

ЛЕКЦИЯ

«ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧЕК»

Функциональное состояние почек отражает способность почечных функций обеспечивать гомеостаз внутренней среды организма.

К функциям почек относят:

- осморегуляцию;
- волноморегуляцию - участие в регуляции объема крови и внеклеточных жидкостей;
- регуляцию ионного состава крови;
- регуляцию кислотно-основного состояния;
- экскрецию конечных продуктов азотистого обмена и чужеродных веществ;
- экскрецию избытка ряда органических веществ (аминокислот, глюкозы и др.);
- регуляцию АД и эритропоэза.

Эти функции почек обеспечиваются путем ультрафильтрации жидкости в почечных клубочках, реабсорбцией и секрецией в канальцах, синтезом почкой биологически активных веществ (ренина), активной формы витамина D, простагландинов и др.

Физиологическое назначение гомеостатических почечных функций состоит прежде всего в регуляции постоянства объема, минерального состава и кислотно-основного состояния организма и, в частности, плазмы крови.

Обратимся к структурно-функциональной единице почек – нефрону. **Нефрон** состоит из **сосудистого клубочка**, его **капсулы** и **почечных канальцев**.

Сосудистый клубочек. В каждой почке содержится около 1-1,5 млн клубочков. Сосудистый клубочек имеет около 50 капиллярных петель, соединенные анастомозами, что позволяет клубочку функционировать как «диализирующая система». Стенка капилляра представляет собой клубочковый фильтр.

Капсула клубочка – представлена базальной мембраной, продолжающейся в главный отдел канальцев.

В минуту через обе почки протекает около 1200 мл крови (660 мл плазмы). Происходит ультрафильтрация из плазмы крови воды и низкомолекулярных водорастворимых компонентов через фильтрующую мембрану клубочка, она практически непроницаема для белков, из этого количества плазмы образуется примерно 125мл фильтрата поступающего в просвет канальца (за сутки 180 л).

Почечные канальцы. Канальцевая часть нефрона делится на четыре отдела: **главный (проксимальный), тонкий сегмент петли Генле, дистальный, собирательные трубки.**

главный (проксимальный) отдел – обеспечивает реабсорбцию воды, натрия, хлора, глюкозы, аминокислот, витаминов, фосфатов, многих др. веществ, доказано, что весь фильтрующийся белок также реабсорбируется в проксимальном отделе, также в этом отделе происходит секреция органических кислот и оснований.

Тонкий сегмент петли Генле, дистальный отдел, собирательные трубки обеспечивают в основном окончательное осмотическое концентрирование мочи, секрецию калия. **Дистальный отдел** является местом приложения действия АДГ гипофиза, альдостерона и кортизона регулирующих реабсорбцию натрия, ренин-ангиотензиновой системы ЮГА почек.

Назначение функциональной диагностики состоит в том, чтобы выявить скрытые формы патологических состояний, дать объективную оценку субъективным ощущениям, жалобам больного, провести топическую диагностику заболевания почек.

В клинической практике для характеристики функционального состояния почек оценивают почечные функции в базальных условиях и в условиях нагрузочных функциональных проб.

все методы можно условно разделить на 4 группы:

1. **Методы, основанные на исследовании мочи.**
2. **Методы, основанные на исследовании крови.**
3. **Методы, основанные на исследовании крови и мочи.**
4. **Методы, основанные на исследовании способности почек выделять введенные в организм вещества.**

Методы, основанные на исследовании мочи.

Исследование осморегулирующей функции почек.

Объем внутриклеточной, внеклеточной жидкости и ее компонентов, осмотическая концентрация их относятся к основным константам организма. Хорошо известно, что объем плазмы и внеклеточной жидкости сохраняется постоянным, несмотря на значительные колебания в ежедневном приеме жидкости и соли. Более того, значительное поступление жидкости в организм (при внутривенном введении растворов, водной нагрузке), либо ее потери (при многократной рвоте, диарее, кровотечении) быстро восстанавливаются. Сохранность водно-электролитного гомеостаза в этих условиях обеспечивает осморегулирующая функция почек. Она в значительной степени определяется функционированием противоточно-поворотной системы и уровнем секреции АДГ.

В клинической практике для характеристики осморегулирующей функции почек используют определение относительной плотности мочи и осмоляльности сыворотки крови и мочи. Из крови, благодаря деятельности почек с мочой выделяются различные плотные вещества. Поэтому важнейшим тестом для оценки функции почек является определение относительной плотности мочи, зависящей от количества этих плотных веществ (мочевины, электролитов и др.). При выявлении плотности мочи более 1018, в единичном анализе, функциональное состояние почек характеризуется как сохранное.

Благодаря простоте выполнения и доступности, метод определения относительной плотности мочи широко распространен. Вместе с тем этот метод менее точен по сравнению с исследованием осмоляльности мочи (в норме 600-800мосмоль/л), так как на значения относительной плотности мочи влияют не только осмотически активные вещества, но и содержание в моче белка, сахара, контрастных веществ. Так 3,5 г/л белка повышают относительную плотность мочи на 1 ед., а 10 г/л глюкозы на 4 ед..

При снижении отн. плотности мочи менее 1018 исследуют колебания относительной плотности мочи в течение суток по **пробе Зимницкого**. Проба представляет собой последовательное определение величины относительной плотности мочи, собранной в течение суток за 3-часовые периоды. Она проводится в условиях стандартного пищевого и водного режима (при потреблении около 1,5 л жидкости в сутки) и обычной двигательной активности.

У здорового человека суточное выделение мочи составляет 67—75 % от количества выпитой жидкости; дневной диурез составляет 65— 80 % количества выделенной за сутки мочи. Относительная плотность мочи хотя бы в одной из порций составляет 1020.

Наиболее простым и широко распространенным методом оценки способности почек к концентрированию и разведению мочи является «**свободная проба**» **Рейзельмана** — вариант пробы Зимницкого. Больной, оставаясь на привычном для него водном и пищевом режиме, выделяет мочу по мере необходимости. Каждая порция мочи собирается отдельно, определяются ее количество и относительная плотность. Отдельно учитывается дневной (с 8 ч утра до 8 ч вечера) и ночной (с 8 ч вечера до 8 ч утра) диурез. Критерием для оценки функционального состояния почек служат динамика количества, относительной плотности отдельных порций и наличие или отсутствие никтурии.

Функциональные нагрузочные пробы в исследовании осморегулирующей функции почек.

Функциональные нагрузочные пробы на концентрирование мочи.

Пробы на концентрирование мочи характеризуют способность почек выделять увеличенное количество осмотически активных веществ для поддержания гомеостаза организма в условиях искусственно созданной дегидратации. Во время проведения проб на максимальное концентрирование мочи работа почек происходит в условиях усиленной продукции АДГ. Гормон через сложную систему механизмов увеличивает проницаемость конечной части дистальных канальцев и собирательных трубок для воды и мочевины, благодаря чему достигается высокая степень концентрирования мочи. В итоге неповрежденные почки выделяют малый объем мочи с высокой концентрацией в ней осмотически активных веществ.

Среди проб на максимальное концентрирование мочи наиболее распространены **пробы с сухоядением**.

В пробе с сухоядением, или концентрационная проба, предусматривает утром натощак опорожнение мочевого пузыря и затем в течение дня больной должен находиться в постели и принимать только сухую пищу. Сбор мочи производится за 2 часа, проба длится 24 ч, после чего определяется количество каждой порции (в норме не превышает 30-50мл), и относительная плотность в норме в отдельных порциях не ниже 1025, осмоляльность мочи достигает значений 900—1200 мосмоль/кг, скорость диуреза снижается до значений менее 0,5 мл/мин. Если в обычном исследовании мочи относительная плотность мочи равна 1025 и выше, в проведение пробы нет необходимости, начатую пробу можно прекратить при достижении в одной из порций отн. плотности мочи 1025 и выше. Проведение пробы весьма обременительно для больного; она часто прерывается из-за плохого самочувствия больного. Для достижения более быстрой дегидратации организма можно использовать дополнительное введение мочегонных препаратов. Проведение функциональных проб на максимальное концентрирование мочи противопоказано при обильных экстраренальных потерях жидкости (рвота, диарея), в раннем детском возрасте, при беременности, эпилепсии, тяжелой форме гипертонической болезни, пиелонефрите и мочекаменной болезни в стадии обострения, при ОПН и при ХПН, когда содержание креатинина в сыворотке крови более 132 мкмоль/л.

Клиническая оценка концентрирующей способности почек.

Концентрационную способность почек следует считать **умеренно сниженной** при значениях максимальной осмоляльности мочи 600—800 мосмоль/кг и при значениях максимальной относительной плотности мочи менее 1020 (1016—1020). Снижение осмоляльности мочи до 400—600 мосмоль/кг и относительной плотности мочи до 1015—1016 расценивают как **значительное**. О **тяжелом** поражении функции почечных канальцев свидетельствуют низкие значения максимальной осмоляльности мочи — менее 400 мосмоль/кг и колебания относительной плотности мочи в пределах 1010—1012. Подобная ситуация свидетельствует о полном прекращении функции осмотического концентрирования и характеризуется в клинической нефрологии как изостенурия (осмотическая концентрация мочи равна осмотической концентрации крови). Состояния, при которых значения максимальной осмоляльности мочи ниже осмоляльности плазмы (200—250 мосмоль/кг), а относительная плотность менее 1010 (1005—1008), характеризуют как гипостенурия. Эта ситуация выявляется при полном нарушении осморегулирующей функции почек. Гипостенурия выявляется при тяжелых тубулоинтерстициальных нефропатиях, ХПН, несахарном диабете. Необходимо учитывать факторы, влияющие на процессы концентрирования мочи независимо от первично-почечного поражения осморегулирующей функции почек. Среди них наибольшее значение имеют следующие:

- концентрация циркулирующего в крови АДГ;
- чувствительность почечных канальцев к АДГ;
- наличие отеков.

Функциональные нагрузочные пробы на разведение мочи. **Пробы** на разведение мочи характеризуют способность почек максимально разводить мочу в условиях искусственно созданной гипергидратации организма.

Состояние гипергидратации достигается водной нагрузкой, которая может быть однократной или длительной.

Однократная водная нагрузка в объеме 20—22 мг/кг (вода, слабый чай) дается больному натощак в течение 30—45 мин. Затем (с интервалом в 1 ч) собирают порции мочи для определения диуреза, относительной плотности и осмоляльности мочи.

При длительной водной нагрузке в течение 30—40 мин исследуемые выпивают количество жидкости, равное 2 % от массы тела. В последующие 4 ч каждые 30 мин собирают порции мочи для исследований. В дальнейшем водную нагрузку поддерживают, допивая каждые 30 мин жидкость, объем которой на 50 мл выше порции выделенной мочи.

Нагрузочная проба с гипергидратацией противопоказана при сердечной недостаточности, олигурии или анурии, остром гломерулонефрите, ОПН, ХПН, нефротическом синдроме. Важно иметь в виду, что у больных с исходной

гипоосмоляльностью или нарушением экскреции жидкости водная нагрузка может привести к судорогам и гипонатриемии с летальным исходом.

Клиническая оценка способности почек к разведению. В условиях водной нагрузки увеличивается содержание воды во внеклеточной жидкости со снижением ее осмоляльности. Гипоосмоляльность плазмы приводит к раздражению периферических осморорецепторов и торможению секреции АДГ нейрогипофизом. У здоровых лиц при проведении пробы на максимальное разведение относительная плотность мочи снижается до 1003, осмоляльность мочи до 50 мосмоль/кг и ниже. В течение первых 2 ч пробы выделяется более 50 % от общего объема принятой жидкости, в течение 4ч— более 80 %. Максимальная скорость выделения мочи превышает 2—3 мл/мин. Как нарушение функции разведения мочи рассматривают неспособность почек снижать относительную плотность мочи ни в одной из порций — менее 1004-1006. Тяжелая недостаточность почек характеризуется достижением минимальной относительной плотностью мочи — 1010-1012.

На результаты пробы оказывают влияние кровопотери, рвота, диарея.

Внепочечные причины нарушения способности почек к максимальному разведению мочи, выявляются при синдромах с избыточной секрецией АДГ, надпочечниковой недостаточности (гипокортицизм), гипотиреозе, застойной сердечной недостаточности, циррозе печени, ожирении, синдроме мальабсорбции.

В нефрологической практике нарушение способности почек максимально разводить мочу наблюдается при:

- снижение величины клубочковой фильтрации;
- увеличение проксимальной реабсорбции соли и воды;
- снижение поступления жидкости в разводящий сегмент нефрона;
- уменьшение кровотока в мозговом слое почек;
- состояние осмотического диуреза.

Резко нарушается функция осмотического разведения у больных после трансплантации почки.

Нарушают функцию осмотического разведения ряд лекарственных средств, увеличивающие высвобождение АДГ: карбамазепин, amitриптилин; препараты, повышающие действие АДГ: производные сульфаниламочевин - бутамид, ряд НПВП, морфин, барбитураты, никотин, циклофосфан, клофибрат, аналоги АДГ (окситоцин).

Исследование функции почек в регуляции кислотно-основного состояния.

Кислотно-основное состояние (КОС) характеризует соотношение концентрации водородных (H) и гидроксильных (ОН) ионов во внутренней среде организма. Поддержание КОС с сохранением стабильного рН артериальной крови осуществляется гомеостатическими механизмами, в основе которых лежат физико-химические свойства крови и тканей и физиологические процессы, происходящие в легких, почках, печени и желудочно-кишечном тракте.

Почки участвуют в поддержании КОС путем выделения с мочой избытка кислот и сохранения для организма оснований. Это достигается реабсорбцией бикарбонатов, образованием так называемых титруемых кислот, синтезом канальцевыми клетками аммиака, который, связываясь в просвете канальца с ионом водорода, образует ион аммония. Титруемые кислоты составляют часть водородных ионов, секретируемых в просвет канальцев и реагирующих в нем с главным буфером мочи — щелочными двузамещенными фосфатами которые в результате превращаются в кислые одноосновные фосфаты.

В клинической практике для оценки способности почек поддерживать КОС применяют исследование рН мочи, секреции аммиака, титруемых кислот и экскреции бикарбонатов.

У здорового человека рН мочи в нормальных условиях может колебаться в пределах 4,5— 7,5, чаще смещаясь к низким значениям (в кислую сторону). Перегрузка мясной пищей способствует выделению более кислой мочи, в то время как овощная диета, обильное щелочное питье значительно повышают рН мочи.

Экскреция титруемых кислот характеризует количество секретированных водородных ионов, связанных с анионами фосфатов и слабых органических кислот. Она определяется титрованием мочи раствором щелочи до уровня рН крови. В норме экскреция титруемых кислот составляет 10—30 ммоль/сут, или 7—21 мкмоль/мин.

Экскреция бикарбонатов в нормальных условиях невелика и составляет 1—2 ммоль/сут; 99,9 % профильтровавшихся бикарбонатов реабсорбируется в канальцах почек.

Секреция аммиака у здорового человека, равная 30—60 ммоль/сут (21—35 мкмоль/мин), составляет свыше 60 % от общего количества выводимых ионов водорода. При этом аммиак, связываясь с водородом, способствует выведению анионов сильных кислот (в виде солей аммония). С титрационной кислотностью выделяются анионы слабых кислот.

Общая экскреция почкой кислот — тотальная экскреция водородных ионов — составляет 40—90 ммоль/сут, т.е. почки полностью выводят избыток кислот, содержащихся в обычной диете. Пределом выведения кислот является уровень титрационной кислотности и экскреции аммиака, при котором рН мочи достигает 4,5.

Функциональные нагрузочные пробы для оценки кислотовыделительной функции почек. Из кислотных нагрузочных проб наибольшее распространение получили пробы с нагрузкой хлоридом аммония. Введенный внутрь хлорид аммония метаболизируется с образованием мочевины и соляной кислоты. Дополнительное поступление ионов водорода в организм определяет развитие ацидоза, который подтверждается снижением содержания стандартного бикарбоната сыворотки крови до 16—19 ммоль/л. Пытаясь компенсировать ацидоз, почки увеличивают экскрецию ионов водорода в виде титруемых кислот, а также и аммония. В результате экскретируется кислая моча.

Функциональную пробу с нагрузкой хлоридом аммония оценивают по степени снижения рН мочи, экскреции титруемых кислот и аммония.

О сохранности кислотовыделительной функции почек свидетельствуют снижение рН мочи ниже 5,3; уровни экскреции титруемых кислот более 25 мкмоль/мин, экскреции аммония — более 35 мкмоль/мин и общей экскреции ионов водорода — более 60 мкмоль/мин.

Противопоказаниями к проведению кислотных нагрузочных проб являются заболевания, осложненные системным ацидозом: сахарный диабет, недостаточность коры надпочечников, метаболический ацидоз внепочечного происхождения, нефропатии различного генеза с заведомо выраженным нарушением почечных функций, в том числе почечный канальцевый ацидоз, в связи с опасностью усугубления ранее имевшегося ацидоза. Способность адекватно снижать рН мочи и снижение экскреции титруемых кислот нарушена при почечном канальцевом ацидозе, при гипокалиемии и гиперкальциурии и ХПН (рН может оставаться норм.).

Экскреция аммония снижена при ХПН и гиперкальциурии. При почечном канальцевом ацидозе и при гипокалиемии она может быть нормальной или даже повышенной.

Определение В2-микроглобулина является одним из новых и достаточно точных методов диагностики поражения почек. Относительная молекулярная масса В2-МГ - 11800. Молекула представлена одной полипептидной цепью, состоящей из 100 аминокислот. Функция этого белка до конца не известна, имеются исследования, показывающие, что В2-МГ участвует в иммунных реакциях.

Исследование В2-МГ может служить для дифференциальной диагностики между поражением канальцев и клубочков. Известно, что повышение экскреции В2-МГ с мочой обнаруживается при таких заболеваниях почек, как синдром Фанкони, канальцевый ацидоз, ОПН, интерстициальный нефрит. При повреждении канальцев нарушается реабсорбция белка, экскреция В2-МГ растет, клубочки не поражены, других белков не обнаруживают. Если содержание В2-МГ в моче в пределах нормы, а обнаруживается увеличение среднемолекулярных белков (альбумина), то можно говорить об изолированном поражении клубочков. При смешанном процессе, в моче обнаруживается и альбумин и В2-МГ.

Методы основанные на исследовании крови.

В функцию почек входит очищение крови от накопления шлаковых продуктов. Вследствие этого можно определив содержание этих продуктов в крови у больного и сравнив с нормальной концентрацией сделать заключение о состоянии почечной функции. Наиболее важными веществами накапливающимися при недостаточной функции почек, являются азотистые продукты белкового обмена, такие как мочевины, мочевая кислота, креатинин, индикан, аминокислоты и др.

Показателями первостепенной значимости являются концентрация креатинина в крови.

Креатинин крови является конечным продуктом метаболизма мышечного белка креатинфосфата. Образование креатинина зависит от мышечной массы тела и определяется полом, возрастом, развитием мышечной массы и интенсивности обмена. При условии, если мышечная масса тела постоянна, скорость образования креатинина и его выброс из мышц в кровь достаточно постоянны. Выделяется креатинин из организма только почками.

Содержание сывороточного креатинина достаточно четко отражает состояние азотовыделительной функции почек. Концентрация его в крови не зависит от диеты и физической нагрузки. Это обстоятельство определяет важность исследования количества креатинина крови, а не показателей азотистого обмена — мочевины и остаточного азота. Последние показатели в значительной степени зависят от баланса белков в организме, вследствие чего менее точно отражают состояние и динамику почечных функций. Так, содержание мочевины и остаточного азота может повышаться при сохранной функции почек за счет усиленного катаболизма белков или при высоком потреблении белка с пищей и, наоборот, длительное время может сохраняться на постоянном уровне (при низком потреблении белка), несмотря на нарастающее снижение почечной функции.

При нормальном содержании креатинина в крови основным путем его выделения является клубочковая фильтрация и лишь незначительная часть выделяется за счет секреции проксимальными канальцами. Доля канальцевой секреции креатинина возрастает лишь при развитии почечной недостаточности.

Концентрацию креатинина в крови определяют химическим путем с использованием реакции Яффе с пикриновой кислотой. В норме концентрация креатинина в крови составляет 0,062—0,120 ммоль/л; при снижении почечных функций концентрация креатинина в крови возрастает. Нормальный уровень мочевины менее 8,4 ммоль/л.

Имеет значение и определение содержания общего белка и фракций в крови. Так, **гипопротеинемия** отражает повышенную проницаемость поврежденных клубочков и недостаточную канальцевую реабсорбцию в поврежденных почечных канальцах, **гипоальбуминемия** отражает потерю низкомолекулярных белков плазмы, наряду с тем отмечается увеличение фракции глобулинов.

Методы, основанные на исследовании крови и мочи, основаны на использовании метода клиренса (очищения), являющегося основным для получения количественной характеристики деятельности почек — клубочковой фильтрации и канальцевой реабсорбции.

Клиренс определяется объемом плазмы, который целиком очищается почками от того или иного вещества (креатинина, мочевины, мочевой кислоты, электролитов, инулина) за 1 мин. по формуле Реберга-Тареева: $C=(U:P)\#V$. Где С — клиренс вещества; U — концентрация вещества в моче; P — концентрация вещества в плазме крови; V — величина минутного диуреза. Клиренс креатинина равен величине клубочковой фильтрации (F) и составляет в норме 100-130 мл/мин. Изучение состояния КФ позволяет судить о степени поражения паренхимы почек. Ее динамическое исследование позволяет установить прогрессирование процесса, а также его положительную динамику.

Теоретически клубочковая фильтрация определяется клиренсом инулина полисахарида, который при введении в организм полностью фильтруется почками. Однако, инулин является веществом чужеродным для организма, требует определенных доп. исследований.

В клинике в качестве критерия КФ используют клиренс эндогенного креатинина, во-первых, он по точности практически не уступает пробе с инулином, во-вторых, определение его в крови и моче несложно и необременительно

для больного и мед.персонала, в-третьих, концентрация креатинина обратно пропорциональна величине клиренса креатинина и не подвержена влиянию экстраренальных факторов и не зависит от анаболизма и катоболизма белков. Необходимо иметь в виду, что достоверность результатов достигается при соблюдении следующих условий: величина диуреза должна быть не менее 1 мл/мин (в условиях олигурии или анурии метод клиренса применять нельзя);

- должна соблюдаться высокая точность измерения диуреза и времени исследования;

Результаты клиренсных методов должны приравняться к стандартной поверхности тела — $1,73 \text{ м}^2$.

Менее широко, чем клиренс креатинина, для определения СКФ используют клиренс мочевины. Это объясняется высокой зависимостью значений клиренса мочевины от диуреза. Мочевина - конечный продукт метаболизма белков, который, свободно фильтруясь в почечных клубочках, подвергается в дальнейшем реабсорбции в канальцах. Интенсивность реабсорбции мочевины зависит от величины диуреза. У здорового взрослого человека при диурезе не менее 1,5 мл/ мин клиренс мочевины составляет 75 мл/мин.

Изменения величины клубочковой фильтрации по клиренсу эндогенного креатина.

К уменьшению менее 80 мл/мин. могут привести следующие этиологические факторы, такие как гемодинамические нарушения (шок, обезвоживание, кровопотеря, СН), органические изменения в почках (воспаление, склероз, травма), гломерулосклероз и как проявление – ХПН.

При заболеваниях почек патофизиологической основой снижения фильтрационной функции почек является:

- снижение коэффициента ультрафильтрации;
- уменьшение фильтрующей поверхности клубочка;
- снижение почечного кровотока;
- обструкция почечных канальцев;
- трансканальцевая «утечка» фильтрата через поврежденный эпителий канальцев;
- снижение массы действующих нефронов.

В ранних стадиях хронического нефрита механизм угнетения СКФ обусловлен в первую очередь снижением коэффициента ультрафильтрации и уменьшением фильтрующей поверхности клубочка. Снижение почечного кровотока, обструкция канальцев и «утечка» фильтрата через поврежденный эпителий являются ведущими факторами, определяющими снижение СКФ при остром канальцевом некрозе или ОПН.

При таких хронических заболеваниях почек, как хронический нефрит, артериолонефросклероз вследствие длительной и тяжелой артериальной гипертонии, хронический пиелонефрит, амилоидоз почек, величина КФ снижена преимущественно за счет уменьшения количества функционирующих нефронов.

Функциональная проба с нагрузкой белком для определения резервов клубочковой фильтрации. Для оценки резервов клубочковой фильтрации используют острую (однократную) или кратковременную (в течение 3—5 дней) нагрузку белком или аминокислотами (средний резерв 20-35 мл/мин). Функциональную пробу с допамином (норма - возрастание КФ на 10-15%).

К увеличению КФ более 150 мл/мин. приводит расширение приносящих артериол, повышение тонуса выносящих артерий, создавая высокий внутриклубочковый градиент давления, приводит к потери отрицательного заряда базальной мембраны капилляров клубочков, повышению проницаемости, повышению клиренса белков, появлению микроальбуминурии.

Для выявления поражения почечных канальцев, его степени, возможной локализации исследуют **процессы реабсорбции**. Процессы реабсорбции протекают наиболее интенсивно в проксимальном отделе канальцев. Величина канальцевой реабсорбции (R) определяется по формуле: $R = (F - V) : F\%$. В норме канальцевая реабсорбция составляет 95-99%.

Методы, основанные на исследовании способности почек выделять введенные в организм вещества.

Канальцевая секреция. Для ее определения используется проба с феноловым красным. Нормальные показатели 60—70%.

Исследование величины почечного плазмотока и кровотока. Почечный кровоток — это объем крови, проходящий через почки в единицу времени (1 мин). В клинической практике для определения величины ПК используют прямые и непрямые методы исследования. Прямое измерение ПК с помощью флоуметра возможно лишь в хирургической практике. В общетерапевтической клинике используют непрямые методы определения. Наибольшее распространение среди них получил метод клиренса с использованием веществ-маркеров, которые секретируются эпителием почечных канальцев. Такими веществами являются парааминогиппуровая кислота (ПАТ), гиппуран и диодон (диодраст), при этом наиболее распространенным клиренс-методом для определения ПК является клиренс ПАТ.

Клиренс парааминогиппуровой кислоты (ПАТ). Возможность использования клиренса ПАТ для определения почечного плазмотока (ПП) определяется свойством препарата практически полностью извлекаться из крови клетками проксимальных канальцев и секретироваться в просвет нефрона за один пассаж через почки. Величину почечного кровотока рассчитывают по величине почечного плазмотока и показателю гематокрита по формуле:

$$ПК = ПП / 1 - Ht;$$

где ПК — величина почечного кровотока (мл/мин); ПП — величина почечного плазмотока (мл/мин); Ht — показатель гематокрита.

В норме величина эффективного ПП, определенная методом клиренса ПАТ, составляет 600—655 мл/мин, эффективного почечного кровотока — 1100—1300 мл/мин.

Функциональные пробы для определения резерва почечного кровотока. Определение резерва ПК производят путем нагрузки белком или введения сосудорасширяющих фармакологических препаратов (допамин, кофеин и др.) — норма увеличение на 20-30%.

Клиническая оценка состояния почечного кровоснабжения. ПК подвержен суточным колебаниям. Он увеличивается в дневные часы и снижается в ночные. Отмечена зависимость величины ПК от возраста. До 40 лет величина ПК сохраняется на постоянном уровне, в дальнейшем снижается и к 80 годам составляет лишь 50 % нормальной величины.

Снижению ПК способствуют вертикальное положение тела, физическое напряжение, нервное возбуждение, боль, диета с небольшим содержанием белка.

ПК увеличивается при беременности, употреблении большого количества белка, лихорадке.

В патологических условиях снижение кровоснабжения почек выявляют при острой и хронической циркуляторной недостаточности; гиповолемия и сердечная недостаточность вызывают выраженную вазоконстрикцию и угнетение почечного кровотока. Уменьшение кровоснабжения почек имеет место при острых заболеваниях мочеполовой системы, при электролитных нарушениях, при некоторых эндокринных заболеваниях (патология надпочечников, гипопитуитаризм, микседема).

При заболеваниях почек причинами снижения перфузии органа являются:

- повреждения почечных сосудов, возникающие вследствие атеросклеротического процесса, тромбоза или эмболии сосудов; длительная артериальная гипертензия, системные васкулиты;
- уменьшение ОЦК как следствие первично-почечного поражения, подобные состояния могут возникать при отечных синдромах, выраженных тубулоинтерстициальных поражениях почек;
- склеротические изменения почек с потерей массы действующих нефронов; такие изменения являются исходом хронических нефритов, амилоидоза и поликиетоза почек, наследственных канальцевых заболеваний, туберкулеза почек, обструкции мочевыводящих путей и других хронических заболеваний почек;

- сосочковый некроз, нередко развивающийся при сахарном диабете, серповидно-клеточной анемии, анальгетической нефропатии.

Гиперперфузия почек наблюдается на ранних стадиях сахарного диабета и СКВ, при гипervолемическом варианте нефротического синдрома.