

# Ultrasonografie (2. LF UK)

## Zadání úlohy

- Identifikujte jednotlivé předměty v laboratorní misce
- Identifikujte struktury ve fantomech prsů

## Teoretická část

### Ultrazvuk a jeho vlastnosti

Ultrazvuk je mechanické podélné vlnění s frekvencí větší než je horní hranice lidského sluchu ( $f = 20 \text{ kHz}$ ), tudíž je pro lidské ucho neslyšitelný. Jeho vlnová délka je velmi malá, prostředím se šíří přímočaře. Výrazný je jeho odraz od překážek (platí zákon odrazu) a skutečnost, že je méně pohlcován v kapalinách a pevných látkách. V různých prostředích se ultrazvuk šíří různě velkou rychlostí (viz článek Ultrazvuk v různých prostředích a tkáních).

Získává se pomocí generátorů využívajících proudění z trysek nadkritickými rychlostmi, nebo využitím piezoelektrického nebo magnetostrikčního jevu.

#### Akustická impedance

Je to fyzikální veličina charakterizující akustické vlastnosti prostředí. Prostředí, do něhož ultrazvukové vlnění proniká, klade šíření vln odpor. Na rozhraní dvou prostředí o různé akustické impedanci může docházet k lomu a odrazu procházejícího akustického vlnění, energie dopadajícího ultrazvukového vlnění se rozdělí na část odraženou a dále procházející do druhého prostředí. Tento princip je základem **zobrazování ultrazvukem (echografie)**.

Vztah vyjadřující poměr intenzit  $R$  odražené k dopadající ultrazvukové vlně na rozhraní dvou prostředí o impedancích  $Z_1$  (před rozhraním) a  $Z_2$  (za rozhraním):

$$R = \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

### Ultrazvuk ve zvířecí říši

Ultrazvuk se vyskytuje i v živočišné říši, mnohá zvířata ho dokáží používat a produkovat. Například netopýři ho využívají pro orientaci v prostoru a lov, delfíni se pomocí ultrazvuku dokáží i dorozumívat. Ultrazvuku dokonce využívají i některé druhy hmyzu, například komáři a můry. Existuje i velká řada živočichů, kteří nedokáží ultrazvuk vytvářet, ale slyší ho. Příkladem je pes, kočka nebo myš.

## Ultrasonografie

Je to na ultrazvuku postavená diagnostická zobrazovací technika, využívaná na vizualizaci svalů a vnitřních orgánů, jejich velikostí, struktury, patologií nebo lézí. Ultrazvukové vlnění používané v diagnostice má frekvenci 2 – 15 MHz.

### Vznik ultrazvukového obrazu

Vlny odražené od impedančních rozhraní jsou registrovány v ultrazvukové sondě v mezičase mezi vysílanými impulsy. Registrace je dosaženo využitím obráceného piezoelektrického efektu. Vlnami rozkmitané krystaly generují elektrický proud, který je v počítači přístroje dále zpracován.

### Typy oblastí ultrazvukového obrazu

- hyperechogenní – světlá místa (oblasti s velkými intenzitami odrazů)
- hypoechogenní – šedá až tmavá místa (oblasti s malými intenzitami odrazů)
- anechogenní – černé místa (oblasti z nichž nepřicházejí žádné odrazy)

### Omezení pro ultrazvukové zobrazovací metody

#### Tepelné účinky

Mezi ultrazvukovou sondou a povrchem těla vzniká vzduchová vrstva. Vzduch má pro ultrazvukové vlnění velmi nízkou impedanci, je třeba zajistit, aby vlnění procházelo prostředím, které má obdobnou akustickou impedanci jako kůže; proto se při vyšetření ultrazvukem používá gel (nebo alespoň voda), který se nanese v místě kontaktu sondy s kůží.

Při průchodu živou tkání ultrazvuk způsobuje v důsledku absorpce energie zahřívání tkáně. Do jaké míry ultrazvuk zvyšuje teplotu v tkáni záleží na tom, jaká tkáň je snímána. Nejméně se zahřívají tekutiny, více měkké tkáně a nejvíce se zahřívají kosti. Zahřívání také záleží na délce vystavení ultrazvuku, intenzitě přístroje a zda-li je snímač držen na místě či je často přemísťován. Děje se tak především na tkáňovém rozhraní, ale i při průchodu homogenní tkání. Míra absorpce je závislá na frekvenci ultrazvuku. S rostoucí frekvencí se zvyšuje absorpce a disperze v tkáních a klesá pronikavost ultrazvuku.

Kvalita rozlišení detailů se zlepšuje s rostoucí frekvencí, ale pronikavost klesá. Pronikavost se zvyšuje při použití nižší frekvence, ale zhoršuje se tím kvalita rozlišení detailů. V praxi se využívají sondy s přeladitelnou frekvencí (při pozorování hluboko uložených struktur se využívá nižší frekvence; při strukturách bližších naopak vyšší frekvence).

#### **Mechanické účinky**

V důsledku zředování a zhušťování prostředí dochází k náhlým a urychleným změnám tlaku při kmitání molekul, což by občas mohlo vést k mechanickému poškození struktur, např. vlivem kavitace. V průběhu tohoto fyzikálního jevu dochází v proudících kapalinách nebo v místech kapalin s rychlými tlakovými změnami k vzniku vakuové dutinky, které svým zánikem mohou poškodit buněčné struktury.

#### **Fyzikálně-chemické účinky**

Vlivem ultrazvuku může dojít i k urychlení chemických reakcí a excitaci molekul, prokrvení tkání nebo látkové výměny v strukturách.

Ultrazvuk je vhodnou metodou pro zobrazení měkkých tkání, ale nevhodnou pro vyšetření plic a kostí, v důsledku nežádoucích účinků.

### **Ultrasonografie v medicíně**

Nejčastěji se ultrasonografie využívá jako prvotní vyšetření při podezření na zranění vnitřních orgánů, nebo během těhotenství pro kontrolu správného vývoje plodu. V moderní medicíně se využívá stále častěji jako pomůcka při podávání lokální anestezie, kde anesteziolog přesně vidí pod jakým úhlem a kam zavádí anestetikum. Výhoda této formy anestezie je, že pacientovi nemusí být podávány tak vysoké dávky silných celkových anestetik, které škodí organismu. Ultrasonografie se může používat i v kardiologii jako neinvazivní vyšetřovací metoda - echokardiografie. Tato metoda nachází využití i např. i při kardiochirurgických zákrocích jako je perikardiocentéza.

### **Ultrazvukové zobrazovací metody**

Ultrasonografie se za posledních 50 let své existence stala nejrozšířenější diagnostickou zobrazovací metodou. Jak bylo zmíněno výše, jejím základním principem je registrace, zpracování a zobrazení částečně odražených ultrazvukových vln od rozhraní dvou prostředí s rozdílnou akustickou impedancí. Na základě zpracování a zobrazování daných odražených ultrazvukových signálů ultrazvukovým měničem rozeznáváme tyto základní zobrazení:

#### **Zobrazení A - amplitude mode (odrazy modulují amplitudu výchylek)**

Tato metoda patří mezi první způsoby využití ultrazvukových vln v medicíně. Jde o nejjednodušší typ zobrazení, které je jednorozměrné. Dodnes se uplatňuje v technických sférách či v oftalmologii při měření vzdálenosti jednotlivých optických rozhraní v oku. Jednotlivá registrovaná echa (odrazy) jsou na monitoru zobrazeny jako sled výchylek na časové ose označené v jednotkách vzdálenosti. Poloha výchylky odpovídá místu odrazu a její amplituda množství odražené akustické energie.

#### **Zobrazení B - brightness mode (odrazy modulují jas stopy na obrazovce)**

Jde o zobrazení, které v minulosti představovalo další významný posun v ultrasonografii. Odražené ultrazvukové vlny jsou zobrazovány jako pixely v šedé škále. Poloha bodů odpovídá poloze rozhraní nehomogenních (echogenních) prostředí s různou akustickou impedancí a jas odpovídá intenzitě odražené vlny (ve smyslu - čím větší je jas bodu, tím má odražené vlnění větší intenzitu).

#### **Zobrazení 2D - real mode (které zároveň využíváme i na praktických cvičeních)**

Je nejrozšířenějším dvojrozměrným zobrazením. Rovina řezu měkkými tkáněmi je vymezena typem ultrazvukové sondy. Známé sektorové, lineární a konvexní sondy určují tvar ultrazvukového pole. Několik u sebe řazených úseček jednorozměrného zobrazení v B módu vytváří obraz, přičemž dvojrozměrné ultrazvukové pole nabývá buď mechanickou rotací jednoho ultrazvukového měniče v rovině zobrazení nebo elektronicky, když je sonda tvořena několika miniaturními měniči, jejichž vzájemné uspořádání určuje výsledné ultrazvukové pole. 2D zobrazení umožňuje mimo jiné různé měření v daném obraze (možné určovat průřezy cévami, velikost a hloubku uložení sledovaných struktur).

#### **Zobrazení M - motion mode**

Toto zobrazení je variací B zobrazení, vyvinuté zejména pro potřeby kardiologických vyšetření a sledování pohybujících se struktur (pohyby srdeční stěny, chlopní). Při zachycení pohybující se struktury se A - obrazem na obrazovce objeví tzv. plovoucí echo, z něj lze rozeznat pouze hranice pohybu. Nahrazením výchylek časové

základny svítícími body je možné zaznamenat časový průběh jejich vzájemného pohybu.

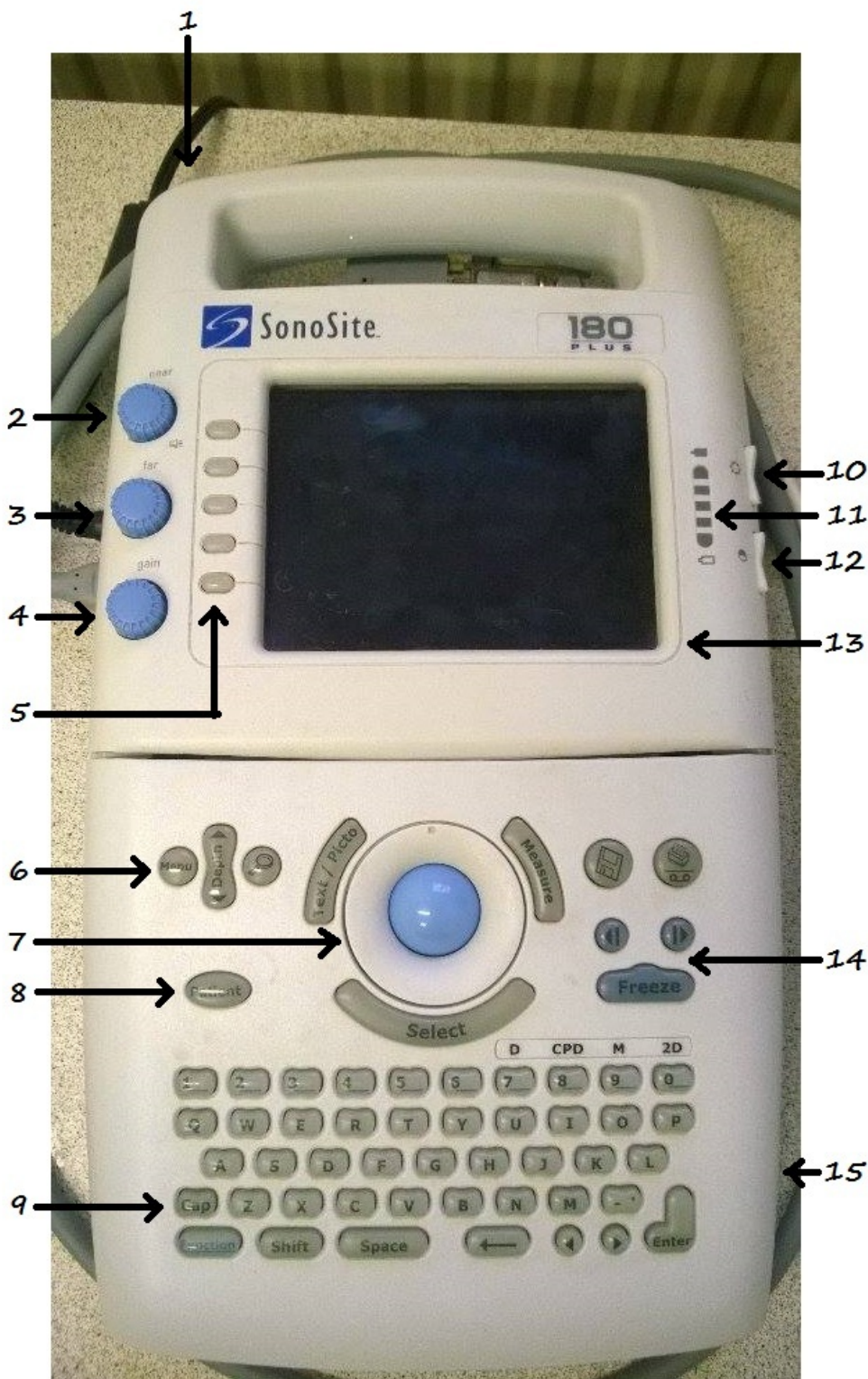
K dalším (do budoucna perspektivním) zobrazením patří 3D zobrazení (speciální sonda generující trojrozměrné ultrazvukové pole), real time 3D zobrazení či panoramatické zobrazování.

## Identifikování předmětů v laboratorní misce a ve fantomech

### Popis a postup práce s přístrojem SonoSite 180 plus

Ovládání prvky přístroje SonoSite 180 plus.

1. Síťový vypínač
2. Near - ovladač zisku v blízkém poli
3. Far - ovladač zisku ve vzdáleném poli
4. Gain - ovladač celkového zisku
5. Menu ovladače
6. Optimalizace, hloubka a zvětšení
7. Ovládací koule
8. Patient - menu nastavení přístroje
9. Funkční tlačítko
10. Ovladač jasu LCD obrazovky
11. Indikátor nabití baterie
12. Ovladač kontrastu LCD obrazovky
13. LCD obrazovka
14. Šipky vyhledávání ve smyčce posledních obrazů
15. Tlačítka pro volbu módu zobrazení



Postup práce.

1. Zapněte sonografický přístroj stisknutím a podržením vypínače, který je na zadní levé straně držadla přístroje, přístroj následně pípne a rozsvítí se obrazovka.
2. Na přístroji nastavte správnou hloubku pomocí tlačítka **Depth**. Se sondou je třeba se pohybovat na hladině kapaliny, nikoliv na folii umístěné na misce.
3. Pomocí tlačítka **Freeze** zmrazíte obraz tak, abyste na něm měli zaznamenaný objekt podle vašich představ. Na obrazovce se vám zobrazí dva různobarevné křížky (modrý a zelený), jejichž pozice se na obrazovce mění pomocí ovládací koule (do počátečního a do koncového místa měřené vzdálenosti). Po fixaci prvního kurzoru pomocí tlačítka **Select** se uvolní druhý kurzor. Následně zafixujte druhý kurzor na jiné pozici a opět zmáčkněte tlačítko **Select**. Naměřená hodnota se zobrazuje v levé horní části obrazovky. Pro ukončení měření a zaznamenání dalšího objektu je třeba znovu zmáchnout tlačítko **Freeze**.

### Postup práce s přístrojem Clarius C3



V případě fantomů prsů doporučujeme použití přístroje Clarius C3, který má tu výhodu, že jeho obraz lze kontinuálně zobrazovat na tabletu či smartphone. Přístroj má intuitivní ovládání přes aplikaci v tabletu a jeho zapnutí se provádí zasunutím baterie do přístroje (**při zasouvání baterie se ujistěte, že vodící drážky na baterii správně zadají do vodících drážek na přístroji**). Po zasunutí baterie spusťte program "Clarius Ultrasound" na tabletu a počkejte na jeho spárování se zařízením Clarius C3 (samotné párování může chvíli trvat a někdy je třeba zavřít aplikaci na tabletu, která byla spuštěna předešlým pracovním týmem a zůstala spuštěná na pozadí). **V případě, že delší dobu nepoužíváte přístroj je třeba přístroj vypnout povytažením baterie, aby nedocházelo k přehřátí přístroje nebo nedocházelo ke zbytečnému vybíjení baterie (nabití baterie chvíli trvá a myslíte na další týmy, které budou provádět úlohu po vás). Po použití přístroje vraťte baterii do nabíjecí kolíčky, aby se udržovali jednotlivé baterie nabité pro další pracovní týmy.**

## Laboratorní miska

Pro identifikování různých předmětů pomocí ultrasonografie je v praktikách laboratorní miska naplněná vodou a zakrytá černou folií. Před použitím se ujistěte, že je v misce dostatek vody, aby jste měli dostatečnou hloubku pro identifikování jednotlivých předmětů. Nad samotnou folií by měla být tenká vrstva vodní hladiny, aby došlo ke kontaktu se sondou přístroje. **Na misku s vodou nepoužívejte přístroj Clarius C3, který není vodě odolný a při kontaktu s vodou by mohlo dojít k poškození přístroje.**

## Fantomy prsou

Pro simulaci reálnějšího vyšetření pomocí ultrasonografie jsou v praktikách dva fantomy prsou, v kterých můžete identifikovat:

- **Cysty** - typicky anechogenní útvary (jeví se tmavě, až černě), často kulatého tvaru, hladkého, pravidelného povrchu
- **Tumory** - typicky echogenní útvary (jeví se světle, bíle), různých, nepravidelných tvarů, s hrubým povrchem s hrbolky

Při použití obou fantomů je vhodnější použít ultrasonografický gel, který aplikujete na fantom, aby se vytvořila dostatečná vrstva, která umožní kontakt sondy s fantomem. **Po skončení práce s fantomy je důkladně omyjte pod proudem tekoucí vody od ultrasonografického gelu a následně důkladně osušte. Po oschnutí povrchu fantomů na ně aplikujte talek, který je na pracovním stole.**

## Krok 1 - Identifikace různých předmětů v laboratorní misce

Pomocí přístroje SonoSite 180 plus identifikujete jednotlivé předměty v laboratorní misce a zjistíte jejich rozměry. Předměty slovně popište v protokolu (např. tvar, echogennitu, typ, rozměry) a jejich umístění v misce (případně rozměry) zaznamenejte do šablony pro laboratorní misku, kterou si stáhněte z serveru moodle.

## Krok 2 - Identifikace vnitřních struktur ve fantomech

Pomocí přístroje Clarius C3 identifikujete jednotlivé objekty v obou fantomech a zjistíte jejich rozměry. Nálezy slovně popište v protokolu (např. tvar, echogennitu, typ, rozměry) a jejich umístění ve fantomech (případně rozměry) zaznamenejte do šablony pro model prsu, kterou si stáhněte z serveru moodle.

## Kontrolní otázky

## Přílohy

<mediaplayer width="500" height="300"><https://www.youtube.com/watch?v=g6dcxHh1MYQ></mediaplayer>

## Odkazy

### Související články

- Portál:Biofyzikální praktikum (2. LF UK)
- Ultrazvuk
- Ultrazvukové vlnění
- Ultrazvuk v různých prostředích a tkáních
- Účinky ultrazvuku
- Terapeutické užití ultrazvuku
- Diagnostické užití ultrazvuku

## Zdroje

- Janík Václav: Ultrasonografie. Multimediální podpora výuky klinických a zdravotnických oborů :: Portál 3. lékařské fakulty UK [online] 14.3.2011, poslední aktualizace 23.11.2011 [cit. 2015-11-28] Dostupný z WWW: <<http://portal.lf3.cuni.cz/clanky.php?aid=92>>. ISSN ISSN 1804-3143
- Jaroslav Reichl, Martin Všetická: Encyklopedie fyziky ©2006 - 2015 [online]. [cit. 2015-11-28] Dostupný z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/203-ultrazvuk>

- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1 (dotisk 2013) vydání. Praha : Grada Publishing, 2005. 524 s. ISBN 978-80-247-1152-2
- HRAZDIRA, Ivo. 2008. Úvod do ultrasonografie v otázkách a odpovědích při studiu lékařské fakulty. [online]. [cit. 2015-11-28]. Dostupné na internetu: <[http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/uvod\\_do\\_ultrasonografie1.pdf](http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/uvod_do_ultrasonografie1.pdf)>