

Доктор медицины Артур Коэн  
Профессор морфологии и медицины  
Медицинский факультет Калифорнийского Университета в г. Лос Анжелес  
(шт. Калифорния)

## **ОБЗОР СТРУКТУРЫ КЛУБОЧКА, ОСНОВНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИ ПРОЦЕССЫ И МЕТОДЫ ВЫНЕСЕНИЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ БИОПСИИ ПОЧКИ**

### **ВСТУПЛЕНИЕ**

Почки – спаренные бобообразные органы расположенные в ретроперитонеальном (забрюшинном) пространстве, анатомически сложные, представляющие широкий диапазон морфологических процессов, механизмов, микроспочиских морфологий, проявлений. Предлагаемая вниманию читателя статья позволит ознакомиться с некоторыми из наиболее важных морфологических процессов.

### **АНАТОМИЯ ЗДОРОВЫХ ПОЧЕК**

В нормальном организме взрослого человека, каждая почка весит приблизительно 150 г (диапазон у мужчины : от 125 до 175 г; диапазон у женщины: от 115 до 155 г). Обе почки вместе взятые составляют 1/240 (0,4%) от общего веса организма. В каждую почку поступает кровь через одну почечную артерию, берущую начало от брюшной аорты.

Почечная артерия разветвляется, образуя переднюю и заднюю ветвь у ворот (hilus). Разветвление артерии продолжается дальше и ее ответвления проникают через все почечное вещество, в виде междольковых артерий расположенных между долями почки.

Междольковые артерии доходят до места содинения коркового и мозгового вещества почки. Здесь они переходят в дугообразные артерии соединяющие мозговой и корковый слой аркой при таком изгибе, что их расположение уже почти перпендикулярно по отношению к расположению междольковых артерий. От дугообразных артерий в свою очередь ответвляются междольковые артерии, расположенные перпендикулярно к дугообразным, и простирающиеся через корковый слой до самой поверхности оболочки (капсулы). Аfferентные (приносящие) артериолы являются ответвлениями от междольковых артерий. От этих afferентных артериол возникают

клубочковые капилляры. Клубочки представляют из себя сферический мешочек капиллярных петелек уложенных в виде нескольких долек; капилляры сливаются, покидая клубочек уже в виде эфферентных (уносящих) артериол, которые разветвляются в поверхностных нефронах, формируя новый капиллярный слой в промежутке окружающем корковые каналцы.

Капилляры эти известны как перитубулярные или интерстициальные капилляры. Эфферентные артериолы простираются от околomозговых клубочков в мозговой слой в виде прямых сосудов, питающих наружный и внутренний мозговой слой. Эти прямые сосуды и перитубулярные капилляры сливаются, образуя междольковые вены. Вены повторяют артерии по своему распределению, объему и расположению, покидая почки уже в виде почечных вен, впадающих в полую вену.

Почки состоят в основном из трех видов тканей: кортикальное (корковое) вещество, медулярное (мозговое) вещество и собирательная система. Если посмотреть на частицу почечной ткани в разрезе, то корковым слоем является бледноватая наружная часть, примерно 1,5 см толщиной. Из-за наличия клубочков и извилистых каналцев, эта часть отличается на взгляд своим шероховато-рябоватым видом. Мозговой слой представляет из себя образования конического вида, называемые пирамидами, с закругленными верхушечными сосочками. В нормальном организме почечных пирамид бывает от 8 до 18. Из-за параллельного расположения этих трубчатобразных структур, мозговой слой на взгляд выглядит полосатым, исчерченным. Основанием своим почечные пирамиды упираются в место соприкосновения коркового слоя с мозговым, а их закругленные верхушки (почечные сосочки) выступают в собирательную систему. Корковая паренхима проникает в промежутки между пирамидами – эта часть коркового вещества называется почечными столбами или столбами Бертена.

Почечной долей принято считать мозговую пирамиду вместе с окружающей ее корковой паренхимой, включающей в себя как столбы Бертена так и подкапсульное корковое вещество. Собирательная система состоит из почечной лоханки, соответствующей расширенной верхней части мочеточника, более или менее похожей на воронку. Каждая почечная лоханка имеет два или три крупных ответвления, называемых большими почечными чашечками. Каждая большая чашечка далее разбивается на три или четыре малых чашечки. Как правило в каждой из этих чашечек встречается по одному мозговому сосочку.

Каждая почка содержит примерно один миллион нефронов, являющихся индивидуальными функционирующими единицами, состоящими из клубочков и каналцев. Каждый клубочек представляет из себя

шарообразный узелок взаимосвязанных капилляров, расположенных в пространстве (в т.н. пространстве Боумана) выстеленном плоским париетальным эпителием. Пространство Боумана плавно переходит в трубочки (канальцы) и является по отношению к ним смежноприлегающим. Отверстие проксимальной трубочки (канальца) как правило находится у противоположного конца от клубочковых ворот, к которым подведены и от которых выходят (соответственно) афферентные и эфферентные артериолы.

Внешняя сторона клубочковых капилляров покрыта слоем висцеральных эпителиальных клеток, т.н. подоцитов. Каждая из этих клеток располагает достаточно крупным тельцем, содержащим ядро; затем удлинненными цитоплазмными конечностями, разветвляющимися таким образом, что из них образуются небольшие перстообразные отростки, переплетающиеся и соприкасающиеся с другими отростками произрастающими от аналогических конечностей соседних клеток. Этими отростками покрыты капилляры. Эти переплетающиеся и соприкасающиеся отростки называются «ножками» (pedicel) или стопообразными отростками еще и потому, что при использовании электронного микроскопа, они распознаются внешне по своему сходству со стопой или ножкой.

Пространство между смежными стопообразными отростками называется щелью фильтрации, а сами смежные отростки соединены тонкой перепонкой. Это – т.н. щелепористая диафрагма. Базальная мембрана клубочковых капилляров покрыта эпителиальными клетками. Эта базальная мембрана представляет из себя трехслойное образование, при несколько более электронно-плотном утолщенном центральном слое (т.н. «lamina densa») и электронно-прозрачными слоями потоньше, расположенными под эпителиальными и эндотелиальными клетками (соответственно, т.н. «lamina rara externa» и «lamina rara interna»). Пучочки капилляров поддерживаются мезангием, представляющим из себя межклубочковое продолжение артериоларных стенок. Мезангий формируется из двух составных частей. Внеклеточная матрица обладает целым рядом свойств относящихся к самой структуре целого, по аналогии с базальной мембраной. Сами же клетки мезангия, т.н. мезингиевы клетки, делятся на два разряда: во-первых гладкомышечные клетки (при некоторых особенностях) составляют более чем 95% от общего числа клеток; во-вторых, клетки происшедшие от клеток костного мозга, составляющие все остальное. Клетки мезангия обеспечивают различные функции: сокращение, выработку внеклеточной матрицы, выделение воспалительных медиаторов, фагоцитоз, а также миграцию от центральной зоны, в которой они обычно пребывают.

Поверхность клубочковой базальной мембран (КБМ) несет отрицательный заряд (-), равно как и поверхности эпителиальных и эндотелиальных

клеток. Отрицательный заряд этих двух образований обеспечивает таким образом зарядоселективный барьер при осуществлении фильтрации содержимого клубочка. (1-3).

Остальную часть нефрона можно разделить на три части. Это – проксимальные, т.е. ближние трубочки (канальцы), зачастую извилистые; петля Генле; дистальный (дальний) каналец. Ближние трубочки состоят из клеток с сильно развитыми просветными поверхностями (микроворсинками). Это – т.н. щеточная каемка. Клетки эти относительно крупнее, чем клетки дистальных трубочек, оснащенных соответственно меньшим количеством микроворсин. Каждая трубочка полностью окружена отдельной базальной мембраной. В срезах ткани наблюдается, что соседние базальные мембраны трубочек находятся почти в прямом соприкосновении друг с другом и отделены друг от друга соединительной промежуточной тканью (interstitium), содержащей капилляры питающие трубочки (перитубулярные капилляры).

В области сосудистого конца клубочка и на месте примыкания афферентной артериолы, клетки артериолярной стенки подвергаются видоизменению, превращаясь в выделительные клетки, т.н. юкстагломерулярные клетки. Эти клетки вырабатывают и выделяют ренин в гранулах. Часть дистальной трубочки (канальца) у ворот клубочка, т.н. macula densa, характеризуется более уплотненными и при этом более мелкими клетками дистального канальца, соприкасающимися с юкстагломерулярными клетками. Макула дэнза и афферентные артериолы окружены клетками «laci» – клетками мезенхимы, похожими на клетки мезангия.

## **ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОЧЕЧНОЙ ТКАНИ**

Подготовка к обследованию почечных гистологических препаратов нередко отличается от подготовки к обследованию иных тканей, т.к. и виды, и проявления заболеваний, и сами части тканей и их аномалии при данных заболеваниях достаточно отличаются от иных тканей. В особенности анализ повреждений клубочка требует применение довольно обширного количества различных гистохимических окрасок. При этом необходимо брать более тонкие срезы препаратов, чем при обследовании других тканей. Из фиксаторов, предпочтение отдается алкогольному раствору Буина (Дюбоск-Барсиль)(Bouin's solution, Duboscq-Barsil).

Чтобы распознать структуру клубочка и его морфологию, необходимо, чтобы компоненты внеклеточной матрицы (базальная мембрана, матрица мезангия) подверглись селективной окраске, т.н. «окраске по восприимчивости или предпочтению». Если срез залит парафином, гематоксилиновая и эозиновая окраска («H & E») как правило не позволяет

различить разницы между экстрацеллюлярной матрицей и цитоплазмой. Зато периодно-кислотная окраска Шиффа («PAS»), периодно-кислотная метенамино-серебряная окраска Джоунса и трихроматичные окраски Массона все обеспечивают превосходное, четкое очертание экстрацеллюлярного вещества [Periodic Acid Schiff (PAS); Periodic Acid Methenamine Silver (Jones); Masson's Trichrome]. (См. Ниже Таблицу 1). Каждому красителю и окраске свойственны свои преимущества и недостатки. Как правило, следует использовать все имеющиеся виды окрасок при осуществлении обследования почечных тканей и в особенности при биопсии.

<b>ТАБЛИЦА 1</b>			
<b>Характерные проявления различных участков почечной ткани при окраске</b>			
<b>УЧАСТОК ТКАНИ</b>			
<b>НАИМЕНОВАНИЕ И ОТТЕНОК ОКРАСКИ</b>			
Базальны мембраны клубочка и трубочек Гематоксилин и эозин (H & E) Периодно-кислотная Шифф (PAS) Периодно-кислотная метенаминово-серебряная Джоунс (Jones)			
Розово-красный Ало-лиловый черный			
Мезангиальная матрица	Розово-красный	Ало-лиловый	черный
Коллаген интерстициальный	Розово-красный	Бледно розовый	серый
Цитоплазма: эндотелиальная, мезангиальная, гладко-мышечная, эпителиальная	Розово крупинчатый	Бело-розовый	Серо-розовый
Вещество напоминающее белок (отложения)	Розовый или ярко красный	Однообразно бледный либо ярко розовый (как правило негативное контрастирование)	Однообразно розовый или красный (негативное контрастирование)
фибрин	Розовый или ярко красный	Слегка позитивное или негативное	Розовое или негативное
ядра	Темно синий	Темно синий	Темной синий

Реактив PAS окрашивает КБМ, мезангиальную матрицу и базальные мембраны трубочек в красный цвет (позитивный результат, +), в то время, как периодически-кислотные метенаминово-серебряные красители окрашивают те же участки в черный цвет. Таким образом обеспечивается четкий контраст между позитивно и негативно контрастирующими структурами. Мы предпочитаем трихроматический краситель Массона, с применением анилиново-синего. При этом экстрацеллюлярная клубочковая матрица и базальные мембраны трубочек окрашиваются в синий цвет и становятся четко различимыми от клеток и аномального вещества, накапливающегося при патологии [4]. Там где указано, следует употреблять конго-красный краситель, эластичную ткань и иные виды окрасок. Толщина среза во всех случаях, кроме как при применении конго-красной окраски должна не превышать 2 или 3 мкм, т.к. чтобы различить виды клубочковой патологии, в особенности в том, что касается насыщенности клетками, целиком зависит от использования срезов данной тонкости.

**Каждому красителю и окраске свойственны свои преимущества и недостатки. Как правило, следует использовать все имеющиеся виды окрасок при осуществлении обследования почечных тканей и в особенности при биопсии.**

Иммуногистохимия необходима для экспертизы почечных тканей – в особенности при заболеваниях клубочка. Большинство лабораторий пользуется иммунофлюоресценцией (ИФ) для выявления и локализации иммуноглобулинов, комплемента «С», фибрина и иных иммунных веществ. Но это средство дорогое и обычно недоступно в России.

Электронная микроскопия (ЭМ) используется для локализации отложений при наличии заболеваний клубочка, для выявления чрезвычайно мелких отложений и для документального подтверждения хода развития изменений в структуре клетки. Помимо того, ИФ и ЭМ часто играют незаменимую роль при диагностировании канальцевых, интерстициальных и сосудистых повреждений.

## **ОБЩАЯ МОРФОЛОГИЯ ПОЧЕЧНЫХ СТРУКТУР**

Ниже изложены основные аномалии характерные для почечных структур. Затем следует описание различных почечных заболеваний.

<b>ТАБЛИЦА 2</b>		
<b>РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ КЛУБОЧКА</b>		
ПОРАЖЕНЫ ВСЕ ИМЕЮЩИЕСЯ КЛУБОЧКИ	1. повреждения сосредоточены в определенном участке или	Аномалия охватывает часть (обычно менее чем 50%) от общего числа клубочков

	участках 2. повреждения рассеяны по всей площади	Аномалия распространяется на все или почти на все клубочки
ПОРАЖЕН ТОЛЬКО ОДИН КЛУБОЧЕК	1. сегментальное повреждение 2. глобальное повреждение	Аномалия проявляется на части капиллярного пучка Аномалия распространяется на весь капиллярный пучок

### **КЛУБОЧКИ**

#### Повышенная насыщенность клетками

Повышенное содержание паренхиматозных клеток может возникнуть как следствие увеличения количества природных клеток (мезангиальных или эндотелиальных клеток), или от накопления лейкоцитов в капиллярных просветах, под эндотелиальными клетками или в мезангии. Хотя такое определение не совсем верное, наличие повреждений клубочков одновременно при повышении количества клеток в пучках часто принято называть пролиферативным (разросшимся) гломерулонефритом. Накопление клеток внутри мочевого пространства называется полулунием (см. ниже).

#### Увеличение экстрацеллюлярной матрицы

Подразумевается под этим увеличение мезангиальной матрицы или базального мембранного вещества. В первом случае, оно может проявляться либо в виде равномерного, рассеянного наброска, распространяющегося на все дольки, либо в виде отдельных теней или налетов, нанесенных на мезангий и придающих ему узловато-шероховатый вид. Увеличение в количестве экстрацеллюлярной матрицы чаще всего принимает форму утолщенных базальных мембран – вид аномалии, который легче всего фиксировать при помощи ЭМ.

#### Склероз

Имеется в виду уплотнение и увеличение в количестве экстрацеллюлярной матрицы и других видов ткани, ведущее к разрушению и поглощению капилляров, к затвердению всего пучка или его части. Склероз (сморщивание почек, рубцевание) возможно сопутствует накоплению коллагена в мочевом пространстве, или связано с ним, вплоть до полного

заполнения этого пространства и его разрушения. Также возможно одновременное увеличение экстрацеллюлярной матрицы в капиллярных пучках. Когда охвачен весь клубочек, идет речь о полном склерозе. Как наименование присвоенное этому проявлению, клубочковая гиалинизация является более устаревшим и менее четким термином. Сегментарный гломерулярный склероз предполагает совершенно иной морфологический процесс, часто и заболевание. При сегментарном гломерулосклерозе, поражены бывают только отдельные участки капиллярных пучков; при этом, капилляры разрушаются под воздействием увеличенной экстрацеллюлярной матрицы и/ или крупных преципитатов плазменного белка, т.н. инсудатов.

### Полулуния

Т.н. «полулуния» представляют из себя накопления клеток и экстрацеллюлярного вещества в мочевом пространстве. Полулуния являются последствием тяжелых повреждений капиллярных стенок, сопровождаемых нарушениями непрерывности фибрина и его просачиванием из поврежденных капилляров в мочевые пространства. В свою очередь это приводит к разрастанию висцеральных, а возможно также и париетальных эпителиоцитов, к накоплению моноцитов и иных кровяных шариков в мочевом пространстве. Клеточный состав полулуния бывает разным в зависимости от вида заболевания и соответствующей степени повреждения базальной мембраны капсулы Боумана. Чаще всего полулуния завершаются «организацией» (образованием рубцов). При наличии смеси клеток с коллагеном, полулуние называется фиброцеллюлярным, а при наличии одного лишь коллагена в мочевом пространстве, полулуние называется фиброзным. При организации полулуния, капиллярный пучок чаще всего бывает разрушенным и деформированным.

### Периферическая миграция и интерпозиция мезангия

При некоторых заболеваниях, клетки мезанкия, а часто и матрица, простираются от центральной дольковой части пучка проникая в стенку периферического капилляра, таким образом переходя от эндотелиоцита к базальной мембране. В этом участке встречается мезангиальная матрица между интерпозированной мезангиевой клеткой и эндотелиоцитом и наблюдается утолщение капиллярной стены, имеющей два слоя экстрацеллюлярной матрицы. Подобная двуслойная структура или удвоенная конфигурация может распространяться на несколько капилляров или на все из них, в зависимости от течения заболевания и от стимула.

### Изменения в морфологии висцеральных эпителиоцитов

Выявить можно только при помощи ЭМ. При потере белка вдоль стенки клубочкового капилляра, эпителиоциты меняют форму; стопообразные отростки оттягиваются и разбухают. В результате теряется эффект обособленных стопообразных отростков («ножек») и проявляется почти сплошная масса цитоплазмы, покрывающей КБМ. Таким образом происходит своего рода утрата или сглаживание эффекта стопообразных отростков. Смежные отростки от разных клеток и клетки не сливаются [6, 7].

## **ТРУБОЧКИ (КАНАЛЬЦЫ)**

### Атрофия

Приводит к неравномерному утолщению и сморщиванию базальных мембран даже до сокращения в размере трубочек. Поэтому почти во всех случаях утолщенные или сморщенные базальные мембраны указывают на атрофию трубочек (канальцев).

### Цилиндры

Канальцевые цилиндры состоят в основном из белка Тамм-Горсфалл – мукопротеина вырабатываемого клетками толстой восходящей части петли Генле. При физиологических и патологических обстоятельствах, этот белок может выйти в мочу в виде гиалиновых цилиндров. Из-за сильно выраженной позитивной контрастности, белок Тамм-Горсфалл легче всего распознать при помощи срезов, окрашенных периодически-кислотной окраской Шиффа (PAS). Белок Тамм-Горсфалл можно обнаружить в аномальных участках (проксимальный нефрон, интерстициум, сосуды) при некоторых нарушениях.

### Интерстициум

Острые интерстициальные процессы определяются наличием отека (эдемы). Их можно различить при помощи срезов окрашенных PAS или периодически-кислотной метенамино-серебряной окраской, характерным для них отделением друг от друга внешне здоровых канальцев. Здоровые канальцы (трубочки) опознаются по нормальным базальным мембранам. Хронические интерстициальные процессы отличаются фиброзом. Этот фиброз связан с атрофией трубочек. Тип воспалительной клетки (например полиморфонуклеарный лейкоцит или лимфоцит) не является определителем острого или хронического характера данного интерстициального процесса.

## Артерии и Артериолы

Видоизменения этих частей как правило не являются уникальными для почки. При этом есть некоторые достаточно редкие исключения, например тромботические микроангиопатии, склеродерма.

## **ПАТОГЕННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПОЧЕЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

### **Иммунологические**

Многие клубочковые нарушения и небольшое количество трубчато-интерстициальных и сосудистых нарушения являются иммунологически промежуточными, т.е. бывают подвержены иммунному вмешательству [7]. Подобные нарушения могут быть следствием процессов воздействия антитела-посредника или клеточного иммунитета («СМІ»). Почти во всех случаях, в человеческом организме невозможно установить непосредственную причину или антигенный стимул, вызвавший иммунную реакцию. Иммунофлюоресцентная микроскопия необходима для выявления повреждений почечной ткани, вызванных действием антител-медиаторов (антител-посредников).

Почти все гломерулопатии являются результатом травм, нанесенных агрессивными антителами – т.е. они вызваны процессами иммунологического вмешательства. Например, антитело соединяется с врожденным антигеном в самом клубочке; или, антитело соединяется, либо *in situ* или в кровообращении с внешним гломерулярным антигеном, при локализации или отложении иммунных комплексов в клубочках. При циркулирующих иммунных комплексах, эти антигены могут быть либо эндогенными, либо экзогенными. Эндогенные антигены встречаются при таких заболеваниях, как системная красная волчанка (systemic lupus erythematosus) и включают составные ядра, такие как ДНК, гистоны и пр. Циркулирующие иммунные комплексы застревают в клубочках в мезангии и в субэндотелиальных слоях стенок капилляров. Более редко они встречаются в субэпителиальных участках.

ЭМ позволяет с предельной точностью локализовать отложения. Некоторые заболевания характеризуются отложениями преимущественно в одной точке, в то время, как другие заболевания отличаются отложениями

во многих точках. По завершении отложения иммунных комплексов, закрепляется комплемент (С) и часто следует инфильтрация лейкоцитами. Белые кровяные шарики накапливаются в просвете капилляра и проникают в мезангий; при этом, врожденные, природные мезангиальные клетки могут делиться и также проникнуть в стенки периферических капилляров. Возможно, что лейкоциты частично обеспечивают удаление отложившихся иммунных комплексов.

**Определены названий многих гломерулярных нарушений, диагностические критерии, прогноз и целесообразность различных лечебных указаний зависят от безошибочной локализации и определения иммунных комплексов в клубочках.**

Другой механизм травмирования, вызванного антителами является последствием образования иммунного комплекса *in situ*. Это может произойти при двух важных обстоятельствах. (1) Антитело может направляться на действие против какого-то природного компонента клубочка, как, например, висцерального эпителиоцита. (2) Антиген через кровообращение может очутиться в клубочке и закрепиться или застрять в определенном положении или участке. Антитело затем соединяется с застрявшим антигеном, образуя на этом участке иммунный комплекс (ИК).

**Стимул или стимулы, провоцирующие производство антител часто невозможно определить.**

В человеческом организме, антитело, направляемое против базальной мембраны известно под названием «анти-клубочково-базально-мембранное антитело». Флюоресцентное определение отличается видимостью последовательного прямолинейного прикрепления антитела к базальной мембране. При сочетании с антителом *in situ*, занесенные в человеческий организм антигены дают видимость наброска крупинчатой флюоресценции, напоминающей вид клубочков с отложением циркулирующих иммунных комплексов. При занесенных антигенах, вид при флюоресценции чаще отражает равномерность гранулярных отложений, чаще всего в стенках капилляра. ЭМ часто в результате позволяет зафиксировать электронно-плотные, насыщенные отложения в субэпителиальном слое стенок капилляров. Гораздо реже возникают в результате формирования иммунных комплексов *in situ* мезангиальные или субэндотелиальные отложения.

Травмирование клеточным иммунитетом (СМІ: cell-mediated immunity) очевидно при острых эпителиальных нарушениях, таких как, например, острый интерстициальный нефрит, вызванный злоупотреблением наркотиками.

## **Неиммунологические**

Существует ряд важных механизмов, приводящих к значительному повреждению клубочков при большом разнообразии обстоятельств. Обратим внимание на основные из них.

### **Повреждение гломерулярных висцеральных эпителиоцитов**

Происходит под влиянием многих разных видов воздействия. Приводит к отечности клеток, исчезает эффект стопообразных отростков или смягчается на взгляд. Дальнейшее развитие повреждения приводит к вакуолизации, накоплению белков в лизосомах (капельках обратного всасывания белка) и отслоению клеток от базальной мембраны [8].

### **Заметное сокращение почечной массы**

При значительных потерях функционирующих нефронов, остающиеся нефроны бывают подвержены гипертрофии. Это достаточно обстоятельно наблюдалось в подопытных животных и считается свойственным также при развитии заболевания почек в человеке. Гломерулярная гипертрофия сочетается с повышенным интеркапиллярным и системным давлением крови, повышением кровообращения и клубочковой фильтрации. Хотя в начале процесс допускает организму приспособиться, в дальнейшем эти физиологические события сопряжены с возникновением и развитием сегментального гломерулосклероза. Вероятно, именно этот механизм является причиной прогрессирующего развития многих видов почечных заболеваний, независимо от первичного места травмы [9, 10]. На поздних стадиях заболевания, возникает опасность спутать его проявление при световой микроскопии с мембранопролиферативным гломерулонефритом. При сильно выраженной ишемии, окончательно разрушается стенка клубочка.

### **Механизмы повреждения трубочек и интерстициума**

Как было сказано выше, иммунологические механизмы могут привести к некоторым видам повреждения интерстициума. Однако, в отличие от клубочка, в данном случае наличие токсинов, ишемии и обструкции, препятствующие свободному течению мочи, также являются важными процессами.

***Автор с благодарностью просит отметить вклад Американско-русской программы последипломного медицинского образования, поддержку***

***профессора Сергея Рябова и д-ра Александра Арьева, а также  
иллюстрации д-ра Гарри Либерман и перевод с английского г-жи Марии  
Ашот.***