

## Apparato urinario

L'apparato urinario rimuove gran parte dei rifiuti metabolici prodotti dalle cellule. Esso svolge delle funzioni essenziali:

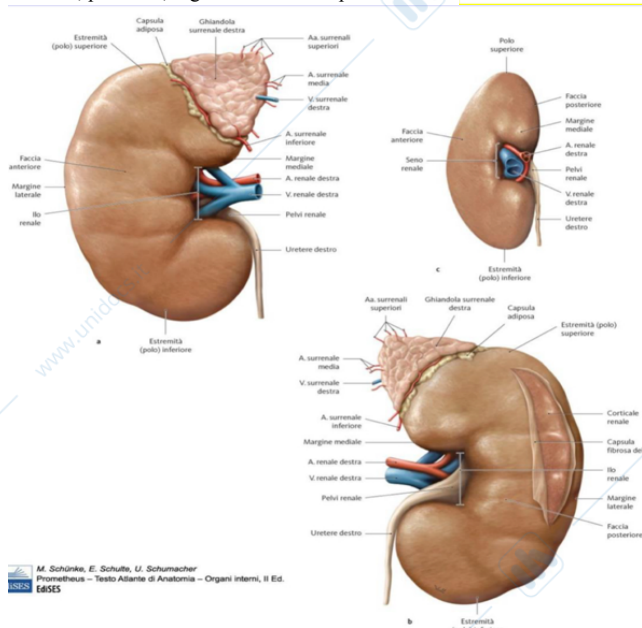
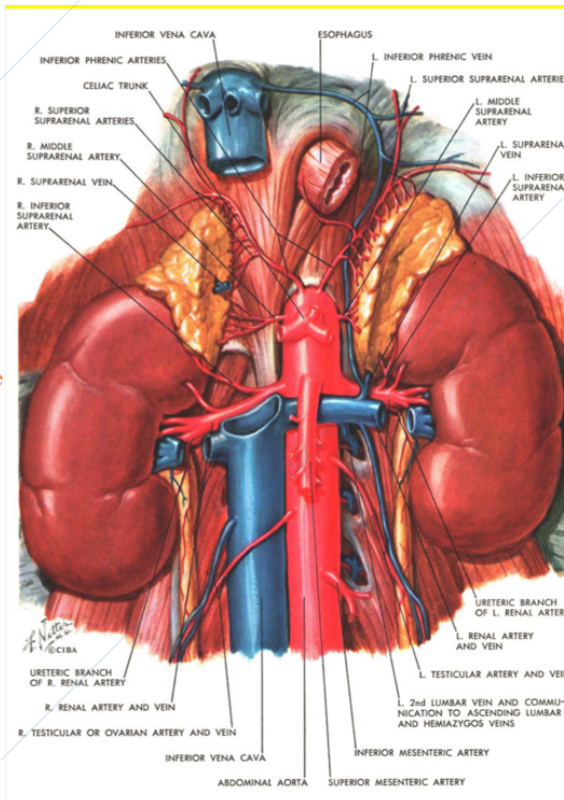
- Regolazione delle concentrazioni plasmatiche di sodio, potassio, cloruro e calcio
- Regolazione del volume della pressione del sangue
- Stabilizzazione del pH ematico
- Conservazione delle sostanze nutritive utili, prevenendone l'escrezione urinaria
- Eliminazione di rifiuti organici.

L'apparato urinario comprende i reni, gli ureteri, la vescica urinaria e l'uretra. La funzione escretoria viene svolta dai **reni**, organi pari che producono l'**urina**. L'urina che esce dai reni viaggia lungo le **vie urinarie**, costituite da due **ureteri**, fino a giungere alla **vescica urinaria**, dove viene temporaneamente accumulata. Durante la **minzione**, la contrazione della tonaca muscolare della vescica spinge l'urina all'esterno del corpo tramite l'uretra.

### Renii:

I due reni sono posti ai lati della colonna vertebrale, nelle docce paravertebrali tra la T12 e la L3. Il polo superiore del **rene destro** si trova solitamente più in basso rispetto al polo superiore del rene sinistro a causa delle dimensioni del fegato.

La **faccia anteriore del rene destro** è coperta da fegato, flessura epatica del colon e duodeno; la **faccia anteriore del rene sinistro** è coperta da milza, stomaco, pancreas, digiuno e flessura splenica del



M. Schönlank, E. Schullz, U. Schumacher  
Prometheus - Testo Atlante di Anatomia - Organi interni, II Ed.  
EDSES

faccettorenale. L'**ilo** del rene si troverà nel margine mediale di ciascun rene e accoglie l'arteria renale in ingresso, l'arteria renale. La **capsula renale** è costituita da due strati, interno ed esterno. Osservato in sezione lo strato interno si invagina a livello dell'ilo e riveste il seno renale, una cavità all'interno del rene. I vasi sanguigni e linfatici, i nervi e l'uretere passano attraverso l'ilo e si ramificano nel seno renale.

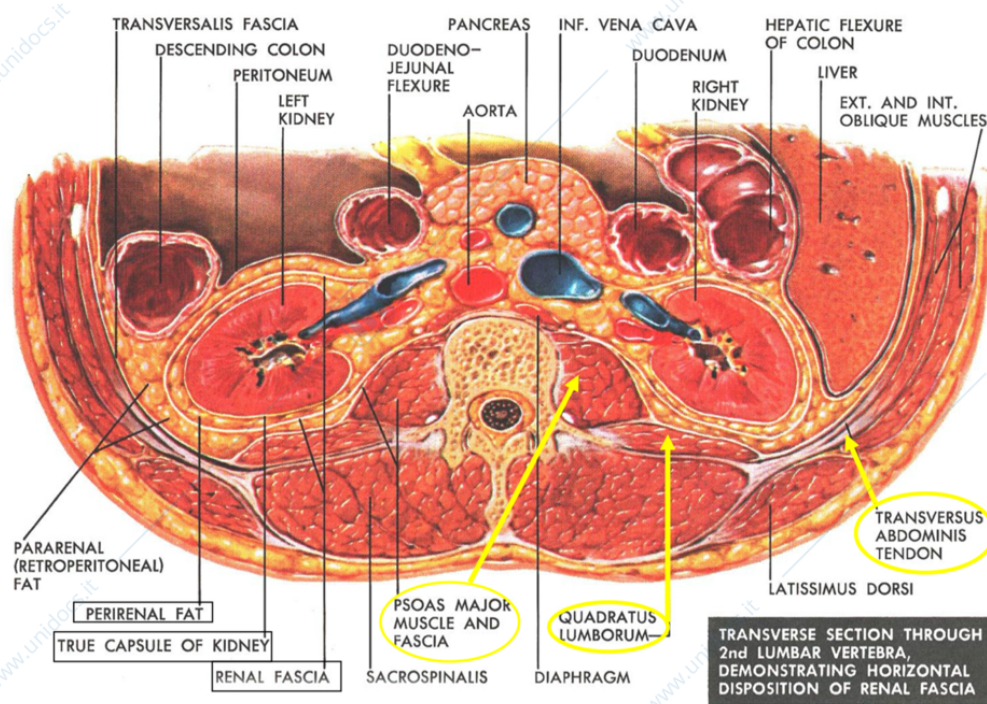
I **reni sono di colorito rosso bruno**, si trova ai lati della colonna vertebrale e sono localizzati all'interno di una regione che chiameremo **loggia renale**.

Il rene destro è più vicino alla vena cava inferiore; quindi, la vena renale sarà più corta rispetto all'arteria renale di destra, esattamente l'inverso per il rene sinistro. *L'arterie renali sono direttamente confluenti dell'aorta addominale*, quindi il trasporto di sangue è di grande quantità. Inoltre, tutti i liquidi, liquido pleurico, liquido pericardico e urina, sono tutti trasudati, dializzati, filtrati del sangue.

colon; il polo superiore di entrambi i reni è sormontato dalla ghiandola surrenale. Reni, ghiandole surrenali e ureteri si trovano in posizione retroperitoneale, compresi tra i muscoli del dorso e il peritoneo parietale. La posizione dei reni all'interno della cavità addominale viene mantenuta da: rivestimento peritoneale, rapporto con gli organi vicini e tessuto connettivo di sostegno. Ciascun rene è infatti protetto e stabilizzato da tre strati di tessuto connettivo.

Il rene ha la **forma di un fagiolo** e hanno una consistenza elastica (se dobbiamo fare un paragone con il fegato, il fegato ha una consistenza più spugnosa). Presentano un polo superiore, un polo inferiore, un margine laterale, un margine mediale, una faccia anterolaterale e una faccia posteromediale.

Al polo superiore di ciascun rene troveremo le **ghiandole surrenali** che, una a destra e una a sinistra. Il margine mediale di ciascun rene accoglierà un'arteria renale, la vena renale e uscirà la pelvio-



Posteriormente i reni guarderanno la faccia posteriore della cavità addominale, guardano i muscoli della faccia posteriore della cavità addominale.

La **loggia renale** racchiude i reni, ovviamente i vasi raccoglierà anche i surreni, ma raccoglierà anche i vasi che arrivano come l'arteria renale e la vena renale.

La **loggia renale** è come una piramide con apice superiore e base inferiore però aperta, che mantiene i reni in posizione.

Questa loggia renale racchiude i reni anteriori lateralmente e posteriormente ed è costituita da 3 elementi:

L'elemento più esterno è la cosiddetta **fascia renale**, poi abbiamo un elemento più interno detto grasso renale e poi la capsula renale. Anteriormente questa fascia renale raggiungerà i vasi che raggiungono i reni e si perderà nelle strutture esterne dei vasi.

La fascia renale rappresenta uno sdoppiamento del peritoneo parietale e forma un foglietto anteriore, uno laterale e uno posteriore che si chiama fascia renale. Oltre alla fascia renale di origine peritoneale, al di sotto avremo il **grasso perirenale**. Formato da tessuto adiposo di contenimento e poi una capsula renale che avvolge direttamente il parenchima renale. Più esternamente rispetto alla fascia renale, siccome devo occupare spazio (es. tra intestino e rene) si trova il **grasso perarenale**, più esterno. Il **grasso perarenale** si trova esternamente rispetto alla loggia, mentre il **grasso perirenale** si trova all'interno della loggia.

Più a stretto contatto con il parenchima renale, troveremo la capsula renale.

La **capsula renale**, a differenza della capsula di Glisson, entra fino ad un certo punto nel seno renale, poi si perde nelle strutture che entrano come le arterie, i vasi e la pelvi; quindi, non forma lo stroma. Le caratteristiche del parenchima sono date dai nefroni e dalla componente vascolare, fortemente elastica.

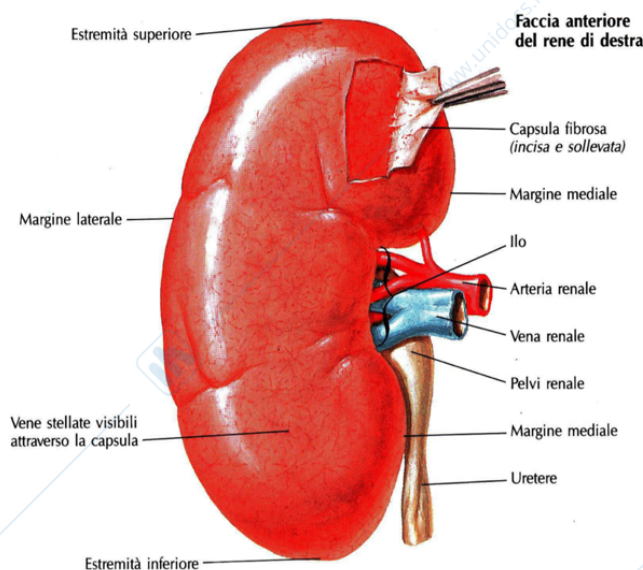
Il rene presenta una regione più esterna al di sotto della capsula, che chiameremo **regione corticale**, un po' più chiara; mentre più internamente troverò una regione che chiameremo, **regione midollare**. Questa midollare non è continua, ma formerà delle piramidi dette, **piramidi del Malpighi**. (Quindi: il parenchima renale presenta una corticale più esterna e una più interna. La corticale più esterna è continua, mentre quella midollare più interna no, crea delle piramidi.). Queste **piramidi hanno base rivolta verso la corticale**, e si chiamerà **papilla renale**; e apice rivolta verso il seno o bacinetto renale.

La midollare non sarà continua perché tra una piramide e l'altra presenta delle colonne di corticale e possiamo definire nel parenchima renale un'unità più piccola che è il lobo renale.

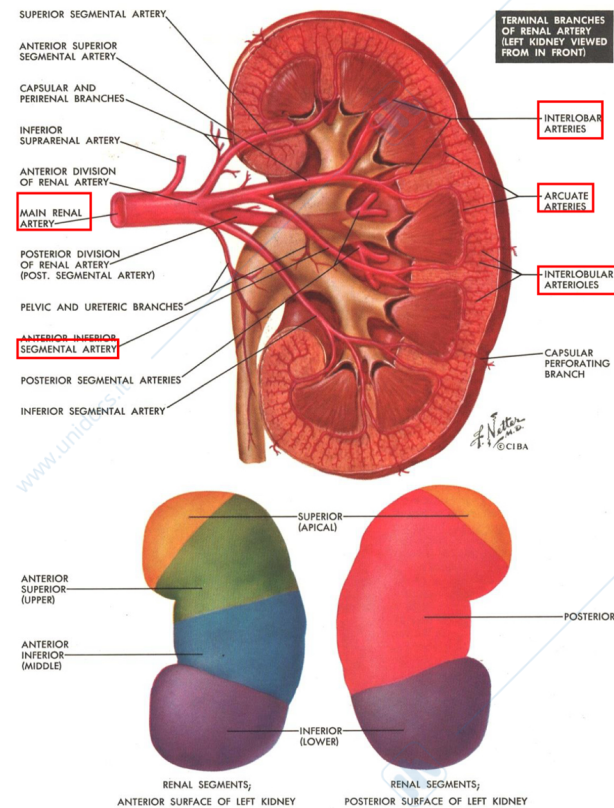
Il **lobo renale** rappresenta quella porzione di parenchima renale che comprende una piramide, la corticale che si trova superiormente e le due metà di corticale ai lati della piramide.

**Vascolarizzazione del rene:**

I reni ricevono il 20-25% della gittata cardiaca totale e ciò significa che, in soggetti normali, ai reni giungono 1200 ml di sangue al minuto. Ogni rene riceve la rispettiva **arteria renale**, che ha origine lungo la superficie laterale dell'aorta



addominale, vicino all'arteria mesenterica superiore. Una volta entrata nel seno renale, l'arteria renale si ramifica in **arterie segmentali**. Queste ultime si dividono ulteriormente in una serie di **arterie interlobari**, che si irradiano verso l'esterno penetrando la capsula renale ed estendendosi nella corticale attraverso le colonne renali poste tra le piramidi. Le arterie interlobari portano il sangue alle **arterie arcuate**, il cui decorso è parallelo alla base delle piramidi tra la zona corticale e la zona midollare. Ogni arteria arcuata dà origine a un certo numero di **arterie interlobulari** (o corticali radiate), che vascolarizzano porzioni del lobo renale adiacente. Da ciascuna arteria interlobulare si ramificano numerose **arteriole afferenti**, destinate ai singoli nefroni. Dai nefroni, mediante le arteriole efferenti, il sangue raggiunge una rete di venule e piccole vene che convergono nelle **vene interlobulari**. Le vene interlobulari portano il sangue alle **vene arcuate**, che si svuotano nelle **vene interlobari**, destinate a unirsi per formare la **vena renale**.



**Innervazione del rene:**

La produzione di urina da parte del rene è controllata in parte da un meccanismo di autoregolazione, che consiste in variazioni riflesse del diametro delle arteriole che irradiano i nefroni. I reni e gli ureteri sono innervati dai **nervi renali**.

Entrambe le divisioni del sistema nervoso autonomo innervano i reni.

Tuttavia, le fibre sono per la maggior parte fibre postgangliari simpatiche provenienti dai gangli celiaco e mesenterico inferiore. Un nervo renale penetra in ciascun rene a livello dell'ilo renale e segue le ramificazioni dell'arteria renale per raggiungere i singoli nefroni. L'innervazione simpatica (1) varia la velocità di formazione di urina modificando il flusso sanguigno a livello del nefrone e (2) influenza la composizione dell'urina stimolando il rilascio di renina.

**Anatomia microscopica del rene:**

Il nefrone rappresenta l'unità anatomico-funzionale del rene e può essere osservato solo al microscopio.

**Nefrone e sistema collettore:**

Ogni nefrone consiste di un corpuscolo renale e di un tubulo renale. Il **corpuscolo renale** è una struttura sferica costituita da una capsula

glomerulare, una camera a forma di coppa e una rete capillare detta **glomerulo**. Il tubulo renale inizia a livello del corpuscolo renale. Ciascun tubulo renale si svuota nel sistema collettore, un sistema che trasporta il fluido tubulare via dal nefrone.

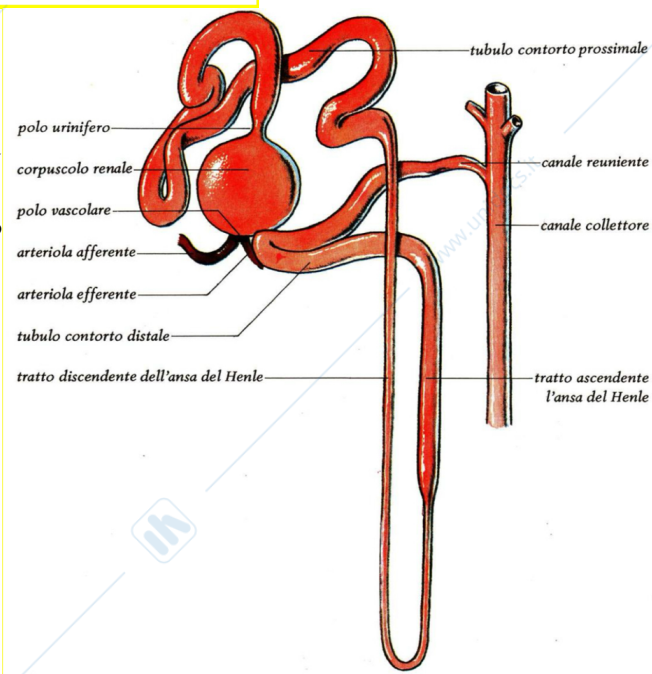
Il sangue arriva al glomerulo tramite un'arteriola afferente e si allontana da esso tramite un'arteriola efferente. Attraverso le pareti del glomerulo avviene la filtrazione del sangue, da cui deriva il **filtrato glomerulare**, o semplicemente filtrato, una soluzione apteica che dal corpuscolo passa nel tubulo, del quale va a percorrere le varie porzioni. I tratti principali del tubulo renale sono: (1) **tubulo contorto prossimale (TCP)**, (2) **ansa di Henle** e (3) **tubulo contorto distale (TCD)**.

Ogni nefrone si apre in un **sistema di dotti collettori**. Un **tubulo reuniente** in continuità con il tubulo contorto distale convoglia il filtrato nel più vicino dotto collettore, che scende dalla corticale per passare nella midollare, portando il fluido verso un **dotto papillare** che riversa il filtrato nella pelvi renale.

Circa l'85% dei nefroni è rappresentato da **nefroni corticali**, che si trovano quasi interamente nella corticale. In essi, l'ansa di Henle è relativamente breve e l'arteriola efferente porta il sangue a una rete di **capillari peritubulari**, che circonda l'intero tubulo renale.

Il rimanente 15% dei nefroni si trova al confine con la zona midollare ed è rappresentato dai **nefroni iuxtamidollari**, nefroni la cui ansa di Henle, piuttosto lunga, si approfonda nelle piramidi renali. I nefroni corticali sono in numero maggiore e, quindi, adempiono alla maggior parte delle funzioni di riassorbimento e secrezione dei reni. L'urina che giunge a livello della pelvi renale è molto differente dal filtrato prodotto a livello del corpuscolo renale. La filtrazione è un processo passivo che promuove il passaggio dei soluti attraverso una barriera sulla sola base delle loro dimensioni.

I segmenti tubulari del nefrone sono responsabili di:



- riassorbimento delle sostanze organiche utili contenute nel filtrato;
- riassorbimento di più dell'80% dell'acqua del filtrato;
- secrezione all'interno del filtrato di rifiuti persi al momento della filtrazione.

#### Corpuscolo renale:

Il corpuscolo renale ha un diametro medio di circa 150-250 µm e comprende il gomitolo capillare del glomerulo e la **capsula glomerulare (capsula di Bowman)**. Così come il cuore si proietta nella cavità pericardica, il glomerulo si proietta nella capsula di Bowman. La parete esterna della capsula è rivestita da un **epitelio pavimentoso semplice** (epitelio parietale o capsulare), in continuità con l'**epitelio viscerale** (glomerulare) che copre i capillari glomerulari. L'epitelio viscerale è formato da grandi cellule specializzate (**podociti**) con espansioni digitiformi (pedicelli) che si avvolgono intorno ai capillari glomerulari. I due epitelii sono separati dallo **spazio capsulare**.

I due epitelii si continuano l'uno nell'altro a livello del **polo vascolare** del corpuscolo renale. Al polo vascolare, i capillari glomerulari sono connessi alle arteriole afferenti ed efferenti. Il sangue giunge a questi capillari tramite un'arteriola afferente e ne fuoriesce all'interno di un'arteriola efferente di diametro relativamente inferiore.

La filtrazione avviene grazie alla pressione sanguigna che spinge nello spazio capsulare i fluidi e i soluti disciolti. Il filtrato, che in questo modo si produce, è molto simile al plasma (è privo, però, delle proteine plasmatiche). La filtrazione avviene attraverso cinque barriere di filtrazione.

1. **Strato endoteliale superficiale**: la superficie luminale (superficie rivolta al lume) delle cellule endoteliali dei capillari glomerulari ha uno spesso reticolo ricco in carboidrati. Il glicocalice limita la filtrazione di grandi proteine plasmatiche fuori dai capillari glomerulari.
2. **Endotelio capillare**: l'endotelio dei capillari glomerulari è **fenestrato**.
3. **Membrana basale**: la membrana basale che circonda l'endotelio capillare si presenta più spessa (**lamina densa**) delle comuni membrane basali, limita il passaggio delle proteine plasmatiche di grandi dimensioni. Tra le cellule endoteliali di capillari adiacenti si trovano le **cellule del mesangio**, le cui funzioni sono: fungere da sostegno fisico ai capillari, inglobare sostanze organiche che potrebbero ostruire la lamina densa, regolare il diametro capillare e, di conseguenza, svolgere un ruolo chiave nella regolazione del flusso glomerulare e della filtrazione.
4. **Epitelio glomerulare**: i lunghi prolungamenti citoplasmatici dei **podociti** (detti pedicelli) avvolgono la superficie esterna della lamina basale dei capillari glomerulari e sono intervallati da fessure molto ristrette chiamate **diaframmi di filtrazione**, che consentono l'entrata nello spazio capsulare di un filtrato formato da acqua, ioni disciolti, piccole molecole
5. **Spazio subpodocitico**: tale spazio occupa approssimativamente il 60% dello spazio di filtrazione del glomerulo. Questo stretto spazio è localizzato tra i pedicelli dei podociti e il soma dei podociti.

#### Tubulo contorto prossimale:

Il primo tratto del tubulo renale, **tubulo contorto prossimale (TCP)**, ha inizio in corrispondenza del polo urinario del corpuscolo renale. Il TCP è rivestito da un epitelio cubico (o cilindrico) semplice con orletto a spazzola.

La principale funzione del TCP è il riassorbimento: riassorbe attivamente sostanze nutritive, ioni e proteine plasmatiche (se presenti). Durante il passaggio del filtrato glomerulare lungo il tubulo, le cellule epiteliali riassorbono il 60% di ioni sodio, cloruro e acqua.

#### Ansa di Henle:

Il tubulo contorto prossimale termina incurvandosi ad angolo acuto per continuare direttamente con l'**ansa di Henle**. In ogni ansa si individuano un **segmento discendente** e un **segmento ascendente**. Ogni segmento contiene un tratto spesso e un tratto sottile, con riferimento allo spessore dell'epitelio di rivestimento e non al diametro del lume. I tratti spessi sono più vicini alla corticale, mentre un epitelio pavimentoso sottile riveste le porzioni midollari più profonde. Il tratto sottile del segmento discendente e quello spesso del segmento ascendente sono permeabili all'acqua, ma relativamente impermeabili a ioni e ad altri soluti.

L'alta concentrazione osmotica dell'ambiente che circonda l'ansa di Henle provoca un flusso osmotico di acqua al di fuori del nefrone, acqua che viene poi riassorbita attraverso i sottili capillari dei **vasa recta**, che la riportano alla circolazione generale.

#### Tubulo contorto distale:

Il fuoriesce dalla midollare, penetra nella corticale e decorre tra le arteriole afferente ed efferente al polo vascolare del corpuscolo renale. Il TCD differisce dal TCP poiché (1) ha un diametro inferiore, (2) le sue cellule epiteliali non mostrano microvilli e (3) i confini tra le cellule epiteliali del TCD sono distinti. Il TCD è deputato principalmente alla secrezione.

Il tubulo contorto distale è un importante sito di (1) attiva secrezione di ioni, acidi e altre sostanze, (2) riassorbimento selettivo di ioni sodio e calcio dal fluido tubulare e (3) riassorbimento selettivo di acqua.

#### Apparato iuxtaglomerulare

L'apparato iuxtaglomerulare è una struttura coinvolta nella regolazione della pressione sanguigna e della formazione del filtrato. La renina e l'eritropoietina incrementano il volume ematico.

Tale apparato è composto da tre tipi di cellule specializzate.

1. **Macula densa**: le cellule epiteliali del TCD immediatamente adiacenti all'arteriola afferente sono più alte di tutte le altre e strettamente addossate e costituiscono la **macula densa**. Si tratta di cellule che controllano la concentrazione di ioni sodio nel fluido tubulare e regolano sia la velocità di filtrazione glomerulare che il rilascio di renina da parte delle cellule iuxtaglomerulari.
2. **Cellule iuxtaglomerulari**: le **cellule iuxtaglomerulari** sono cellule muscolari lisce modificate nella parete dell'arteriola afferente che secernono renina.
3. **Cellule del mesangio extraglomerulare**: le **cellule del mesangio extraglomerulare** sono localizzate nello spazio triangolare tra le arteriole glomerulari afferente ed efferente.

#### Ureteri:

Gli ureteri sono due condotti muscolari retroperitoneali che dai reni si dirigono inferiormente alla vescica urinaria.

Ciascun uretere è lungo all'incirca 30 cm e inizia come continuazione della rispettiva pelvi renale. Il decorso seguito

dagli ureteri verso la parete della vescica è differente nei due sessi, in ragione della diversità di struttura, dimensioni e posizione degli organi genitali.

Gli ureteri penetrano nella parete posteriore della vescica senza entrare nella cavità peritoneale. Attraversano la parete della vescica ad angolo obliquo, e lo sbocco ureterale forma dunque.

#### Anatomia microscopica degli ureteri:

La parete degli ureteri è costituita da tre strati: (1) una tonaca mucosa interna rivestita da epitelio di transizione, (2) una tonaca muscolare intermedia costituita da fibre muscolari lisce longitudinali (interne) e circolari (esterne), (3) una tonaca avventizia esterna di tessuto connettivo che è in continuità con la capsula fibrosa renale e con il peritoneo parietale della parete addominale.

#### Vescica urinaria:

La vescica urinaria è un organo muscolare cavo che funge da deposito temporaneo di urina. Nel maschio, la base della vescica si trova tra il retto e la sinfisi pubica, e nella femmina inferiormente all'utero e anteriormente alla vagina. La faccia superiore della vescica vuota è rivestita dal peritoneo; quando la vescica si riempie, sposta il peritoneo parietale dalla parete anteriore dell'addome e diventa intraperitoneale. Diverse pieghe peritoneali aiutano a stabilizzarne la posizione. Il **legamento ombelicale mediano** si estende dall'apice vescicale all'ombelico; i **legamenti ombelicali laterali** passano lungo i lati della vescica e raggiungono anch'essi l'ombelico. Questi ultimi cordoni fibrosi contengono le vestigia delle due arterie ombelicali, che portano il sangue alla placenta durante lo sviluppo embrionale e fetale. In sezione la mucosa che riveste la vescica si solleva in pieghe, o rughe, che scompaiono a vescica distesa e piena di urina. La regione triangolare delimitata dagli sbocchi degli ureteri e dall'origine dell'uretra viene definita trigono vescicale, e funge da imbuto che incanala l'urina nell'uretra durante la contrazione della vescica. Nella mucosa che riveste la zona del trigono, particolarmente liscia e spessa, mancano le rughe. L'ingresso in uretra rappresenta l'apice del **trigono** ed è il punto più basso della vescica. La regione circostante, detta **collo vescicale**, contiene uno **sfintere uretrale interno** muscolare. La muscolatura liscia dello sfintere uretrale interno fornisce un controllo involontario sul rilascio dell'urina da parte della vescica. La vescica urinaria è innervata da fibre post-gangliari provenienti dai gangli del plesso ipogastrico e da fibre parasimpatiche dei gangli intramurali.

#### Anatomia microscopica della vescica urinaria:

La parete della vescica è formata da una tonaca mucosa (con **rughe** prominenti) con epitelio di transizione, una tonaca sottomucosa (tessuto connettivo) e una tonaca muscolare. Quest'ultima è organizzata in tre strati, longitudinale interno e longitudinale esterno, con interposto uno strato di muscolatura circolare. Nell'insieme, questi strati formano il potente **muscolo detrusore** della vescica.

#### Uretra:

L'uretra si estende dal collo della vescica all'esterno del corpo.

Esistono notevoli differenze, per ciò che riguarda lunghezza e funzione, tra uretra maschile e uretra femminile. Nella femmina, l'uretra è molto breve, estendendosi per 3-5 cm dalla vescica al vestibolo, e l'**orifizio uretrale esterno** si trova vicino alla parete anteriore della vagina.

Nel maschio, l'uretra si estende dal collo della vescica all'apice del pene, è lunga 18-20 cm e può essere divisa in tre porzioni: (1) prostatica, (2) membranosa, (3) peniena.

L'**uretra prostatica** attraversa la prostata. L'**uretra membranosa** comprende il breve segmento che penetra nel diaframma urogenitale (pavimento muscolare della cavità pelvica). L'**uretra peniena**, o uretra spongiosa, si estende dal margine distale del diaframma urogenitale all'orifizio uretrale esterno che si trova all'apice del pene.

In entrambi i sessi, la porzione di uretra che attraversa il diaframma urogenitale è circondata da uno strato di muscolatura scheletrica che va a costituire lo **sfintere uretrale esterno**.

#### Anatomia microscopica dell'uretra:

Nella femmina, l'uretra è solitamente rivestita da un epitelio di transizione in corrispondenza del collo della vescica urinaria, mentre le restanti parti sono tipicamente rivestite da un epitelio pavimentoso stratificato. Nel maschio, si osservano variazioni nell'organizzazione istologica lungo

I vari tratti dell'uretra dal collo della vescica all'orifizio uretrale esterno; l'epitelio passa da epitelio di transizione a epitelio cilindrico pseudostratificato o stratificato e, infine, a pavimentoso stratificato. La lamina propria è spessa ed elastica e, nel complesso, la tonaca mucosa si solleva in pieghe longitudinali.

L'epitelio si invagina a formare tasche contenenti cellule secernenti muco e, nel maschio, le ghiandole mucose epiteliali formano tubuli che si estendono nella lamina propria.

#### Riflesso della minzione: riflesso di riempimento vescicale e riflesso di svuotamento vescicale:

##### Riflesso di riempimento vescicale:

Il deposito di urina si realizza attraverso riflessi spinali e il centro pontino di deposito. Quando l'urina viene immagazzinata, impulsi afferenti a bassa frequenza dai recettori di stiramento della vescica agiscono per (1) incrementare l'attività simpatica (inibizione della contrazione del muscolo detrusore e sti. molazione dello sfintere uretrale interno) e (2) stimolazione della contrazione dello sfintere uretrale esterno.

##### Riflesso di svuotamento vescicale:

Lo svuotamento si realizza attraverso riflessi spinali e il centro pontino della minzione. Questo centro avvia i riflessi spinali sacrali che (1) stimolano un aumento dell'attività parasimpatica (contrazione del muscolo detrusore e rilasciamento dello sfintere uretrale interno), (2) diminuiscono l'attività simpatica (rilasciamento dello sfintere uretrale interno) e (3) diminuiscono l'attività dei nervi motori somatici (rilasciamento dello sfintere uretrale esterno).