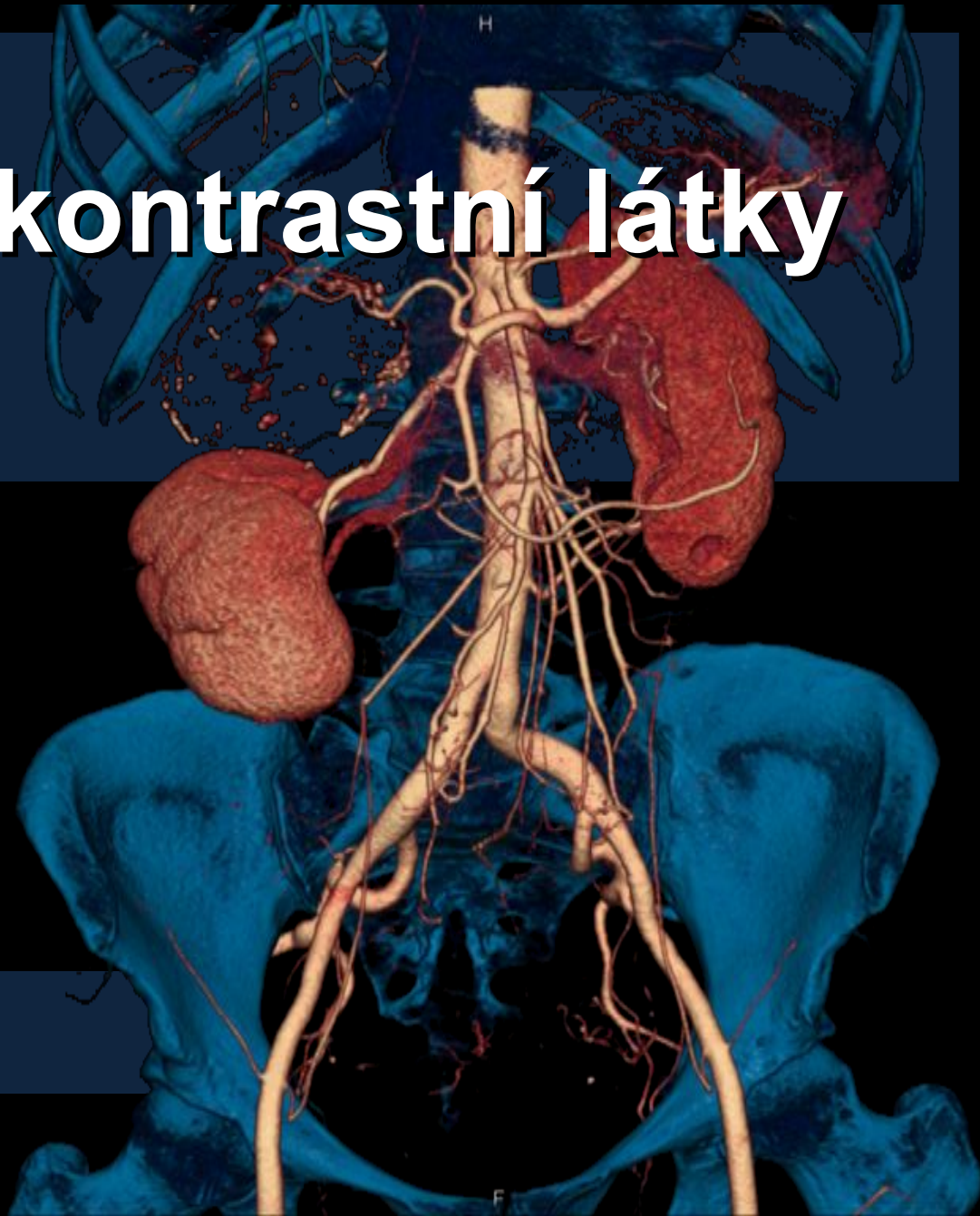


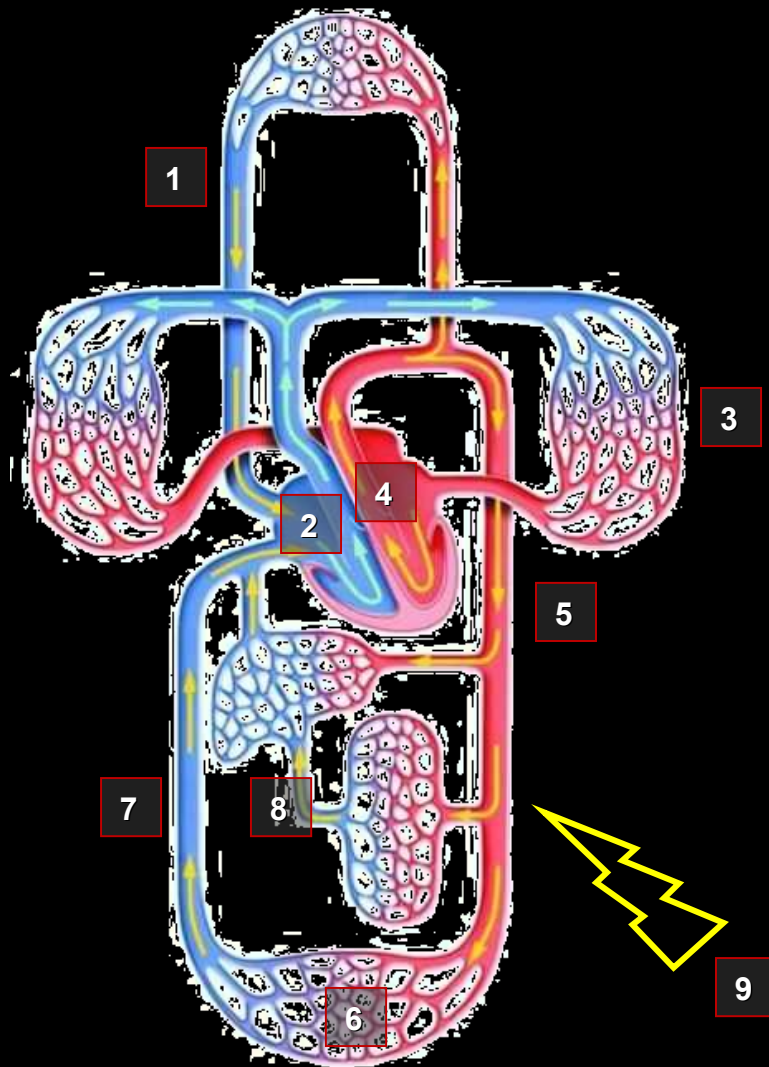
# IV aplikace kontrastní látky

fyziologické principy

H. Mírka, J. Ferda



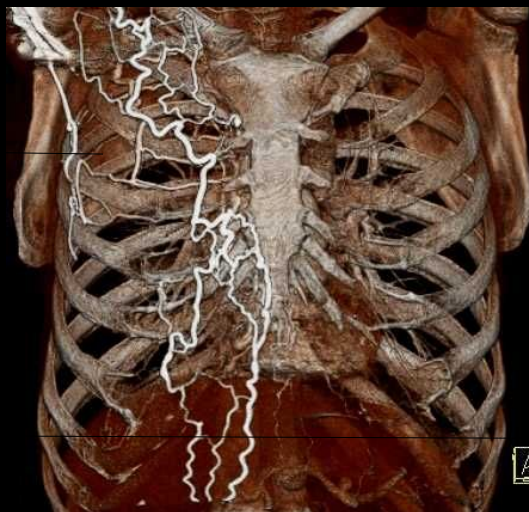
# Farmakokinetika KL



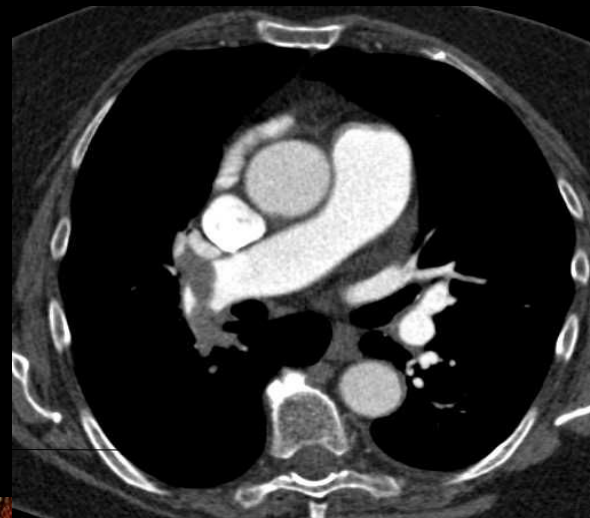
- 1 periferní žíla
- 2 pravé srdeční oddíly
- 3 plicní tepny a žíly
- 4 levé srdeční oddíly
- 5 tepny velkého oběhu
- 6 kapiláry, extracel. prostor
- 7 žíly velkého oběhu
- 8 portální systém
- 9 vyloučení ledvinami (játry)

# Cirkulační fáze a cirkulační čas I.

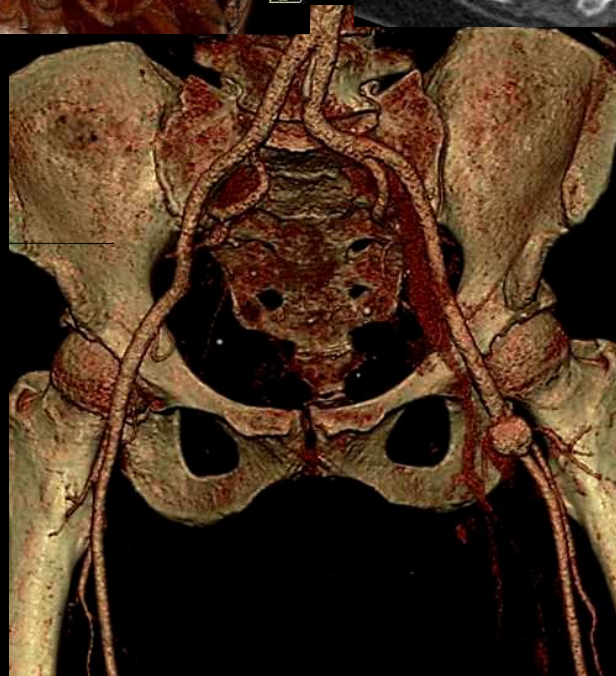
1 žilní předfáze  
(ihned po aplikaci)



2 plicní arteriální fáze  
(10-15 s)



3 systémová arteriální fáze  
(15-30 s)



# Cirkulační fáze a cirkulační čas II.

4

## žilní fáze

- . orgánová
- . systémová

(variabilně)



5

## portální fáze

(25-35 s po art. f.)



# Cirkulační fáze a cirkulační čas III.

6

kapilární fáze

*(variabilně dle orgánu)*

7

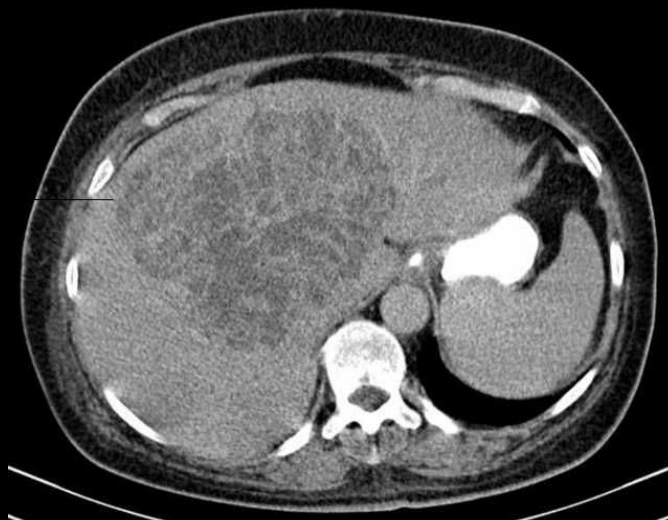
fáze ekvilibria

*(3-5 min)*

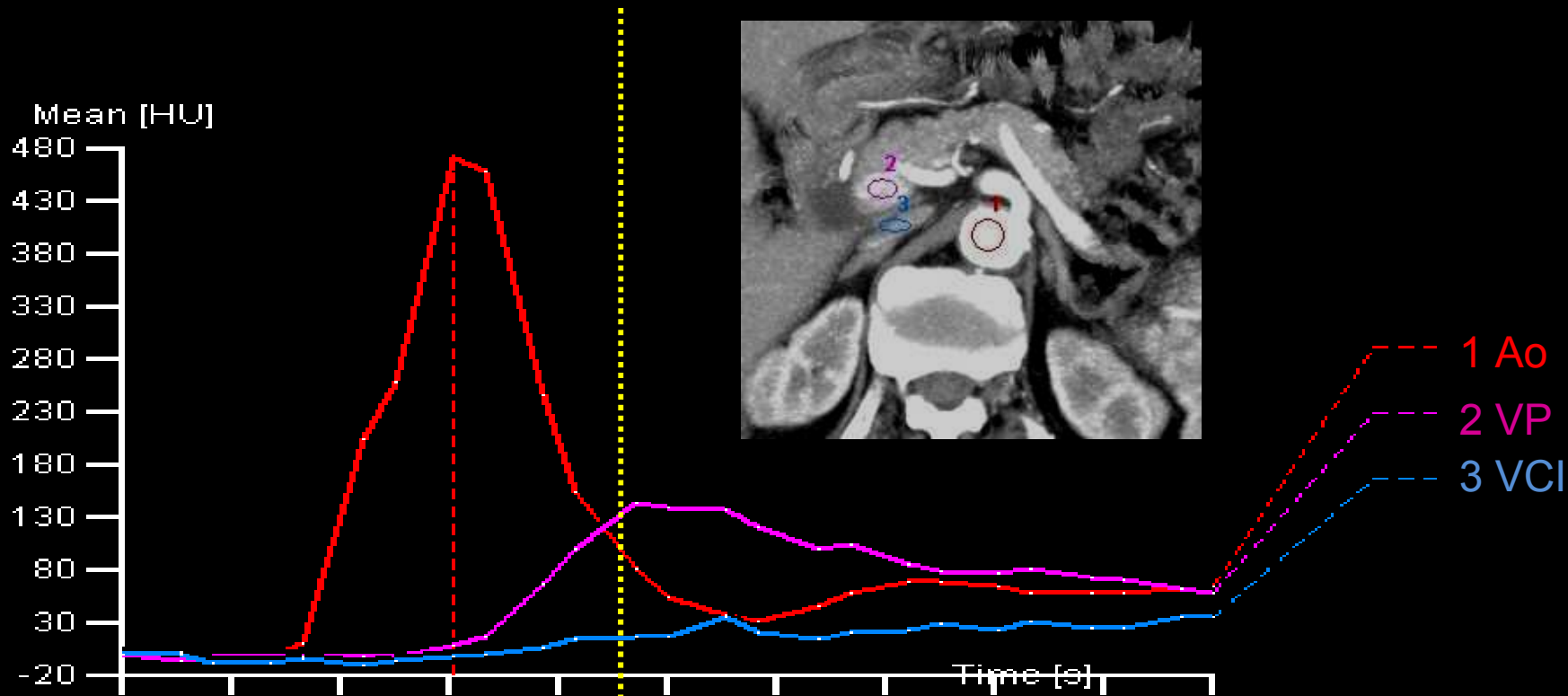
8

fáze vylučovací

*(po 3 minutě)*



# Vývoj denzit po aplikaci KL



## První oběh

(vyšší koncentrace KL)

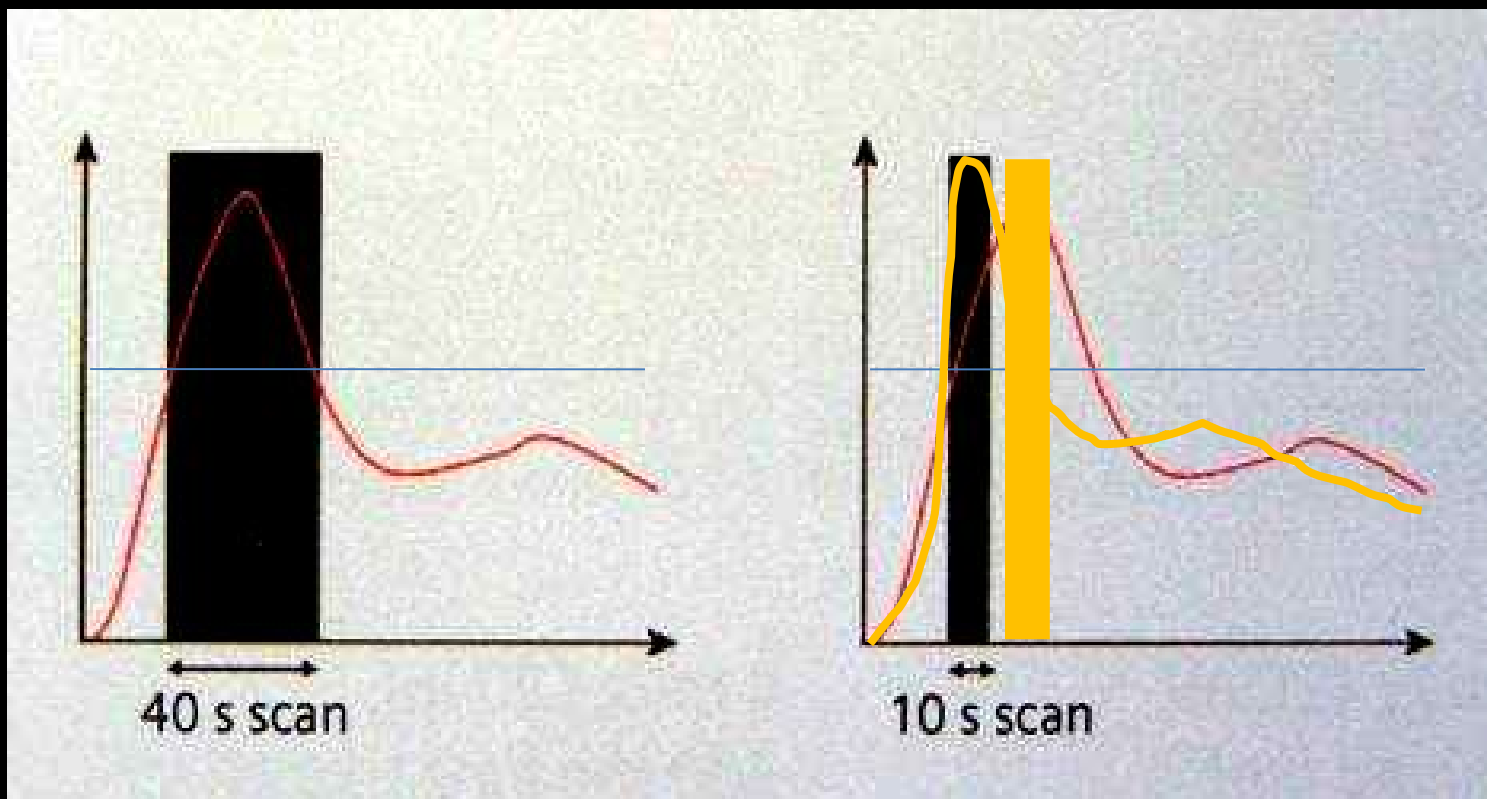
- tepny
- tepnami zásobené útvary
- perfúzní vyš.

## Recirkulace

(nižší koncentrace KL)

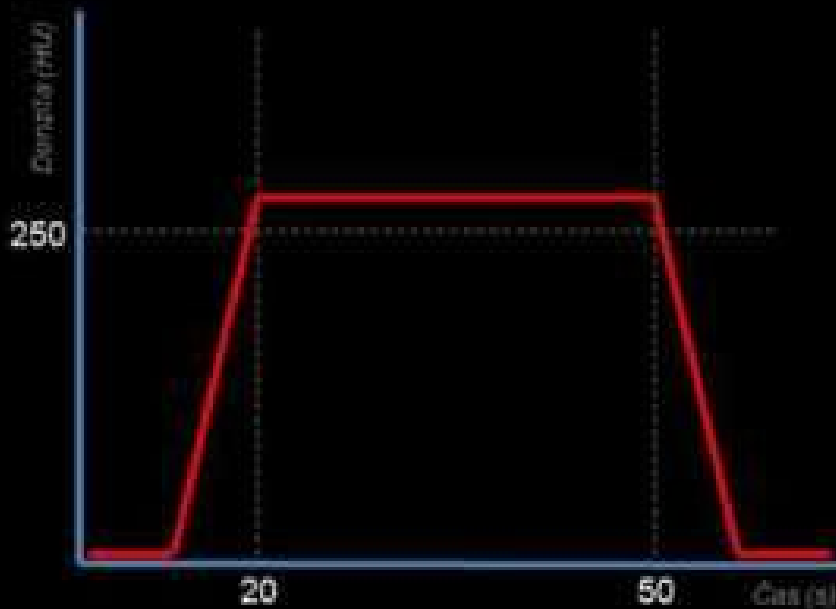
- žíly
- žilně zásobené útvary a orgány
- vylučovací fáze

Akvizice musí být spuštěna po dosažení cílové denzity, která musí přetrvávat po celou její celou dobu.

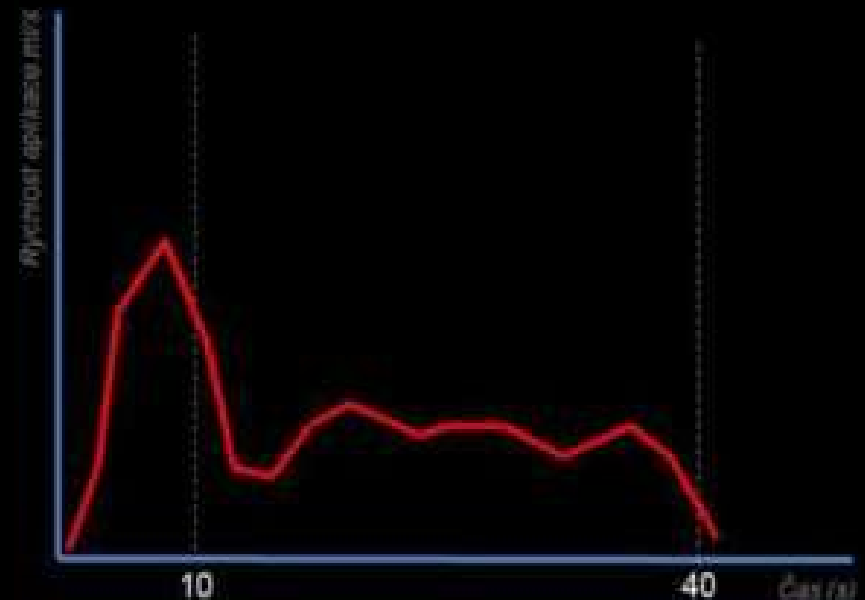


# Ideální bolus

- rychlý nárůst denzity
  - plateau po celou dobu akvizice
- ↓
- v úvodu menší objem KL větší rychlostí
  - poté zbytek pomaleji



Ideální vývoj denzit v tepně



Ideální bolus KL

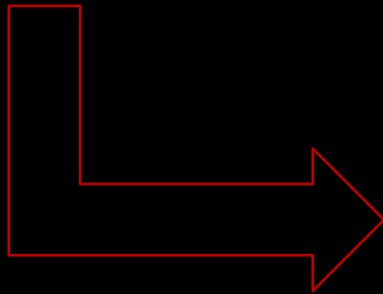
# Problémy, které musíme řešit

## 1) přesné časování akvizice dat

- určení cirkulačního času

## 2) dosažení potřebné denzity po celou dobu akvizice

- zvolení správných parametrů podání KL



Biologické faktory

Technické faktory

# Časování akvizice

## Cirkulační čas

- interval mezi podáním KL a nasycením cílové oblasti (obvykle cévy)

### 1) empirické určení

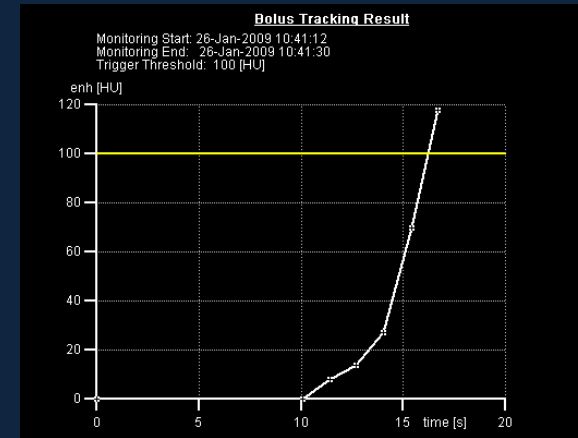
- fáze recirkulace KL - žíly, ekvilibrium, vyl. fáze

### 2) bolus timing, bolus test

- malá testovací dávka KL před vyšetřením
- ruční nastavení zpoždění v protokolu

### 3) bolus tracking, bolus monitoring

- dynamické sériové skenování během "ostré" aplikace KL
- spuštění v momentě dosažení prahu (automaticky nebo ručně)
- **nejfyziologičtější a nejpřesnější metoda**



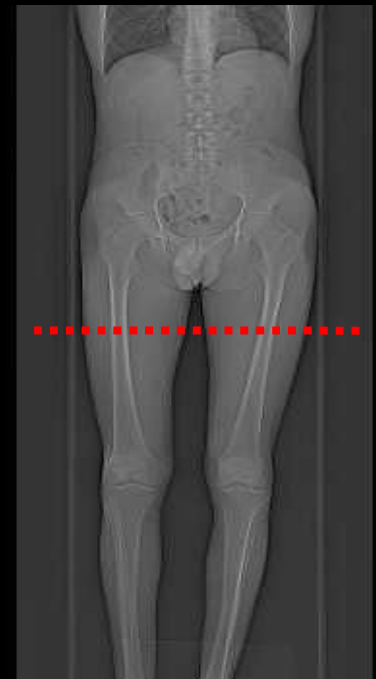
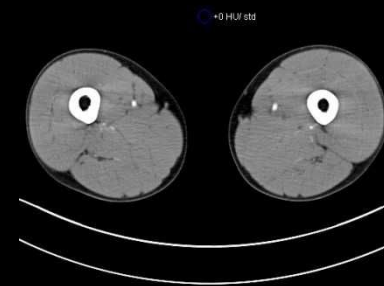
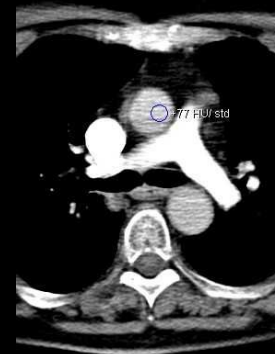
# Nastavení monitoringu

## Umístění

- začátek vyšetřovaného úseku  
pomalejší akvizice, kratší úseky
- střed vyšetřovaného úseku  
rychlejší akvizice, delší úseky  
(riziko předběhnutí KL)

## Prahová hodnota (70-120 HU)

- nízký práh  
rychlý oběh
- vysoký práh  
pomalejší oběh



Vždy je třeba připočítat čas potřebný pro nastavení a spuštění stroje (několik

# Parametry ovlivňující aplikaci KL



## Technické

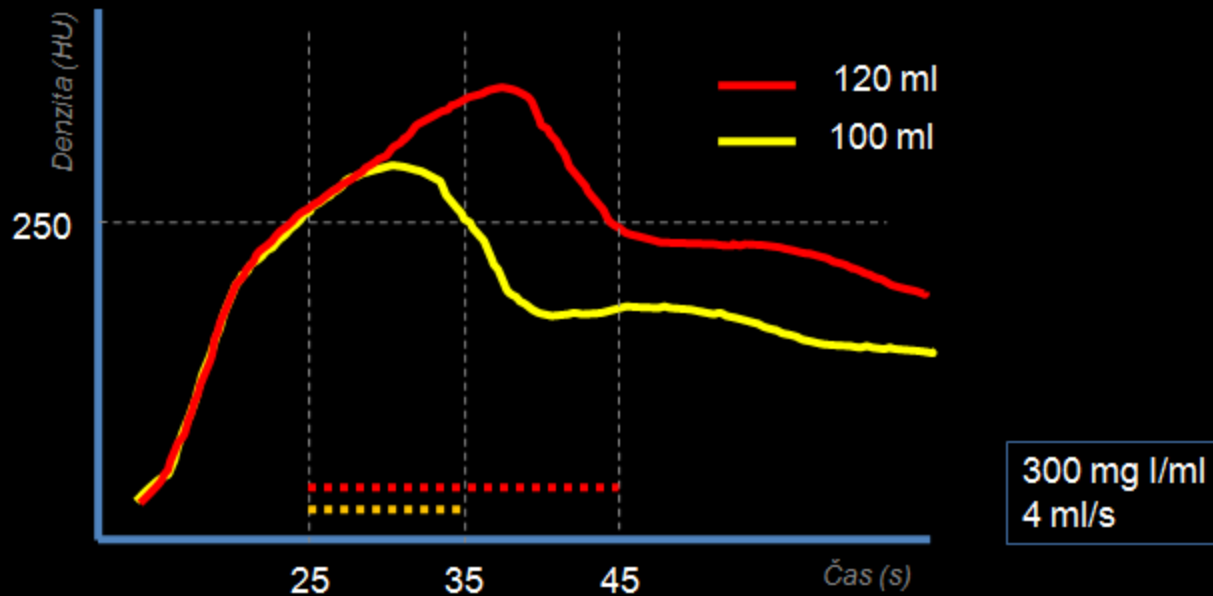
- 1) objem KL
- 2) průtok
- 3) koncentrace
- 4) příkon jódu
- 5) bifázický bolus
- 6) proplach FR

## Biologické

- 1) srdeční výdej
- 2) centrální žilní tlak
- 3) tělesná hmotnost

# Objem KL

Průtok x akviziční čas

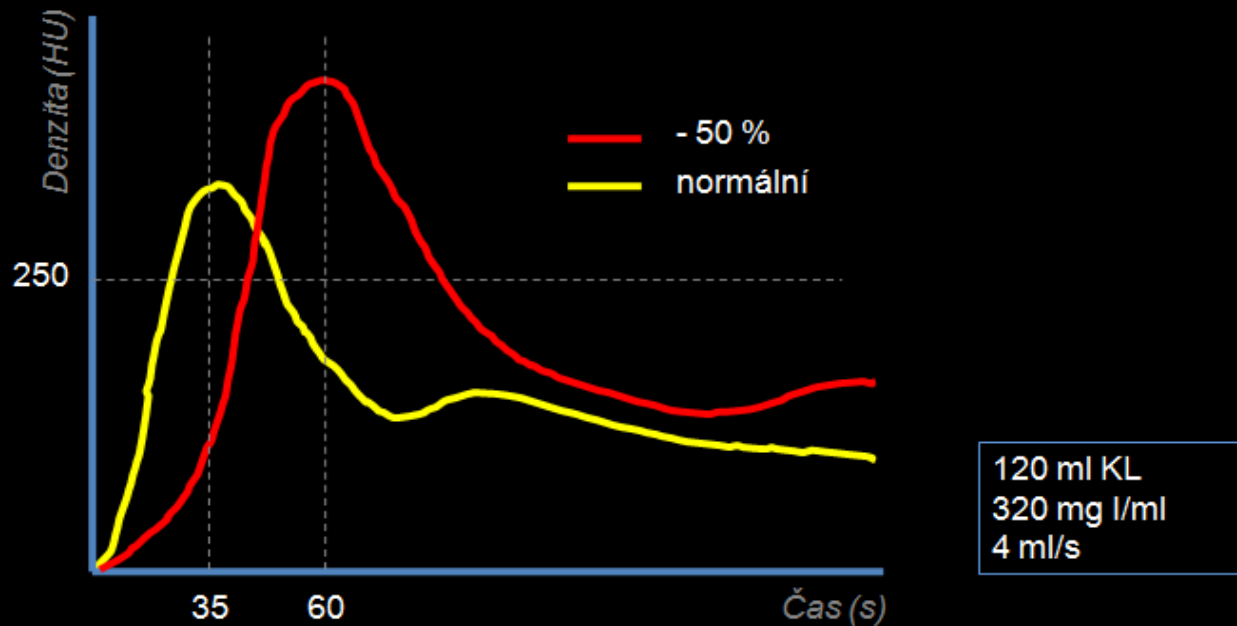


## Zvětšení objemu způsobí

- prodloužení času do maximální denzity
- zvýšení maximální denzity
- prodloužení "užitečného intervalu"

# Srdeční výdej a CŽT

- tyto údaje málokdy známe
- bolus monitoring eliminuje vliv opožděného nástupu max. denzity



- pokles srdečního výdeje ovlivňuje více první oběh
- vzestup CŽT ovlivňuje více recirkulaci a sycení parenchymu

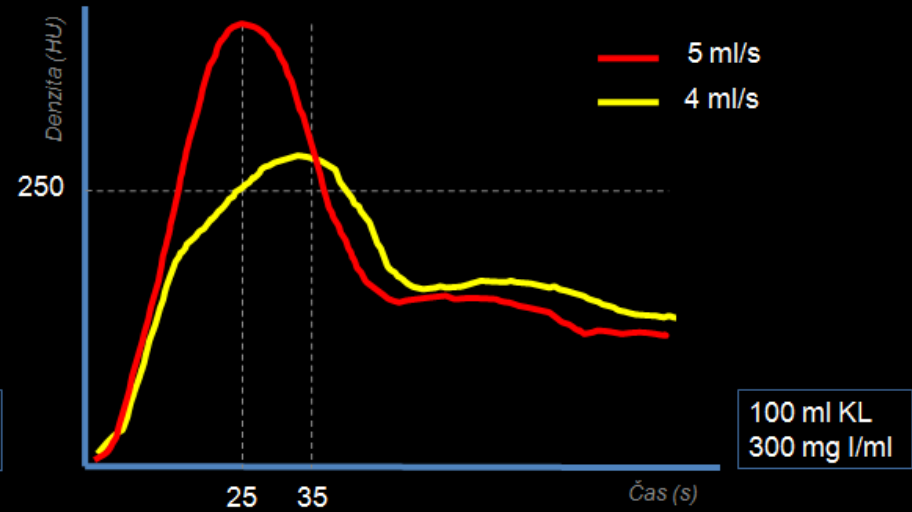
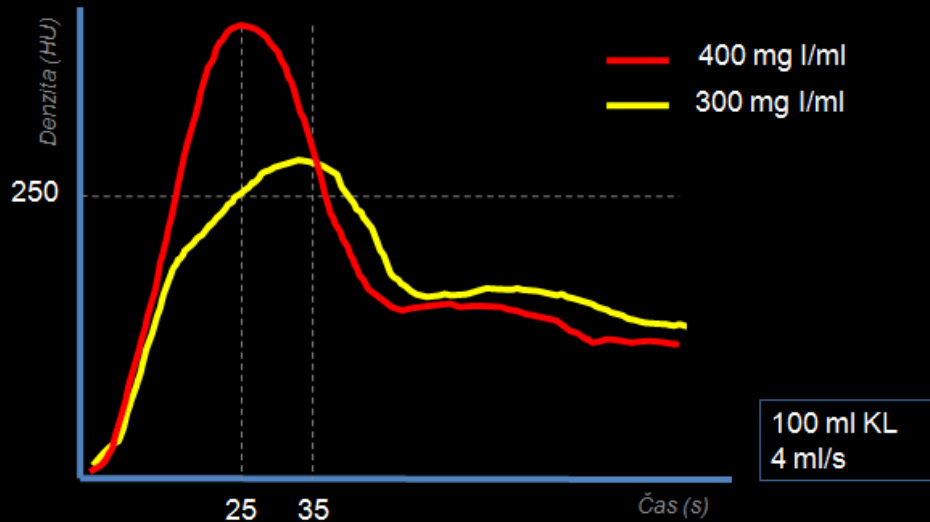
# Tělesná hmotnost

Míra kontrastního sycení je nepřímo úměrná tělesné hmotnosti

- u osob nad 90 kg je vhodné zvýšit průtok a objem KL o 20%
- u osob pod 60 kg můžeme oba parametry o 20% snížit
- hmotnost má menší vliv na sycení tepen a větší na sycení orgánů



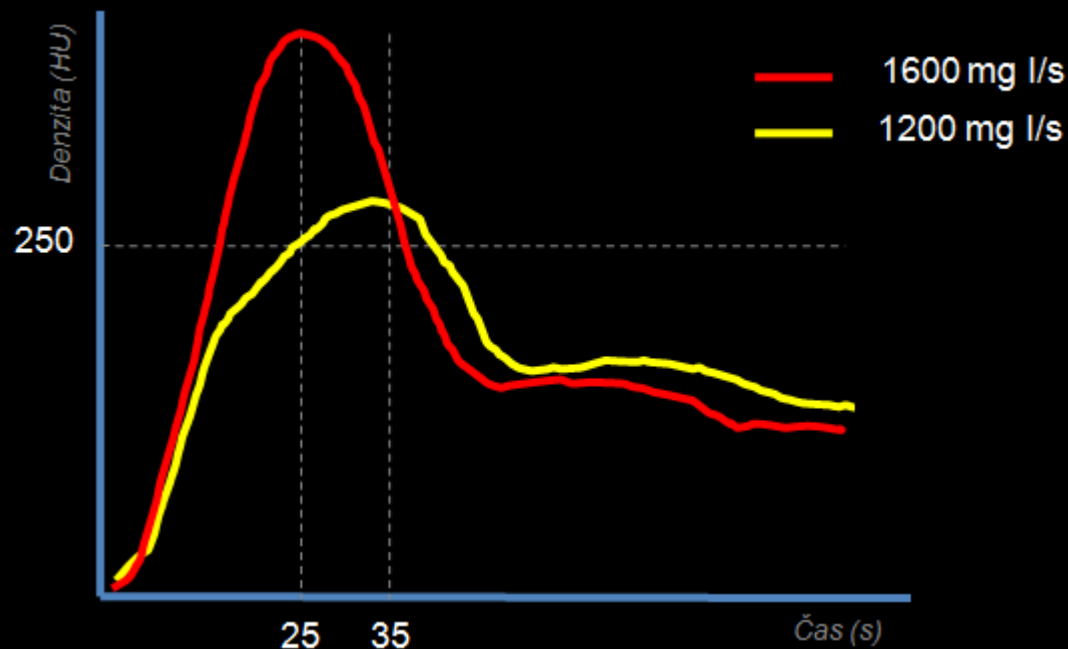
# Koncentrace a průtok KL



## Stejný efekt při zvýšení

- rychlejší vzestup denzity
- vyšší maximální denzita

# Příkon jódu



CT angiografie

1200 - 2000 mg I/s

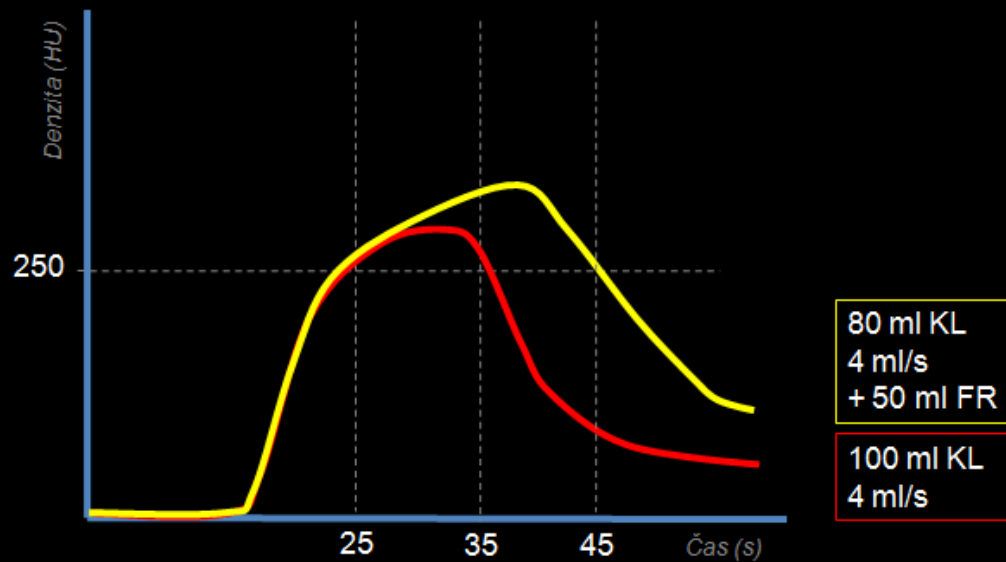
Perfúze

2000 - 5000 mg I/s

- sdružuje oba předchozí parametry
- koncentrace KL x průtok

# Proplach fyziologickým roztokem

V periferních žilách zůstává cca 15 ml KL po dobu až 1 min.



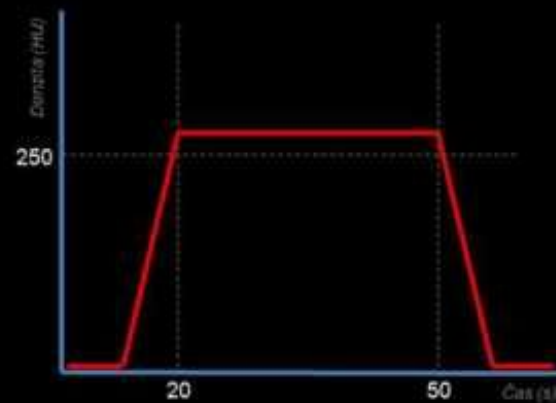
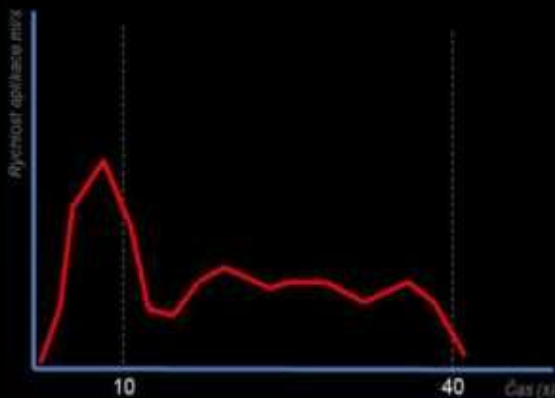
## Efekt

- 1) zvýšení denzity tepen
- 2) prodloužení užitečného intervalu
- 3) ušetří část KL (redukce o 1/5-1/3)
- 4) zmírní artefakty v okolí žil

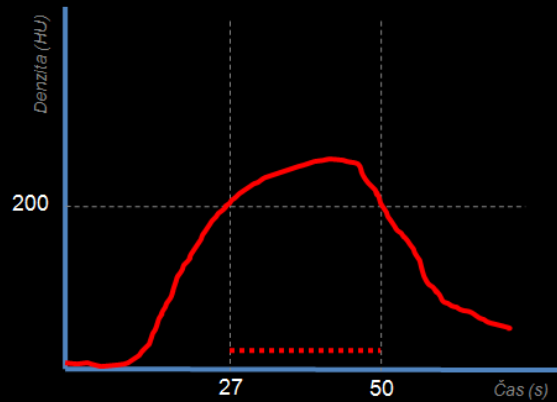
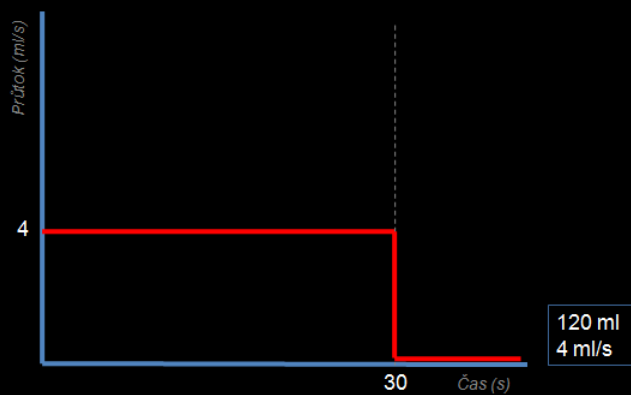
# Bifázický bolus

- na úvod menší mn. kontrastní látky větší rychlostí  
(příkon jódu cca 1800 mg I/s)
- poté zbytek kontrastu pomalejší rychlostí  
(příkon jódu  $\geq 1000$  mg I/s)
- vhodný u delších akvizic (nad 20 s)
- rychlý nástup denzit následovaný plateau
- prodloužení užitečného intervalu
- multifázický bolus

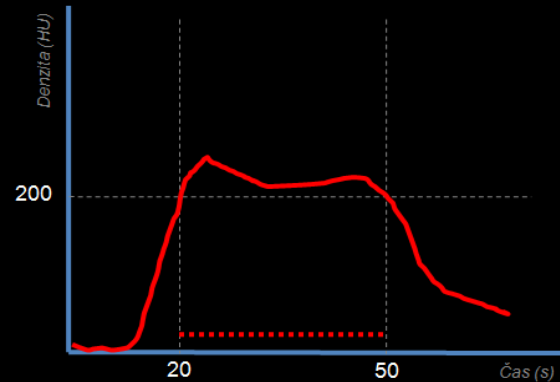
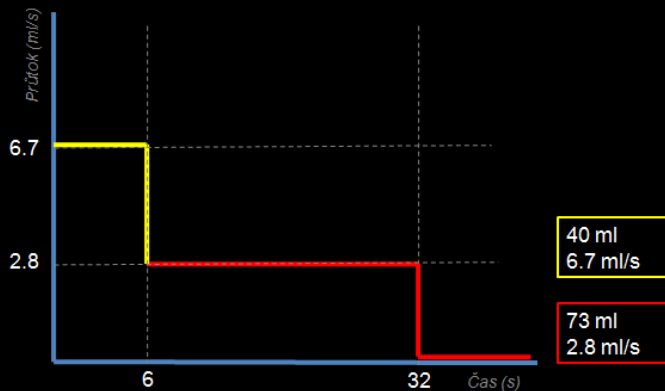
# Ideální bolus



# Monofázický bolus



# Bifázický bolus

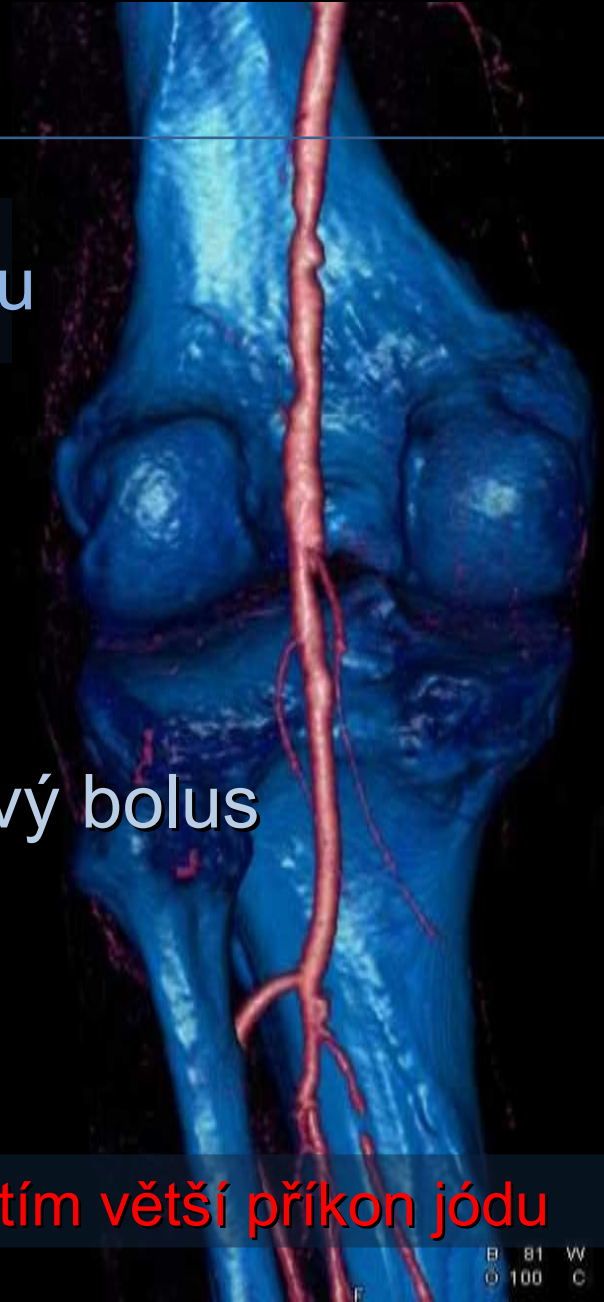


# Zobrazení tepen

Denzita závisí nejvíce na příkonu jódu

- délka aplikace = délka akvizice  
(výjimka - velmi rychlé akvizice)
- u akvizic >20 s je vhodný vícefázový bolus

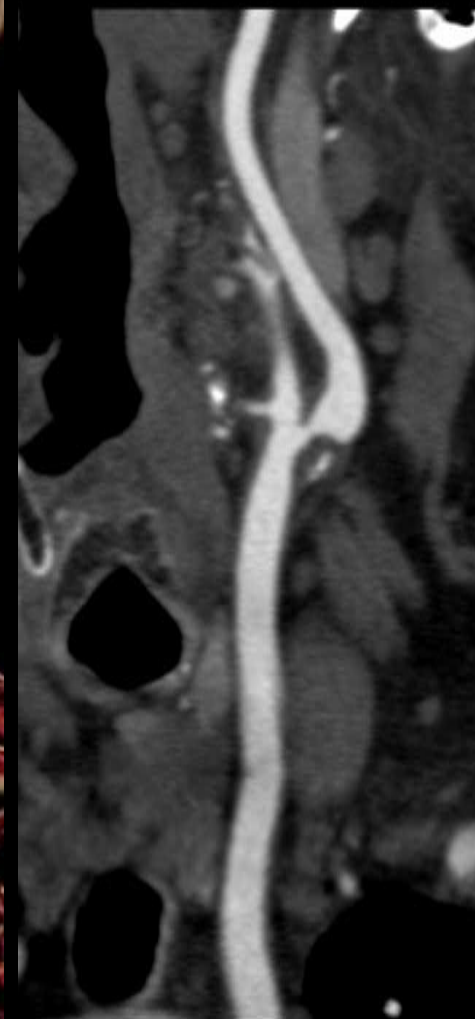
Čím kratší akvizice, tím menší množství KL a tím větší příkon jódu



# Krátká akvizice (do 20 s)

- 1) menší objemy KL
- 2) vyšší příkon jódu
- 3) monofázický bolus

*akvizice 11 s  
50 ml KL  
400 mg/ml  
4 ml/s  
1600 mg/s  
proplach FR*



# Dlouhá akvizice (>20 s)

- 1) větší objem KL
- 2) bifázický bolus



## Bifázický bolus

Objem KL	Rychlost aplikace	Příkon Jódu	Aplikační čas
20 ml	5 ml/s	2000 mgI/s	4 s
80 ml	3,2ml/s	1200 mgI/s	25 s

# Příklady bifázického podání KL

Acquisition time (s)	Scanning delay (s)	Iodine		300 mg I/ml CM		350 mg I/ml CM		400 mg I/ml CM	
		Total dose (g)	Biphasic iodine-flux (g @ g/s)	Total volume (ml) <sup>a</sup>	Biphasic injections (ml @ ml/s) <sup>a</sup>	Total volume (ml) <sup>b</sup>	Biphasic injections (ml @ ml/s) <sup>b</sup>	Total volume (ml) <sup>c</sup>	Biphasic injections (ml @ ml/s) <sup>c</sup>
40	$t_{\text{CMT}+2}$	42	9 @ 1.8 + 33 @ 0.95	140	30 @ 6 + 110 @ 3.1	120	25 @ 5.1 + 95 @ 2.7	105	23 @ 4.5 + 82 @ 2.4
35	$t_{\text{CMT}+2}$	39	9 @ 1.8 + 30 @ 1.0	130	30 @ 6 + 100 @ 3.3	110	25 @ 5.1 + 85 @ 2.9	100	23 @ 4.5 + 77 @ 2.5
30	$t_{\text{CMT}+2}$	36	9 @ 1.8 + 27 @ 1.1	120	30 @ 6 + 90 @ 3.6	105	25 @ 5.1 + 80 @ 3.1	90	23 @ 4.5 + 67 @ 2.7
25	$t_{\text{CMT}+2}$	33	9 @ 1.8 + 24 @ 1.2	110	30 @ 6 + 80 @ 4.0	95	25 @ 5.1 + 70 @ 3.4	85	23 @ 4.5 + 62 @ 3.0
20	$t_{\text{CMT}+2}$	30	9 @ 1.8 + 21 @ 1.25	100	30 @ 6 + 70 @ 4.2	85	25 @ 5.1 + 60 @ 3.6	75	23 @ 4.5 + 52 @ 3.1
15	$t_{\text{CMT}+2}$	27	9 @ 1.8 + 18 @ 1.35	90	30 @ 6 + 60 @ 4.5	80	25 @ 5.1 + 55 @ 3.8	70	23 @ 4.5 + 47 @ 3.4

CM, contrast medium;  $t_{\text{CMT}}$  CM transit time, as established with a test bolus or bolus-triggering technique

# Zobrazení portálního řečiště

Denzita závisí nejvíce na celkovém množství jódu

- pro vzestup denzity o 50 HU je třeba 521 mgI/kg

= 1.3 ml/kg KL o koncentraci 400 mgI/ml

= 1.5 ml/kg KL o koncentraci 350 mgI/ml



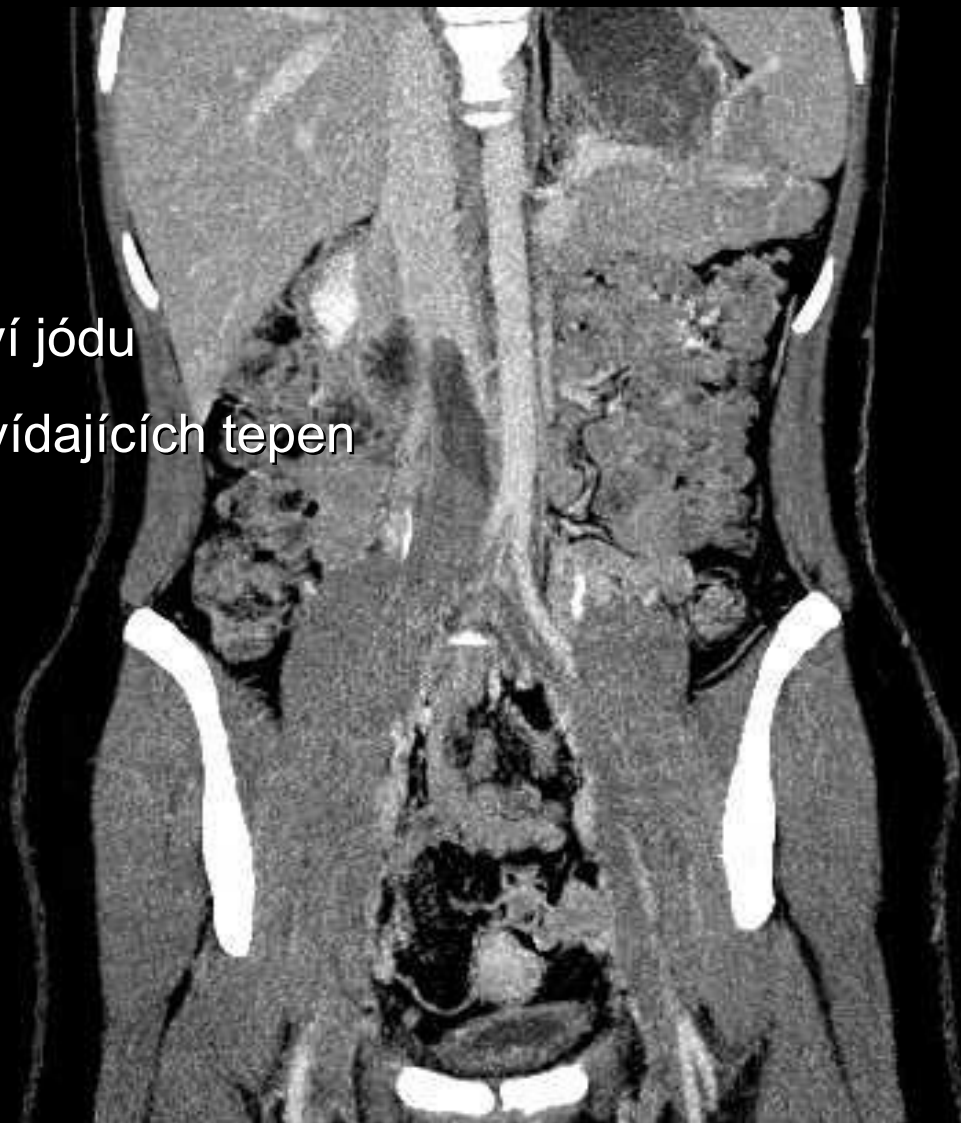
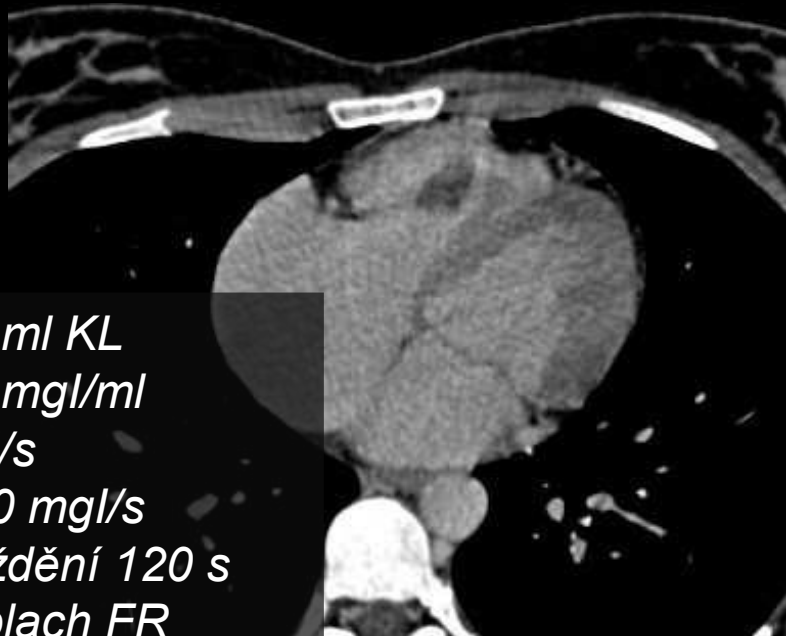
100 ml KL  
400 mgI/ml  
4 ml/s  
1600 mgI/s  
zpoždění 50 s  
proplach FR



# Zobrazení systémových žil

## Nepřímá venografie

- zobrazení ve fázi recirkulace
- denzita žil závisí na celk. množství jódu
- o 1/3-1/2 větší objem než u odpovídajících tepen



# Zobrazení systémových žil

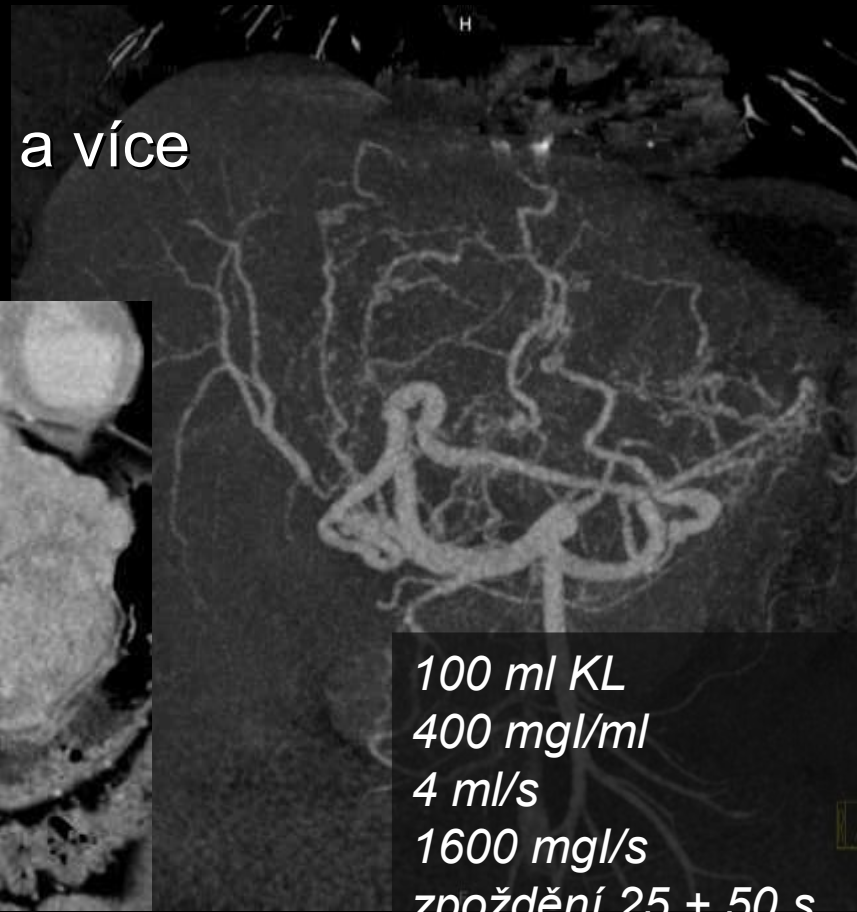
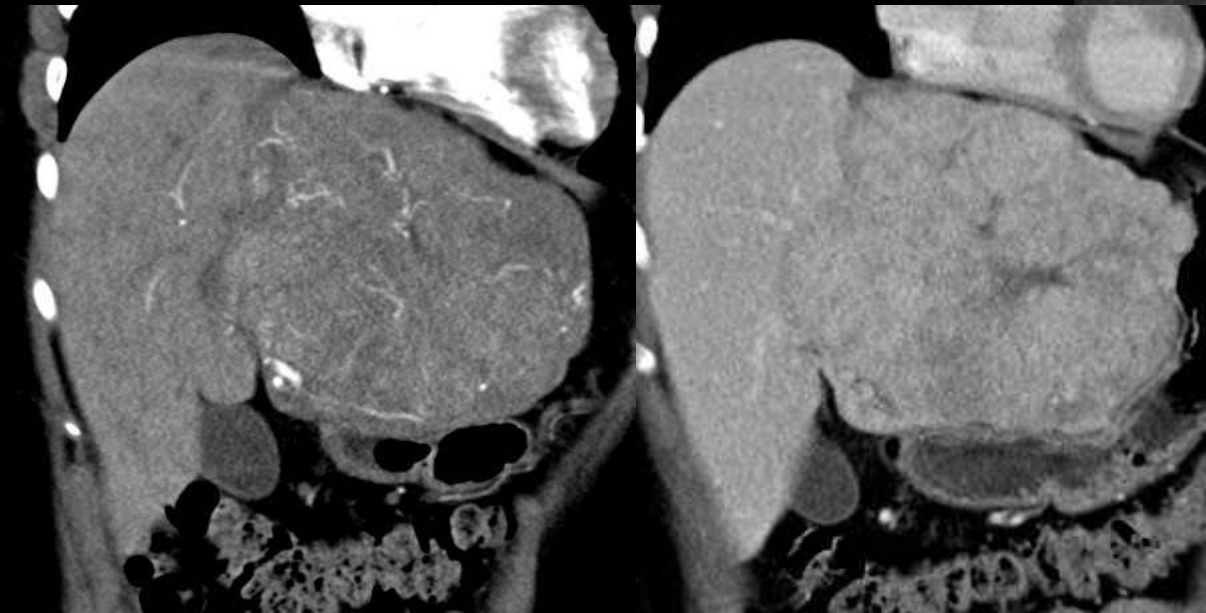
## Přímá venografie - zobrazení v žilní předfázi

- nízká koncentrace  
(naředění FR 1:1 nebo 1:2)
- aplikace za skenování  
(někdy oboustranná)
- menší množství



# Zobrazení parenchymových orgánů

- arteriální fáze - přísun jódu
- venózní fáze - množství jódu
- dodržet min. mn. jódu - 80 ml KL a více



100 ml KL  
400 mg/ml  
4 ml/s  
1600 mg/s  
zpoždění 25 + 50 s  
proplach FR

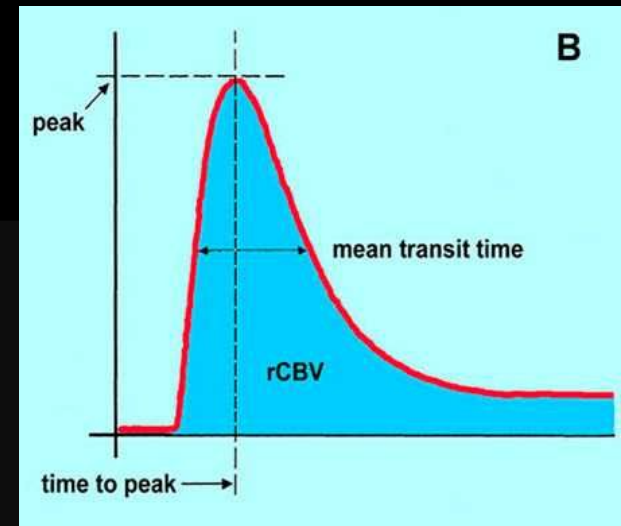
# Perfúzní zobrazení

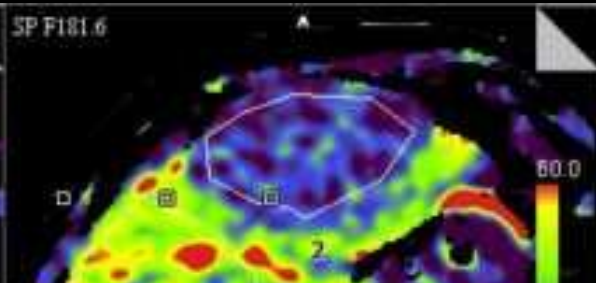
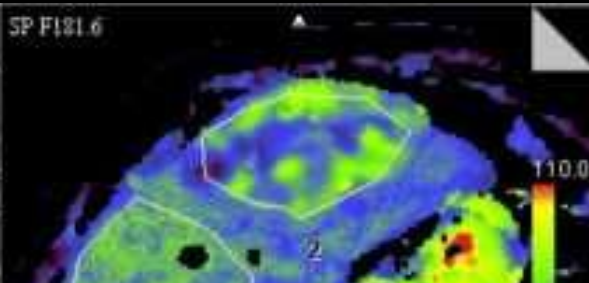
## Funkční metoda

- denzita tkáně závisí lineárně na obsahu jodu
- z křivky sycení během prvního oběhu lze vypočítat perfúzní parametry

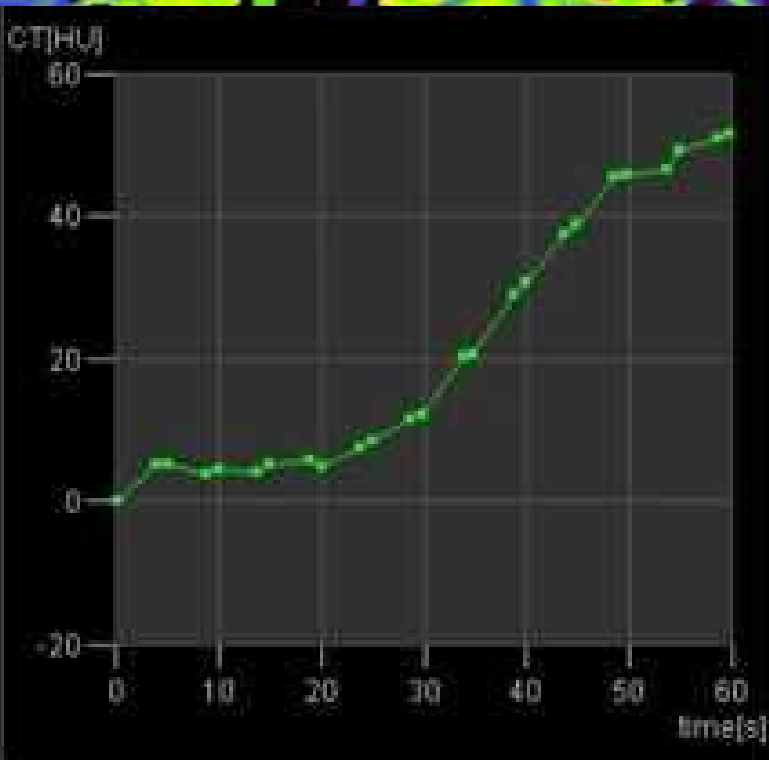
- malé mn. KL (40-50 ml)
- velká rychlost (5-9 ml/s)
- dynamické skenování (sekvenční, objemové)

Objem krve - TBV  
Průtok krve - TBF  
Prům. tranzitní čas - MTT  
Čas do maxima - TTP  
Permeabilita





	1	2
MIP [HU]	112.18	89.04
BF(I) [ml/100ml/min]	51.18	47.97
PMI(P) [ml/100ml/min]	46.21	13.02
ALP [ml/100ml/min]	6.92	40.89
PVP [ml/100ml/min]	45.74	17.68
HPI (%)	12.20	69.40



Mean  
 Std. Deviation  
 Area/Volume

