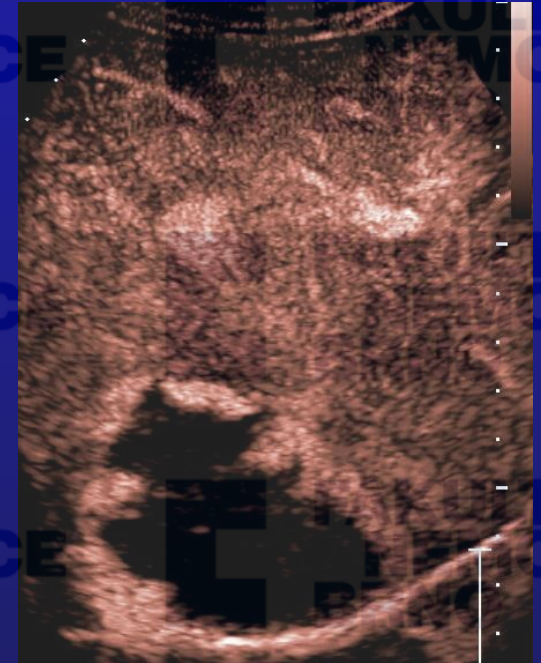




FAKULTNÍ
NEMOCNICE
BRNO

MUNI
MED

Kontrastní ultrazvukové vyšetření



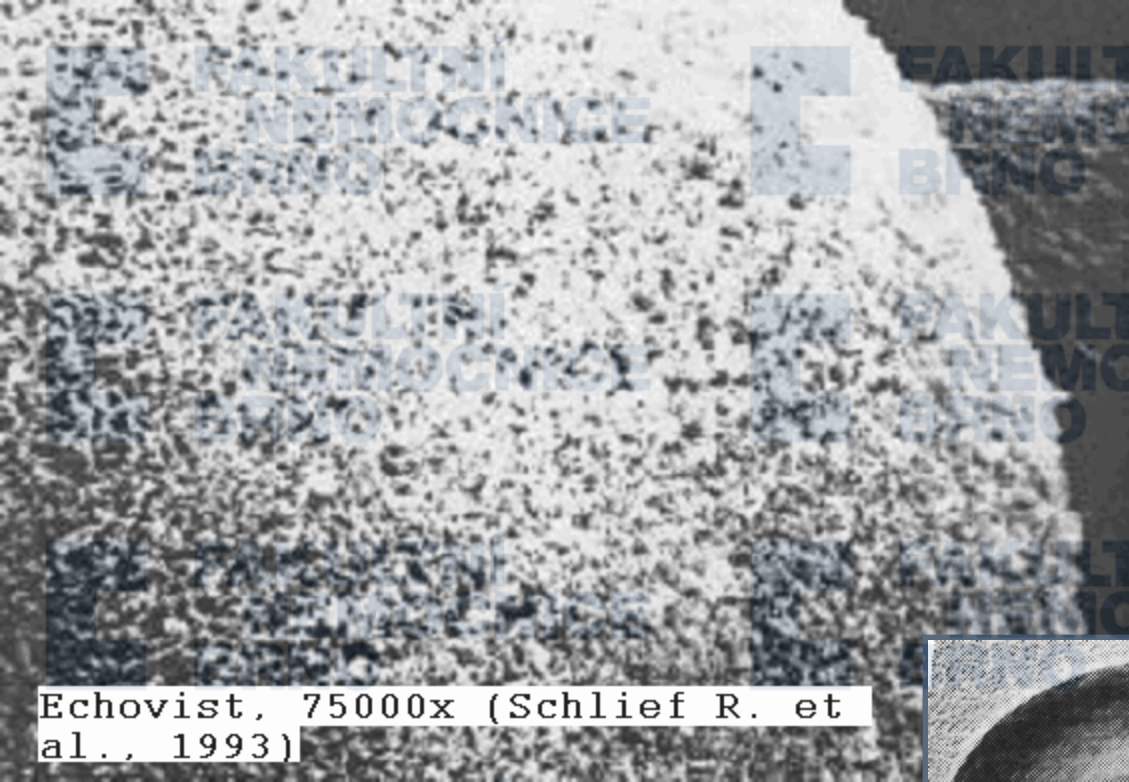
J. Foukal J., Š. Bohatá

Klinika radiologie a nukleární medicíny FN Brno a LF MU

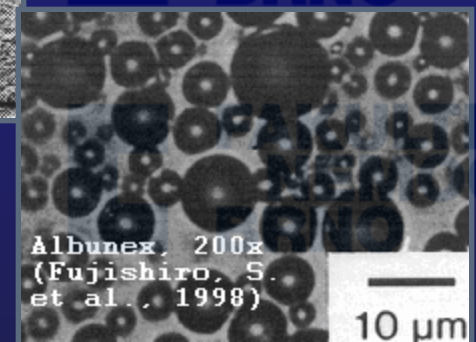
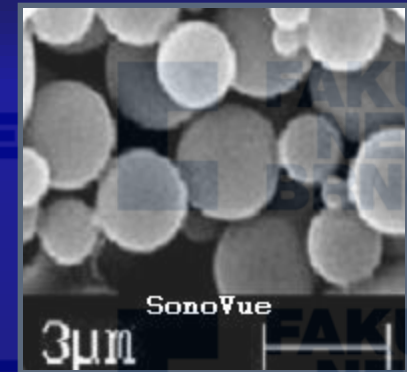
Podmínky kontrastního UZ zobrazení

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

Jaké částice



Echovist, 75000x (Schlief R. et al., 1993)



Galaktózové mikročástice

- vodné roztoky
- emulze
- suspenze
- enkapsulovné bubliny - mikrobubliny

Proč mikrobubliny?

- 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]



Důležité aspekty k.l. pro UZ

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

Generace kontrastních látek

- **1. generace** – krátká životnost, neprocházejí plicním řečištěm.
(Echovist, Albunex, Levovist)
- **2. generace** – procházejí plicním řečištěm, životnost několik minut.
(SonoVue, Optison, Definity, Sonazoid)
- **3. generace** - vyšší echogenita a stabilita, zobrazí např. perfuzi myokardu.
(EchoGen)

SonoVue®

- Jediná k.l. **schválená** v EU pro širokou škálu klinických aplikací zahrnující kardiologii, makro a **mikrovaskulární** zobrazování.
- **Fluorid sírový** (SF_6) – neškodný plyn, eliminace plynu cestou plicních kapilár (80% během 2 minut).
- Mikrobubliny stabilizované **fosfolipidy**
- Zvýšení intenzity **signálu 3-8 min.**
- Průměrná **velikost** bublin je **2,5 μm** a více než 90 % bublin je menší než 6 μm

SonoVue®



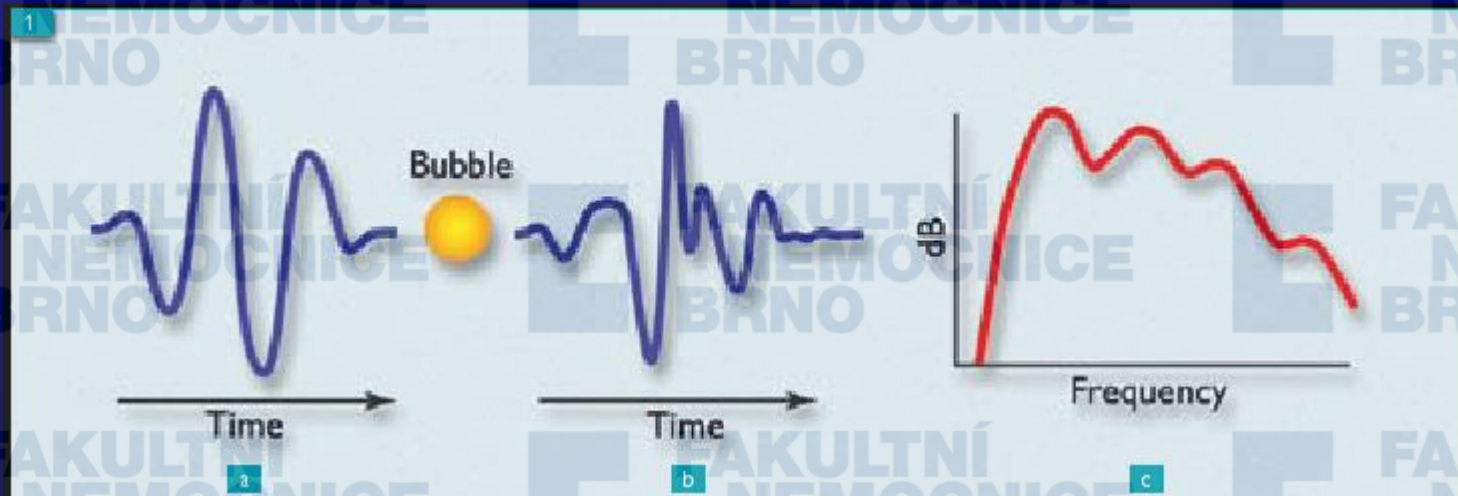
- 25 mg lyofilizovaného prášku v atmosféře fluoridu sírového
- 5 ml fyziologického roztoku
- Rozpustit a 20s protřepávat
- Výsledný roztok obsahuje 8 $\mu\text{l/ml}$ SF_6
- Suspenze vykazuje stabilitu cca 6 hodin
- Aplikace bolusově + proplach FR (standardní dávka 2,5ml)

Kontraindikace SonoVue

- Hypersenzitivita na léčivou látku
- Pacienti se známou existencí **pravo-levých zkratů**, s **těžkou plicní hypertenzí** (plicní arteriální tlak > 90 mmHg), **nekontrolovanou systémovou hypertenzí** a u pacientů s **ARDS**.
- (SonoVue nesmí být používán v kombinaci s **dobutaminem** u pacientů s nestabilním stavem kardiovaskulárního systému)
- Zvláštní opatrnost je nutná při zvažování podání SonoVue pacientům s **nedávným akutním koronárním syndromem** nebo klinicky nestabilní ischemickou chorobou srdeční.

Chování mikrobublin v UZ vlnění

- Při srážce UZ vlny s mikrobublinou dojde střídavě k její kompresi a následné expanzi
- **Stlačení** je díky plynové náplni **limitováno**, naopak **expanze** je mnohem **větší** nežli komprese (poloměr bublin se zvětší až o několik set %)
- Důsledkem je asymetrická **nelineární oscilace** bublin, která produkuje vyšší **harmonické frekvence**, v přijímaném signálu je potom větší zastoupení harmonických frekvencí než u signálu odraženého od ostatních tkání.



Mikrobubliny a mechanický index

- Závisí na frekvenci a energii vysílaného ultrazvuku
- MI vyjadřuje stupeň nebezpečí poškození tkáně **kavitací** ale i pravděpodobnost **disrupce bublin**

MI



Vysoký

~ 1,2



Destrukce bublin, **artefakty**
(blooming)

Střední

~ 0,6



Nelineární oscilace,
částečná destrukce

Nízký

< 0,3



Přibývá lineární oscilace ale
chrání bubliny

Příliš nízký

< 0,04



Lineární oscilace
(málo signálu)

Low MI imaging

- Během vyšetřování za normálních hodnot akustického výkonu (MI cca 1,0) nemá KL šanci naplnit mikrovaskularizaci
- Byly tedy vyvinuty UZ techniky senzitivní na velmi malé odrazy od mikrobublin

Důležité ze 2 důvodů:

- 1/ **prevence destrukce mikrobublin** (MI pod 0,1 – bubliny dávají stále dobrý harmonický signál)
- 2/ **redukce harmonické komponenty tkáňových odrazů** a tedy relativní zvýraznění odrazů mikrobublin
 - Protože tkáň se chová v UZ vlnění méně nelineárně než mikrobubliny, vyžadují vyšší MI pro harmonickou odpověď, proto při nízkém MI je **poměr kontrast / tkáň vyšší**

Low MI imaging

8Hz
RS

Tissue

85%

C 55

Gen

MI0.06

Contrast

54%

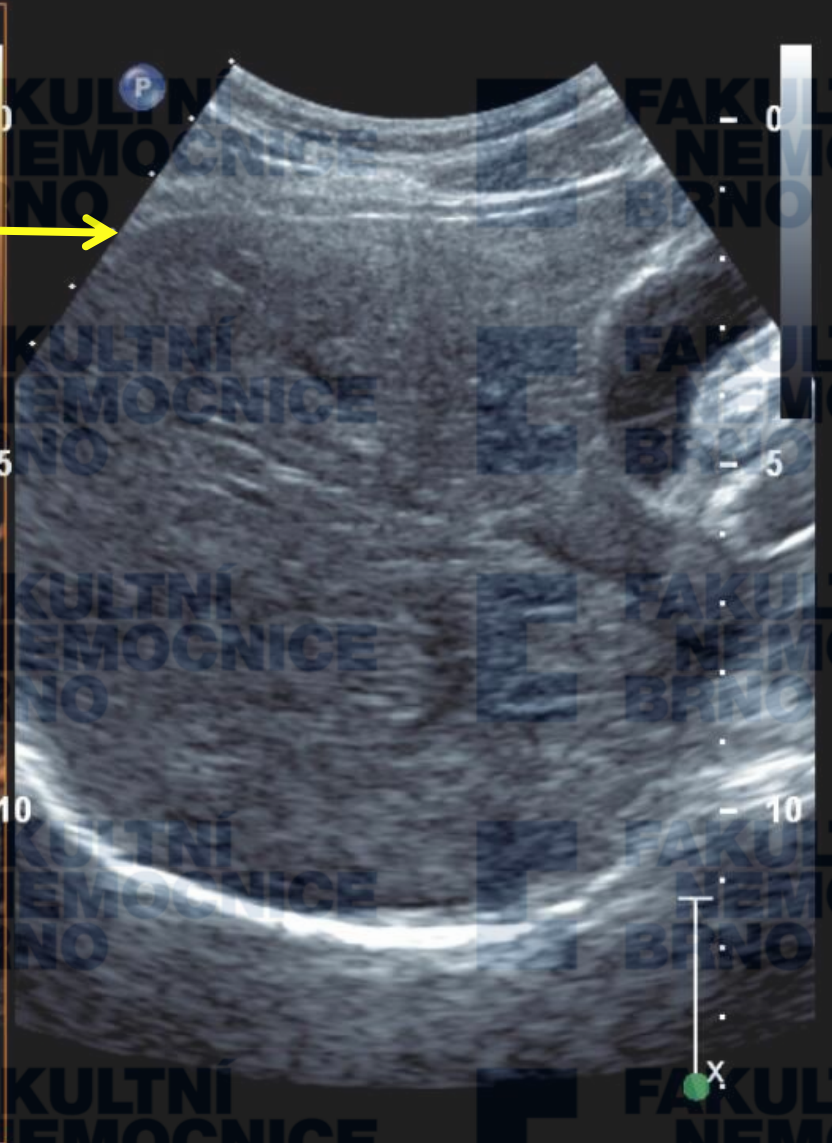
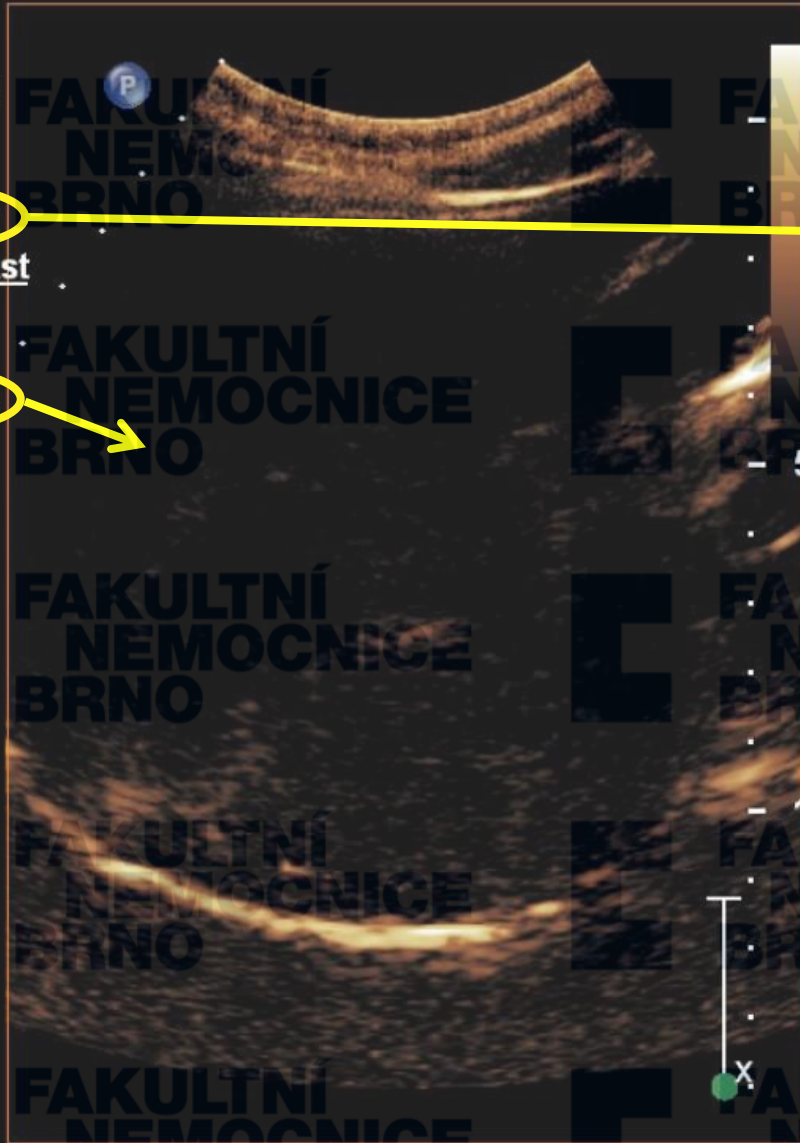
C 50

Gen

MI0.06

M3

M3



Pulse inversion (PI)

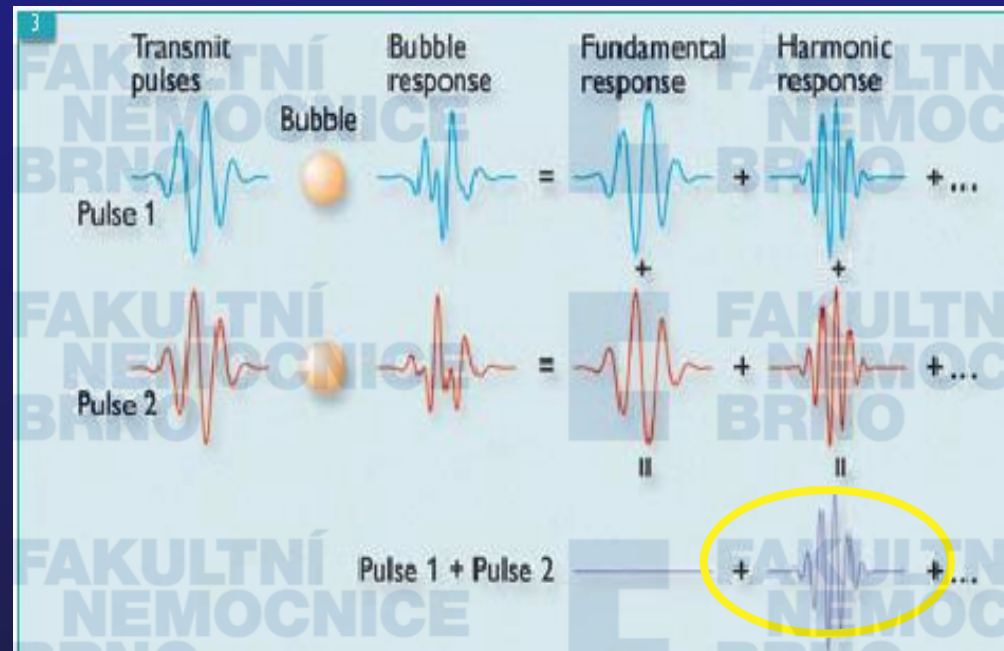
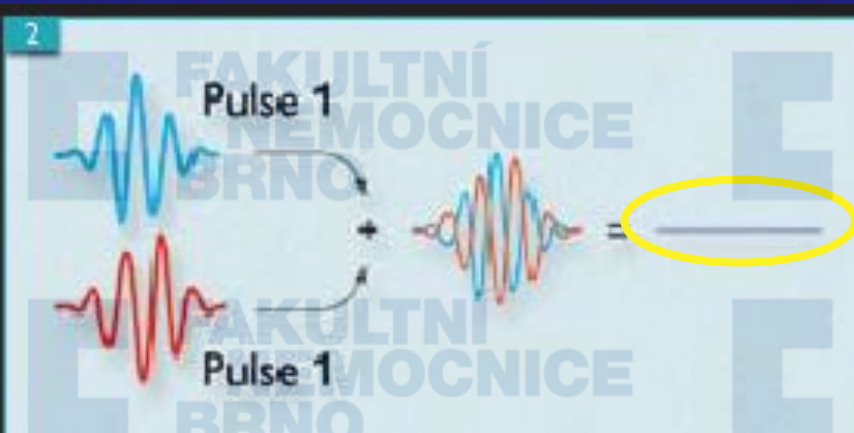
Dva pulsy s opačnou fází vyslány rychle za sebou, přístroj detekuje odražené pulsy a sečte je

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

Pro normální tkáň je tak signál = 0

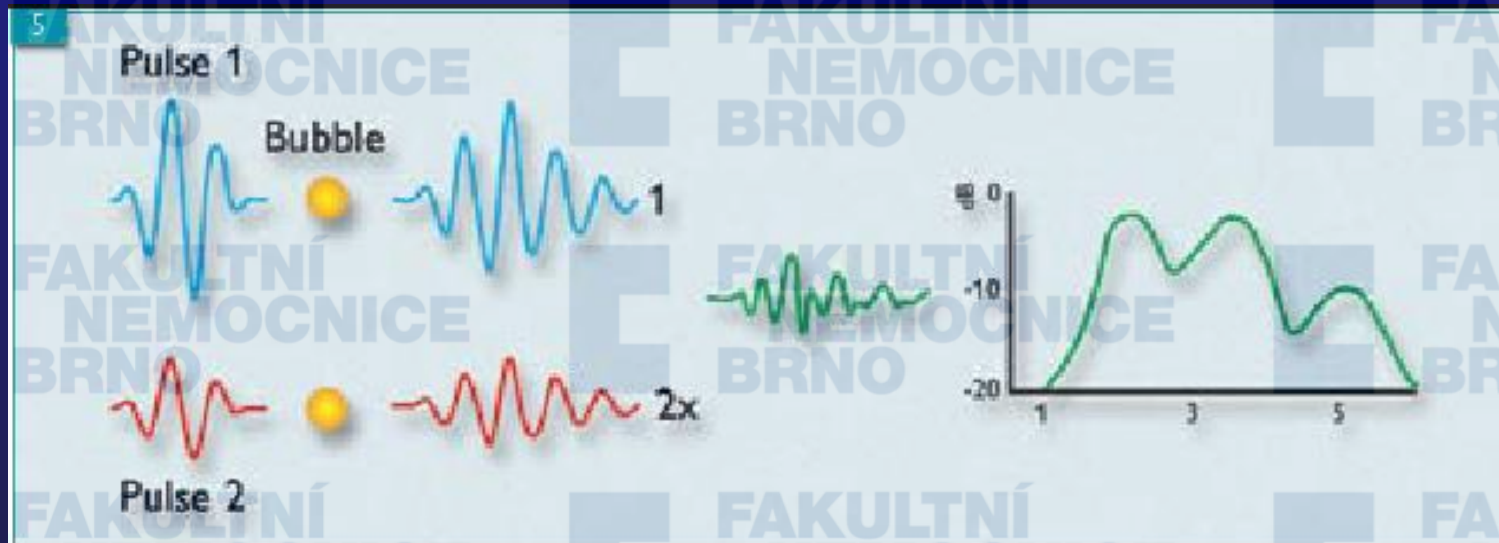
Mikrobubliny odrážejí signál asymetricky – nelineárně, součet signálů nenulový.

Na sudých harmonických frekvencích mají navíc oba odražené pulzy stejnou fázi



Power modulation (PM)

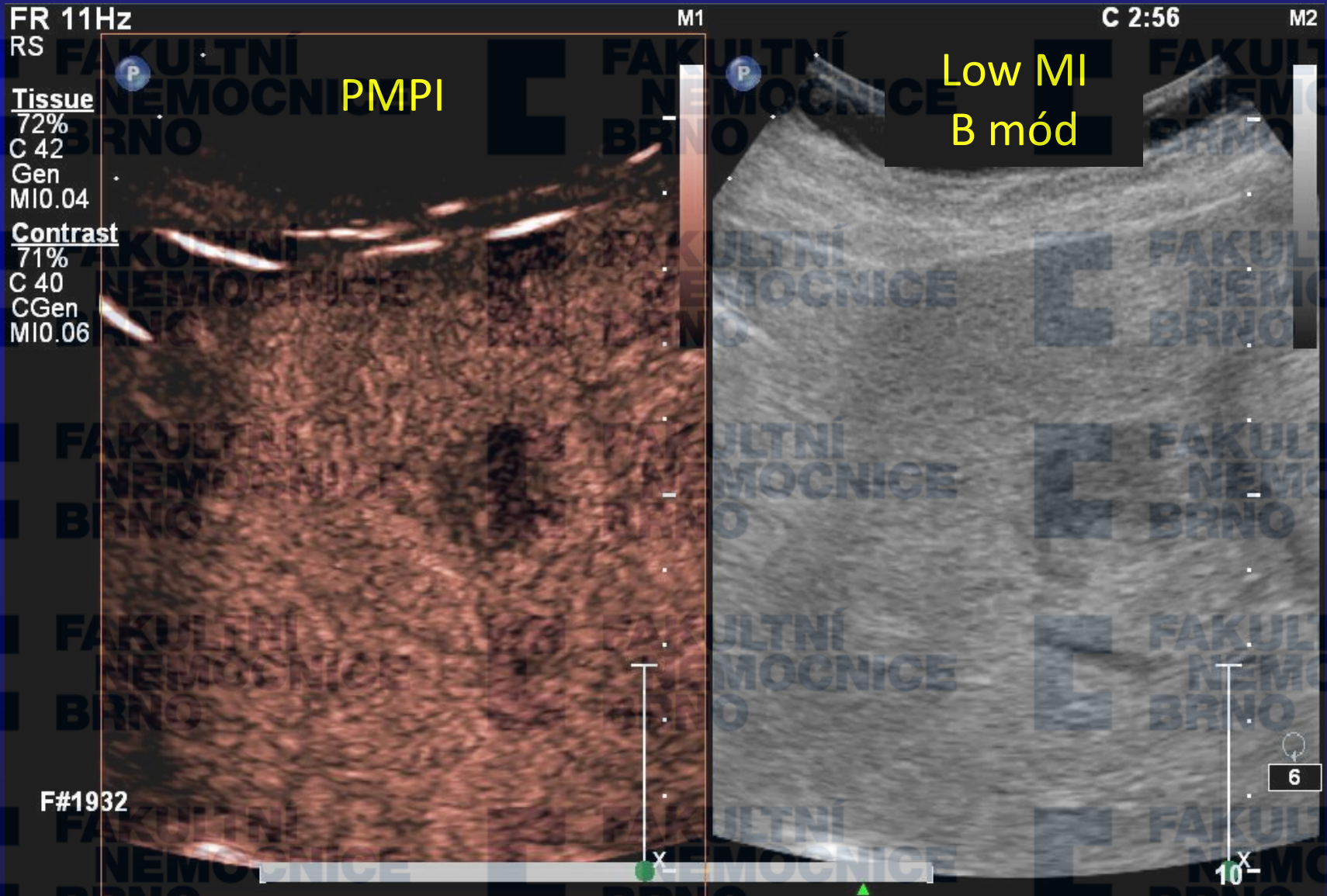
- Alternativou ke změně fáze UZ vlnění je změna jeho **amplitudy**
- Přijatý puls s menší amplitudou je vynásoben poměrem mezi amplitudami vyslaných impulsů
- V subtrahovaném spektru je pak zachycena **nelineární složka základní frekvence i vyšších harmonických**
- Signál pozadí pak není potlačen zcela,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



Power modulated / pulse inversion (PMPI)

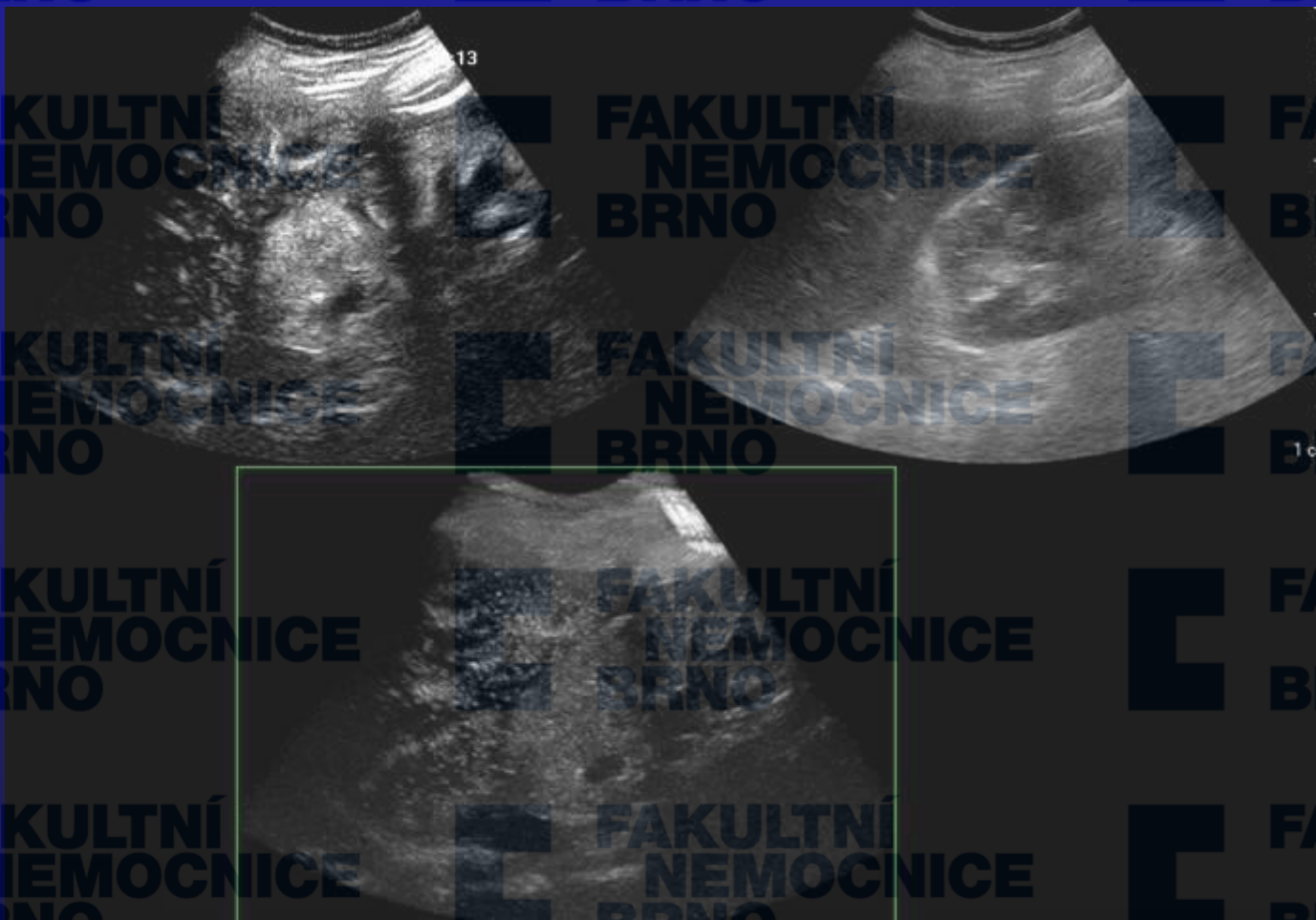
- Kombinace obou předchozích metod
- Během pulsů se zde mění jak **amplituda** tak **fáze**, rovněž pak dochází k subtrakci signálu
- PMPI detekuje nelineární signál jak základní, tak druhé harmonické frekvence
- Někdy nazývána Contrast pulse sequence (CPS)
- Dnes nejčastěji používaná

Side-by-side displej

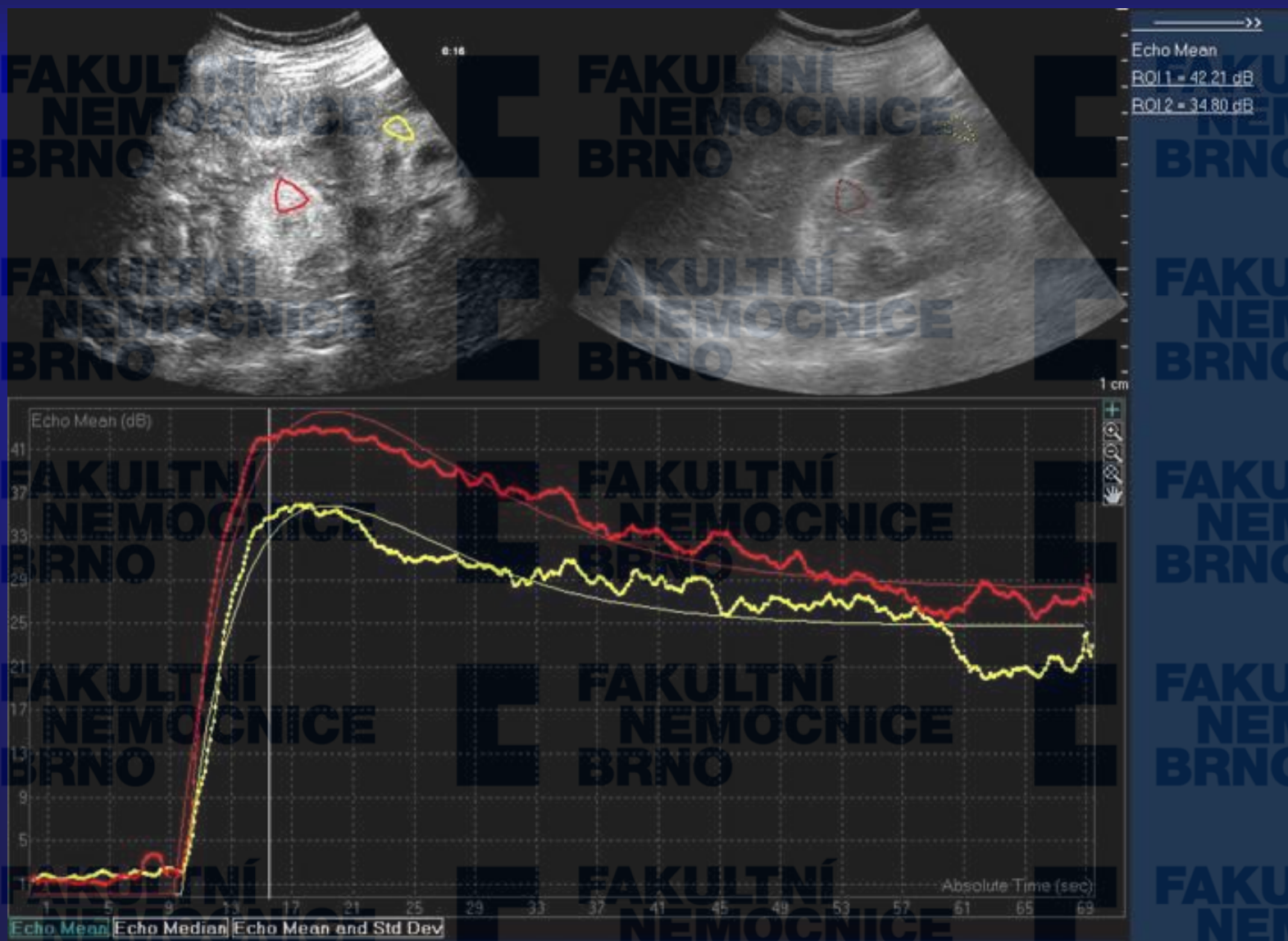


Microvascular imaging

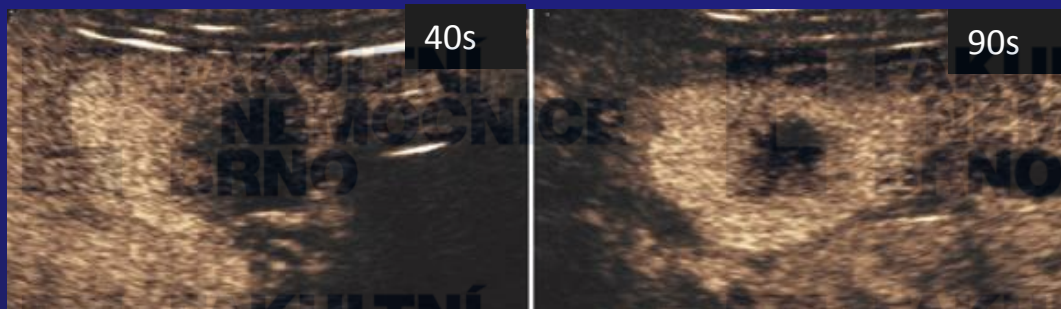
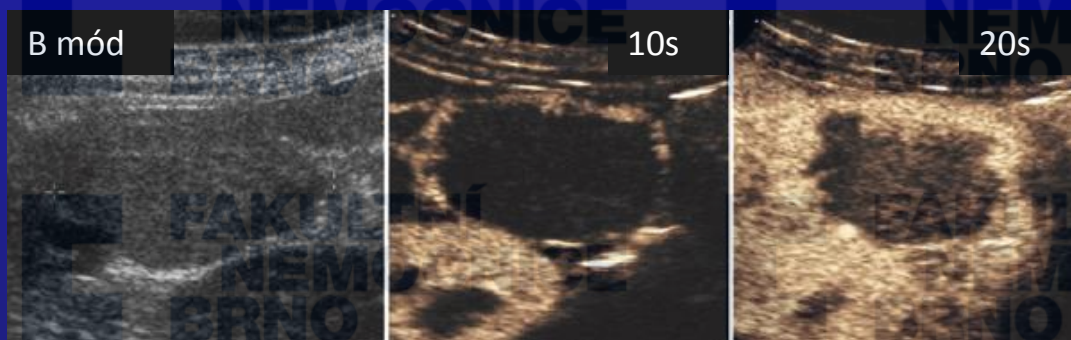
Pro vyzdvižení obrazu cév je vhodné nastavit vyšší MI (0,10 až 0,12)
za současného nastavení nižší komprese (cca 30-32)



Kvantifikace



Příklad využití CEUS



Hemangiom

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

Děkuji za pozornost