциональна активности фибринолиза и количеству

лизируемого фибрина. Этот тест позволяет судить об интенсивности процессов образования и разрушения фибриновых сгустков.

Определение D-димеров может проводиться иммуноферментным методом с использованием моноклональных антител, иммунодиффузии, методом турбидиметрии, а также латекс-агглютинации.

*Повышение уровня D-димеров* в крови наблюдается при венозных тромбозах, атеротромбозе, тромбоэмболии легочной артерии, ДВС-синдроме, при массивных оперативных вмешательствах.

На содержание D-димеров влияют такие факторы, как размер тромба, время от начала клинических проявлений до назначения антикоагулянтной терапии, длительность приема антикоагулянтов.

### **Конечный уровень знаний.**

#### ***1. Тромбоциты образуются в:***

- 1) селезенке
- 2) костном мозге
- 3) лимфатических узлах
- 4) все ответы правильные
- 5) правильного ответа нет

#### ***2. Тромбоцитопения характерна для:***

- 1) краснухи новорожденных
- 2) лучевой болезни
- 3) ДВС-синдрома
- 4) ВИЧ-инфекции
- 5) все перечисленное верно

#### ***3. Пойкилоцитоз - это изменение:***

- 1) формы эритроцитов
- 2) размера эритроцитов
- 3) интенсивности окраски эритроцитов
- 4) объема эритроцитов
- 5) всех перечисленных параметров

#### ***4. Подсчет эритроцитов рекомендуется проводить сразу после взятия крови при:***

- 1) железодефицитных анемиях
- 2) гемолитических анемиях
- 3) апластических анемиях

- 4) В<sub>12</sub>- дефицитных анемиях
- 5) всех перечисленных анемиях

**5. Основным энергетическим субстратом в эритроцитах является:**

1. глюкоза
2. фруктоза (балл - 0)
3. липиды (балл - 0)
4. глутатион (балл - 0)
5. гликоген (балл - 0)

**6. Для подсчета тромбоцитов может быть использован любой из перечисленных методов, кроме:**

- 1) в камере с применением фазово-контрастного устройства
- 2) в мазках крови
- 3) в камере Горяева
- 4) на гематологическом анализаторе
- 5) тромбоэластограммы

**7. Основную массу тромбоцитов периферической крови здоровых людей составляют:**

- 1) юные
- 2) зрелые
- 3) старые
- 4) формы раздражения
- 5) регенеративные

**8. Снижение количества тромбоцитов в периферической крови происходит в результате:**

- 1) редукции мегакариоцитарного аппарата костного мозга, нарушения отшнуровки тромбоцитов от мегакариоцитов
- 2) снижения продолжительности жизни тромбоцитов
- 3) повышенного потребления тромбоцитов
- 4) разрушения тромбоцитов антитромбоцитарными антителами
- 5) всех перечисленных причин

**9. Реактивный тромбоцитоз возможен при:**

- 1) кровотечении
- 2) оперативном вмешательстве
- 3) малых дозах ионизирующей радиации

- 4) злокачественных новообразованиях
- 5) всех перечисленных состояниях

**10. Повышение количества тромбоцитов наблюдается при любом из перечисленных заболеваний, кроме:**

- 1) начального периода хронического миелолейкоза
- 2) миелофиброза
- 3) эритремии
- 4) В<sub>12</sub>-дефицитной анемии
- 5) всех перечисленных состояниях

**11. Выраженная тромбоцитопения наблюдается при:**

- 1) лучевой болезни
- 2) дефиците витамина В<sub>12</sub> и фолиевой кислоты
- 3) апластических анемиях
- 4) остром лейкозе
- 5) всех перечисленных заболеваниях

**12. В процессах гемостаза тромбоциты выполняют функцию:**

- 1) ангиотрофическую
- 2) адгезивную
- 3) коагуляционную
- 4) агрегационную
- 5) все перечисленные функции

**13. Подсчитано 80 тромбоцитов на 1000 эритроцитов, количество эритроцитов в крови равно  $4,0 \times 10^{12}/л$ , число тромбоцитов в крови составляет:**

- 1)  $240 \times 10^9/л$
- 2)  $280 \times 10^9/л$
- 3)  $300 \times 10^9/л$
- 4)  $320 \times 10^9/л$
- 5)  $340 \times 10^9/л$

**14. Тромбоциты образуются из:**

- 1) плазмобласта
- 2) миелобласта
- 3) мегакариобласта
- 4) фибробласта
- 5) лимфобласта

**15. Тромбоцитопатии не сопровождаются:**

- 1) удлинением времени кровотечения
- 2) удлинением времени свертывания
- 3) нарушением образования протромбиназы
- 4) К-авитаминозом
- 5) ни одним из перечисленных эффектов

**16. Тромбоцитопенией сопровождаются все перечисленные заболевания, кроме:**

- 1) гиперспленизма
- 2) ДВС-синдрома
- 3) гемофилии
- 4) синдрома Казабаха-Меритта
- 5) ни одного из перечисленных

**17. Фибринообразование следует контролировать:**

- 1) Фибриногеном
- 2) Протромбиновым временем
- 3) Активированным частичным тромбопластиновым временем (АЧТВ) 4) Антитромбином III
- 5) Определением протеина С.

**18. Антикоагулянты непрямого действия можно контролировать:**

1. Временем свертывания
2. Тромбиновым временем
3. Протромбиновым временем (МНО)
4. Продуктами деградации фибрина
5. Антитромбином III

**19. При гемофилии имеется дефицит факторов**

- 1) Плазмы
- 2) Тромбоцитов
- 3) Лейкоцитов
- 4) Эндотелия сосудов
- 5) Фибринолиза

**20. Тромбинообразование следует контролировать:**

- 1) Тромбиновым временем
- 2) Фактором XIII

- 3) Толерантностью плазмы к гепарину
- 4) Протромбиновым временем
- 5) Антитромбином III

## ТЕМА: БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ МЕТАБОЛИЗМА КОСТНОЙ ТКАНИ.

### Основные вопросы темы.

- 1) Костная ткань как разновидность соединительной ткани
- 2) Образование костной ткани и механизмы ее разрушения
- 3) Характеристика межклеточного матрикса, значение остеобластов и остеокластов
- 4) Резорбция костной ткани (функция остеокластов)
- 5) Роль паратгормона в формировании костной ткани
- 6) Роль кальцитонина
- 7) Роль витамина D в формировании костной ткани
- 8) Метаболические заболевания костной ткани
- 9) Понятие об остеодистрофиях, биохимические основы развития

### Актуальность темы.

#### Биохимия костной ткани.

Костная ткань относится к разновидности соединительной ткани.

Состав кости. Имеется несколько различных видов костей: трубчатые, губчатые и т.п.

Минеральная часть кости состоит главным образом из различных форм **фосфатов** кальция, кроме того включает **карбонаты, фториды, гидроксиды и цитраты**. В состав костей входит большая часть  $Mg^{2+}$ , около 1/4 всего  $Na^+$  организма и небольшая часть  $K^+$ .

Кристаллы кости состоят из гидроксиапатитов, их приблизительный состав  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ . Кристаллы имеют форму пластинок или палочек размерами 8-15\*20-40\*200-400 Å. Вследствие неорганической кристаллической структуры упругость кости сходна с **упругостью бетона**.

#### Функции минеральной фазы костной ткани:

- 1) составляет остов кости
- 2) придает прочность
- 3) придаёт форму
- 4) защитная
- 5) депо минеральных веществ

Неорганические компоненты составляют только около 1/41/3 **объёма** кости; остальной объём занимает органический матрикс. Однако удельные массы органических и неорганических компонентов кости различны, поэтому

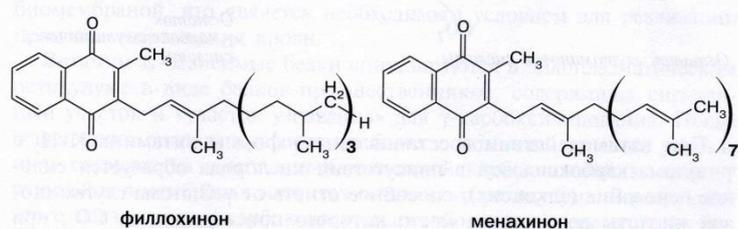
на долю нерастворимых минералов приходится 1/2 **массы**. При вымачивании кости в разведенных растворах кислот ее минеральные компоненты вымываются, и остается гибкий, мягкий, полупрозрачный органический остаток, сохраняющий форму кости.

Органический матрикс состоит из коллагена на 90%, неколлагеновых белков и протеогликанов.

1) Коллагеновые фибриллы костного матрикса образованы коллагеном I типа, который входит также в состав сухожилий, кожи, дентина.

2) В кости и зубах есть неколлагеновые белки, как общие, так и специфичные (только для костной ткани или только для зубных тканей).

Остеокальцин – костный глутаминовый белок (gla-белок) – присутствует и в зубах. Он небольшой - 49 аминокислотных остатков, прочно связан с кристаллами гидроксиапатита и регулирует связывание  $Ca^{2+}$  в костях и зубах. Для его синтеза остеобластам нужен витамин К, который способствует присоединению дополнительной карбокси-группы к глутаминовой кислоте (в радикальной части аминокислоты получается –  $CH_2-CH(COO^-)_2$ ). Приобретая дополнительный «-» заряд, остаток глутаминовой аминокислоты становится способным прочно связывать  $Ca^{2+}$ . Синтезированный остеокальцин включается во внеклеточное пространство кости, однако небольшая его часть попадает в кровоток, где и может быть проанализирована (наборы ИФА). Активность остеобластов, продуцирующих остеокальцин, ингибируется высоким уровнем паратгормона (ПТГ), в результате снижается содержание этого белка в кости и крови.



### **Биохимические маркёры метаболизма костной ткани.**

Биохимические маркеры дают информацию о патогенезе заболеваний скелета и о скорости ремоделирования. Они могут использоваться для контроля эффективности лечения в короткие сроки и идентифицировать больных с быстрой потерей костной массы. Биохимические маркеры измеряют усредненную скорость ремоделирования всего скелета, а не отдельных его областей. Различают биохимические маркеры формирования и резорбции кости, характеризующие функции остеобластов и остеокластов.

Образование

Резорбция

**сыворотка:** остеокальцин, общая и специфическая костная щелочная фосфатаза, проколлагеновые С- и N-пептиды

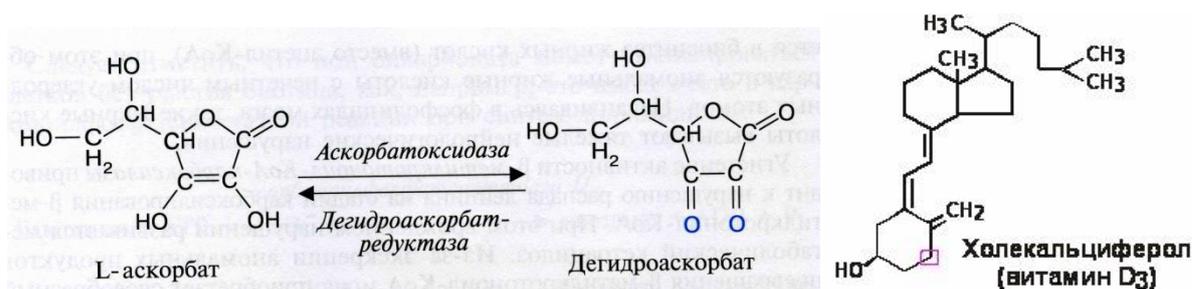
**плазма:** тартрат-резистентная кислая фосфатаза, пиридинолин и дезоксипиридинолин, продукты деградации коллагена I типа (N- и С-телопептиды);

**моча:** пиридинолин и дезоксипиридинолин, продукты деградации коллагена I типа – N- и С-телопептиды, кальций и гидроксипролин натошак и гликозиды гидроксизина

**В процессе разрушения костного матрикса** коллаген I типа расщепляется, и его небольшие фрагменты поступают в кровяное русло. Пиридиновые сшивки, а также С- и N-телопептиды с поперечными сшивками выводятся с мочой. Скорость костной резорбции оценивается количественным анализом таких продуктов деградации коллагена I типа, как гидроксипролин, пиридинолиновые и дезоксипиридинолиновые поперечные сшивки и специфические пептидные фрагменты. Высокоспецифичными маркерами костной резорбции оказались телопептидные фрагменты коллагена I типа. **Факторы, влияющие на метаболизм костей (витамины и гормоны).**

Доставка веществ в кость происходит по гаверсовым каналам и лакунам. Рост скелета задерживается в условиях любой недостаточности, в том числе и при недостаточной калорийности пищи. Однако, только при недостатке  $\text{Ca}^{2+}$ , фосфатов и витаминов (А, D, С) наблюдаются характерные поражения костей.

**Аскорбиновая кислота.** При её недостатке мезенхимальные клетки не вырабатывают нормальный коллаген, что приводит и к нарушению обызвествления.



**Витамин D** оказывает на кость **многоплановое влияние.**

1) Повышает проницаемость эпителия кишечника для кальция и фосфора, стимулирует всасывание  $\text{Ca}^{2+}$ , повышает реабсорбцию кальция, фосфора, натрия, цитратов, аминокислот в проксимальных канальцах почек, поэтому **недостаток витамина D** проявляется в снижении поступления  $\text{Ca}^{2+}$  в кровь. Отсюда недостаточное обызвествление кости и развитие рахита при дефиците витамина D.

2) Снижает синтез паратгормона, усиливает синтез щелочной фосфатазы (минерализация в эпифизах), коллагена, регулирует образование белковой стромы, рассасывание костной ткани в диафизах – нормализация минерализации;

3) кальцидиол, кальцитриол снижают пролиферацию, усиливают дифференцировку клеток.

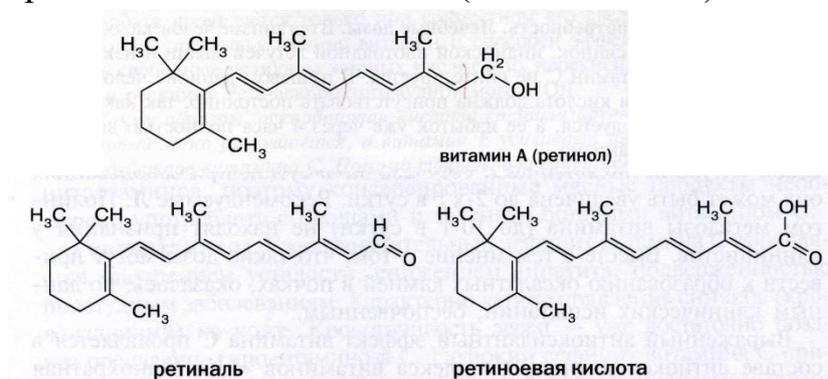
Напротив, при избытке витамина D наблюдается усиленное рассасывание костей и увеличение концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  в сыворотке крови. Повышение  $\text{Ca}^{2+}$  и P в крови приводит к значительному их увеличению в моче и образованию камней в почках.

При отравлении витамином D активность гидроксилазы в почках ингибируется избытком субстрата, что препятствует синтезу активных форм витамина. Далее начинается рассасывание костной ткани. Усиление резорбции кости сопровождается подавлением процессов ее образования и торможением дифференцировки костных клеток в активные формы. Вследствие деминерализации костей повышается уровень кальция в крови и его выделение с мочой. Параллельно интенсивно всасывается кальций из кишечника → общая гиперкальциемия, повреждение клеточных мембран → нарушение функционирования разных органов. В результате деминерализации костей даже незначительные травмы вызывают множественные переломы.

### Витамин А.

Биологически активные формы (ретиновые кислоты) способны регулировать рост и дифференцировку клеток различных тканей организма. Действие ретиновых кислот направлено и на остеобласты, и на остеокласты. Витамин А снижает продукцию остеобластами коллагена и увеличивает секрецию коллагеназы. Одновременно он стимулирует образование остеокластов и активирует остеокластическую резорбцию.

При недостатке витамина А нарушается рост скелета (остеосклероз), поскольку витамин участвует в синтезе гепарина, кислых мукополисахаридов хрящевой и костной тканей (связывание Ca).



При избытке витамина А – у детей наблюдается деформация костей. Это объясняется деполимеризацией и гидролизом хондроитинсульфата, входящего в состав хряща. У взрослых – остеопения, переломы и потеря компонентов костного матрикса.

### **Паратгормон.**

Паратгормон – гормон паращитовидных желёз. Он повышает концентрацию  $\text{Ca}^{2+}$  в крови благодаря действию на кишечник, кости и почки. Паратгормон ингибирует реабсорбцию Р в почечных канальцах, что приводит к понижению его концентрации в плазме и, как следствие, к дополнительной стимуляции рассасывания костей для пополнения недостаточных количеств этого иона в циркулирующей крови.

Метаболический эффект паратгормона опосредуется его действием на остециты, которые в свою очередь оказывают регуляторное влияние на структуру матрикса кости. Паратгормон активирует связанную с мембраной костных клеток аденилатциклазу и увеличивает поступление  $\text{Ca}^{2+}$  в эти клетки. Увеличение внутриклеточной концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  в остеocyтах приводит к следующим основным эффектам:

1. Активации клеточных систем, участвующих в рассасывании кости;
2. Ускорению превращения клеток-предшественников в остеобласты и остеокласты;
3. Ингибированию синтеза коллагена остеобластами.

При повышении выработки ПТГ снижается Са-связывающая способность кости и может происходить эрозия даже хорошо кальцинированной кости (выход Са, обеднение матрикса кости коллагеном и протеогликаном).

### **Кальцитонин.**

Кальцитонин синтезируется в паращитовидных железах и частично в щитовидной железе.

Его влияние на концентрацию  $\text{Ca}^{2+}$  в крови прямо противоположно действию паратгормона. Он стимулирует перенос Са и Р из крови в кости, ускоряет отложение кальция и ингибирует его выход из костей.

**Механизм антирезорбтивного действия кальцитонина заключается в прямом действии гормона на остеокласты, имеющие к нему большое количество рецепторов.**

Рецепторы кальцитонина связаны с G-белками, один тип которых активирует аденилатциклазу, другой – фосфолипазу С. Последующее увеличение концентрации внутриклеточного кальция вызывает открепление остеокластов и прекращение резорбции.

Первоначальный эффект кальцитонина заключается в активации кальциевого насоса и стимуляции выхода Ca из кости, но одновременно гормон стимулирует и поглощение кальция митохондриями. В результате конечный эффект будет в снижении концентрации кальция в крови.

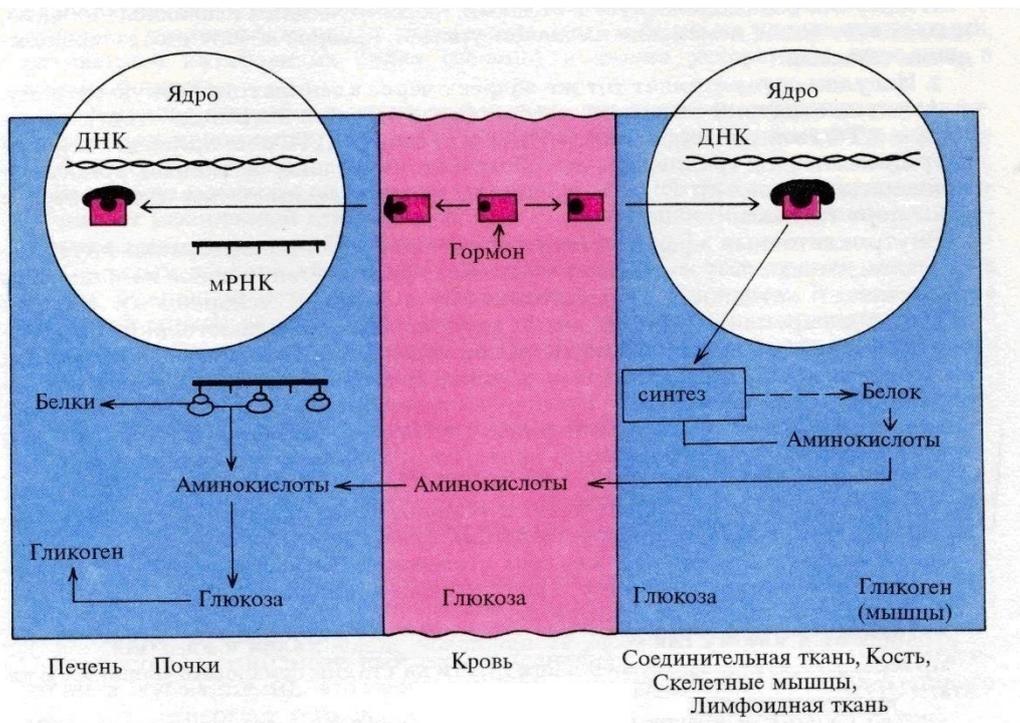
### **Половые гормоны (эстрогены и андрогены).**

Половые гормоны имеют важное значение в обмене костной ткани. Основным эффектом эстрогена (17<sub>2</sub>-эстрадиола) на кость является в снижении скорости её резорбции. Это результат прямого влияния гормона на предшественники остеокластов и подавления остеокластогенеза. Зрелые остеокласты в отличие от предостеокластов не имеют рецепторов к эстрогенам, поэтому их действие опосредовано остеобластами, которые в ответ на половые гормоны снижают секрецию проостеолитических факторов. 17<sub>2</sub>эстрадиол, тестостерон, дигидрокситестостерон и андрогены ограничивают остеопороз, так как ингибируют синтез интерлейкина-6 остеобластами и стромальными клетками костного мозга.

### **Глюкокортикоиды.**

Глюкокортикоиды – жирорастворимые гормоны, поэтому легко проникают через клеточную мембрану, связываются с рецепторными белками (специфическими в разных тканях) и далее действуют по ядерноцитоплазматическому механизму. Влияние глюкокортикоидов на метаболизм в разных тканях происходит по-разному, поскольку используются различные варианты воздействия на геном клетки.

В костях, соединительной ткани, скелетных мышцах, лимфоидной ткани гормон-Рецепторный комплекс блокирует образование м-РНК для синтеза белков, и освобождающиеся аминокислоты поступают в печень для глюконеогенеза. Одновременно в этих тканях глюкокортикоиды активируют липолиз, продукты которого тоже используются для глюконеогенеза. **Нарушения метаболизма костной ткани возникают вследствие ингибирования процессов синтеза коллагена и неколлагеновых белков кости, а также нарушения регуляторной роли фосфолипидов при минерализации кости.**



**Рис. Комплексное влияние глюкокортикоидов на метаболизм в разных тканях.**

### **Тиреоидные гормоны.**

Тиреоидные гормоны – одни из основных системных регуляторов развития и перестройки кости. Действие обусловлено их влиянием на остеобласты, которые имеют к ним рецепторы. Показано существование другого механизма действия тиреоидных гормонов на остеобласты: Т<sub>3</sub> повышает секрецию гипофизом гормона роста, который, в свою очередь, стимулирует продукцию печенью и другими органами инсулиноподобного фактора роста 1 (ИФР-1).

ИФР-1 модулирует функцию остеобластов, в том числе регуляцию ими остеокластогенеза. Последнее связано с увеличением (под влиянием тиреоидных гормонов) секреции остеобластами простагландинов, стимулирующих функции остеокластов. **Регуляция остеогенеза кости и плотных тканей зуба белками.**

В костной ткани, разновидностью которой являются дентин и цемент зуба, содержится до 1 % белков, регулирующих остеогенез. К ним относятся морфогены, митогены, факторы хемотаксиса и хемоаттракции.

**Морфогены** – это гликопротеины, выделяющиеся из разрушающейся костной ткани и действующие на полипотентные клетки, вызывая их дифференцировку в нужном направлении.

Важнейший из них – морфогенетический белок кости, состоящий из четырёх субъединиц с общей молекулярной массой 75,5 кДа. Остеогенез под

влиянием этого белка протекает по энхондральному типу, т.е. сначала образуется хрящ, а затем из него кость. Этот протеин получен в чистом виде и применяется при плохой регенерации кости.

Выделен, но мало изучен фактор Тильманна с молекулярной массой 500-1000 кДа, который быстро вызывает интрамембранозный остеогенез (без образования хряща), но в малом объёме. По такому механизму развивается кость нижней челюсти. Из дентина получен морфогенетический фактор – белок, стимулирующий рост дентина. В эмали морфогены не обнаружены.

**Митогены** (чаще всего гликофосфопротеины) действуют на преддифференцированные клетки, сохранившие способность к делению, увеличивают их митотическую активность. В основе биохимического механизма действия лежит инициация репликации ДНК. Из кости выделено несколько таких факторов: костно-экстрагируемый фактор роста, фактор роста скелета. В дентине и эмали митогенов пока не обнаружено.

**Факторы хемотаксиса и хемоаттракции** – это гликопротеины, определяющие движение и прикрепление новообразованных структур под действием морфо- и митогенов. Наиболее известны из них: фибронектин, остонектин и остеокальцин. За счёт фибронектина осуществляется взаимодействие между клетками и субстратами, этот белок способствует прикреплению ткани десны к челюсти. Остонектин, являясь продуктом остеобластов, определяет миграцию преостеобластов и фиксацию апатитов на коллагене, то есть при его помощи происходит связывание минерального компонента с коллагеном. Остеокальцин – белок, маркирующий участки кости, которые должны подвергаться распаду (резорбции). Его присутствие в старом участке кости (к которому должен прикрепляться остеокласт для разрушения данного участка) способствует хемотаксису остеокластов в это место. Протеин содержит  $\gamma$ -карбоксиглутаминовую кислоту и является витамин-Кзависимым. Следовательно, остеокальцин принадлежит к группе так называемых gla-белков, являющихся инициаторами минерализации и создающих ядра кристаллизации. В эмали аналогичные функции выполняют амелогенины.

**Морфогены, митогены, факторы хемотаксиса и хемоаттракции выполняют важную биологическую функцию, объединяя процесс деструкции и новообразования ткани.** Разрушаясь, клетки выделяют их в среду, где эти факторы вызывают образование новых участков тканей, воздействуя на разные стадии дифференцировки клеток-предшественников.

#### **Возможности регуляции белковых факторов.**

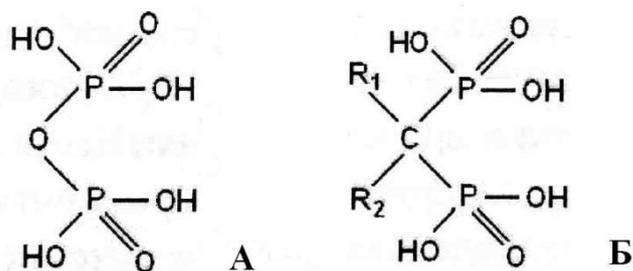
Обнаружены соединения, называемые *кейлонами*, действие которых противоположно влиянию морфо- и митогенов. Они прочно связываются с морфо-, митогенами и препятствуют регенерации кости. В связи с этим

возникает важная проблема разработки приёмов регуляции синтеза морфо-, митогенов, факторов хемотаксиса.

Известно, что синтез морфогенов кости стимулируется активными формами витамина D (кальцитриолами) и тирокальцитонином, а подавляется глюкокортикостероидами и половыми гормонами. Следовательно, снижение продукции половых гормонов в период климакса, а также применение глюкокортикостероидов уменьшают регенерационные возможности кости и способствуют развитию остеопороза. Осложнения хода процессов сращения (консолидации) переломов возможно в тех случаях, когда больному уже проводили курс лечения глюкокортикостероидами или анаболическими стероидами. Кроме того, длительное использование анаболических стероидов может спровоцировать перелом, так как активный рост массы мышц будет сопровождаться уменьшением прочности скелета. Также необходимо отметить, что скорость и полнота замещения дефекта кости при костной пластике определяется количеством морфогенов в подсаженной ткани. Поэтому, чем старше возраст донора, тем меньше вероятность успешного замещения дефекта. Кость, взятая у молодых доноров, будет замещаться плохо, если у них в ближайшем анамнезе было лечение глюкокортикостероидами или анаболическими гормонами. Эти моменты биохимической регуляции остеогенеза необходимо учитывать в практике дентальной имплантологии. **Влияние пирофосфата и бифосфонатов на резорбцию кости.**

Пирофосфат (пирофосфорная кислота) – метаболит, образующийся в ходе ферментативных реакций путём отщепления от АТФ. Далее его гидролизует пирофосфатаза, поэтому в крови и моче очень мало пирофосфата. Однако в костях пирофосфат (как представитель полифосфатов) связывается с кристаллами гидроксиапатита, ограничивая их излишне активный рост по типу эктопической кальцификации.

Бисфосфонаты имеют высокое структурное сходство с пирофосфатом но их связь Р-С-Р очень стабильна и устойчива к расщеплению, в отличие от связи Р-О-Р в молекуле пирофосфата. Подобно пирофосфату, бифосфонаты имеют отрицательные заряды (переход  $-OH \rightarrow -O^-$ ) и легко связываются с ионами  $Ca^{2+}$  на поверхности кристаллов гидроксиапатита.



Строение пирофосфата(А) и бифосфонатов(Б), используемых в лечении остеопороза.

Сродство к кальцию усиливается присутствием групп -ОН на месте -R<sub>1</sub>. В результате останавливается не только рост кристаллов, но и их растворение, поэтому резорбция кости прекращается. Антирезорбтивные свойства бифосфонатов усиливаются за счёт влияния на остеокласты, особенно если на месте -R<sub>2</sub> расположен ароматический гетероцикл, включающий 1-2 атома азота. Накапливаясь в кислой среде зоны резорбции кости, бифосфонаты проникают в остеокласт (основной механизм – эндоцитоз), встраиваются наподобие пирофосфата в ферменты, АТФ и препятствуют их нормальному функционированию, что приводит к нарушению метаболизма, энергетического обмена клетки, а затем к её гибели. Снижение количества остеокластов способствует уменьшению их резорбтивного влияния в отношении костной ткани. Разные заместители R<sub>1</sub> и R<sub>2</sub> инициируют появление ряда дополнительных побочных эффектов у бифосфонатов.

#### **Характерные нарушения костей.**

На эти заболевания влияет длительная неподвижность, плохое питание, недостаточность витаминов С, Д и др., нарушение метаболизма витамина Д, дефект кишечных или других рецепторов к кальцитриолу, кальцитонину.

Частичное рассасывание кости может возникать вследствие нарушений в процессе минерализации костного матрикса (остеомалация) или неправильного образования матрикса и снижения его обызвествления (остеопороз). Остеопороз часто возникает при недостатке витамина С, плохом питании, длительной неподвижности.

**Остеопороз** – дистрофия костной ткани. Это системное заболевание костей, включает потерю костной массы и нарушение костной микроархитектоники, приводит к увеличению хрупкости костей и повышенному риску переломов. Для него характерно уменьшение костных перекладин в единице объёма кости, истончение и полное рассасывание части этих элементов. При остеопорозе не происходит уменьшения размеров кости.

Остеопороз может быть диффузным, равномерным. В этих случаях кость становится равномерно более проницаемой для рентгеновских лучей. Другая форма – пятнистый остеопороз. Для него характерно наличие очагов снижения плотности костной структуры, которые имеют различную форму, величину.

Сенильный остеопороз – начинается ≈ после 70 лет, характеризуется поражением губчатой и кортикальной костной ткани.

Вторичный остеопороз возникает при гиперкортицизме, гипертиреозе и других подобных заболеваниях, под влиянием проводимой глюкокортикоидной терапии, при длительной иммобилизации.

**Остеомаляция** – размягчение костей из-за нарушения органического костного матрикса:

- 1) снижение минерализации (вымывание минеральной фазы из кости);
- 2) синтез избыточных количеств остеоида при remodelировании кости.

#### **Этапы минерализации костной ткани.**

1-й ЭТАП: остеобласты начинают синтезировать костный коллаген, который содержит фосфаты и формирует хондроитинсульфаты. Костный коллаген является матрицей для процесса минерализации. Особенностью процесса минерализации является перенасыщение среды ионами кальция и фосфора. На 1 этапе минерализации кальций и фосфор связываются с костным коллагеном. Обязательный участник процесса - сложные липиды.

2-й ЭТАП - в зоне минерализации усиливаются окислительные процессы, распадается гликоген, синтезируется необходимое количество АТФ. Кроме того, в остеобластах увеличивается количество цитрата, необходимого для синтеза аморфного фосфата кальция. Одновременно из лизосом остеобластов выделяются кислые гидролазы, которые взаимодействуют с белками органического компонента и приводят к образованию ионов аммония и гидроксид-ионов, которые соединены с фосфатом. Так формируются ядра кристаллизации. Ионы кальция и фосфора, которые были связаны с белковоуглеводным комплексом, переходят в растворимое состояние и формируют кристаллы гидроксилапатита. По мере роста кристаллы гидроксилапатита вытесняют протеогликаны и даже воду до такой степени, что плотная ткань становится практически обезвоженной. Ингибитор процесса минерализации - неорганический пирофосфат. Его накопление в кости может препятствовать росту кристаллов. Чтобы этого не произошло, в остеобластах есть щелочная фосфатаза, которая расщепляет пирофосфат на два фосфатных остатка.

При нарушении процессов минерализации - например, при заболевании оссифицирующим миозитом - кристаллы гидроксилапатита могут появляться в сухожилиях, связках, стенках сосудов. Вместо кальция в костную ткань могут включаться другие элементы - стронций, магний, железо, уран и т.д. После формирования гидроксилапатита такое включение уже не происходит. На поверхности кристаллов может накапливаться много натрия в форме цитрата натрия. Кость выполняет функции лабильного (изменчивого) депо натрия, который выделяется из кости при ацидозе и, наоборот, при избытке поступления натрия с пищей, чтобы предотвратить алкалоз - натрий депонируется в кости. В ходе роста и развития организма количество аморфного фосфата кальция уменьшается, потому что кальций связывается с гидроксилапатитом.

## **Конечный уровень знаний.**

### **1. Что отражает показатель $pO_2$ ?**

- 1) Общее содержание кислорода в крови
- 2) Связанный с гемоглобином кислород
- 3) Фракцию растворенного кислорода
- 4) Насыщение гемоглобина кислородом

### **2. Какой показатель является основным критерием классификации респираторных нарушений кислотно-основного равновесия на острые и хронические?**

- 1) Концентрация ионов калия в крови
- 2) Степень компенсации
- 3) Концентрации ионов хлора в моче
- 4) Концентрация ионов натрия в крови
- 5) Анионный промежуток

### **3. Референтными значениями концентрации бикарбоната в плазме являются:**

- 1) 18-26 ммоль/л
- 2) 21-27 ммоль/л
- 3) 35-45 ммоль/л
- 4) 25-30 ммоль/л
- 5) 31-37 ммоль/л

### **4. Что отражает показатель $BE$ (избыток или недостаток буферных оснований)?**

- 1) Актуальную концентрацию ионов бикарбоната плазмы
- 2) Должную концентрацию ионов бикарбоната плазмы
- 3) Избыток или недостаток буферных оснований
- 4) Концентрацию  $H^+$  в крови

### **5. Референтными значениями показателя $pH$ артериальной крови являются:**

- 1) 7,50 – 7,60 ед.
- 2) 7,35 – 7,60 ед.
- 3) 7,35 – 7,45 ед.

- 4) 7,25 – 7,45 ед.
- 5) 7,25 – 7,35 ед.

**6. Опасными для жизни является увеличение концентрации ионов бикарбоната в плазме:**

- 1) 35 ммоль/л
- 2) 38 ммоль/л
- 3) 27 ммоль/л
- 4) 40 ммоль/л
- 5) 29 ммоль/л

**7. К остаточному азоту сыворотки крови НЕ относится:**

- 1) Азот мочевины и аммонийных солей
- 2) Азот аминокислот и пептидов
- 3) Азот белков сыворотки крови
- 4) Азот креатина и креатинина
- 5) Азот индикана и мочевой кислоты

**8. Наследственные гипераммониемии НЕ связаны с дефектом фермента:**

- 1) N-ацетилглутаматсинтетазы
- 2) Уреазы
- 3) Митохондриальной карбамоилфосфатсинтетазы
- 4) Митохондриальной орнитин-карбамоил-трансферазы
- 5) Аргиназы

**9. Условиями, необходимыми для определения показателей КОС, являются:**

- 1) Измерение температуры тела пациента перед исследованием
- 2) Анаэробные условия хранения образца крови
- 3) Сидя или лежа на спине
- 4) Измерение через 60 минут после взятия пробы

**10. Какой из показателей КОС используется для определения количества кислот или оснований, которое необходимо назначить для терапии нарушений данного равновесия?**

- 1) Уровень бикарбоната в плазме
- 2)  $p\text{CO}_2$

- 3) рН
- 4) общий недостаток оснований (tBE)
- 5) анионный промежуток

**11. Гипогаммаглобулинемия наблюдается при:**

- 6) лимфосаркоме
- 7) миеломной
- 8) облучении
- 9) длительных хронических заболеваниях
- 10) при всех перечисленных состояниях

**12. Наиболее выраженное повышение С-реактивного белка наблюдается при:**

- 6) вирусных инфекциях
- 7) склеродермии
- 8) бактериальных инфекциях
- 9) лейкемии
- 10) все перечисленное верно

**13. Гипоальбуминемия наблюдается при:**

- 6) циррозе печени
- 7) кровотечении
- 8) гипертиреозе
- 9) нефротическом синдроме
- 10) все перечисленное верно

**14. Альфа-1 - антитрипсин – это:**

- 6) белок острой фазы
- 7) ингибитор сериновых протеиназ
- 8) ингибитор лейкоцитарной эластазы
- 9) все перечисленное верно
- 10) все перечисленное неверно

**15. Под кислотами понимают:**

- 1. Соединения, способные отдавать ионы водорода в растворе
- 2. Соединения, способные при диссоциации присоединять ионы водорода

3. Соединения, диссоциирующие в крови с образованием гидроксильной группы
4. Соединения, способные присоединять гидроксильные группы

**16. Между  $p\text{CO}_2$  и концентрацией ионов водорода в крови существует следующая зависимость:**

1. Зависимость отсутствует
2. Прямо пропорциональная зависимость
3. Обратно пропорциональная зависимость
4. Логарифмическая зависимость

**17. Окислительное фосфорилирование в дыхательной цепи митохондрий – это:**

- 1) образование АТФ за счет энергии субстратов;
- 2) образование АТФ, не требующее расхода кислорода;
- 3) образование АТФ, сопряженное с переносом электронов по дыхательной цепи;
- 4) окисление АТФ в дыхательной цепи;
- 5) распад АТФ до АДФ и фосфорной кислоты.

**18. Назвать последовательно ферменты, превращающие глюкозу в две триозы:**

- 1) гексокиназа;
- 2) глюкозо-6-фосфатаза;
- 3) фосфофруктокиназа;
- 4) глюкозо-6-фосфат-изомераза;
- 5) енолаза;
- 6) альдолаза;
- 7) фруктозо-6-фосфатаза.

**19. Указать последовательно этапы регуляции гликогенфосфорилазы (каскадный механизм):**

- 1) фосфорилирование киназы гликогенфосфорилазы и ее активация;
- 2) образование гормоно-рецепторного комплекса;
- 3) адреналин;
- 4) синтез цАМФ;
- 5) образование из фосфорилазы А фосфорилазы В;

- 6) образование из фосфоорилазы В фосфоорилазы А; 7) образование активной протеинкиназы;
- 8) активация аденилатциклазы.

**20. Назвать последовательно ферменты, превращающие 3-фосфоглицериновый альдегид в молочную кислоту:**

- 1) енолаза;
- 2) фосфоглицераткиназа;
- 3) пируваткиназа;
- 4) глицеральдегидфосфатдегидрогеназа; 5) фосфоглицеромутаза;
- 6) лактатдегидрогеназа.

## **ТЕМА: БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ КОСТИ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ СКЕЛЕТА.**

### **Основные вопросы темы.**

- 1) Активация предшественников остеокластов
- 2) Дифференцировка остеобластов
- 3) Изменение синтеза и активности локальных факторов, влияющих на остеогенез
- 4) Нарушение образования эстрогенов как важнейшая причина развития остеопороза
- 5) Биохимические показатели, помогающие оценить отдельные фазы цикла ремоделирования кости

### **Актуальность темы.**

Ремоделирование — это сопряженные во времени процессы локальной резорбции и формирования кости в небольших блоках посредством базисной мультиклеточной единицы, функцией которой является поддержание скелетного баланса.

Сопряжение во времени процессов ремоделирования достигается за счет механизма, в основе которого лежит взаимное влияние всех клеток посредством локальных сигналов факторов роста и других цитокинов.

Ремоделирование компактного и губчатого вещества кости рассматривается с позиции функционирования базисных многоклеточных единиц (БМЕ, Basic Multicellular Unit (BMU)) или костных ремоделирующих единиц (Bone Remodeling Unit (BRU)). БМЕ формируются в локусе перестройки костной ткани и представляют собой группу из согласованно функционирующих клеток, которые называют также "преобразующими блоками" или "обособленными ремоделирующими пакетами".

Базисную мультиклеточную единицу образуют остеокласты, остеобласты, активные мезенхимальные клетки и капиллярные петли. Размер БМЕ 0,050,1 мм<sup>3</sup>. Она имеет форму цилиндра с двумя конусовидными вершинами, в центре которого проходит кровеносный капилляр, окруженный остеогенными клетками. Вершина цилиндра - режущий конус, выстлана остеокластами, которые разрушают компактную кость, образуя в ней резорбционный канал. Средняя часть БМЕ - реверсивная зона, представляет собой резорбционную полость, выстланную клетками типа макрофагов и сменяющимися их преостеобластами. Дистальный отдел БМЕ - замыкающий конус, покрытый остеобластами, которые заполняют резорбционный канал концентрически располагающимися костными пластинками.

Образование кости – сложный процесс с участием многих компонентов. Клетки мезенхимального происхождения – фибробласты и остеобласты – синтезируют и выделяют в окружающую среду сначала протеогликаны и гликозаминогликаны, образующие матрикс, а затем продуцируют фибриллы коллагена, которые проникают в матрикс и распределяются в нем.

Минеральные компоненты поступают из окружающей жидкости, которая "пересыщена" этими солями. Сначала происходит **нуклеация**, т.е. образование поверхности с ядрами кристаллизации, на которой уже может легко происходить формирование кристаллической решетки. Образование кристаллов минерального остова кости запускают **Са-связывающие белки** на матрице коллагена. Электронномикроскопические исследования показали, что формирование минеральной кристаллической решетки начинается в зонах, находящихся в регулярных промежутках между коллагеновыми фибриллами (строение фибрилл со сдвигом на  $\frac{1}{4}$  длины). Локализованные здесь первые кристаллы становятся центрами нуклеации для отложения гидроксиапатита в пространстве между коллагеновыми волокнами.

Формирование кости происходит только в непосредственной близости от остеобластов, причем минерализация начинается в хряще, который состоит из коллагена, погруженного в протеогликановый матрикс

Протеогликаны повышают растяжимость коллагеновой сети и увеличивают степень ее набухания. По мере роста кристаллы вытесняют протеогликаны, которые деградируют под воздействием лизосомальных гидролаз. Вытесняется также и вода.

Плотная, полностью минерализованная кость практически обезвожена. Коллаген составляет в ней 20% по массе.

В целом **минерализация кости** характеризуется взаимодействием трех факторов:

- 1). Местное повышение концентрации ионов фосфата;
- 2). Адсорбция ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ;
- 3). Сдвиг pH.

**1)** щелочная фосфатаза играет большую роль в процессе окостенения. Она содержится как в остеобластах, так и остеокластах. Щелочная фосфатаза принимает участие в образовании основного органического вещества кости и минерализации. Одним из механизмов её действия является локальное увеличение концентрации ионов фосфора до точки насыщения, за которым следуют процессы фиксации кальций-фосфорных солей на органической матрице кости.

- При восстановлении костной ткани после переломов содержание щелочной фосфатазы в костной мозоли резко увеличивается.

- При нарушении костеобразования наблюдается уменьшение содержания и активности щелочной фосфатазы в костях, плазме и в других тканях.

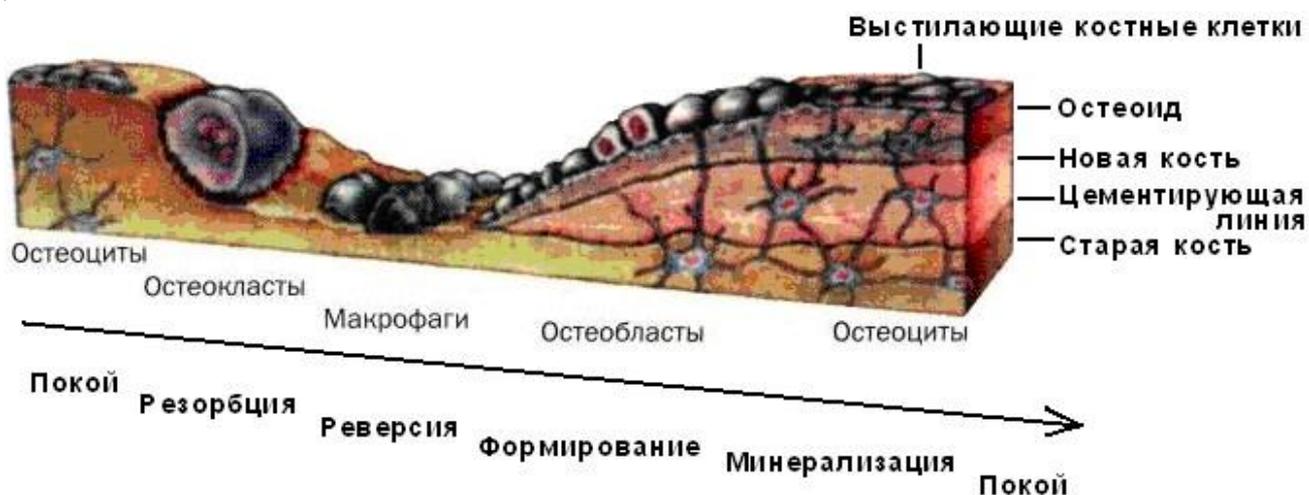
- При рахите, который характеризуется увеличением количества остеобластов с недостаточным обызвествлением основного вещества, содержание и активность щелочной фосфатазы в плазме крови увеличиваются.

2) включение  $\text{Ca}^{2+}$  в кости является активным процессом. Это отчётливо доказывается тем, что живые кости воспринимают  $\text{Ca}^{2+}$  более интенсивно, чем стронций. После смерти такой избирательности уже не наблюдается. Избирательная способность кости по отношению к кальцию зависит от температуры и проявляется только при  $37^\circ\text{C}$ .

3) значение рН играет важную роль в процессе минерализации. При повышении рН фосфат кальция откладывается в костной ткани быстрее. В кости относительно много цитрата (около 1%), который влияет на поддержание рН.

После завершения образования кости (моделирования) костный матрикс подвергается постоянному обновлению (ремоделированию). **Схема и описание ремоделирования кости!**

Внимание стоматолога в первую очередь обращено на состояние челюстной кости, особенно её альвеолярного отростка. Здесь происходят динамические изменения



**Рис.** Процессы костного ремоделирования (по Bartl)

Процесс ремоделирования костной ткани происходит в несколько фаз [активации, резорбции, реверсии, формирования (остеогенеза)], в каждую из которых ведущую роль выполняют те или иные клетки. Остеокласты и остеобласты вовлечены в процесс ремоделирования кости, остеоциты и покровные клетки участвуют в обменных процессах, обеспечивая питание кости и сохранение кальциевого гомеостаза.

Ремоделирование кости начинается с активации покровных клеток покоящейся зоны (рис.1) при помощи специфических цитокинов. На костном матриксе происходит разрушение протективного слоя, к оголенной поверхности мигрируют предшественники остеокластов, сливаются в многоядерную структуру - зрелый остеокласт, который деминерализует костный матрикс (резорбция, катализируемая при помощи ферментов карбоангидразы и тартрат-резистентной кислой фосфатазы) с образованием резорбционных лакун, после чего уступает место макрофагам. Макрофаги завершают разрушение органической матрицы межклеточного вещества кости и подготавливают поверхность к адгезии остеобластов (реверсия).

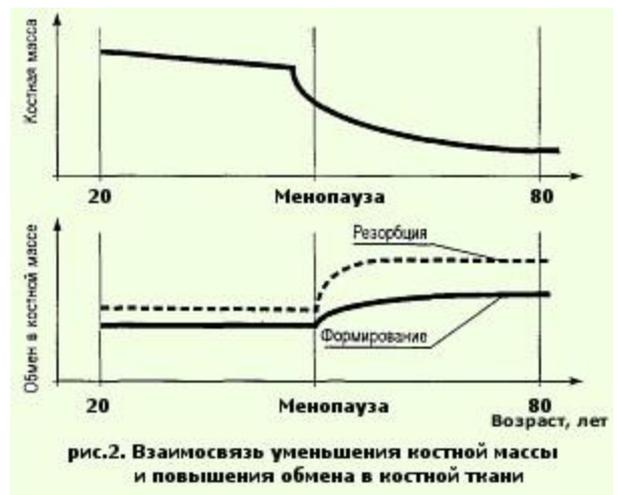
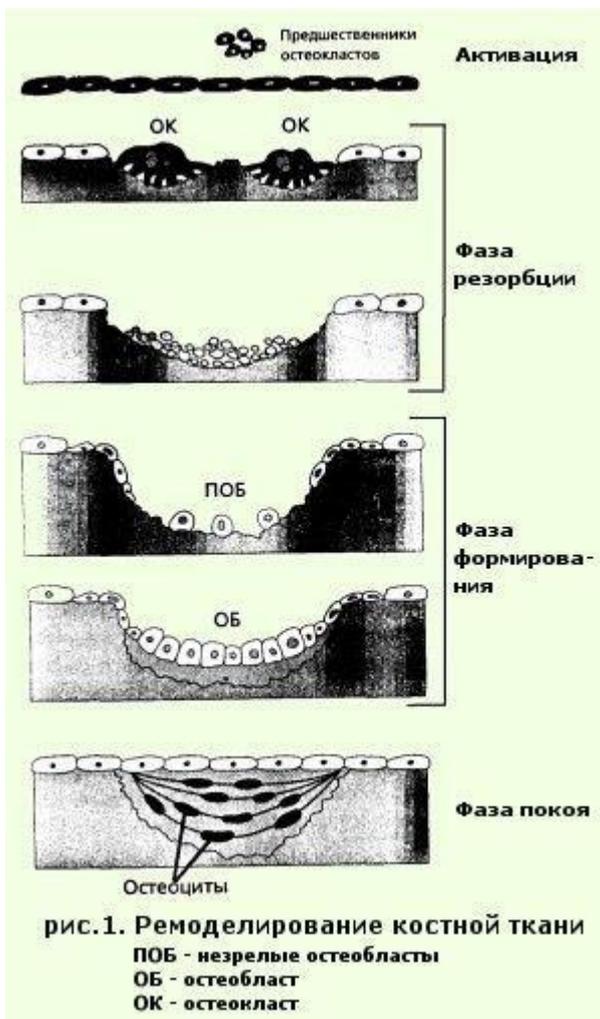
**Таблица.1. Типы костных клеток и их участие в процессе ремоделирования**

Тип клеток	Функция
Покровные клетки	Активация, покой
<u>Остеокласты</u>	Резорбция
<u>Остеобласты</u>	Формирование
<u>Остеоциты</u>	Формирование (минерализация), покой

В последующем наступает реверсионная фаза, когда возникшие лакуны заполняются предшественниками, дифференцирующимися в остеобласты («клетки-строители»). Начинается синтез костных протеинов, формирование органического матрикса кости, после чего минерализация, в соответствии с новыми условиями статической и динамической нагрузки на кость, завершает цикл ремоделирования. Остеобласты остаются внутри костного матрикса, превращаясь в остеоциты. Остеобласты, оставшиеся на поверхности вновь сформированной кости, дифференцируются в покровные клетки.

Такие циклы возникают примерно 1 раз в 2-3 года в каждой единице костного ремоделирования (остеоне) как трабекулярных, так и кортикальных костей и длятся соответственно около 100 и 200 дней.

У молодых здоровых лиц в результате ремоделирования костная масса до 35-40 лет остается постоянной. Затем потеря костной массы у мужчин ежегодно составляет 0,5-2% в год, у женщин - 2-3%, с преимущественным ускорением в течение 5-10 лет после менопаузы.



Каждый цикл ремоделирования в менопаузе заканчивается небольшим уменьшением костной массы. Активизация ремоделирования в менопаузе приводит к увеличению потери костной ткани (рис.2). P.D.Ross (1996) показал, что в течение всей жизни женщины теряют до 35% кортикальной и до 50% trabecularной кости (для мужчин соответственно - 25% и 20%). Такое снижение костной массы приводит к снижению прочности кости и, следовательно, увеличению риска переломов.

### Факторы, влияющие на ремоделирование костной ткани.

<p><b>Кальций регулирующие гормоны</b></p>	<p>- <b>Паратгормон</b> (паратиреоидный гормон, ПТГ) - вырабатывается клетками околощитовидных (паратиреоидных) желез.</p>	<p>Основное действие - поддержание гомеостаза кальция; главный стимулятор секреции - снижение уровня ионизированного кальция в крови; другие стимуляторы ПТГ - магний, гистамин, кортизол, допамин, секретин. Регуляция осу-</p>
--	--	--

		<p>ществляется по механизму обратной связи.</p> <p>Основное воздействие на костную ткань - стимуляция костной резорбции путем активации остеокластов (остеокластическая костная резорбция) и остеоцитов - покоящихся остеобластов (остеоцитарный остеолизис). Для реализации резорбтивного действия необходимо присутствие остеобластов. ПТГ может, как стимулировать, так и замедлять синтез коллагена и костного матрикса. Непрерывное продолжительное лечение ПТГ приводит к замедлению образования новой кости, а прерывистое лечение короткими курсами стимулирует синтез коллагена и костеобразование.</p>
--	--	--

	<p><b>Кальцитонин</b> (гипокальциемический гормон) - вырабатывается парафолликулярными клетками щитовидной железы.</p>	<p>Тормозит спонтанную костную резорбцию за счет первичного угнетения остеокластической активности и уменьшения количества остеокластов, и остеолизис, стимулированный ПТГ, витамином D и другими факторами. Подавляет распад коллагена, положительно влияет на костеобразование. Является функциональным антагонистом ПТГ, но прямого влияния друг на друга эти гормоны не оказывают. Непрямое взаимодействие</p>
--	--	--

		<p>сводится к их противоположному влиянию на уровень кальция в данный момент времени.</p>
--	--	---

**1,25-  
гидроксиколекальциферол  
(1,25 (ОН)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>) - кальцитриол,  
1,24,25-  
дигидроксиколекальциферол  
(1,24,25 (ОН)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>)** - биологически активные метаболиты витамина D.

Витамин D представляет собой смесь витамина D<sub>3</sub> (холекальциферол), образующегося под влиянием ультрафиолетового облучения, и витамина D<sub>2</sub> (эргокальциферол), содержащегося в пищевых продуктах. Витамин D обладает биологической активностью после конверсии его в активные метаболиты в печени и почках.

**1,25-  
гидроксиколекальциферол** - быстродействующее активное соединение, которое играет основную роль в усилении всасывания кальция в кишечнике и в его доставке к органам и тканям. Кальцитриол участвует в регуляции фосфорно-кальциевого обмена за счет стимуляции кишечной абсорбции кальция и фосфора, и усиления реабсорбции кальция в дистальных почечных канальцах; поддерживает гомеостаз кальция. Вместе с ПТГ, через остеобласты, стимулирует костную резорбцию (остеоцитарный остеолитизис и остеокластическую резорбцию).

Опосредованно, через трансформирующий фактор Р и простагландины, участвует в образовании и дифференцировке остеокластов из их предшественников - клеток гемопоезического ряда. На остеобластах модулирует экспрессию генов коллагена I типа, щелочной фосфотазы, остеопонтина, остеокальцина.

**1,24,25-  
дигидроксиколекальциферол** - медленно,

		но долговременно действующее соединение, контролирующее образование и минерализацию костного матрикса при достаточной доставке кальция к участкам оссификации.
<b>Другие системные гормоны</b>	<b>Инсулин</b> - Стимулирует синтез клетками панетов матрикподжелудочной влияния на остеобластов и за счет	полипептид, комсинтезируемый костного железы. са за счет дифференциацию увеличения количества  коллагенпродуцирующих клеток. Стимулирует синтез хряща, увеличивает продукцию ИПФР-1 печенью, необходим для нормальной костной минерализации.

<p><b>Гормон роста (СТГ - соматотропный гормон) -</b> полипептид, вырабатываемый передней долей гипофиза</p>	<p>Играет важнейшую роль в нормальном развитии и скелетном росте у детей и, в меньшем случае, - взрослых. Оказывает прямое стимулирующее влияние на хондроциты и остеобласты посредством регуляции синтеза ИПФР-1 и продуцирования в костной ткани таких местных факторов, как трансформирующий ростовой фактор Р, костный морфогенетический белок и другие. Стимулирующий эффект СТГ на пролиферацию хондроцитов внутри ростовой пластинки лежит в основе лечения низкорослости у детей с дефицитом СТГ.</p> <p>Механизм действия СТГ на</p>
--	---

		<p>кость у взрослых до конца не ясен. Предполагается, что его эффекты достигаются путем увеличения доступности минералов и влиянием на пролиферацию остеобластов. В подтверждение первого вероятного механизма было доказано, что СТГ, действуя через ИПФР-1, активизирует 1-альфа-гидроксилазу почек, увеличивая превращение транспортной формы витамина D в его активный метаболит - кальцитриол. В результате увеличивается абсорбция кальция и фосфатов в кишечнике. Кроме того, СТГ увеличивает реабсорбцию фосфатов в почках.</p>
	<p><b>Глюкокортикоиды</b> - гормоны коры надпочечников</p>	<p>Способны как стимулировать (низкие концентрации, короткий период воздействия), так и ингибировать (высокие концентрации, длительное воздействие) резорбцию костной ткани и деградацию коллагена в зависимости от концентрации в крови. Ингибируют синтез ИПФР-1 костными клетками.</p>

	<p><b>Тироксин</b> - гормон щитовидной железы</p>	<p>Оказывает прямое воздействие на образование хряща во взаимодействии с ИПФР-1. Предполагают, что тиреоидные гормоны оказывают как прямой, так и опосредованный эффект на активацию костного обмена. Они стимулируют</p>
		<p>костную резорбцию, что имеет последствия в клинике. У пациентов с гипертиреозом часто выявляют гиперкальцемию, а у женщин в менопаузе, принимающих тиреоидные гормоны, быстро развивается остеопения.</p>

<p><b>Эстрогены</b> - женские половые гормоны</p>	<p>Участвуют в созревании костей скелета, формировании диморфизма скелета, наборе пика костной массы, предотвращении потерь костной массы, поддержании минерального гомеостаза и костного баланса у взрослых в течение репродуктивного периода. Предотвращают резорбцию костной ткани путем подавления активности остеокластов в стадии ранней дифференцировки, интерлейкинов -1, -6, фактора некроза опухоли, гранулоцито - макрофагально - колониобразующего фактора. Дефицит эстрогенов при гипогонадизме у женщин репродуктивного возраста и в период менопаузы является решающим фактором в развитии остеопении.</p>
<p><b>Прогестагены</b> - женские половые гормоны</p>	<p>Оказывают прямое и опосредованное (блокада рецепторов к глюкокортикоидам и снижение их ингибирующего эффекта на кость) защитное влияние на кость. In vitro показано, что прогестерон стимули-</p>

		<p>рует пролиферацию остеобластов, повышая выделение ИПФР-2.</p>
	<p><b>Андрогены</b> - мужские половые гормоны</p>	<p>Стимулируют пролиферацию остеобластов и выработку ими щелочной фосфатазы в дозозависимом режиме, усиливают синтез коллагена III типа, продукцию СТГ и ИПФР-1, тем самым оказывая дополнительное влияние на величину костной массы. Влияние на кость опосредовано ростовыми факторами.</p> <p>Гипогонадизм у мужчин ведет к развитию остеопении, а лечение андрогенами предотвращает дальнейшие потери костной ткани. Дефициту андрогенов отводится определенная роль в развитии сенильного остеопороза у мужчин. Немаловажной является роль андрогенов в увеличении силы и прочности скелетных мышц. Кроме того, интересен тот факт, что у женщин с гирсутизмом гиперандрогения поддерживает нормальный уровень массы кости, несмотря на низкий или неопределяемый уровень эстрогенов.</p>

<p><b>Ростовые факторы цитокины</b></p>	<p>и Инсулиноподобные факторы роста -ИПФР-1 и ИПФР-2, фактор роста фибробластов, трансформирующий фактор роста Р, тромбоцитарный фактор</p>	<p>Стимуляторы резорбции костной ткани. Большинство из них циркулирует в кровотоке. Оказывают влияние на диффе-</p>
---	---	---

	<p>роста, эпидермальный фактор роста, интерлейкины 1, -6, -8, -11, фактор некроза опухоли - ФНО, макрофаг - колониестимулирующий фактор, гранулоцит - макрофаг - колониестимулирующий фактор - ГМКГ</p>	<p>ренциацию остеобластов и резорбцию костной ткани. Основные цитокины, участвующие в процессе ремоделирования костной ткани и играющие роль в развитии остеопороза - интерлейкины (ИЛ), ГМКГ, ФНО. В развитии остеокластов принимают участие ИЛ-1, ИЛ-3, ИЛ-6, ИЛ-11, ФНО, ГМКГ, которые, в свою очередь, играют значительную роль в регуляции местных и системных воспалительных реакций. Существенное значение в развитии остеопороза придают ИЛ-6, который стимулирует ранние этапы гемопоэза и остеокластогенеза. Он синтезируется как в культуре стромальных, так и остеобластных клеток в ответ на некоторые гормональные стимулы (ПТГ, кальцитриол). ИЛ-6 способствует костной</p>
--	---	--

		<p>резорбции и усилению остеокластогенеза. Важную роль в регуляции остеокластогенеза играет ИЛ-11.</p>
	<p>γ-интерферон и интерлейкин-4</p>	<p>Ингибиторы резорбции костной ткани</p>

<p><b>Местные факторы, продуцируемые самими костными клетками и высвобождающиеся из подвергающегося деструкции тка-</b></p>	<p>Простагландин E<sub>2</sub>, лейкотриены, остеокластактивирующий фактор, оксид азота, витамин А, нейтральный фосфат, коллагеназа, бактериальная гиалуронидаза, лизосомальные ферменты и дру-</p>	<p>Модуляторы ремоделирования костной ткани. Первоначальный, но временный эффект простагландина E<sub>2</sub>, - ингибирование активности остеокластов. В дальнейшем он</p>
<p><b>невого материала</b></p>	<p>гие</p>	<p>усиливает костную резорбцию. Влияние дозозависимое: в концентрациях от 10<sup>9</sup> до 10<sup>7</sup> ммоль/л ПГЕ<sub>2</sub> увеличивает костный синтез коллагена. В то же время в концентрации 10<sup>6</sup> ммоль/л и выше он замедляет синтез коллагена. Показано усиление костного формирования после парентерального применения ПГЕ<sub>2</sub>. Есть доказательства того, что простагландины обуславливают усиление костной резорбции при иммобилизации, воспалении и, в некоторых случаях, гиперкальциемии при злокачественных процессах. Среди системных гормонов стимулирующее действие на ПГЕ<sub>2</sub> оказывает ПТГ, ингибиторами являются ГК и эстрогены.</p>

**Системные, локальные и другие факторы** могут оказывать как стимулирующее, так и ингибирующее влияние на остеобласты и остеокласты.

Факторы		Факторы	
стимулирующие остеобласты	ингибирующие остеобласты	стимулирующие остеокласты	ингибирующие остеокласты
1,25дигидроксивитамин D <sub>3</sub> , ИПФР, ТФР-β, T <sub>3</sub> и T <sub>4</sub> , гормон роста, простагландин E <sub>2</sub> , эстрогены, паратгормон	кортикостероиды	паратгормон; интерлейкины - 1, 2, -6, -11; лимфотоксин; ТФР-α; ФНО-α	эстрогены, кальцитонин, ТФР-β, простагландин E <sub>2</sub>

Все локальные факторы, за исключением простагландина, имеют белковую природу и синтезированы различными типами клеток, имеющими мезенхимное происхождение. Они могут осуществлять местное воздействие на костную ткань, выступая в качестве аутокринных и/или паракринных регуляторов.

Таким образом, ремоделирование костной ткани — это сложный, сопряженный, интегральный процесс поддержания баланса между резорбцией и образованием. Сопряженность процесса предполагает, что количество резорбированной костной массы замещается эквивалентным количеством новой ткани.

Рассогласование в процессах ремоделирования происходит с возрастом и характеризуется постепенным преобладанием процессов резорбции над процессами образования костной ткани, что рассматривается как естественный процесс у женщин в возрасте около 40 лет. Отрицательный баланс кости составляет 0,5-1% ежегодно и носит название «связанной с возрастом остеопении». С наступлением менопаузы в течение 5-7 лет потеря костной массы возрастает.

По интенсивности обменных процессов в костной ткани различают остеопороз с высоким, низким или нормальным уровнем интенсивности ремоделирования.

Соответственно различают женщин, «нормально», «быстро» или «медленно» теряющих костную массу в постменопаузе. Женщины, «нормально» теряющие костную массу, составляют около 75%, у них потеря костного вещества составляет 1-2% в год. Группу «быстро» теряющих составляют около 25% женщин, у них потеря костного вещества может быть до 6% в год. К этой группе относится большинство молодых женщин после овариэктомии.

### **Конечный уровень знаний.**

**1. Нарушение углеводного обмена при сахарном диабете проявляется в виде всего перечисленного, кроме:**

- 1) торможения процесса фосфорилирования глюкозы и ее окисления
- 2) замедления перехода углеводов в жир
- 3) повышенного перехода углеводов в гликоген
- 4) повышенного накопления лактата в крови
- 5) гипергликемии и глюкозурии

**2. К снижению синтеза гликогена у больных диабетом приводит все перечисленное, кроме:**

- 1) голодания
- 2) гипоксии
- 3) дозированной физической нагрузки
- 4) гипогликемических реакций
- 5) заболевания печени

**3. Нарушение жирового обмена при сахарном диабете характеризуется всем перечисленным, кроме:**

- 1) гиперлипидемии
- 2) жировой инфильтрации печени
- 3) гиперкетонемии и кетонурии
- 4) гиперхолестеринемии
- 5) снижения уровня билирубина

**4. Нарушение белкового обмена при сахарном диабете характеризуется всем перечисленным, кроме:**

- 1) снижения синтеза белка
- 2) увеличения гликонеогенеза
- 3) увеличения содержания альбуминов в плазме
- 4) гиперазотемии
- 5) повышения распада белка

**5. Патогенез сильной жажды, сухости во рту при диа-бете обусловлен всем перечисленным, кроме:**

- 1) обезвоживания организма

- 2) повышения гликемии
- 3) повышения уровня мочевины в крови
- 4) избыточного выделения жидкости через почки
- 5) снижения уровня натрия в крови

**6. Сахарный диабет часто выявляется при всех следующих эндокринных заболеваниях, кроме:**

- 1) акромегалии
- 2) болезни Иценко-Кушинга
- 3) феохромоцитомы
- 4) ожирения
- 5) синдромаСиммондса

**7. Этиологическими факторами абсолютногипер-инсулинизма являются все перечисленные, кроме:**

- 1) доброкачественной или злокачественной опухоли бета-клеток панкреатических островков
- 2) гиперплазии бета-клеток панкреатических островков
- 3) доброкачественной или злокачественной опухоли из бетаклетокэктопированной островковой ткани поджелудочной железы
- 4) неврогеннойанорексии
- 5) панкреатита с преимущественным поражением панкреатических островков

**8. Этиологическими факторами относительногиперинсулинизма являются все перечисленные, кроме:**

- 1) заболевания печени и желудочно-кишечного тракта
- 2) реактивногогиперинсулинизма
- 3) гипоглюкагонемии
- 4) гипокортицизма
- 5) гипофункции передней доли гипофиза

**9. Инсулин стимулирует следующие процессы, кроме:**

- 1) транспорт глюкозы в клетку
- 2) липолиз
- 3) цикл Кребса
- 4) образование АТФ
- 5) образование гликогена

**10. Метаболические эффекты инсулина приводит к снижению:**

- 1) активности гликолитического и пентозофосфатного циклов утилизации глюкозы
- 2) глюконеогенеза
- 3) образования ЛПОНП
- 4) синтеза белков
- 5) транспорта ионов калия в клетку

**11. Не способствуют гипергликемии при сахарном диабете:**

- 1) глюкокортикостероиды
- 2) симпатомиметики
- 3) сердечные гликозиды
- 4) тиазидные диуретики
- 5) никотиновая кислота

**12. Основные факторы патогенеза сахарного диабета первого типа:**

- 1) инсулинорезистентность и деструкция бета-клеток
- 2) деструкция бета-клеток и инсулиновая недостаточность
- 3) инсулиновая недостаточность и повышение контринсулярных гормонов
- 4) повышение контринсулярных гормонов и инсулинорезистентность

**13. Причиной развития сахарного диабета при болезни Иценко-Кушинга является:**

- 1) усиление глюконеогенеза
- 2) инактивация инсулина
- 3) первичная деструкция бета-клеток поджелудочной железы
- 4) нарушение чувствительности тканей к инсулину
- 5) ожирение

**14. При длительном введении преднизолона гипергликемия начинает развиваться в результате:**

- 1) деструкции бета-клеток поджелудочной железы
- 2) снижения утилизации глюкозы тканями
- 3) повышения всасываемости глюкозы в желудочно-кишечном тракте

- 4) усиления глюконеогенеза
- 5) торможения секреции инсулина

**15. Какой из перечисленных признаков характерен для инсулинзависимого сахарного диабета?**

- 1) возраст старше 45 лет
- 2) принадлежность к мужскому полу
- 3) склонность к кетоацидозу
- 4) повышенная масса тела
- 5) наследственная предрасположенность

**16. Для легкого течения сахарного диабета характерно:**

- 1) используются малые дозы инсулина
- 2) используются бигуаниды
- 3) компенсация достигается соблюдением диеты
- 4) достаточно назначение акарбозы
- 5) не требуется лечебных мероприятий

**17. Что определяет степень тяжести сахарного диабета?**

- 1) уровень гликемии в течение суток
- 2) доза вводимого инсулина
- 3) наличие сопутствующих заболеваний
- 4) наличие и выраженность сосудистых осложнений сахарного диабета
- 5) давность сахарного диабета

**18. Что относится к основной причине смерти больных сахарным диабетом?**

- 1) инсулинорезистентность
- 2) липодистрофия
- 3) коматозное состояние
- 4) диабетическая ретинопатия
- 5) диабетическая полинейропатия

**19. Укажите признаки декомпенсации сахарного диабета:**

- 1) сахар крови в течение суток выше 10,0-11,0 ммоль/л
- 2) гипогликемические состояния
- 3) кетоацидоз

- 4) снижение работоспособности
- 5) все верно

**20. Какие симптомы характерны для неосложненного сахарного диабета первого типа?**

- 1) полиурия
- 2) плохое заживление ран
- 3) полидипсия
- 4) астенический синдром
- 5) правильно все