

PHYSIOLOGIE RÉNALE

Filtration · Équilibre hydrique · Miction

PARCOURS : Préparation EIDE

AUTEUR : Anaïs - Daranjo - IDE

DATE : Juin 2026

1. Objectifs du chapitre

À la fin de ce chapitre, tu dois être capable de :

- expliquer les grandes fonctions du rein ;
- comprendre le rôle du rein dans la filtration du sang ;
- expliquer l'élimination des déchets par l'urine ;
- comprendre la régulation de l'eau, des électrolytes, du pH et de la pression artérielle ;
- expliquer la production d'érythropoïétine et l'activation de la vitamine D ;
- décrire l'organisation fonctionnelle du néphron ;
- différencier glomérule, capsule de Bowman, tube proximal, anse de Henle, tube distal et tube collecteur ;
- expliquer les étapes de formation de l'urine : filtration, réabsorption, sécrétion et excrétion ;
- comprendre la régulation hydrique par l'ADH, la soif et les osmorécepteurs ;
- expliquer la concentration et la dilution des urines ;
- comprendre la régulation sodium-potassium par l'aldostérone ;
- expliquer la réabsorption du sodium et l'excrétion du potassium ;
- comprendre le rôle du rein dans l'équilibre acido-basique ;
- expliquer la réabsorption des bicarbonates, la sécrétion des ions H^+ et les tampons urinaires ;
- comprendre les mécanismes de la miction ;
- différencier remplissage vésical, réflexe mictionnel, sphincter interne, sphincter externe et contrôle volontaire.

Introduction générale

Les reins sont des organes essentiels à l'homéostasie.

Ils filtrent le sang, éliminent les déchets, régulent la quantité d'eau, contrôlent les électrolytes, participent au maintien de la pression artérielle, corrigent les déséquilibres acido-basiques et possèdent aussi une fonction endocrine.

Le rein ne sert donc pas seulement à "fabriquer l'urine".

Il maintient la stabilité du milieu intérieur.

Il adapte en permanence la composition de l'urine selon les besoins du corps.

Si l'organisme a trop d'eau, le rein peut produire des urines diluées.

Si l'organisme manque d'eau, le rein peut produire des urines concentrées.

Si le potassium augmente, le rein peut en éliminer davantage.

Si le pH devient trop acide, le rein peut éliminer des ions H^+ et conserver des bicarbonates.

Si la pression artérielle baisse, le rein active des systèmes hormonaux pour la soutenir.

Les reins travaillent avec plusieurs autres systèmes :

- système cardiovasculaire ;
- système endocrinien ;
- système respiratoire ;
- système sanguin ;
- système osseux ;
- système nerveux autonome ;
- système digestif ;
- équilibre hydro-électrolytique.

Une atteinte rénale peut donc provoquer des conséquences générales :

- surcharge hydrique ;
- œdèmes ;
- hypertension ;
- hyperkaliémie ;
- acidose métabolique ;
- anémie ;
- troubles phosphocalciques ;
- accumulation de déchets ;
- fatigue ;
- troubles du rythme ;
- atteinte osseuse ;
- confusion dans les formes sévères.

La physiologie rénale est donc une physiologie de filtration, de tri, d'ajustement et d'équilibre.

2. Vue d'ensemble

Les reins assurent plusieurs fonctions vitales.

Fonction	Rôle principal
Filtration du sang	former l'urine primitive
Élimination des déchets	évacuer urée, créatinine, toxiques
Régulation de l'eau	ajuster la diurèse selon l'hydratation
Régulation des électrolytes	contrôler sodium, potassium, calcium, phosphate, etc.
Régulation du pH	éliminer H ⁺ et régénérer bicarbonates
Régulation de la pression artérielle	contrôler volémie et SRAA
Production d'EPO	stimuler les globules rouges
Activation de la vitamine D	participer au métabolisme phosphocalcique

Le rein est donc un organe à la fois excréteur, régulateur et endocrine.

Filtration du sang

3. Définition

La filtration du sang est le passage d'une partie du plasma à travers le filtre glomérulaire pour former l'urine primitive.

Cette filtration se produit dans le glomérule, au début du néphron.

Le sang arrive au glomérule par l'artériole afférente.

Une partie de l'eau et des petites molécules passe dans la capsule de Bowman.

Les cellules sanguines et les grosses protéines restent normalement dans le sang.

4. Filtrat glomérulaire

Le filtrat glomérulaire contient normalement :

- eau ;
- sodium ;
- potassium ;
- chlore ;
- bicarbonates ;
- glucose ;
- acides aminés ;
- urée ;
- créatinine ;
- petites molécules.

Il ne contient normalement pas :

- globules rouges ;
- globules blancs en quantité significative ;
- plaquettes ;
- grosses protéines comme l'albumine en quantité importante.

Si des protéines ou du sang apparaissent dans les urines, cela peut traduire une atteinte du filtre glomérulaire ou des voies urinaires selon le contexte.

5. Débit de filtration glomérulaire

Le débit de filtration glomérulaire, ou DFG, correspond au volume de plasma filtré par les glomérules par unité de temps.

Il reflète la fonction de filtration des reins.

Il dépend notamment :

- de la perfusion rénale ;
- de la pression dans les capillaires glomérulaires ;
- de l'intégrité de la barrière de filtration ;
- du nombre de néphrons fonctionnels ;
- du tonus des artérioles afférente et efférente ;
- de certains systèmes hormonaux.

Une baisse du DFG signifie que le rein filtre moins bien.

Élimination des déchets

6. Définition

Les reins éliminent dans l'urine des déchets produits par le métabolisme.

Ces déchets doivent être retirés du sang pour éviter leur accumulation.

Exemples :

- urée ;
- créatinine ;
- acide urique ;
- excès d'ions ;
- certains médicaments ;
- certains toxiques ;
- métabolites.

7. Urée

L'urée provient du métabolisme des protéines.

Lorsque les acides aminés sont dégradés, l'organisme produit de l'ammoniac, toxique.

Le foie transforme cet ammoniac en urée.

L'urée est ensuite transportée par le sang jusqu'aux reins et éliminée dans l'urine.

8. Créatinine

La créatinine provient du métabolisme musculaire de la créatine.

Elle est produite de manière relativement régulière selon la masse musculaire.

Elle est filtrée par les reins.

Son taux sanguin est utilisé pour estimer la fonction rénale.

Si la filtration rénale diminue, la créatinine sanguine augmente.

9. Médicaments et toxiques

Les reins participent à l'élimination de nombreux médicaments et substances.

Ils peuvent éliminer :

- molécules inchangées ;
- métabolites produits par le foie ;
- substances hydrosolubles ;
- certains toxiques.

Une insuffisance rénale peut donc entraîner une accumulation de médicaments, avec risque de toxicité.

C'est pourquoi certaines doses doivent être adaptées à la fonction rénale.

Régulation de l'eau

10. Rôle général

Le rein régule la quantité d'eau dans l'organisme.

Il adapte le volume des urines selon les besoins.

Si l'organisme manque d'eau :

- la soif augmente ;
- l'ADH augmente ;
- le rein réabsorbe davantage d'eau ;
- les urines deviennent concentrées ;
- la diurèse diminue.

Si l'organisme a trop d'eau :

- l'ADH diminue ;
- le rein réabsorbe moins d'eau ;
- les urines deviennent diluées ;

- la diurèse augmente.

11. Diurèse

La diurèse correspond au volume d'urine produit sur une période donnée.

Elle dépend :

- des apports hydriques ;
- de l'ADH ;
- de la pression artérielle ;
- de la fonction rénale ;
- des pertes extrarénales ;
- des médicaments ;
- de la glycémie selon contexte ;
- de l'état hormonal.

Une diurèse très faible peut traduire une mauvaise perfusion rénale, une déshydratation, une obstruction ou une atteinte rénale selon le contexte.

Régulation des électrolytes

12. Définition

Les électrolytes sont des ions dissous dans les liquides corporels.

Le rein régule notamment :

- sodium ;
- potassium ;
- chlore ;
- bicarbonates ;
- calcium ;
- phosphate ;
- magnésium ;
- ions H⁺.

Cette régulation est essentielle pour :

- volume extracellulaire ;
- pression artérielle ;
- excitabilité nerveuse ;
- contraction musculaire ;
- rythme cardiaque ;
- équilibre acido-basique ;
- santé osseuse.

13. Sodium

Le sodium est le principal ion du liquide extracellulaire.

Il influence fortement :

- osmolarité ;
- volume extracellulaire ;
- pression artérielle ;
- équilibre hydrique.

Le rein ajuste la réabsorption du sodium selon les besoins.

L'aldostérone favorise la réabsorption du sodium.

14. Potassium

Le potassium est le principal ion intracellulaire.

Sa concentration sanguine doit être très contrôlée.

Le rein est l'organe principal d'élimination du potassium.

Une hyperkaliémie peut être dangereuse pour le cœur.

Une hypokaliémie peut provoquer faiblesse musculaire et troubles du rythme.

Régulation du pH

15. Rôle général

Le rein participe à l'équilibre acido-basique.

Il agit plus lentement que les poumons, mais de manière très puissante.

Il permet :

- la réabsorption des bicarbonates filtrés ;
- la sécrétion des ions H^+ ;
- la production de nouveaux bicarbonates ;
- l'élimination d'acides fixes issus du métabolisme ;
- l'utilisation de tampons urinaires.

Les poumons régulent surtout le CO_2 .

Les reins régulent surtout les bicarbonates et les ions H^+ .

16. Acides fixes

Le métabolisme produit des acides qui ne peuvent pas être éliminés par les poumons sous forme de CO_2 .

Ces acides doivent être éliminés par le rein.

Exemples :

- acides issus du métabolisme des protéines ;
- acides phosphoriques ;
- acides sulfuriques ;
- certains acides organiques selon contexte.

Le rein est donc indispensable pour maintenir le pH sur le long terme.

Régulation de la pression artérielle

17. Rôle du rein

Le rein régule la pression artérielle par plusieurs mécanismes.

Il contrôle :

- la volémie ;
- l'excrétion du sodium ;
- l'excrétion de l'eau ;
- le système rénine-angiotensine-aldostérone ;
- la sensibilité à certaines hormones ;
- l'équilibre hydro-électrolytique.

Sur le long terme, la pression artérielle dépend fortement de la capacité des reins à éliminer ou retenir le sodium et l'eau.

18. Système rénine-angiotensine-aldostérone

Quand la perfusion rénale diminue, le rein peut libérer de la rénine.

La rénine active le système rénine-angiotensine-aldostérone.

Schéma :

baisse perfusion rénale → rénine → angiotensine II → aldostérone → rétention sodium/eau → augmentation volémie et pression artérielle

L'angiotensine II provoque aussi une vasoconstriction.

Production d'érythropoïétine

19. Définition

L'érythropoïétine, ou EPO, est une hormone produite principalement par le rein.

Elle stimule la moelle osseuse pour produire des globules rouges.

Le rein augmente la production d'EPO quand il détecte une baisse d'oxygénation tissulaire.

20. Lien rein-sang

Schéma :

hypoxie rénale → EPO → moelle osseuse → érythropoïèse → augmentation des globules rouges

En insuffisance rénale chronique, la production d'EPO peut diminuer.

Cela peut provoquer une anémie.

Cette anémie contribue à la fatigue, à la dyspnée d'effort et à la baisse de tolérance à l'effort.

Activation de la vitamine D

21. Définition

La vitamine D doit être activée pour devenir pleinement fonctionnelle.

Elle subit une première transformation dans le foie, puis une activation finale dans le rein.

La forme active est appelée calcitriol.

22. Rôle du rein

Le rein transforme la 25-OH vitamine D en 1,25-(OH)₂ vitamine D, ou calcitriol.

Le calcitriol augmente l'absorption intestinale :

- du calcium ;
- du phosphate.

Il participe donc à :

- minéralisation osseuse ;
- calcémie ;
- phosphatémie ;
- fonction musculaire ;
- équilibre phosphocalcique.

En insuffisance rénale chronique, l'activation de la vitamine D peut diminuer, entraînant des troubles phosphocalciques et osseux.

23. Schéma à insérer

Image conseillée :

Schéma des grandes fonctions du rein : filtration, déchets, eau, électrolytes, pH, pression artérielle, EPO, vitamine D.

14.2. Néphron

24. Définition

Le néphron est l'unité fonctionnelle du rein.

Chaque rein contient un très grand nombre de néphrons.

Le néphron permet :

- filtration du plasma ;
- réabsorption des substances utiles ;
- sécrétion de certaines substances ;
- concentration ou dilution de l'urine ;
- participation à l'équilibre hydrique, électrolytique et acido-basique.

Un néphron est composé de plusieurs parties :

- glomérule ;
- capsule de Bowman ;
- tube proximal ;
- anse de Henle ;
- tube distal ;
- tube collecteur.

Le néphron fonctionne comme une chaîne de traitement.

Le sang est d'abord filtré.

Puis le filtrat est modifié progressivement.

L'urine finale est le résultat de tous ces ajustements.

Glomérule

25. Définition

Le glomérule est un réseau de capillaires situé au début du néphron.

Il reçoit le sang par l'artériole afférente.

Le sang en ressort par l'artériole efférente.

Le glomérule est le site principal de la filtration glomérulaire.

26. Particularité vasculaire

La plupart des capillaires sont situés entre une artériole et une veinule.

Le glomérule est particulier car il est situé entre deux artérioles :

- artériole afférente ;
- artériole efférente.

Cette organisation permet de maintenir une pression élevée dans les capillaires glomérulaires.

Cette pression favorise la filtration.

27. Barrière de filtration glomérulaire

La barrière de filtration comprend :

- endothélium capillaire fenestré ;
- membrane basale glomérulaire ;
- podocytes avec fentes de filtration.

Elle laisse passer l'eau et les petites molécules.

Elle retient normalement les cellules sanguines et les grosses protéines.

Si cette barrière est lésée, des protéines ou du sang peuvent apparaître dans les urines.

Capsule de Bowman

28. Définition

La capsule de Bowman entoure le glomérule.

Elle recueille le filtrat glomérulaire.

Ce filtrat est appelé urine primitive.

La capsule de Bowman est le début du système tubulaire du néphron.

29. Urine primitive

L'urine primitive est très différente de l'urine finale.

Elle contient beaucoup de substances utiles qui seront ensuite réabsorbées.

Exemples :

- eau ;
- sodium ;
- glucose ;
- acides aminés ;
- bicarbonates ;
- ions ;
- petites molécules.

Le rôle du tubule rénal est ensuite de trier.

Il garde ce qui est utile et élimine ce qui doit l'être.

Tube proximal

30. Définition

Le tube proximal est la première partie du tubule rénal après la capsule de Bowman.

Il est responsable d'une grande partie de la réabsorption.

Il récupère massivement des substances filtrées.

31. Réabsorption dans le tube proximal

Le tube proximal réabsorbe notamment :

- une grande partie de l'eau ;
- une grande partie du sodium ;
- presque tout le glucose en situation normale ;

- presque tous les acides aminés ;
- une grande partie des bicarbonates ;
- phosphate selon régulation ;
- potassium en partie ;
- petites molécules utiles.

Le tube proximal est donc un segment de récupération massive.

32. Glucose et seuil rénal

En situation normale, le glucose filtré est réabsorbé dans le tube proximal.

Il ne doit pas apparaître dans les urines.

Si la glycémie dépasse la capacité de réabsorption des transporteurs, le glucose apparaît dans les urines.

On parle de glycosurie.

Cela peut survenir dans le diabète lorsque la glycémie est élevée.

33. Sécrétion dans le tube proximal

Le tube proximal sécrète aussi certaines substances dans l'urine primitive.

Exemples :

- ions H^+ ;
- certains médicaments ;
- toxines ;
- métabolites ;
- substances organiques.

La sécrétion permet d'éliminer des molécules du sang vers le tubule.

Anse de Henle

34. Définition

L'anse de Henle est une partie du néphron qui descend dans la médulla rénale puis remonte vers le cortex.

Elle comprend :

- branche descendante ;
- branche ascendante.

Elle est essentielle à la concentration des urines.

Elle participe à la création d'un gradient osmotique dans la médulla rénale.

35. Branche descendante

La branche descendante est perméable à l'eau.

L'eau sort du tubule vers le milieu médullaire concentré.

Le filtrat devient progressivement plus concentré.

36. Branche ascendante

La branche ascendante est peu perméable à l'eau.

Elle réabsorbe du sodium, du potassium et du chlore, surtout dans sa portion épaisse.

Comme l'eau ne suit pas, le filtrat devient plus dilué.

La branche ascendante contribue à rendre la médulla rénale hyperosmolaire.

37. Multiplication à contre-courant

L'anse de Henle crée un système de multiplication à contre-courant.

Ce mécanisme permet d'établir un gradient de concentration dans la médulla.

Ce gradient est indispensable pour que l'ADH puisse concentrer les urines au niveau du tube collecteur.

Sans gradient médullaire, le rein aurait beaucoup plus de difficulté à conserver l'eau.

Tube distal

38. Définition

Le tube distal reçoit le filtrat après l'anse de Henle.

Il réalise des ajustements plus fins.

Il participe à la régulation :

- du sodium ;
- du potassium ;
- du calcium ;
- du pH ;
- de certains ions.

Il est sous influence hormonale.

39. Rôle du tube distal

Le tube distal réabsorbe notamment :

- sodium ;
- chlore ;
- calcium selon influence de la PTH ;
- bicarbonates selon besoins.

Il sécrète notamment :

- potassium ;
- ions H^+ selon segments et cellules spécialisées.

Le tube distal est donc un segment d'ajustement fin.

Tube collecteur

40. Définition

Le tube collecteur reçoit le filtrat provenant de plusieurs néphrons.

Il traverse la médulla rénale.

Il joue un rôle majeur dans la concentration finale des urines.

Il est fortement influencé par :

- ADH ;
- aldostérone ;
- état hydrique ;
- osmolarité ;
- équilibre acido-basique.

41. Cellules principales

Les cellules principales du tube collecteur participent surtout à :

- réabsorption du sodium ;
- sécrétion du potassium ;
- réabsorption de l'eau sous l'effet de l'ADH.

L'aldostérone stimule la réabsorption du sodium et l'excrétion du potassium.

42. Cellules intercalaires

Les cellules intercalaires participent surtout à l'équilibre acido-basique.

Elles peuvent :

- sécréter des ions H^+ ;
- réabsorber des bicarbonates ;
- participer à la correction des acidoses ou alcaloses.

Elles sont essentielles à la compensation rénale du pH.

43. Tube collecteur et ADH

En présence d'ADH, le tube collecteur devient plus perméable à l'eau.

L'eau sort du tubule vers la médulla concentrée.

Les urines deviennent concentrées.

En absence d'ADH, le tube collecteur reste peu perméable à l'eau.

L'eau reste dans le tubule.

Les urines deviennent diluées.

44. Schéma à insérer

Image conseillée :

Schéma complet du néphron : glomérule, capsule de Bowman, tube proximal, anse de Henle, tube distal, tube collecteur, avec les principales fonctions de chaque segment.

14.3. Formation de l'urine

45. Vue d'ensemble

La formation de l'urine repose sur quatre grands processus :

1. filtration glomérulaire ;
2. réabsorption tubulaire ;
3. sécrétion tubulaire ;
4. excrétion.

L'urine finale n'est pas simplement du plasma filtré.

C'est un liquide très modifié par le tubule rénal.

Le rein filtre beaucoup, puis réabsorbe massivement ce qui doit être conservé.

Filtration glomérulaire

46. Définition

La filtration glomérulaire est le passage d'eau et de petites molécules du sang vers la capsule de Bowman.

Elle est produite par la pression dans les capillaires glomérulaires.

Elle forme l'urine primitive.

47. Ce qui est filtré

Sont filtrés facilement :

- eau ;
- sodium ;
- potassium ;
- chlore ;
- bicarbonates ;
- glucose ;
- acides aminés ;
- urée ;
- créatinine ;
- petites molécules.

Sont normalement retenus :

- globules rouges ;
- globules blancs ;
- plaquettes ;
- grosses protéines.

48. Forces de filtration

La filtration dépend de plusieurs pressions :

- pression hydrostatique glomérulaire, qui pousse le liquide vers la capsule ;
- pression dans la capsule de Bowman, qui s'oppose à la filtration ;
- pression oncotique plasmatique, qui retient l'eau dans les capillaires.

Si la pression de perfusion rénale chute fortement, la filtration peut diminuer.

49. Autorégulation rénale

Le rein peut maintenir relativement stable son débit sanguin et sa filtration malgré certaines variations de pression artérielle.

Cela s'appelle l'autorégulation rénale.

Elle implique notamment :

- réponse myogène des artérioles ;

- rétrocontrôle tubulo-glomérulaire ;
- macula densa ;
- ajustement du tonus des artérioles afférente et efférente.

Cette autorégulation protège la filtration, mais elle a des limites.

Réabsorption tubulaire

50. Définition

La réabsorption tubulaire est le passage de substances du tubule rénal vers le sang.

Elle permet de récupérer ce que le corps ne doit pas perdre.

La réabsorption concerne :

- eau ;
- sodium ;
- glucose ;
- acides aminés ;
- bicarbonates ;
- calcium ;
- potassium selon segments ;
- autres ions et molécules utiles.

51. Pourquoi réabsorber ?

Le glomérule filtre une grande quantité de plasma.

Si le rein ne réabsorbait pas massivement l'eau et les substances utiles, l'organisme se déshydraterait très rapidement et perdrait des nutriments essentiels.

Le rein fonctionne donc selon une logique :

filtrer largement, puis récupérer intelligemment

52. Réabsorption active et passive

La réabsorption peut être :

- passive ;
- active ;
- facilitée ;
- sous contrôle hormonal.

Exemples :

- le sodium est souvent réabsorbé activement ou indirectement grâce à des transporteurs ;
- l'eau suit souvent les gradients osmotiques ;
- le glucose utilise des cotransporteurs sodium-glucose ;
- l'eau passe par des aquaporines dans certains segments.

53. Réabsorption du glucose

Le glucose est normalement presque totalement réabsorbé dans le tube proximal.

Il utilise des cotransporteurs sodium-glucose.

Si les transporteurs sont saturés, le glucose reste dans le tubule.

Cela provoque une glycosurie.

Le glucose dans les urines attire l'eau par osmose.

Cela peut augmenter la diurèse.

On parle de diurèse osmotique.

Sécrétion tubulaire

54. Définition

La sécrétion tubulaire est le passage de substances du sang vers le tubule rénal.

Elle permet d'ajouter certaines substances au filtrat pour les éliminer.

C'est un mécanisme actif de nettoyage et de régulation.

55. Substances sécrétées

Le rein peut sécréter :

- ions H^+ ;
- potassium ;
- ammonium ;
- créatinine en partie ;
- certains médicaments ;
- toxines ;
- acides ou bases organiques ;
- métabolites.

La sécrétion est importante pour l'équilibre acido-basique et l'élimination de certaines substances.

56. Sécrétion et médicaments

De nombreux médicaments sont éliminés partiellement par sécrétion tubulaire.

Une compétition entre médicaments peut modifier leur élimination.

Une insuffisance rénale peut diminuer cette élimination et augmenter le risque de toxicité.

Excrétion

57. Définition

L'excrétion correspond à l'élimination finale d'une substance dans l'urine.

Elle dépend de trois processus :

- filtration ;
- réabsorption ;
- sécrétion.

Formule conceptuelle :

$\text{Excrétion} = \text{Filtration} - \text{Réabsorption} + \text{Sécrétion}$

Une substance fortement filtrée et peu réabsorbée sera éliminée.

Une substance filtrée puis totalement réabsorbée ne sera presque pas éliminée.

Une substance sécrétée activement peut être éliminée en grande quantité.

58. Urine finale

L'urine finale contient notamment :

- eau ;
- urée ;
- créatinine ;
- ions en quantité variable ;
- acides ;
- certains médicaments ;
- toxines ;
- pigments ;
- déchets métaboliques.

La composition de l'urine varie selon :

- hydratation ;
- alimentation ;
- hormones ;
- fonction rénale ;
- pression artérielle ;
- médicaments ;
- état acido-basique ;
- pathologies.

59. Diurèse normale et adaptation

La quantité d'urine produite varie.

Elle augmente avec :

- apports hydriques élevés ;
- baisse de l'ADH ;

- diurétiques ;
- glycosurie ;
- certains troubles tubulaires.

Elle diminue avec :

- déshydratation ;
- ADH élevée ;
- hypovolémie ;
- insuffisance rénale ;
- obstruction ;
- choc ;
- activation du SRAA.

60. Schéma à insérer

Image conseillée :

Schéma formation de l'urine : filtration au glomérule, réabsorption vers le sang, sécrétion vers le tubule, excrétion dans l'urine finale.

14.4. Régulation hydrique

61. Définition

La régulation hydrique correspond au contrôle de la quantité d'eau dans l'organisme.

Elle dépend principalement :

- des apports hydriques ;
- de la soif ;
- de l'ADH ;
- des reins ;
- de l'osmolarité plasmatique ;
- de la volémie ;
- des pertes extrarénales.

Le rein ajuste la quantité d'eau éliminée dans l'urine.

ADH

62. Définition

L'ADH, ou hormone antidiurétique, est une hormone produite par l'hypothalamus et libérée par l'hypophyse postérieure.

Elle est aussi appelée vasopressine.

Son rôle principal est de conserver l'eau.

Elle agit surtout sur le tube collecteur du néphron.

63. Effet de l'ADH sur le rein

L'ADH augmente la perméabilité du tube collecteur à l'eau.

Elle provoque l'insertion d'aquaporines dans la membrane des cellules du tube collecteur.

Les aquaporines sont des canaux à eau.

L'eau peut alors sortir du tube collecteur vers l'interstitium médullaire concentré.

Résultat :

- plus d'eau est réabsorbée ;
- les urines deviennent plus concentrées ;
- la diurèse diminue ;
- l'eau est conservée dans l'organisme.

64. Quand l'ADH augmente

L'ADH augmente surtout lorsque :

- l'osmolarité plasmatique augmente ;
- le sang est trop concentré ;
- la volémie diminue ;
- la pression artérielle baisse ;

- il existe une déshydratation ;
- il y a douleur, stress, nausée selon contexte.

65. Quand l'ADH diminue

L'ADH diminue lorsque :

- l'osmolarité plasmatique baisse ;
- le sang est trop dilué ;
- les apports hydriques sont importants ;
- l'organisme doit éliminer de l'eau.

Résultat :

- moins d'eau est réabsorbée ;
- les urines deviennent plus diluées ;
- la diurèse augmente.

Soif

66. Définition

La soif est un comportement physiologique qui pousse à boire.

Elle est déclenchée principalement par l'hypothalamus.

Elle complète l'action de l'ADH.

L'ADH conserve l'eau déjà présente.

La soif permet d'apporter de l'eau nouvelle.

67. Stimuli de la soif

La soif augmente en cas de :

- osmolarité plasmatique élevée ;
- déshydratation ;
- hypovolémie ;
- sécheresse buccale ;
- angiotensine II ;
- exercice ;
- chaleur ;
- pertes digestives ;
- fièvre.

La soif est un mécanisme essentiel, mais elle peut être diminuée chez certaines personnes âgées ou altérée dans certains troubles neurologiques.

Osmorécepteurs

68. Définition

Les osmorécepteurs sont des capteurs sensibles à l'osmolarité.

Ils sont situés principalement dans l'hypothalamus.

Ils détectent la concentration du plasma.

Si le plasma devient trop concentré, les osmorécepteurs stimulent :

- la soif ;
- la libération d'ADH.

69. Exemple : déshydratation

En cas de déshydratation :

1. l'eau corporelle diminue ;
2. le plasma devient plus concentré ;
3. l'osmolarité augmente ;
4. les osmorécepteurs sont stimulés ;
5. la soif augmente ;
6. l'ADH augmente ;
7. le rein réabsorbe plus d'eau ;
8. les urines deviennent concentrées.

70. Exemple : excès d'eau

En cas d'apport excessif d'eau :

1. le plasma devient plus dilué ;
2. l'osmolarité baisse ;
3. les osmorécepteurs sont moins stimulés ;
4. l'ADH diminue ;
5. le rein élimine plus d'eau ;
6. les urines deviennent diluées.

Concentration des urines

71. Principe

La concentration des urines dépend principalement de deux éléments :

- gradient osmotique médullaire ;
- ADH.

Le gradient médullaire est créé par l'anse de Henle.

L'ADH permet au tube collecteur de devenir perméable à l'eau.

72. Urines concentrées

Les urines deviennent concentrées lorsque :

- ADH élevée ;
- médulla rénale concentrée ;
- tube collecteur perméable à l'eau ;
- réabsorption d'eau importante ;
- faible volume d'urine.

Situations possibles :

- déshydratation ;
- chaleur ;
- exercice ;
- hypovolémie ;
- pertes digestives ;
- restriction hydrique.

73. Urines diluées

Les urines deviennent diluées lorsque :

- ADH basse ;
- tube collecteur peu perméable à l'eau ;
- eau maintenue dans le tubule ;
- grand volume d'urine.

Situations possibles :

- apports hydriques importants ;
- alcool ;
- certains troubles de l'ADH ;
- certains troubles tubulaires ;
- diurétiques selon mécanisme.

74. Diabète insipide

Le diabète insipide est une situation où l'action de l'ADH est insuffisante.

Il peut être :

- central : manque de production ou libération d'ADH ;
- néphrogénique : rein résistant à l'ADH.

Conséquences :

- urines très abondantes ;
- urines diluées ;
- soif intense ;
- risque de déshydratation.

Il ne faut pas le confondre avec le diabète sucré, qui est lié au glucose.

75. Schéma à insérer

Image conseillée :

Schéma ADH : osmolarité hypothalamus ADH aquaporines tube collecteur eau réabsorbée urines concentrées.

14.5. Régulation sodium-potassium

76. Définition

Le rein régule très finement le sodium et le potassium.

Ces deux ions sont essentiels.

Le sodium influence :

- volume extracellulaire ;
- osmolarité ;
- pression artérielle ;
- équilibre hydrique.

Le potassium influence :

- excitabilité cardiaque ;
- excitabilité neuromusculaire ;
- potentiel de membrane ;
- contraction musculaire.

Le rein doit conserver le sodium selon les besoins et éliminer le potassium en excès.

Aldostérone

77. Définition

L'aldostérone est une hormone minéralocorticoïde produite par le cortex surrénalien.

Elle agit principalement sur le tube distal et le tube collecteur.

Son rôle principal est de :

- augmenter la réabsorption de sodium ;
- augmenter l'excrétion de potassium ;
- favoriser indirectement la réabsorption d'eau.

78. Stimulation de l'aldostérone

L'aldostérone augmente surtout en cas de :

- activation du système rénine-angiotensine-aldostérone ;
- baisse de perfusion rénale ;
- baisse de volémie ;
- hypotension ;
- augmentation de la kaliémie.

L'hyperkaliémie stimule directement la sécrétion d'aldostérone.

Cela permet d'éliminer plus de potassium.

Réabsorption du sodium

79. Principe

La réabsorption du sodium est essentielle au maintien du volume extracellulaire.

Le sodium réabsorbé attire l'eau selon les gradients osmotiques.

Donc réabsorber du sodium favorise souvent la réabsorption d'eau, selon la perméabilité du segment tubulaire.

80. Sodium et pression artérielle

Si le rein retient plus de sodium :

- l'eau est retenue ;
- la volémie augmente ;
- le retour veineux peut augmenter ;
- la pression artérielle peut augmenter.

Si le rein élimine plus de sodium :

- l'eau suit ;
- la volémie diminue ;
- la pression artérielle peut diminuer.

Le sodium est donc central dans la régulation tensionnelle à long terme.

81. Action de l'aldostérone

Dans les cellules principales du tube collecteur, l'aldostérone augmente :

- l'expression des canaux sodiques ENaC ;
- l'activité de la pompe sodium-potassium ATPase ;
- la réabsorption du sodium depuis l'urine vers le sang.

Le sodium entre depuis le tubule dans la cellule, puis est pompé vers le sang.

Excrétion du potassium

82. Principe

Le potassium est filtré au glomérule, réabsorbé en grande partie, puis sécrété dans les segments distaux selon les besoins.

La régulation fine du potassium se fait surtout dans le tube distal et le tube collecteur.

83. Action de l'aldostérone sur le potassium

L'aldostérone favorise la sécrétion du potassium dans l'urine.

Elle augmente l'activité de la pompe sodium-potassium et crée des conditions favorables à l'excrétion de K^+ .

Résultat :

- plus de potassium est éliminé ;
- la kaliémie baisse ou se stabilise.

84. Hyperkaliémie

L'hyperkaliémie correspond à un potassium sanguin trop élevé.

Elle peut être dangereuse car elle perturbe l'activité électrique cardiaque.

Causes possibles :

- insuffisance rénale ;
- hypoaldostéronisme ;
- certains médicaments ;
- acidose ;
- destruction cellulaire ;
- apports excessifs selon contexte ;
- défaut d'excrétion rénale.

Le rein est donc essentiel pour prévenir l'accumulation de potassium.

85. Hypokaliémie

L'hypokaliémie correspond à un potassium sanguin trop bas.

Elle peut provoquer :

- faiblesse musculaire ;
- crampes ;
- constipation ;
- troubles du rythme ;
- fatigue ;
- anomalies ECG.

Causes possibles :

- pertes digestives ;
- diurétiques ;
- hyperaldostéronisme ;
- apports insuffisants ;
- transfert du potassium vers les cellules ;
- certaines alcaloses.

86. Sodium, potassium et acidose

L'équilibre potassium-acide-base est lié.

En acidose, des mouvements entre H^+ et K^+ peuvent favoriser une augmentation de la kaliémie selon le type d'acidose.

En alcalose, le potassium peut entrer davantage dans les cellules, favorisant une hypokaliémie.

Les reins ajustent aussi l'excrétion de H^+ et K^+ selon les besoins.

87. Schéma à insérer

Image conseillée :

Schéma aldostérone : tube collecteur, réabsorption Na^+ vers le sang, sécrétion K^+ vers l'urine, eau qui suit le sodium selon contexte.

14.6. Équilibre acido-basique

88. Définition

L'équilibre acido-basique correspond au maintien du pH sanguin dans une zone compatible avec la vie.

Le pH dépend notamment :

- du CO_2 ;
- des bicarbonates ;
- des ions H^+ ;
- des tampons ;
- des poumons ;
- des reins.

Les poumons agissent rapidement en éliminant le CO_2 .

Les reins agissent plus lentement en régulant bicarbonates et ions H^+ .

89. Rôle du rein

Le rein participe à l'équilibre acido-basique par trois grands mécanismes :

1. réabsorber les bicarbonates filtrés ;
2. sécréter des ions H^+ ;
3. produire de nouveaux bicarbonates grâce à l'élimination des acides.

Ce rôle est indispensable pour compenser les déséquilibres chroniques.

Réabsorption des bicarbonates

90. Importance des bicarbonates

Les bicarbonates, ou HCO_3^- , sont des bases importantes du plasma.

Ils tamponnent les acides.

Le glomérule filtre les bicarbonates.

Si le rein les perdait dans l'urine, le corps perdrait une grande capacité tampon.

Le rein doit donc réabsorber presque tous les bicarbonates filtrés.

91. Mécanisme simplifié

Dans le tube proximal, les bicarbonates filtrés ne traversent pas directement la membrane apicale sous leur forme HCO_3^- .

Le mécanisme est indirect.

Étapes simplifiées :

1. la cellule tubulaire sécrète H^+ dans la lumière ;
2. H^+ se combine avec HCO_3^- filtré ;
3. cela forme H_2CO_3 ;
4. H_2CO_3 devient $CO_2 + H_2O$;
5. le CO_2 entre dans la cellule ;
6. dans la cellule, il reforme HCO_3^- ;
7. le bicarbonate retourne vers le sang.

Le résultat final est une récupération du bicarbonate filtré.

Sécrétion des ions H^+

92. Définition

Le rein sécrète des ions H^+ dans le tubule pour éliminer l'acidité.

Cette sécrétion se fait notamment dans :

- tube proximal ;
- tube distal ;
- tube collecteur.

Elle est particulièrement importante dans les cellules intercalaires du tube collecteur.

93. Rôle des cellules intercalaires

Les cellules intercalaires peuvent sécréter H^+ dans l'urine.

Elles participent aussi à la réabsorption ou à la sécrétion de bicarbonates selon les besoins.

Elles permettent d'ajuster finement le pH.

En cas d'acidose, le rein augmente l'élimination de H^+ et conserve les bicarbonates.

Tampons urinaires

94. Pourquoi tamponner les H^+ ?

Les ions H^+ libres ne peuvent pas être éliminés en quantité illimitée, car l'urine deviendrait trop acide.

Le rein utilise donc des tampons urinaires.

Ces tampons captent les H^+ dans l'urine.

Cela permet d'éliminer davantage d'acide.

95. Tampon phosphate

Le phosphate filtré peut tamponner les ions H^+ .

Il capte H^+ dans l'urine.

Cela permet d'éliminer des acides sous forme tamponnée.

96. Tampon ammoniac/ammonium

Le rein produit de l'ammoniac à partir de la glutamine.

L'ammoniac capte un ion H^+ pour devenir ammonium NH_4^+ .

L'ammonium est piégé dans l'urine et éliminé.

Ce mécanisme est très important en cas d'acidose chronique.

Il permet de générer de nouveaux bicarbonates pour le sang.

Compensation rénale

97. Définition

La compensation rénale est l'adaptation du rein à un trouble acido-basique.

Elle est plus lente que la compensation respiratoire.

Elle prend des heures à plusieurs jours.

Mais elle est puissante.

98. Compensation d'une acidose

En cas d'acidose, le rein peut :

- réabsorber davantage de bicarbonates ;
- sécréter davantage d'ions H^+ ;
- augmenter la production d'ammonium ;
- produire de nouveaux bicarbonates.

Objectif :

- éliminer l'acide ;
- restaurer les bicarbonates ;
- remonter le pH.

99. Compensation d'une alcalose

En cas d'alcalose, le rein peut :

- excréter davantage de bicarbonates ;
- diminuer la sécrétion de H^+ ;
- ajuster certains échanges ioniques ;
- favoriser le retour du pH vers la normale.

Mais la correction dépend de la volémie, du chlore, du potassium et de l'état rénal.

100. Rein et poumon : complémentarité

Les poumons régulent l'acidité volatile liée au CO_2 .

Les reins régulent les acides fixes et les bicarbonates.

Organe	Action principale	Vitesse
Poumons	éliminent CO_2	rapide
Reins	régulent H^+ et HCO_3^-	lente mais durable

Cette complémentarité est indispensable au maintien du pH.

101. Schéma à insérer

Images conseillées :

Schéma rein-poumon : poumons contrôlent CO_2 , reins contrôlent HCO_3^- et H^+ .

Schéma tubule rénal : sécrétion H^+ , réabsorption HCO_3^- , ammonium NH_4^+ dans les urines.

14.7. Miction

102. Définition

La miction correspond à l'évacuation de l'urine contenue dans la vessie vers l'extérieur par l'urètre.

Elle dépend :

- du remplissage vésical ;
- du muscle détrusor ;
- du sphincter interne ;
- du sphincter externe ;
- de la moelle épinière ;
- du système nerveux autonome ;
- du contrôle volontaire cortical ;
- de l'intégrité des voies urinaires.

La miction est à la fois un réflexe automatique et un acte volontairement contrôlé.

Remplissage vésical

103. Vessie

La vessie est un réservoir musculaire.

Sa paroi contient un muscle lisse appelé détrusor.

Pendant le remplissage, la vessie doit se détendre pour stocker l'urine sans augmentation excessive de pression.

Cette capacité s'appelle la compliance vésicale.

104. Phase de stockage

Pendant le remplissage :

- le détrusor est relâché ;
- le sphincter interne reste contracté ;
- le sphincter externe reste contracté volontairement ;
- l'urine s'accumule ;
- la pression vésicale augmente peu au début ;
- les récepteurs d'étirement sont progressivement stimulés.

Le système sympathique favorise la phase de stockage.

Le nerf pudendal maintient le sphincter externe contracté.

105. Sensation de besoin

Quand la vessie se remplit, des récepteurs d'étirement envoient des informations à la moelle épinière puis au cerveau.

La personne prend conscience du besoin d'uriner.

Le besoin augmente avec le volume vésical.

Le cerveau peut décider de différer la miction si le contexte n'est pas adapté.

Réflexe mictionnel

106. Définition

Le réflexe mictionnel est le réflexe qui déclenche la vidange de la vessie.

Il implique principalement la moelle sacrée et le parasympathique.

Quand la vessie est suffisamment remplie, l'étirement active des afférences sensibles.

Ces informations déclenchent une réponse parasympathique.

107. Phase de vidange

Pendant la miction :

- le détrusor se contracte ;
- le sphincter interne se relâche ;
- le sphincter externe se relâche volontairement ;
- l'urine passe dans l'urètre ;
- la vessie se vide.

Le parasympathique favorise la contraction du détrusor.

108. Centres de contrôle

La miction est coordonnée par plusieurs niveaux :

- moelle sacrée ;
- centre pontique de la miction ;
- cortex cérébral ;
- système limbique selon contexte émotionnel ;
- nerfs périphériques.

Le centre pontique coordonne la contraction vésicale et le relâchement sphinctérien.

Le cortex permet le contrôle volontaire.

Sphincter interne

109. Définition

Le sphincter interne est un sphincter de muscle lisse situé au niveau du col vésical.

Il est sous contrôle involontaire.

Il participe à la continence urinaire.

Il est influencé par le système nerveux autonome.

110. Rôle

Pendant le remplissage, le sphincter interne reste contracté.

Pendant la miction, il se relâche.

Chez l'homme, il participe aussi à empêcher le reflux de sperme vers la vessie pendant l'éjaculation.

Sphincter externe

111. Définition

Le sphincter externe est un sphincter de muscle strié.

Il est sous contrôle volontaire.

Il est innervé par le nerf pudendal.

Il permet de retenir volontairement l'urine.

112. Rôle

Pendant le remplissage, le sphincter externe reste contracté.

Quand la miction est socialement possible, le cortex autorise son relâchement.

Le sphincter externe se relâche.

La miction peut se produire.

Le contrôle du sphincter externe est acquis progressivement pendant l'enfance.

Contrôle volontaire

113. Définition

Le contrôle volontaire permet de décider du moment de la miction.

Il dépend de :

- cortex frontal ;
- conscience du besoin ;
- apprentissage ;
- sphincter externe ;
- contexte social ;
- intégrité neurologique ;
- communication entre cerveau, moelle et vessie.

114. Continence

La continence correspond à la capacité à retenir les urines entre les mictions.

Elle nécessite :

- vessie réservoir efficace ;
- détrusor stable ;
- sphincters compétents ;
- urètre fonctionnel ;
- système nerveux intact ;
- cognition suffisante ;
- mobilité adaptée ;
- environnement accessible.

Une incontinence peut donc venir de causes très différentes.

115. Troubles possibles de la miction

Les troubles urinaires peuvent venir de plusieurs mécanismes.

Trouble	Mécanisme possible
Rétention urinaire	obstacle, défaut de contraction, trouble neurologique
Incontinence d'effort	faiblesse sphinctérienne ou périnéale
Incontinence par urgenturie	hyperactivité vésicale
Incontinence par regorgement	vessie trop pleine, vidange insuffisante
Dysurie	difficulté à uriner
Pollakiurie	mictions fréquentes
Nycturie	mictions nocturnes
Brûlures mictionnelles	irritation ou infection selon contexte

La miction est donc une fonction neurologique, musculaire, urinaire et comportementale.

116. Schéma à insérer

Images conseillées :

Schéma phase de remplissage : détrusor relâché, sphincters contractés.

Schéma phase de miction : détrusor contracté, sphincters relâchés.

Schéma contrôle nerveux : cortex, pont, moelle sacrée, parasymphatique, sympathique, nerf pudendal.

Synthèse du chapitre

Les reins sont des organes majeurs de l'homéostasie. Ils filtrent le sang, éliminent les déchets, régulent l'eau, les électrolytes, le pH et la pression artérielle. Ils produisent aussi l'érythropoïétine et activent la vitamine D.

Le néphron est l'unité fonctionnelle du rein. Il comprend le glomérule, la capsule de Bowman, le tube proximal, l'anse de Henle, le tube distal et le tube collecteur. Chaque segment a un rôle spécifique dans la formation de l'urine.

L'urine se forme par filtration glomérulaire, réabsorption tubulaire, sécrétion tubulaire et excrétion. Le rein filtre largement, puis récupère les substances utiles et élimine les déchets ou excès.

La régulation hydrique dépend de l'ADH, de la soif et des osmorécepteurs. L'ADH augmente la perméabilité du tube collecteur à l'eau et permet de concentrer les urines.

La régulation sodium-potassium dépend notamment de l'aldostérone. L'aldostérone favorise la réabsorption du sodium et l'excrétion du potassium. Elle participe donc à la volémie, à la pression artérielle et à la kaliémie.

Le rein participe à l'équilibre acido-basique en réabsorbant les bicarbonates, en sécrétant les ions H^+ et en utilisant les tampons urinaires comme le phosphate et l'ammonium. La compensation rénale est lente mais durable.

La miction est l'évacuation de l'urine par contraction du détrusor et relâchement des sphincters. Elle dépend d'un réflexe médullaire, du centre pontique de la miction et du contrôle volontaire cortical.

À retenir absolument

Notion	Définition courte
Rein	organe de filtration, régulation et endocrine
Néphron	unité fonctionnelle du rein
Glomérule	filtre capillaire du néphron
Capsule de Bowman	recueille l'urine primitive
Tube proximal	réabsorption massive
Anse de Henle	gradient médullaire, concentration urinaire
Tube distal	ajustements fins
Tube collecteur	concentration finale, ADH, aldostérone
Filtration	passage plasma vers capsule de Bowman
Réabsorption	retour du tubule vers le sang
Sécrétion	passage du sang vers le tubule
Excrétion	élimination finale dans l'urine
DFG	débit de filtration glomérulaire
ADH	hormone qui conserve l'eau
Aquaporines	canaux à eau
Osmorécepteurs	capteurs de l'osmolarité
Aldostérone	réabsorbe Na^+ , élimine K^+
Sodium	volume extracellulaire, pression artérielle
Potassium	cœur, muscle, potentiel de membrane
Bicarbonates	tampon du pH
Ions H^+	acidité à éliminer
Ammonium	tampon urinaire important
EPO	stimule globules rouges
Calcitriol	vitamine D active
Détrusor	muscle de la vessie
Sphincter interne	muscle lisse involontaire
Sphincter externe	muscle strié volontaire
Miction	vidange de la vessie

Mini-évaluation

Réponds aux questions suivantes :

1. Quelles sont les grandes fonctions du rein ?
2. Pourquoi le rein est-il un organe majeur de l'homéostasie ?
3. Quels déchets sont éliminés par le rein ?
4. Quel est le rôle du rein dans la pression artérielle ?

5. Quel est le rôle du rein dans le pH ?
6. Qu'est-ce que l'érythropoïétine ?
7. Pourquoi l'insuffisance rénale peut-elle provoquer une anémie ?
8. Quel est le rôle du rein dans l'activation de la vitamine D ?
9. Qu'est-ce qu'un néphron ?
10. Quel est le rôle du glomérule ?
11. Quel est le rôle de la capsule de Bowman ?
12. Qu'est-ce que l'urine primitive ?
13. Quel est le rôle du tube proximal ?
14. Pourquoi le glucose ne doit-il normalement pas apparaître dans les urines ?
15. Quel est le rôle de l'anse de Henle ?
16. Quelle est la différence entre branche descendante et branche ascendante de l'anse de Henle ?
17. Quel est le rôle du tube distal ?
18. Quel est le rôle du tube collecteur ?
19. Quelles hormones agissent sur le tube collecteur ?
20. Quelles sont les quatre étapes de formation de l'urine ?
21. Qu'est-ce que la filtration glomérulaire ?
22. Qu'est-ce que la réabsorption tubulaire ?
23. Qu'est-ce que la sécrétion tubulaire ?
24. Qu'est-ce que l'excrétion ?
25. Comment peut-on résumer excrétion, filtration, réabsorption et sécrétion ?
26. Qu'est-ce que l'ADH ?
27. Où est produite et libérée l'ADH ?
28. Quel est l'effet de l'ADH sur le tube collecteur ?
29. Qu'est-ce qu'une aquaporine ?
30. Qu'est-ce qui stimule la soif ?
31. Qu'est-ce qu'un osmorécepteur ?
32. Comment le rein produit-il des urines concentrées ?
33. Comment le rein produit-il des urines diluées ?
34. Qu'est-ce que le diabète insipide ?
35. Quel est le rôle de l'aldostérone ?
36. Où agit principalement l'aldostérone ?
37. Comment l'aldostérone influence-t-elle le sodium ?
38. Comment l'aldostérone influence-t-elle le potassium ?
39. Pourquoi l'hyperkaliémie est-elle dangereuse ?
40. Quels sont les signes possibles d'une hypokaliémie ?
41. Quel est le rôle du rein dans l'équilibre acido-basique ?
42. Pourquoi les bicarbonates doivent-ils être réabsorbés ?
43. Comment le rein élimine-t-il les ions H^+ ?
44. Quels sont les principaux tampons urinaires ?
45. Quel est le rôle de l'ammonium ?
46. Comment le rein compense-t-il une acidose ?
47. Pourquoi la compensation rénale est-elle plus lente que la compensation respiratoire ?
48. Qu'est-ce que la miction ?
49. Quel est le rôle du détrusor ?
50. Que se passe-t-il pendant le remplissage vésical ?
51. Que se passe-t-il pendant la phase de vidange ?
52. Quelle est la différence entre sphincter interne et sphincter externe ?
53. Quel sphincter est volontaire ?
54. Quel nerf participe au contrôle du sphincter externe ?
55. Pourquoi une atteinte neurologique peut-elle provoquer des troubles urinaires ?
56. Quelle est la différence entre rétention urinaire et incontinence ?