

CHAPITRE 2

EXCRÉTION RÉNALE

Les reins au nombre de deux, sont localisés dans la loge rénale au niveau de la paroi abdominale postérieure, de part et d'autre de la colonne vertébrale. Ils sont situés juste en-dessous du diaphragme et s'étendent de la 12^e vertèbre dorsale à la 3^e vertèbre lombaire. On note que le rein droit est légèrement abaissé par rapport au rein gauche, du fait de la présence du foie.

Les reins jouent un rôle prépondérant dans le maintien de l'homéostasie en éliminant les déchets du métabolisme, permettant également l'équilibre hydro-électrolytique. Il contribue ainsi à maintenir le pH du sang. En plus de sa fonction excrétrice, il joue également un rôle endocrine en sécrétant des substances hormonales (érythropoïétine, forme active de la vitamine D), et en libérant une enzyme, la rénine, qui contrôle la pression artérielle.

ANATOMIE ET VASCULARISATION DU REIN (VOIR ANNEXE 1)

Le rein, organe classiquement décrit en forme de haricot est long de 11 à 12 cm, large de 6 cm et épais d'environ 3 cm dans les conditions normales. Il pèse environ 150g.

Il comprend sur sa partie médiale une dépression appelée hile du rein qui permet le passage des vaisseaux sanguins et lymphatiques, des nerfs et de l'uretère qui conduit l'urine jusqu'à la vessie. La loge rénale est soutenue par des fascias (membrane fibro-élastique de tissu conjonctif riche en fibre de collagène) et s'entoure d'une zone grasseuse, l'ensemble permettant le maintien du rein en place.

En coupe longitudinale (**annexe 2**), on distingue :

- Une capsule fibreuse qui entoure le rein
- Le cortex juste en-dessous, de couleur rouge foncé, dans lequel sont retrouvés les glomérules rénaux ainsi que les parties initiales et terminales des tubes rénaux
- La médullaire (ou médulla), partie la plus interne, constituée de structures en forme de cônes, les pyramides rénales (de Malpighi, 12 par rein) dont la base s'oriente vers le cortex et le sommet vers un calice, ce dernier s'ouvrant sur le pelvis rénal (ou bassinnet).
- Le pelvis rénal en forme d'entonnoir, qui assure le recueil de l'urine. Il est formé de muscle lisse qui permet la propulsion de l'urine dans l'uretère.

Sur un plan microscopique, chaque rein se compose d'environ un million de néphrons, ceux-ci constituant l'unité fonctionnelle de l'appareil rénal. Les néphrons sont des tubes fermés à une extrémité et ouverts à l'autre sur un tubule collecteur.

La partie aveugle se termine par la capsule glomérulaire (ou de Bowman), en forme de petite coupe, dans laquelle se niche un réseau de capillaires artériels (artériole afférente et efférente) formant le glomérule ou floculus. Le néphron se subdivise en plusieurs parties :

- Le tube (ou tubule) contourné proximal (car le plus près de la capsule)
- L'anse médullaire (ou anse de Henlé)
- Le tube contourné distal qui s'ouvre sur le tubule collecteur. L'union des tubes collecteurs forme le canal collecteur qui se déverse dans un calice dit mineur.

Sur le plan vasculaire, les reins reçoivent environ 1200ml de sang /minute à destination des deux réseaux capillaires de l'organe. Le premier est nommé réseau porte capillaire du glomérule et représente le support de la filtration glomérulaire et de la formation de l'urine primitive, et le second se forme à la sortie du glomérule par les capillaires qui participent aux fonctions de réabsorption.

L'artère rénale pénètre dans le hile et se divise en deux branches principales, antérieures et postérieures, à partir desquelles naissent des artères interlobaires qui remontent dans les colonnes jusqu'à la base des pyramides où elles donnent naissance aux artères arciformes. Celles-ci donnent ensuite naissance aux artères interlobulaires qui parcourent la corticale entre les pyramides de Ferrein.

Chaque rein possède environ un million de glomérules, chacun possédant une artériole afférente issue de l'artère interlobulaire. L'artériole afférente au contact de la capsule glomérulaire se compacte en un peloton de capillaires pour former le glomérule, protégé par des cellules immunitaires (système monocytes-macrophages) entre les anses capillaires.

L'artériole efférente quitte le glomérule et se connecte au second réseau capillaire :

- d'une part aux vasa recta, vaisseaux droits qui longent les néphrons jusque dans la médullaire, et enlacent les tubules collecteurs, jouant un rôle important dans le maintien d'une osmolarité élevée dans le tissu interstitiel médullaire ;
- d'autre part à un réseau de capillaires péri-tubulaires (eux-mêmes chargés d'évacuer le filtrat glomérulaire) dans le cortex moyen, drainé ensuite par une veine corticale profonde
- enfin le réseau péri-tubulaire dans les corpuscules corticaux superficiels se draine par des veines dites étoilées.

Le retour veineux se fait par des veines interlobulaires à partir des veines étoilées, puis par les veines interlobaires qui se jettent ensuite dans les veines arciformes. Le sang veineux poursuit son trajet vers les veines rénales parallèlement à celui des artères.

LA FORMATION DU FILTRAT GLOMÉRULAIRE ET DE L'URINE DÉFINITIVE (VOIR ANNEXE 3)

C'est le néphron qui a en charge la formation de l'urine, qui passe par plusieurs étapes avant d'être excrétée :

- Le glomérule permet la formation de l'urine primitive ou filtrat glomérulaire, après filtration du sang à son niveau : la capsule se compose de deux feuillet interne et externe qui se rejoignent au pôle vasculaire du glomérule (zones d'entrée et de sortie capillaire). Le feuillet interne est composé de podocytes, cellules en forme de pieds avec expansions cellulaires.

L'eau est attirée hors des vaisseaux au niveau du flocculus, et traverse les pores de la membrane basale de filtration. Les petites molécules sont filtrées, au contraire des éléments figurés du sang et des macromolécules plasmatiques qui seront retenus dans les anses capillaires. La majorité des protéines plasmatiques ne pourront donc passer à travers le filtre glomérulaire.

Le filtrat recueilli est ainsi un ultrafiltrat composé d'ions et de petites molécules identiques à ceux retrouvés dans le plasma. La formation du filtrat est soumise à une pression de filtration glomérulaire : en effet règne dans le peloton une pression sanguine d'environ 50 mmHg (voir **annexe 3 bis**).

Mais deux forces contraires agissent au niveau de la pression glomérulaire :

- La pression osmotique du sang d'environ - 25 mmHg
- La pression hydrostatique de la capsule glomérulaire d'environ - 15 mmHg

La pression de filtration glomérulaire $P_f = +50 - (15 + 25) = +10$ mmHg.

On nomme **DÉBIT DE FILTRATION GLOMERULAIRE (DFG)**, la quantité filtrée par les glomérules. Il est chez l'adulte d'environ 120ml /minute mais a tendance à diminuer avec l'âge.

Lorsque la pression artérielle diminue, la pression de filtration glomérulaire s'abaisse et le rein excrète une quantité moindre d'urines (oligurie). Le même mécanisme s'observe en cas d'insuffisance rénale (voir cours de pathologie).

- Puis les tubules rénaux prennent le relais en concentrant l'urine primitive par des mécanismes de réabsorption et une élimination par sécrétion des déchets issus du métabolisme. L'urine secondaire ou définitive est ainsi formée et s'est considérablement concentrée du fait de la réabsorption d'eau.

Cette réabsorption permet aussi à l'organisme de récupérer des électrolytes importants comme le sodium, les bicarbonates, le chlore, le calcium, le potassium, qui traversent activement les tubes proximaux et distaux. Le potassium présente la particularité de pouvoir aussi être sécrété pour maintenir une concentration correcte dans le plasma. C'est en effet un ion qui joue un rôle important dans le fonctionnement cardiaque, et une hypo ou une hyperkaliémie est susceptible d'occasionner des troubles cardiaques graves. Le glucose et certains acides aminés sont également réabsorbés de façon active au niveau proximal.

Ils sont néanmoins soumis à une valeur seuil au-delà de laquelle le rein ne peut plus entièrement réabsorber la substance (ex : la valeur seuil du glucose est de 1,80g/l de sang. Si la glycémie dépasse ce seuil, du glucose est retrouvé dans les urines. A noter qu'un abaissement du seuil rénal est observé en cas de grossesse, le rein laissant passer le glucose à partir de 1,50g/l).

L'eau est réabsorbée au niveau des tubules distaux et collecteurs. Au niveau proximal elle suit de façon passive les ions réabsorbés. Au final c'est 99% de l'eau du filtrat glomérulaire qui sont réabsorbés. L'équilibre hydrique est contrôlé par l'ADH (hormone anti-diurétique encore appelée vasopressine, synthétisée par l'hypothalamus et sécrétée par la post-hypophyse) ainsi que par l'aldostérone (hormone corticosurrénalienne).

Le volume d'urine émis quotidiennement est d'environ 2L dans le cas d'une hydratation de 1,5 à 2L.

1 LA RÉABSORPTION ÉTAPE PAR ÉTAPE ...

- Au niveau du tube proximal s'effectuent :
 - La réabsorption du sodium suivie par celle de l'eau (réabsorption iso-osmotique) qui représente 80% à 85% de la réabsorption totale. Le chlore est également réabsorbé à ce niveau. Ce sodium est ensuite excrété vers le milieu interstitiel de façon active grâce une pompe ATPase Na^+/K^+

- La réabsorption du potassium (à 70%), du calcium (à 98%), des ions phosphates, des bicarbonates
 - La réabsorption des acides aminés
 - La réabsorption de la totalité du glucose si le taux sanguin est $< 1,80\text{g/l}$, grâce à un cotransport avec le sodium
 - La détoxification par sécrétion de certains composés médicamenteux ainsi que des anions organiques comme des sels biliaires, des acides gras ...)
- Au niveau de l'Anse de Henlé, lieu où se crée un gradient de pression osmotique cortico-médullaire, s'effectuent :
 - La réabsorption de sodium dans l'anse ascendante, imperméable à l'eau, ce qui occasionne une augmentation de l'osmolarité au niveau des papilles rénales. Il y a en effet une différence de perméabilité à l'eau entre les branches descendante et ascendante, dans la branche descendante l'eau et le sodium diffusent librement contrairement à la branche ascendante. Ceci est lié à la présence dans la branche descendante notamment de canaux appelés aquaporines destinées au passage de l'eau, absentes de la branche ascendante.

Donc en remontant dans la branche large de l'anse de Henlé, l'urine devient de plus en plus hypotonique (plus d'eau que de sodium), alors que le milieu interstitiel devient hypertonique du fait de la surcharge en sodium. On dit qu'il se crée un gradient important entre l'urine de la partie inférieure de l'anse et celle qui arrive dans le tube distal. C'est le courant multiplicateur du sodium qui en est la cause.

 - La réabsorption du potassium
 - Au niveau du tube distal et du tube collecteur : l'urine qui arrive au niveau du tube distal est hypotonique. Cette zone subit l'action de l'aldostérone qui provoque une réabsorption du sodium en échange du potassium. Les ions H^+ et ammonium sont excrétés, participant à l'équilibre acido-basique de l'organisme.
- Dans le tube collecteur l'eau peut être réabsorbée sous l'action de l'ADH.

FONCTION ENDOCRINE DU REIN

Le rein présente la particularité de sécréter des substances « hormonales », car libérées dans le sang :

- La **rénine**, enzyme (protéase) produite par l'appareil juxta-glomérulaire, zone représentée par le contact entre l'artériole afférente et une partie du tube contourné distal (la renine est produite par les cellules myoépithélioïdes de l'artère afférente sous forme d'un précurseur inactif la prorénine). Cette enzyme a pour fonction de permettre la transformation de l'angiotensinogène fabriqué par le foie, en angiotensine I, substance faiblement vasoconstrictrice.

Ces substances sont au cœur du système « rénine-angiotensine –aldostérone » (voir **annexe 4**), système complexe de régulation de la pression artérielle (voir cours de physiologie cardiaque). Lorsque l'apport sanguin au rein diminue (par hypotension artérielle ou sténose de l'artère rénale), ou en cas de déficit sodé, le rein augmente sa fabrication de rénine ce qui augmente la synthèse d'angiotensine I, ainsi que la vasoconstriction au niveau de l'artériole efférente, augmentant ainsi la pression de filtration glomérulaire. L'angiotensine I est transformée en angiotensine II par l'enzyme de conversion (sécrétée par les alvéoles pulmonaires). L'ensemble contrôle la pression artérielle de façon directe par la vasoconstriction, et indirecte par la rétention hydrosodée.

- **L'érythropoïétine** (EPO) est une hormone dont l'action se situe au niveau de la moelle osseuse où elle stimule l'érythropoïèse. Sa libération est accrue en cas d'hypoxémie (baisse de O₂ dans le sang), et augmente naturellement en altitude. A noter que cette substance a été largement utilisée par les sportifs pour accroître leur quantité d'hématies et donc l'oxygénation musculaire. Elle est par ailleurs parfois prescrite en pré-opératoire pour anticiper chez un sujet la spoliation sanguine (=pertes de sang) liée à une intervention sanglante.
- Formation de la **forme active de la vitamine D** : le cholécalciférol (D₃) fabriqué au niveau cutané sous l'action des UV, est transformé au niveau hépatique en 25-OH cholécalciférol après une hydroxylation en position 25, puis subit une deuxième hydroxylation au niveau rénal avec obtention de la forme active de la molécule, 1(24)25 dihydroxycholecalciférol
- Des prostaglandines
- **La kallikréine** synthétisée au niveau des cellules du tube contourné distal, et capable de dégrader les kininogènes en kinines. Substance vasodilatatrice, elle joue un rôle dans le processus inflammatoire.

LES VOIES URINAIRES EXCRÉTRICES

Elles se composent :

- Du bassinot, sorte de réservoir de tissu conjonctif et recouvert d'un épithélium de transition, qui recueille l'urine émise par les calices à partir des papilles des pyramides de Malpighi.
- De l'uretère (un par rein), conduits de 28 à 30 cm de long au départ du bassinot, qui s'abouche à la vessie permettant l'écoulement de l'urine sans possibilité de retour (sauf en cas de malformation avec risque de reflux vésico-urétéral et d'infection).

- La vessie, organe réservoir de l'urine, musculéux et très élastique, localisée en arrière de la symphyse pubienne dans la région pelvienne. On observe sur son sommet une couche de péritoine.
- L'urètre, localisé sur la face antéro-inférieure de la vessie, est muni d'un sphincter interne ; ce conduit musculéux tubulaire est chargé d'évacuer l'urine vers l'extérieur par l'intermédiaire d'un autre sphincter externe (musculaire strié). Chez l'homme ce conduit est commun avec la partie terminale des voies génitales.

LA COMPOSITION DE L'URINE

L'urine définitive se compose majoritairement d'eau (95% dans les conditions normales). Elle contient aussi des déchets :

- L'urée, produit du catabolisme des protéines
- L'acide urique, produit du catabolisme des purines
- La créatinine issue de la dégradation de la créatine phosphate, produit du métabolisme musculaire.

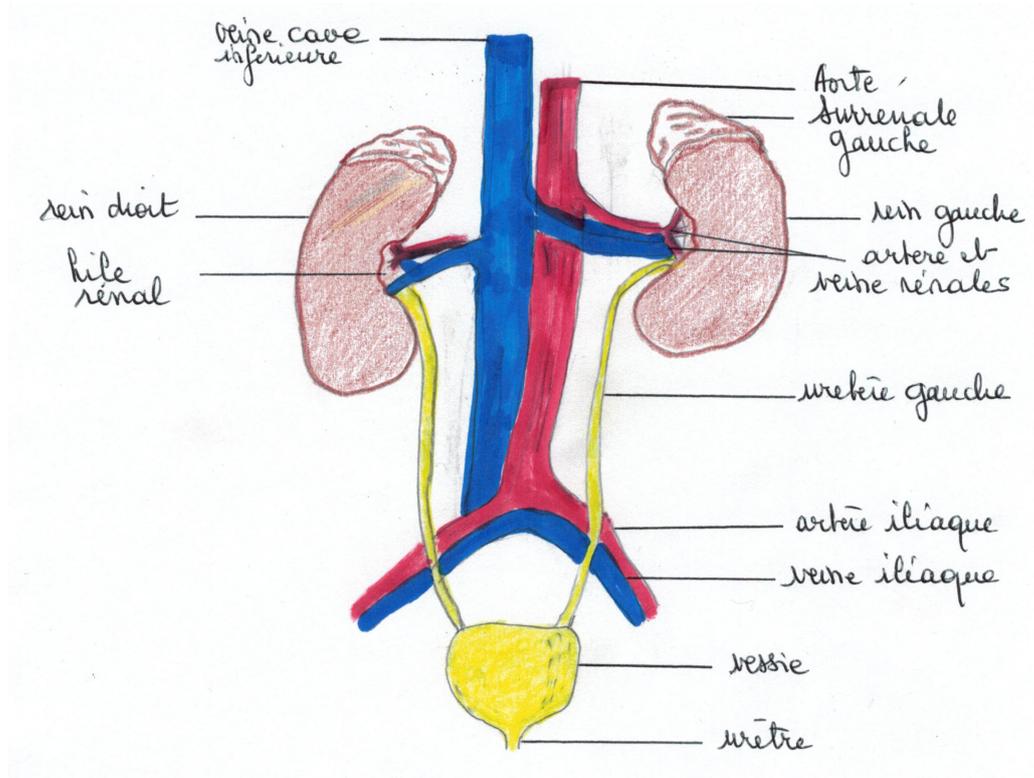
Elle contient également des acides, citrique et oxalique (ces derniers en grande quantité peuvent révéler la présence de calculs rénaux à base d'oxalate), ainsi que du sodium et des phosphates.

CONCLUSION :

Le rein normal est chargé d'épurer le sang des déchets métaboliques. Cette fonction repose principalement sur l'intégrité du filtre glomérulaire, qui produit en continu l'urine primitive. Une atteinte de ce filtre ou un apport insuffisant de sang est susceptible d'altérer la fonction rénale.

L'insuffisance rénale ou aiguë met la vie du sujet en danger de par l'accumulation de produits toxiques dans le sang, conséquence d'une réduction significative de la filtration glomérulaire. Il est donc important d'évaluer régulièrement la fonction rénale afin de déceler une pathologie sous-jacente pouvant évoluer à bas bruit.

LE SYSTÈME RÉNAL



COUPE LONGITUDINALE DU REIN

