

Kontrastní ultrazvukové vyšetření

Foukal J.

Klinika radiologie a nukleární medicíny
FN Brno a LF MU



Proč používat kontrastní látku?

- Zvýšení kontrastu mezi různými strukturami, typicky zobrazení cévního řečiště
- Doppler
 - Odliší pohybující se krev od statické tkáně
 - Funguje pro toky ve větších cévách
 - Nefunguje u toků na parenchymové úrovni, kde se tkáň pohybuje stejnou rychlostí či rychleji než proudící krev
- Zobrazení mikrocirkulace

Podmínky kontrastního UZ zobrazení

- Bylo nutno vyvinout jednak **techniku** UZ zobrazení schopnou k.l. dobře zobrazit
- Vyvinout **kontrastní látku**:
 - I.v. aplikovatelná
 - Dostatečné zvýšení kontrastu (**odrazivost**)
 - Nerozpouští se v krvi a zároveň schopna **transpulmonální pasáže**, tedy vhodnou ke zobrazení levostranného řečiště
 - Dostatečná **životnost** v krevním oběhu pro zobrazení pozdní fáze dynamického vyšetření

Proč bubliny?

- plyn působí vysoký rozdíl akustické impedance
- vysoká odrazivost UZ vlnění (koeficient odrazu)
- vysoký kontrast

$$R = \left(\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1} \right)^2$$

voda 1,52

vzduch 0,0004 [Pa.s.m⁻¹]



Jaké bubliny

- **Vzduch** + vodný roztok
 - Fyziol. roztok
 - Glukóza
 - Manitol – zobrazení P/L zkratů
- **Mikrobublinové k.l.**
 - Malé bubliny **plynu** + biodegradabilní **obal** – tuk (fosfolipidy), protein (albumin)

Generace mikrobublinových k.l.

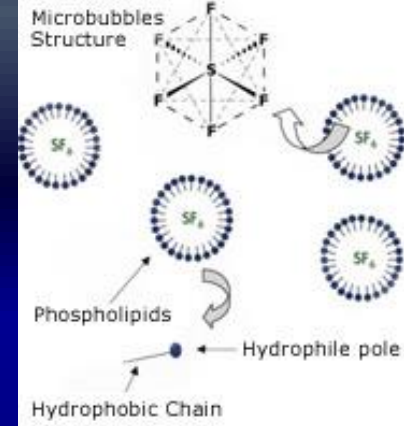
- **1. generace** (Echovist, Albunex, Levovist)
 - Náplň - vzduch
 - Krátká životnost
- **2. generace** (SonoVue, Optison, Definity, Sonazoid)
 - Náplň - těžší plyny
 - Životnost několik minut
 - Malá velikost (procházejí plicním řečištěm)

Důležité aspekty k.l. pro UZ

- Jsou přísně **intravaskulární**, nepronikají do extravaskulárního prostoru
- Odrážejí tedy pouze **mikrovaskularizaci**

SonoVue®

- Jediná k.l. **schválená** v EU pro makro a **mikrovaskulární** zobrazování.
- Plyn - **Fluorid sírový** (SF_6) – eliminace cestou plicních kapilár (80% během 2 minut).
- Obal - **fosfolipidy**
- Průměrná **velikost** bublin je **$2,5 \mu\text{m}$** (90 % < $6 \mu\text{m}$)
- Zvýšení intenzity **signálu 3-8 min.**



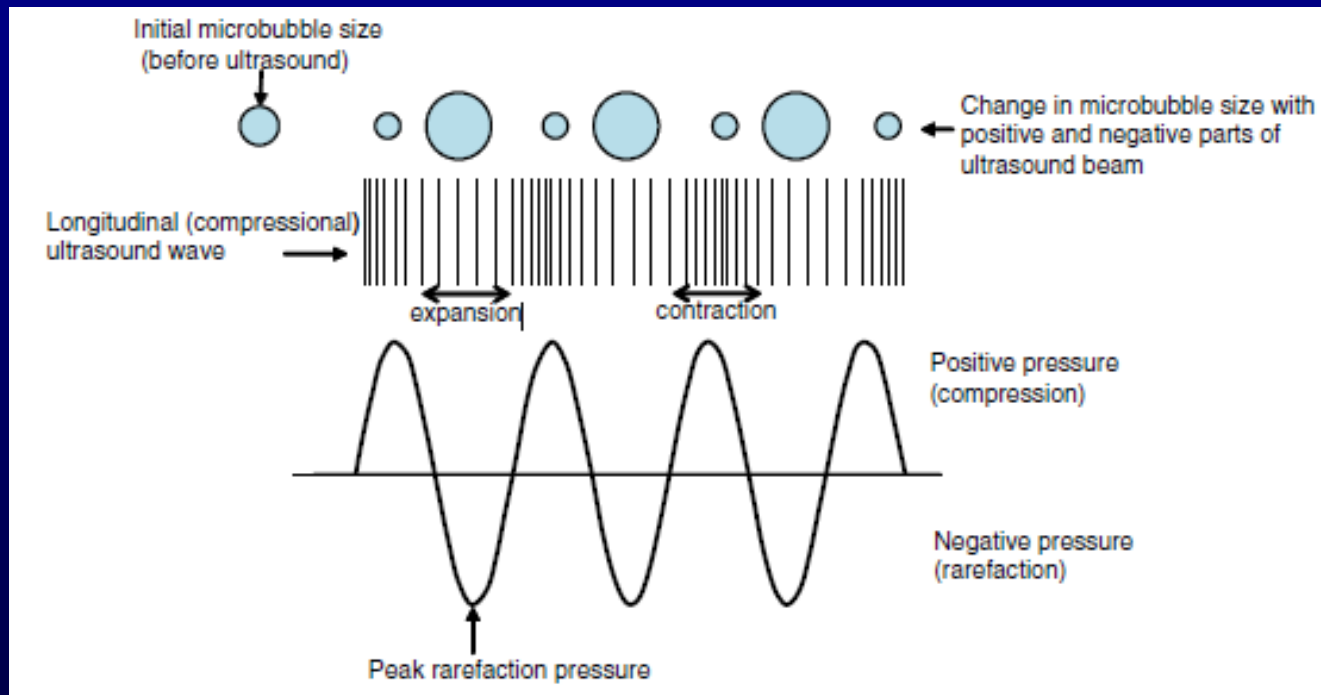
SonoVue®



- 25 mg lyofilizovaného prášku v atmosféře fluoridu sírového
- 5 ml fyziologického roztoku
- Smíchat a 20 s protřepávat
- Výsledný roztok obsahuje $8 \mu\text{l/ml SF}_6$
- Suspenze vykazuje stabilitu cca 6 hodin
- Aplikace bolusově + proplach FR (standardní dávka 2,5ml)

Chování mikrobublin v UZ vlnění

- Při srážce UZ vlny s mikrobublinou dochází k její oscilaci - střídavě ke **kompresi** a následné **expanzi**



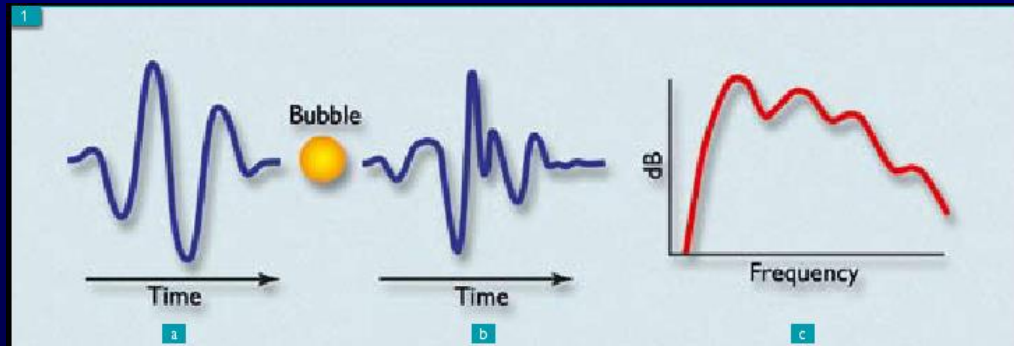
Hoskins, P. R., et al. (2010). Diagnostic ultrasound: physics and equipment.

Chování mikrobublin v UZ vlnění

$$MI = \frac{P_r}{\sqrt{f}}$$

- Charakter oscilace závisí na akustickém tlaku
 - Místo něj zobrazuje přístroj mechanický index

- $MI > 0,7$ - **destrukce** bublin – silný signál, ale jen krátce
- $MI > 0,04$ - nelineární (asymetrická) oscilace – je zdrojem harmonických frekvencí v dražených vlnách

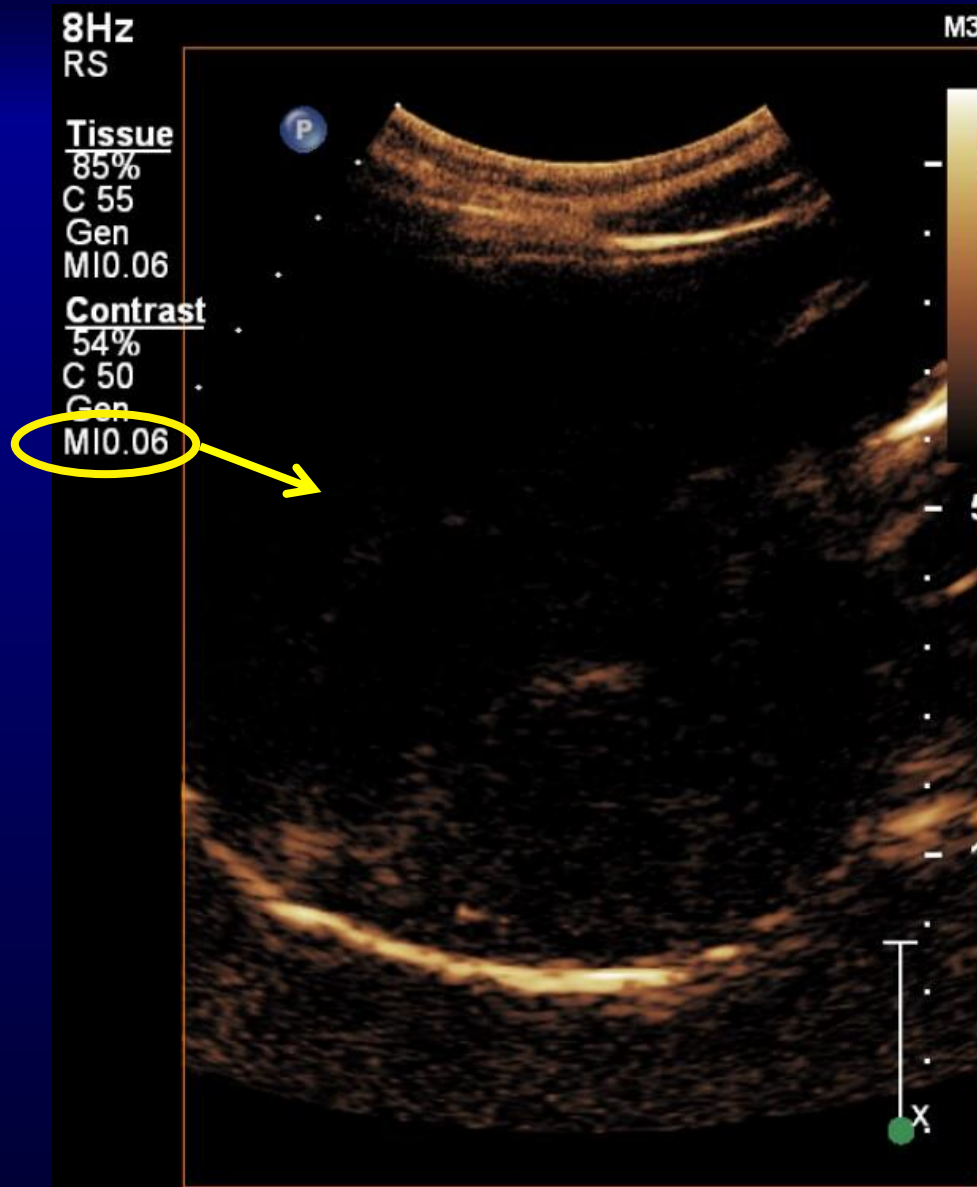


- $MI < 0,04$ - lineární oscilace – odražené vlny mají stejnou frekvenci, **slabý** signál

Low MI imaging

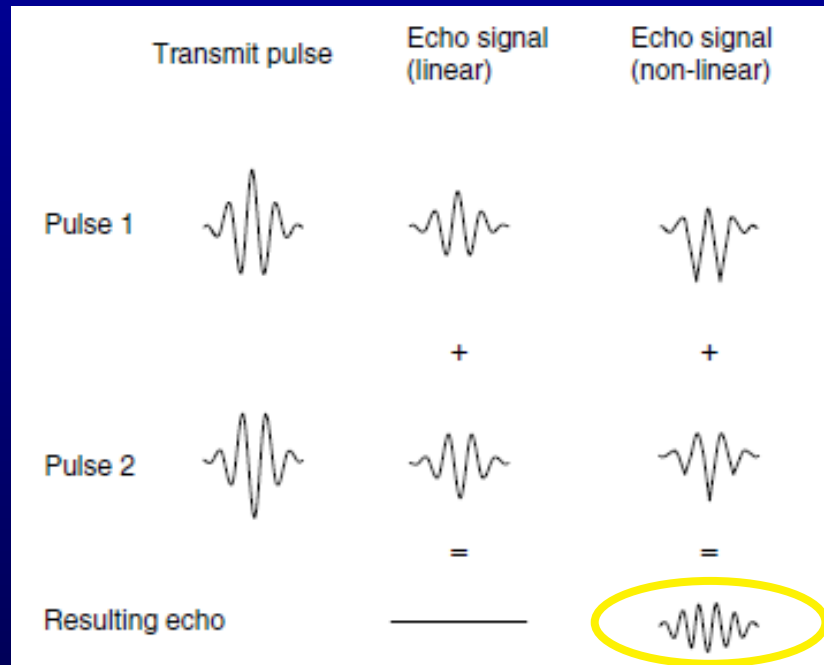
- Během vyšetřování za normálních hodnot akustického výkonu (MI 1,4) nemá k.l. šanci naplnit mikrocirkulaci
- MI 0,05 - 0,1
 - Nedochází k destrukci bublin
 - Bubliny jsou zdrojem harmonického signálu
 - Redukce harmonické komponenty tkáňových odrazů
 - Stacionární tkáně se chovají více lineárně, vyžadují vyšší MI pro harmonickou odpověď, proto při nízkém MI je vyšší poměr signálu mikrobubliny/tkáně
- = Speciální techniky využívající nízký MI a zpracování signálu z více vyslaných UZ pulzů
 - PI, PM, PMPI

Low MI imaging



Pulse inversion (PI)

Dva pulsy s opačnou fází vyslány rychle za sebou, přístroj odražené pulsy sečte

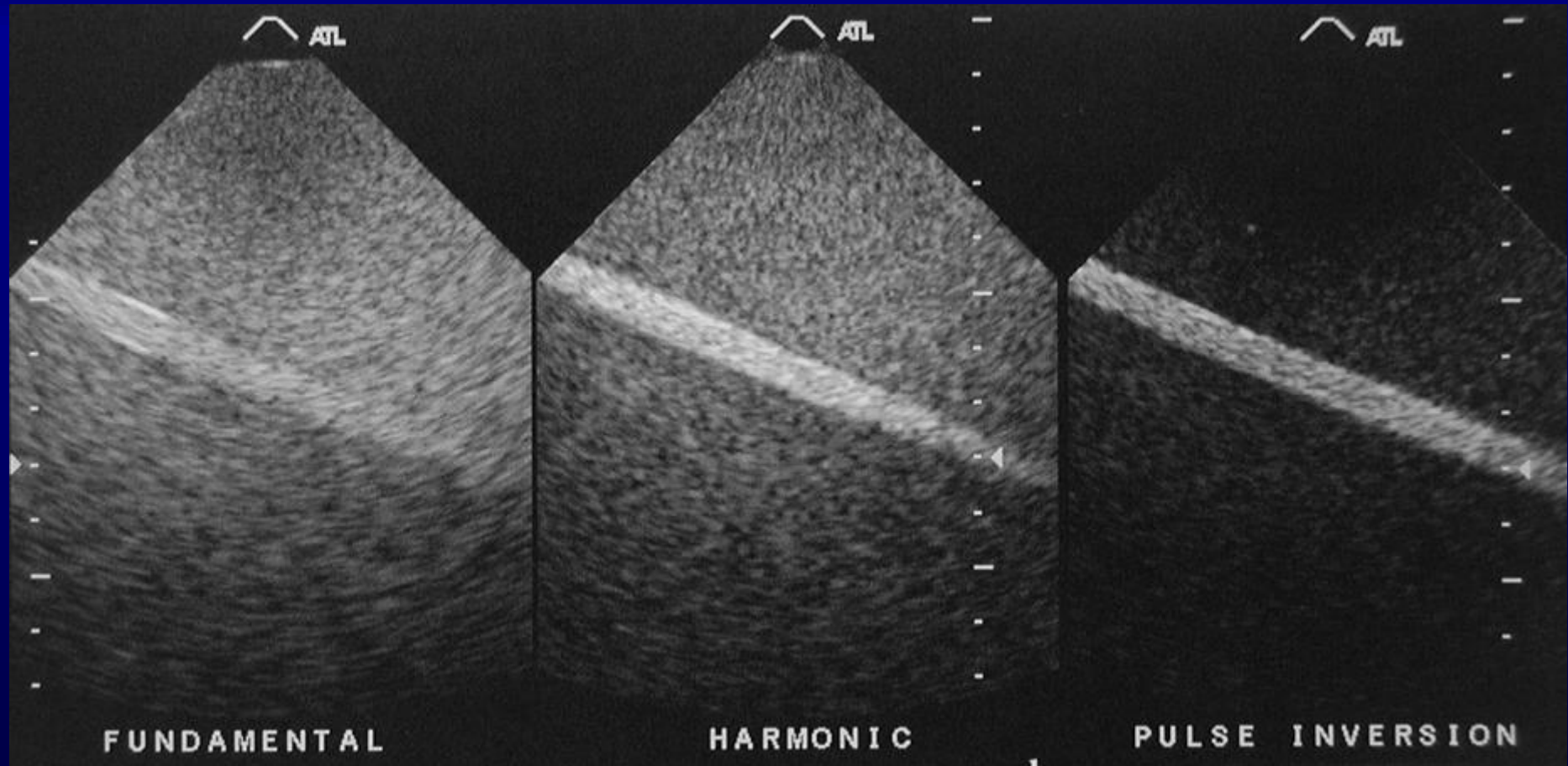


Pro normální tkáň je signál = 0

Mikrobubliny jsou odrážejí signál asymetricky – nelineárně, součet signálů z harmonických komponent nenulový.

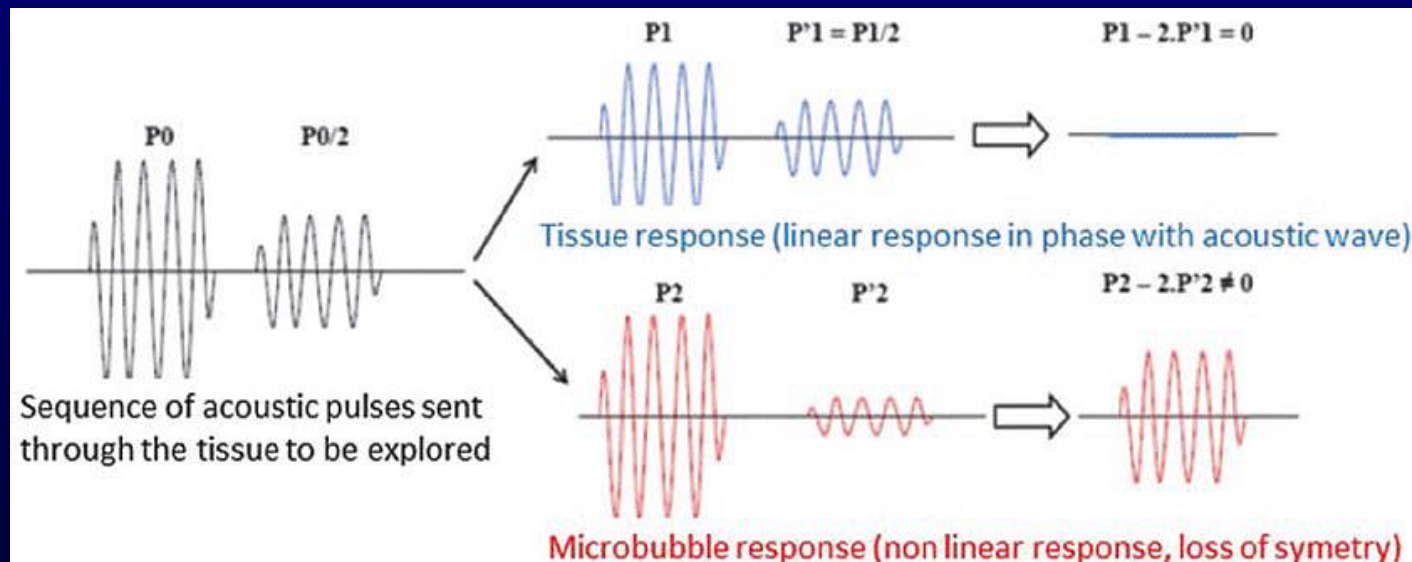
Pulzní inverze zcela potlačuje frekvenci základní a zůstávají pouze frekvence harmonické.

Pulse inversion (PI)



Power modulation (PM)

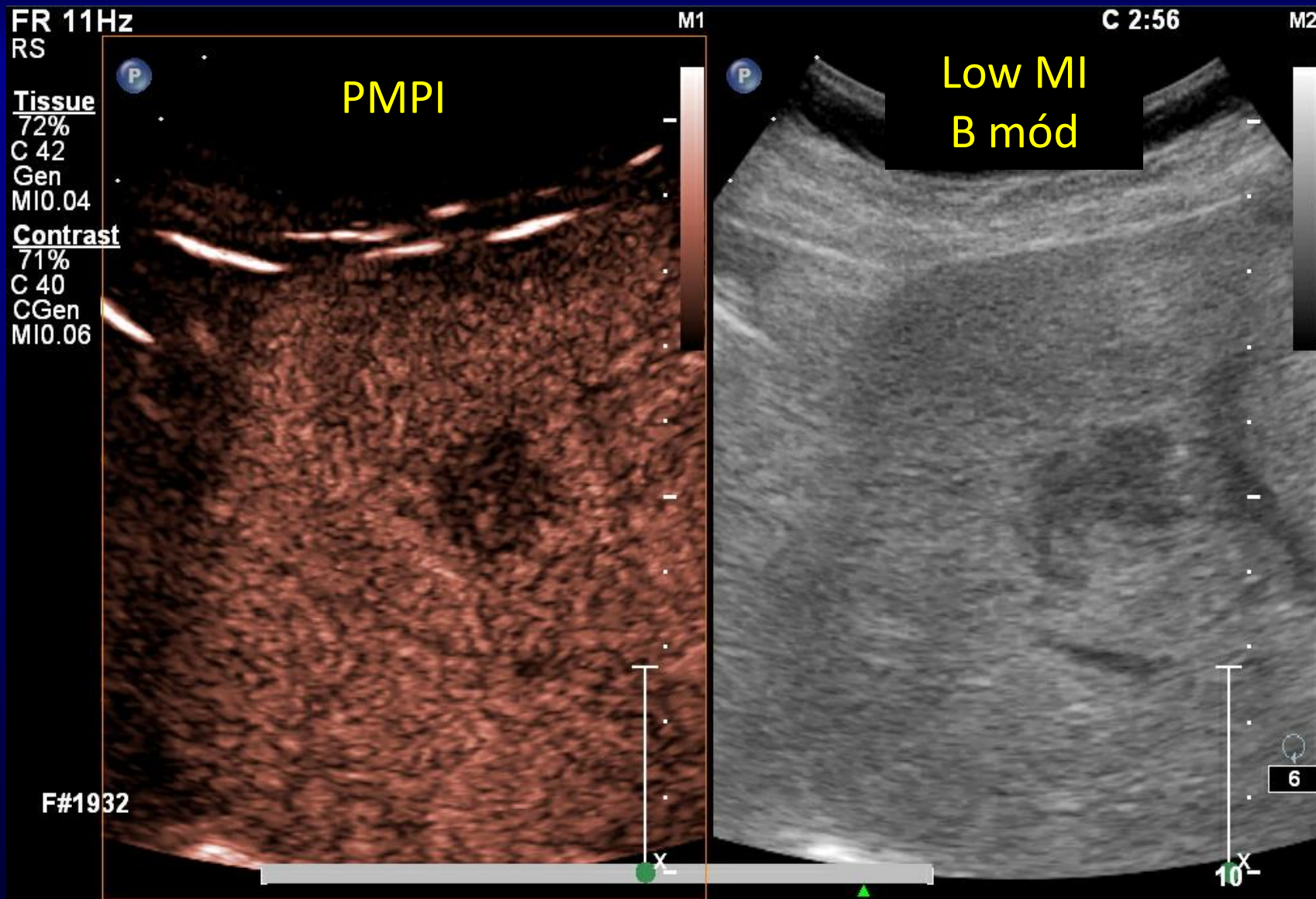
- Alternativou ke změně fáze UZ vln je změna **amplitudy**
- Přijatý puls s menší amplitudou je vynásoben poměrem mezi amplitudami vyslaných impulsů
- V subtrahovaném spektru je pak zachycena **nelineární složka základní frekvence i vyšších harmonických**
- Signál pozadí pak není potlačen zcela, nicméně je nízký
- Má větší **dosah do hloubky**, ale poněkud **nižší rozlišení** oproti PI



Power modulated / pulse inversion (PMPI)

- Kombinace obou předchozích metod
- Během pulsů se zde mění jak **amplituda** tak **fáze**, rovněž pak dochází k subtrakci signálu
- PMPI detekuje nelineární signál jak **základní**, tak druhé **harmonické** frekvence
- Někdy nazývána Contrast pulse sequence (CPS)
- Dnes nejčastěji používaná technika

Side-by-side display

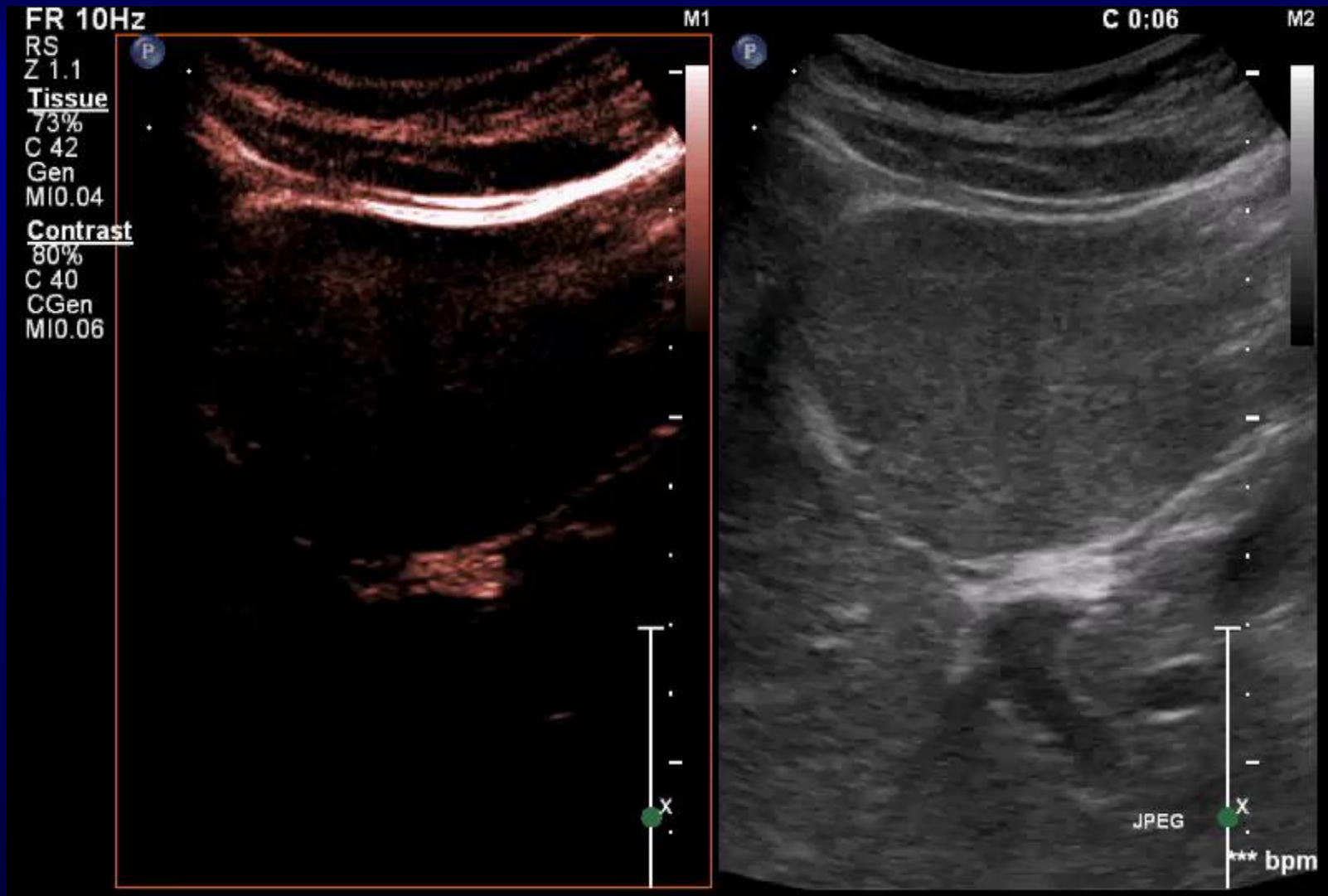


CEUS (příklad)

Mladá žena, ložisko v S4 jater

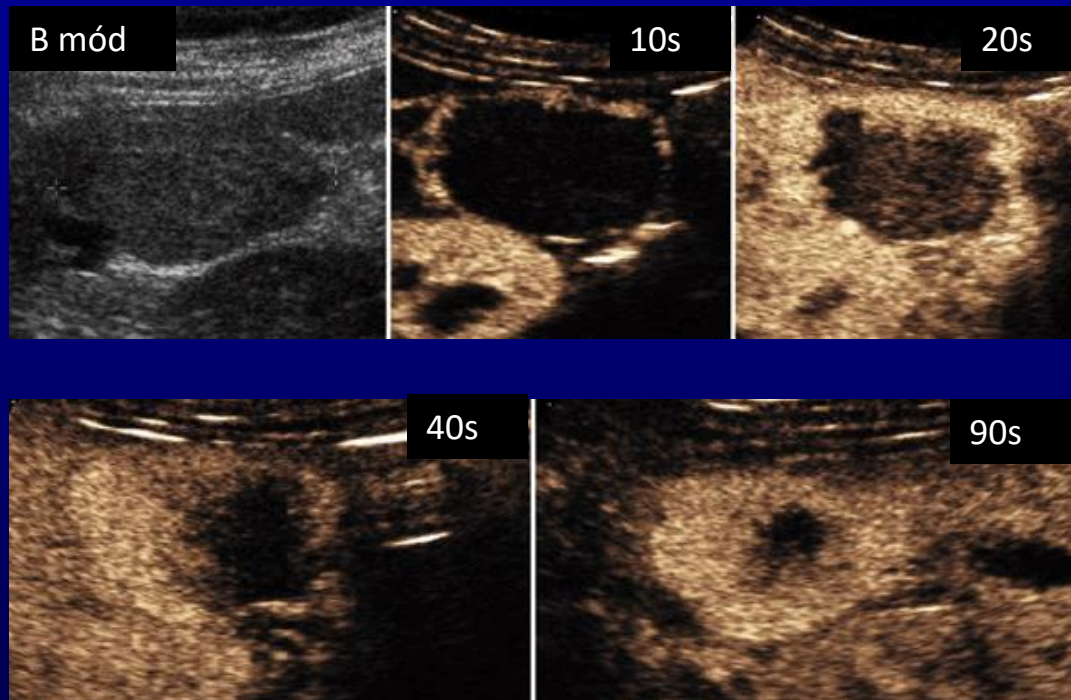


CEUS (příklad)



Fokální nodulární hyperplazie

CEUS jater

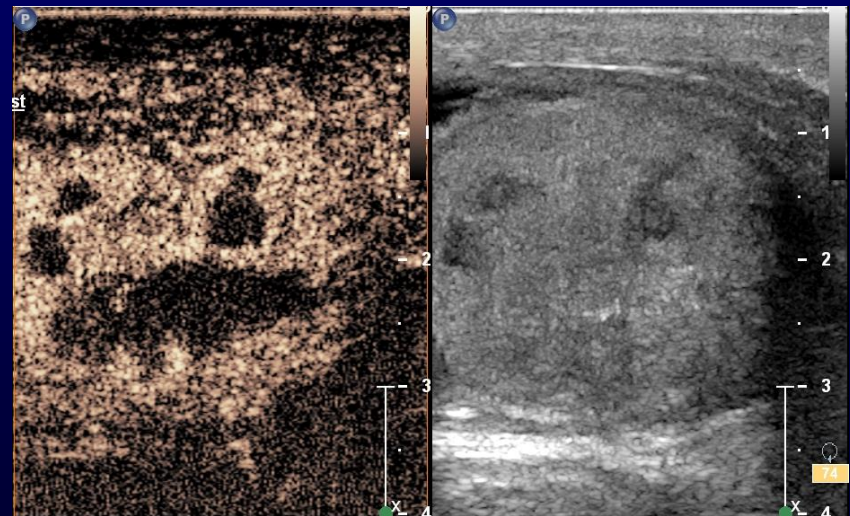
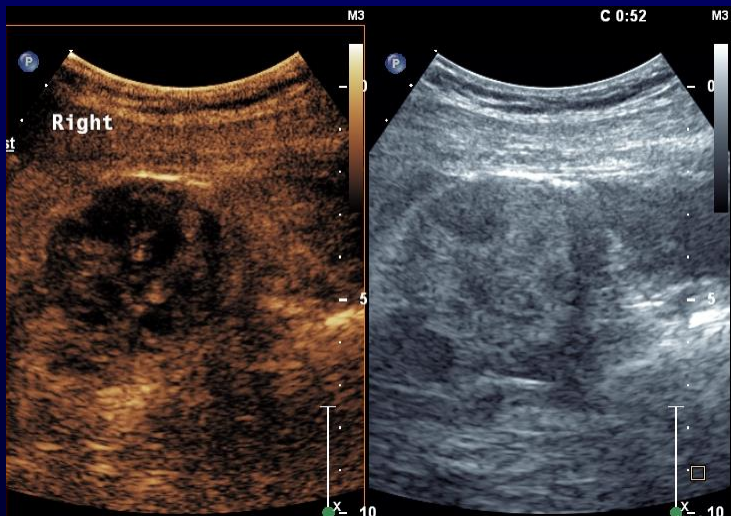


Hemangiom

Type	Class Name	Arterial Phase (20-25 s)	Portal Phase (45-90 s)	Late Phase (> 100 s)
BENIGN	Hemangioma			
	FNH			
MALIGNANT	HCC			
	Metastasis			

Využití CEUS

- Játra – ložiska
- Ledviny – zejm. cystická ložiska
- Prsa – ložiska
- Klouby – odlišení tekutiny od synovie
- Expanze měkkých tkání – průkaz vaskularizace
- Prostata, varlata, lymfatické uzliny,...



Děkuji za pozornost