

Оглавление

Авторы	5
Список сокращений и условных обозначений	6
Предисловие	7
Глава 1. Анатомия и морфология почки	9
Глава 2. Функции почек в организме человека	16
2.1. Механизм и регуляция выделительной функции	18
2.2. Обезвреживание ксенобиотиков	33
2.3. Гормональная функция	35
2.4. Восстановление объема крови	38
2.5. Кроветворная функция	38
2.6. Поддержание кислотно-основного состояния	42
2.7. Поддержание постоянства осмотического давления.	62
2.8. Анаболическая функция	115
2.9. Противосвертывающая функция.	116
2.10. Катаболическая функция.	118
Глава 3. Основные синдромы в нефрологии	119
3.1. Мочевой синдром	120
3.2. Нефротический синдром	145

3.3. Нефритический синдром	152
3.4. Болевой синдром	154
3.5. Гипертензивный и отечный синдромы.	154
Глава 4. Дифференциальная диагностика синдромов.	158
4.1. Мочевой синдром	158
4.2. Артериальная гипертензия при патологии почек	163
4.3. Отечный синдром.	165
Глава 5. Маркеры повреждения почек и оценка функций почек	169
Глава 6. Лабораторные показатели	187
Список литературы.	223

Авторы

Усанова Анна Александровна — д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой факультетской терапии с курсами физиотерапии, лечебной физкультуры ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева» Минобрнауки России

Гуранова Наталья Николаевна — канд. мед. наук, доцент кафедры факультетской терапии с курсами физиотерапии, лечебной физкультуры ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева» Минобрнауки России

Список сокращений и условных обозначений

- ♣ — торговое наименование лекарственного средства и/или фармацевтическая субстанция
- ∅ — лекарственное средство не зарегистрировано в Российской Федерации
- ВИЧ — вирус иммунодефицита человека
- ОПП — острые почечные повреждения
- СКФ — скорость клубочковой фильтрации
- ХБП — хроническая болезнь почек

Предисловие

В клинической практике внутренних болезней обследование и лечение пациентов с различными формами патологии, в том числе с заболеваниями почек, дают бесценные факты для изучения функций и дисфункций различных органов и систем. В XX в. созданы предпосылки для тесного научного общения исследователей структуры и функций почек и клиницистов, нефрология выделилась в самостоятельную научную дисциплину.

Сочетание классических направлений нефрологии и новейших способов исследования, необходимость использования системного подхода при анализе участия почек во взаимодействии с другими органами не только свидетельствуют о необходимости оценки роли различных направлений современной фундаментальной науки в развитии нефрологии, но и способствуют разработке стратегии ее развития.

Вторая половина XX в. дала много информации о новых сторонах деятельности почек, эти данные позволяют иначе представить функциональную роль почек и требуют интегративных подходов для оценки способов взаимодействия функций нефронов и интерстиция при соотношении инкреторной, метаболической и экскреторной функций почек. Последняя из упомянутых функций ранее рассматривалась как единственная, но это не отвечает современным данным, и необходимо по-новому осмыслить механизмы работы систем регуляции функций почек, которые обеспечивают ее роль как ключевого органа в системе гомеостаза.

Развитие физиологии, в том числе физиологии почки, имеет значение для прогресса клинической медицины, так как способствует раскрытию механизмов функций почки, выяснению локуса, лежащего в основе ее дисфункции.

Умение своевременно диагностировать заболевание на раннем этапе увеличивает возможность выздоровления либо достижения стойкой ремиссии с обеспечением достойного качества жизни больного.

Многообразие нозологических форм, индивидуальность их проявлений у различных пациентов делают процесс диагностики нередко крайне трудным, и средств субъективного характера, зависящих от личных знаний и умений лечащего врача, оказывается недостаточно. Сфера лабораторной диагностики в современной доказательной медицине неуклонно расширяется. Основную ответственность за качество диагностики и лечения несет клиницист, но его задача может быть существенно облегчена адекватной помощью лабораторно-диагностической службы.

В справочнике в краткой форме, преимущественно в таблицах и схемах, представлены главные клинические нормативные показатели в нефрологии. Книга содержит разделы по анатомии и морфологии, в ней освещены основные функции почек и нефрологические симптомы с элементами дифференциальной диагностики.

Издание предназначено врачам, оказывающим специализированную помощь нефрологическим больным, специалистам по функциональной диагностике, врачам общей практики (семейным врачам), специалистам различных профилей, а также студентам медицинских вузов.

Глава 1

Анатомия и морфология почки

Почки — парный орган бобовидной формы (рис. 1.1). Различают верхний и нижний полюсы, медиальный и латеральный края, переднюю и заднюю поверхности почки. Посередине медиального края расположены *почечные ворота*, в которые входят почечная артерия, нервы и из которых выходят почечная вена и лимфатический проток. Здесь же находится и *почечная лоханка*.

Средние размеры почек в норме у взрослых: длина от верхнего до нижнего полюса составляет 12 см, ширина от медиального до латерального края — 6 см и толщина от передней до задней поверхности — около 3 см. Каждая почка взрослого человека в среднем весит 150–160 г.

Почки расположены забрюшинно по обе стороны от позвоночника: верхний полюс левой почки — на уровне верхнего края XII грудного, а нижний — на уровне верхнего края III поясничного позвонка.

Почки располагаются под острым углом к позвоночнику так, что их верхние полюсы находятся друг к другу ближе, чем нижние.

Сверху почка покрыта плотной соединительнотканной капсулой. Поверхность почки ровная, гладкая, коричневого цвета. На разрезе видны два слоя — *корковое* и *мозговое вещество почки*. В ткани коркового вещества можно обнаружить многочисленные точечные

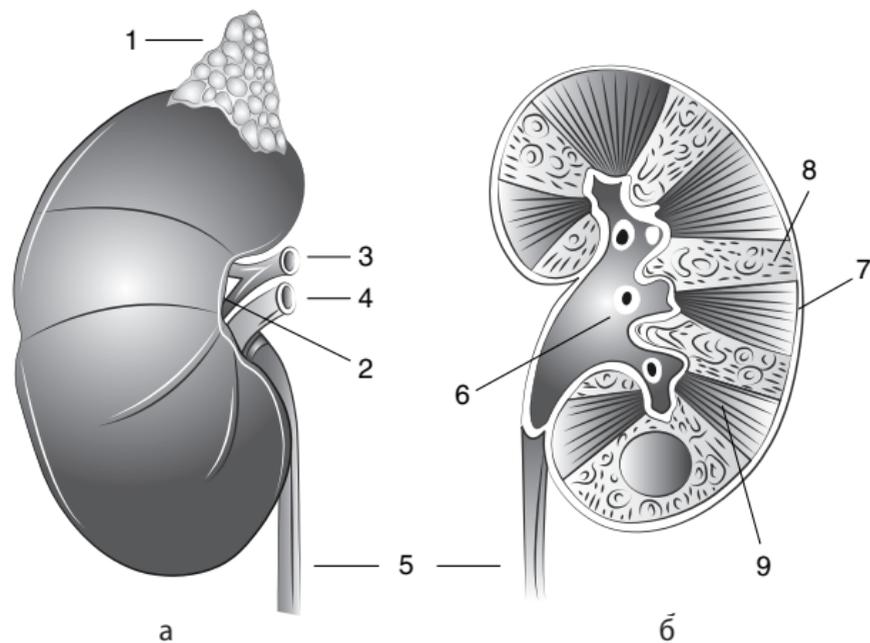


Рис. 1.1. Общий вид (а) и строение (б) почки: 1 — надпочечник; 2 — ворота почки; 3 — почечная артерия; 4 — почечная вена; 5 — мочеточник; 6 — почечная лоханка; 7 — корковое вещество почки; 8 — мозговое вещество почки; 9 — пирамида почки

образования красного цвета — *почечные* и *мальпигиевы тельца*. Ширина коркового вещества — 7–8 мм, но во многих местах оно глубоко проникает в толщу мозгового вещества почки в виде радиально расположенных *почечных столбов*. Последние разделяют мозговое вещество на *почечные пирамиды*, которые основанием обращены кнаружи, а вершинами — внутрь.

Основной структурно-функциональной единицей почки является *нефрон* (рис. 1.2, 1.3). В обеих почках взрослого человека в норме насчитывается 2,5–4,0 млн нефронов. Каждый из них состоит из почечного, или мальпигиева, тельца и канальца. Почечное тельце является начальной частью нефрона и состоит из клубочка и покрывающей его капсулы Шумлянско-Боумана. Клубочек представляет собой сосудистое образование, которое содержит около 50 капиллярных петель, начинающихся от приносящей клубочковой артериолы и собирающихся в выносящую клубочковую артериолу. Около 1700–2000 л крови проходит за день через почки. За 4–5 мин через почки проходит вся кровь организма.

В результате фильтрации плазмы крови в почечных тельцах нефронов за сутки вырабатывается до 120–150 л первичной мочи. В канальцах нефрона после процесса реабсорбции из первичной мочи образуется около 1,5 л окончательной мочи.

Подоциты связаны между собой пучковыми структурами, образующимися из плазмолеммы. Фибриллярные структуры особенно отчетливо выражены между малыми отростками подоцитов, где они образуют так называемую щелевую диафрагму, которой отводится большая роль в гломерулярной фильтрации. Щелевая диафрагма, имея филаментарное строение (толщину 6 нм, длину 11 нм), образует своеобразную решетку, или систему пор фильтрации, диаметр которых у человека — 5–12 нм. Снаружи щелевая диафрагма покрыта

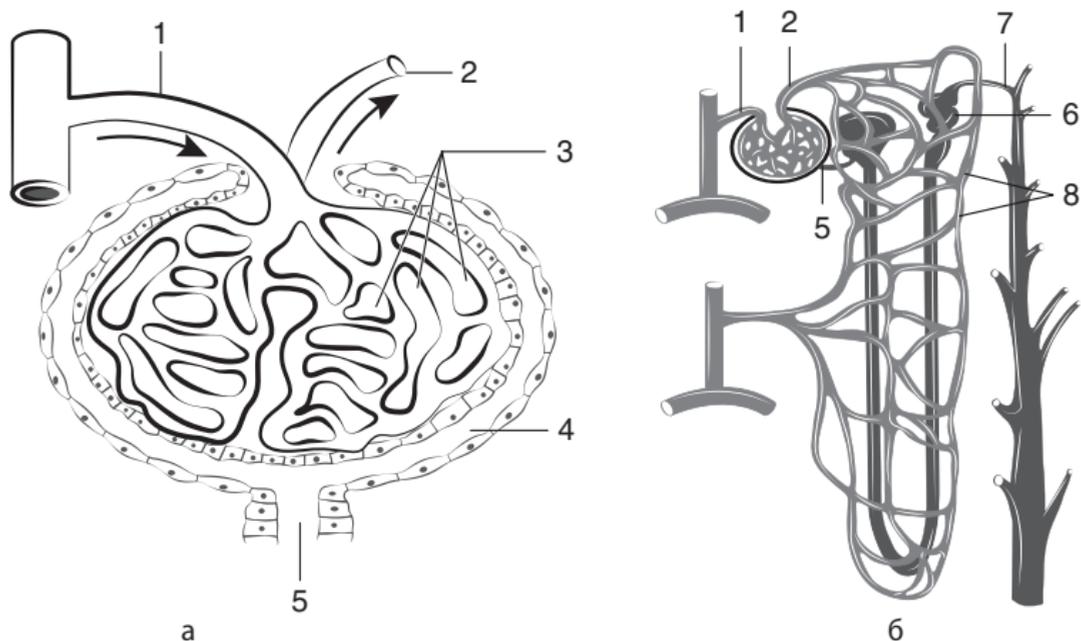
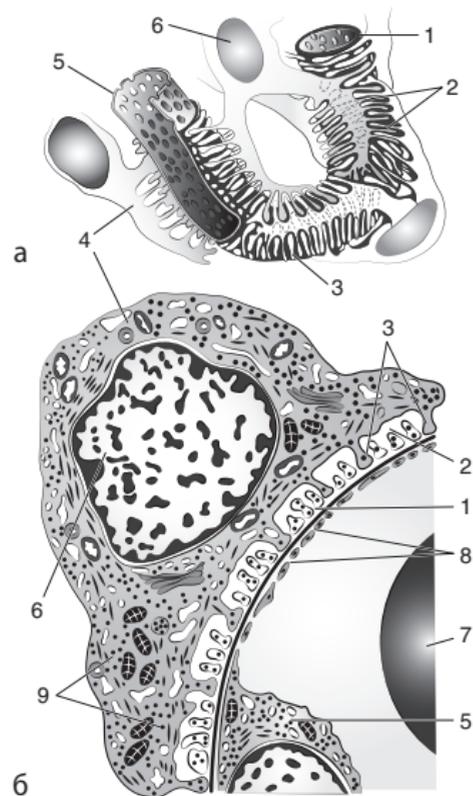


Рис. 1.2. Строение почечного клубочка (а) и нефрона с кровеносными сосудами (б): 1 — приносящая артерия; 2 — выносящая артерия; 3 — клубочковая капиллярная сеть; 4 — капсула Шумлянско–Боумена; 5 — проксимальный каналец; 6 — дистальный каналец; 7 — собирательные трубочки; 8 — капиллярная сеть коркового и мозгового вещества почек

гликокаликсом, то есть сиалопротеиновым слоем цитолеммы подоцита, внутри она граничит с *lamina rara externa* базальной мембраны капилляра (рис. 1.4).

Функцию фильтрации осуществляет не только щелевая диафрагма, но и миофиламенты цитоплазмы подоцитов, с помощью которых происходит их сокращение. С подоцитами связана не только функция фильтрации, но и продукция вещества базальной мембраны клубочков. Кроме того, они экспрессируют антигены, общие с клетками крови. В цистернах гранулярной эндоплазматической сети этих клеток находят материал, аналогичный веществу базальной мембраны. Помимо ультрафильтрации, эндоте-

Рис. 1.3. Взаимоотношение подоцитов и эндотелиальных клеток в капсуле нефрона: а — схема; б — электронная микроскопия (схема); 1 — базальная мембрана; 2 — фильтрационные щели; 3 — ножки подоцитов; 4 — цитоплазма подоцитов; 5 — фенестрированный эндотелий; 6 — ядра подоцитов; 7 — эритроцит; 8 — фенестры, 9 — микрофиламенты



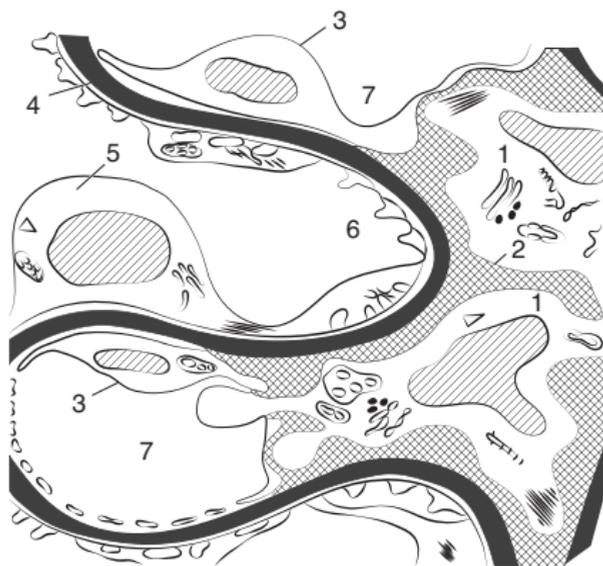


Рис. 1.4. Строение мезангия: 1 — мезангиоциты; 2 — мезангиальный матрикс; 3 — эндотелий; 4 — базальная мембрана; 5 — подоцит; 6 — малые отростки подоцита; 7 — просвет капилляра

лий гломерулярных капилляров участвует в образовании вещества базальной мембраны клубочков.

Капиллярные петли связывает друг с другом и подвешивает наподобие брыжейки к гломерулярному полюсу соединительная ткань клубочка, или мезангий (рис. 1.5), структура которого подчинена в основном функции фильтрации и репарации при повреждении мембраны. В мезангии различают мезангиоциты (мезангиальные клетки) и мезангиальный матрикс.

В функциональном отношении мезангиальный матрикс, образуя систему каналов, играет роль мусоропровода для анионных и нейтральных макромолекул, микроорганизмов и т.д.

Юкстагломерулярный аппарат расположен в околоклубочковой зоне между приносящей и выносящей клубочковыми артериолами. Основная функция его заключается в выработке ренина (см. рис. 1.5).

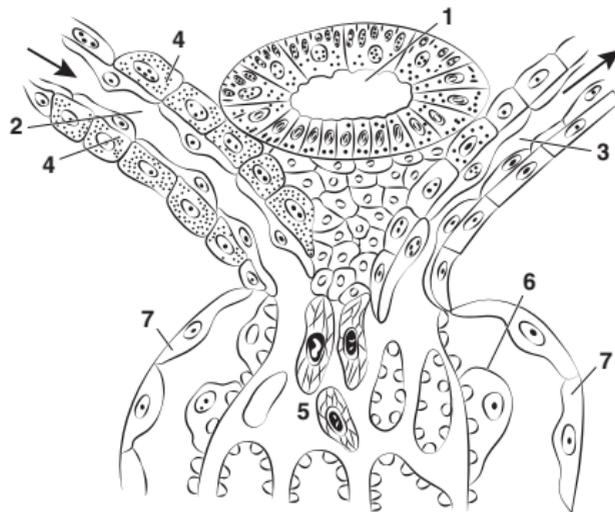


Рис. 1.5. Юкстагломерулярный комплекс: 1 — дистальный каналец; 2 — приносящая артериола; 3 — выносящая артериола клубочка (стрелками указано направление движения крови); 4 — эпителиоидные (юкстагломерулярные клетки); 5 — мезангиальные клетки (плотное пятно); 6 — висцеральный листок; 7 — париетальный листок капсулы Шумлянско–Боумана

Функции почек многообразны, при этом часть из них связана с процессами выделения, в которых почки играют ведущую роль, другая же часть подразумевает невыделительные функции почек.

Глава 2

Функции почек в организме человека

Функции почек в организме человека и их краткая характеристика представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Функции почек в организме человека

Функция	Характеристика
Выделительная	Выведение из организма конечных продуктов метаболизма
Детоксикационная	Выведение из организма токсических и лекарственных соединений, чуждых организму человека
Гормональная	Биосинтез из витамина D ₃ гормона кальцитриола. Биосинтез гормонов альдостерона и вазопрессина через систему «ренин–ангиотензин II»
Восстановление объема крови после кровопотери	Восстановление артериального давления через ренин-ангиотензиновую систему
Стимуляция кроветворения	За счет биосинтеза эритропоэтина, который активирует в костном мозге биосинтез эритроцитов в крови

Функция	Характеристика
Поддержание кислотно-основного состояния	Поддержание изогидрии, величин BE , pCO_2 и pH крови
Поддержание изоосмии	Поддержание постоянного осмотического давления крови, равного 285 мосм/л
Поддержание водно-солевого баланса	Совокупность процессов всасывания, распределения, потребления и выделения воды и солей в организме животных и человека
Анаболическая	В тканях почек идет биосинтез глюкозы (глюконеогенез), фосфолипидов, простагландинов PGA_2 и PGE_2 , первая пусковая реакция биосинтеза креатина
Противосвертывающая	В тканях почек синтезируется плазминоген, который затем превращается в плазмин, являющийся важнейшим компонентом противосвертывающей системы. Активатором плазминогена является урокиназа, биосинтез которой протекает в почках
Катаболическая	В тканях почек содержатся ферменты, вызывающие распад гормонов: инсулина, глюкагона, соматотропина, пролактина — до конечных продуктов

2.1. Механизм и регуляция выделительной функции

Механизм образования мочи складывается из трех основных процессов (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Механизмы образования мочи

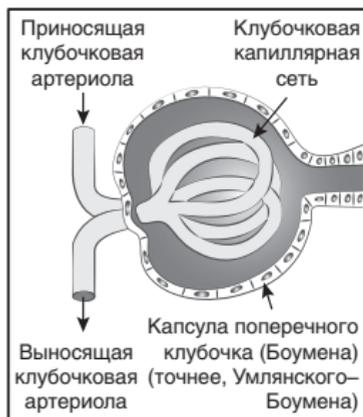
Механизм	Процесс
Клубочковая фильтрация	Происходит через капсулу Шумлянского–Боумена из плазмы крови, воды и низкомолекулярных компонентов, являющихся конечными продуктами метаболизма в организме, что приводит к образованию первичной мочи (180–200 л/сут)
Канальцевая реабсорбция	Обратное всасывание в кровь воды (90%) и необходимых для организма веществ из первичной мочи
Канальцевая секреция	Из крови в мочу секретируются ионы, органические вещества для поддержания гомеостаза в организме (органические вещества могут быть как эндогенной, так и экзогенной природы)

Функции различных отделов нефронов представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Функции различных отделов нефрона

Сегмент нефрона	Отдельные процессы мочеобразования
Клубочек	Образование ультрафильтрата плазмы
Проксимальный каналец	Изотоническая реабсорбция 70% профильтровавшейся воды и NaCl. Реабсорбция K^+ , HCO_3^- , Ca^{2+} , HPO_4^{2-} , глюкозы, аминокислот, мочевины, мочевой кислоты. Секреция H^+ , NH_4^+ , органических кислот и щелочей
Петля Генле	Противоточно-множительная реабсорбция NaCl и H_2O
Дистальный каналец	Реабсорбция небольшой фракции профильтровавшихся NaCl и H_2O . Секреция H^+ , NH_4^+ , K^+
Собираательные трубочки	Участок окончательного формирования мочи. Реабсорбция NaCl и H_2O . Секреция H^+ , NH_4^+ , K^+

Процесс мочеобразования представлен на рис. 2.1, 2.2.



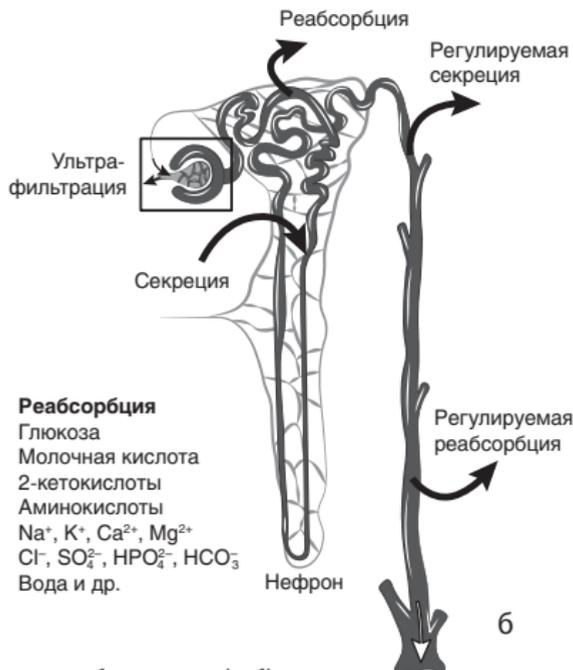
Ультрафильтрация

Все растворимые компоненты плазмы крови с $M < 65$ кДа (размером до 3 нм)

а

Секреция

H^+
 K^+
 Лекарственные вещества
 Мочевая кислота
 Креатинин



Реабсорбция

Глюкоза
 Молочная кислота
 2-кетокислоты
 Аминокислоты
 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}
 Cl^- , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , HCO_3^-
 Вода и др.

б

Рис. 2.1. Процесс мочеобразования (а, б)

Силы, влияющие на скорость клубочковой фильтрации

ПОВЫШЕНИЕ:

При расширении приносящей артериолы или сужении выносящей

СНИЖЕНИЕ:

При сужении приносящей артериолы или расширении выносящей

Объемная скорость тока крови через почки взрослого человека:

1100 мл/мин (20–25% минутного объема сердца)

Объемная скорость тока плазмы: около **600** мл/мин

Скорость клубочковой фильтрации: 125 мл/мин

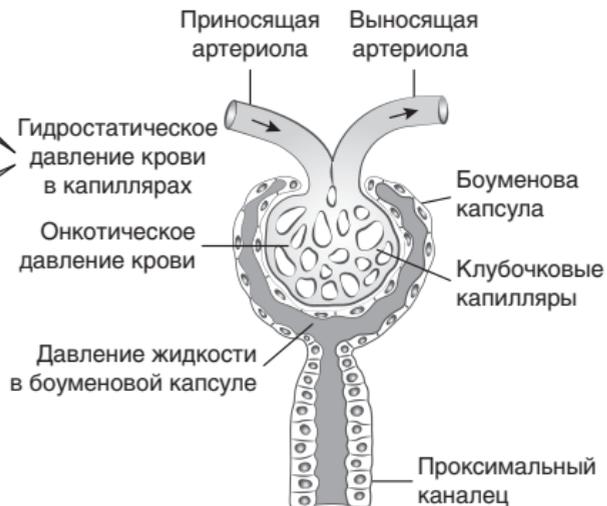


Рис. 2.2. Клубочковая фильтрация

Клубочковая фильтрация осуществляется под влиянием физико-химических и биологических факторов (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Факторы, под влиянием которых осуществляется клубочковая фильтрация

Факторы	Характеристика
Физико-химические	Капиллярное давление (КД) создается за счет разности диаметров приносящих и выносящих капилляров сосудистого клубочка Шумлянского (приносящие капилляры имеют больший диаметр, чем выносящие). Именно поэтому гидростатическое давление в капиллярах клубочка примерно в 2 раза выше, чем в капиллярах других тканей нашего организма. Препятствующей фильтрации силой является онкотическое давление за счет белков крови
Биологические	Активность подоцитов (микронасосы) и сокращение и расслабление мезангиальных клеток

Гломерулярный фильтр (капсула Шумлянского—Боумена) состоит из трех слоев (рис. 2.3):

- 1) эндотелия капилляров;
- 2) базальной мембраны;
- 3) эпителия висцерального листка капсулы, или подоцитов.

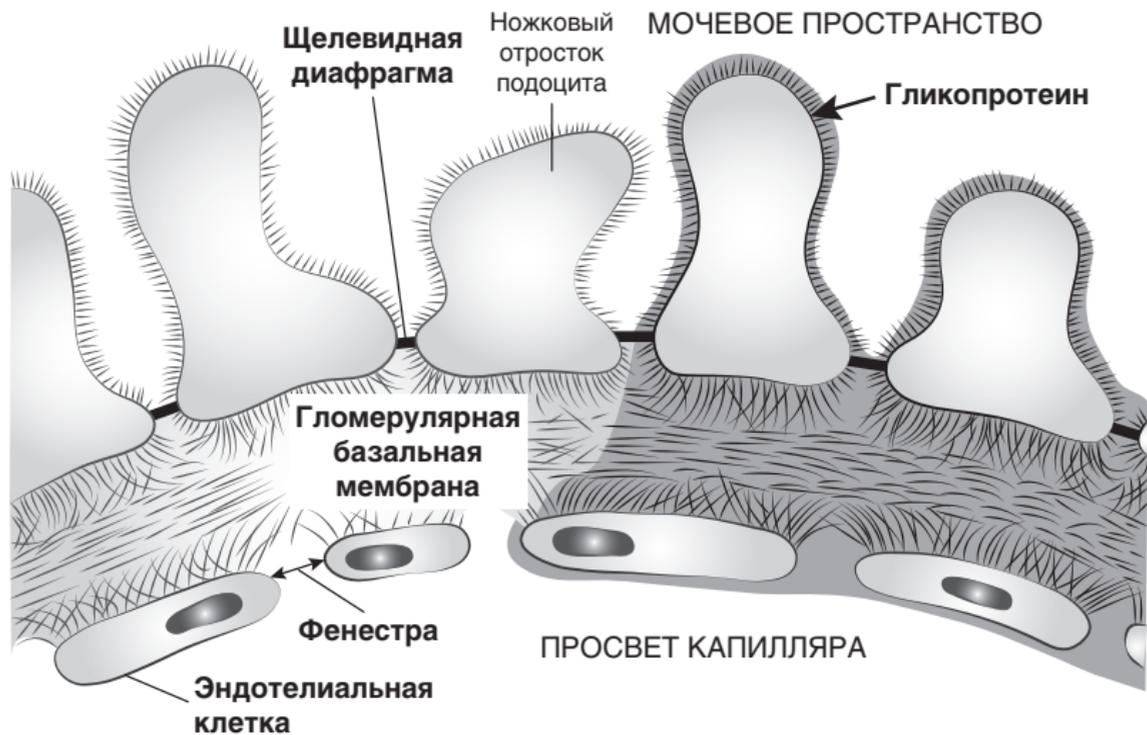


Рис. 2.3. Гломерулярный фильтр

Фильтрационное давление (ФД) вычисляется по формуле (рис. 2.4):

$$\text{ФД} = \text{КД} - (P_{\text{онкотич.}} + P_{\text{внутрикапс.}}).$$

Фильтрационное давление в норме составляет 30 мм рт.ст.

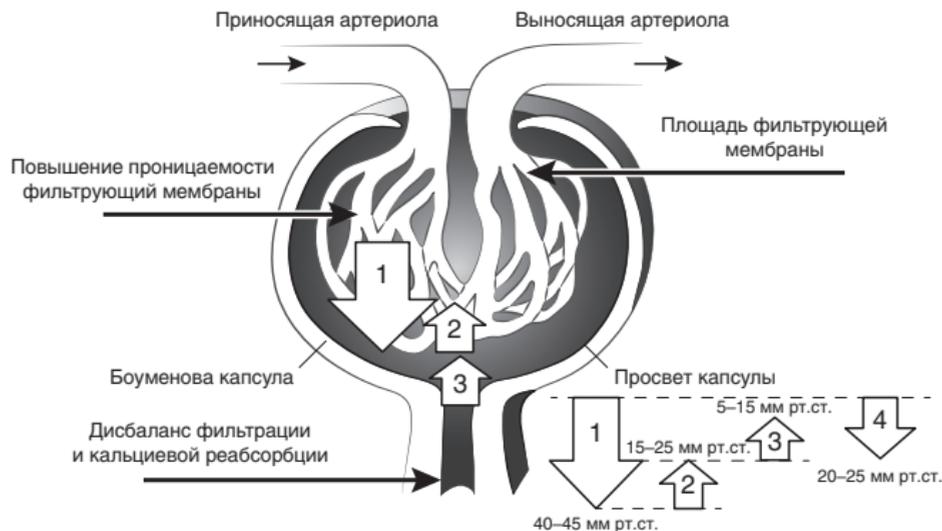


Рис. 2.4. Факторы, определяющие величину клубочковой фильтрации: 1 — гидростатическое давление в капиллярах клубочков; 2 — онкотическое давление плазмы крови; 3 — давление в капсуле Шумлянско–Боумена; 4 — эффективное фильтрационное давление