

APPARATO URINARIO

Il sangue che lascia i tessuti trasporta anidride carbonica e altri prodotti di rifiuto. L'anidride carbonica viene eliminata a livello dei polmoni, mentre i prodotti di scarto (insieme ad acqua in eccesso e a elettroliti) viene rimossa ed escreta dall'**apparato urinario**.

L'apparato urinario svolge anche altre funzioni essenziali tra cui:

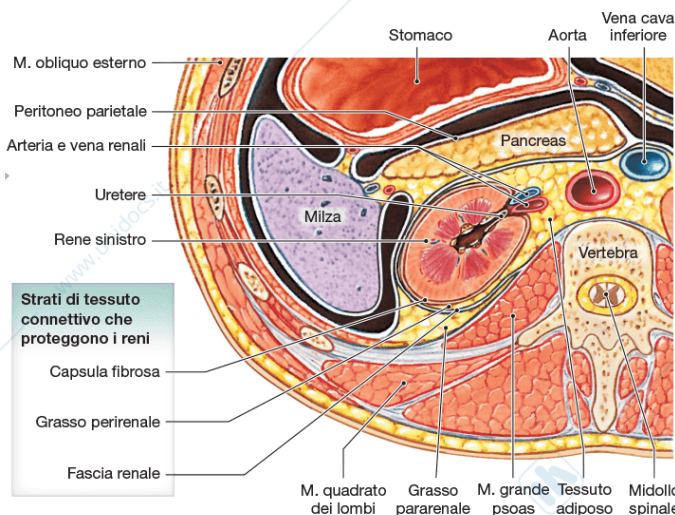
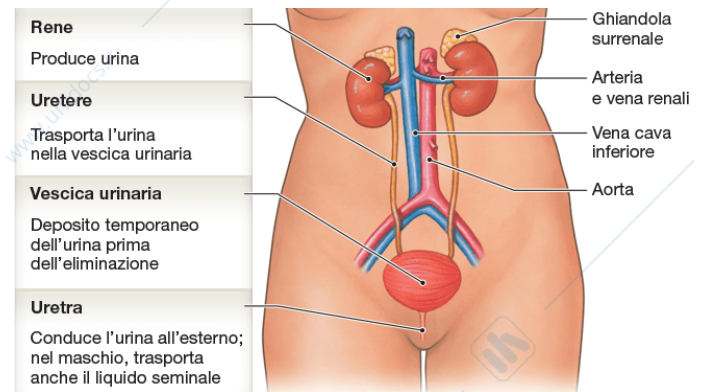
- **regolazione delle concentrazioni plasmatiche** di sodio, potassio, cloruro, calcio e altri ioni tramite il controllo della loro eliminazione con le urine;
- regolazione di volume e pressione del sangue mediante: (1) modulazione del volume di acqua persa con le urine, (2) rilascio di eritropoietina, (3) rilascio di renina;
- stabilizzazione del pH ematico;
- conservazione delle sostanze nutritive utili, prevenendone l'escrezione urinaria;
- eliminazione di rifiuti organici, (azotati, come urea e acido urico, di sostanze tossiche e di farmaci)
- sintesi di calcitriolo, ormone derivato dalla vitamina D3 che stimola l'assorbimento degli ioni calcio da parte dell'epitelio intestinale;
- cooperazione con il fegato per la detossificazione dei veleni;

Tutte le attività dell'apparato urinario sono regolate in modo da mantenere entro limiti accettabili la composizione e la concentrazione dei soluti nel sangue circolante.

RENI - URETERI - VESCICA URINARIA - URETRA

I RENI (organi parichintimatosi)

I due reni sono posti ai lati della colonna vertebrale, nelle docce paravertebrali tra la 12° vertebra toracica e la 3° vertebra lombare.



Il rene destro si trova solitamente più in basso rispetto al polo superiore del rene sinistro a causa del fegato.

Il polo superiore di entrambi i reni è sorretto dalla ghiandola surrenale.

Reni, ghiandole surrenali e ureteri si trovano in posizione retroperitoneale, compresi tra i muscoli del dorso e il peritoneo parietale.

Faccia anteriore rene destro coperta da: fegato, flessura epatica, colon, duodeno.

Faccia anteriore rene sinistro: milza, stomaco, pancreas, digiuno e flessura splenica colon.

La posizione dei reni viene mantenuta da:

rivestimento peritoneale (sulla faccia anteriore), rapporto con gli organi vicini e tessuto connettivo di sostegno.

3 strati concentrici di tessuto connettivo:

- uno strato di fibre collagene riveste la superficie esterna dell'intero organo ⇒ **capsula fibrosa** (renale).
- uno strato di tessuto adiposo, il **grasso perirenale** (capsula adiposa)
- le fibre collagene si estendono esternamente dalla capsula renale fino allo strato esterno di connettivo denso definito **fascia renale**

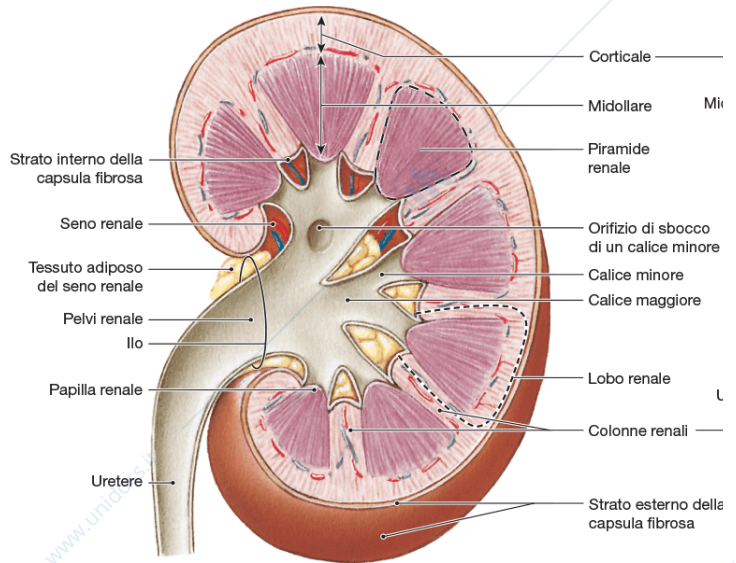
Forma: a "fagiolo", con asse longitudinale obliquo dall'alto in basso, dall'interno all'esterno

Dimensioni: lunghezza media in adulto: 12 cm; larghezza: 6,5 cm

Posizione: rispetto al rachide si estendono dalla 11 vertebra toracica alla 3 lombare; il rene destro è più basso del sinistro di 2 cm per il rapporto con il fegato.

Margine mediale di ciascun rene ⇒ l'**ILO RENALE**, punto di entrata per l'arteria renale e di uscita per la vena renale e l'uretere.

- **La corticale renale** (granulare) porzione più esterna del rene, a contatto con la capsula
- **La midollare renale** si trova internamente alla corticale ed è di colore più scuro ad aspetto striato. [6-18 formazioni triangolari o coniche **chiamate piramidi renali** (di Malpighi)] La base di ogni piramide è rivolta verso la corticale, mentre l'apice, o papilla renale, si proietta nel seno renale.



Ogni piramide presenta una serie di sottili solchi che convergono in corrispondenza della papilla. Le piramidi adiacenti sono separate da bande di tessuto corticale dette **colonne renali** (di Bertin).

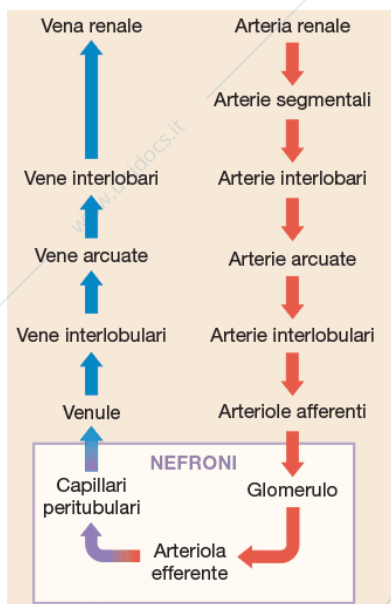
LOBO RENALE ⇒ una piramide renale, l'area corticale sovrastante e la porzione adiacente di colonne renali. [avviene la produzione di urina]

↳ uscirà attraverso i **calici** che convergono a formare un'ampia camera a forma di imbuto, la **pelvi renale**.

- Quest'ultima si continua con l'**uretere**, che drena il rene

NEFRONI ⇒ è l'unità funzionale del rene. [produce l'urina]

nefroni **corticali** (nella corticale renale) e nefroni **iuxtamidollari** (più vicini alla midollare renale)



VASCOLARIZZAZIONE DEL RENE

Ogni rene riceve la rispettiva **arteria renale** entrata nel seno renale si ramifica in **arterie segmentali**

- si dividono ulteriormente in una serie di **arterie interlobari**
- Le arterie interlobari portano il sangue alle **arterie arcuate**
- 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 Poi passano alle venule ecc.

I reni e gli ureteri sono innervati dai **nervi renali**.

L'innervazione simpatica:

- (1) varia la velocità di formazione di urina modificando il flusso sanguigno a livello del nefrone
- (2) influenza la composizione dell'urina stimolando il rilascio di renina.

IL NEFRONE

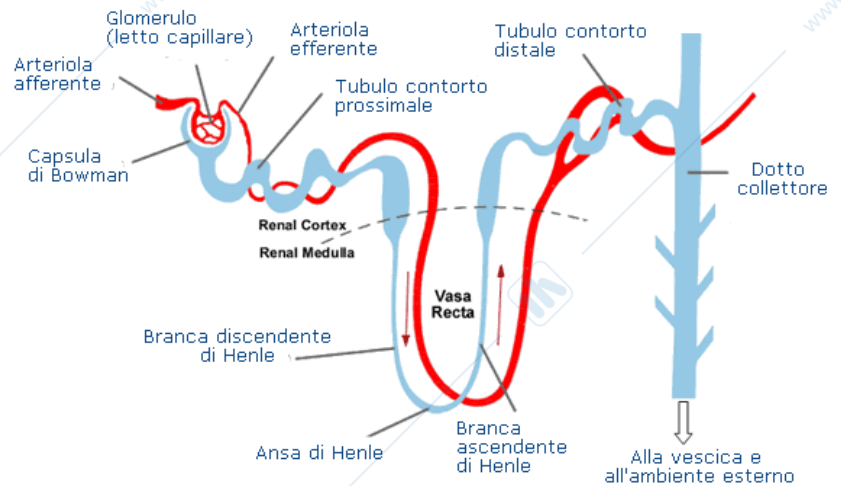
Ogni nefrone consiste di un corpuscolo renale e di un tubulo renale

- Il **corpuscolo renale** struttura sferica costituita da una capsula glomerulare, una camera a forma di coppa e una rete capillare detta **glomerulo**.

→ Il **tubulo renale**, un lungo condotto tubulare, inizia a livello del corpuscolo renale. Ciascun tubulo renale si svuota nel sistema collettore (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** 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
- (3) tubulo contorto distale (TCD).

Ogni nefrone si apre in un sistema di **DOTTI COLLETTORI** che scende dalla corticale per passare nella midollare, portando il fluido verso un dotto papillare che riversa il filtrato nella pelvi renale.

- l'85% NEFRONI CORTICALI [trovano nella corticale]
 - 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. Questi capillari drenano in piccole venule che portano il sangue alle vene interlobulari.
- Il 15% NEFRONI IJXTAMIDOLLARI dei nefroni si trova al confine con la zona midollare
 - nefroni la cui ansa di Henle, piuttosto lunga, si approfonda nelle piramidi renali

I nefroni corticali sono in numero maggiore [maggior parte delle funzioni di riassorbimento e secrezione dei reni]. Nefroni iuxtamidollari creano le condizioni necessarie per la produzione di una urina concentrata.

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.

IL CORPUSCOLO RENALE

Il corpuscolo renale è formato dal **GLOMERULO** e dalla **CAPSULA DI BOWMAN**

- parete esterna della capsula è rivestita da un **epitelio pavimentoso semplice** (epitelio capsulare)
- l'epitelio viscerale (glomerulare) che copre i capillari glomerulari.

Separati da uno **SPAZIO CAPSULARE**

Il sangue, tramite l'**arteriola afferente**, arriva nel glomerulo dove, a causa della pressione determinata

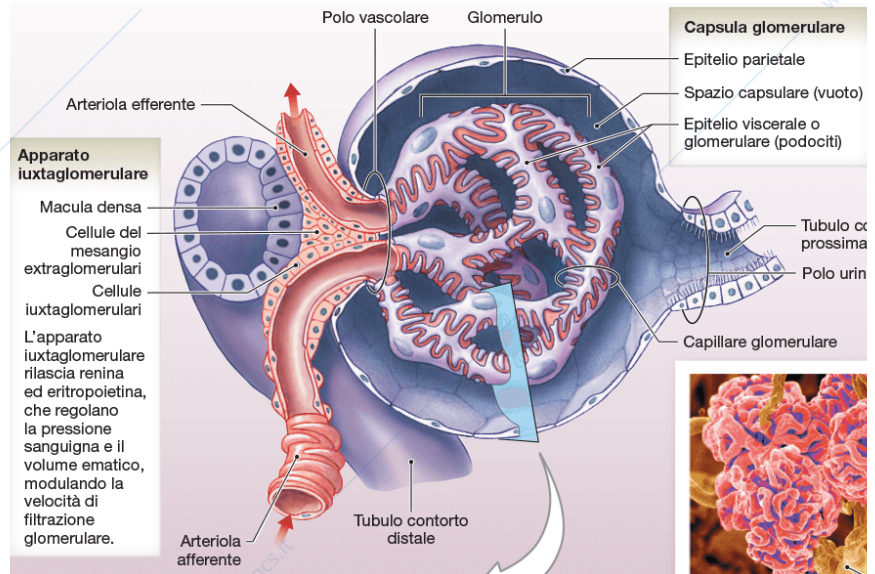
- dalla presenza di un'arteriola efferente di diametro molto minore
- dalla presenza di **fenestrature** di questo vaso che contribuiscono alla variazione della pressione

attraversa un filtro formato dai **PODOCITI**.

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

Al termine di questo processo si ottiene l'**ultrafiltrato glomerulare** ⇒ Oltre ai rifiuti metabolici, il filtrato contiene altre sostanze organiche come glucosio, acidi grassi, aminoacidi e vitamine. Tutte queste sostanze, potenzialmente utili per l'organismo, vengono riassorbite a livello del **tubulo contorto prossimale**



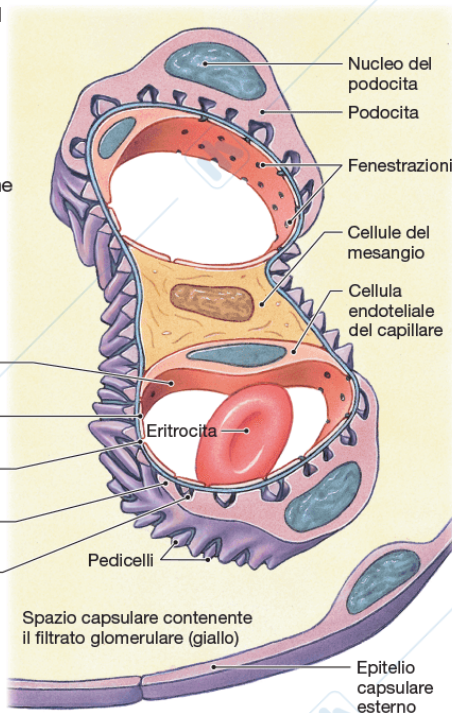
- Strato endoteliale superficiale: **glicocalice** uno spesso reticolo ricco in carboidrati ⇒ limita la filtrazione di grandi proteine plasmatiche fuori dai capillari glomerulari.

- **Endotelio capillare:** l'endotelio dei capillari è fenestrato sufficientemente piccoli da impedire il passaggio delle cellule del sangue, ma troppo grandi per limitare la diffusione dei soluti

Il plasma viene filtrato attraverso le pareti del glomerulo e nello spazio capsulare. La soluzione prodotta da questo processo di filtrazione è chiamata **filtrato glomerulare**. Il processo di filtrazione coinvolge cinque barriere che formano insieme la membrana di filtrazione.

Barriere di filtrazione

- Strato superficiale endoteliale
- Endotelio capillare
- Membrana basale
- Epitelio glomerulare
- Spazio subpodocitario

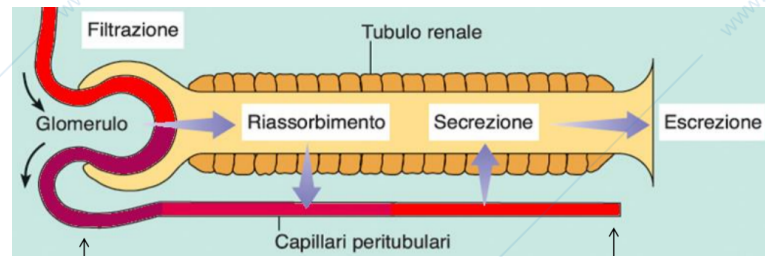


- **Membrana basale:** più spessa delle comuni membrane basali, limita il passaggio delle proteine plasmatiche di grandi dimensioni, ma non di piccole proteine plasmatiche, aminoacidi, glucosio, sostanze nutritive e ioni.
- le **CELLULE DEL MESANGIO**, le cui funzioni sono: fungere da sostegno fisico ai capillari, inglobare sostanze organiche che potrebbero ostruire la lamina densa
- **Epitelio glomerulare:** i lunghi prolungamenti citoplasmatici dei podociti (detti pedicelli) 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 organiche e poche proteine plasmatiche.

1. **Ultrafiltrazione:** nel glomerulo avviene una filtrazione forzata del sangue. La maggior parte dei costituenti del plasma (escluse proteine plasmatiche e la componente corpuscolata sanguigna: globuli rossi, bianchi e piastrine) inizia a scorrere all'interno del sistema tubulare (filtrato)
2. **Riassorbimento:** nel sistema tubulare avviene il riassorbimento dal filtrato di sostanze ed elementi che sono necessari all'organismo, che entrano di nuovo nel sistema circolatorio in quantità controllata grazie alla presenza dei capillari peritubulari
3. **Secrezione:** sempre nel sistema tubulare, al filtrato vengono aggiunte altre sostanze che devono essere eliminate dall'organismo
4. **Escrezione:** il filtrato nella composizione finale viene eliminato sotto forma di urina

TUBULO CONTORTO PROSSIMALE

La principale funzione del TCP è il **riassorbimento**: riassorbe attivamente sostanze nutritive, ioni e proteine plasmatiche (se presenti). In più, durante il passaggio del filtrato glomerulare lungo il tubulo, le cellule epiteliali riassorbono il 60% di ioni sodio, cloruro e acqua, e ancora ioni potassio, calcio, magnesio, bicarbonato, fosfato e solfato.



Quando questi soluti vengono assorbiti, la forza osmotica spinge l'acqua attraverso la parete del TCP nel circostante fluido interstiziale, o fluido peritubulare.

- è rivestito da un epitelio cubico (o cilindrico) semplice con orletto a spazzola (**microvilli** al polo apicale che aumentano la superficie di riassorbimento)

ANSA DI HENLE

L'ansa di Henle è un segmento sottile del tubulo renale, appena 30 μm di diametro nella sua parte sottile, che ne forma la maggior parte e tutta la **porzione a U** e 60 μm nel segmento spesso ascendente.

- La sua **porzione sottile** è costituita da cellule epiteliali piatte con nucleo tondeggiante centrale ma scarsi organelli.
- La **porzione spessa** è rivestita da cellule epiteliali cubiche con nucleo tondeggiante centrale, numerosi mitocondri nella zona basale, profonde introflessioni nella membrana plasmatica basale e microvilli nella sua porzione luminale, anche se più corti rispetto a quelli del tubulo contorto prossimale.

Nell'ansa di Henle si ha la concentrazione dell'urina.

Il TRATTO ASCENDENTE (spesso) ha funzioni simili a quelle del TCP: pompa ioni sodio e cloro al di fuori del fluido tubulare.

Il TRATTO DISCENDENTE (sottile) è liberamente permeabile all'acqua ma non ai soluti; il movimento dell'acqua all'esterno di tali segmenti aiuta a **concentrare il fluido tubulare**

TUBULO CONTORTO DISTALE

Il tubulo contorto distale ha la funzione di riassorbimento e secrezione ed è rivestito da **cellule cubiche** con nucleo centrale tondeggiante, introflessioni basolaterali della membrana plasmatica, scarsi mitocondri, corti microvilli sul lato luminale.

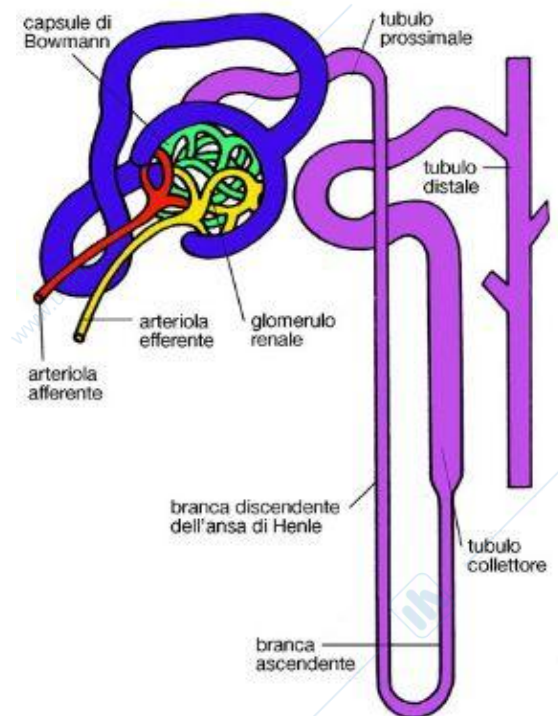
TCD differisce dal TCP

- 1) ha un diametro inferiore,
- 2) le sue cellule epiteliali non mostrano microvilli
- 3) i confini tra le cellule epiteliali del TCD sono distinti.

il TCP provvede principalmente al riassorbimento, mentre 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
- 3) riassorbimento selettivo di acqua, che aiuta a concentrare il fluido tubulare.



Le attività di trasporto attivo del sodio sono controllate dall'**ormone aldosterone** secreto dalla corticale della ghiandola surrenale.

L'**ormone antidiuretico** favorisce il riassorbimento di acqua a livello renale (più precisamente nei tubuli distali e nei dotti collettori dei nefroni), opponendosi alla produzione di urina (o diuresi); da qui il nome antidiuretico. Più il suo livello è alto e minore sarà la produzione di urina e viceversa.

APPARATO IUXTAGLOMERULARE

L'apparato iuxtaglomerulare regolazione della pressione sanguigna e della formazione del filtrato renina e l'eritropoietina incrementano il volume ematico, i livelli di emoglobina e la pressione sanguigna e ristabiliscono la normale velocità di produzione del filtrato. Tale apparato è composto da tre tipi di cellule specializzate

- **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.
- **Cellule iuxtaglomerulari**: le cellule iuxtaglomerulari sono cellule muscolari lisce modificate nella parete dell'arteriola afferente che secernono renina.
- **Cellule del mesangio extraglomerulare**: sono localizzate nello spazio triangolare tra le arteriole glomerulari afferente ed efferente

IL SISTEMA COLLETTORE

Dal calice minore sino all'emissione all'esterno dell'organismo l'urina non subisce più modifiche da parte dell'organismo

TRASPORTO, ACCUMULO ED ELIMINAZIONE DI URINA

Gli ureteri, la vescica urinaria e l'uretra sono responsabili di trasporto, accumulo ed eliminazione delle urine

URETERI

- 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

Gli ureteri penetrano nella parete posteriore della vescica senza entrare nella cavità peritoneale.

Attraversano la parete della vescica ad angolo obliquo (**TRATTO INTRAMURALE**), e lo sbocco ureterale forma una **fessura** ⇒ impedisce il reflusso di urina negli ureteri e nei reni quando la vescica si contrae.

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 (mantiene pressione peristolica) retroperitoneale

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
- Nella femmina inferiormente all'utero e anteriormente alla vagina.

Le dimensioni variano a seconda dello stato di distensione

- 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.

PIEGHE PERITONEALI stabilizzarne la posizione.

- Il **legamento ombelicale mediano** (uraco) si estende dall'apice vescicale all'ombelico;
- i **legamenti ombelicali laterali** (vestigia delle arterie ombelicali) passano lungo i lati della vescica e raggiungono l'ombelico.

Le facce posteriore, inferiore e anteriore sono ancorate tramite legamenti alle ossa pelviche.

La mucosa che riveste la vescica si solleva in pieghe, o RUGHE, che scompaiono a vescica distesa

TRIGONO VESCICALE ⇒ delimitata dagli sbocchi degli ureteri e dall'origine dell'uretra. (mancano le rughe)

Collo vescicale, contiene uno **sfintere uretrale interno muscolare**

- 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 postgangliari provenienti dai gangli del plesso ipogastrico e da fibre parasimpatiche dei gangli intramurali, controllati da rami dei nervi pelvici.

La parete della vescica è formata da

- **tonaca mucosa** (con rughe prominenti) con epitelio di transizione,
- una tonaca sottomucosa (tessuto connettivo)
- una tonaca muscolare ⇒ tre strati, longitudinale interno e longitudinale esterno, con interposto uno strato di muscolatura circolare **muscolo detrusore della vescica**.

Le contrazioni del muscolo detrusore comprimono la vescica, determinando il passaggio dell'urina nell'uretra. Uno strato esterno di sierosa ricopre la faccia superiore della vescica urinaria.

URETRA

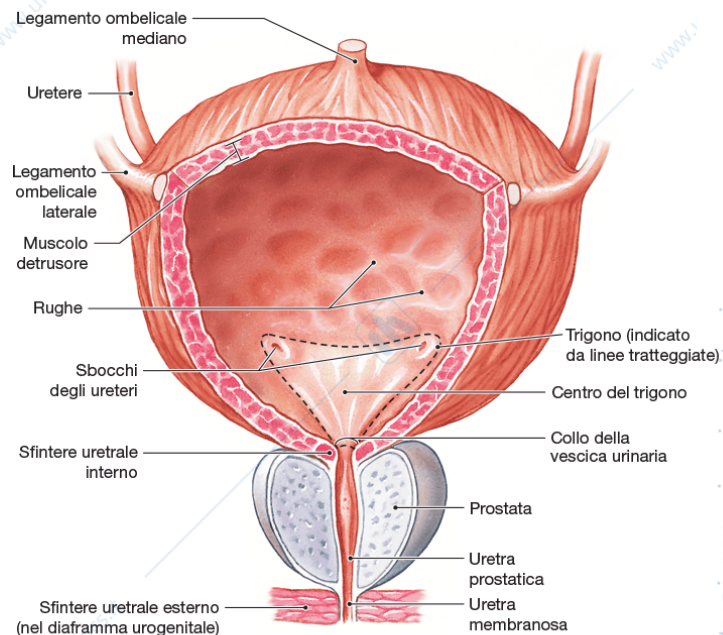
L'uretra si estende dalla vescica urinaria all'esterno. L'uretra maschile è suddivisa in tre segmenti, la femminile più corta da un solo segmento (3-5 cm)

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** : attraversa la prostata
- (2) **membranosa** : il breve segmento che penetra nel diaframma urogenitale
- (3) **peniena**: dal margine distale del diaframma urogenitale all'orifizio uretrale esterno (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**

- Le contrazioni dei due sfinteri uretrali, interno ed esterno, sono sotto il controllo di **rami del plesso ipogastrico**, e solo lo sfintere esterno è controllato volontariamente attraverso il ramo perineale del nervo pudendo.



c Anatomia della vescica urinaria nel maschio.

- Lo sfintere presenta un certo tono muscolare anche a riposo, tanto che, per permettere la minzione, solitamente deve essere rilasciato volontariamente.

Nella femmina, l'uretra è solitamente rivestita da (e muscolatura liscia)

- un epitelio di transizione in corrispondenza del collo della vescica urinaria
- 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.

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

L'urina raggiunge la vescica tramite le contrazioni peristaltiche degli ureteri.

- Lo stimolo a urinare in genere si avverte quando la vescica urinaria contiene circa 200 ml di urina.

La minzione dipende dall'interazione tra riflessi spinali e centri encefalici superiori che forniscono il controllo cosciente della minzione.

RIFLESSO DI RIEMPIMENTO VESCICALE

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 stimolazione dello sfintere uretrale interno)
- (2) stimolazione della contrazione dello sfintere uretrale esterno.

Questi riflessi spinali e le risposte pontine promuovono il riempimento vescicale (deposito urina, continenza).

RIFLESSO DI SVUOTAMENTO VESCICALE

Lo svuotamento si realizza attraverso **riflessi spinali** e il centro pontino della minzione.

Il riflesso di svuotamento comincia quando impulsi afferenti ad alta frequenza dai recettori di stiramento della vescica urinaria stimolano interneuroni che inviano impulsi al 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)
- (3) diminuiscono l'attività dei nervi motori somatici (rilasciamento dello sfintere uretrale esterno).

Il centro pontino della minzione promuove lo svuotamento attraverso tre riflessi spinali sacrali.

OMEOSTASI: la tendenza naturale al raggiungimento di un equilibrio dinamico, una relativa stabilità, sia delle proprietà chimico-fisiche

- è coordinato dall'attività dei diversi apparati