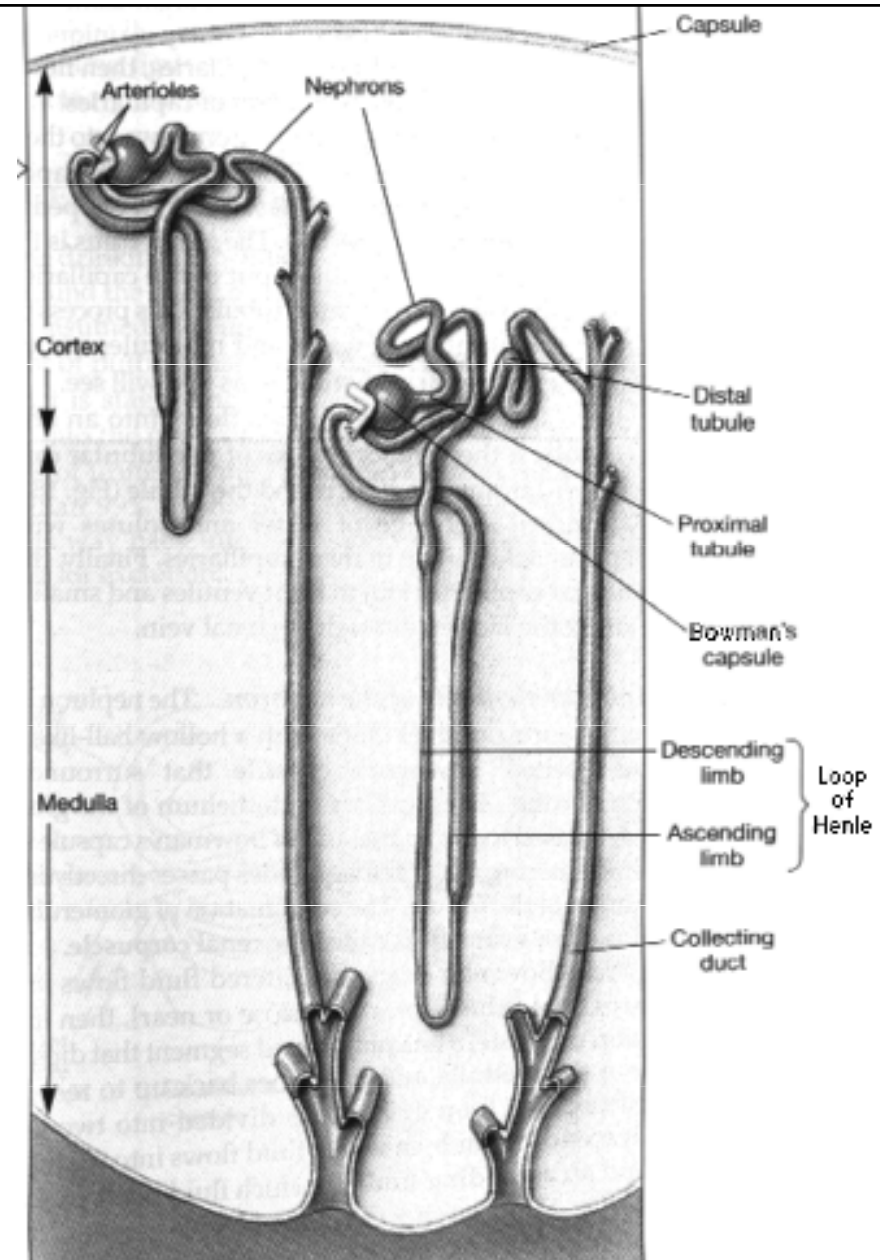


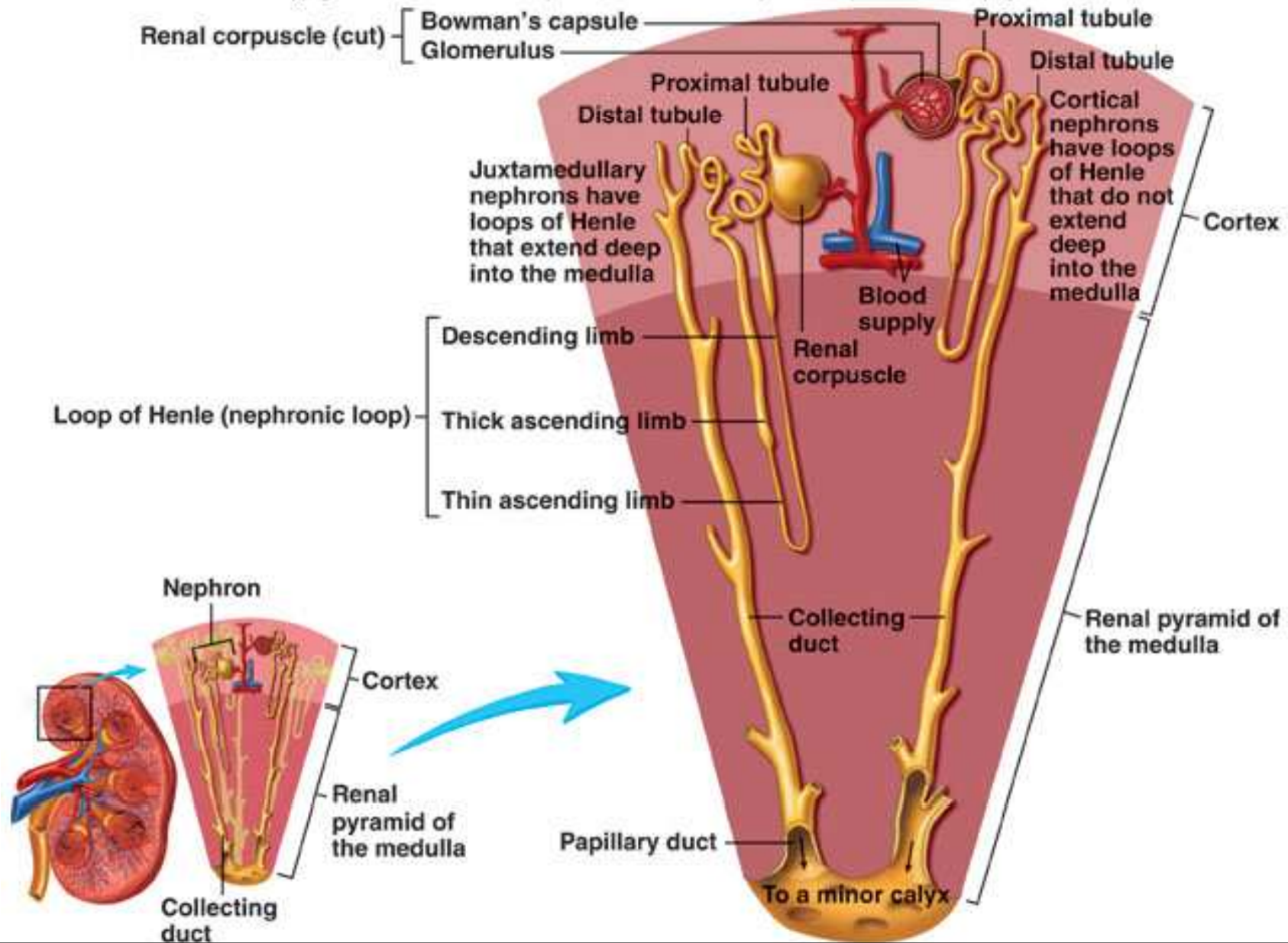
**MUNI**  
**SCI**

# **Speciální patofyziologie vylučovacího systému**

Julie Dobrovolná

# 1. Nefron a sběrný kanálek





# Anatomie ledviny

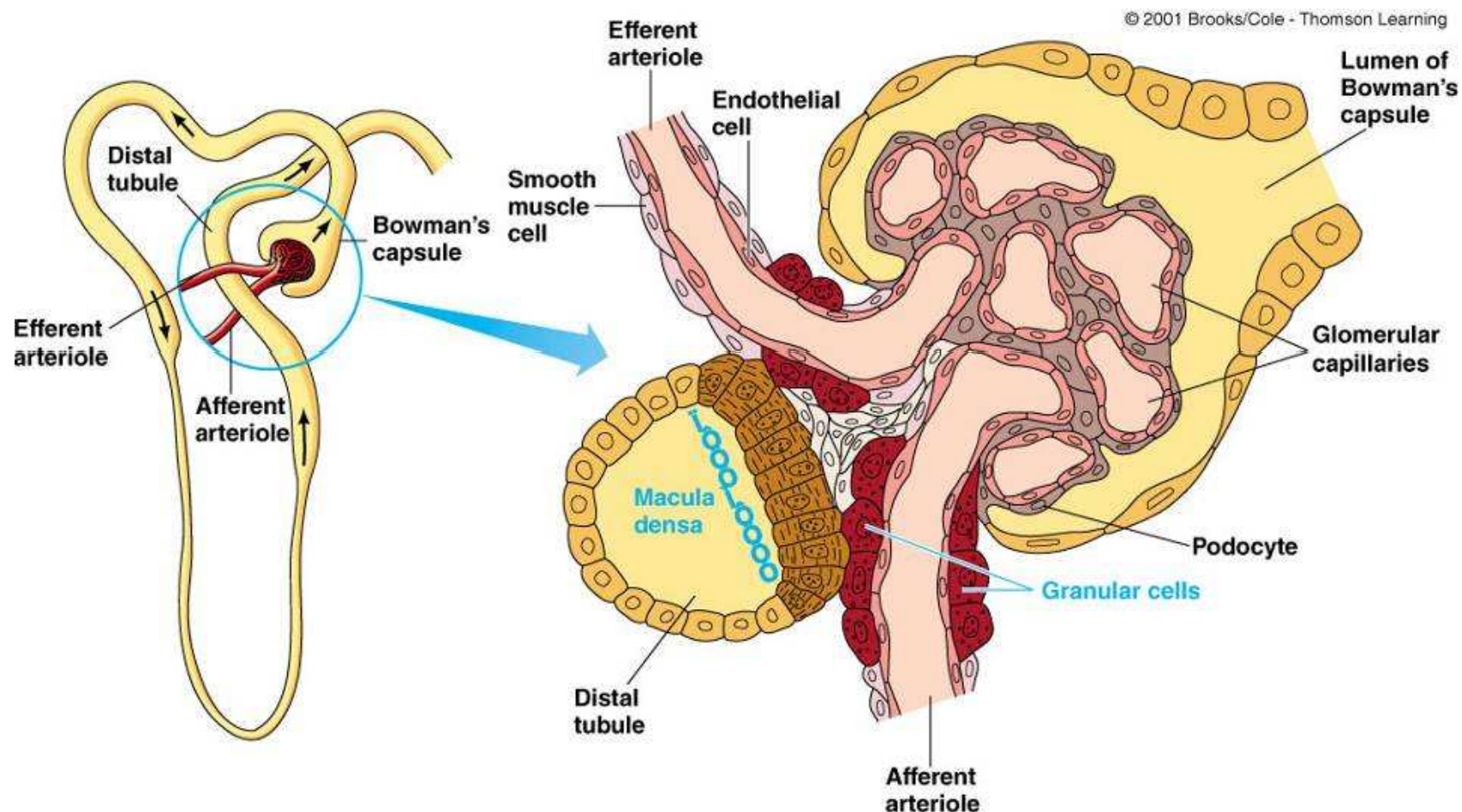
- Kortikální nefrony
  - 80%-90%
  - Glomeruly v oblasti vnějšího kortexu
  - Krátké raménko Henleyovy kličky
    - Vybíhá pouze kousem do dřene
  - Krevní průtok v oblasti kůry je velký
  - Osmolarita intersticia v oblasti kůry je 300 mOsm

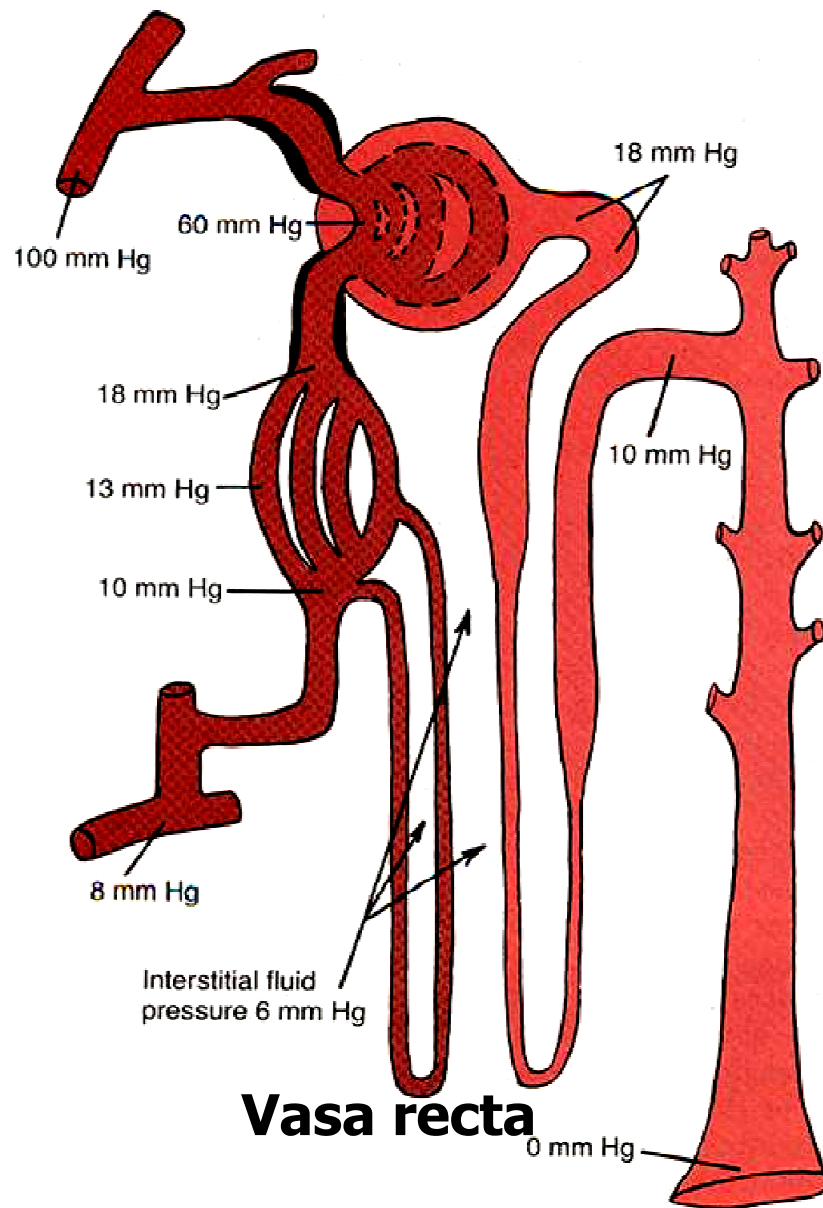
# Anatomie ledviny

- Juxtamedulární nefrony
  - Glomeruly ve vnitřní části kůry
  - dlouhé raménko Henleyovy kličky vybíhá daleko  
hluboko do dřene
  - krevní průtok ve vasa recta ve dřeni je malý
  - Medulární intersticiální tekutina je hyperosmolární
  - Zachovává osmolaritu, udržení acidobazické rovnováhy

# 2 Juxtaglomerulární aparát

Including macula densa, extraglomerular mesangial cells, and juxtaglomerular (granular cells) cells





Charakteristika průtoku krve ledvinami:

1, vysoký průtok krve. 1200 ml / min, neboli 21 procent srdečního výdeje. 94% do mozkové kůry

2, dvě kapiláry - Vysoký hydrostatický tlak v glomerulárních kapilárách (asi 60 mmHg) a nízký hydrostatický tlak v peritubulárních kapilárách (asi 13 mmHg)

## Průtok krve ledvinou a dalšími orgány

<b>Organ</b>	<b>Approx. blood flow (ml/min/g of tissue)</b>	<b>A-V O<sub>2</sub> difference (ml/L)</b>
Kidney	4.00	12-15 (depends on reabsorption of Na <sup>+</sup> )
Heart	0.80	96
Brain	0.50	48
Skeletal muscle (rest)	0.05	-
Skeletal muscle (max. exercise)	1.00	-



# Selhání ledvin

= patofyziologický stav, kdy ledviny nejsou schopny

a) vylučovat odpadové produkty dusíkatého

metabolismu

b) udržovat rovnováhu vody a elektrolytů a

acidobazickou rovnováhu

ani za bazálních podmínek a to při příjmu biolog.

minima bílkovin (0.5g/kg/den) a dostatečném

energet. příjmu

# Renální nedostatečnost

- stav, kdy ledviny jsou schopny udržovat normální složení vnitřního prostředí při běžném životě, avšak ne za mimořádných podmínek:

- infekce
- operace
- nadměrný přívod bílkovin, vody či elektrolytů

## **Selhání ledvin se může vyvinout:**

### **- akutní selhání**

**je důsledkem chronického renálního  
onemocnění, kdy docházelo k postupnému  
poklesu renálních funkcí**

### **- chronické selhání**

# Akutní selhání ledvin

exkrečních funkcí obou ledvin

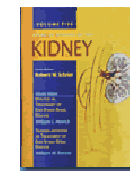
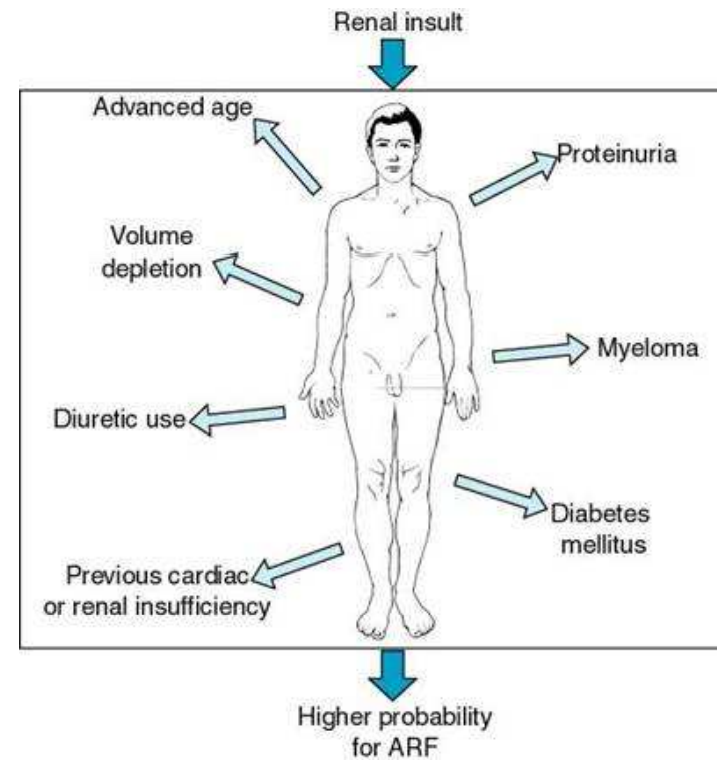
náhle vzniklá neschopnost ledvin přiměřeně regulovat solnou a vodní rovnováhu a vylučovat metabolické odpady



k odhadu závažnosti



plazmatické koncentrace urey a kreatininu



## Fáze a rizika akutního selhání ledvin

- většinou náhlý pokles exkrece moči

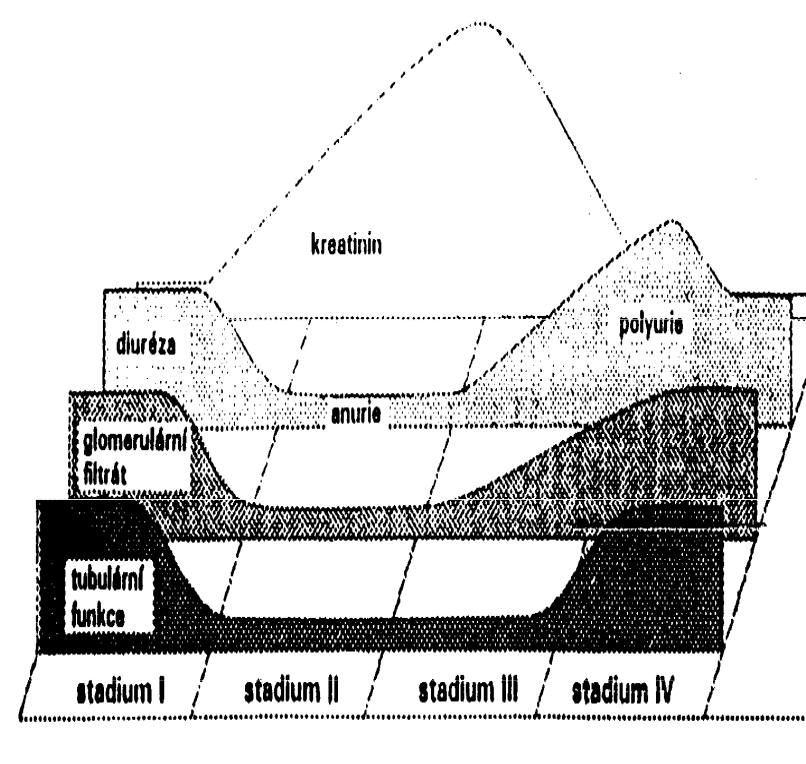
< 500 ml/den ⇒ oligurie

< 100 ml/den ⇒ anurie

- někdy 1-2 l moči/den ⇒ nonoligurické ASL  
(poškození tubulů)

# Časový průběh změn diurézy u selhání ledvin

- Iniciální fáze
- 2. Oliguricko-anurická fáze
- 3. Diuretická fáze
- 4. Zotavovací fáze

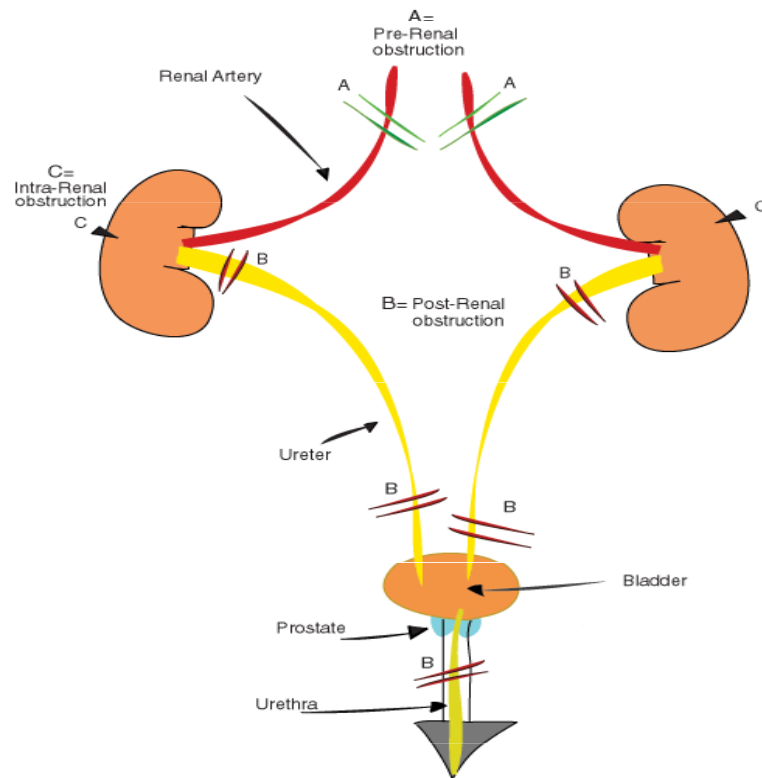


# Etiologie a patogeneze

→ akutní tubulární  
nekróza

Rozdělení:

- 1) prerenální azotemie
- 2) renální azotemie
- 3) postrenální azotemie



- **Obecně mají společné to, že působí pokles glomerulární filtrace, ke kterému dojde náhle**
  
- **Příčinou:**
  - snížený průtok krve glomeruly
  - zvýšení tlaku v ledvinových tubulech a v Bowmanově pouzdře

# Prerenální azotemie

- poklesem TK s následným snížením perfúze jinak normálních ledvin



sníží-li se TK pod pásmo autoregulace (8-11kPa)



sníží se GFR

- reverzibilní, jestliže je vyvolávající příčina korigována



# Prerenální azotemie

## 1) selhání srdce jako čerpadla

- Akutní IM
- arytmie s nízkým minutovým výdejem
- tamponáda perikardu

## 2) hypovolemie

- ztráta celé krve (hemoragie)
- ztráta plazmy - renální
  - extrarenální

## 3) pokles odporu v systémové cirkulaci

- sepse
- antihypertenzní terapie

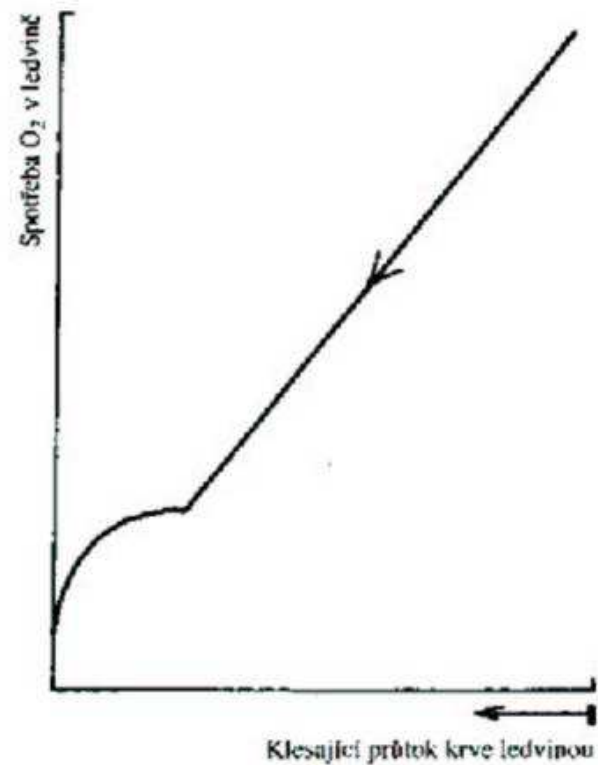
**Snížení průtoku krve ledvinami  
nejenom snižuje množství  
glomerulárního filtrátu, ale**

**může způsobit poškození ledvin z  
nutričních důvodů**



**především následkem  
nedostatečného přívodu kyslíku**

**⇒ akutní tubulární nekróza**



# Postrenální azotemie

- **obstrukcí vývodných cest močových**
  - **močové kameny**
  - **benigní hypertrofie prostaty**
  - **tumory prostaty, měchýře, střeva, ovaria...**
  - **retroperitoneální fibróza**
  - **neurogenní dysfunkce**

# Renální azotemie

- primární onemocnění ledvin
- extrarenální nemoci
  - postižena určitá strukturní součást ledviny
    - 1) nemoci cév
    - 2) glomerulární nemoci
    - 3) tubulární nemoci
    - 4) nemoci intersticia

# 1. Vaskulární nemoci

**A: obstrukce ledvinných  
cív**

embolie do renální arterie  
bilaterální stenosa či trombóza  
ren. arterie  
trombóza renálních

**B: změněný odpor ledvinných  
cív**

↓ postglomerulárního odporu  
(inhibitory ACE)  
↑ preglomerulární odpor  
(antiflogistika...)  
neznámý mechanismus

## 2. Glomerulární nemoci

- **nemoc nefritického typu  
(jakákoliv forma glomerulonefritidy)**

### **3. Tubulární nemoci**

**A: Akutní tubulární  
nekróza**

**masivní hemolýza, rabdomyolýza**

**B: Ucpání tubulů  
myelomovými  
proteiny**

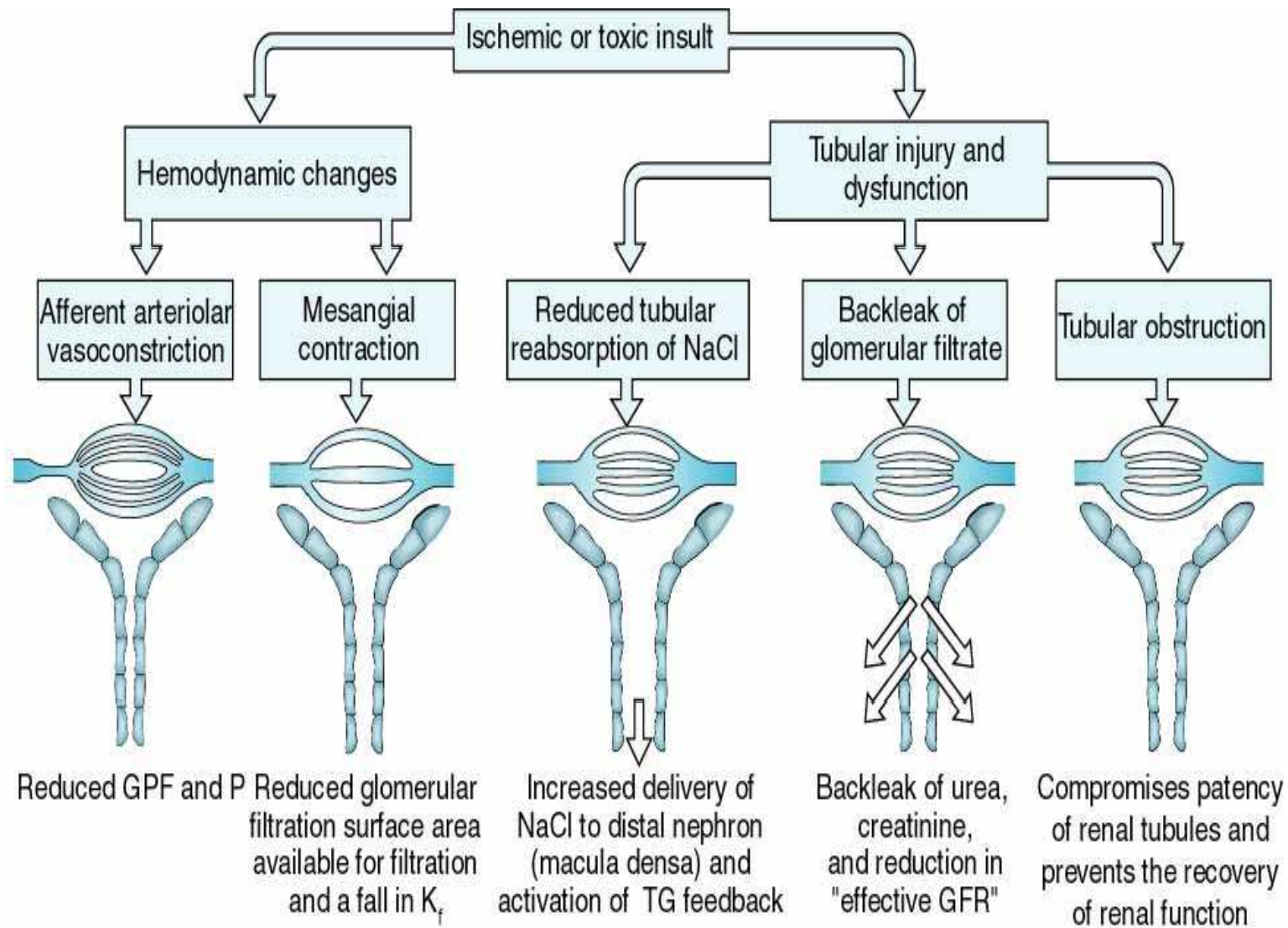
## 4. Intersticiální nemoci

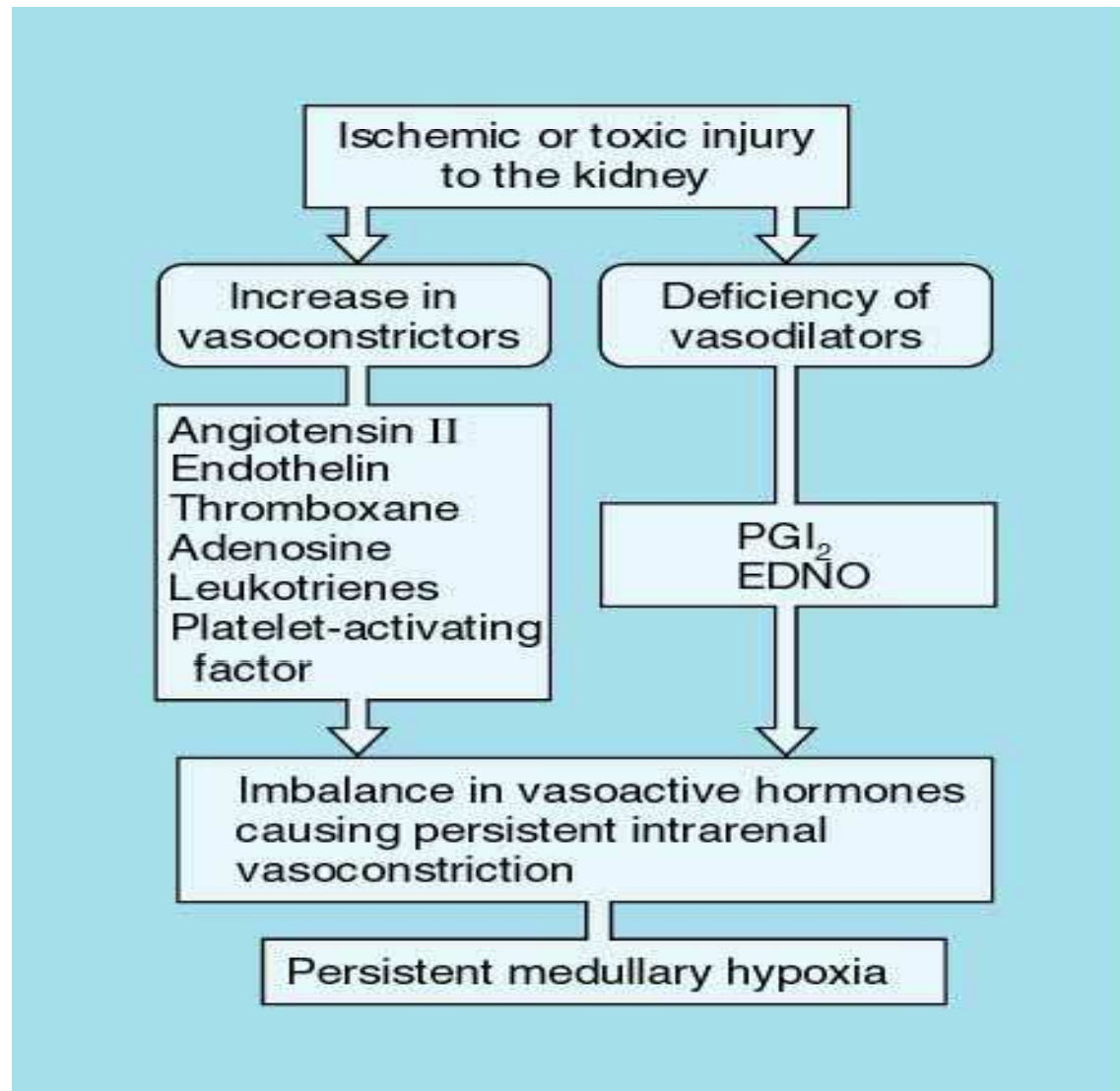
**A:** alergické reakce  
na léky

- diuretika
- analoga PNC

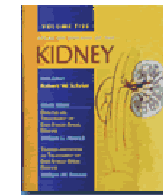
**B:** idiopatické nemoci intersticia





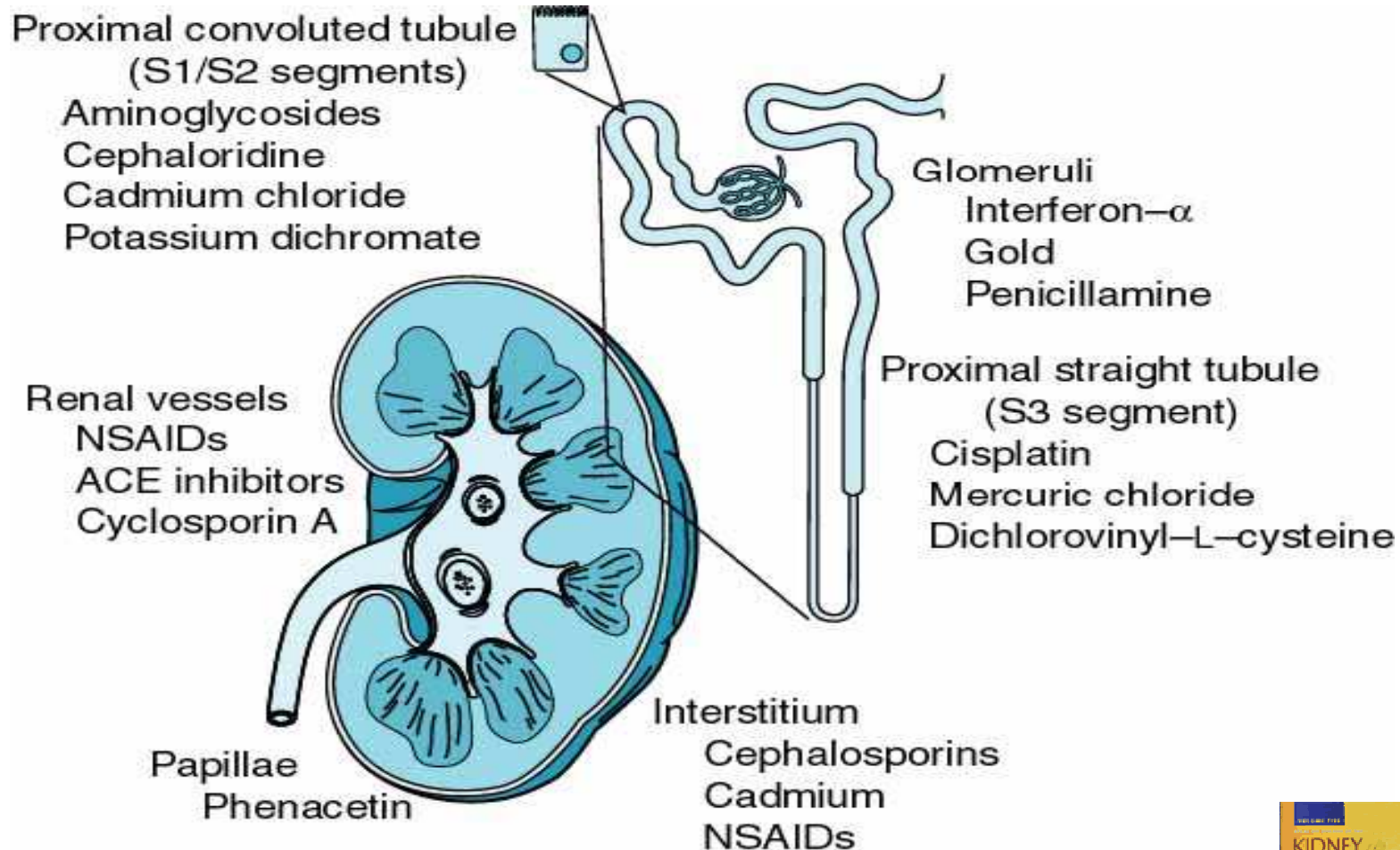


Michael S. Goligorsky & Wilfred Lieberthal

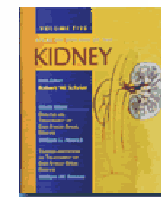


MUNI  
SCI

# Nefrotoxické ARS



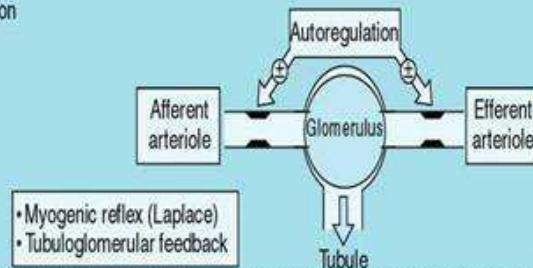
Rick G. Schnellmann & Katrina J. Kelly



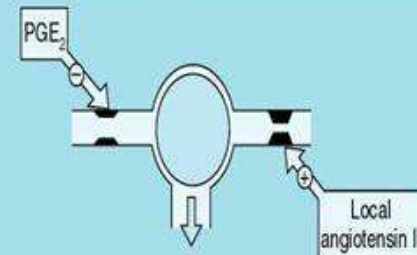
MUNI  
SCI

+: vasoconstriction - : vasodilation

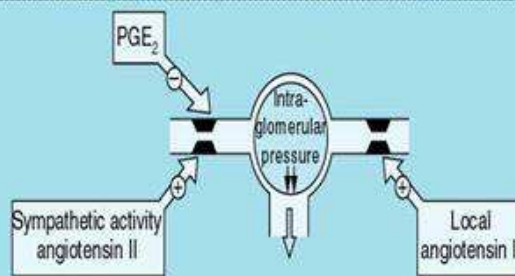
B1. Normal condition



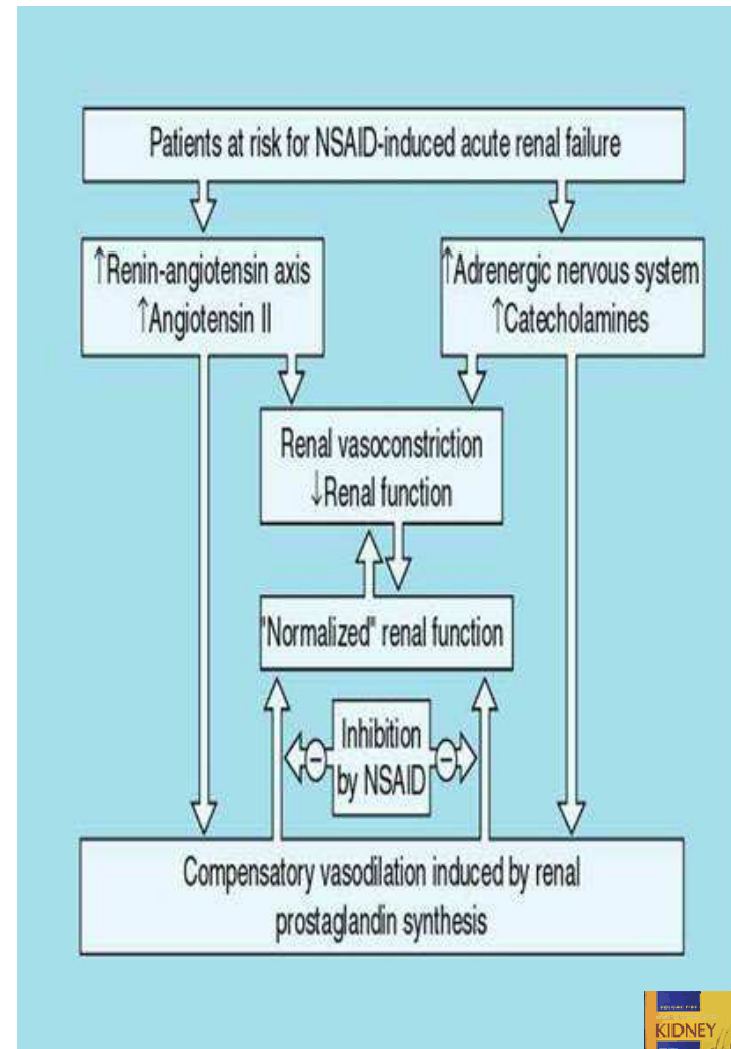
B2. Perfusion pressure reduced but still within autoregulatory range (congestive heart failure, renal artery stenosis, diuretic therapy, nephrotic syndrome cirrhosis, sodium restriction depletion, advanced age [age >80])



B3. Perfusion pressure seriously reduced (prerenal azotemia)



B



# Diagnostika a léčba

## Analýza krve:

↑ plazm. koncentrace urey a kreatininu

↑ plazm. koncentrace K<sup>+</sup> (oligur. fáze)

↓ plazm. koncentrace K<sup>+</sup> (polyur. fáze)

- konc. Na<sup>+</sup> : N, ↑, ↓

- metabol. acidóza

# **Nebezpečí akutního stadia**

**hyperkalemie**

**hypoosmolární hyperhydratace**

**isoosmolární hyperhydratace**

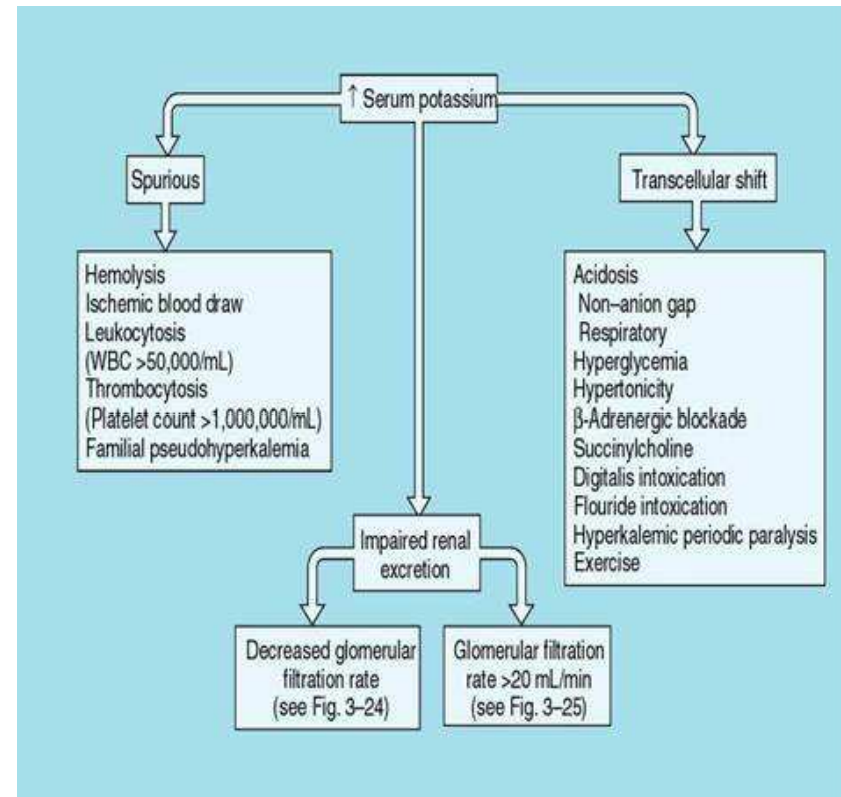
# Hyperkalémie

Poruchy bilance:

snížené vylučování při insuficienci ledvin

Poruchy distribuce mezi intra- a extracelulárním prostorem:

zánik buněk/ hemolýza  
hyperosmolarita  
acidóza



# Hyperkalémie (K<sup>+</sup> v séru >5.5 mmol/l)

- klesá negativita membránového potenciálu
- akční potenciál dráždivých buněk se zmenšuje
- postižena je zejména příčně pruhovaná a hladká svalovina a myokard
  - ↓
  - na periférii – parestezie



# EKG změny:

## Hyperkalémie

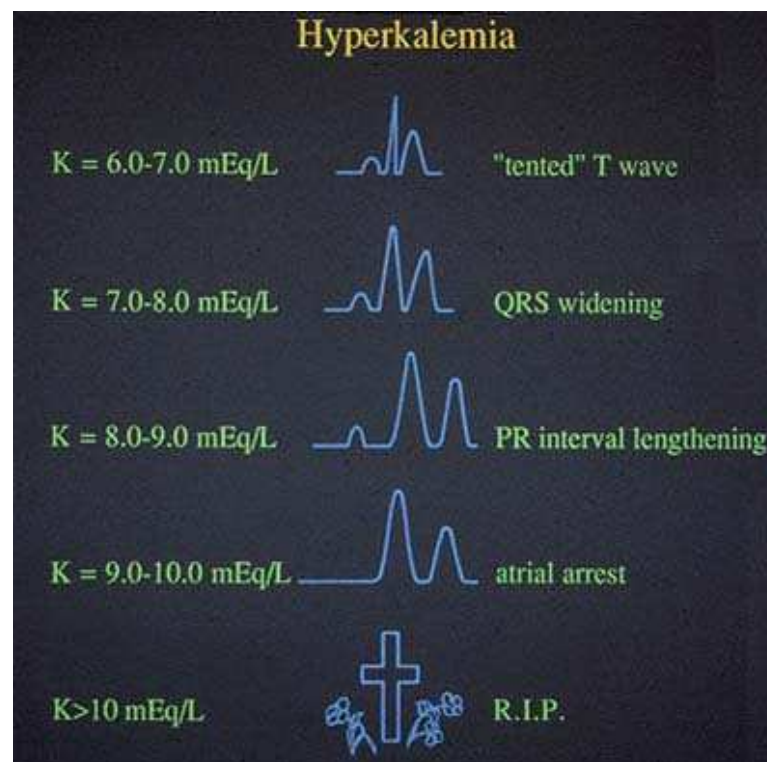
hrotnaté T vlny

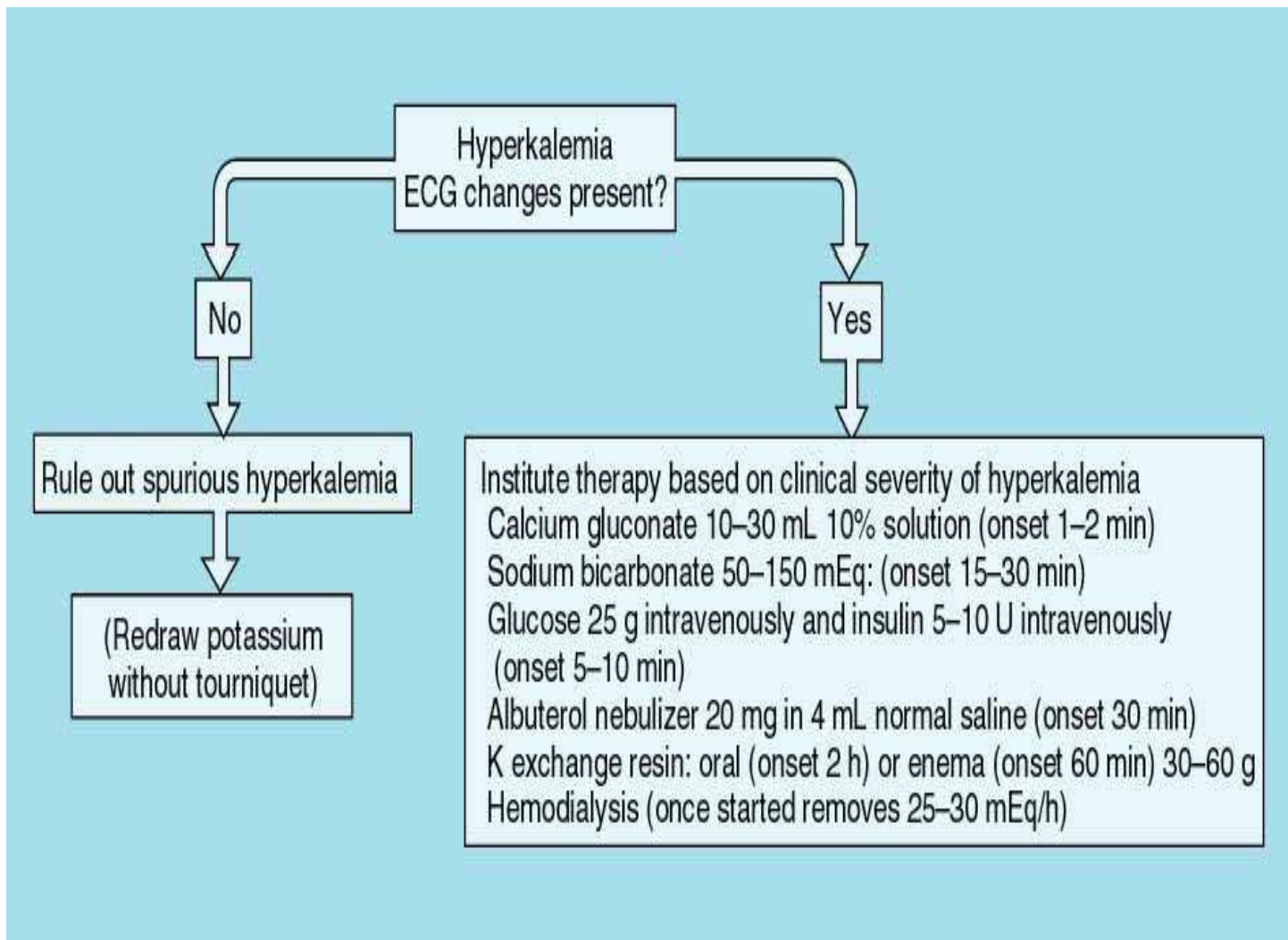
rozšíření QRS

Prodloužení PR intervalu

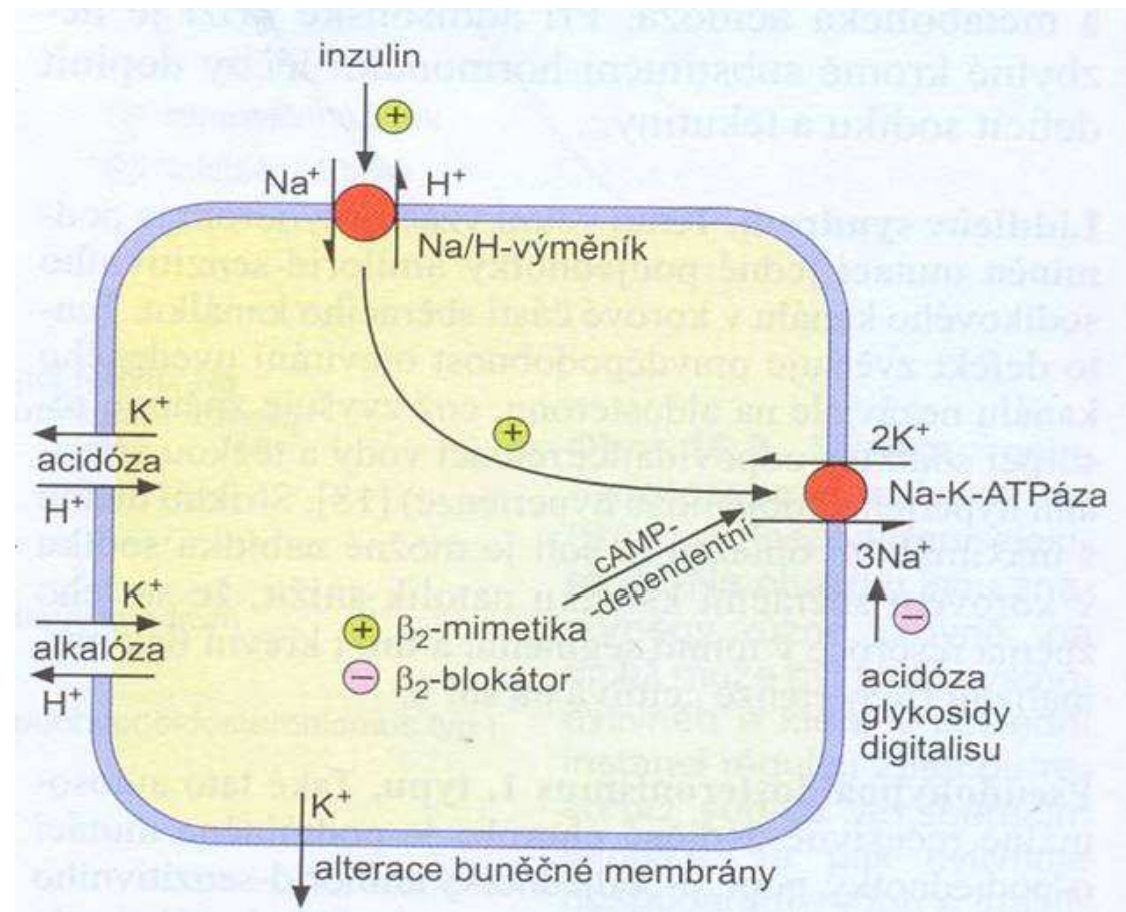
oploštění P vln

„sinusoidální kmit“





## Významné faktory ovlivňující distribuci draslíku mezi ECT A ICT prostorem

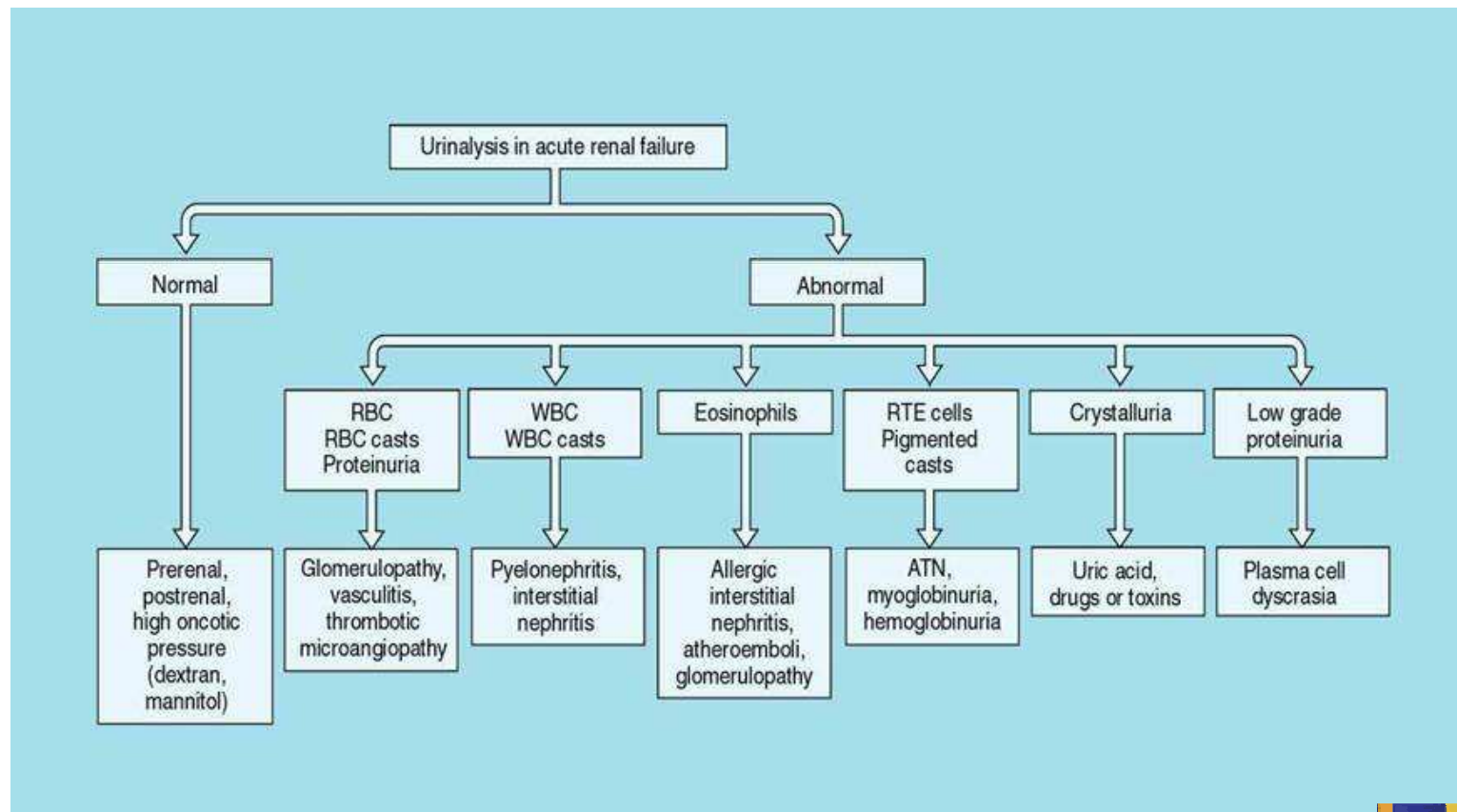


## **Další příznaky**

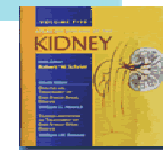
závisí na etiologii:

- příznaky selhávání srdeční pumpy
- pocity plnosti, bolesti v zádech, dysurie
- vyrážky, horečky, artritidy, pyelonefritis...
  
- nakonec obraz urémie

# Analýza moči



Brian G. Dwinell & Robert J. Anderson



MUNI  
SCI

# Funkční vyšetření

Koncentrace Na<sup>+</sup> v moči:

- při prerenální azotemii, akutní GN či změněném cévním odporu - tubuly fungují dobře účinně odstraňují Na<sup>+</sup> ze sníženého množství filtrátu  
(Na<sup>+</sup> v moči < 20 mmol/l)
- u postrenální azotemie:  
(Na<sup>+</sup> v moči > 40 mmol/l)

## Zvýšení poměru (Purea/Pkreat)

Normálně: < 20:1

- vysoká koncentrace ADH u prerenální azotemie a hepatorenálního syndromu



tvorba koncentrované moči

Zvýšená reabsorpce vody zpomaluje tok moči v tubulu - to umožňuje ↑  
reabsorpci urey

a tím ↑ Purea/Pkreat

# Osmotická koncentrace moči

- při prerenální azotemii:  
    > 500 mOsm/kg
- při poškození tubulů:  
    < 350 mOsm/kg



## Další dg. prostředky

### Serologické testy

ASLO

anti-DNA

složky komplementu

### Zobrazovací technika

ultrazvuk

radioizotopové vyšetření

# Akutní renální selhání: prevence

- Rozpoznání rizikových pacientů (pooperační stavy, operace srdce, septický šok)
- Zabránění progresu prerenálního ASL do renální formy
- Udržení renální perfúze
  - izolovémie, srdeční výdej, normální TK
  - vyvarování se podání nefrotoxinů (aminoglykosidy, NSAIDS, amfotericin)

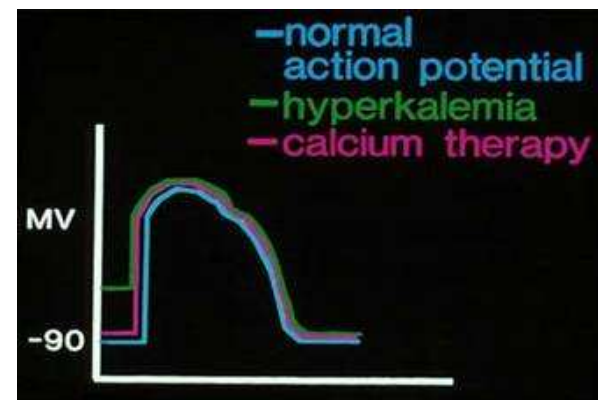
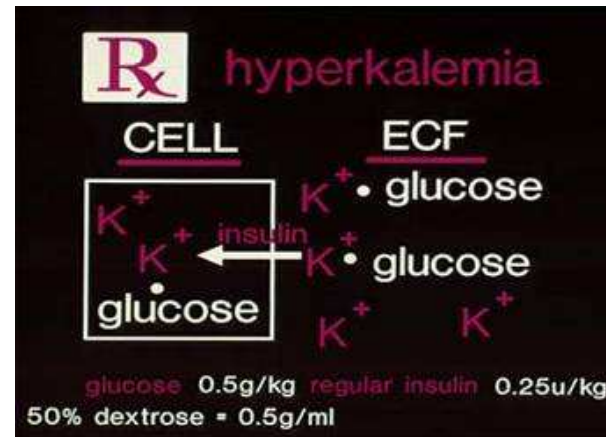
# Terapie ASL

1. Terapie základního onemocnění
2. Úprava hypotenze a hypovolemie (zábrana přechodu prerenální azotemie k ATN)

## 3. Léčba hyperkalémie:

Ca-glukonicum

NaHCO<sub>3</sub>, 20% glukóza + insulín  
iontoměnič



**4. Léčba metabolické acidózy**

**5. Th. selhávání srdce, hypertenze**

**6. Léčba infekčních komplikací**

**7. Dialyzační léčba - hemodialýza**

**- (peritoneální dialýza)**

**- hemoperfúze**

# Chronické selhání ledvin

- je konečným stadiem chronických renálních onemocnění
- a) asymptotické stadium - s postupným zhoršováním renálních funkcí
- b) konečné stadium - s uremickou symptomatologií

# Etiologie

**různá, takřka všechny nemoci ledvin**

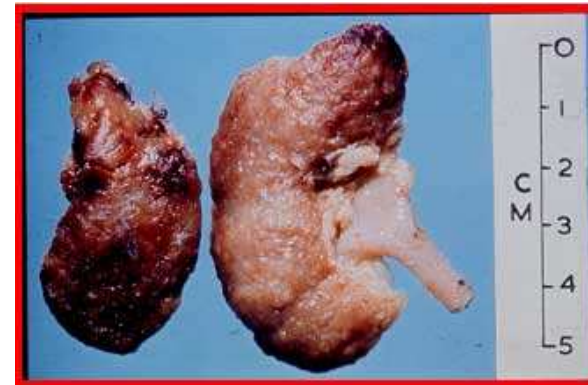
**50% - některá forma GN**

**20% - diabetická nefropatie**

**30% - ostatní (intersticiální nefrit,  
nefroskleróza, ireverzibilní ASL...)**

**Konečným stavem ⇒ konečné stadium  
ledvinné choroby**

**(ESRD „end-stage renal disease“)**



# Patogeneze

- jde o ↓ počet fungujících nefronů



příznaky: až po zániku > 50% nefronů

primárním účinkem - ↓ renální vylučování s  
nahromaděním

# Předpoklad

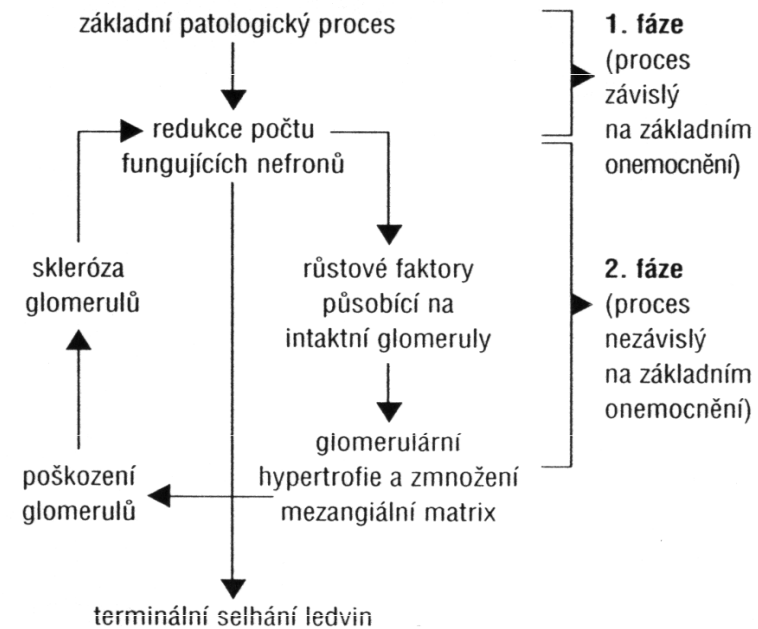
Kompenzační hyperperfúze a hyperfiltrace vede ke **↑** snížené GFR



pronikání albuminu do mesangiálních oblastí



postupná glomerulosklerotizace a renální selhání



Obr. 15.13. Fáze progrese chronických renálních onemocnění



# Stadia CHSL

## 1. Stadium- mírné CHSL:

- Pkreat: do 220  $\mu\text{mol/l}$
- GFR: 50-79 ml/min
- exkretční a regulační funkce zachovány

## 2. stadium- středního stupně-mírná azotemie:

- Pkreat: 230-530  $\mu\text{mol/l}$
- GFR: 20-49 ml/min
- neschopnost koncentrovat moč, nokturie
- mírná anémie

### **3. Stadium- vážné CHSL:**

- **PKreat: 540-880  $\mu\text{mol/l}$**
- **GFR: 10-19 ml/min**
- **pokročilá anémia**
- **hypokalcémia, hyperfosfatémia**
- **metabolická acidóza**
- **izostenurie a nokturie**

### **4. stadium- urémia (> 90% nefronů zničeno):**

- **PKreat: > 880  $\mu\text{mol/l}$**
-

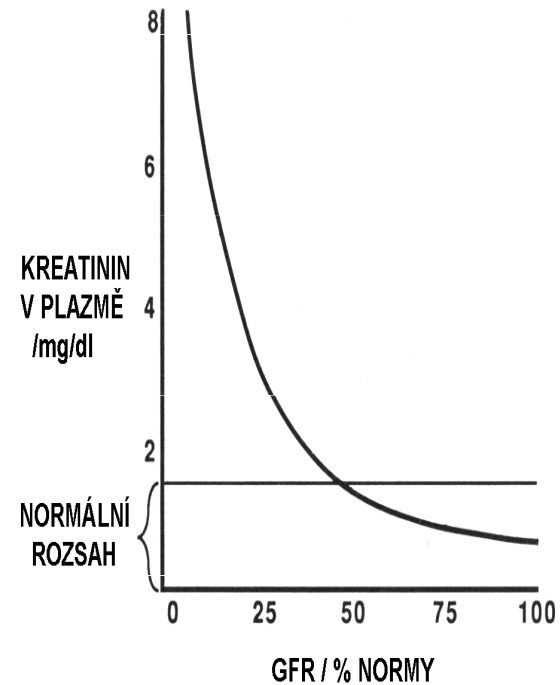
# Exkreční funkce

zátěž“ - látky, které se dostaly do těla



nutno vyloučit (nezměněné x odpadní produkty)

Při ztrátě GFR  $\Rightarrow$  přizpůsobení zbylých nefronů k udržení exkrece odpadů



**-kompenzační hypertrofie a hyperperfúze**

**- vzrůst plazmatické koncentrace látek:**

**kreatinin:  $U_{kreat} * V = konst. = P_{kreat} * GFR$**

**močovina:  $P_{urea}$  stoupá méně příkře (osmotická diuréza)**

**kyselina močová**

**uremické toxiny ?**

# Regulační funkce

## a) tubulární reabsorpce sodíku a vody

Norma: přes glomeruly se filtrují kvanta  
Na a vody  $\Rightarrow$  reabsorpce až 99%

Při  $\downarrow$  GFR  $\Rightarrow$  musí se  $\downarrow$  reabsorpce  
musí se  $\uparrow$  frakce z filtrovaného objemu

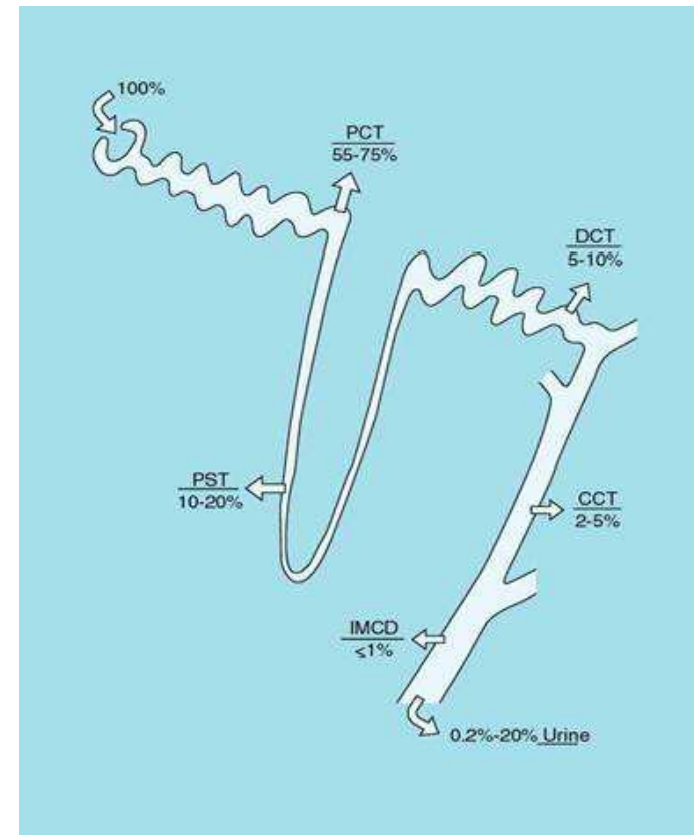
mechanismus ??? (ANF, prostaglandiny)

## b) snížená tubulární reabsorpce fosfátu

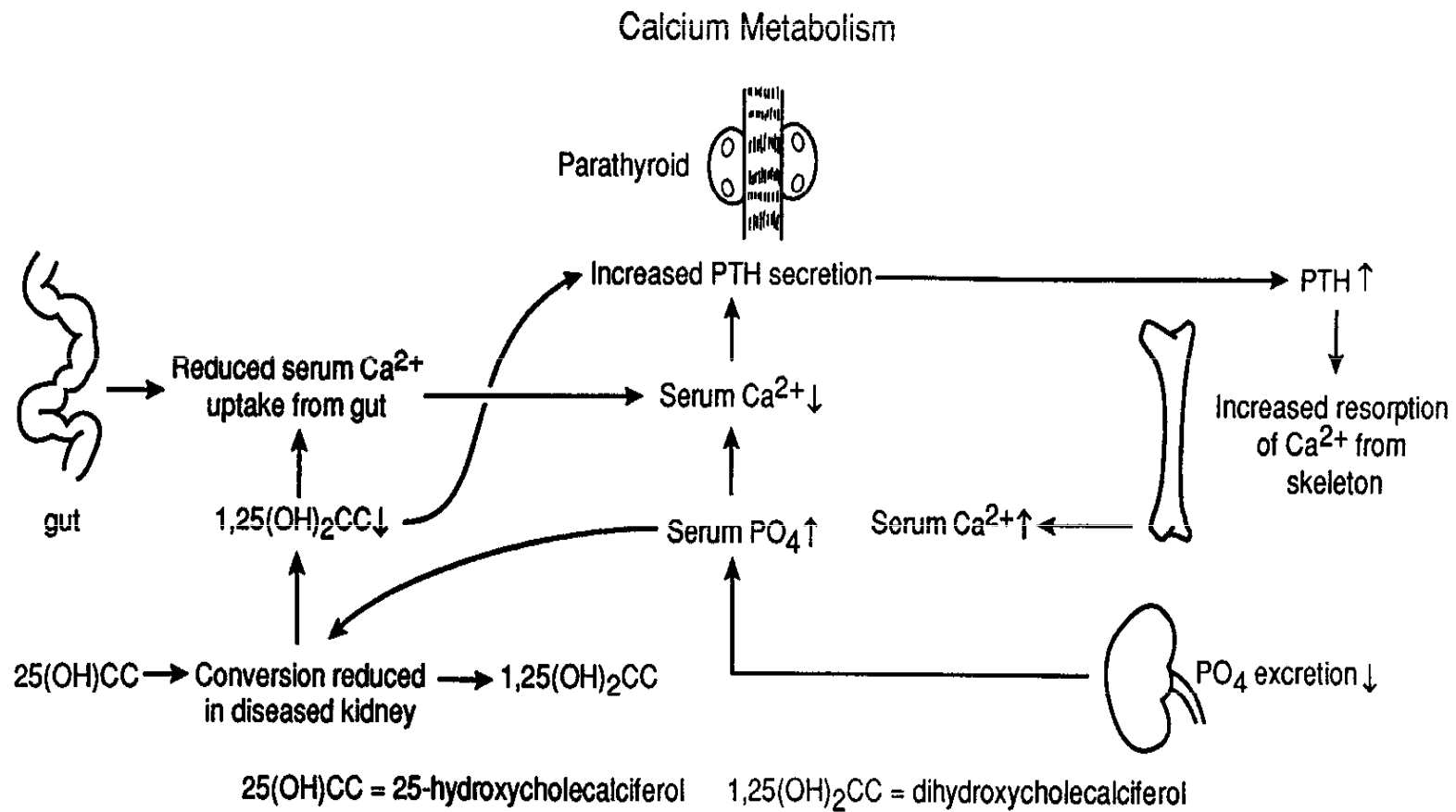
Norma: renální exkrece fosfátů je 10-20% filtrovaného množství

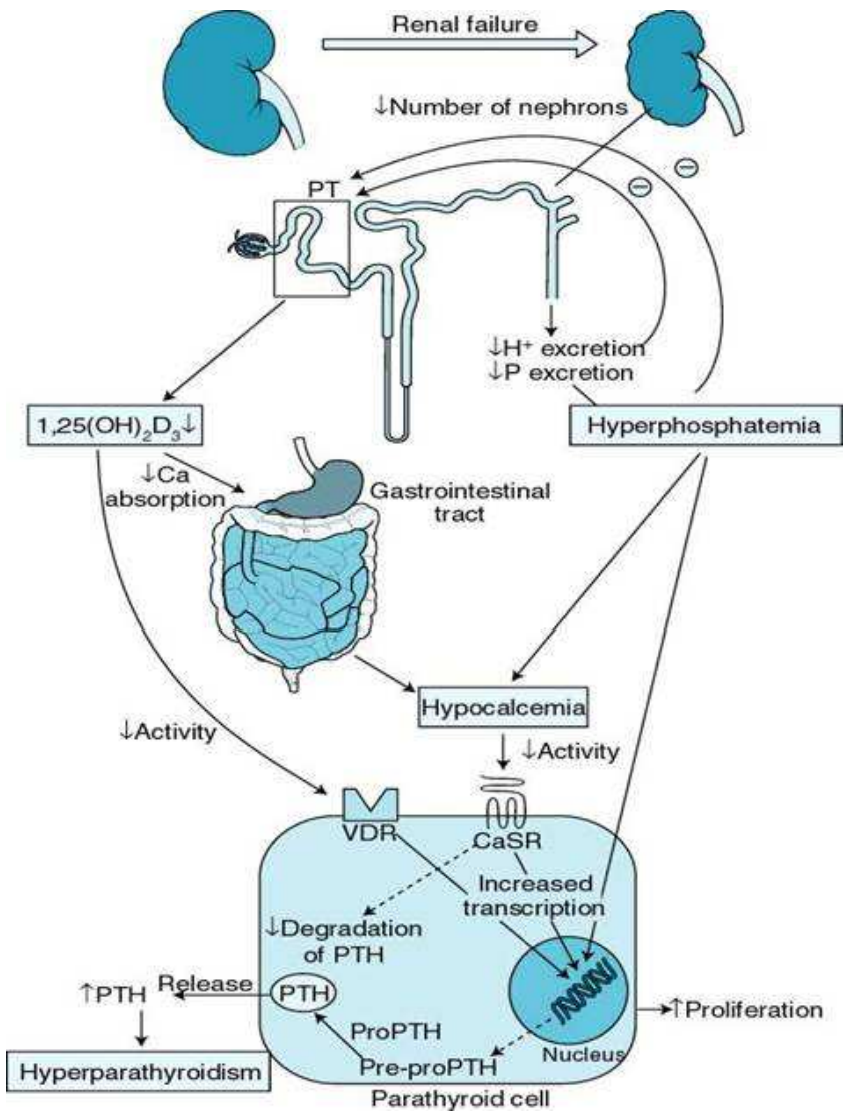
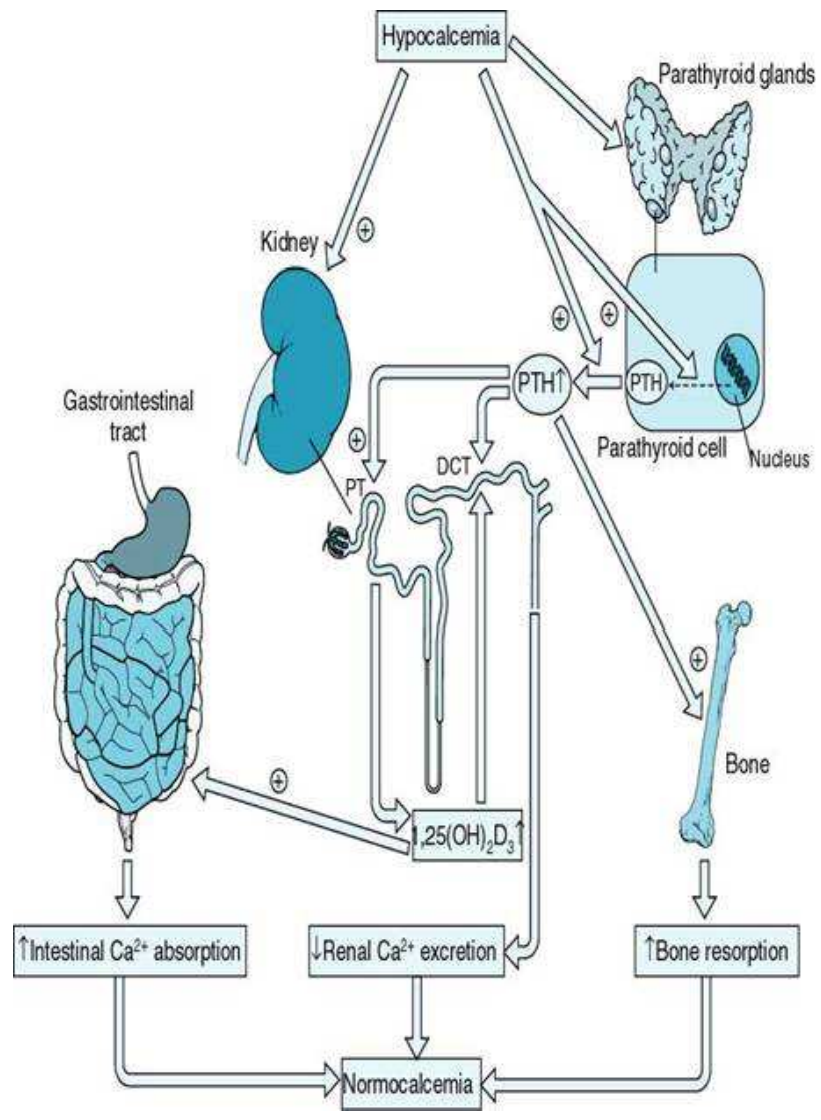
Při ↓ GFR ⇒ exkrece fosfátů se ↑ na 40% (100%)

- nestačí-li ⇒ hyperfosfatémie



# Hypotéza kompromisu







## **c) zvýšená sekrece**

- mechanismus udržující homeostázu K<sup>+</sup> až do nízkých hodnot GFR

⇒ hyperkalémie až při extrémním snížení ledvinných funkcí

- lze i ↑ sekrece mimoledvinnými cestami

# Hormonální funkce

Snížení ledvinných funkcí vede ke:

↓ tvorbě: 1, 25-dihydroxycholecalciferolu

erythropoetinu

prostaglandinů

↑ sekreci: angiotensinogenu

parathormonu

↓ odbourávání: insulinu

somatotropinu

Poruchy metabolismu hormonů ⇔ ovlivnění řady systémů

# Symptomy urémie

**nervový systém:** neuropatie, zmatenost, křeče, mozk. edém

**gastrointestinální trakt:** nevolnost, vředy

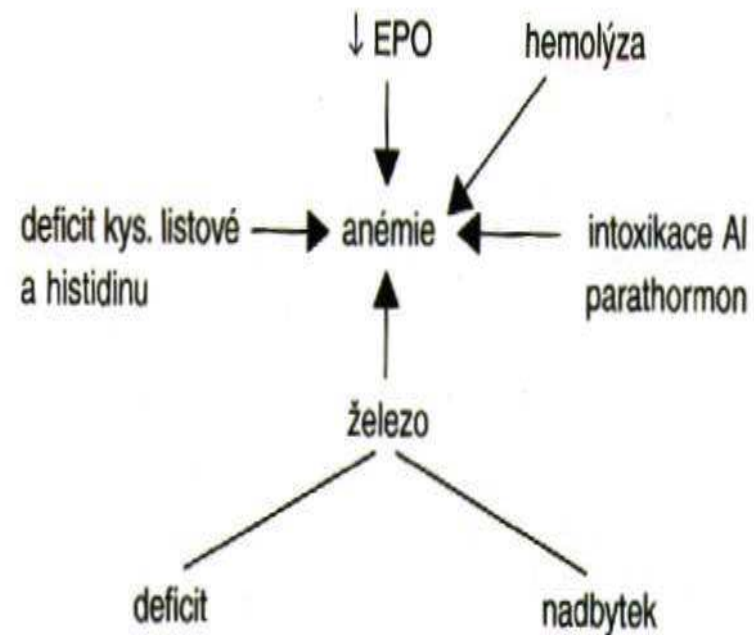
**krev :** anémie, acidosa, hemolýza

**krevní oběh :** edémy, hypertenze

**kosti:** renální osteodystrofie, pseudodna

**příce:** plicní edém, pleuritida

**ostatní:** náchylnost k infekcím, parotitis, svědění kůže



# Terapie chronického selhání

## 1) konzervativní:

- úprava příjmu tekutin
- příjem Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>
- příjem bílkovin
- léčba komplikací (kostních, hypertenze, infekcí...)
- úprava dávkování léků

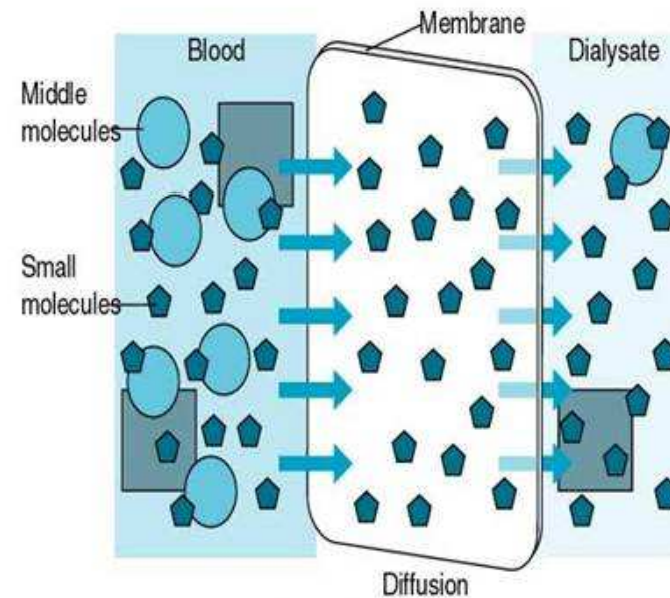
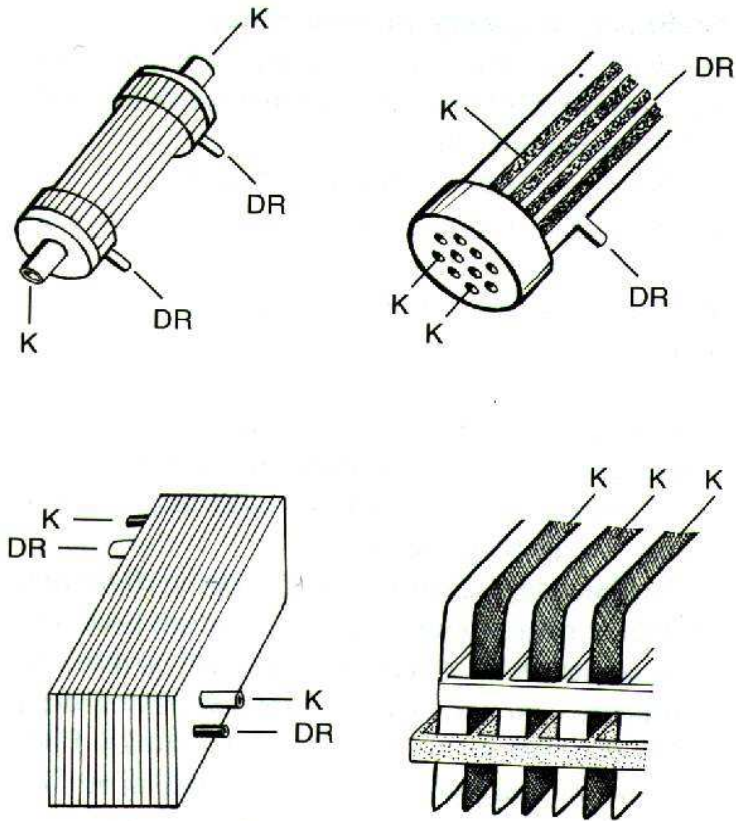
## 2) dialyzační léčba

## 3) transplantace ledviny

# Hemodialýza

- První „umělou ledvinu“ použil Kolff v roce 1943 v Holandsku, u nás 1955
- 2 hlavní fyzikální principy - difúze a ultrafiltrace přes semipermeabilní membránu
  - celulózová (kuprofan)
  - syntetická (polysulfon, polyamid)

# Dialyzátor

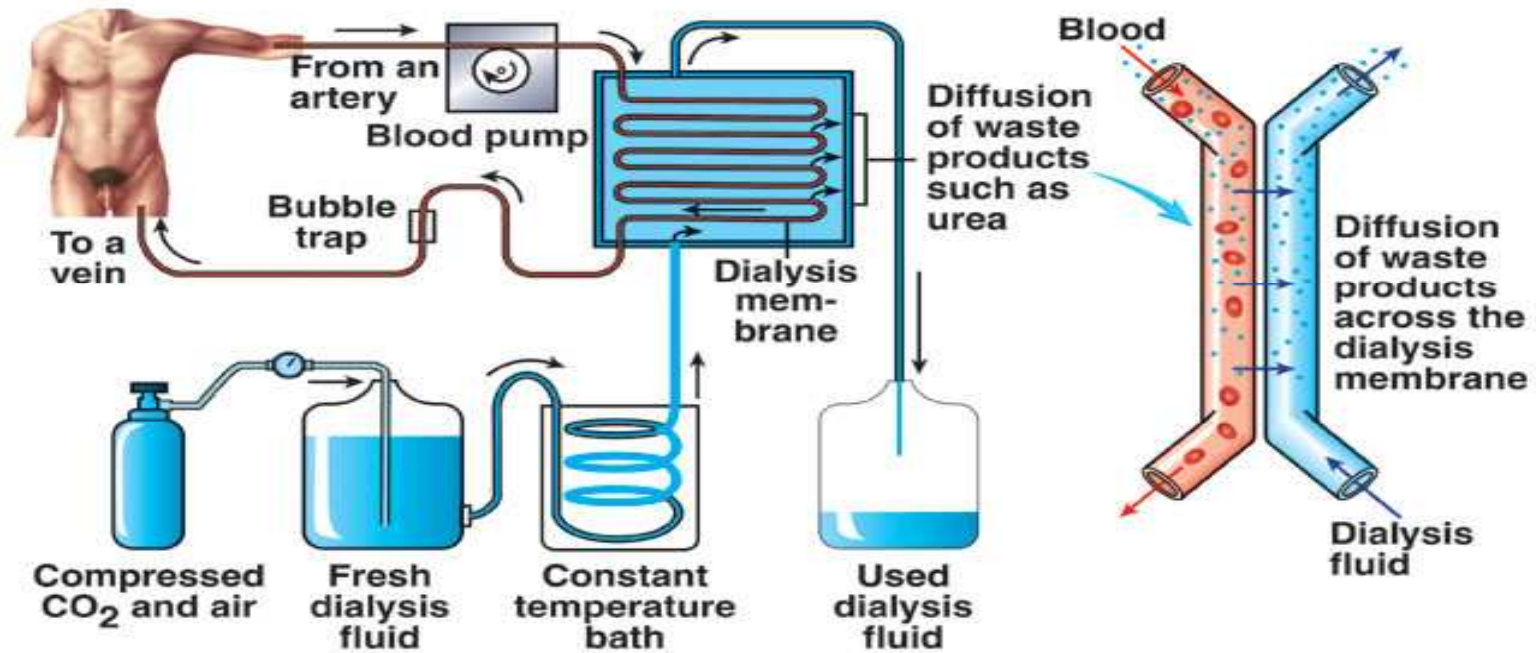


Concentration gradient based transfer.  
Small molecular weight substances (<500 Daltons)  
are transferred more rapidly.

A

# Hemodialýza

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

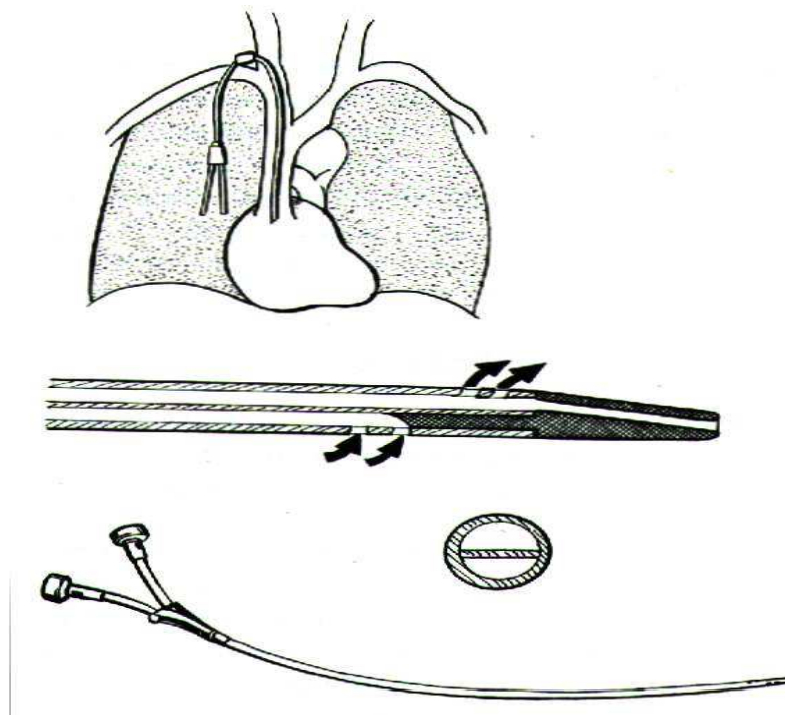


# Cévní přístupy

Dočasný - pro omezený počet výkonů

dvojcestný katetr

v. subclavia, v. jugularis, v. femoralis



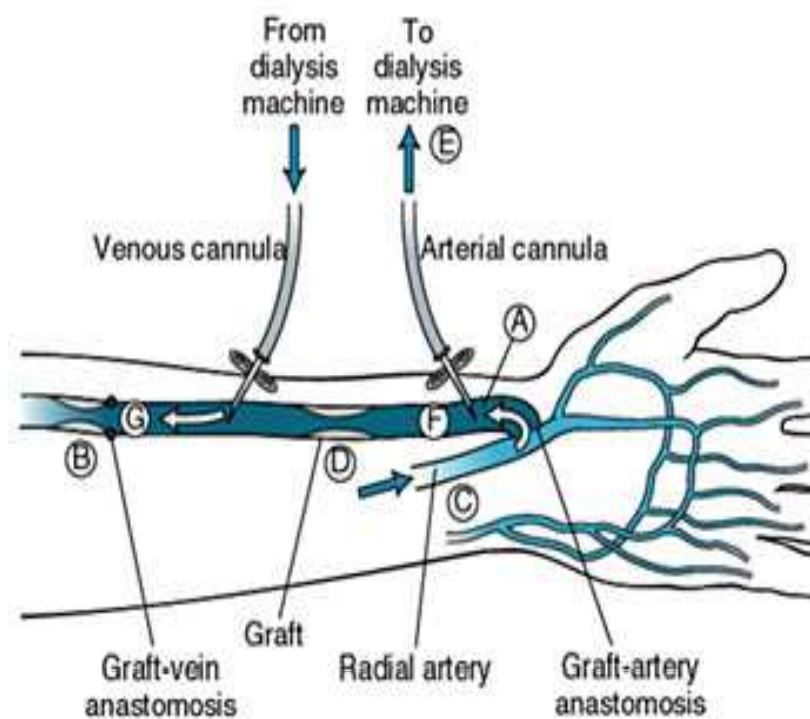


# Trvalý cévní přístup

U nemocných v pravidelném  
dialyzačním programu

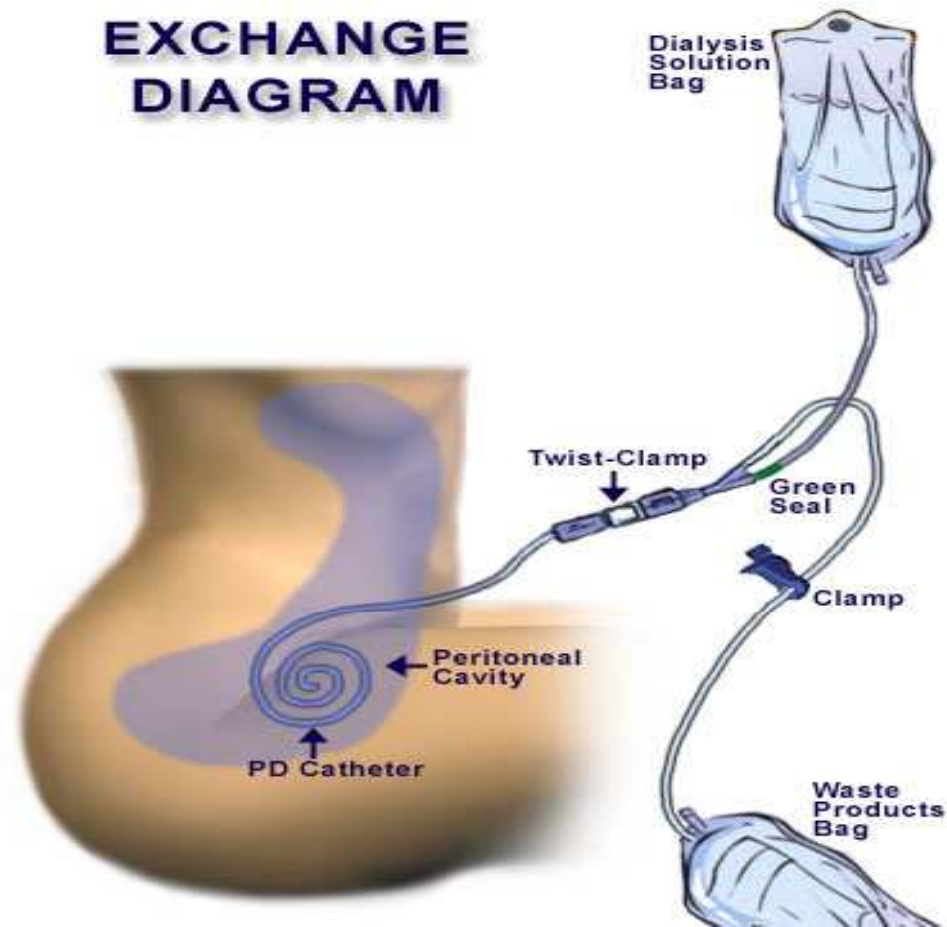
arteriovenózní podkožní píštěl (fistule)  
- mezi a. radialis a v. cephalica

příp. žilní štěp



# Peritoneální dialýza

## EXCHANGE DIAGRAM



# Transplantace ledviny

Nutnost „získání“ náhradní ledviny

kadaverózní

od žijícího dárce

Imunologická kompatibilita  $\Rightarrow$  rejekce

Imunosupresivní terapie

akutní

chronická

**hyperakutní**

# Hepatorenální syndrom

- Rozvoj ASL u pacientů s pokročilým onemocněním jaterního parenchymu bez klinických, laboratorních nebo anatomickým nálezů postižení ledvin
- Význam mají: \* snížení průtoku krve ledvinami při celkově hyperkinetické cirkulaci (typické pro jaterní selhání) – díky poklesu TK v důsledku periferní vazodilatace  
\* aferentní konstriktce ledvinných cév s následnou ischemií kůry ledvin důsledkem aktivace sympatiku

## Mechanismy:

- aktivace sympatiku
  - aktivace RAS
  - endotoxémie (např. endotelin)
  - ↓ tvorba kalikreinu (útlum aferentní vazodil)
  - aktivace ET-1
  - „hepatorenální reflex“ (serotonin)
- ↑ produkce - prostacyklinu  
- bradykininu  
- látky P  
- NO  
- endotelinu - 3

Odlišit „pseudohepatorenální syndromy“ (infekce, autoimunitní onemocnění, amyloidózy....)

*In decompensated cirrhosis:*

Hyperdynamic circulation

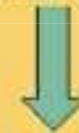
- ↑ Cardiac output
- ↓ Systemic vascular resistance



- ↑ Sympathetic activity
- ↑ RAS activity
- ↑ Vasopressin levels
- ↑ Endothelin I levels
- ↓ Renal vasodilators



Vasoconstrictive effects  
Direct tubular effects



- ↓ Renal perfusion pressure
- Renal vasoconstriction



- ↓ Total renal blood flow
- ↓ Glomerular filtration rate
- Renal sodium & water retention

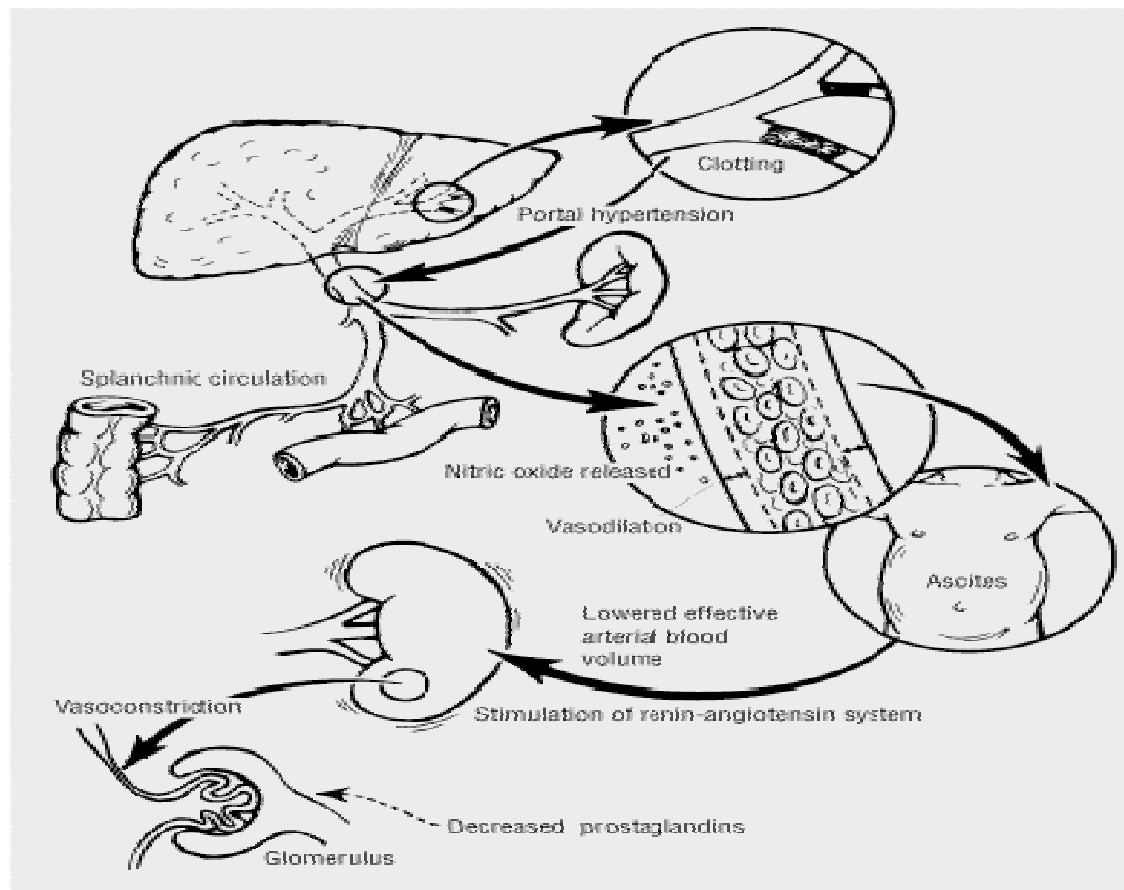


Figure 1. Schematic of hepatorenal pathophysiology. Progressive liver disease leads to congestion and blockage of intrahepatic microvasculature. Resulting portal hypertension leads to splanchnic nitric oxide production, which causes splanchnic vasodilation. Vasodilation leads to decreased effective blood volume ("tank is bigger and less full"). Decreased effective blood volume stimulates renin-angiotensin system, which leads to intrarenal vasoconstriction and hypoperfusion. Intrarenal prostaglandins attempt to counteract the vasoconstriction. However, prostaglandin production may be insufficient to keep kidneys "open" or may be inhibited by local ischemia or use of certain medications (eg, nonsteroidal anti-inflammatory drugs).

# Hemolytickouremický syndrom

- Stav způsobený poškozením endotelií ledvinových arteriol toxinem (např. verotoxinem E. coli) při některých GIT infekcích

- Současně bývá hemolytická anémie



zdroj hemoglobinurie

- také trombocytopenie – krvácivé projevy

⇒ Syndrom kombinující projevy ASL s projevy hemolýzy erytrocytů a krvácivými projevy

Etiologie : často ??