

Ultrazvuk - teoreticky

Alena Štouračová

Výstupy z učení

- Pochopit základní principy fungování ultrazvuku
- Pochopit rozdíly mezi vyšetřovacími mody a sondami
- Poznat základní typy artefaktů a umět je rozpoznat
- Pochopit význam ultrazvuku jako nejjednodušší dostupné zobrazovací metody

Obsah přednášky

- Základní principy ultrazvuku
- Ultrazvukové sondy
- Nastavení – presety, nastavení obrazu
- Artefakty

Ultrazvuk – „bylo, nebylo“

- 1794 Lazzaro Spallanzani – odhaleny neslyšitelné zvukové vibrace resp. echolokace netopýrů
- S odhalením piezoelektrického jevu 1880 Pierrem Curie (produkce a detekce ultrazvukových vln) dochází k dalšímu rozvoji
- Detekce ledovců sonary
- Za I.sv.války ponorky
- Ultrasonické defektoskopy 1941
- 1937 poprvé použili klinicky k detekci mozkových tumorů K.a F.Dussik
- 1949 k lokalizaci cholecystolithiasy G.Ludwig

Co je ultrazvuk

- Ultrazvuk resp. zvuk je mechanické vlnění
- Pružným prostředím se kmity šíří stlačováním a zředováním částic
- Vzdálenost dvou bodů kmitajících se stejnou fází je vlnová délka
- Typy vlnění
 - podélné, příčné, objemové, ohybové, povrchové
- V tekutinách a plynech jen **PODÉLNÉ**

- V diagnostice se používají frekvence 2-18MHz

Princip vzniku

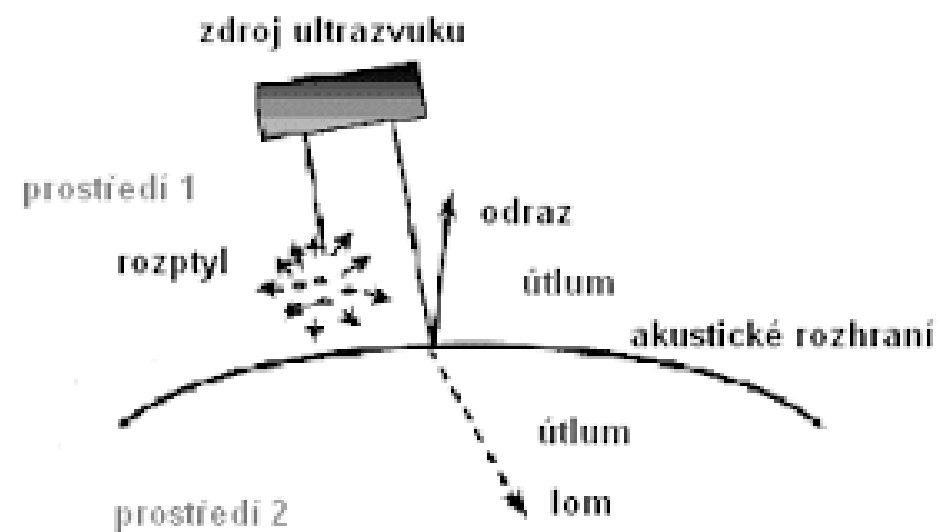
- Pro diagnostické účely je obvykle využíváno generování ultrazvuku pomocí obráceného piezoelektrického (elektrostrikčního) jevu.
- Krystal z vhodného materiálu je umístěn do dostatečně intenzivního elektrického pole, kde dochází k jeho měřitelné deformaci.
- Pokud je vnější elektrické pole časově proměnné, krystal mění svůj tvar se stejnou periodou a sám se tak stává zdrojem mechanického vlnění. Vedle některých krystalů může piezoelektrický jev nastávat i u některých keramických materiálech.
- Piezoelektrický prvek nazývaný **ultrazvukový měnič** může být současně zdrojem i detektorem ultrazvukového vlnění. U běžných ultrazvukových přístrojů je uspořádání takové, že měnič po dobu několika milisekund generuje ultrazvukové vlnění s frekvencí obvykle z rozsahu 3 až 10 MHz, poté se stává detektorem a zachycuje odražené vlnění.

Šíření

- Vlastní akustické vlnění, které je vysíláno do tkání, se šíří jako podélné vlnění. Na rozhraní dvou prostředí s rozdílnou akustickou impedancí se částečně odráží zpět ke zdroji a částečně prochází. Odražený signál, tzv. echo, je zachycen měničem a převeden na elektrický signál, kterému se pro jeho vysokou frekvenci obvykle říká radiofrekvenční signál.
- Protože je známa doba, která uplynula mezi vysláním akustického signálu do tkáně, lze určit, v jaké hloubce došlo k odrazu. K tomu je ovšem třeba znát, s jakou rychlostí se šíří ultrazvuk ve tkáních. Tato rychlost se v měkkých tkáních pohybuje kolem 1540 ms^{-1} .
- Frekvence ultrazvuku je velmi důležitý faktor. S rostoucí frekvencí klesá vlnová délka ultrazvuku a tak lze principiálně vidět i větší detaily a získat kvalitnější obraz. K vyšetření orgánů uložených např. v břišní dutině užívají frekvence v jednotkách MHz, k vyšetření štítné žlázy a povrchově uložených lymfatických uzlin a cév frekvence kolem 10 MHz.

Šíření prostředím

- Odraz
 - Na rozhraní dvou prostředí s výrazně rozdílnou impedancí
- Rozptyl
 - Na mikroskopických rozhraních, jejichž velikost je menší než vlnová délka vysílaného ultrazvuku
- Ohyb, lom
 - Na rozhraní dvou prostředí, když vlnění nedopadá kolmo
- Absorpce
 - Postupná ztráta energie, při průchodu prostředím (formou tepelné energie)
 - Roste s frekvencí a hustotou



http://lekbiofyz.upol.cz/pagedata_cz/staze/Biofyzik%C3%A1ln%C3%AD_z%C3%A1klady_ultrasonografie.pdf

Rychlost šíření

– Závisí na hustotě prostředí

Prostředí	Rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	Akustická impedance [$\text{Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$]*
Vzduch	330	0,0004
Destilovaná voda	1480	1,52
Sklivec	1532	–
Játra	1550	1,62
Měkké tkáně	1550	1,65–1,74**
Ledviny	1560	1,62
Kost	3500	3,75–7,38

Akustická impedance

- Akustický vlnový odpor prostředí
- Odpor, který klade prostředí ultrazvuku
- Rozhodující veličina při odrazu a lomu UZ vln na akustických rozhraních
- Rozdíly v akustické impedanci umožňují tvorbu dvojrozměrného obrazu

Sondy

Konvexní

Měníče jsou uspořádány v řadě, jejich podklad je mírně konvexní. Výsledný obraz má tvar výseče z mezikruží. Jde o nejběžnější typ sond používaných k vyšetření orgánů dutiny břišní.

- Parenchymové orgány
- Intraabdominální cévy

Lineární

Měníče jsou uspořádány v jedné řadě, podkladem je úsečka. Výsledný obraz má tvar obdélníku. Lineární sondy se typicky používají k vyšetření povrchových orgánů, jsou obvykle konstruovány na vyšší frekvence.

- Štítná žláza
- Střevní kličky
- Měkkotkáňové léze

Sondy

Sektorová sonda

Je uzpůsobena k tomu, aby přes poměrně malé okno (kontakt sondy s tělem pacienta) zobrazila poměrně široký řez tkání.

Na sondě je několik málo měničů, vychýlení je zajištěno přesně definovaným fázovým posunem jimi generovaných vln, které vede ke konstruktivní interferenci právě v žádoucím směru.

Obraz vypadá podobně jako obraz ze sondy konvexní, má však mnohem větší vrcholový úhel. Používá se zejména v echokardiografii a v gynekologii.

Sondy

Cirkulární

Měníče jsou uspořádány tak, aby byl pořízen velmi široký až kruhový řez tkání v rovině kolmé na osu sondy.

Používá se kupř. k transrektálnímu vyšetření prostaty, může být však natolik malá, že lze provádět i intravaskulární ultrazvukové vyšetření např. ateromových plátů.

Typy zobrazení

- A mód (Amplitude)

- jednorozměrný UZ paprsek, jsou zobrazovány vzdálenosti mezi odražejícími rozhraními a sondou

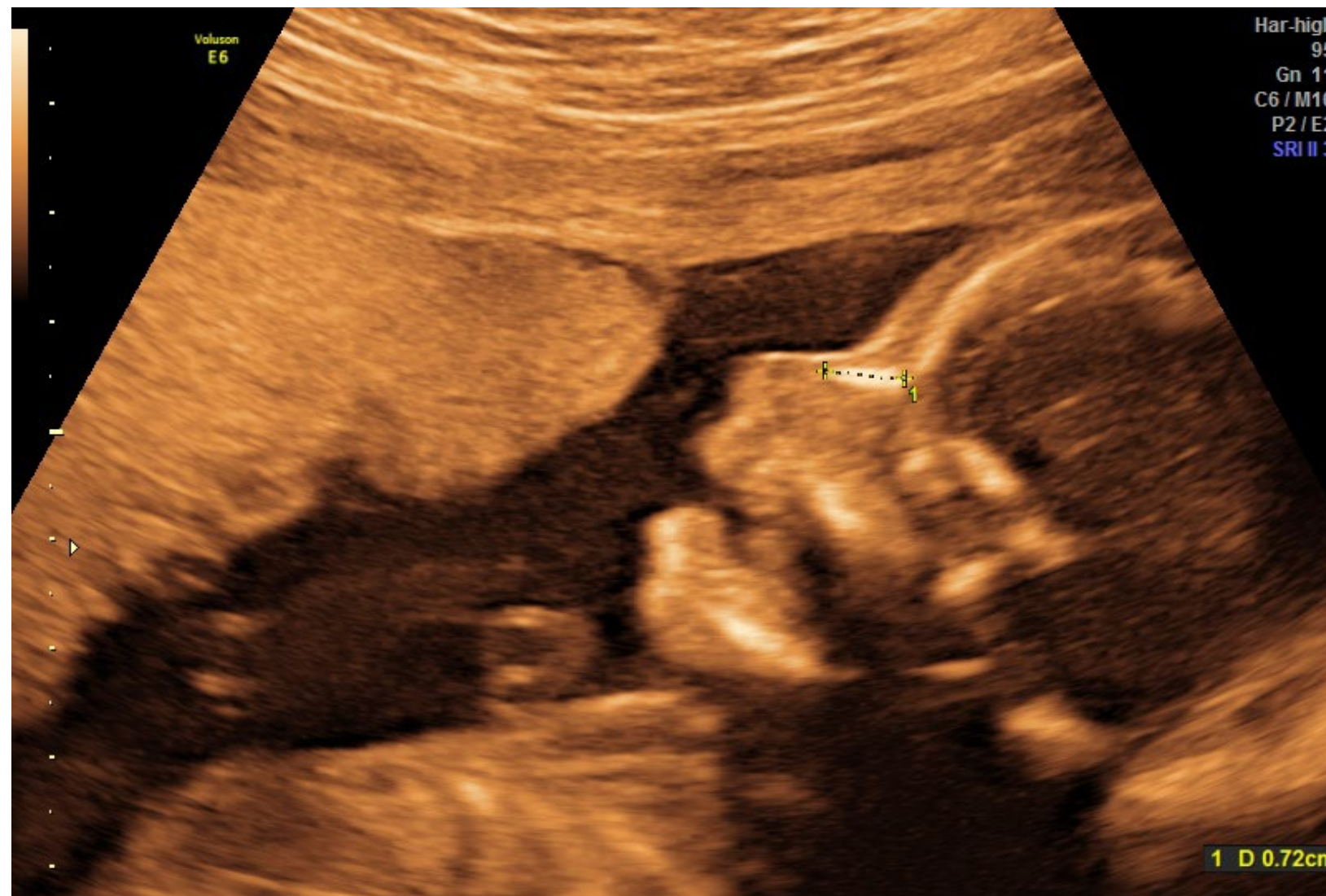
- M mód (Motion)

- jednorozměrný B-mód + čas

- B mód (Brightness)

- Dvourozměrné zobrazení v reálném čase
- Horizontální poloha – směr odrazu
- Vertikální poloha – čas resp. hloubka
- Jas – intenzita odrazu

B mód



3D



Přednastavené mody

- Dle výrobce (možnosti tvorby vlastních nastavení)
- Obvykle: abdominal, renal, bowel, (penetration, obstetrics..)
- Odlišné nastavení základní frekvence a metody tvorby obrazu
- Dopplerovského zobrazení
- Možnost vyšetření s kontrastní látkou CEUS a elastografie (SWE)

Proč měnit frekvenci

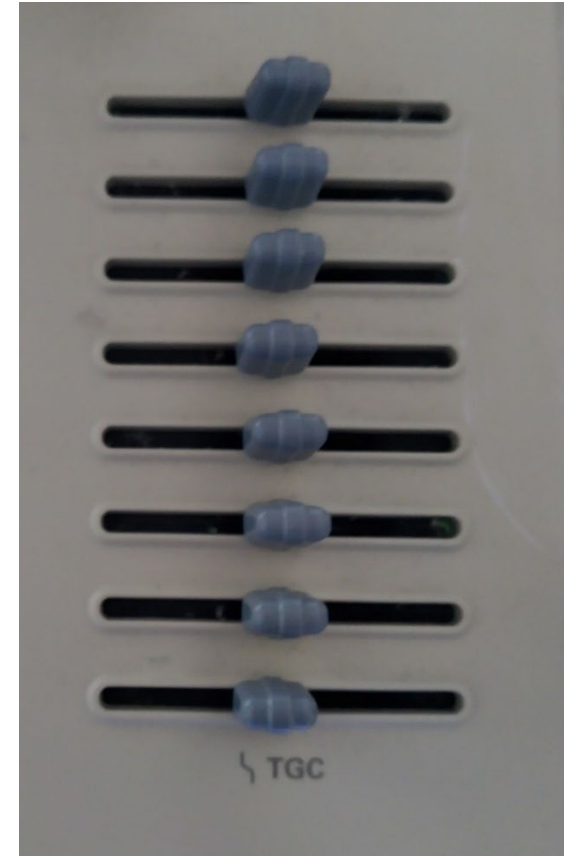


Jak si sami u/na-pravit

- Dle prozvučnosti pacienta
- Úprava pracovní frekvence (přímo MHz hodnoty) v nastavení přístroje, většinou ale není třeba
- Obvykle stačí v nastavení přístroje zvolit správný mód - general, penetration, renal

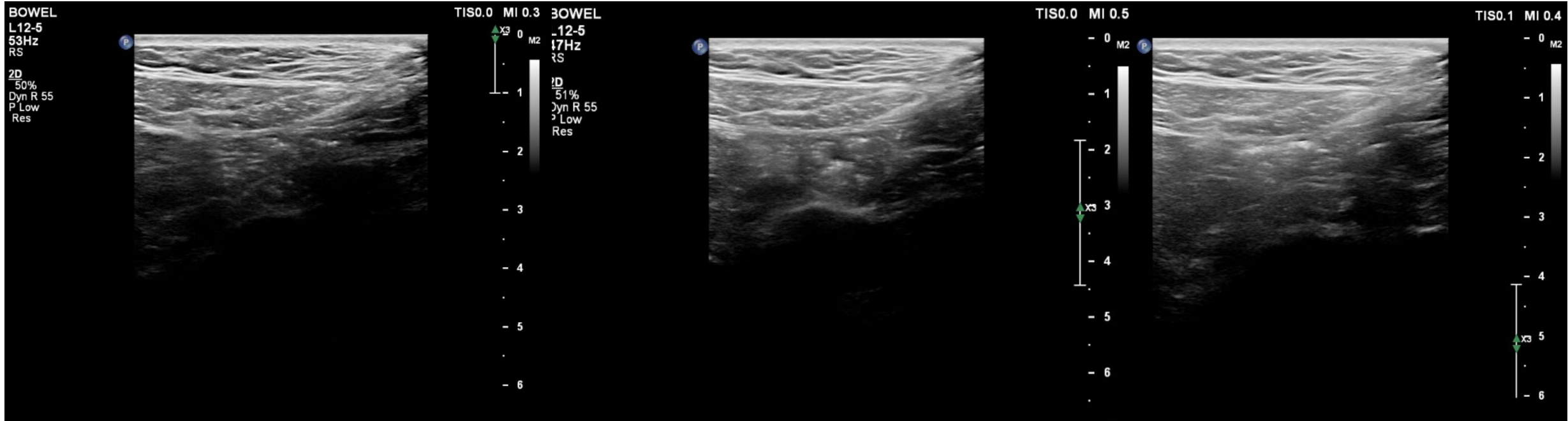
„Gain“ a nastavení fokusu

- "Autogain"
- Možnost úpravy jasu v různých hloubkách - **TGC**
 - často používané
- Fokus ideálně nastavujeme do oblasti zájmu pro maximum prostorového rozlišení, dle přístroje jich můžete nastavit i více



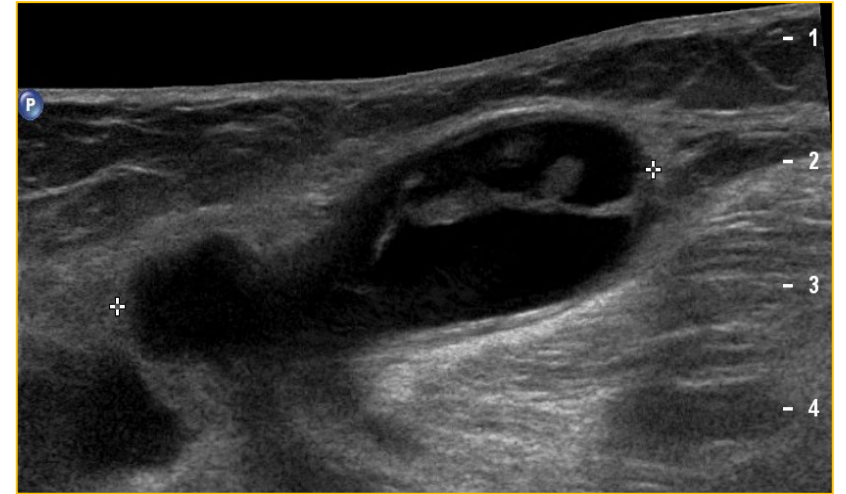


Proč nastavovat fokus



Co je ještě nutno zohlednit a použít

- Hloubku nastavujeme dle oblasti zájmu
- S větší hloubkou klesá obnovovací frekvence, což zhoršuje kvalitu zobrazení
- Harmonické zobrazení – detekce vyšších harmonických frekvencí, ideálně u tekutinových lézí
- Možnost rozšíření zorného pole – wide scan
- Panoramatické zobrazení pro léze větších rozměrů



Panoramatické zobrazení

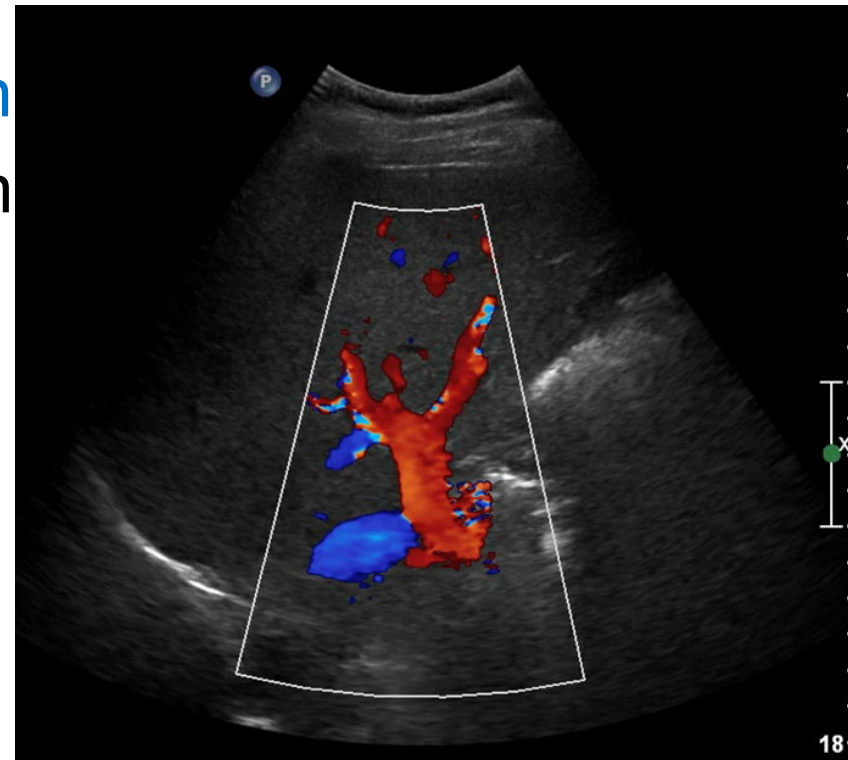
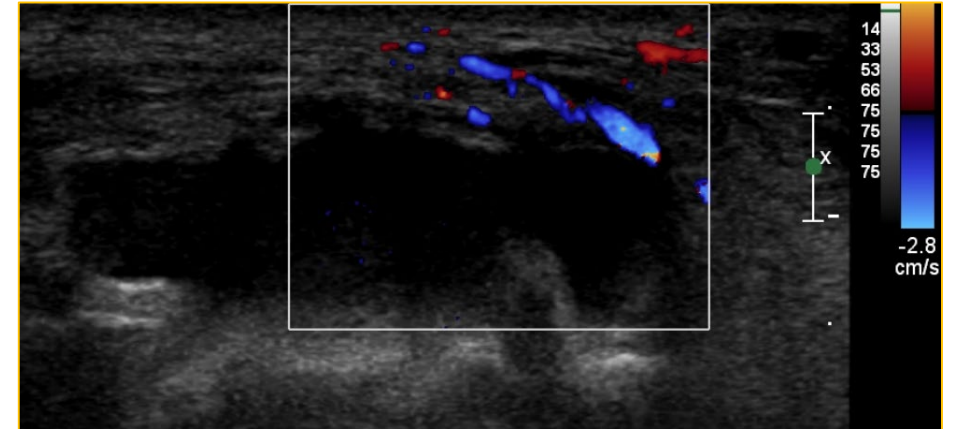


Dopplerovská ultrasonografie

- Diagnostická metoda založená na Dopplerově jevu za použití ultrazvukových zobrazovacích metod
- Změna frekvence je determinována rychlostí, intenzita signálu je determinována množstvím pohybujících se elementů (krvinek)
- Barevná Dopplerovská ultrasonografie vzniká kombinací B obrazu s dopplerovskými daty, snadno identifikuje směr toku v cévách, ovšem pro další informaci je třeba doplnit spektrální záznam (časový průběh rychlosti)

Směr toku

- Průtok směrem **k sondě** je zobrazen ve spektru **nad nulovou linií**
- Průtok směrem **od sondy** je zobrazen ve spektru **pod nulovou linií**
- Turbulence jsou zobrazeny zeleným skvrnami
- **BART** pravidlo – **blue away, red towards**



Duplexní a triplexní zobrazení

- Duplexní
 - Kombinace dvojrozměrného dynamického zobrazení a pulzního doppl. měření
- Triplexní
 - Kombinace B zobrazení se spektrální křivkou a barevným Dopplerem

Artefakty

- Dorzální akustický stín
- Dorzální akustické zesílení
- Zrcadlení
- Gain artefakt
- Reverberace

Akustický stín

- Za strukturou, která odráží UZ vlny



Dorzální akustické zesílení

- Odraz za tekutinou naplněnou strukturou se zobrazuje světlejší, což je dáno nízkým útlumem UZ vlnění během průchodu cystou ve srovnání s okolními tkáněmi



Zrcadlení

- Zrcadlový obraz na obou stranách struktury, která odráží UZ vlny
- Může se objevit kupř. obraz „jater nad bránicí“
- A linie na UZ plic

Gain artefakt

- Zvýšený gain ovlivňuje všechna echa najednou, což může způsobit tzv. gain artefakt – předcházíme tomu užitím TGC

Reverberace

- UZ signál je zachycen mezi 2 strukturami s vysokým odrazem
- Typicky vzniká při plicním edému – B linie na LUS

Jak značit snímky

- Použít Body mark – lze zaznamenat i polohu sondy k maximální možné reprodukci při následném vyšetření
- Stranové označení

- Je doporučováno
- Není vyžadováno

Klinické využití ultrazvuku Point-of-care

- Je dnes již běžnou součástí klinického vyšetření pacientů
- Může významně pomoci k rychlému zodpovězení otázky, která nám usnadní cestu v dalším terapeutickém postupu
- Může vést k vyšetření specialistou či nadřazenou zobrazovací metodou

Co si odnést s sebou

- Vždy zohlednit koho vyšetřuji a co je hlavní otázkou, na kterou je třeba odpovědět
- Dle toho volím typ sondy a nastavení módu, kterým vyšetřuji
- Obraz si dle potřeb nastavte „pro potřeby svého oka“ či potřeby výkonu, ke kterému se chystáte
- Nebát se zkoušet ultrazvuk používat a ptát se 😊

MUNI
MED

Lékařská fakulta Masarykovy univerzity
2023



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



Národní
plán
obnovy



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY