

FISIOLOGIA RENAL

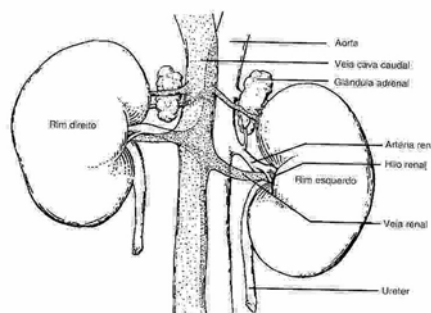
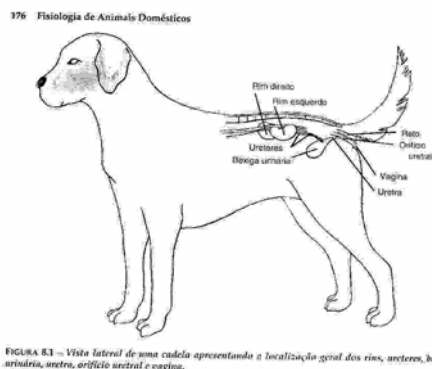
Função Renal

- Excreção de subprodutos metabólicos
- Regulação do volume e composição do Líquido extra celular (LEC)
- Manutenção do equilíbrio ácido-básico e da pressão sanguínea
- Estímulo para a produção de hemácias

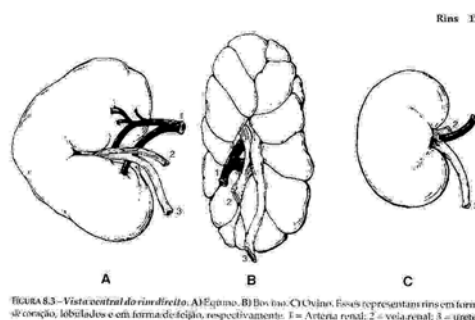
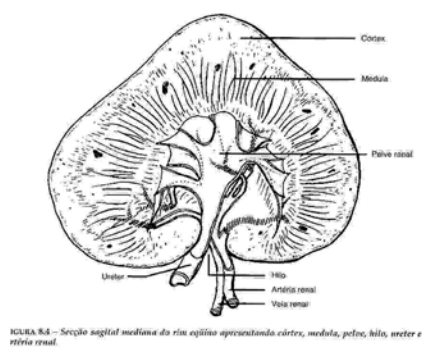
Estrutura do Rim

Macroestrutura

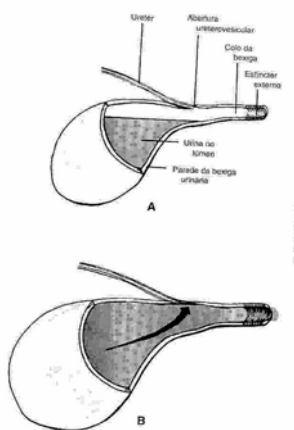
- Órgãos pares e suspensos na parede dorsal da cavidade abdominal por uma dobra peritonial
- A nutrição é feita pela artéria renal que emerge diretamente aorta e a drenagem é feita pela veia renal que drena diretamente na cava.



- Apresenta forma variável entre as espécies . Na maioria das espécies têm formato de feijão. No cavalo têm forma de coração e no bovino é lobulado
- Apresenta a córtex externamente, a medula internamente e um hilo renal onde penetram vasos sanguíneos e nervos e emergem vasos sanguíneos, linfáticos, nervos e ureteres.



- O principal nervo que chega ao rim é de origem simpática e suas fibras terminam na maioria das vezes nas arteríolas glomerulares
- Ureter é um tubo muscular que conduz a urina até a vesícula urinária.
- A união do ureter na vesícula urinária é feita de forma oblíqua (junção ureterovesicular) permitindo o funcionamento como uma válvula que evita o refluxo da urina quando do enchimento.



- A vesícula urinária (Bexiga) é um órgão muscular (musc. liso), oco e complacente, formado por um epitélio de transição.
- A vesícula urinária apresenta um colo que se liga à uretra através do esfíncter externo (músculo esquelético)

Microestrutura

- A unidade funcional renal é o néfron. É composto pelo glomérulo, cápsula de Bowman, Túbulo contorcido proximal (TCP), Alça de Henle (Ramo descendente delgado, Ramo ascendente delgado, Ramo ascendente espesso), Túbulo contorcido Distal, Túbulo coletor cortical e Ducto Coletor. Este último deságua na Pelve Renal.

180 Fisiologia de Animais Domésticos

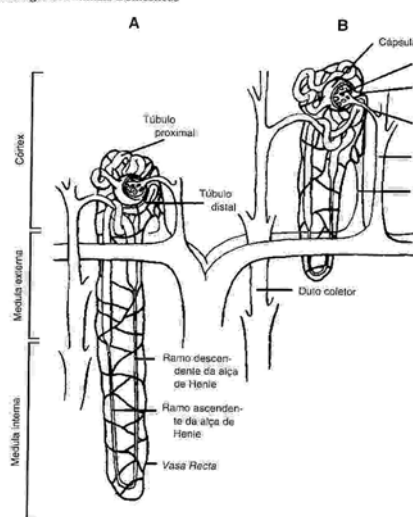


FIGURA 8.7 - Tipos de néfrons de mamíferos. A) Néfron justamedular (alça longa). B) N

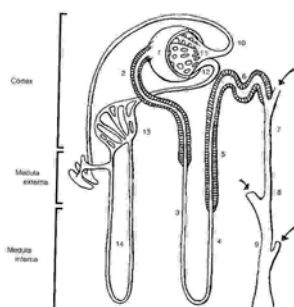


FIGURA 8.8 - Néfron funcional com suprimento sanguíneo: 1 = Cápsula de Bowman; 2 = túbulo proximal; 3 = ramo delgado descendente da alça de Henle; 4 = ramo delgado ascendente da alça de Henle; 5 = ramo ascendente espesso da alça de Henle; 6 = túbulo distal; 7 = túbulo coletor; 8 = ducto coletor medular externo; 9 = ducto coletor medular interno; 10 = artéria aferente; 11 = glomérulo; 12 = artéria eferente; 13 = capilares peritubulares; 14 = vasa recta.

- Número de néfrons entre as espécies
 - Bovinos - 4 milhões
 - Suíno - 1,25 milhões
 - Humanos - 1 milhão
 - Cão - 500 mil
 - Gato 250 mil
- Dentro das espécies, quando ocorre variação do tamanho do animal, não ocorre variação no número de néfrons, ocorre um aumento do tamanho do néfron
- Dois tipos principais de néfrons podem ser evidenciados considerando-se a localização do glomérulo e a profundidade de penetração da alça de Henle na medula
 - Néfrons corticais ou corticomedulares associados com alça de Henle curta
 - Néfrons justamedulares associados com alça de Henle longa.

Obs 100% dos nefrons dos cães e gatos são de alça longa. Nos humanos representam 14% do total e nos suínos apenas 3%.*

GLOMÉRULO

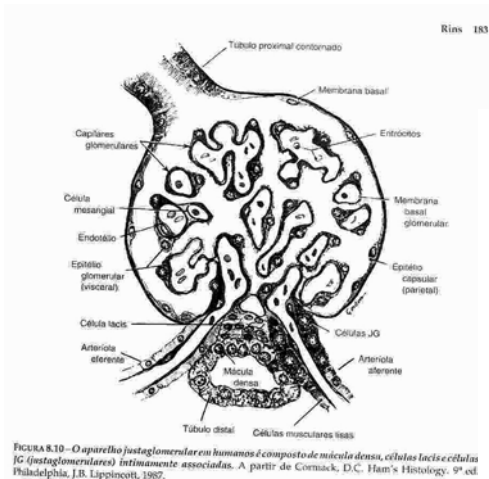


FIGURA 8.10 - O aparelho justaglomerular em humanos é composto de músculo denso, células táceis e células JG (justaglomerulares) intimamente associadas. A partir de Comrack, D.C. Ham's Histology, 9ª ed. Philadelphia, J.B. Lippincott, 1987.

- Tufo capilar onde ocorre a filtração do plasma e inicia a formação da urina.
- Apresenta uma arteríola aferente e uma arteríola eferente.
- A arteríola eferente dá origem a uma estrutura vascular (capilares peritubulares ou *Vasa Recta*) que penetra na medula renal e envolve a alça de Henle.

CÁPSULA DE BOWMAN

É uma camada de células epiteliais que envolve o glomérulo e recebe o filtrado glomerular conduzindo-o do espaço de Bowman para o Túbulo contorcido Proximal

ALÇA DE HENLE

- Apresenta 3 segmentos = Ramo descendente delgado, ascendente delgado e ascendente espesso

(A diferença está na altura do epitélio do túbulo e não no calibre deste)

TÚBULO CONTORCIDO DISTAL (TCD)

- O Ramo ascendente da alça de Henle retorna até o glomérulo e passa entre a arteríola aferente e eferente e prossegue dali como Túbulo Contorcido Distal (TCD)
- A junção do TCD com o glomérulo é chamada de Aparelho Justaglomerular.
- O TCD se une ao Túbulo coletor cortical que está ligado ao Duto coletor e finalmente à Pelve Renal

FORMAÇÃO DA URINA

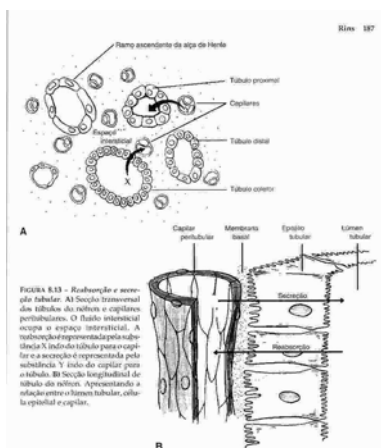


FIGURA 8.13 - Reabsorção e secreção tubular. A) Seção transversal de túbulo do néfron e capilares peritubulares. O fluido intersticial ocupa o espaço intersticial. A reabsorção é representada pela seta verde e a secreção é representada pela seta vermelha. B) Seção longitudinal de túbulo do néfron. Apresentando a relação entre o lúmen tubular, células epiteliais e capilares.

- Envolve 3 processos: Filtração glomerular, reabsorção tubular e secreção tubular.
- Uma substância para ser reabsorvida deverá passar através da célula tubular, difundir-se no meio intersticial e transpor o endotélio capilar para atingir o seu lume.
- Uma substância para secretada deverá passar pelo endotélio do capilar, difundir no meio intersticial e transpor a célula epitelial tubular para atingir o lume do túbulo.

FILTRAÇÃO GLOMERULAR

- No glomérulo há formação de um ultrafiltrado do plasma sanguíneo que é chamado de filtrado glomerular e que será recolhido pela cápsula de Bowman.
- Forças Envolvidas
 - Pressão hidrostática capilar glomerular = 60mmHg = favorece a filtração
 - Pressão hidrostática espaço de Bowman = 18 mmHg = Opõe-se a filtração
 - Pressão coloidosmótica capilar glomerular = 32 mmHg = Opõe-se a filtração

A diferença de 10 mmHg é a pressão de Filtração
- A membrana glomerular é porosa e permite a passagem de pequenas moléculas (menores que a albumina; < 4nm) e solutos em geral, além de líquido plasmático

REGULAÇÃO DA FILTRAÇÃO GLOMERULAR

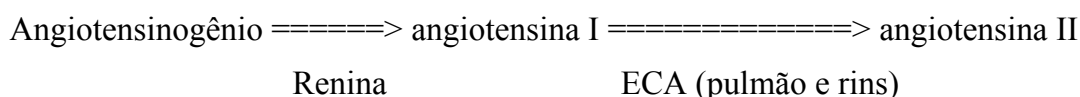
De um modo geral, o aumento da pressão arterial sistêmica, a vasodilatação da arteríola aferente e a vasoconstrição de arteríola eferente são capazes de aumentar a taxa de filtração renal.

SISTEMAS REGULADORES

- Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona, Retroalimentação tubuloglomerular, reflexo miogênico e fatores extra-renais

SISTEMA RENINA-ANGIOTENSINA-ALDOSTERONA

As Células Justaglomerulares da parede da arteríola aferente, em face da diminuição da pressão de perfusão e da pressão sistêmica, secretam o hormônio Renina que leva a formação de angiotensina II.



Ações da Angiotensina

- promove a vasoconstrição tanto sistêmica quanto da arteríola eferente com conseqüente aumento da taxa de filtração. Esse processo de auto-regulação permite que a taxa de filtração seja mantida mesmo quando o fluxo sanguíneo renal é baixo. Impede a falência renal na hipotensão arterial.
- Estimula a liberação da aldosterona (mineralocorticoide adrenal) que promove a reabsorção do Na^+ que carrega água para o leito capilar auxiliando no aumento da pressão arterial
- Induz a liberação de ADH que aumenta a reabsorção de água e uréia
- Estimula a produção e liberação de prostaglandinas vasodilatadoras renais, E_2 e I_2 (prostaciclina) que atuam como moderadores do efeito vasoconstritor (feedback)

RETROALIMENTAÇÃO TUBULOGLOMERULAR (Aparelho Justaglomerular)

- As células da Mácula densa mácula densa, localizada entre as arteríolas aferentes e eferentes adjacentes a região mesangial, são sensíveis à baixa concentração de Na^+ e Cl^- no fluido tubular que sofreu maior reabsorção destes íons em face da menor velocidade de fluxo. Ocorre a dilatação da arteríola aferente com aumento do fluxo e da pressão hidrostática com aumento conseqüente da taxa de filtração glomerular.
- Os mecanismos relacionados a macula densa podem envolver liberação de derivados endoteliais de efeitos vasodilatadores (óxido nítrico, PGI_2 e PGE_2) ou vasoconstritores (endotelina, tromboxano A e a angiotensina II)

REFLEXO MIOGÊNICO

Resposta das arteríolas glomerulares frente ao aumento na tensão da parede arteriolar, tendo como resultado uma constrição arteriolar imediata

FATORES EXTRA-RENAIS

São fatores sistêmicos para o controle do volume sanguíneo e o tônus vascular

Fatores que atuam e aumentam o volume sanguíneo:

- Aldosterona,
- Vasopressina
- Glicocorticóides
- Progesterona

Obs* Foi evidenciado que um peptídeo produzido pelo átrio cardíaco (peptídeo natriurético atrial - PNA) pode causar a natriurese e diurese.

Fatores que atuam sobre o tônus vascular (Vasoconstrição)

- Catecolaminas
- Vasopressina.
- Estímulo β -adrenérgico que pode ativar o sistema Renina-Angiotensina
- Estímulo α -adrenérgico que pode causar vasoconstrição renal.
- Fator de crescimento semelhante a insulina (aumenta a Taxa de filtração)

REABSORÇÃO E SECREÇÃO TUBULAR

- Os processos de reabsorção e secreção ocorrerão na medida em que o fluido tubular coletado pela cápsula de Bowman percorre os diferentes segmentos do néfron.
- Na cápsula de Bowman o ultrafiltrado é idêntico ao plasma. É rico em Na^+ , glicose e aminoácidos

NO TÚBULO CONTORCIDO PROXIMAL (TCP)

- Ocorre reabsorção do Na^+ , da glicose e dos aminoácidos para o meio intersticial e daí para os capilares peritubulares
- A glicose e os aminoácidos utilizam o mesmo carreador do Na^+ para entrar na célula tubular sendo portanto sem gasto de energia
- No interior da célula tubular ocorre o desacoplamento e difusão simples para o meio intersticial e de lá para os capilares peritubulares.

- O aumento do gradiente osmótico no meio intersticial favorece a reabsorção da água do túbulo para o meio intersticial e daí para os capilares

Obs favorecem a reabsorção da água para o capilar a menor pressão hidrostática e maior pressão coloidosmótica*

- A remoção de água do lume tubular leva a uréia por difusão simples para o meio intersticial e daí para o capilar.
- O TCP absorve 65% da Água, Na^+ , Cl^- e HCO_3^- e 100% da glicose e Aminoácidos

Obs Todos os segmentos do néfron poderão secretar H^+ e Amônia e reabsorver o HCO_3^- para a manutenção do Equilíbrio Ácido Básico.*

- No final do TCP a osmolaridade do fluido é de 300mOsm (280, 20) \Rightarrow 280 de Na^+ e outros eletrólitos e 20 de Uréia

NA ALÇA DE HENLE DE ALÇA LONGA

Ocorrência de um mecanismo de contracorrente que aumenta a concentração de soluto, principalmente NaCl e Uréia.

Ramo descendente delgado	Ramo ascendente delgado	Ramo ascendente espesso
Início: 300 mOsm. (280-NaCl,20-Uréia)	1200 mOsm. (1120, 80)	500 mOsm. (400, 100)
Alta permeabilidade a água Impermeável ao Na^+ , Cl^- e Uréia \Rightarrow osmose da água \Rightarrow retenção dos solutos	Impermeável a água Permeabilidade alta ao NaCl Permeabilidade moderada a Uréia \Rightarrow retenção da água no túbulo \Rightarrow saída do NaCl para o Interstício \Rightarrow entrada de uréia no túbulo	Baixa permeabilidade a água e Uréia Transporte ativo de NaCl do túbulo para o Interstic. \Rightarrow retenção da água no túbulo \Rightarrow saída do NaCl para o Interstício \Rightarrow Uréia mantida no Interstício
Final: 1200 mOsm. (1120, 80)	500 mOsm. (400, 100)	200 mOsm (100,100)

NO TÚBULO CONTORCIDO DISTAL (TCD)

Início: 200 mOsm. (100-NaCl, 100-Uréia)
Ocorre transporte ativo de NaCl Baixa permeabilidade a água e Uréia \Rightarrow saída do NaCl para o Interstício \Rightarrow retenção da água no túbulo \Rightarrow Uréia mantida no Interstício
Final: 150 mOsm. (50, 100)

NO TÚBULO COLETOR CORTICAL e DUTOS COLETORES

Túbulo Coletor Cortical	Duto Coletor Medular Externo	Duto Coletor Medular Interno*
150 mOsm. (50, 100)	300 mOsm. (125, 175)	600 mOsm. (200, 400)
Reabsorção de Na ⁺ Ação da Aldosterona Reabsorção de Água e Uréia* Ação do ADH ⇒ Aumento da permeabilidade a água e uréia ⇒ saída de Na ⁺ e água dos TCC e DCME para o Interstício ⇒ saída de Na ⁺ , água e uréia do DCMI para o Interstício		
300 mOsm. (125, 175)	600 mOsm. (200, 400)	1200 mOsm. 600, 600)

VASA RECTA

Os ramos descendentes e ascendentes são permeáveis à água e aos solutos que se encontram no meio intersticial

NO RAMO DESCENDENTE

- A osmolaridade no meio intersticial aumenta na medida que se aprofunda na região medular do rim
- Com isto ocorre saída de água do capilar para o meio intersticial e absorção de solutos do meio intersticial para o capilar

NO RAMO ASCENDENTE

- A osmolaridade no meio intersticial diminui na medida que se aproxima da região cortical do rim
- Com isto há retorno da água para o leito capilar e do soluto para o meio intersticial

A osmolaridade do plasma no início do ramo descendente na região cortical renal é de 300 mOsm e no final do ramo descendente na mesma região cortical renal é somente levemente mais alta, cerca de 325 mOsm..

HORMÔNIOS NA FUNÇÃO RENAL

VASOPRESSINA (HORMÔNIO ANTIDIURÉTICO ou ADH)

- Aumenta a permeabilidade das células do túbulo coletor cortical e ductos coletores à água
- Os osmoreceptores hipotalâmicos percebem variações de + 2 ou - 2% na osmolaridade plasmática e regulam a liberação de ADH.
- Na ausência de ADH (Diabetes insípido) não haverá reabsorção de Água e Uréia, mas haverá reabsorção de NaCl por ação da aldosterona. Nesta situação a urina que chega a pelve renal tem osmolaridade de 130mOsm (30, 100)
- Hipovolemia estimula a liberação de ADH
- Baixas temperaturas e álcool etílico inibem a liberação de ADH

ANGIOTENSINA II

- Assegura a taxa de filtração glomerular mesmo quando o fluxo sanguíneo renal diminui
- Promove vasoconstrição arteriolar eferente, vasoconstrição periférica e leva a secreção de aldosterona

ALDOSTERONA

- Mais envolvida com a regulação da concentração de K^+ no LEC
- É secretada quando há aumento da concentração de K^+ no LEC (hipercalcemia)
- Promove a secreção de K^+ e conseqüentemente a reabsorção de Na^+
- Age na porção final do TCD, túbulo coletor cortical e Dutos coletores

PARATORMÔNIO

- É liberado quando ocorre diminuição da calcemia no LEC (hipocalcemia)
- Aumenta a reabsorção de Ca^{++}
- Aumenta a secreção de P
- Síntese de Vitamina D pelo Rim

MICÇÃO

TRANSFERENCIADA URINA PARA A VESÍCULA URINÁRIA

- o líquido tubular flui através dos túbulos em direção a pelve renal em função do gradiente de pressão que é menor neste último segmento
- a urina é transportada nos ureteres pelo peristaltismo
- a válvula ureterovesicular impede o refluxo da urina

REFLEXOS DA MICÇÃO

- Os reflexos têm centro de controle na medula sacral tronco encefálico (Parassimpático)
- Receptores de estiramento da vesícula urinária iniciam o reflexo sacral que permite contrair e expulsar a urina
- O Tronco cerebral previne a contração da vesícula urinária e abertura do esfíncter externo
- O controle cortical intervém e permite a micção.
- Uma vez iniciado o esvaziamento este é sempre completo. (Reflexo com participação dos receptores de fluxo da uretra que mantém a vesícula urinária sob contração)
- O controle da micção é exclusivamente parassimpático, mas durante a ejaculação o colo da vesícula urinária se mantém contraído evitando a ejaculação retrógrada (para dentro de vesícula urinária).

CARACTERÍSTICAS DA URINA DOS MAMÍFEROS

Composição => varia de acordo com as características do LEC

Cor => amarelada em função do urocromo derivado da oxidação da urobilina

Odor => *sui generis* , mas pode ser influenciado pela dieta

Consistência => aquosa na maioria das espécies sendo mucosa e rica em fosfatos e carbonatos nos eqüinos

Compostos nitrogenados => o principal é a Uréia que é formada no fígado a partir da amônia.

Volume => varia principalmente com a ingestão de líquidos.

Usa-se clinicamente os termos Poliúria, Oligúria, Anúria e Disúria para descrever respectivamente a produção excessiva, diminuída, ausente, e difícil ou dolorosa de urina.

Bibliografia:

CUNNINGHAM, J.G.: Tratado de Fisiologia Veterinária, 1^a Edição, Editora Guanabara Koogan, 1993. 454p.

REECE, W.O: Fisiologia de Animais Domésticos, 1^a edição, Editora Roca, 1996
(OBS*Todas as imagens utilizadas foram extraídas desta obra)