

VYŠETŘENÍ LEDVIN A MOČOVÝCH CEST

Semináře z patologické fyziologie

2015 – 2023 - ...



Funkční testy

Glomerulární filtrace

Tubulární resorpce

Koncentrační test

Acidifikační test

Krevní plyny

Zobrazovací metody

RTG vyšetření

scintigrafie

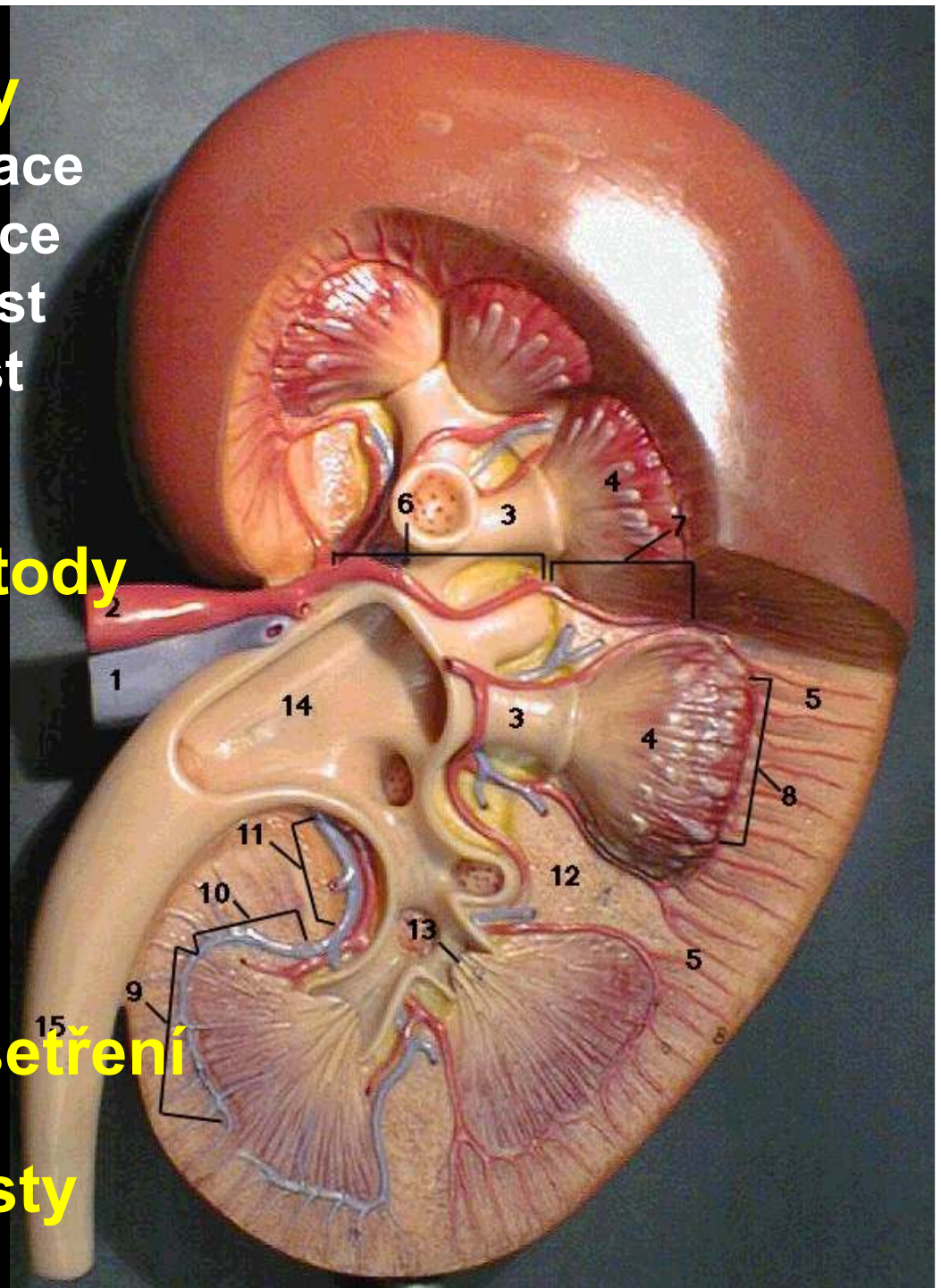
angiografie

sonografie

MRI

Endoskopické vyšetření

Laboratorní testy



Základní pojmy

Renální insuficience:

Stav, kdy ledviny jsou schopné udržovat normální složení vnitřního prostředí za běžných životních podmínek, ale ne za mimořádných okolností (infekce, operace, nadměrný přívod vody a elektrolytů).

Renální selhání:

Stav, kdy ledviny nejsou schopné udržovat normální homeostázu ani za bazálních podmínek.

Urémie:

Syndrom, který se může vyvinout na podkladě renálního selhání, především chronického.

Faktory rozvoje urémie

1. Retence

- voda
- elektrolyty
- malé molekuly
- středně velké molekuly (500 - 3000 D)

2. Zvýšené ztráty

- voda, elektrolyty
- aminokyseliny, proteiny, vitaminy

3. Snížená tvorba

- Epo
- 1,25-OH-D3 vitamin

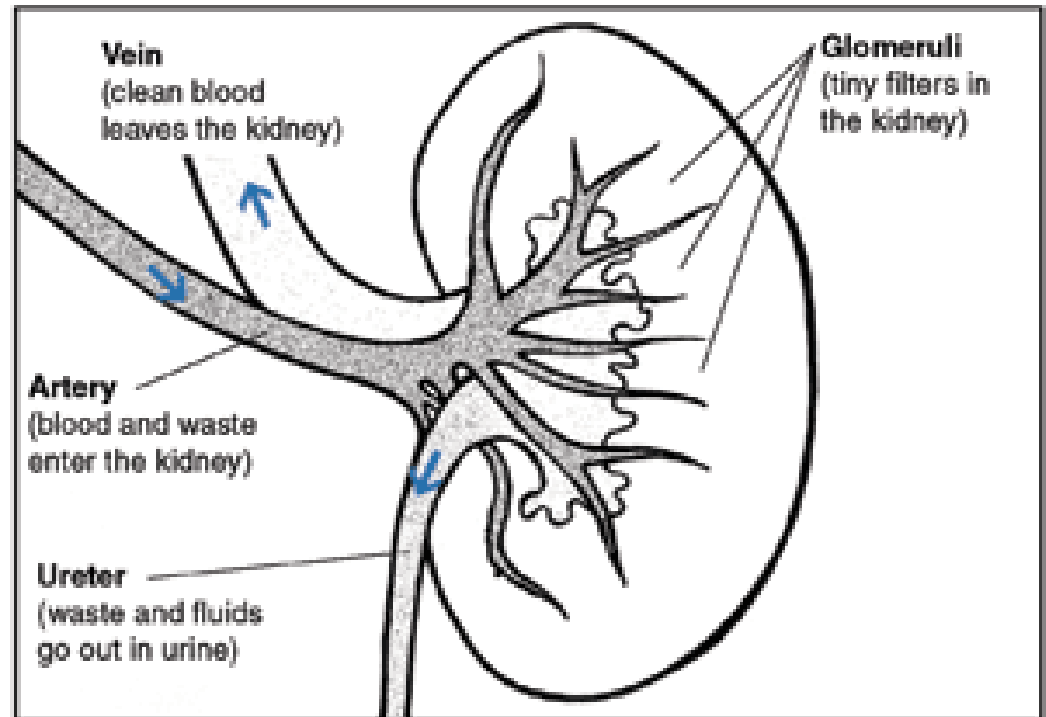
4. Trade off hypotéza

= změny navozené systémovou kompenzační aktivitou

Akutní renální selhání

Příčiny

1. Prerenální
2. Renální (parenchymatózní)
3. Postrenální (obstrukce vývodních cest)



Akutní renální selhání

Příčiny

1. Prerenální →

hemodynamické změny
šoková cirkulace
(těžké krvácení,
ztráty vody a elektrolytů)

DEHYDRATION.....



Akutní renální selhání

Příčiny

2. Renální (parenchymatózní) - zejména poškození tubul. b.

- TIN
- glomerulonefritis (poststreptokoková, SLE, Goodpast. sy)
- nefrotoxické látky (CCl₄, etylenglykol, propylenglykol, Hg, Au, Bi,
- nefrotox. léky (SFA, gentamycin, cefaloridin), amanita phal.
- hemolýza (inkompatibilní TRF)
- crush syndrom
- popáleniny (dehydratace, sepse, toxémie)
- toxoinfekční poškození (sepse)
- potrat, porod, operace
- akutní pankreatitis
- cévní změny (okluze a. renalis, tromboza ren. žil, hypertenze)

Akutní renální selhání

Příčiny

3. Postrenální →

obstrukce vývodních cest

urolithiáza, krevní koagula

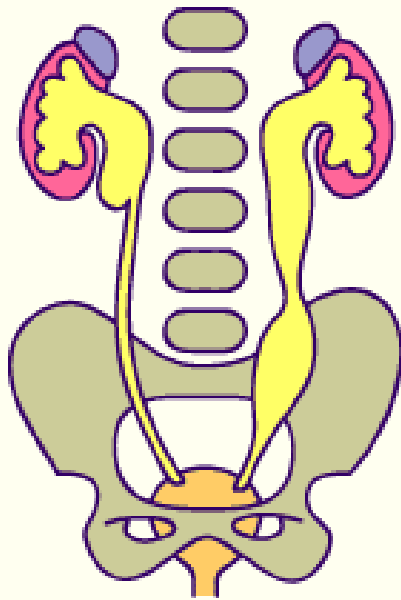
tumory vývodných cest

hyperplázie prostaty

retroperitoneální fibróza

ligatura ureterů

atonie moč. měchýře



Akutní renální selhání

Parametr Prerenální - Renální - selhání

natriurie	< 20	> 40 m M
U - o s m o l .	> 500	< 350 m o s m / k g
k o n c . i n d e x k r e a t .	> 40	< 20 (U - k r / P – k r)
k o n c . i n d e x u r e y	> 8	< 3 (U - u r e a / P - u r e a)
f r a k č n í e x k r e c e N a	< 1	> 2

Platí jen tehdy, nebyla-li již podána diuretika nebo infuze

Akutní renální selhání

Fáze

1. Iniciální ... dominuje vyvolávající onemocnění
2. Anurie / oligurie
3. Diuretická ... polyurie (až 5-6 l / 24 h)
4. Rekonvalescence ... úplná úzdrava může trvat až 1 rok

Oligurie < 500 ml / 24 h

Anurie < 100 ml / 24 h

Chronická renální insuficience

Konečné stádium různých chronických renálních onemocnění

44 %	glomerulonefritis, glomerulopatie
25 %	TIN
10 %	polycystosa ledvin

Stádia

- I. Plná kompenzace (kr. < 300)**
- II. Kompenzovaná retence (kr. = 300-700)**
- III. Dekompenzovaná retence (kr. > 700) ... dialýza**
- IV. Urémie**

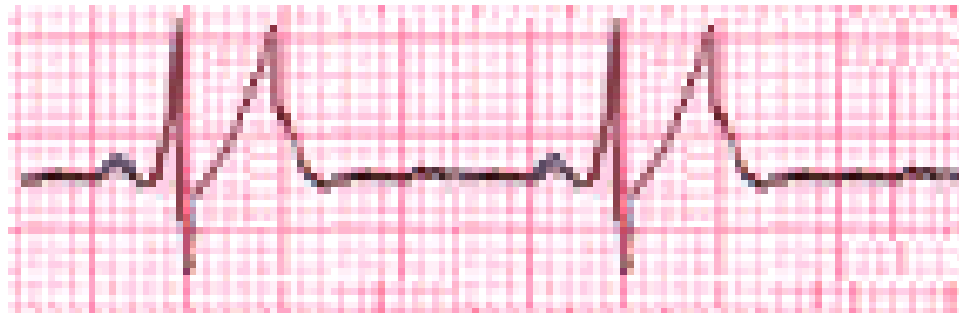
Urémie

Vodní a minerálový rozvrat

- ztráty vody / retence vody
- ↓ Na (diluční, distribuční, depleční)
- ↑ K (retence)

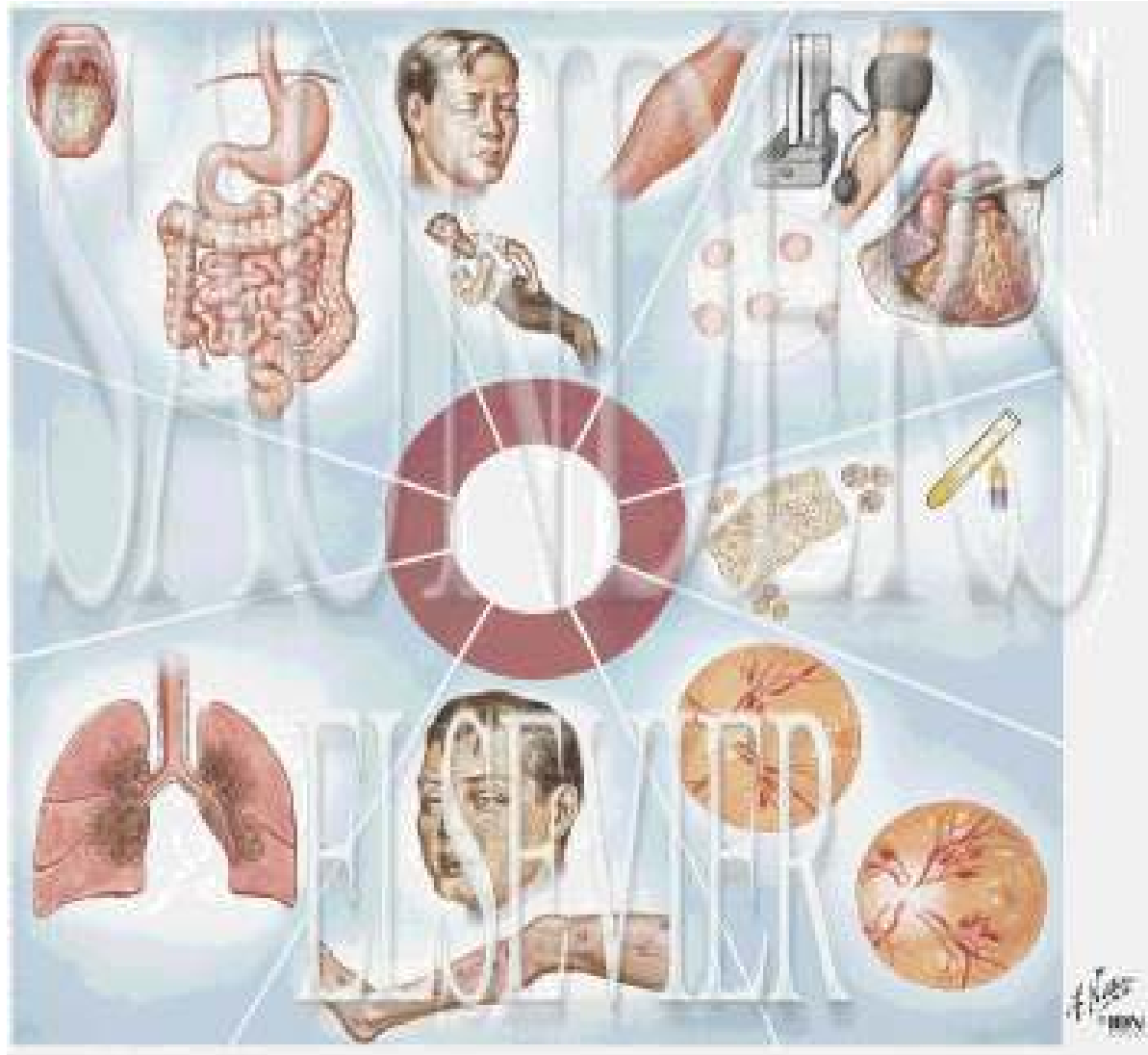
otoky ± dehydratace

slabost, únavnost
dyspepsie (anorexie, ranní nausea,
zvracení, průjem)
arytmie, perikarditis



Urémie

Krvácivost
Sekundární dna
Polyneuropatie



Urémie

Renální (renoparenchymatózní) hypertense

Faktory:

- presorické (hypoperfuze ledvin → renin)
- depresorické (kallikrein/kininy, PG E)
- exkrece Na, H₂O



X

Renovaskulární hypertense

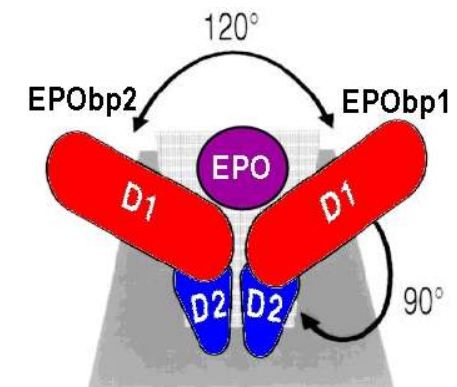
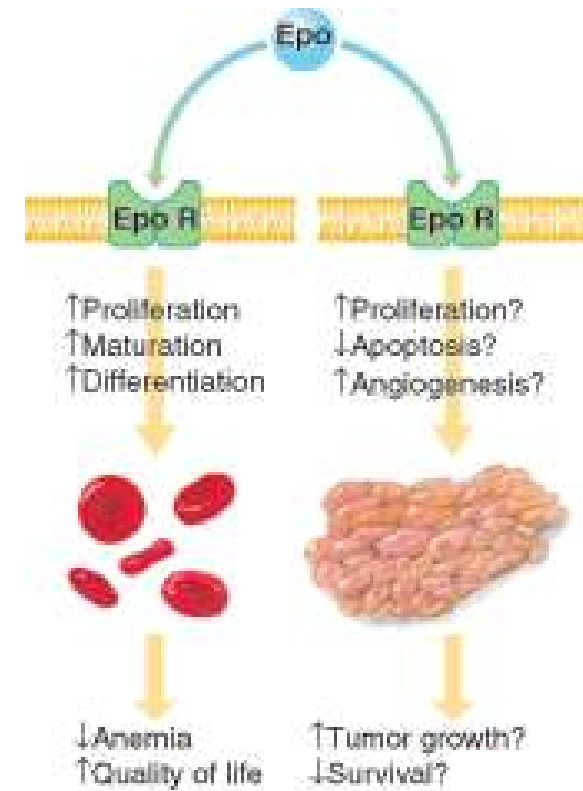
Reakce renálních presorických mechanismů (renin) na hypoperfuzi ledviny při uzávěru / stenoze renální tepny

Urémie

Anémie

Faktory:

- Epo
- ztráty vitaminů, proteinů (proteinurie)
- krevní ztráty (hematurie)
- nedostatek železa (zánět, ↓ Trf)
- toxický útlum kostní dřeně
- zánětlivá inhibice erythropoézy

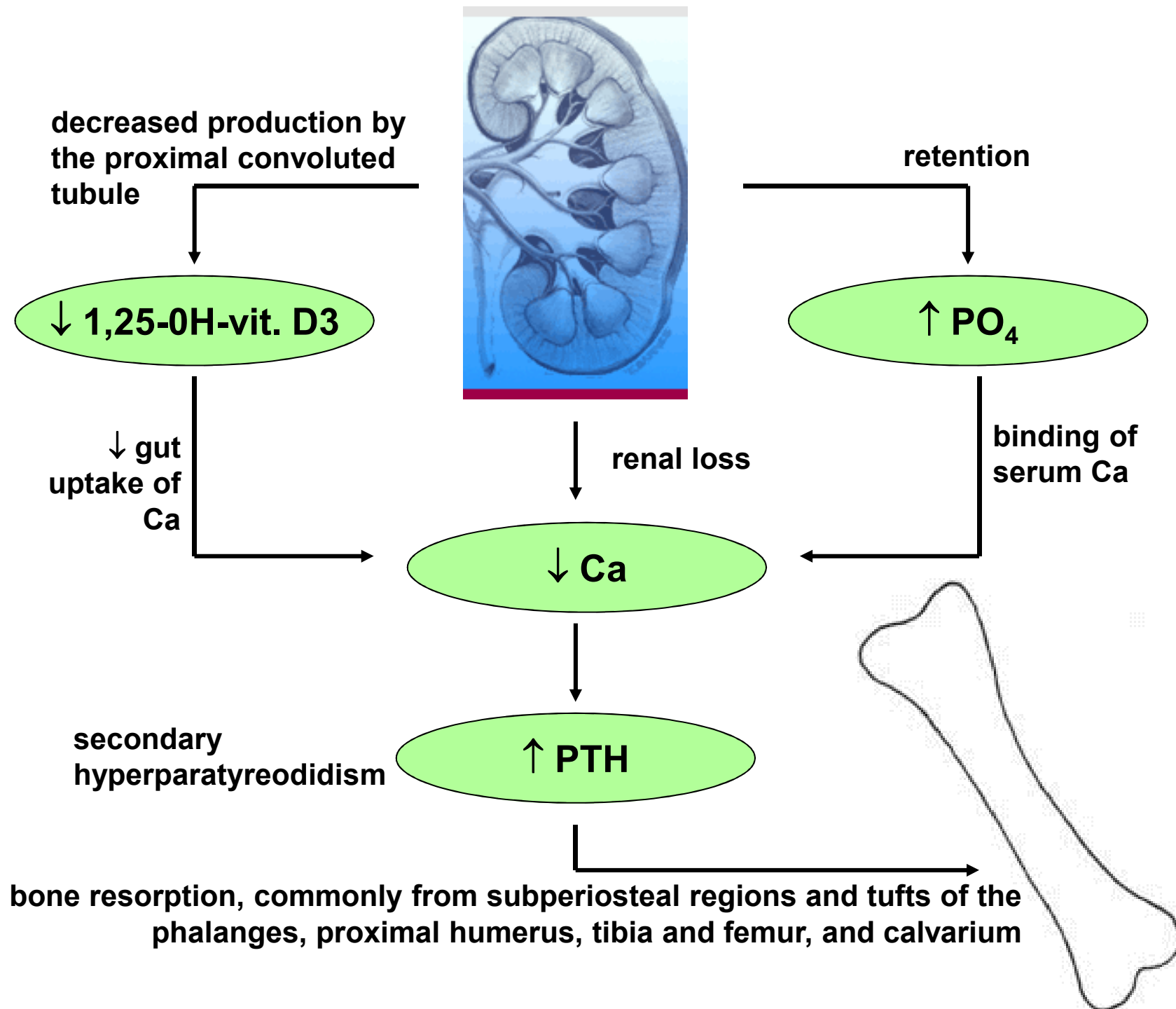


Urémie

Renální osteodystrofie

Faktory:

- $\uparrow \text{PO}_4$
- $\downarrow$ 1,25-OH-vit. D3 ... snížená tvorba
- $\downarrow$ Ca ... ztráty, $\downarrow$ resorpce ve střevě
- sekundární $\uparrow$ PTH ... kostní resorpce



Urémie

Renální osteodystrofie



Lebka „sůl a pepř“



Zvýšená aktivita příšt. tělísek způsobující charakteristickou subperiostální resorpci

Urémie

Renální osteodystrofie



Kostní změny jsou částečně reversibilní
Snímky stejného prstu před a po 6 měsíční
léčbě sekundární hyperparatyreosy.

Urémie

Infekční komplikace

Bronchitis, bronchopneumonie

Hepatitis

Sepse

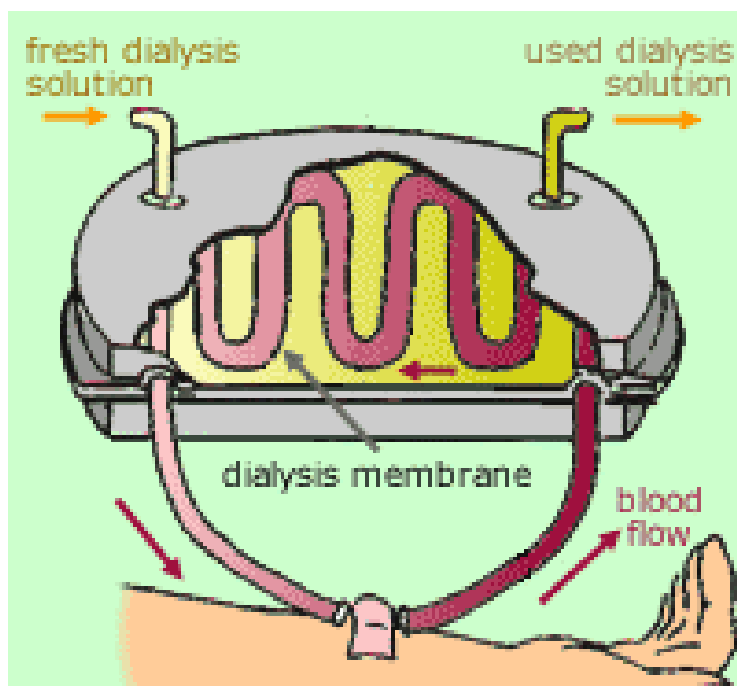
**Cheyne - Stokesovo
dýchání**



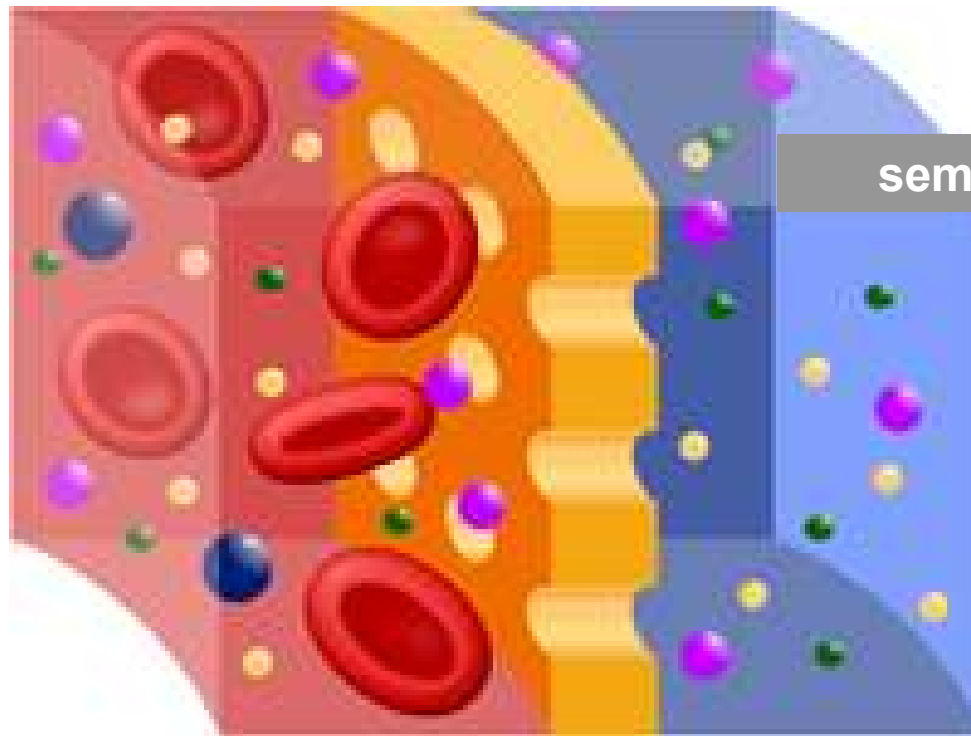
Akutní dialýza

Princip

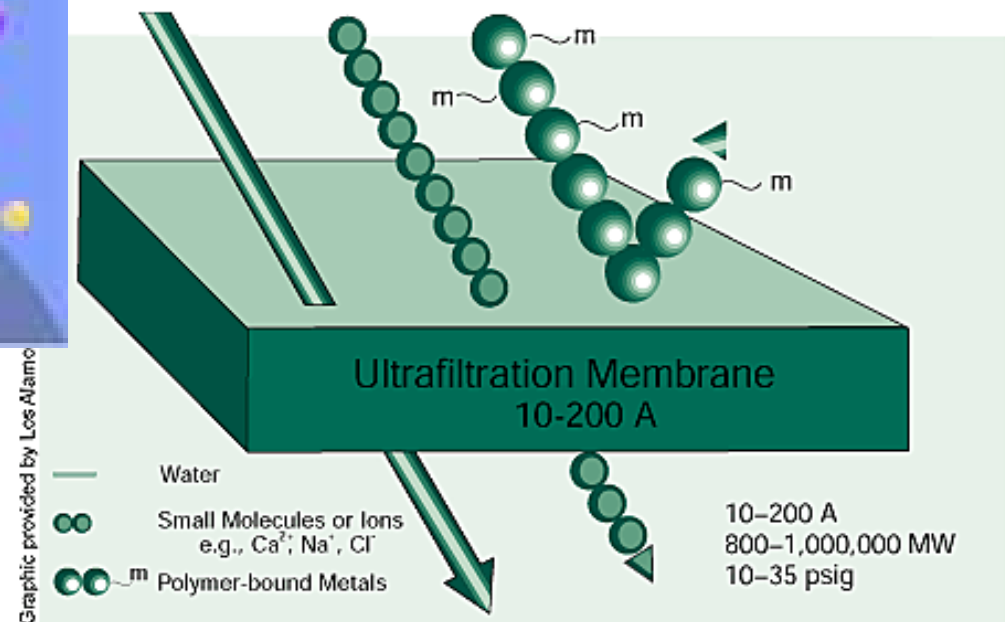
Dialyzační membránou odchází do dialyzační tekutiny podle koncentračního spádu nízkomolekulární látky (které nejsou vázány na proteiny)



Akutní dialýza



semipermeabilní dialyzační membrána

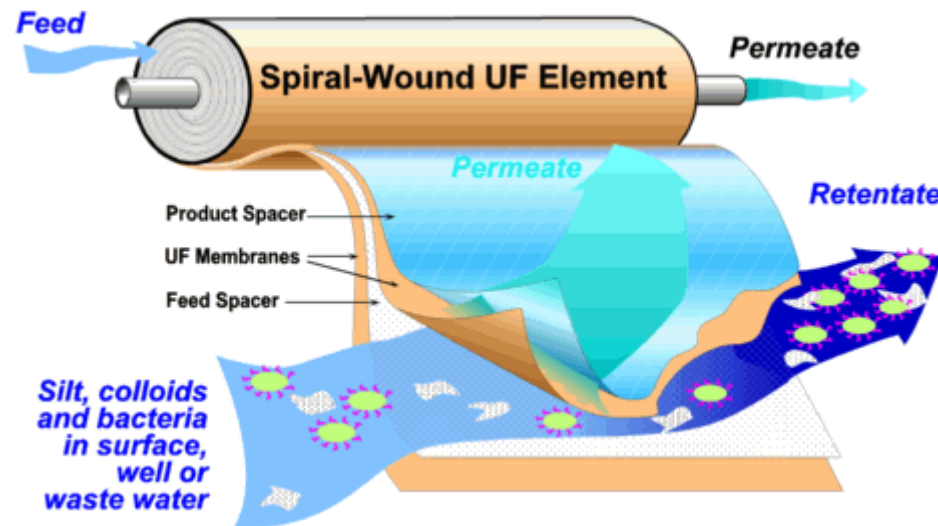


Polymer Filtration is a membrane-based technology for metal-ion recovery. This separations technology uses specially designed, water soluble polymers that selectively bind metal ions to prevent metals from entering waste water streams and to prevent sludge formation.

Akutní dialýza

Možná kombinace s
ultrafiltrací

(hyperhydratace, plicní
edém)



Ultrafiltrace

Očišťovací metoda využívající mírný hydraulický přetlak k transportu nízkomolekulárních látek (včetně vody) skrze membránu a současně zadržující koloidy a velké organické molekuly.

Akutní dialýza

Indikace

1. Selhání ledvin

- urémie
- anurie / oligurie > 3 dny
- kreatinin > 700 $\mu\text{mol} / \text{l}$
- urea > 30 mmol / l
- $\uparrow$ urey > 10 $\text{mmol} / \text{l} / \text{den}$
- $\text{K} > 6,5 \text{ mmol} / \text{l}$
- acidóza
- hyperhydratace (nezvládnutelná konzervativně)

Akutní dialýza

Indikace

1. Selhání ledvin
2. Intoxikace ... látky bez vazby na proteiny

psychofarmaka
fridex



Akutní dialýza

Indikace

1. Selhání ledvin
2. Intoxikace
3. ↑ Ca
4. ↑ urikémie ... např. po cytostatické léčbě leukémie
5. Hypotermie
6. Alkalóza ... výjimečně, v ČR ne

Akutní dialýza

Kontraindikace

Jedině terminální fáze malignity

Za současné úrovně technologie a zdravotní péče (po roce 2000)

už není kontra-indikací ani věk ani diagnóza

**V pre-dialyzační poradně dispenzarizovat
všechny pacienty s kreatininem $> 300 \text{ nmol / l}$**

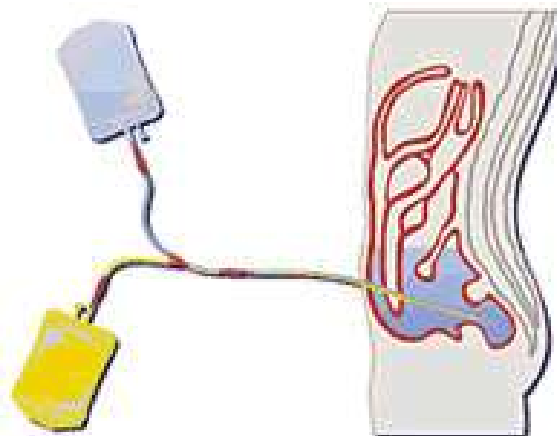
Peritoneální dialýza

Princip

Peritoneum využito jako dialyzační membrána.

Břišní dutina se v 1. fázi naplní tekutinou, po určitém intervalu se vypouští

CAPD = Kontinuální ambulantní peritoneální dialýza

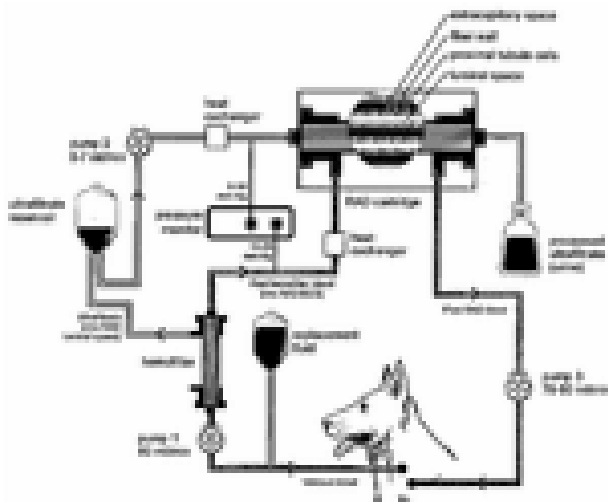


Hemoperfuze

Princip

Krev proudí v hemoperfuzních kapslích přes aktivní uhlí.

Eliminační metoda pro toxiny vázané na plazmatické proteiny



hemoperfuzní kapsle

Dialýza

Komplikace

Sy nedostatečné dialýzy

**Sy nadměrné dialýzy ... ztráty AMK, vit., enzymů, hormonů,
hypotenze při hypovolémii**

Sy disekvilibrační ... edém mozku při rychlé razantní dialýze

**Sy tvrdé vody ... Ca z dialyzační tekutiny → hypertense,
zvracení, slabost, bolest hlavy**

Infekční komplikace ... hepatitis B

Biochemie moči

U-Na ... 100 - 200 mmol / 24 h

U-K ... 30 - 80 mmol / 24 h

U-Na : U-K < 1 ... Na/K výměna v distálním tubulu (aldosteron)

Patologie: primární ledvinové onem.
 renin / angiotensin / aldosteron

Biochemie moči

Exkreční frakce (EF)

= Poměr množství látky filtrovaného a vyloučeného močí

$$EF = J_{\text{excr}} / J_{\text{filtr}}$$

$J_{\text{excr}} = (C_u \times V_u^\circ)$ and $J_{\text{filtr}} = (GFR \times C_{\text{filtr}})$. To znamená že:

$$EF = (C_u \times V_u^\circ) / (GFR \times C_{\text{filtr}})$$

C_{filtr} = koncentrace látky v ultrafiltrátu

Inulin má $EF = 1$

Látka s $EF > 1$ vykazuje dominantní tubulární sekreci

Látka s $EF < 1$ vykazuje dominantní tubulární reabsorpci

Biochemie moči

Proteinurie

Fyziologická	< 150 mg / 24 h
Patologická	> 500 mg / 24 h
Těžká	> 3500 mg / 24 h
Nefrotický sy	> 5000 mg / 24 h

Kvantifikace proteinurie:

- proužkové metody
- sulfosalicylová kyselina

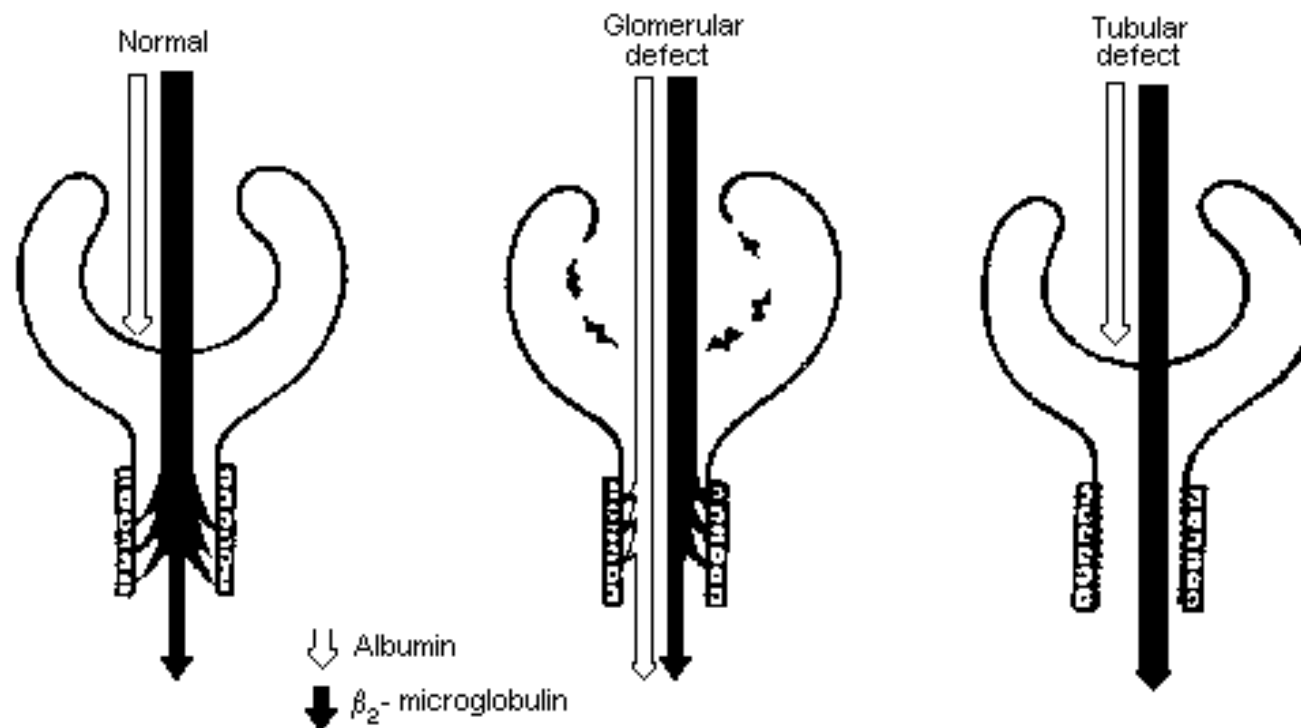
Proteinurie > 2 g za 24 h je vždy projevem **poruchy glomerulární funkce**.

Mladí muži s proteinurií < 2 g za 24 h s normální clearance kreatininu by měli být vyšetřeni na **ortostatickou proteinurii**

Biochemie moči

Proteinurie

Glomerulární x Tubulární



Biochemie moči

Proteinurie

Glomerulární	Zvýšená glomerulo-kapilární permeabilita Primární nebo sekundární glomerulopatie
Tubulární	Snížená tubulární reabsorpce proteinů Tubulární nebo intersticiální porucha
„Overflow“	Zvýšená tvorba nízkomolekulárních proteinů filtrujících se glomerulární membránou Monoklonální gamapatie

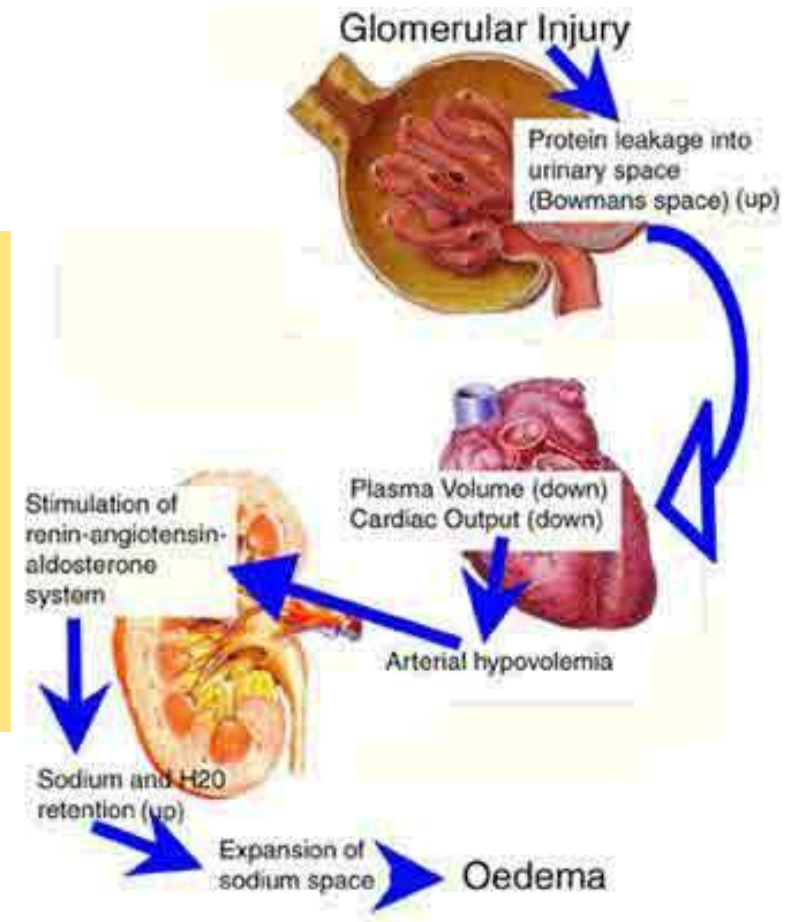
Biochemie moči

Proteinurie

Nefrotický syndrom

Diagnostická kritéria:

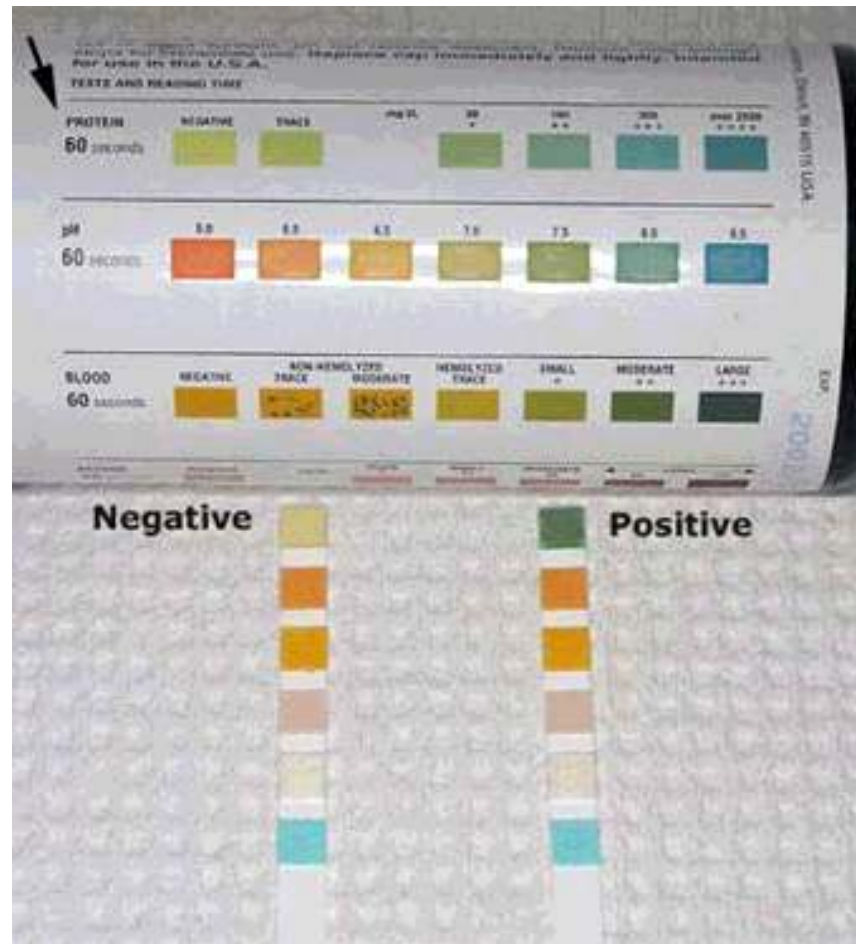
- těžká proteinurie (>3500 g / 24 h)
- hypoalbuminémie
- edémy
- hyperlipidémie (TG)
- lipidurie



Biochemie moči

Proužkové testy

pH
Glukóza
Protein
Krev
Bilirubin
Urobilinogen
Ketony
Nitrity
Leukocyty



Močový sediment

Addis:	Ery < 2 mil.	Leu < 4 mil.	válce < 100 000	/ 24 h
Hamburger:	Ery < 2000	Leu < 4000	válce < 60 - 70	/ min.

Vyšetření erytrocytů ve fázovém kontrastu

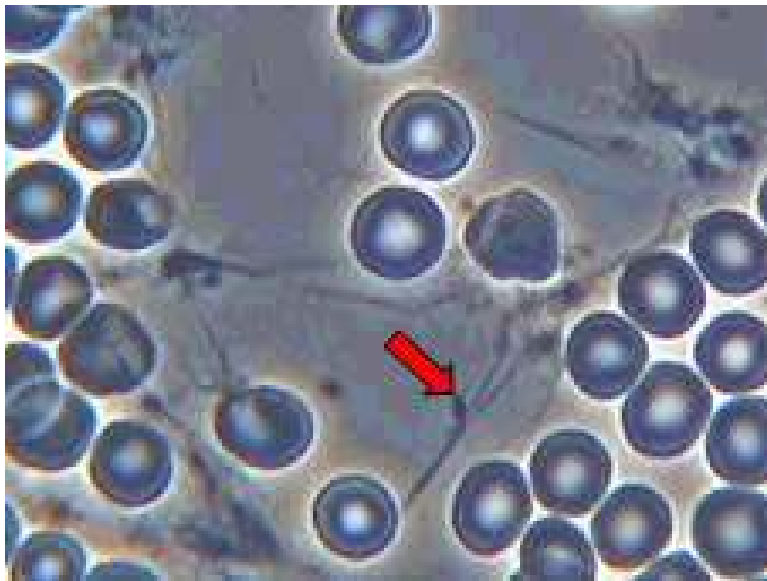
... k určení jejich původu

Ery z glomerulů ... deformace

Ery z vývod. cest ... intaktní elementy

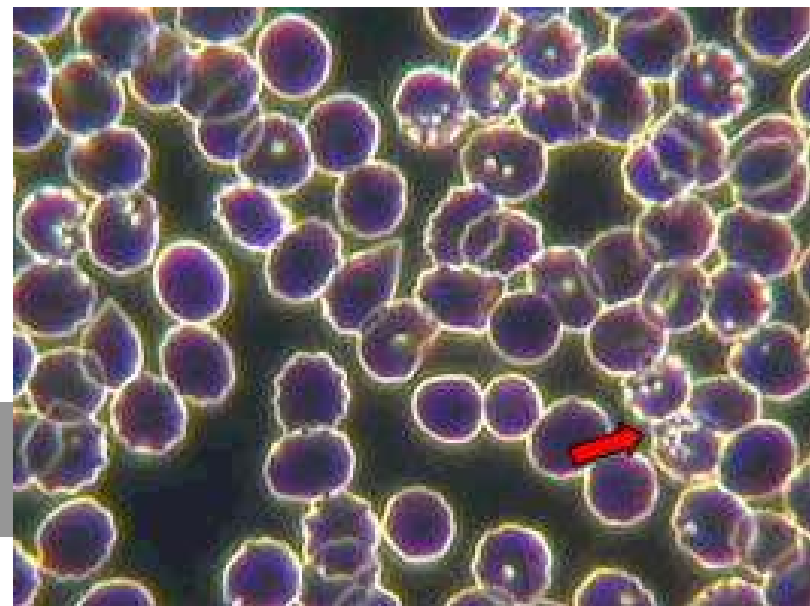
Močový sediment

Vyšetření erytrocytů ve fázovém kontrastu

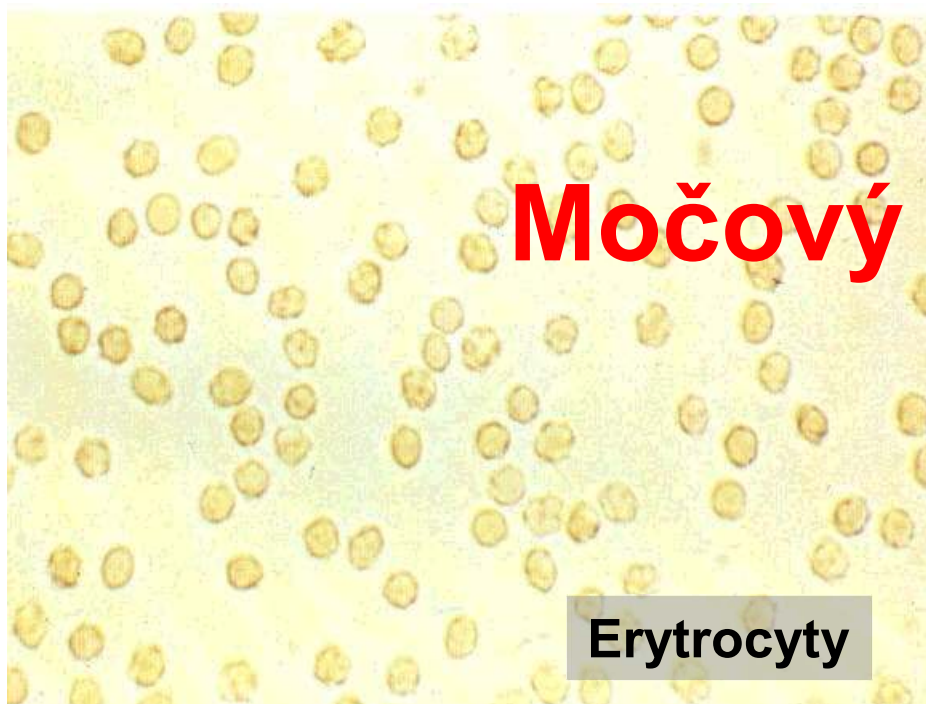


Intaktní erytrpcyty
(extraglomerulární původ)

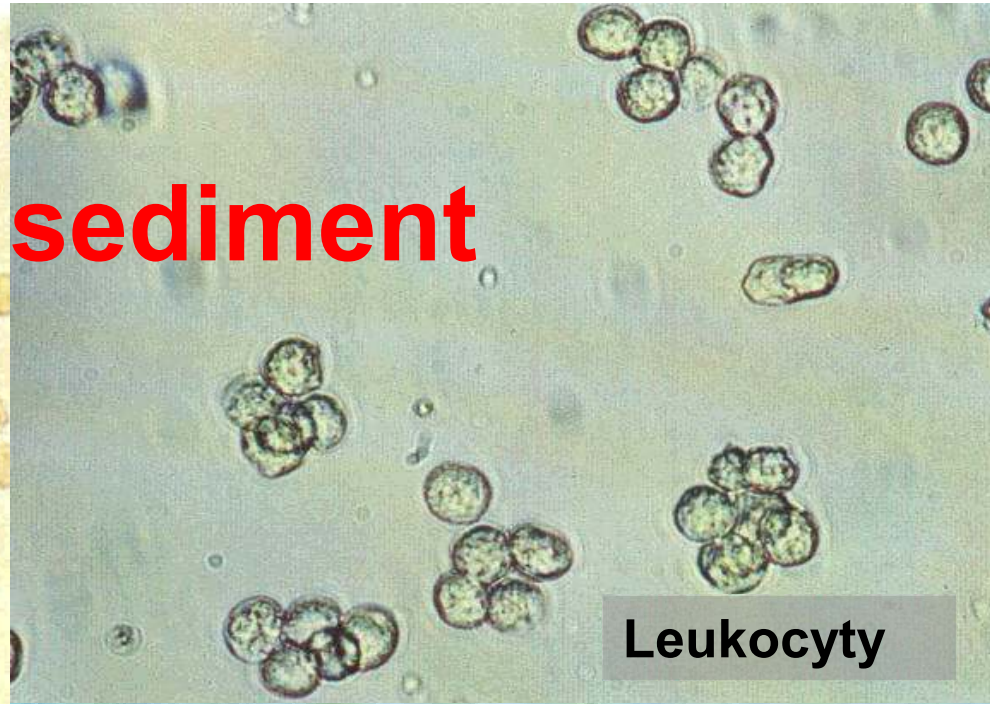
Okrajové deformace
(erytrocyty z glomerulů)



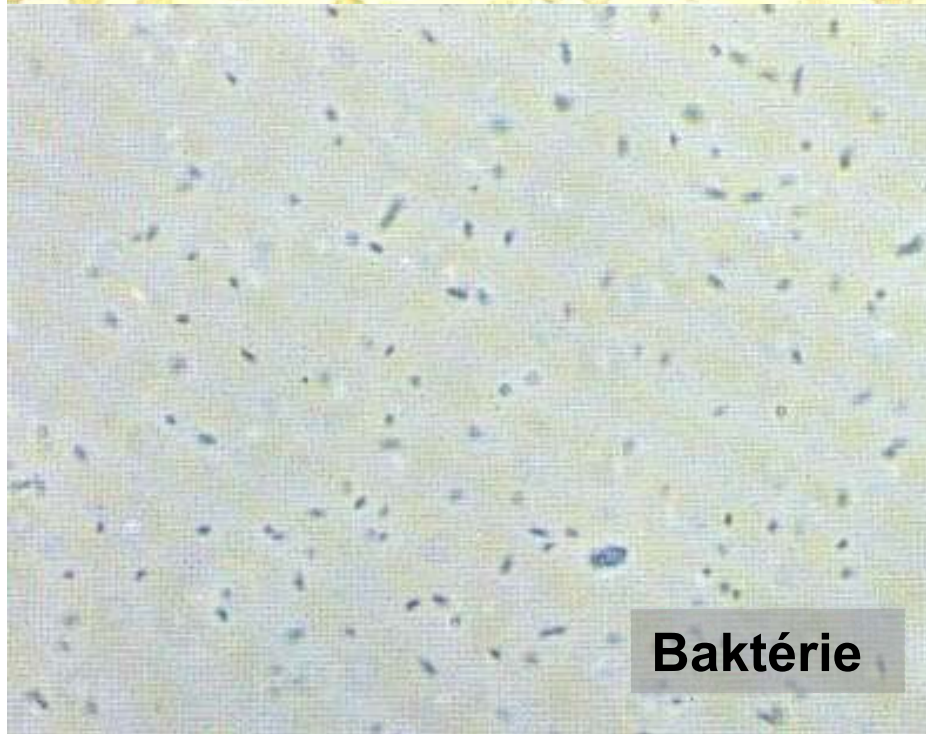
Močový sediment



Erythrocyty



Leukocyty



Baktérie

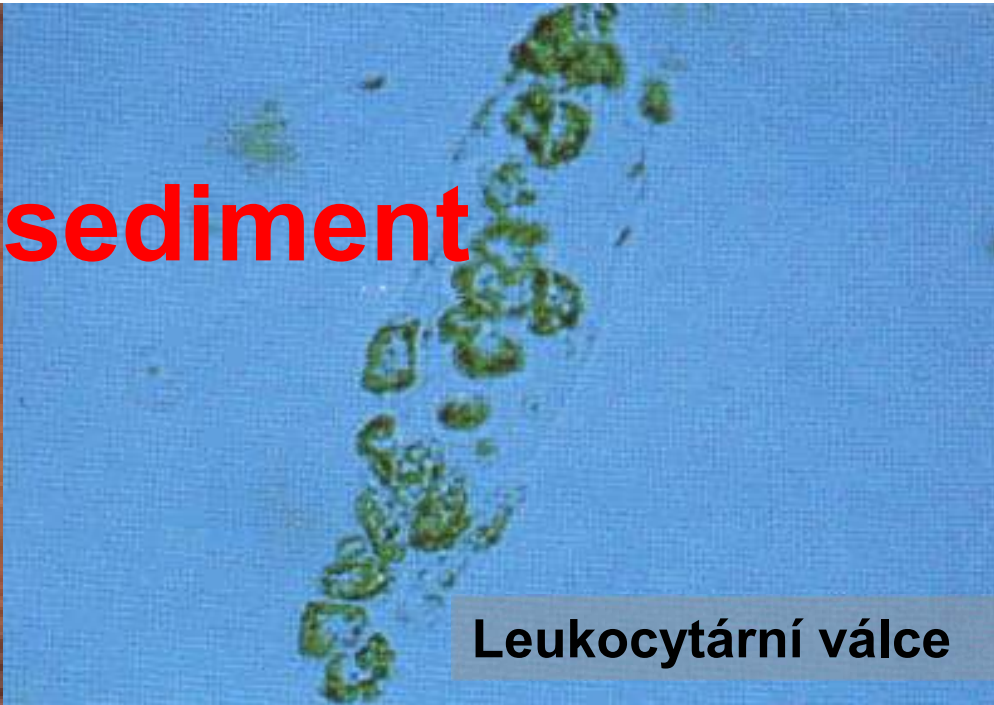


Squamozní buňky

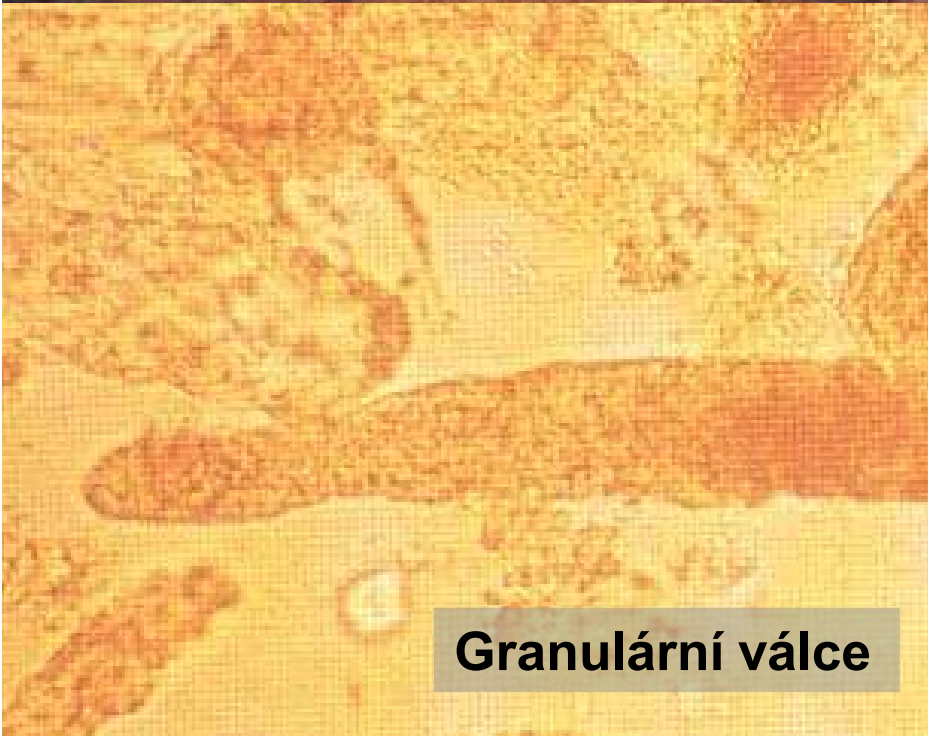
Močový sediment



Erytrocytární válce



Leukocytární válce



Granulární válce

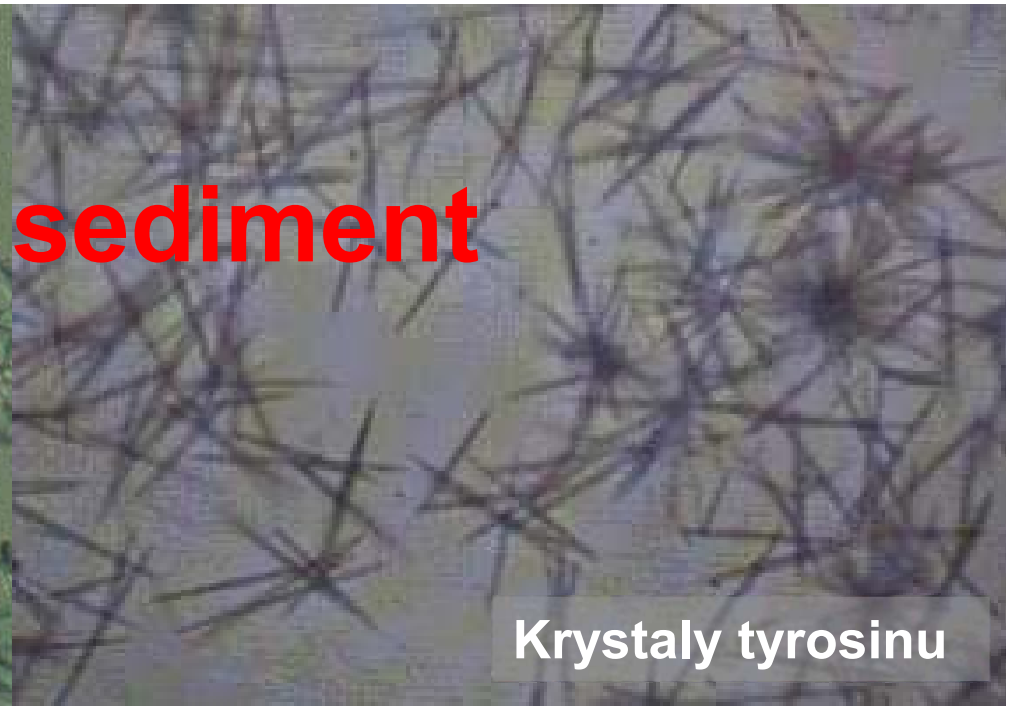


Voskové válce

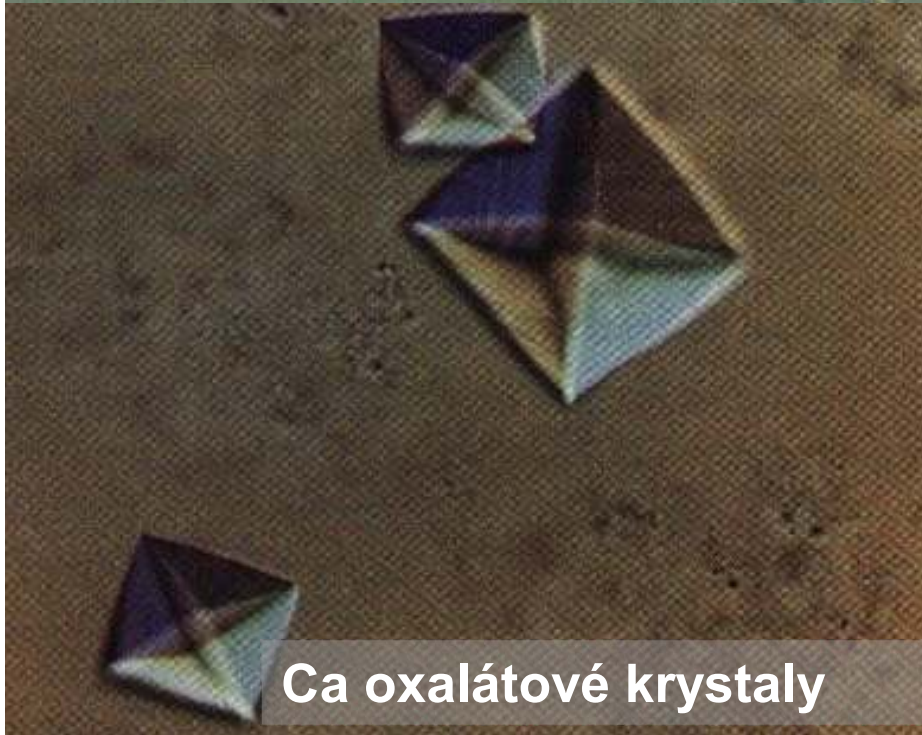
Močový sediment



Krystaly cystinu



Krystaly tyrosinu



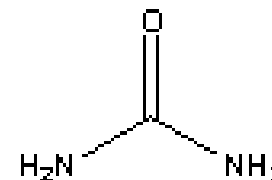
Ca oxalátové krystaly



“Coffin lid” struvitové krystaly

Sérová biochemie

Urea



= degradační produkt proteokatabolismu

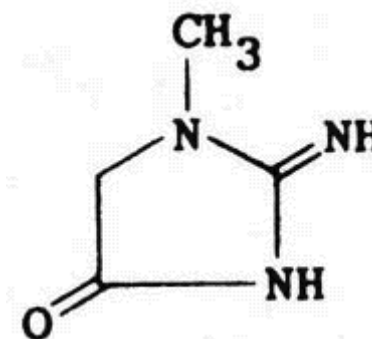
Sérová urea závisí jednak na obratu proteinů, jednak na funkci ledvin

Normální hodnoty: < 7,5 mmol / l

↑ ... ↓ glomerulární filtrace (orientační parametr)
dehydratace
↑ proteokatabolismus

Sérová biochemie

Kreatinin



= Degradací produkt kreatinu, který je významnou složkou svaloviny

Orientační parametr pro hodnocení GF

Normální hodnoty:

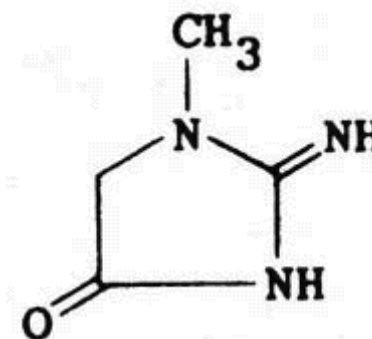
- muži < 124 $\mu\text{mol} / \text{l}$
- ženy < 115 $\mu\text{mol} / \text{l}$ (díky menší svalové hmotě)

Sérová biochemie

Kreatinin

Srovnání kreatininu proti urey:

- stabilní 24-h koncentrace
- Nezávisí na příjmu proteinů
- Nezávisí na fyzické aktivitě



Patologie:

↑ ... ↓ glomerulární filtrace
svalová dystrofie, rhabdomyolýza

↓ ... svalová dystrofie (pozdní stádium), myasthenia gravis

Funkční testy

Clearence kreatininu

= GFR; Glomerular filtration rate

$$\begin{aligned}\text{GFR} &= (C_u \times V_u^\circ) / C_p \text{ [(mg/ml) \times (ml/min) / (mg/ml) = ml/min].} \\ &= (\text{U-kreatinin} \times \text{U-volume}) / \text{P-kreatinin} \\ &= \text{cca } 2 \text{ ml / s (120 ml / min.)}\end{aligned}$$

Normální hodnoty:

- muži: 97 - 137 ml / min.
- ženy: 88 - 128 ml / min.

Funkční testy

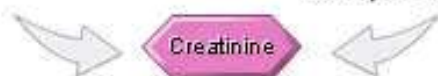
Clearence kreatininu



Blood sample taken



24-hour urine sample collected



Serum creatinine levels are used to measure glomerular filtration rate

ADAM.

Test srovnává U-kreatinin s P-kreatininem na základě měření

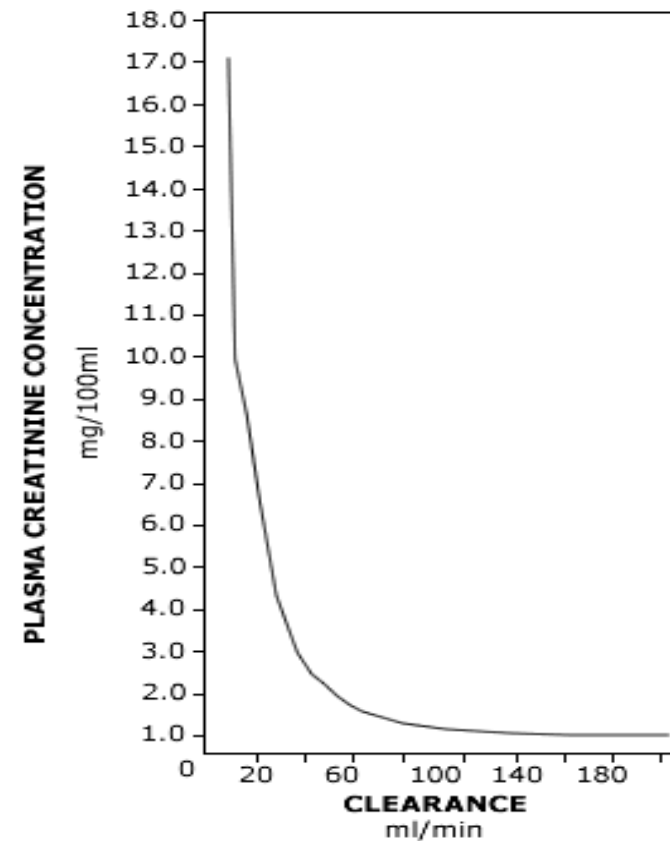
- 24 h vzorku moče a
- krevního vzorku odebraného na konci 24 hodinového období

Funkční testy

Clearence kreatininu

Patologie:

- ↓ ... zánik nefronů
akutní hemodynamické změny
- ↑ ... ↓ onkotického tlaku
↑ permeability glomerulární
membrány (incip. DM nefropatie)

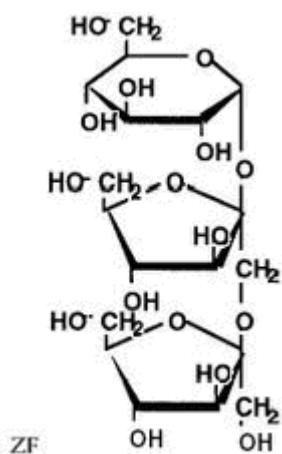


Funkční testy

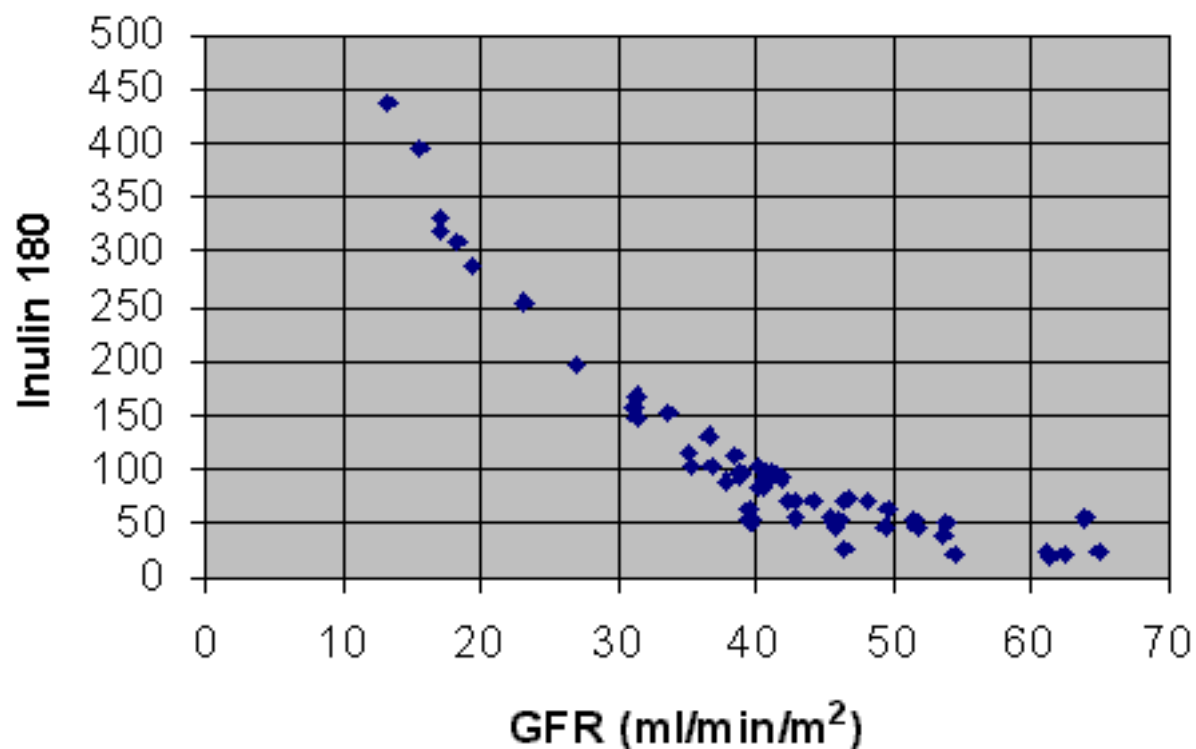
Clearence inulinu

= Filtrace inulinu glomerulární membránou
za 1min.

$$= \text{GFR} \times C_p / 0.94$$



Fruktan -
molekula inulinu



Clearance And Renal Failure

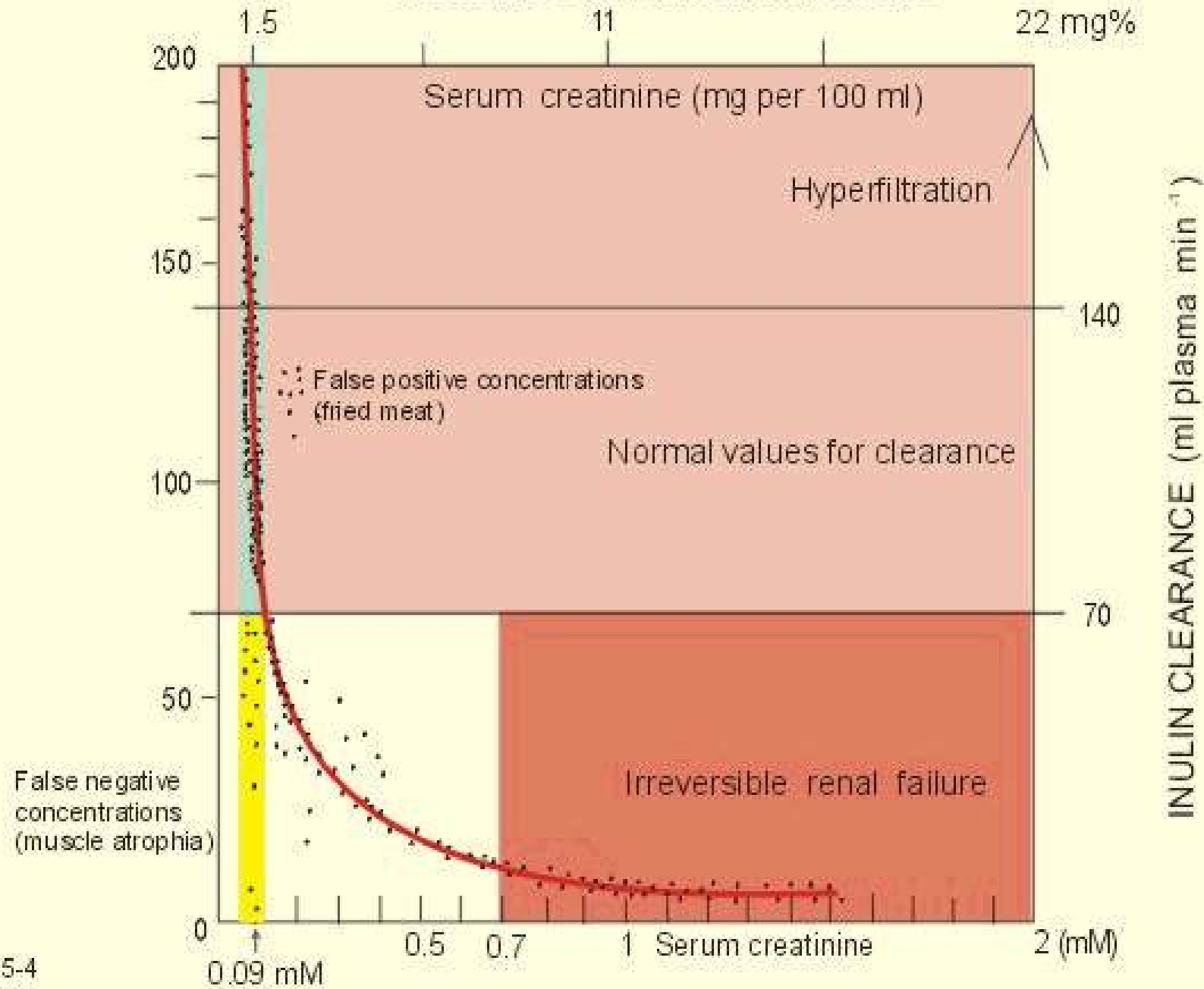


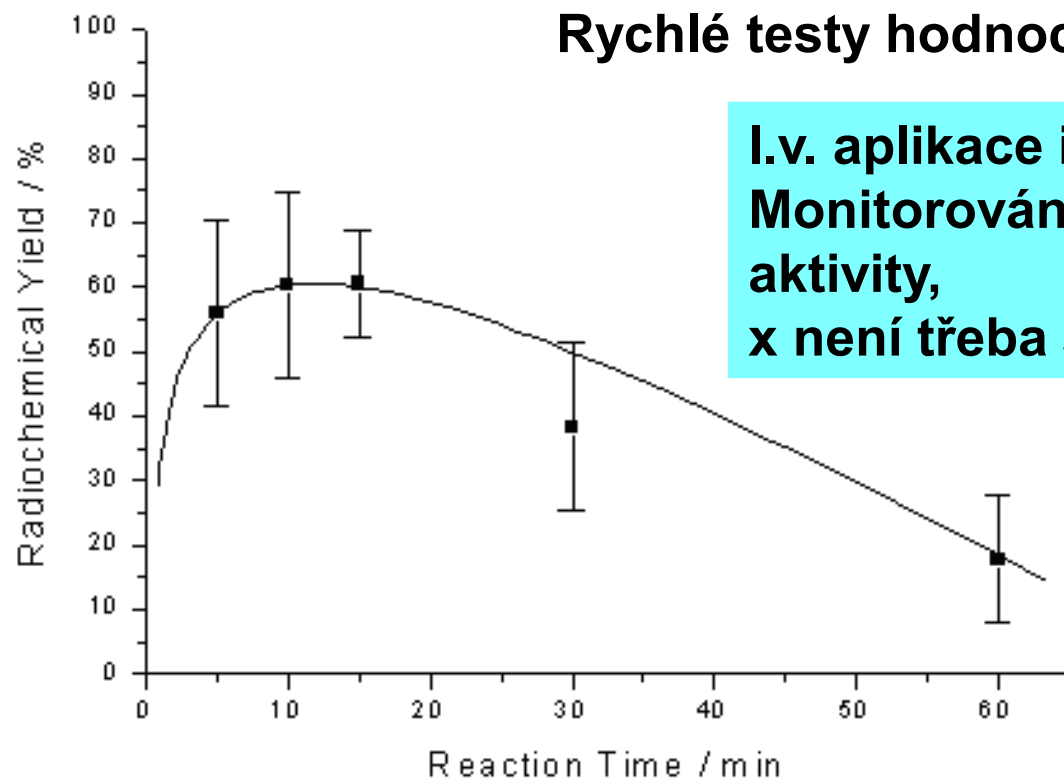
Fig. 25-4

Funkční testy

^{51}Cr - EDTA clearance

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ - DTPA clearance

Rychlé testy hodnocení glomerulární filtrace



I.v. aplikace izotopu,
Monitorování klesající plazmatické
aktivity,
x není třeba sbírat moč.

Funkční testy

Koncentrační test

Stimulační test na produkci ADH / funkci ledvin

Test měří schopnost ledvin zadržovat nebo vylučovat vodu.

Odchylky - *diabetes insipidus* = neschopnost ledvin zadržovat vodu, projevuje se frekventním močením a sekundární polydipsií (žízní).

- **centrální (hypotalamický) = nedostatek ADH**
- **periferní (nefrogenní) = porucha ledvin**

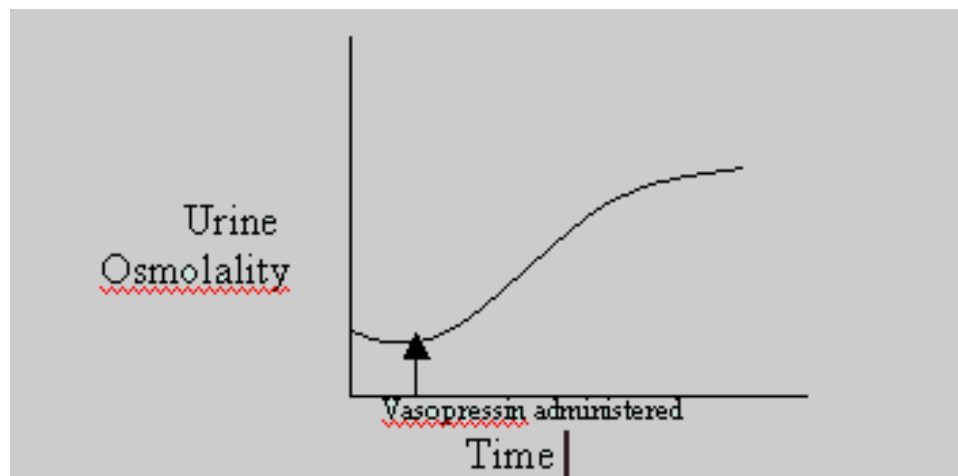
Funkční testy

Koncentrační test

Varianty provedení:

Hustota / osmolarita moči je změřena

- před a po **zátěži vodou** (zřed'ovací test),
- **36 h žíznění** (dosažená hustota / osmolarita - tabulk. hodnoty),
- **12 (16)h žíznění a podání ADH**



Funkční testy

Acidifikační test

Normální pH moči = 5 - 6

Změny:

- infekce
- vrozené / získané poruchy acidifikace ... RTA

Zátěž NH_4Cl (0,1 g/kg p.o.) ... sběr moči v 1 h intervalech

normálně: ↓ U-pH < 5,4

kontraindikace: metabolická acidóza, selhání jater, GIT nem.

↑ U-pH + metabolická acidóza = susp. ren. porucha acidifikace

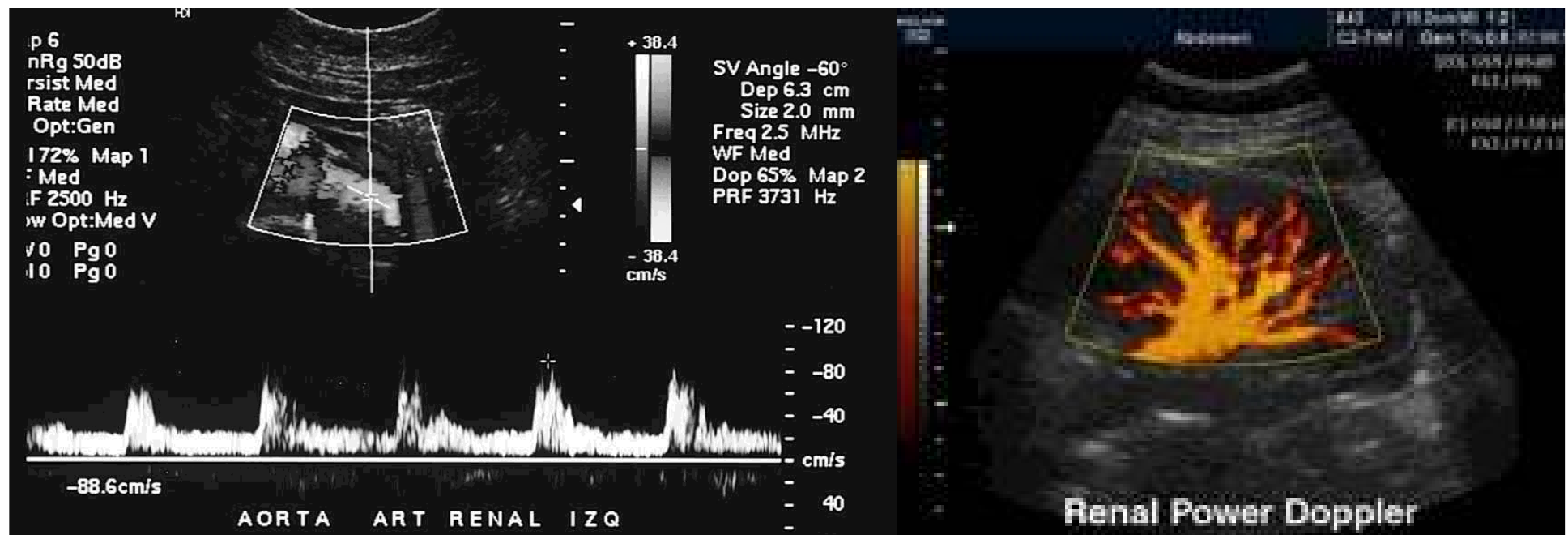
Zobrazovací metody

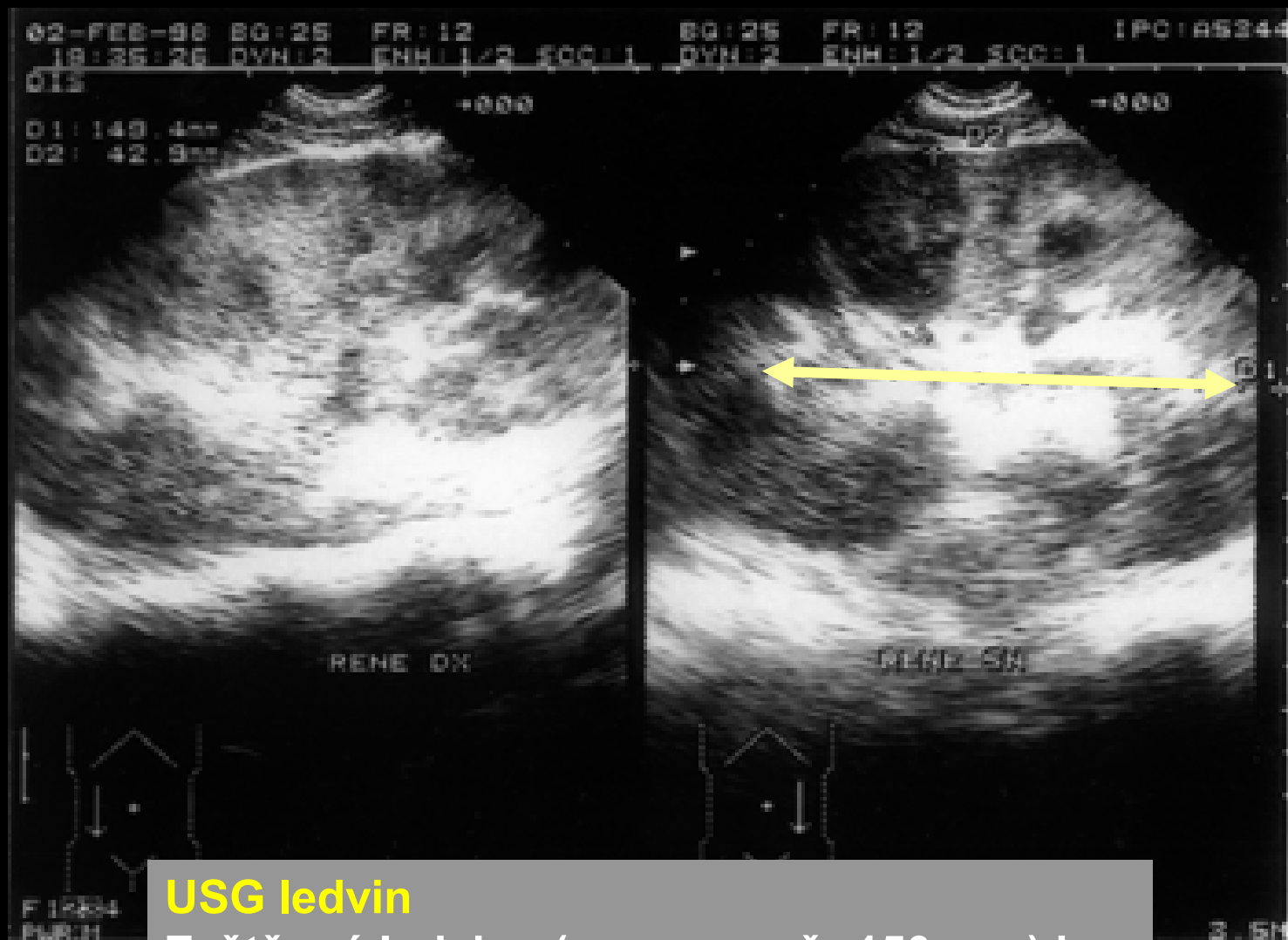
1. Ultrasonografie (USG)

Základní zobrazovací vyšetření ledvin

2D USG: Velikost, tvar, umístění, symetrie, nádory, uzliny...

Doppler / barevný Doppler: aa. renalis (stenóza)





USG ledvin

Zvětšené ledviny (max. rozměr 150 mm) bez známek obstrukce vývodných cest

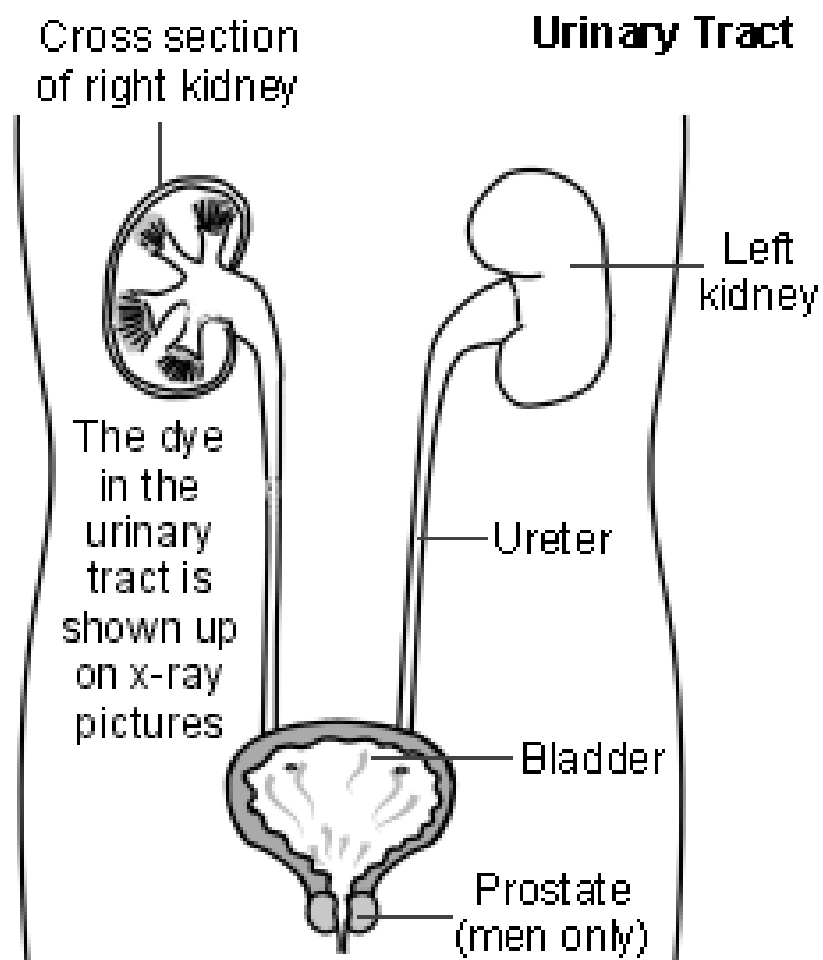
Zobrazovací metody

2. RTG vyšetření

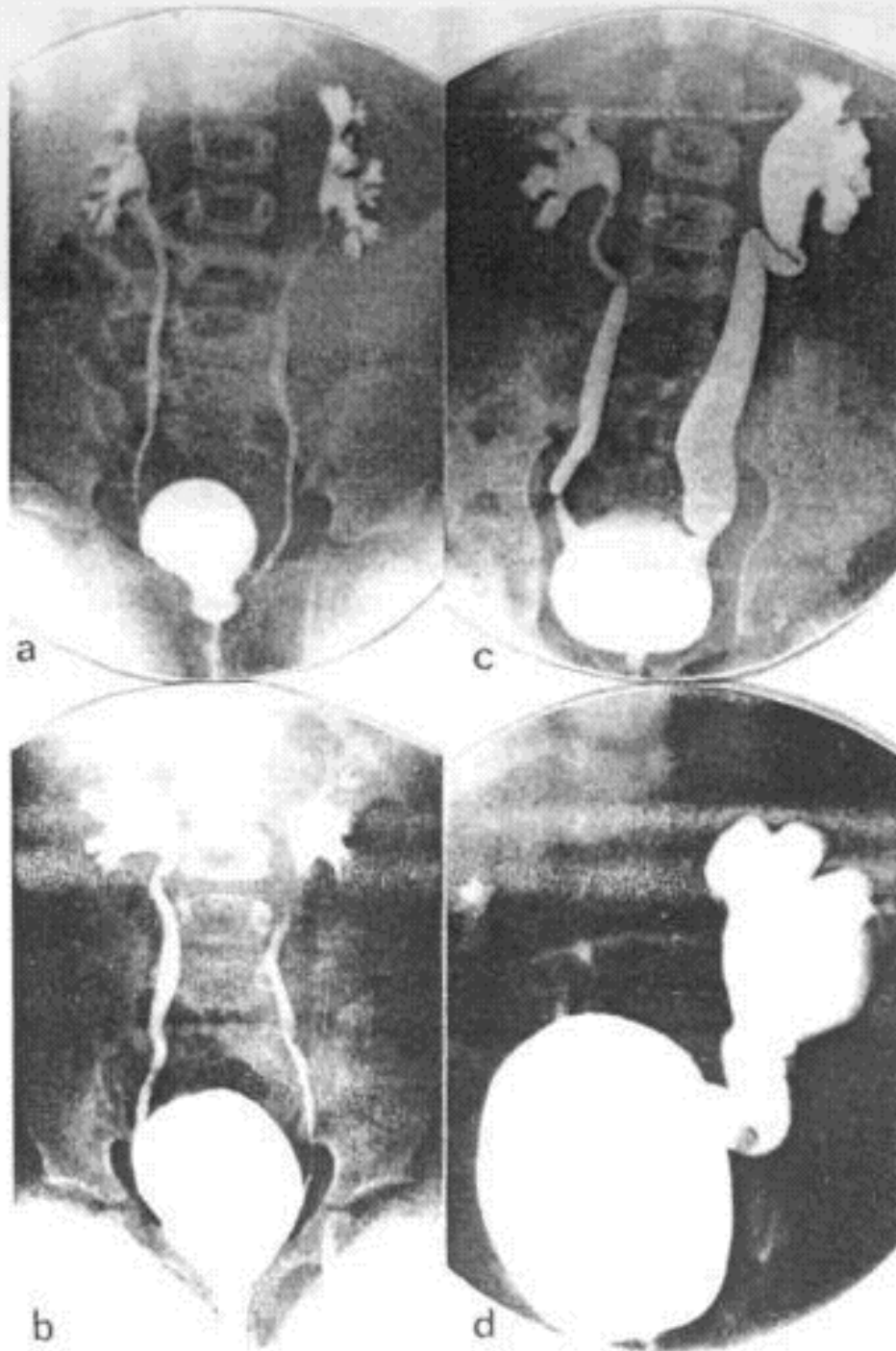
I.v. urografie (IVU)
(Ascendentní) pyelografie
/ cystouretherografie

Indikace

- Urolithiáza
- Zánět
- Hematurie
- Obstrukce



Cystouretherografie



Zobrazovací metody

3. Počítačová tomografie (CT)

4. Nukleární magnetická rezonance (MRI)

MRI: Stejná výtěžnost jako CT pro hodnocení nádorů ledviny

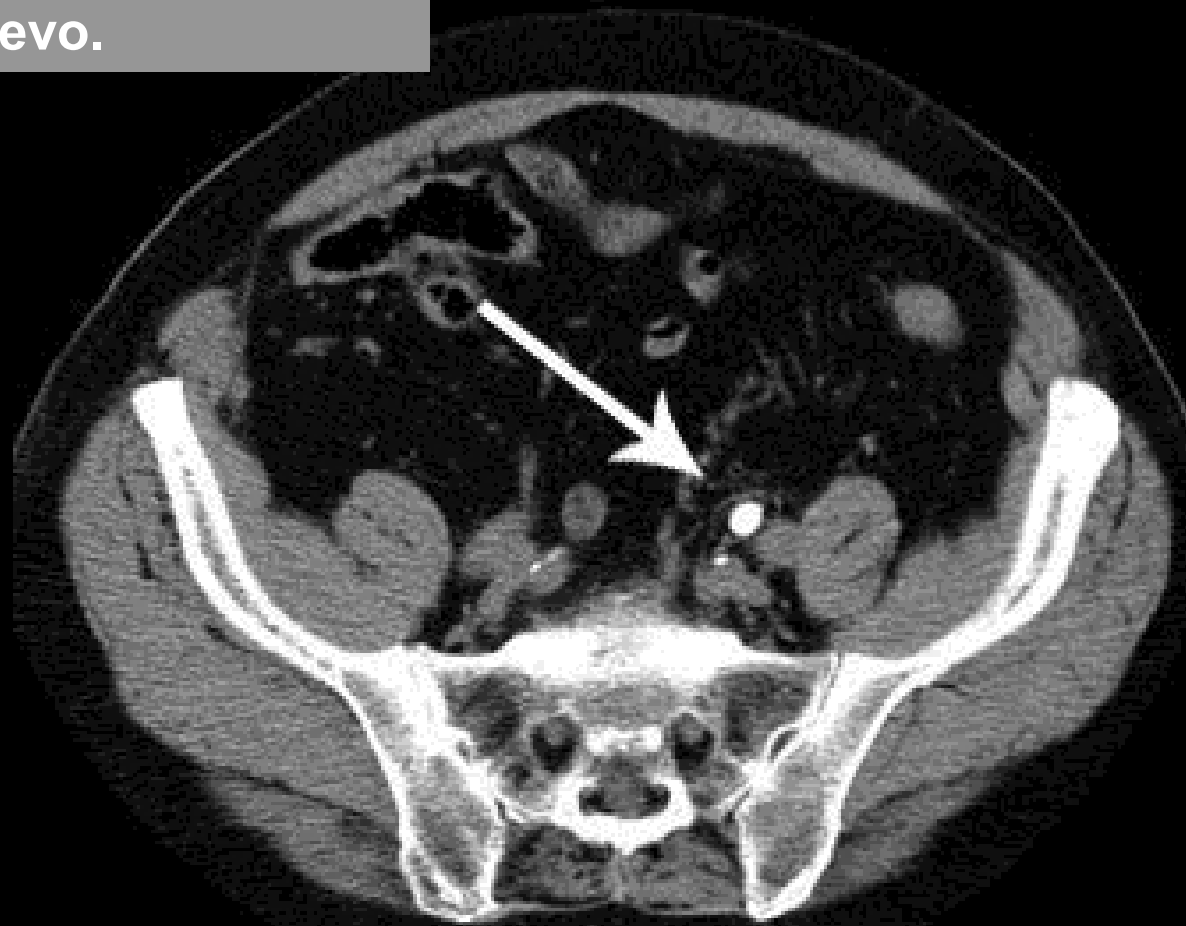
CT protokoly vyšetření ledvin:

1. Stone protocol ... CT bez kontrastu v rozsahu ledvin až močového měchýře

2. Hematuria Protocol (CT urografie) ... Nativní CT, následně podáním kontrastu, snímkování v rozsahu ledvin až močového měchýře

3. Renal Mass Protocol ... Nativní CT, následně podání kontrastu, snímkování v rozsahu ledvin.

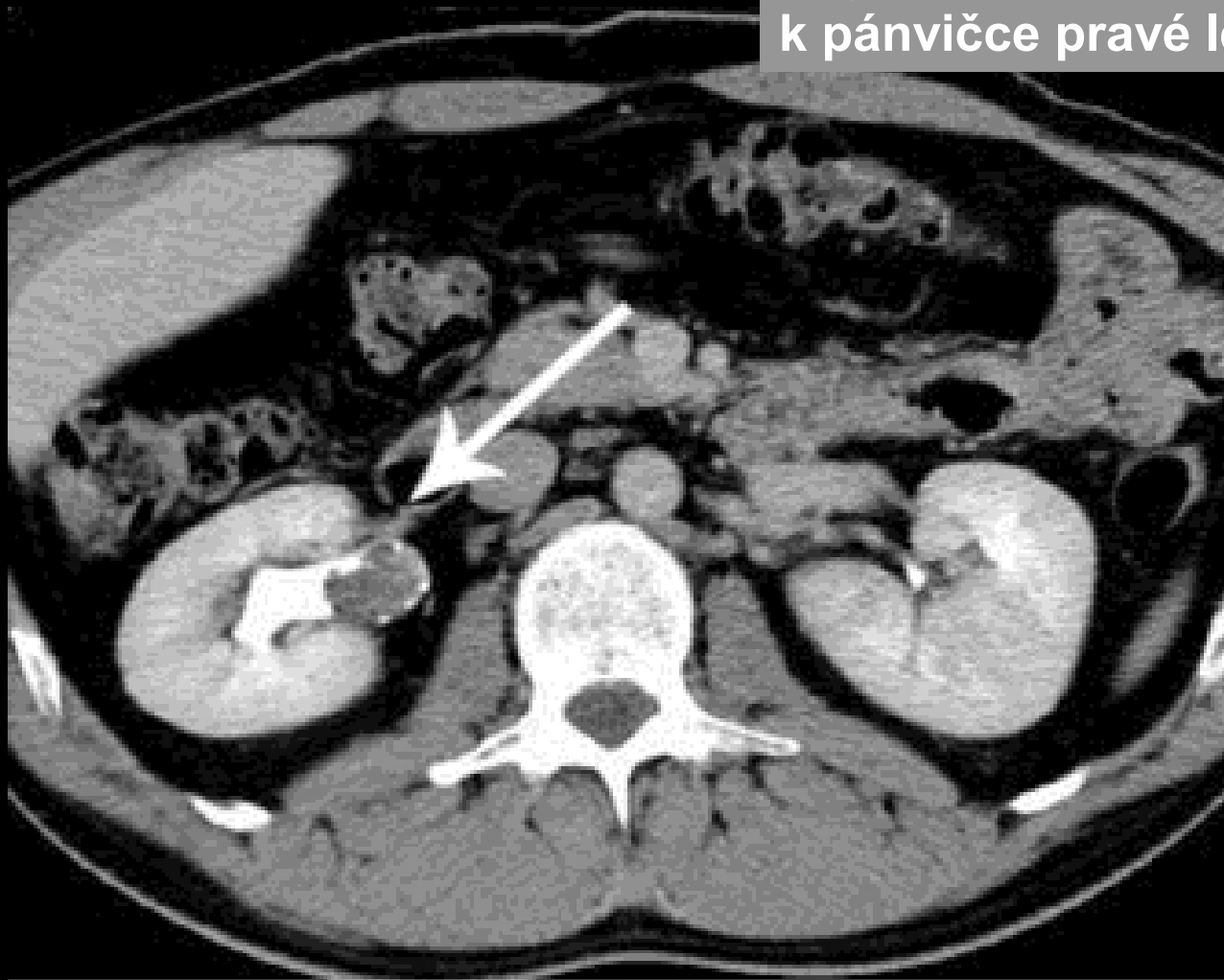
CT vyšetření bez kontrastu:
(Stone protocol)
Uretherolithiáza vlevo.



CT vyšetření:

(Renal Mass Protocol)

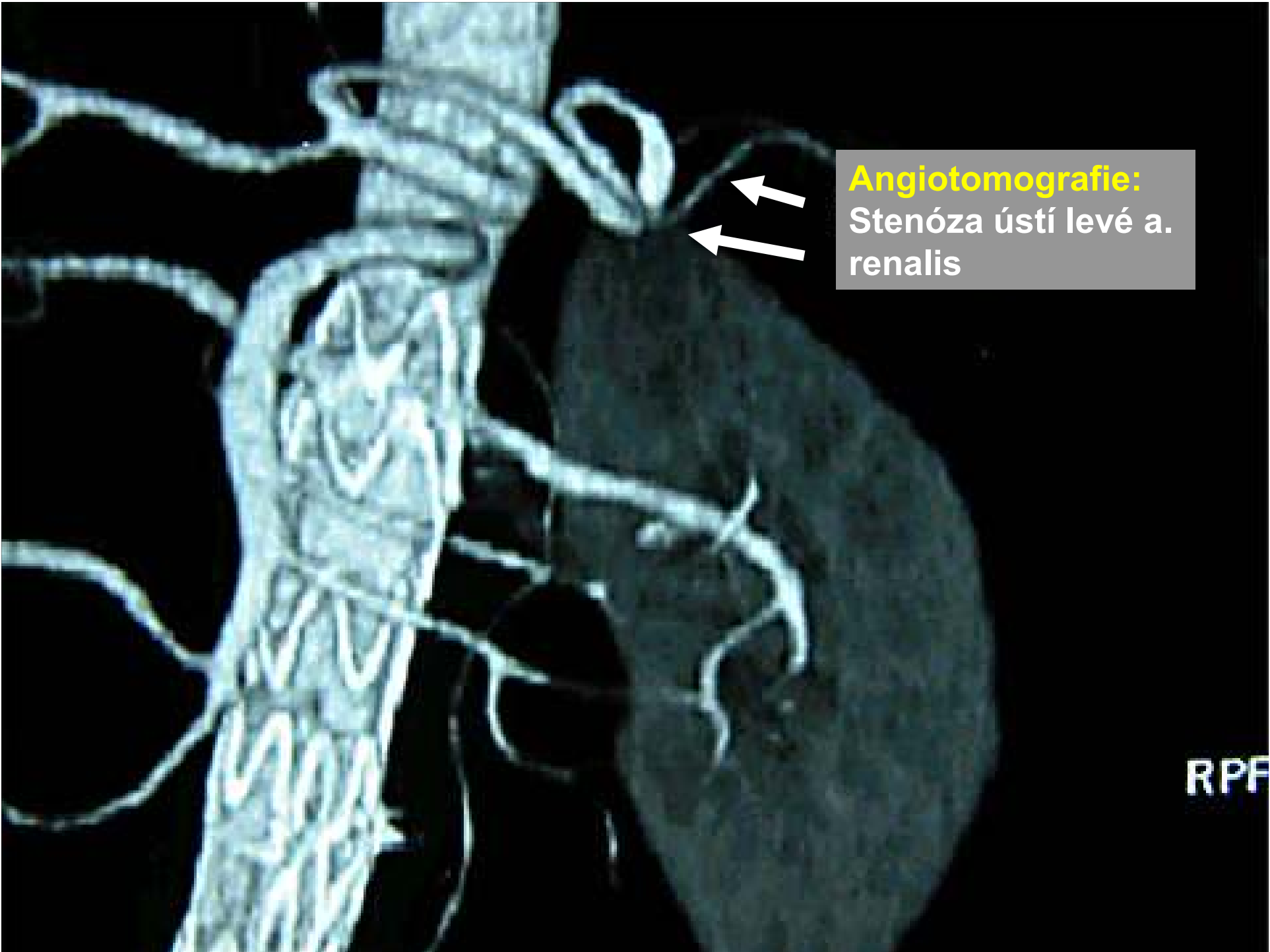
Velký uroteliální tumor zobrazující se jako defekt v náplni přiléhající k pánvičce pravé ledviny



CT urografie:

Zmenšení levé ledviny, těžká
stenóza levé a. renalis.

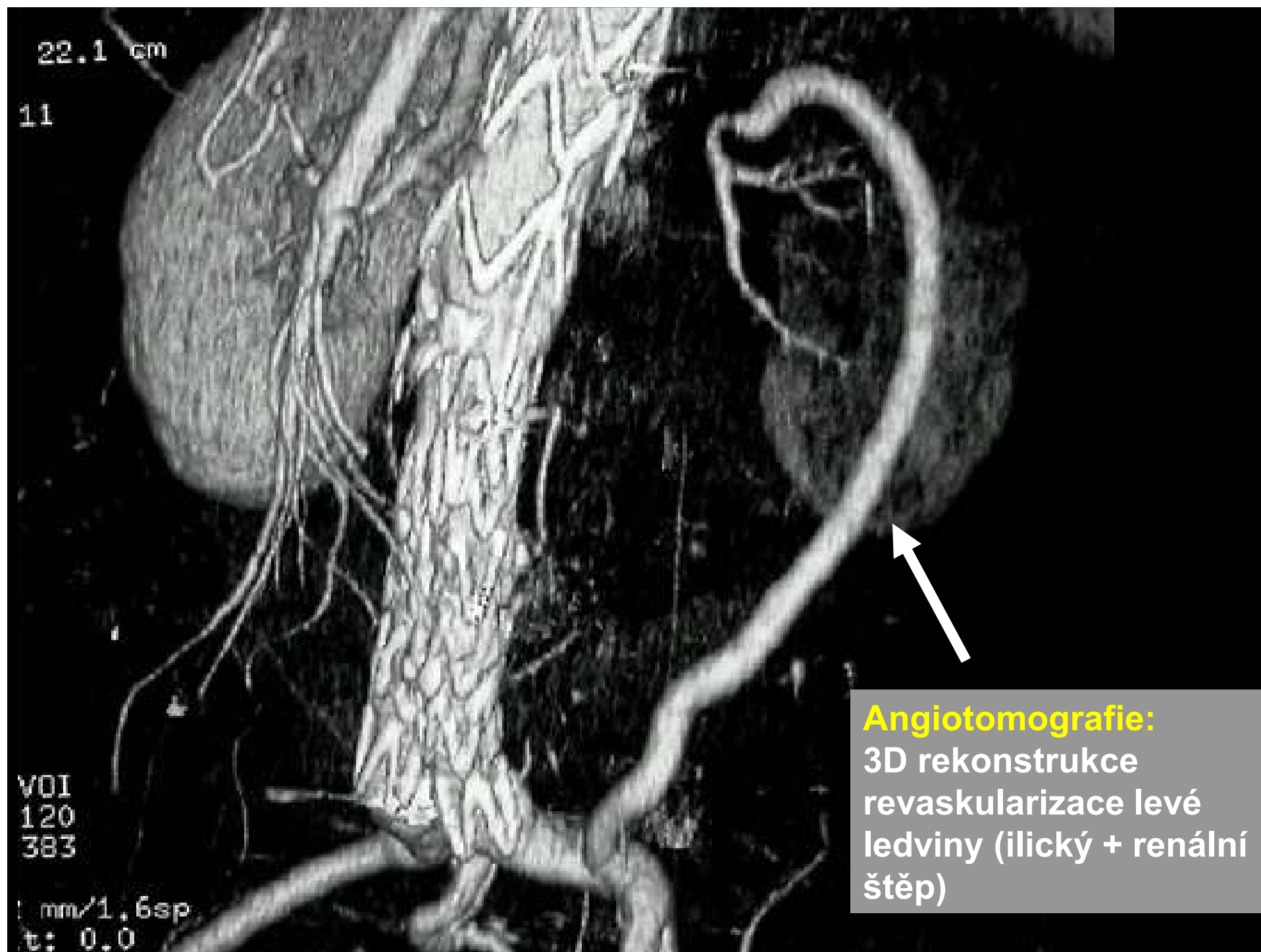




Angiotomografie:
Stenóza ústí levé a.
renalis

The image is a CT angiogram showing the abdominal aorta and its branches. The left renal artery is seen originating from the aorta, and a white arrow points to a narrowing (stenosis) at its origin. The right renal artery is also visible. The text 'RPF' is visible in the bottom right corner.

RPF



22.1 cm

11

VOI
120
383

mm/1.6sp
t: 0.0

Angiotomografie:
3D rekonstrukce
revaskularizace levé
ledviny (ilický + renální
štěp)

Zobrazovací metody

5. Scintigrafie (isotopová nefrografie)

^{99m}Tc - DTPA (diethylenetriaminpentaacetát)

Indikace

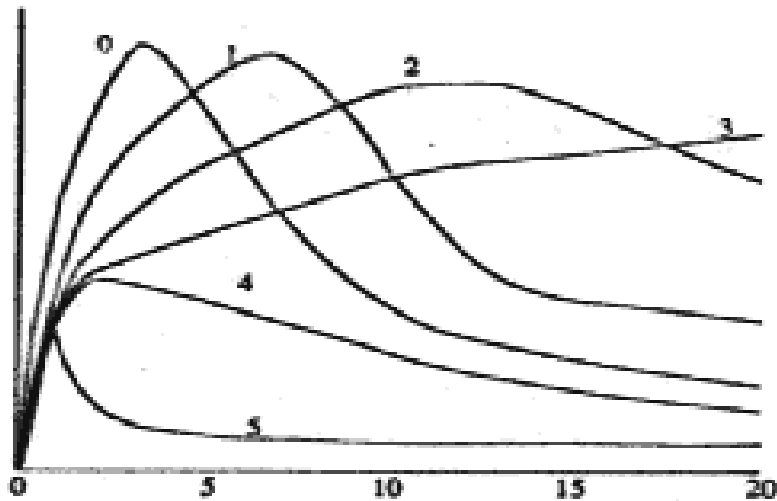
- TIN (pyelonephritis)
- Posouzení relativní funkce levé a pravé ledviny
- Akutní renální selhání
- Polycystóza ledvin
- Trauma
- Ektopie ledviny
- Infarkt
- Hypertenze
- Podkovovitá ledvina

Informace o perfuzi, funkci a exkreci ledviny.

Zobrazovací metody

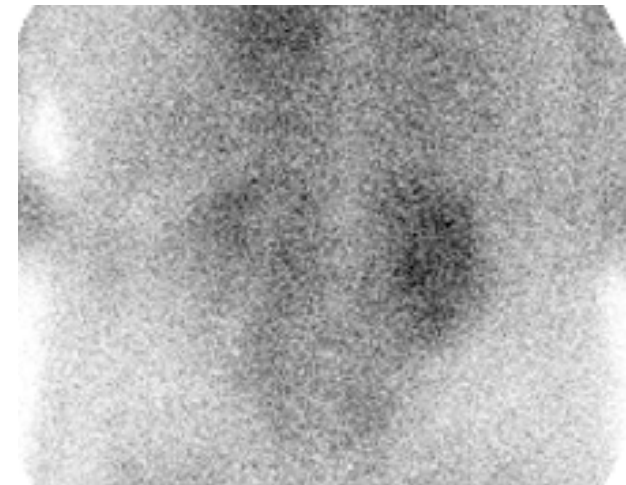
5. Scintigraphy (isotope nephrography)

^{99m}Tc - DTPA (diethylenetriaminpentaacetate)



0 ... normal curve of activity
5 ... renal failure without accumulation

assymetric ^{99m}Tc DTPA
accumulation in acute
renal failure





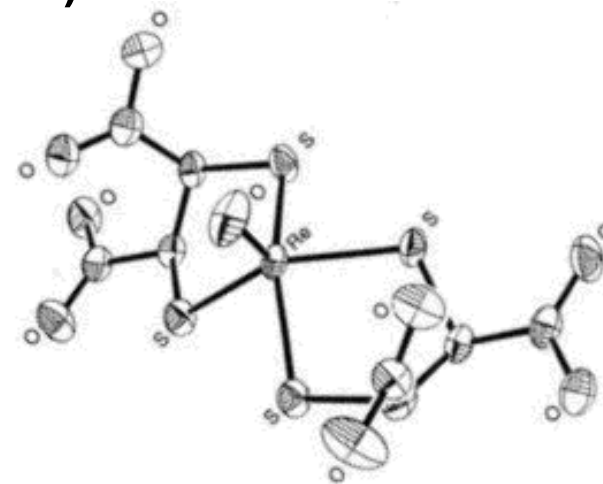
Zobrazovací metody

5. Scintigrafie (isotopová nefrografie)

^{99m}Tc - DMSA (*meso*-2,3-dimerkaptosuccinát)

Indikace

- Recentní TIN (pyelonephritis)
- Srovnání funkce obou ledvin
- Podezření na nefunkční ledvinu
- Zhodnocení kongenitálních abnormit



Vychytává se ve funkčním parenchymu ledvin

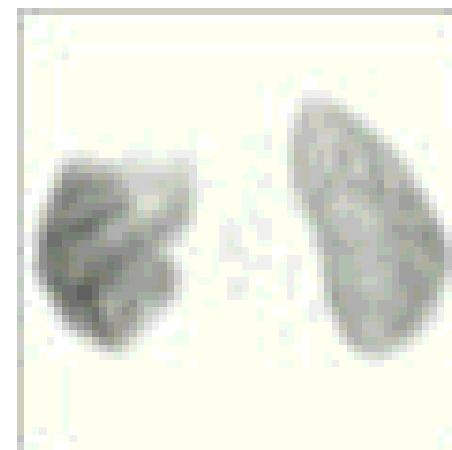
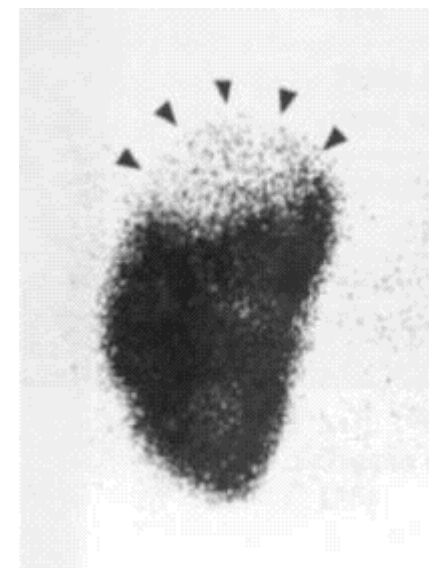
Zobrazovací metody

5. Scintigrafie (isotopová nefrografie)

^{99m}Tc - DMSA

DMSA aplikace:

1. i.v. podání ^{99m}Tc - DMSA
2. Snímkování po 3 - 4 h po dobu 30-60 min.
Tento interval umožňuje ledvinám absorbovat DMSA.



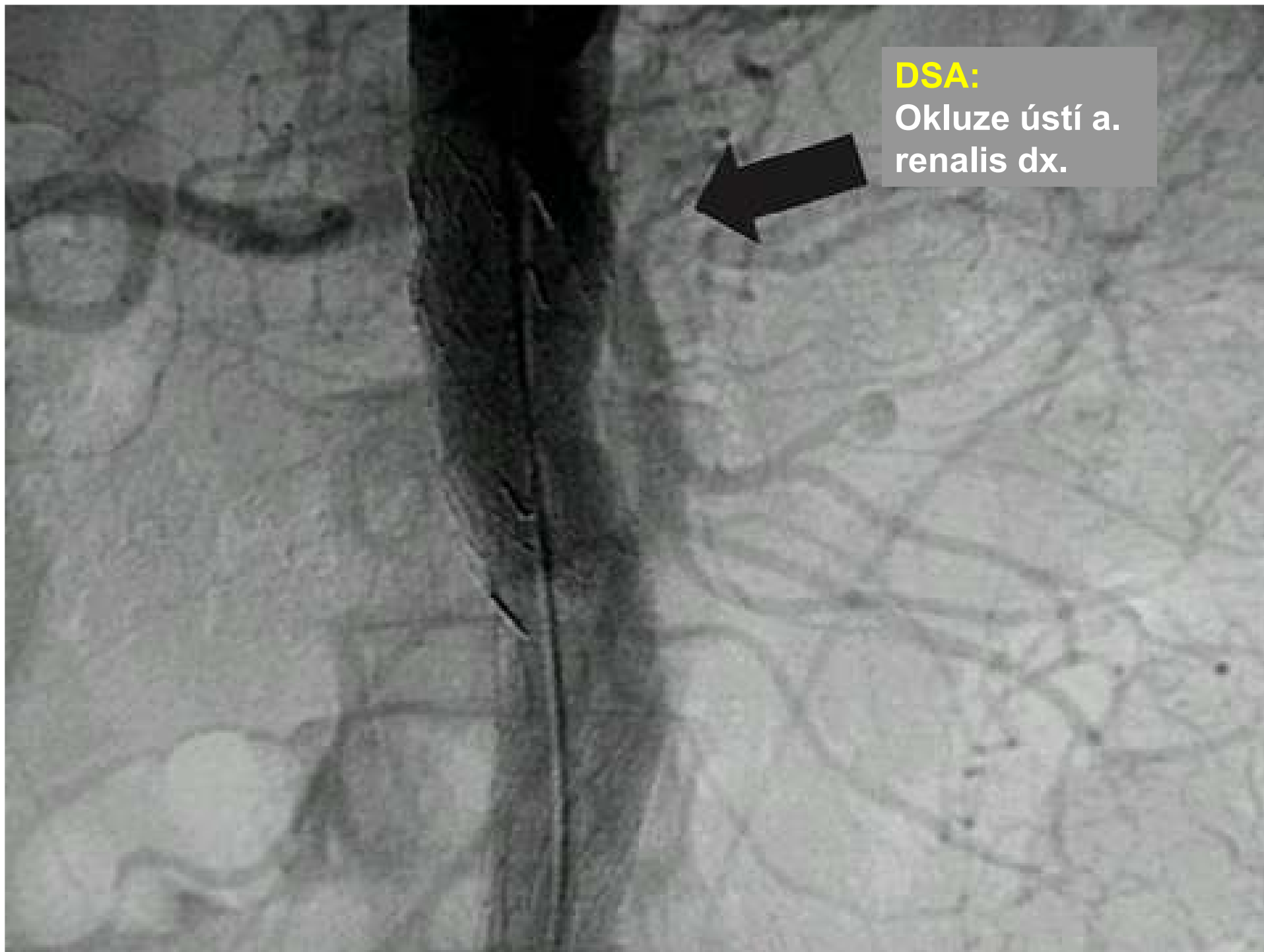
Zobrazovací metody

6. Angiografie / DSA (Digitální subtrakční angiografie)

**Aplikace kontrastu katétrem do abdominální aorty / odstupů levé
či pravé renální arterie**

**Dg.: stenóza / uzávěr renální arterie
susp. renovaskulární hypertenze
posouzení vaskularizace nádoru**

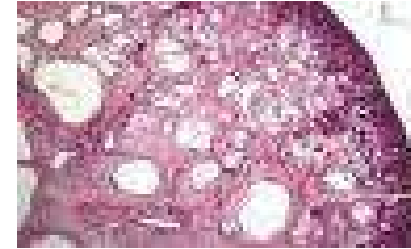
DSA:
Okluze ústí a.
renalis dx.



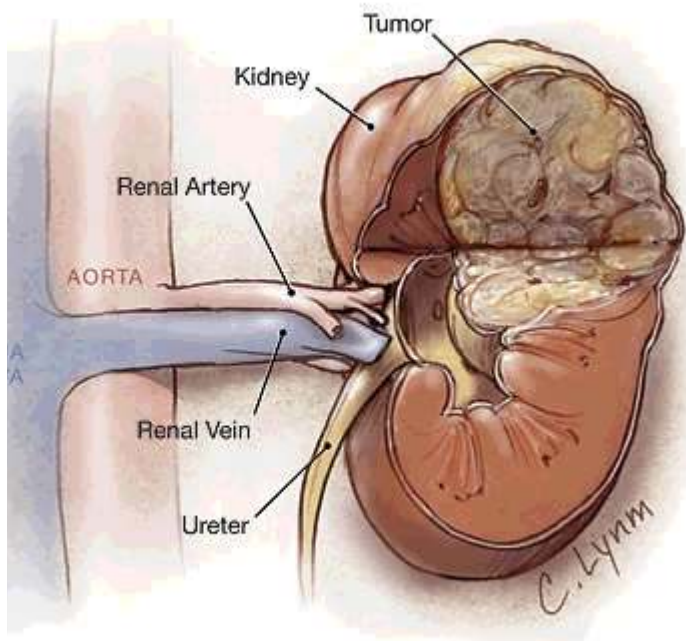
Genetika

Polycystóza ledvin

- AR, AD



Genetické rizikové faktory karcinomu ledvin



- Hippel-Lindauův (VHL) syndrom
- Tuberózní skleróza
- Birt-Hogg-Dubeho syndrom
- Hereditary non-VHL clear cell renal cell cancer
- Hereditary papillary renal cell cancer

Souhrn/ Dotazy/ komentáře ?

**Děkuji
Vám za pozornost**

- Toto je v jakékoliv formě
(PDF, PPT, PPTX atd.)
neoficiální výukový materiál
- pro interní potřebu
- nešířit
- pro dotazy kontaktujte:
Petr.Marsalek@LF1.CUNI.CZ