



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

**Průvodce sonografickým vyšetřením – informační leták
pro pacienta**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program:

SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ

Autor: Tereza Vopelková

Vedoucí práce: Mgr. Zuzana Freitinger-Skalická, Ph.D.

České Budějovice 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „**Průvodce sonografickým vyšetřením – informační leták pro pacienta**“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 11. 8. 2020

.....

podpis

Poděkování

Tímto velmi děkuji za ochotu a trpělivost paní ředitelce Mgr. Zuzaně Freitinger-Skalické, Ph.D., která mi poskytla cenná doporučení a postřehy pro realizaci této práce. Ráda bych také poděkovala všem osloveným, kteří si vyhradili čas na zodpovězení otázek v dotazníkovém šetření, díky kterým vznikl informační leták.

Průvodce sonografickým vyšetřením – informační leták pro pacienta

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je shrnout dostupné informace o ultrazvuku a sonografických vyšetřeních a vytvořit návrh informačního letáku, ze kterého by se nejen pacienti mohli dozvědět nejdůležitější informace o ultrazvukovém vyšetření.

V teoretické části této práce jsou shrnuty stávající poznatky o ultrazvuku, jeho fyzikálních vlastnostech a interakcích s prostředím. Je zde přehledně vylíčena historie ultrazvuku, a především jsou charakterizovány komponenty ultrazvukových přístrojů využívaných při diagnostice, módy zobrazení výsledků, průběh sonografického vyšetření a následně i využití ultrazvuku v konkrétních medicínských oborech.

V praktické části této práce jsou formulovány dvě výzkumné otázky. První z nich se snaží zjistit, zda jsou pacienti řádně informováni o ultrazvukovém vyšetření, druhá zkoumá, zda by veřejnost měla zájem o informační leták shrnující podstatné informace o tomto vyšetření. Abychom na ně mohli odpovědět, byl proveden dotazníkový průzkum na vzorku 163 respondentů.

Z dotazníku vyplývá, že více jak polovina pacientů postrádá poučení před ultrazvukovým vyšetřením a 68,7 % dotázaných dotazníku by ocenilo informační leták, týkající se ultrazvukového vyšetření. Nedílnou součástí práce je proto i návrh takového letáku, který by mohl být poskytnut nemocnicím a poliklinikám a umístěn do čekáren nebo být vyvěšen na jejich webových stránkách.

V závěru bakalářské práce se nachází shrnutí obsahu práce, její nejdůležitější výsledky a možné další řešení dané problematiky.

Klíčová slova

Ultrazvuk; ultrasonografie; ultrazvuková diagnostika; Dopplerův jev; průběh vyšetření; ultrazvuk v medicíně; informační leták.

Guide to ultrasonic examination - an information leaflet for patients

Abstract

The aim of this bachelor's thesis is to summarize the available information about ultrasound and sonographic examinations and to create a draft information leaflet from which not only patients could learn the most important information about ultrasound examination.

The theoretical part of this thesis summarizes the current knowledge about ultrasound, its physical properties and interactions with the environment. The history of ultrasound is clearly described, and above all the components of ultrasound devices used in diagnostics, modes of displaying results, the course of sonographic examination and subsequently the use of ultrasound in specific medical fields are characterized.

In the practical part of this thesis, two research questions are formulated. The first tries to find out whether patients are properly informed about the ultrasound examination, the second examines whether the public would be interested in an information leaflet summarizing the essential information about this examination. In order to be able to answer them, a questionnaire survey was conducted on a sample of 163 respondents.

The questionnaire shows that more than half of the patients lack instruction before the ultrasound examination and 68.7% of the respondents to the questionnaire would appreciate the information leaflet concerning the ultrasound examination. An integral part of the thesis is therefore the design of such a leaflet, which could be provided to hospitals and clinics and placed in waiting rooms or be posted on their websites.

At the end of the bachelor's thesis there is a summary of the content of the work, its most important results and possible further solutions to the issue.

Key words

Ultrasound; ultrasonography; ultrasound diagnostics; Doppler effect; the course of the examination; ultrasound in medicine; informational leaflet.

OBSAH

Úvod	8
1 Teoretická část	9
1.1 Zvuk.....	9
1.1.1 Princip šíření	9
1.1.1.1 Šíření zvuku v prostředí.....	10
1.1.2 Další vlastnosti zvuku.....	11
1.1.2.1 Frekvence	11
1.1.2.2 Perioda.....	11
1.1.2.3 Rychlost šíření zvuku	11
1.1.2.4 Vlnová délka.....	12
1.1.2.5 Tři znaky zvuku	12
1.2 Ultrazvuk.....	13
1.2.1 Akustická impedance	13
1.2.2 Útlum ultrazvukových vln	14
1.2.3 Odraz a lom ultrazvukových vln.....	15
1.2.4 Dopplerův jev	16
1.2.5 Zdroje ultrazvuku.....	17
1.2.5.1 Piezoelektrické měniče	17
1.2.5.2 Magnetostrikční měniče	18
1.2.6 Biologické účinky ultrazvuku.....	19
1.2.6.1 Bezpečnost ultrazvuku.....	20
1.3 Ultrazvuk v lékařství	21
1.3.1 Historie ultrazvuku v lékařství.....	21
1.3.1.1 Ultrazvuková diagnostika.....	22
1.3.1.2 Dopplerovská ultrazvuková diagnostika	22
1.3.1.3 Ultrazvuková diagnostika v České republice	23
1.3.2 Ultrazvuk v diagnostice	24
1.3.2.1 Ultrazvukové přístroje využívané při diagnostice.....	25
1.3.2.2 Vyšetřovací sonda	27
1.3.3 Módy zobrazení výsledků.....	29
1.3.3.1 A – mód	29
1.3.3.2 B – mód	29
1.3.3.3 M – mód	31
1.3.3.4 D – mód	31
1.3.4 Speciální kontrastní látky pro ultrazvuk	32
1.3.4.1 Historie kontrastních látek v rámci ultrasonografie	33

1.3.4.2	Rozdělení kontrastních látek v ultrasonografii.....	33
1.4	<i>Ultrazvukové vyšetření</i>	35
1.4.1	Indikace a kontraindikace	35
1.4.2	Postavení ultrazvuku v algoritmu zobrazovacích metod	37
1.4.3	Standardy ultrazvukového vyšetření v České republice	38
1.4.4	Průběh vyšetření	38
1.4.4.1	Indikace	39
1.4.4.2	Objednání k vyšetření	39
1.4.4.3	Příprava na vyšetření	39
1.4.4.4	Průběh vyšetření	40
1.5	<i>Využití ultrazvuku v medicínských oborech</i>	41
1.5.1	Neonatologie	41
1.5.2	Pediatric	41
1.5.3	Kardiologie	41
1.5.4	Gynekologie a porodnictví.....	42
1.5.4.1	Gynekologie	42
1.5.4.2	Porodnictví	42
1.5.5	Ortopedie	43
1.5.6	Revmatologie	43
1.5.7	Nefrologie	43
1.5.8	Urologie	43
1.5.9	Endokrinologie.....	44
1.5.10	Gastroenterologie.....	44
1.5.11	Terapeutické využití ultrazvuku	45
1.5.11.1	Stomatologie.....	45
1.5.11.2	Aplikace léčiv	45
1.5.11.3	Fyzikální terapie	45
2	Cíl práce a výzkumná otázka.....	47
2.1	<i>Cíl práce</i>	47
2.2	<i>Výzkumné otázky</i>	47
3	Metodika	48
4	Výsledky.....	50
5	Diskuze.....	59
6	Závěr	62
7	Seznam použité literatury	63
8	Seznam obrázků.....	66
9	Seznam příloh.....	67

Úvod

Přístrojová vybavení mají v moderní medicíně neopomenutelné postavení. Díky nim mohou lékaři zjistit stav pacienta, aniž by musel podstoupit chirurgický zákrok. Jedním z takových přístrojů je i ultrazvuk, kterým lze vyšetřit téměř všechny orgány v těle.

Ultrazvukové vyšetření se může nazývat jiným slovem též sonografie. Ultrazvuk je mechanické kmitání s frekvencí vyšší než 20 kHz, pro zdravé lidské ucho je tedy neslyšitelný, avšak některá zvířata jsou schopna jej vnímat.

Stejně jako jiné přístroje, i ultrazvuk prošel historickým vývojem a v našem lékařství má dlouhou historii. Díky technologickým inovacím a technickému pokroku již nemusí být velkým nepřenositelným zařízením, ale lze ho bezproblémově přemístit, kamkoli je třeba.

Historicky se vyvíjely nejen konstrukce sond s měniči, ale i módy zobrazení. Dnes se sondy řídí elektronicky a stále častěji se užívají sondy s 3D/4D režimem zobrazení.

V současné době si již nelze bez ultrazvukové kontroly představit žádné bezproblémové těhotenství, natož to, které provází komplikace. Samozřejmě nejen v gynekologii a porodnictví, ale i ve většině dalších medicínských oborech, se jedná o nezastupitelnou metodu.

Sonografie obecně patří mezi jedno z nejběžnějších vyšetření u nás i ve světě a jeho velkou výhodou je neinvazivnost, jelikož nedochází k poškození nebo porušení povrchu kůže, bezbolestnost a rychlost provedení vyšetření. Tyto výhody zajistily sonografii dominantní postavení mezi diagnostickými metodami.

Vyšetření ultrazvukem je v současnosti nejbezpečnější diagnostická zobrazovací metoda, jejíž kontraindikace v běžné klinické praxi v podstatě neexistují. Jeho využití v medicíně je široké, protože jím lze vyšetřovat snadno, a přitom velmi bezpečně téměř všechny orgány v těle.

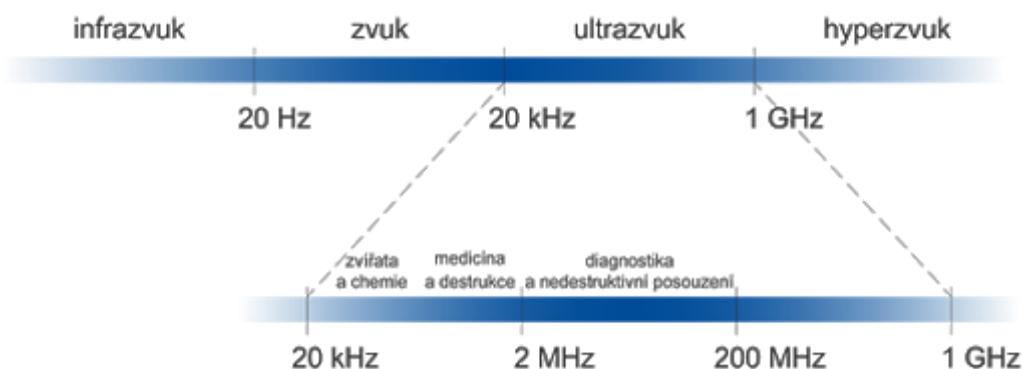
Ultrazvuk je nejen v lékařské medicíně nepostradatelným pomocníkem a všeobecně je možné předpokládat, že využití ultrazvuku se bude i nadále rozvíjet.

1 Teoretická část

1.1 Zvuk

Zvuk vzniká díky mechanickému kmitání částic pružného prostředí kolem jejich rovnovážných poloh. Jako zvuk je označováno jakékoliv mechanické kmitání částic v pružném prostředí, bez ohledu na frekvenci, kterou je možné v konkrétním případě naměřit. Mnohem obvyklejší dělení mechanického kmitání právě podle frekvence (viz Obrázek 1) je ovšem následující, (Škvor, 2001):

- **Infrazvuk:** Frekvence nižší než 16 Hz.
- **Zvuk:** Frekvence v rozmezí 16 Hz – 20 kHz, zvuk dokáže vnímat i lidské ucho.
- **Ultrazvuk:** Frekvence vyšší než 20 kHz, (Škvor, 2001).



Obrázek 1: Frekvenční pásma

Zdroj: http://jtarchitekt.cz/fyzika_ultrazvuku.html

Mechanické kmitání o jakékoliv frekvenci je dále označováno jako zvuk, převážně kvůli tomu, že výše zmíněné dělení v tomto případě nemění nic na obsahu či validitě uvedených informací.

1.1.1 Princip šíření

V prostředí se zvuk šíří jako vlnění, které můžeme popsat jako deformaci okolního prostředí, při které nedochází k přenosu částic, ale pouze k jejich kmitání okolo rovnovážných poloh. Nedochází tedy k transferu hmoty, ale pouze k přenosu energie, (Fejfar, 2011).

Tento princip je velmi dobře možné popsat na klasickém reproduktoru. Pokud se membrána začne pohybovat dopředu, dojde tím ke zvýšení tlaku mezi ní a molekulami vzduchu, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti. Molekuly se v důsledku tohoto

tlaku začnou pohybovat směrem od membrány, narážejí do dalších molekul a předávají jim vlastní kinetickou energii, tyto molekuly ji pak předávají dalším dosud nezasaženým molekulám, (Fejfar, 2011).

Jakmile membrána reproduktoru dosáhne maximálního vychýlení, vrací se zpět, a v důsledku další změny tlaku se původně vychýlené molekuly začnou pohybovat opačným směrem. Takto vzniká zvuková vlna opačné polarity, (Trňáková, 2013).

Jakmile přestane působit zdroj zvuku, všechny rozpořybované molekuly se vracejí do původní polohy. Nedošlo tedy k jejich přesunu, pouze k předání energie z membrány reproduktoru sousedním molekulám a k jejímu následnému šíření, (Trňáková, 2013).

Rozeznávají se dva hlavní druhy vlnění podle toho, jakým způsobem prochází prostředím. Pokud se zabýváme prostředím tvořeným plynem či kapalinou, dochází ke vzniku podélného neboli longitudinálního vlnění. V případě podélného vlnění jednotlivé částice kmitají podle směru šíření vlnění, a dochází k jejich střídavému zhušťování a zředování, (Dietrich, c2008).

Pevné a případně také kapalné skupenství vyznačující se pevně vázanými molekulami dává vzniknout tzv. příčnému vlnění, které je také označováno jako transverzální. Toto vlnění je charakterizováno vlnami kolmými na směr šíření. Podobně jako u předchozího druhu vlnění, i zde dochází k periodickému zhušťování a zředování prostředí, (Dietrich, c2008).

1.1.1.1 Šíření zvuku v prostředí

V reálném prostředí se zvuk šíří ve vlnoplochách, které mohou mít tvar rovinné plochy či koule. Tvar je ovlivněn překážkami a interakcí vlny s nimi. Jako akustické pole označujeme prostor, kterým se zvuk šíří. Podoba tohoto pole je závislá na tvaru vln, které ho tvoří, (Trňáková, 2013).

Proto rozeznáváme tyto druhy akustického pole:

- rovinné,
- kulové,
- difuzní.

Při šíření zvukové vlny v reálném prostředí dochází vždy ke kontaktu s různorodými překážkami. Při těchto interakcích může dojít ke dvěma druhům jevů. Část kinetické energie molekul zvukové vlny se může přeměnit na jinou formu energie, nebo dojde ke změně směru, tvaru či intenzity zvukové vlny, (Trňáková, 2013).

Kinetická energie se ve většině případů změní na tepelnou, ale ve výjimečných případech může dojít i ke změně na jinou formu energie.

Zvuková vlna se při nárazu na překážku může odrazit a díky tomu změnit směr. Dále může dojít k tomu, že překážkou projde, či může samotnou překážku rozkmitat. Chování zvukové vlny záleží především na překážce samotné, (Škvor, 2001).

1.1.2 Další vlastnosti zvuku

Zvuk je možné podrobněji popsat pomocí dalších fyzikálních veličin, které jsou důležité pro pochopení jeho interakcí s okolním prostředím. V následující části práce budou tyto veličiny charakterizovány vzhledem ke zvuku.

1.1.2.1 Frekvence

Frekvence představuje fyzikální veličinu, udávající počet opakování periodického děje za jednu sekundu. Ve vztahu ke zvuku pak frekvence udává, počet kmitů za sekundu, které provedou částice v prostředí, kterým se ultrazvuk šíří. Jednotkou frekvence je 1 Hz, a právě podle frekvence se zvuk rozlišuje na tři základní kategorie, popsané výše, (Trňáková, 2013).

1.1.2.2 Perioda

Perioda je opačnou fyzikální veličinou k výše zmíněné frekvenci. Udává délku jednoho opakování periodického děje. Ve vztahu ke zvuku se tedy jedná o dobu, za jakou jedna částice zvukové vlny zopakuje jeden kmit. Jednotkou, ve které je perioda měřena, je tedy sekunda, (Škvor, 2001).

1.1.2.3 Rychlost šíření zvuku

Rychlost šíření zvukových vln záleží na několika faktorech. Velmi důležitá je hustota materiálu, kterým se má zvuk šířit. Není to ovšem jediný faktor. Dalším je pružnost daného materiálu, jinými slovy velikost vazebných sil, kterými jsou jednotlivé molekuly navzájem vázány. Mezi ostatní faktory pak patří teplota a tlak, který na daný materiál

působí. Obecně lze říci, že zvuk se šíří rychleji v kapalinách a pevných látkách než ve vzduchu, (Trňáková, 2013).

1.1.2.4 Vlnová délka

Na základě rychlosti zvuku v určitém prostředí a periody je možné určit vlnovou délku, která udává, jakou vzdálenost urazí zvuková vlna za dobu jedné periody. Vlnová délka je obvykle vyjadřována v metrech. Zvuk o stejné frekvenci bude mít v různých prostředích rozdílnou vlnovou délku, (Škvor, 2001).

1.1.2.5 Tři znaky zvuku

Každý zvuk je mimo výše zmíněné fyzikální veličiny možné charakterizovat třemi znaky:

- **Výška** – je dána frekvencí zvuku. Čím vyšší je frekvence, tím vyšší je také výška daného zvuku. V případě zvuku o slyšitelné frekvenci lze vnímat výšku tónu a odlišovat tak jednotlivé frekvence, v případě ultrazvuku a infrazvuku to samozřejmě možné není, (Škvor, 2001).
- **Barva** – umožňuje lidskému uchu rozlišit zvuky o stejné výšce, které ovšem vydávají různé zdroje. Barvu zvuku blíže vysvětluje tzv. Fourierova teorie. Podle té je možné jakýkoliv zvuk rozložit na harmonické složky, jejichž vyšší složky umožňují rozeznání jednotlivých zvuků, (Škvor, 2001).
- **Intenzita** – intenzita jednotlivých zvuků se váže na množství energie, která projde za jednu sekundu plochou kolmou na směr šíření vlnění. Přenos energie se mimo jiné podílí na subjektivně vnímané hlasitosti jednotlivých zvuků, ale především na ní záleží při kontaktu zvukových vln s překážkou. V takovém případě dochází k přeměně části akustické energie na jiné druhy energie, (Škvor, 2001).

1.2 Ultrazvuk

Jako ultrazvuk se označuje mechanické kmitání molekul pružného prostředí kolem jejich rovnovážných poloh, které má vyšší frekvenci než 20 kHz. Tato frekvence přesahuje možnosti lidského ucha, proto ultrazvuk nelze slyšet. Některá zvířata ovšem jsou schopná ultrazvuk vnímat, například psi či netopýři, (Sedlář et. al., 2014).

Podle konkrétní frekvence je možné ultrazvuk dále rozdělit na tři skupiny:

- **Nízkofrekvenční ultrazvuk** – frekvence se pohybuje mezi 20 kHz a 100 kHz. Ultrazvuku o této frekvenci se využívá mimo jiné k čištění nástrojů a materiálů, či v ultrazvukové chirurgii, (Sedlář et. al., 2014).
- **Vysokofrekvenční ultrazvuk** – frekvence se v tomto případě pohybuje v hodnotách vyšších než 100 kHz. Vysokofrekvenční ultrazvuk je využíván jak v ultrazvukové terapii, tak v ultrazvukové diagnostice, (Sedlář et. al., 2014).
- **Hyperzvuk** – ultrazvuk, o frekvenci vyšší než 1 GHz, (Sedlář et. al., 2014).

Veškeré principy popsané v předchozí části práce je možné aplikovat také na chování ultrazvuku. Totéž platí také pro veškeré fyzikální veličiny uvedené výše. Přesto existuje několik vlastností ultrazvuku, které jsou klíčové pro pochopení ultrazvukové diagnostiky a jsou popsány níže.

1.2.1 Akustická impedance

Jedním z velmi důležitých principů pro funkci ultrazvukové diagnostiky v medicíně je akustická impedance, jež je charakterizována jako odpor prostředí vůči zvukové vlně. Hodnotu akustické impedance jednotlivých prostředí je možné vypočítat dle následující rovnice jako podíl hodnoty akustického tlaku p [Pa] a rychlosti kmitavého pohybu částic prostředí v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] nebo lze odpor prostředí určit součinem hustoty prostředí ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] a rychlosti šíření ultrazvuku c [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$], (Dietrich, c2008).

$$z = \frac{p}{v} = \rho c \quad [\text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}]$$

Na rozhraní dvou prostředí o různé akustické impedanci může docházet k lomu či odrazu ultrazvukového vlnění. Právě tento princip je využíván při diagnostice ultrazvukem, (Hrazdára, 2011).

1.2.2 Útlum ultrazvukových vln

Jako útlum ultrazvukových vln označujeme snižování intenzity vlnění vlivem okolního prostředí. Existuje několik způsobů, jakými dochází k útlumu ultrazvukových vln při průchodu jednotlivými prostředími:

- **Absorpce** – při absorpci dochází k předání části energie ultrazvukové vlny kmitajícím částicím ve formě tepla, v důsledku jejich vnitřního tření, (Sedlář et. al., 2014).
- **Ohyb** – k ohybu ultrazvuku dochází při setkání s překážkou, tvořenou zvukovým izolátorem. Pokud má tato překážka menší či stejnou velikost, jako jsou délky ultrazvukových vln, dochází k ohybu ultrazvuku kolem této překážky, (Sedlář et. al., 2014).

Má-li ovšem překážka větší rozměr, než je vlnová délka ultrazvuku, vzniká za ní akustický stín, kde se ultrazvuk nešíří, (Sedlář et. al., 2014).

- **Rozptyl** – k rozptylu ultrazvukové vlny dochází na rozhraní prostředí s různými vlastnostmi. Pokud tato vlna narazí na rozhraní prostředí, přičemž částice prostředí, na které ultrazvuková vlna nově dopadla, jsou menší, než je vlnová délka ultrazvuku, dochází k rozptýlení vlnění a pouze v malé míře k jeho odrazu, (Sedlář et. al., 2014).

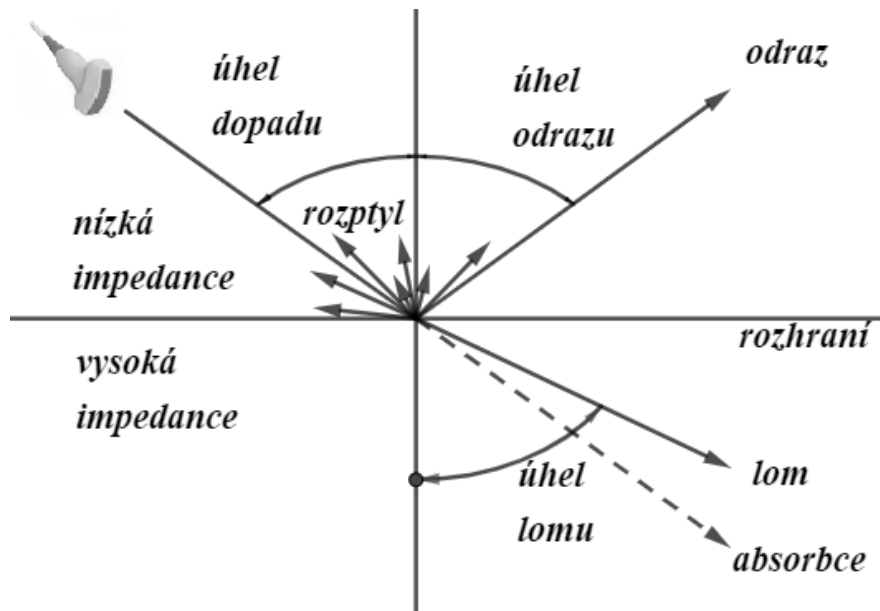
V ultrazvukové diagnostice se rozptýlené ultrazvukové vlnění využívá pro identifikaci pórovitých struktur a parenchymových orgánů, (Sedlář et. al., 2014).

- **Odraz a lom** – k odrazu a lomu ultrazvukových vln dochází opět na rozhraní dvou prostředí s odlišnými vlastnostmi. Vzhledem k důležitosti tohoto principu pro ultrazvukovou diagnostiku, mu bude věnována následující část práce, (Škvor, 2001).

1.2.3 Odraz a lom ultrazvukových vln

Chování ultrazvukových vln při dopadu na rozhraní dvou prostředí je možné popsat pomocí zákonů odrazu a lomu. Zákon odrazu určuje, že úhel odrazu vlny od rozhraní dvou prostředí je stejný jako úhel dopadu, (Sedlár et. al., 2014).

Zákon lomu se také nazývá Snellův zákon, a popisuje vztah mezi úhly dopadu a lomu ultrazvukové vlny. Pokud dopadne ultrazvuková vlna o určitém akustickém tlaku na prostředí s různými akustickými impedancemi, dojde k tomu, že se část vlny odrazí zpět do původního prostředí, a druhá část vlny se zlomí a projde do nového prostředí (viz Obrázek 2). Součet akustických tlaků obou nových vln dá dohromady akustický tlak původní vlny, (Sedlár et. al., 2014).



*Obrázek 2: Odraz a lom ultrazvukových vln na rozhraní dvou prostředí
Zdroj: vlastní zpracování*

Na základě tohoto vztahu je možné vypočítat další údaje nezbytné pro správné provedení ultrazvukového vyšetření. To je založeno právě na různé míře odrazu ultrazvukových vln od různých prostředí. Pokud dojde k maximálnímu odrazu ultrazvukové vlny na rozhraní obou prostředí, není možné provést hloubkové vyšetření tkání nacházejících se pod tímto rozhraním. Jestliže ale nedojde k žádnému odrazu, není vůbec možné získat obraz konkrétního rozhraní, (Dietrich, c2008).

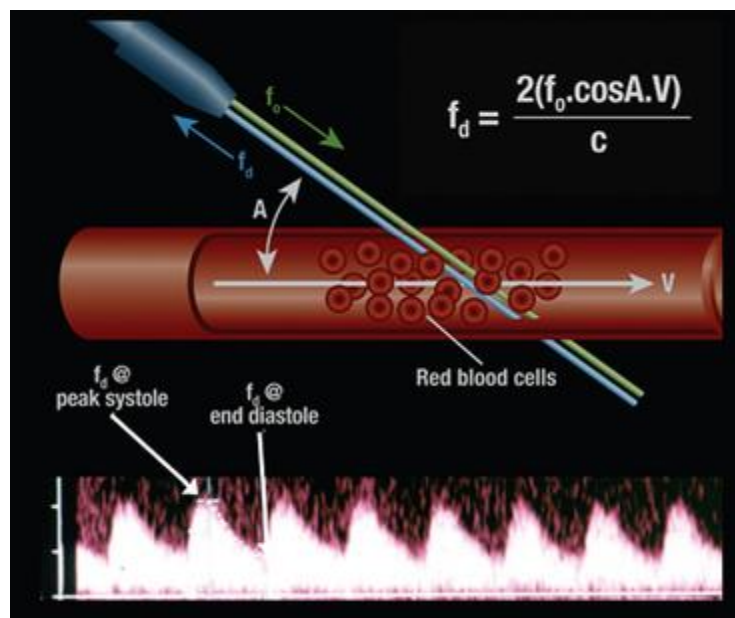
1.2.4 Dopplerův jev

Dopplerův jev lze pozorovat v případě, že dochází ke změně detekované frekvence ultrazvukového vlnění oproti konstantně vysílané frekvenci. Další nutnou podmínkou je vzájemný pohyb zdroje vlnění a přijímače vln, (Eliáš, 1998).

Jinými slovy, pokud se pozorovatel pohybuje ke zdroji vlnění, případně zdroj k pozorovateli, vnímá pozorovatel vyšší frekvenci vlnění, než je reálná frekvence vysílaného vlnění. Naopak, pokud se pozorovatel a zdroj pohybují od sebe, bude pozorovatel vnímat nižší frekvenci vlnění, než je její skutečná výše, (Eliáš, 1998).

Dopplerův jev není omezen pouze na oblast ultrazvuku, setkáme se s ním v různé míře prakticky kdekoli, kde se také vyskytuje mechanické kmitání či elektromagnetické vlnění, (Eliáš, 1998).

Aplikace Dopplerova jevu v diagnostice pomocí ultrazvuku je široká. Díky ní mohou lékaři měřit rychlost průtoku krve cévami a srdcem (viz Obrázek 3), zároveň je možné dopplerovské metody využít pro zjištění tepové frekvence či peristaltiky trávicí trubice, (Eliáš, 1998).

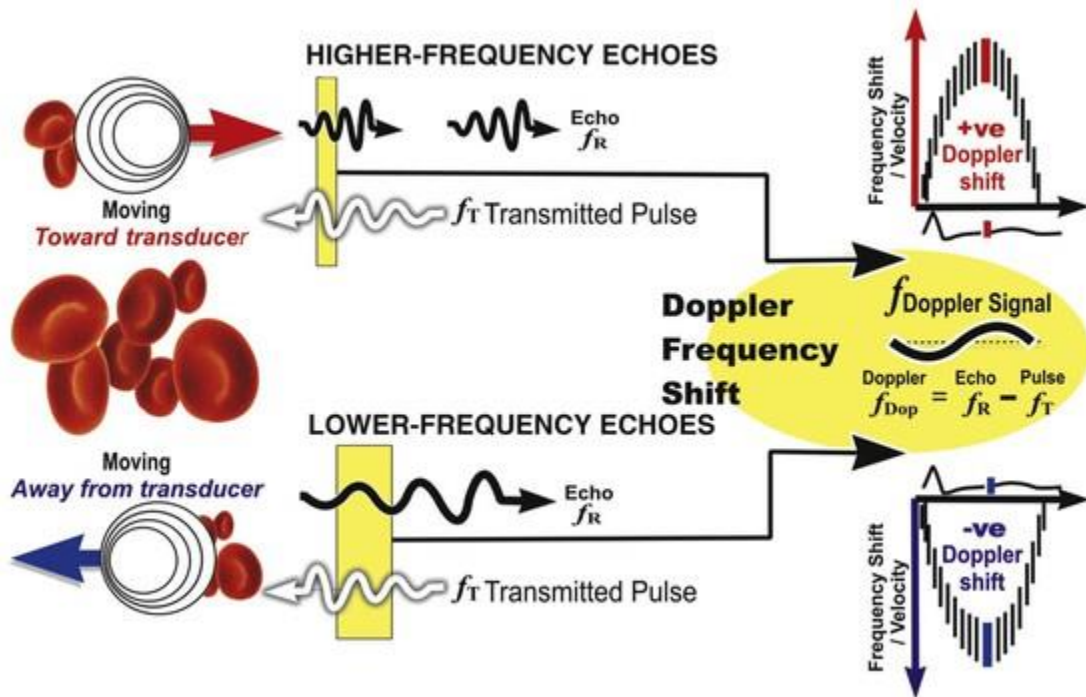


Obrázek 3: Dopplerův jev

Zdroj: <https://radiologykey.com/the-role-of-doppler-ultrasound-in-obstetrics/>

Zjednodušený princip diagnostiky pomocí Dopplerova jevu je následující. Na pozorovanou tkáň je vysílán ultrazvuk o konstantní frekvenci. Pokud je tkáň v klidu,

zpětně zachycená frekvence se nezmění, pokud se ovšem tkáň pohybuje, dojde ke změně této frekvence (viz Obrázek 4). Pokud se bude tkáň pohybovat směrem k přijímači, bude frekvence vyšší, v opačném případě nižší, (DuBose et. al., 2009).



Obrázek 4: Dopplerův jev – frekvenční posun
Zdroj: <https://thoracickey.com/echocardiography/>

1.2.5 Zdroje ultrazvuku

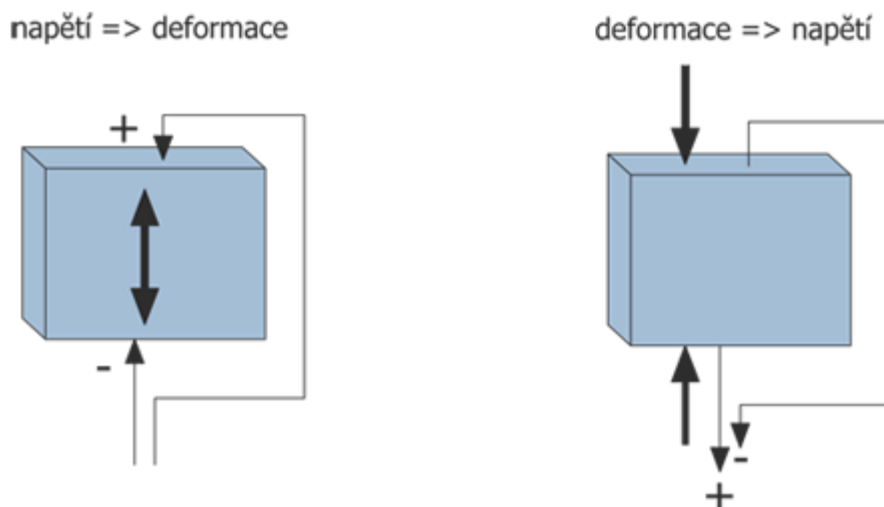
Vysílání a přijímání ultrazvuku je možné díky elektroakustickým měničům, které umožňují přeměnu mechanické energie akustické vlny na elektrickou energii při přijetí signálu, a naopak změnu elektrické energie na mechanickou v případě vysílání ultrazvukové vlny, (Sedlář et. al., 2014).

Existují dva druhy těchto měničů, rozdělené podle technologie, kterou využívají.

1.2.5.1 Piezoelektrické měniče

Určité krystalické látky mají piezoelektrické vlastnosti. Ionty, tvořící krystalovou mřížku takových látek, jsou uspořádány tak, že při deformaci této krystalové mřížky vzniká na jejím povrchu elektrický náboj, který je možné přesně změřit. Pokud se na stejnou

krystalickou mřížku naopak přivede elektrické napětí (viz Obrázek 5), dojde k jeho deformaci, (Sedlář et. al., 2014).



Obrázek 5: Piezoelektrický jev

Zdroj: http://www.jtarchitekt.cz/lekarske_vyuziti.html

Jako přímý piezoelektrický jev se označuje generování elektrického náboje na deformované krystalické mřížce, tohoto jevu se využívá pro detekci ultrazvukových vln. Naopak jako nepřímý piezoelektrický jev se pak označuje deformace krystalické mřížky látky v důsledku přivedení elektrického napětí. Mezi velikostí deformace a velikostí napětí existuje vztah přímé úměrnosti. Tohoto jevu se naopak využívá pro generování ultrazvukových vln, (Sedlář et. al., 2014).

Piezoelektrické vlastnosti má několik přírodních krystalických látek, zejména křemen, turmalín a Seignettova sůl. Kromě nich je možné stejné vlastnosti pozorovat u některých uměle vyrobených látek. Mezi těmi lze najít například lithiumsulfát nebo niobát olova. Velmi důležitá pro diagnostické ultrazvuky je také umělá polykrystalická látka s názvem PVDF, která se využívá pro výrobu mnoha druhů měničů využívaných v těchto přístrojích, (Sedlář et. al., 2014).

Pokud na umělou či přírodní krystalickou látku bude působit příliš vysoká teplota, může o piezoelektrické vlastnosti přijít. Teplotu, při které látka ztrácí piezoelektrické vlastnosti nazýváme Curieova teplota. Pro každou látku je tato teplota jiná, (Sedlář et. al., 2014).

1.2.5.2 Magnetostrikční měniče

Druhým typem měničů jsou ty, využívající princip magnetostrikce. Při tomto jevu dochází k deformaci magnetostrikčního materiálu poté, co je vložen do magnetického

pole. Naopak, pokud je takový materiál deformován, dochází ke změně magnetických vlastností této látky, (Dietrich, c2008).

Magnetostrikční měniče ovšem dokážou generovat ultrazvuk pouze o frekvenci do 150 kHz. V případě lékařské diagnostiky je není možné využít, své využití mají v medicíně pouze při různých terapeutických zákrocích, (Dietrich, c2008).

1.2.6 Biologické účinky ultrazvuku

Při interakci ultrazvuku s živými organismy dochází k vzájemnému působení, které se rozděluje na aktivní a pasivní podle toho, jaké jsou účinky této interakce. Hranice mezi aktivním a pasivním ultrazvukem je na intenzitě vln $0,1 \text{ W/cm}^2$, (Sedlář et. al., 2014).

Jak již napovídá název, při působení aktivního ultrazvuku dochází ke vzniku biologických účinků na tkáň, kterými se šíří. Ty se dělí na tři skupiny:

- **Tepelné jevy** – se projevují tvorbou tepla v tkáních v důsledku přeměny mechanické energie ultrazvukového vlnění na tepelnou energii. Zvýšená teplota není pro tkáň nikterak škodlivá, pokud se nepřekročí kritická úroveň teploty. Poté již může dojít k nenávratnému poškození tkáně. Pro embryonální tkáň je kritická úroveň teploty $39,5 \text{ }^\circ\text{C}$, pro tkáň dospělého jedince pak $41 \text{ }^\circ\text{C}$, (Sedlář et. al., 2014).
- **Kavitační jevy** – kavitací je při působení ultrazvuku míněno narušení kontinuity tekutého prostředí v průběhu podtlakové fáze ultrazvukové vlny. Tento proces je spojen se vznikem bublin, které se označují jako kavitační jádra. Tyto bubliny pak mohou buď rezonovat o stejné frekvenci jako příchozí ultrazvukové vlny, či dojde k jejich kolapsu poté, co příliš zvětší svůj objem, (Sedlář et. al., 2014).
- **Netepelné a nekavitační jevy** – do této skupiny se řadí jakékoliv další jevy, které probíhají v tkáních na základě působení ultrazvuku. Lze mezi ně zařadit především mechanické vlivy ultrazvukových vln na molekuly tkání, dále pak mikroproudění tekutin, (Sedlář et. al., 2014).

1.2.6.1 Bezpečnost ultrazvuku

Ultrazvuk si získal pověst velmi bezpečné diagnostické, ale i léčebné metody, pro které je doporučováno pravidlo vyjádřené v principu ALARA, který je tvořen anglickými slovy *As Low As Reasonably Achievable*, (Dietrich, c2008). Podle tohoto principu by použitá intenzita i doba vyšetření neměla překročit dobu nezbytně nutnou k získání požadovaného výsledku. Pro lepší kontrolu vlastností aplikovaného ultrazvuku se zavádějí dva indexy:

- **Tepelný index** – tepelný index je definován jako množství akustického výkonu, které vyvolá zvýšení teploty tkáně o 1 °C za podmínek nejméně vhodných pro odvod tepla. Pokud je teplotní index větší než 4, obvykle na tkáň působí příliš velká teplota. Pro každou tkáň je ovšem tento práh jiný, (Sedlář et. al., 2014).
- **Mechanický index** – tento index informuje o tom, jaká je relativní možnost vzniku kavitace, během které dochází ke kolapsu kavitačních jader. Riziková hodnota mechanického indexu je pro většinu tkání okolo 1,9. Pro oko se může ovšem jednat až o 0,2, (Sedlář et. al., 2014).

Pokud je při diagnostických či léčebných aplikacích ultrazvuku dodržována intenzita pod rizikovou hodnotou obou indexů pro danou tkáň, riziko poškození vlivem ultrazvuku je téměř nulové, (Dietrich, c2008).

1.3 Ultrazvuk v lékařství

Ultrazvuk si v lékařství našel široké využití. Od samého počátku zkoumání ultrazvuku docházelo k pokusům o jeho využití v medicíně. Nejvýznamnějším výsledkem těchto pokusů je ultrazvuková diagnostika, ale ultrazvuk je v lékařství využíván i k dalším účelům.

Ultrazvuková diagnostika si v polovině 70. let minulého století získala prvenství mezi zobrazovacími metodami zejména na úkor těch založených na využívání rentgenového záření. K tomu došlo především pro nízkou rizikovost diagnostických metod založených na ultrazvuku právě v porovnání s metodami, které využívají jiný fyzikální fenomén. Zejména v gynekologii a porodnictví, ale i ve většině dalších medicínských oborech je tato nižší rizikovost velmi důležitá, (Dietrich, c2008).

1.3.1 Historie ultrazvuku v lékařství

Výzkumem ultrazvuku se věda zabývá již od konce 18. století, kdy je jeho objevení připisováno italskému biologovi E. Spallanzanimu, který tento fenomén vypořezoval při popisu netopýrů, využívajících ultrazvuk k echolokaci, (Fejfar, 2011).

V této době byl ovšem ultrazvuk považován za pouhou hříčku přírody, bez praktického využití v jakémkoliv oboru lidské činnosti. V průběhu 19. století pokračovaly pokusy, ale stále chyběl spolehlivý způsob, jak ultrazvuk generovat. Tento problém se stavěl do cesty jakékoliv další aplikaci ultrazvuku v praxi, (Fejfar, 2011).

Řešení přišlo až v roce 1916 s vynálezem piezoelektrického měniče, který se stal prvním spolehlivým zdrojem ultrazvuku. P. Langevin a další významní vědci této doby se ovšem ultrazvukem zabývali spíše pro jeho využití v průmyslu a vojenství. Prvním průlomem v lékařském využití se tak stala až práce amerického vědce F. A. Firestonea. Ten se na počátku čtyřicátých let 20. století zabýval výrobou ultrazvukového defektoskopu. Toto zařízení dokázalo odhalit skryté vady v materiálech, a stalo se přímým předchůdcem dnešních diagnostických ultrazvuků, (Trňáková, 2013).

Jako další průlom v oblasti diagnostického ultrazvuku se zpočátku zdál vynález Pohlmanova článku. Pomocí zavedení tenkých plátek hliníku do tekutiny bylo možné

využit ultrazvuk k vytvoření dvourozměrného obrazu intenzity dopadajících ultrazvukových vln. Tento vynález si ovšem své uplatnění v medicíně nakonec nenašel. Jako slepá ulička se ukázaly také pokusy s elektrickou detekcí prošlého ultrazvuku pro zobrazení mozkových komor. Tomuto výzkumu se věnoval rakouský vědec Karl Theodore Dussik, od roku 1937. Jeho výzkum zakončený v roce 1942 se ale uplatnil spíše v rámci průmyslového využití ultrazvuku například v rukách firmy Siemens, (Trňáková, 2013).

1.3.1.1 Ultrazvuková diagnostika

Diagnostická metoda, využívající odrazu ultrazvuku na rozhraní dvou prostředí s rozdílnou hustotou byla poprvé v medicíně využita v roce 1949, na základě výzkumu lékařů G. D. Ludwiga a F. W. Strutherse, kteří s její pomocí dokázali zmapovat žlučové kameny a další cizí tělesa v tělech pacientů, kteří se výzkumu účastnili. V tomto období je pro zobrazování výsledků využíván tzv. A – mód, (Fejfar, 2011).

Dvourozměrné zobrazení bylo do ultrazvukové diagnostiky zavedeno na konci 60. let minulého století. Stalo se tak na základě série výzkumů, na kterých se od roku 1950 podíleli J. J. Wild a J. M. Reid, (Trňáková, 2013).

Výzkum konvenční ultrazvukové diagnostiky pokračoval zejména ve směru zavádění nových módů pro zobrazení výsledků vyšetření, dále pak dochází ke zdokonalování softwaru a hardwaru zaměřeného na zkvalitnění výsledného obrazu a jeho vyčištění od rušivých vlivů, (Fejfar, 2011).

Od konce 20. století pak došlo k úplnému převedení ultrazvukových přístrojů do digitální éry. Právě v této době se můžeme poprvé setkat s předchůdci dnešních vysoko výkonnostních ultrazvukových přístrojů, (Fejfar, 2011).

Velkým průlomem ve využívání ultrazvuku je možnost vytvářet trojrozměrné obrazy vyšetřované tkáně pomocí setů 3D sond.

1.3.1.2 Dopplerovská ultrazvuková diagnostika

Kromě pokračujícího výzkumu v oblasti konvenční ultrazvukové diagnostiky je možné pozorovat od počátku 50. let minulého století také zvýšenou snahu o využití tzv. Dopplerova jevu pro diagnostické účely, (Trňáková, 2013).

Samotný Dopplerův jev byl popsán již v první polovině 19. století, rakouským fyzikem Johannem Christianem Dopplerem, ale až téměř o sto let později si tento jev našel své využití v medicínské diagnostice, (Trňáková, 2013).

Dopplerův jev umožňuje v ultrazvukové diagnostice zjistit směr a rychlost pohybu tekutiny či pohybující se pevné tkáně na základě odraženého ultrazvuku. S touto metodou se poprvé setkáme v roce 1957, kdy je využita pro detekci pohybu srdečního svalu. Pravděpodobně nejrozšířenější využití našla dopplerovská diagnostika v oblasti popisu krevního řečiště a měření rychlosti toku krve. Tato diagnostická metoda bylo využita poprvé v roce 1959 pod vedením S. Satomury, k jejímu definitivnímu potvrzení pak dochází v roce 1961, (Trňáková, 2013).

Jako další významný průlom v dopplerovské diagnostice je možné uvést spojení výhod dopplerovského systému a B – módu zobrazení, ke kterému došlo v roce 1974. Díky tomuto vynálezu je možné sledovat nejenom polohu pohybující se tekutiny, ale také rychlost a směr jejího pohybu, (Trňáková, 2013).

1.3.1.3 Ultrazvuková diagnostika v České republice

V českém, popřípadě československém vědeckém prostředí má studium ultrazvuku velmi dlouhou tradici. Pravděpodobně první materiál, věnující se biologickým účinkům ultrazvuku publikoval na počátku čtyřicátých let 20. století F. Herčík, za spolupráce s dalšími význačnými vědci té doby, (Fejfar, 2011).

Zejména od poloviny dochází v českých vědeckých kruzích k intenzivnímu výzkumu terapeutických účinků ultrazvuku. Práce E. Černého v oblasti ultrazvukové léčby Ménièreovy choroby se stala základem pro dnešní ultrazvukovou léčbu této choroby, která je využívána po celém světě. V oblasti plastické chirurgie je významná zejména práce J. Pospíšilové, která je využívána v rámci terapeutických postupů využívajících ultrazvuk, (Fejfar, 2011).

Výzkum ultrazvukové diagnostiky byl v Československu korunován mnoha úspěchy. Práce J. Vanýska z roku 1955 na poli detekce cizích těles v oku pomocí ultrazvukové diagnostiky je dodnes mezinárodně uznávaná, (Fejfar, 2011).

Ultrasonografie v porodnictví prodělala v Československu velký rozvoj především pod vedením E. Čecha. Ani využití Dopplerovských metod nebylo v českém výzkumu opomíjeno, intenzivně se mu věnoval zejména M. Nevrtal, (Fejfar, 2011).

Mezinárodního věhlas si zajistila také dvě vědecká pracoviště, která se zabývala obecnými vlastnostmi ultrazvuku. Nacházela se na FE VUT v Brně a na ČVUT v Praze.

1.3.2 Ultrazvuk v diagnostice

V rámci lékařské diagnostiky jsou využívány především dvě metody ultrazvukového měření:

- **Metoda průchodu** - tato metoda se zakládá na průchodu ultrazvukových vln skrze vyšetřované prostředí. Při této metodě jsou využívány dvě sondy, přičemž obě jsou umístěné na stejné ose. Skrze jednu z nich je ultrazvuk vyslán, a druhé sonda přijímá ultrazvuk, který prošel vyšetřovanou tkání. Mezi oběma sondami se nachází vyšetřovaná tkáň, (Sedlář et. al., 2014).

Aby ultrazvuk dorazil od první sondy k druhé, musí skrz tkáň projít, a na základě změny intenzity ultrazvuku dochází k analýze vnitřní struktury této tkáně. Nejvýznamnější využití nachází tato metoda při vyšetřování stavu kostí, (Sedlář et. al., 2014).

- **Metoda odrazu** - ultrazvuková sonda v případě této metody vysílá do vyšetřované tkáně. Poté, co ultrazvuk narazí uvnitř tkáně na rozhraní dvou prostředí, dochází k jeho odrazu zpět do sondy. Tato sonda může být shodná se sondou, která ultrazvuk vysílala, či se může jednat o sondu jinou, (Sedlář et. al., 2014).

V dnešní době využívá ultrazvuková diagnostika převážně druhou metodu, která se zakládá na odrazu ultrazvuku uvnitř sledované tkáně. K tomu dochází především díky různé akustické impedanci jednotlivých částí vyšetřované tkáně. U odraženého ultrazvuku je měřena především jeho intenzita, která naznačuje rozdíl akustických impedancí jednotlivých prostředí uvnitř tkáně, (Sedlář et. al., 2014).

Tímto způsobem je možné vyšetřovat prakticky veškeré orgány v těle. Výjimku tvoří orgány, naplněné vzduchem. Především tedy plíce a také střeva. V případě odrazu ultrazvuku na rozhraní tkáně a vzduchu dochází téměř k totálnímu odrazu ultrazvukových

vln zpět ve směru k sondě. Pouze velmi malá část ultrazvukových vln projde skrze plynné prostředí dále do orgánu, (Sedlář et. al., 2014).

K velmi podobnému jevu dochází při vyšetřování tkání v tzv. akustickém stínu. Tento stín může být tvořen kostmi či konkrementy, ale na rozhraní této pevné struktury a měkčí tkáně dochází k silnému odrazu ultrazvukových vln, což opět znemožňuje podrobné vyšetření, (Dietrich, c2008).

U většiny vyšetření ultrazvukem se využívají frekvence pohybující se v rozmezí 1 až 20 MHz. Tyto frekvence se vyznačují tím, že při jejich využití má ultrazvukový přístroj zvýšenou rozlišovací schopnost. Na druhou stranu, při jejich využívání dochází k větší absorpci ultrazvuku v tkáních, a kvůli tomu může být obtížné provést vyšetření orgánů ležících ve větší hloubce. Pro taková vyšetření jsou využívány ultrazvukové vlny o daleko nižší frekvenci, (Dietrich, c2008).

1.3.2.1 Ultrazvukové přístroje využívané při diagnostice

Ultrazvuková diagnostika by nebyla možná bez použití moderních ultrazvukových přístrojů. Bez ohledu na výrobce a konkrétní provedení jednotlivých přístrojů se v nich vždy nacházejí tyto komponenty:

- **Generátor** – úkolem generátoru je přeměnit elektrickou energii získávanou ze sítě na sérii elektrických impulzů, které slouží k vybuzení piezoelektrického či magnetostrikčního měniče, (Sedlář et. al., 2014).
- **Piezoelektrické měniče** slouží ke generování ultrazvuku o frekvenci vyšší než 100 kHz, zatímco **magnetostrikční měniče** slouží ke generování ultrazvuku o nižších frekvencích, (Sedlář et. al., 2014).

Vzhledem k tomu, že většina ultrazvukových vyšetření využívá ultrazvuk o frekvencích v rozmezích 1 až 20 MHz, většina ultrazvukových přístrojů tak využívá právě piezoelektrické měniče, (Sedlář et. al., 2014).

- Vybuzení měničů má na starosti **RLC obvod**, který se skládá z cívky, kondenzátoru a spínače. Po sepnutí spínače, který je obvykle dioda, dochází k uvolnění energie

nahromaděné v kondenzátoru ve formě elektrického impulsu, který vybudí měnič, (Sedlář et. al., 2014).

Pokud je třeba ovlivnit frekvenci kmitů měniče, lze toho dosáhnout úpravou indukčnosti cívky nebo kondenzátoru.

- **Hardware pro zobrazení** – ovládání přístroje, zobrazení výsledných snímků, a jejich následná editace a zpracování (viz Obrázek 6). To všechno provádí operátor přístroje na jedné nebo více obrazovkách, (Rozman, 2006).



*Obrázek 6: Ovládací panel s obrazovkou
Zdroj: <http://medtechnic.cz/>*

- **Záznamová jednotka** – součástí komplexnějších přístrojů jsou i paměťová média či tiskárna, díky kterým je možné exportovat záznam z vyšetření, (Rosina et. al., 2000).
- **Hardware pro zpracování přijatého vyšetřovacího signálu** – do této kategorie je možné zařadit zesilovače, filtry a další zařízení, určené pro záznam a zpracování přijatého signálu, (Rozman, 2006).
- **Software pro zpracování přijatého vyšetřovacího signálu** – v moderních přístrojích dochází k nejenom k zpracování přijatého signálu, ale také k jeho dalším úpravám pomocí algoritmů, jejichž účelem je přizpůsobení výsledných dat takovým způsobem, aby vyšetřující lékař mohl co nejlépe určit diagnózu, (Sedlář et. al., 2014).

- **Hardware pro vyslání a příjem vyšetřovacího signálu** – vyslání i příjem vyšetřovacího signálu u ultrazvukových přístrojů zařizují sondy. Jejich konstrukci a principu fungování se bude věnovat následující část, (Sedlář et. al., 2014).

1.3.2.2 Vyšetřovací sonda

Vyšetřovací sonda je tím komponentem ultrazvukového přístroje, který má za úkol vysílat a přijímat ultrazvukové vlny. V některých případech je spojena s generátorem, v takovém případě je možné rozlišovat sondy využívající piezoelektrický nebo magnetostrikční měnič, (Sedlář et. al., 2014).

Důležitým prvkem každé sondy je odstínění druhé strany měniče, aby ten nevysílal ultrazvukové vlny v jiném než požadovaném směru. Za tímto účelem jsou do sond instalovány mechanické a elektrické tlumiče, které znemožní, aby byly tímto směrem vysílány ultrazvukové vlny, (Rozman, 2006).

Další klíčovou vlastností každé sondy je její rozlišovací schopnost. Ta určuje nejmenší možnou vzdálenost mezi dvěma objekty v případě, že je příslušná sonda dokáže zobrazit jako dvě odlišné struktury, (Sedlář et. al., 2014).

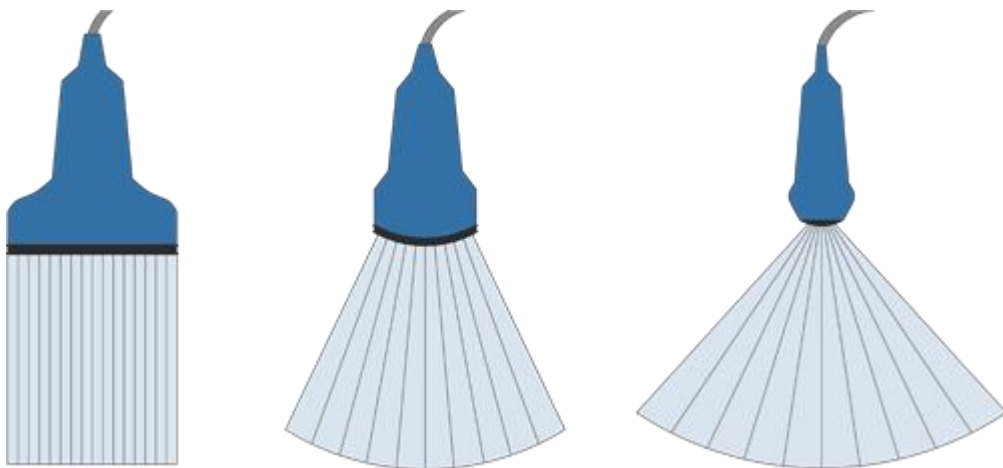
Hlavní vliv na rozlišovací schopnost každé sondy má frekvence využívaného ultrazvuku. Vyšší rozlišení vždy zajistí lepší rozlišovací schopnost, ale zároveň snižuje hloubku, ve které je možné provádět vyšetření. Každá sonda je tak kompromisem mezi mírou rozlišovací schopnosti a možné hloubky vyšetření, (Sedlář et. al., 2014).

Podle typu vyšetření a požadovaného finálního zobrazení jsou využívány sondy obsahující větší množství měničů, díky kterým je možné dosáhnout požadovaného ultrazvukového pole. Stejně sondy poté přijímají odražené vlny a odesílají data ke zpracování, (Sedlář et. al., 2014).

Podle tvaru ultrazvukového pole, které jednotlivé sondy vytvářejí, se rozlišují čtyři typy sond:

- **Lineární sonda** – tento typ sondy vytváří obraz ve tvaru pravoúhelníku (viz Obrázek 1). Tento obraz je vytvářen řadou měničů, uspořádaných lineárně. Frekvence těchto sond se obvykle pohybuje mezi 5 a 15 MHz, (Rozman, 2006).

- **Sektorová sonda** – při použití této sondy se dosáhne obrazu ve tvaru vějíře (viz Obrázek 1). Tento druh sondy je jedním z nejstarších používaných, k vytvoření vějířovitého obrazu se dříve využíval mechanický měnič, který vykonával kývavý pohyb. U dnešních ultrazvukových přístrojů dochází k vytvoření tohoto efektu pomocí postupného elektrického buzení měničů sestavených tak, aby obraz vytvořil vějíř o určitém úhlu, (Rozman, 2006).
- **Konvexní sonda** – konvexní sonda je kombinací obou výše zmíněných typů sond. Umístění jednotlivých měničů do lineární řady odpovídá prvnímu typu, ale plocha, na které jsou měniče umístěné, má tvar polokoule. Díky tomu dochází k vytvoření výsledného obrazu, který se spíše podobá vějířovitému zobrazení druhého typu (viz Obrázek 1). Frekvence těchto sond se běžně pohybuje okolo 2,5 až 9 MHz, (Rozman, 2006).



*Obrázek 7: Lineární, sektorová a konvexní sonda
Zdroj: http://jtarchitekt.cz/lekarske_vyuziti.html*

- **Speciální sonda** – jako speciální jsou označovány sondy, které neodpovídají konstrukci ani jednomu z výše zmíněných typů sond. Jedná se především o sondy, které vyžadují specifický způsob zavedení do těla pacienta. Mezi takové sondy lze zařadit zejména transrektální, transvaginální a intravaskulární sondy. Případně se může jednat o sondy, které mají za úkol vytvořit trojrozměrný obraz, (Rozman, 2006).

1.3.3 Módy zobrazení výsledků

Existuje několik možných způsobů, jakými lze zobrazit výsledky ultrazvukového šetření. Vybraná metoda závisí nejenom na typu prováděného vyšetření, ale také na dostupných sondách a softwaru, který dokáže výsledky transformovat do žádaného zobrazení.

1.3.3.1 A – mód

Nejstarším způsobem, jakým lze vyhodnotit výsledky je tzv. A – mód. Název vychází z anglického slova *amplitude*, neboli výchylky. Ultrazvukový přístroj v tomto případě zaznamenává výchylky elektrických signálů, které vznikají na přijímací sondě poté, co na ni dopadnou odražené ultrazvukové vlny, (Sedlář et. al., 2014).

Poloha výchylky na obraze v čase odpovídá odrazu ultrazvuku od jednotlivých rozhraní v tkáni. Velikost každé výchylky je pak dána intenzitou odraženého ultrazvuku, který je zachycen, (Drastich, 1990).

Výsledným zobrazením je graf, do kterého jsou jednotlivé amplitudy zaneseny. Setkání s tímto způsobem zobrazení je v dnešní době ojedinělé, stále využívaný je ovšem v oblasti oftalmologie, (Trňáková, 2013).

1.3.3.2 B – mód

Vývojově modernější způsob zobrazování výsledků je nazýván B – módem. Tento název vychází z anglického *brightness*, neboli jasů. Tento mód zobrazení jako výsledek nabízí dvourozměrný obraz zkoumané tkáně vytvořený pomocí barevných pixelů na obrazovce, (Fejfar, 2011).

Jas jednotlivých pixelů na obrazovce koresponduje se silou elektrického signálu, generovaného přijímací sondou v případě dopadu odražených ultrazvukových vln na měnič. Čím vyšší je intenzita odraženého ultrazvuku, tím jasnější je příslušný pixel. V původních ultrazvukových přístrojích bývala využívána škála šedé o 256 odstínech, ale na modernějších přístrojích lze zvolit i jinou barvu, (Fejfar, 2011).

Poloha jednotlivých pixelů na výsledném obraze odpovídá místu odrazu ultrazvuku ve zkoumané tkáni. Tvar výsledného obrazu záleží především na typu použité sondy. Pokud využijeme lineární sondu, výsledkem bude obraz ve tvaru pravoúhelníku.

V případě využití sektorové sondy či konvexní sondy bude výsledkem charakteristický vějířovitý obraz, (Smith, 2007).

B – mód je ideálním typem zobrazení pro vytvoření trojrozměrného obrazu pomocí speciálních sond. Může se jednat o statický či pohyblivý trojrozměrný obraz, vytvořený buď ze série dvourozměrných B – obrazů nebo díky využití 3D ultrazvukové sondy, (Sedlár et. al., 2014).

B – mód pomáhá určit tzv. echogenitu, či odrazivost jednotlivých tkání ve zkoumané oblasti. Pro určení konkrétního druhu tkáně podle odrazivosti je ovšem třeba rozlišovat i ty nejjemnější rozdíly v jasnosti jednotlivých pixelů. Rozlišují se ovšem čtyři základní druhy tkání podle odrazivosti:

- **Hyperechogenní tkáň** - na výsledném obraze se vyskytuje v podobě velmi jasných pixelů, vytvořených na základě silného odrazu od samotné tkáně. Jedná se většinou o kostní tkáň či kalcifikace a konkrementy, (Hrazdíra, 2011).
- **Hypoechogenní tkáň** - tento druh se naopak vyznačuje velmi slabým odrazem a na výsledném obraze je zobrazován za pomoci tmavých či velmi šedých pixelů. Do této skupiny patří většina měkkých tkání a patologických ložisek, na jejichž odhalení je mnoho vyšetření zaměřených, (Hrazdíra, 2011).
- **Anechogenní struktury** – v případě těchto struktur nedochází k téměř žádnému odrazu ultrazvuku, proto jsou na výsledném obraze reprezentovány černou barvou, (Hrazdíra, 2011).

V případě některých vyšetření dochází k umělému zvýšení echogenity určitého prostředí či tkáně za pomoci vysoce kontrastních látek, které jsou do těla vpraveny na příslušné místo. Většinou se jedná o bubliny vzduchu, případně o určité těkavé látky. Velmi často bývají uzavřené v biopolymeru, který se v těle bez problémů rozloží. Aby se tyto látky mohly navázat na žádanou tkáň, jsou do těla vpraveny spolu se specifickým ligandem, který jim toto umožní, (Dietrich, c2008).

1.3.3.3 M – mód

U specifických vyšetření zejména v rámci echokardiologie se můžeme setkat s využitím tzv. m – módu. Název je odvozen od anglického slova *motion*, znamenajícího pohyb. To jasně prozrazuje podstatu tohoto zobrazení. Princip získávání dat a jejich zavedení do výsledného obrazu je téměř identický jako v případě A – módu, pouze zde dochází k neustálému zakreslování nových křivek podle zvolené frekvence, (Sedlár et. al., 2014).

Díky tomu je možné provádět vyšetření i velmi rychle se pohybujících tkání, například srdečních chlopní, (Dietrich, c2008).

1.3.3.4 D – mód

Posledním využívaným módem zobrazení je tzv. D – mód, jinak také Dopplerovské zobrazení. Všechny ultrazvukové přístroje, vybavené touto technologií se zaměřují na měření rychlosti pohybu. Speciální verze D – módu je pak schopná měřit i množství energie, které prochází určitým tokem, (Fargašová, 2013).

Výsledný obraz při využití D – módu zobrazení se může podobat všem výše zmíněným módům, záleží na konkrétním typu přístroje, který je pro vyšetření použit.

Existence D – módu a přístrojů pro tento způsob zobrazení je umožněná díky využití tzv. Dopplerova jevu, kterému se věnuji v dřívější kapitole této práce, zde tedy nezařadím jeho popis, (Fargašová, 2013).

Rozlišují se čtyři typy přístrojů, využívající D – mód:

- **Impulzní dopplerovské systémy** – tyto ultrazvukové přístroje využívají ultrazvuk ve formě impulzů. K vyslání a přijímání odražených paprsků slouží pouze jeden piezoelektrický měnič. V rámci medicínské praxe se tento typ dopplerovského systému využívá pro vyšetření charakteru krevního toku. Rozlišuje se zejména laminární a turbulentní proudění, (Sedlár et. al., 2014).
- **Kontinuální dopplerovské systémy** – tento typ dopplerovského systému pracuje s kontinuálním ultrazvukovým signálem. Sonda se skládá ze dvou měničů, přičemž jeden slouží jako vysílač a druhý jako přijímač. Oba dva měniče jsou k sobě

nastaveny tak, aby se vysílaný ultrazvukový paprsek setkával v tzv. citlivém místě s odraženým paprskem. Na základě této interakce je pak možné měřit rychlost průtoku tekutiny ve vyšetřované tkáni, (Fargašová, 2013).

Na rozdíl od impulzních dopplerovských systémů, v tomto případě neexistuje maximální měřitelná rychlost pohybující se tekutiny. Při správné konstrukci sondy je také možné rozlišit tekutinu pohybující se od sondy a směrem k sondě, (Fargašová, 2013).

- **Barevné dopplerovské systémy** – při použití barevného dopplerovského systému využívá ultrazvukový přístroj několik separátních ultrazvukových paprsků. Výsledkem je dvourozměrný obraz jako v případě B – módu, který je ovšem ve specifickém výřezu doplněn o barevné vyjádření rychlosti protékající tekutiny. Červená barva se využívá pro označení toku směrem k sondě, modrá pak pro označení toku opačného, (Wachsberg, 2007).

Tento dopplerovský systém se ovšem potýká s nízkou citlivostí pro menší toky a menší rychlosti protékání i větších toků. S tímto problémem se vypořádal tzv. tkáňový doppler, což je v zásadě obdoba barevného dopplerovského systému, uzpůsobená pro detekci menších toků a nižších rychlostí. V kombinaci s M – módem se s touto metodou setkáme především při studiu cév a v kardiologii, (Eliáš, 1998).

- **Energetické dopplerovské systémy** – této metody dopplerovského zobrazení se využívá pro odhalení celkové energie, protékající v určitém místě vyšetřované tkáně. Jinými slovy výsledný obraz neukazuje směr proudění, ale pouze předává informace o jeho velikosti. Velká výhoda tohoto způsobu měření je vysoká citlivost i na menší množství energie, (Sedlář et. al., 2014).

1.3.4 Speciální kontrastní látky pro ultrazvuk

Jak již vyplývá z principů ultrazvuku popsaných v předchozích kapitolách, pro vyšetření ultrazvukem není v základu nutná kontrastní látka. Přesto mají kontrastní látky v ultrasonografii své místo, využívají se při vyšetření některých orgánů a tkání za účelem zvýšení intenzity odrazů a zlepšení kontrastu výsledného snímku, (Blecha, 2007).

Základním principem kontrastních látek pro ultrazvuk je přítomnost vzduchových mikrobublin v samotné kontrastní látce. Jejich velikost sahá od 1 po 10 mikrometrů, což umožňuje jejich průnik do systémového i portálního krevního řečiště po jejich aplikaci do těla pacienta, (Blecha, 2007).

Samotný preparát, k jehož aplikaci dochází, se skládá z látky nesoucí vzduchové mikrobubliny a jejich stabilizátoru. Jednotlivé preparáty využívané v klinické praxi se pak liší povahou nosiče a stabilizátoru těchto mikrobublin, (Blecha, 2007).

1.3.4.1 Historie kontrastních látek v rámci ultrasonografie

Poprvé byly kontrastní látky pro ultrazvuk využity v roce 1968 doktorem Raymondem Gramiakem. V rámci svých pokusů na Rochesterské univerzitě dokázal využít kontrastní látky během kardiologického vyšetření ultrazvukem, (Blecha, 2007).

Nevýhodou jeho metody byla krátká životnost vzduchových bublin v krevním řečišti, a proto i omezená časová dotace pro vyšetření, (Blecha, 2007).

Teprve na počátku 80. let 20. století dochází ke komerčnímu vývoji ultrasonografických kontrastních látek, který vyústil ve větší rozšíření této metody v klinické praxi, (Blecha, 2007).

1.3.4.2 Rozdělení kontrastních látek v ultrasonografii

V současné době jsou kontrastní látky používané v ultrasonografii rozděleny do tří tzv. generací, na základě vlastností jednotlivých látek.

- 1. Generace – tato generace ultrasonografických kontrastních látek byla využívána především pro vyšetření žilního řečiště a pravé části srdce, vzhledem k tomu, že nebyla schopná průniku do plicního řečiště. Do této generace patří látky Albunex/Infoson, Levovist a Sonazoid, (Blecha, 2007).
- 2. Generace – látky zařazené do této generace jsou schopné proniknout i do plicního řečiště a umožňují tak přesnější vyšetření oběhového systému. Mikrobubliny v těchto látkách jsou dostatečně malé a stálé, ale mají krátkou

životnost. K jejich rozpadu dochází během několika minut. Do této generace jsou zařazeny látky Optison, SonoGen a SonoVue, (Blecha, 2007).

- 3. Generace – do této generace je zařazena pouze látka s názvem EchoGen, která má zvýšenou stabilitu a echogenitu v zobrazení B-modem a umožňuje i zobrazení perfuze myokardu, (Blecha, 2007).

1.4 Ultrazvukové vyšetření

Ultrazvukové neboli ultrasonografické vyšetření spočívá v mapování anatomických poměrů a patologických tkání v těle konkrétního pacienta. Velkou výhodou tohoto vyšetření je minimální invazivita, rychlost vyhodnocení výsledků a minimální možnost komplikací a nepříznivých účinků. Naopak, mezi nevýhody tohoto vyšetření lze zařadit délku vyšetření, a možnost lidského selhání při vyhodnocování výsledků ultrasonografie, (Dietrich, c2008).

V následující části práce budou podrobně popsány indikace a kontraindikace pro provedení ultrasonografie, dále pak stav standardů pro tuto diagnostickou oblast v České republice, a v neposlední řadě také typický průběh vyšetření ultrazvukem.

1.4.1 Indikace a kontraindikace

Termínem indikace se v medicínském prostředí označuje odůvodnění pro použití specifické metody diagnostiky, léčby či konkrétního léčiva. Pokud je konkrétní postup či léčivo pro pacienta indikováno, znamená to, že benefity jeho využití převažují nad možnými riziky, (Dietrich, c2008).

V případě ultrazvukového vyšetření je základní indikací pro jeho využití nutnost posouzení nálezu ve vyšetřované oblasti. Pokud se na problematiku zaměříme blíže, vyjde najevo, že samotná nutnost neznámá automaticky indikaci ultrasonografického vyšetření, (Hrazdíra, 1993).

Mezi nejčastěji vyšetřované orgány patří:

- orgány dutiny břišní – játra, žlučník, slinivka břišní, slezina, cévní struktury a lymfatické uzliny,
- ledviny a jejich okolí – močový měchýř, močové cesty,
- malá pánev - děloha a okolí, prostata u mužů,
- cévní systém, karotidy, vertebrální tepny, tepny dolních i horních končetin,
- oblast krku - štítná žláza, nadklíčkové oblasti, lymfatické uzliny,

- klouby, měkké tkáně, šlachy, měkké tkáně – hematomy, abscesy, tumory,
- prsa u žen, varlata u mužů,
- volná či opouzdřená tekutina uložená intrathorakálně, intraabdominálně, (Canadian Medical, c2020)

V případě plic, kostí a částečně také žaludku je ovšem téměř nemožné diagnostiku ultrazvukem využít, (Dietrich, c2008).

Naopak kontraindikace v medicínském prostředí značí stav pacienta, při kterém není možné zvolit určitou diagnostickou nebo terapeutickou metodu, či léčivo. To nemusí nutně znamenat, že by při využití kontraindikované metody došlo nutně k ohrožení zdraví pacienta, pouze může pacientův stav ovlivnit účinnost metody či léčiva, (Hofer, 2005).

V případě ultrazvuku neexistují žádná známá zdravotní rizika, spojená s provedením diagnostického vyšetření. Přesto existují případy, při kterých není vhodné zvolit ultrasonografii jako diagnostickou metodu, přestože by vyšetření bylo za běžných okolností možné, (Hofer, 2005):

- **Obezita** – množství podkožního tuku ovlivňuje schopnost vyšetřujícího lékaře interpretovat výsledný obraz hlouběji uložených tkání, (Hrazdíra, 2011).
- **Plynatost** – ultrazvuk se odráží na hraně pevného či kapalného skupenství a plynu. V případě těla se tedy může stát, že tkáně a orgány nacházející se za žaludkem či střevy nemusí být na výsledném obraze rozeznatelné. Ze stejného důvodu nejde provádět ultrasonografii plic, a ve většině případů ani žaludku či střev, (Hrazdíra, 2011).
- **Anatomické poměry** – v některých případech může dojít k tomu, že není možné provést vyšetření kvůli nekompatibilitě pacientova těla a ultrazvukového přístroje. Například při provádění ultrasonografie krčních tepen u pacientů s příliš krátkým krkem, (Hrazdíra, 2011).

- **Kalcifikace** – v případě využití dopplerovských metod může být překážkou kalcifikace, která podobně jako kostní tkáň zabraňuje průchodu ultrazvukových vln, takže není možné provést diagnostiku průtoku v cévách kalcifikací postižených, (Hrazdára, 2011).
- **Nespolupracující pacient** – překážkou ultrazvukové diagnostiky může být také pacient, kterého není možné položit do polohy nutné pro vyšetření, či takového, na jehož těle není možné manipulovat sondou, (Nemocnice Ostrava-Vítkovice, c2020).

1.4.2 Postavení ultrazvuku v algoritmu zobrazovacích metod

Pokud nemá vyšetřující lékař dostatek informací pro určení diagnózy po provedení prohlídky na svém pracovišti, musí se rozhodnout mezi velkým množstvím diagnostických metod, které mu pomohou určit diagnózu pro daného pacienta, (Hrazdára, 1993).

Ultrazvuková diagnostika má ve většině takových případů pozici tzv. metody první volby. To znamená, že pokud v konkrétním případě neexistují žádné kontraindikace pro vyšetření ultrazvukem, vyšetřující lékař zvolí ultrazvukovou diagnostiku, (Hrazdára, 1993).

Tento stav je způsoben zejména množstvím výhod, které má ultrazvuková diagnostika oproti jiným diagnostickým metodám. Tyto přednosti zajistili ultrasonografii dominantní postavení mezi diagnostickými metodami, (Hrazdára, 1993).

Mezi tyto výhody patří především:

- absence zdravotních rizik spojených se samotným vyšetřením,
- absence radiační zátěže,
- relativně rychlé a bezbolestné vyšetření,
- snadná dostupnost a relativně nízká cena provozu,
- velmi vysoká přesnost diagnóz na základě výsledků ultrasonografie, (Hrazdára, 1993).

1.4.3 Standardy ultrazvukového vyšetření v České republice

Standardem pro určitý typ vyšetření je obvykle myšlen soubor pravidel a doporučení pro provádění tohoto vyšetření. To, zda jsou pravidla závazná nebo ne, určuje druh instituce, která standard zpracovala. V České republice neexistuje závazný standard pro provádění ultrasonografického vyšetření, vydaný Ministerstvem zdravotnictví, jako tomu je například v případě radiologických vyšetření, (Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2011).

V tomto tzv. Národním radiologickém standardu je možné nalézt informaci, že pracovníci ultrasonografického oddělení, obsluhující ultrazvukové přístroje, by měly mít podobně jako jejich kolegové z radiologického oddělení vysokoškolské vzdělání v radiologii, (Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2011).

Přesto existují standardy, které se tímto tématem zabývají. Tyto standardy vydávají především dva druhy organizací:

- Konkrétní nemocnice a kliniky, standardy popisují způsob, jakým jsou zřizovány a provozovány oddělení ultrasonografie v těchto konkrétních organizacích, (Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2011).
- Odborné komory a organizace zabývající se výzkumem ultrasonografických metod. Tyto standardy se často věnují konkrétnímu druhu ultrasonografického vyšetření namísto ultrasonografii jako celku, přesto poskytují velké množství rad a doporučení, které je možné aplikovat také na provoz ultrasonografického oddělení jako celku, (Škoda et. al., 2006).

Není možné s jistotou určit, jak velké množství standardů, zabývajících se ultrasonografií či jejími aspekty existuje. Přesto lze uvést, že se v jednotlivých standardech objevují podobné prvky.

1.4.4 Průběh vyšetření

Diagnostické ultrazvukové vyšetření vždy probíhá v několika krocích, které se mohou částečně lišit na základě akutnosti konkrétního případu. Ale v zásadě je možné shrnout obecný průběh diagnostického vyšetření ultrazvukem následovně.

1.4.4.1 Indikace

Pokud vyšetřující lékař odhalí nutnost diagnostického vyšetření ultrazvukem, je během následujícího procesu označován jako lékař indikující. Lékař, který bude provádět ultrazvukové vyšetření, bude až do jeho ukončení nazýván lékařem vyšetřujícím, (Nemocnice Ostrava-Vítkovice, c2020).

1.4.4.2 Objednání k vyšetření

Podle stavu, ve kterém se pacient nachází, indikující lékař rozhodne o dalším postupu. Pokud se nejedná o akutní případ, vypíše pacientovi žádanku, a následně jej buď sám, objedná na příslušné oddělení k ultrazvukovému vyšetření, či se pacient telefonicky domluví sám, (Stejskal, 2020).

Jestliže je nutné akutní vyšetření, dochází k němu na základě dohody indikujícího a vyšetřujícího lékaře.

1.4.4.3 Příprava na vyšetření

Ultrazvukové vyšetření nevyžaduje žádné komplikované přípravy, přesto je vhodné, aby se pacient doma na vyšetření připravil. Od indikujícího lékaře by měl předem obdržet vyplněnou žádanku, v každém případě by tato žádanka měla obsahovat informace o současném zdravotním stavu pacienta a přesnou specifikaci požadovaného vyšetření. Nesmí také chybět jméno s podpisem a razítkem indikujícího lékaře. V ideálním případě by měl pacient s sebou přinést zdravotní dokumentaci a výsledky předchozích vyšetření stejné oblasti. Indikující lékař by měl také pacienta poučit o procesu, který jej během celého ultrazvukového vyšetření čeká, (Stejskal, 2020).

V případě vyšetření břich a malé pánve by měl pacient přijít nalačno, neměl by tedy jíst alespoň 6 hodin před samotným vyšetřením. U těchto vyšetření je také doporučeno, aby měli pacienti naplněný močový měchýř, (Nemocnice Ostrava-Vítkovice, c2020).

V případě akutního případu jsou tato doporučení irelevantní a vyšetření proběhne v tom stavu, v jakém se pacient momentálně nachází.

1.4.4.4 Průběh vyšetření

Ve chvíli, kdy se pacient dostaví na vyšetření, odpovědný pracovník od něj převezme jeho žádanku, a zadá ji do systému. Následně pacienta nasměruje do čekárny, kde vyčká na samotné vyšetření, (Tomšů, 2018).

Pacient si před vyšetřením odloží v soukromé kabině podle toho, v jaké oblasti těla bude vyšetřován. Vyšetření provádí erudovaný lékař na příslušném oddělení: ortopedie, kardiologie, gynekologie, neonatologie, nefrologie, urologie, endokrinologie, gastroenterologie a dalších. Na základě požadavků indikujícího lékaře pak zvolí vhodnou metodu provedení ultrazvukového vyšetření.

Podle toho, jaká oblast těla by měla být ultrazvukem prozkoumána, se vyšetření provádí v různých polohách pacienta sondou případně za využití sterilního gelu, (Stejskal, 2020). Ve většině případů probíhá vyšetření v leže na lehátku. Pacient leží na zádech, na boku či na břiše. V některých případech probíhá vyšetření ve stoje, zejména v případě, kdy se provádí vyšetření žaludku či slinivky, (Stejskal, 2020)

Aby bylo zajištěno správné fungování ultrazvukové sondy, aplikuje se na vyšetřované místo gel, aby se ultrazvukové vlny neodrážely od vrstvy vzduchu mezi sondou a tělem. Nejčastěji je pro tento účel využíván bezbarvý hydrofilní gel. Jeho akustické vlastnosti jsou velmi blízké akustickým vlastnostem lidských tkání, (Stejskal, 2020).

Pokud oddělení, kde se vyšetření provádí, patří do sítě zdravotnických zařízení, které mezi sebou komunikují a vyměňují si obrazová data online prostřednictvím komunikačních a distribučních kanálů e-PACS, ReDiMed nebo dr. Sejf, ukládá se obrazový záznam vyšetření online. Ostatní zdravotnická zařízení ukládají a exportují data na elektronických nosičích, popřípadě se výsledný obraz i s případnými patologiemi vytiskne formou obrázku tzv. termoprint. Výsledný obraz je odevzdán buď pacientovi samotnému, či přímo indikujícímu lékaři, (Městská nemocnice Ostrava, 2019).

Je možné, že pacient obdrží výsledky až další pracovní den, pokud se nejedná o akutní případ. V případě, že došlo k patologickému nálezu, je výsledek uložen i digitálně, aby mohl být dále sledován a případně konzultován, (Tomšů, 2018).

1.5 Využití ultrazvuku v medicínských oborech

Pro ultrazvuk se v medicíně našlo široké spektrum využití. Nejjednodušeji je možné tato využití rozdělit na diagnostická a terapeutická. Ultrazvuk se používá i k intervenčním výkonům. Tato část práce je zaměřena na využití ultrazvukové diagnostiky v jednotlivých medicínských oborech. Dále jsou zde uvedeny také některé příklady terapeutického využití ultrazvukové technologie.

1.5.1 Neonatologie

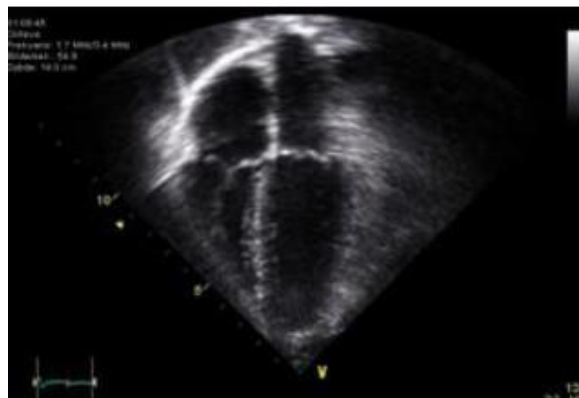
U nedonošených dětí se velmi často aplikuje ultrazvuková diagnostika pro včasné zachycení mozkové nedokrevnosti. Ultrazvukové vyšetření mozku může odhalit celou řadu anomálií, vývojových chyb či mozkových nádorů. V případě vážných úrazů může vyšetřující lékař zařadit vyšetření ultrazvukem, aby vyloučil subdurální a intercerebrální krvácení v důsledku tohoto úrazu, (Školoudík, c2003).

1.5.2 Pediatrie

Ultrazvukem v pediatrii lze posoudit stav orgánů v dutině břišní, jako jsou ledviny, játra, žlučník, slezina, slinivka, močový měchýř, dále je možné zjistit stav svalů, kloubů, cév, varlat, hrudníku, brzlíku a mozku u dětí většinou do jednoho roku věku, protože ještě nemají uzavřenou velkou fontanelu, (Pediatrická radiologie, 2013).

1.5.3 Kardiologie

Mezi základní vyšetřovací metody v kardiologii patří echokardiografie, tedy ultrazvukové vyšetření srdce (viz Obrázek 8). Ultrazvukem je možné vyšetřit jak srdce, tak přilehlé cévní systémy. Tzv. morfologické vyšetření umožní zjistit tvar cévy a srdce, pomůže odhalit případné negativní změny v jejich stavbě a nejrůznější vrozené



Obrázek 8: Průřez srdcem

Zdroj: <http://slideplayer.cz/slide/3400440/>

vady. Tzv. hemodynamické vyšetření pak díky využití dopplerovského ultrazvuku umožňuje sledování pohybu krevního proudu v cévách a srdci, (Eliáš, 1998).

Existují dva způsoby, jakými je možné toto vyšetření provést. První z nich spočívá v přiložení ultrazvukové sondy na hrud' pacienta, v rámci druhého je sonda zavedena do jícnu. Druhý způsob umožňuje vyloučit přítomnost trombu v srdečních síních, (Wang et. al., 2005).

1.5.4 Gynekologie a porodnictví

1.5.4.1 Gynekologie

V rámci běžné gynekologie se v posledních letech rozšířilo využívání ultrazvuku pro běžná vyšetření i náročnější úkony. Děloha, vaječníky i vejcovody bývají vyšetřovány přes břišní stěnu, možností je i využití vaginální sondy, (Sedlář et. al., 2014).

Ultrazvukové vyšetření prsou se provádí většinou na odděleních mamografie jako doplňující vyšetření k mamografii, při kontrolách reakcí zhoubných nádorů na chemoterapii, při vyšetření uzlin v podpaží, jizev po mastektomii a po rekonstrukčních výkonech. Bez předchozího mamografického vyšetření lze provést vyšetření ultrazvukem jen u mladých žen. Před vyšetřením je vhodné se vyhnout tuhým antiperspirantům a tělovým krémům, (Breast Unit Prague, 2018). Pod ultrazvukovou kontrolou se provádějí biopsie patologických lézí a punkce cyst, (Fakultní nemocnice Motol, 2012)

1.5.4.2 Porodnictví

V průběhu těhotenství dochází minimálně čtyřikrát k ultrazvukovému vyšetření plodu. Účelem prvního ultrazvukového vyšetření je ověření těhotenství a kontrola uhníždění vajíčka v děloze. Druhé vyšetření probíhá mezi 11. a 14. týdnem vývoje plodu. Během tohoto vyšetření dochází k odhadu stáří plodu, dále je kladen důraz na odhalení případných vrozených vad, (Doležal, 1998).

Třetí vyšetření proběhne mezi 18. a 23. týdnem, jeho cílem je odhalení případných vrozených vad, které nebyly při předchozím vyšetření patrné. Poslední vyšetření se odehraje mezi 30. a 32. týdnem, plod opět projde kontrolou na případné vrozené vady, dále se kontroluje množství plodové vody a stav placenty, (Doležal, 1998).

1.5.5 Ortopedie

Ultrazvuk v ortopedii se užívá v diagnostice a umožňuje cílenou punkci tekutin. Vyšetřují se jím klouby, zvláště důležité postavení má při vyšetření kyčlí novorozenců, které je blíže popsáno níže, dále se jím vyšetřují nervy, vazy, patní ostruhy, záněty a úrazy svalů a šlach. Ultrazvukem lze zjistit přítomnost kloubního výpotku, degenerativní změny chrupavek a měkkých tkání a také lze sledovat vývoj hojení po úrazu či operaci, (Barna Medical, 2016).

Předpis Ministerstva zdravotnictví České republiky stanovuje termíny a metodiku vyšetřování dětských kyčlí, které je pro děti narozené v České republice povinné. První ortopedické vyšetření kyčlí, klinické a následně ultrazvukové, se provádí již v porodnici nebo následně do 3. týdnů věku dítěte. Mezi 6. – 9. týdnem života je provedena další kontrola a třetí vyšetření probíhá mezi 12. – 16. týdnem. Díky screeningu se včas odhalují a následně včas léčí dysplazie, nestability a luxace kyčelního kloubu, (Frydrychová et. al., 2016).

1.5.6 Revmatologie

Při mnoha revmatologických vyšetřeních je ultrazvuk neopomenutelnou součástí. Umožňuje zobrazit měkké tkáně, jako jsou šlachy, vazy, svalové úpony, kloubní pouzdro a výstelka a další struktury, a nachází uplatnění v diagnostice časných forem artritidy a sledování účinnosti léčby chronických zánětlivých onemocnění kloubů, (Affidea, 2013).

1.5.7 Nefrologie

Ultrazvukové vyšetření ledvin má zásadní význam v diagnostice a léčbě onemocnění ledvin, jelikož většinu patologických změn v ledvinách lze pomocí ultrazvuku rozeznat. Pod ultrazvukovou kontrolou se provádí biopsie ledvin nebo perkutánní nefrostomie, (Janda, 2006).

1.5.8 Urologie

V rámci urologie je ultrazvuková diagnostika velmi využívanou metodou. Ultrazvuk se používá při vyšetření močového měchýře či prostaty, které má většinou za úkol potvrdit či vyloučit nádorové onemocnění či benigní hyperplazy. Ultrazvukové vyšetření prostaty probíhá buď přes břišní stěnu, nebo s využitím transrektální sondy přes konečník.

V případě potíží při močení může ultrazvukové vyšetření odhalit zbytnělou prostatu, (Jarolím, 2008).

1.5.9 Endokrinologie

Využití ultrazvukové diagnostiky v případě štítné žlázy může odhalit její momentální stav. Zejména jde o prokrvení, velikost a strukturu. Díky tomu je možné rozeznat rozvinutý zánět. Dalším důvodem, proč může být vyšetřujícím lékařem doporučeno vyšetření štítné žlázy, je podezření na přítomnost nádoru, přestože ve většině případů se jedná o benigní léze, (Neuwirth, 1998).

1.5.10 Gastroenterologie

Vyšetřující lékař může ultrazvukové vyšetření břicha zařadit z několika důvodů. Především se jedná o podezření na ledvinové či žlučnickové kameny, případně na nádorové onemocnění. Zároveň může přistoupit k zařazení tohoto vyšetření při bolestech s nejasnou příčinou či za účelem vyloučení vnitřního krvácení, (Neuwirth, 1998).

V rámci břišní dutiny může být ultrazvuk využit pro vyšetření především velmi dobře echokonstrastních orgánů. Mezi ty patří především játra, slinivka, slezina, či ledviny a lymfatické uzliny. Tyto orgány neobsahují velké množství vzduchu, proto je možné získat jejich přesný obraz při využití B – módu, (Drastich, 1990).

Naopak žaludek a střeva nejsou pro vyšetření ultrazvukem vhodná, především kvůli vysokému množství vzduchu, který se v nich nachází. I v případě, že se vyšetření přímo nezaměřuje na tyto orgány, může dojít ke zkreslení výsledků. Obecně lze říci, že nejkvalitnější výsledek ultrazvukového vyšetření v oblasti břicha je u osob vyšetřovaných nalačno, a u osob s menším množstvím podkožního tuku, (Neuwirth, 1998).

Jednou z metod, umožňující vyšetření trávicího traktu, je využití ultrazvukové sondy zavedené skrz ústa do jícnu, a podle potřeby až do žaludku, případně do dvanáctníku. Tato metoda je využívána především pro vyšetření slinivky, žaludku a dvanáctníku, (Vomáčka et. al., 2012).

1.5.11 Terapeutické využití ultrazvuku

Terapie využívající ultrazvuk je založená na benefitech, které přináší aplikace ultrazvuku na lidskou tkáň. Mezi využívané efekty patří zejména zahřívání tkáně v případě, že na ní působí ultrazvuk, dále potenciál vzniku kavitace.

1.5.11.1 Stomatologie

Nízkofrekvenční ultrazvuk je využíván k odstraňování zubního kazu a zubního kamene. Při srovnání s manuálním odstraněním zubního kazu či kamenné je tato metoda jednoznačně levnější, rychlejší a šetrnější ke sklovině. Ultrazvuk o frekvenci mezi 24 a 42 kHz způsobuje vznik kavitace ve vodě, která stéká po nástroji, kterým je čištění prováděno. Díky zhroucení jednotlivých bublin dochází k narušení a odstranění zubního kamene, (Rosina et. al., 2000).

1.5.11.2 Aplikace léčiv

Efektu kavitace využívá také inovativní metoda aplikace léčiv. Díky působení ultrazvuku o dvou různých frekvencích na svrchní vrstvu pokožky vytváří v kapalinách, které jsou obsažené v buňkách pokožky mikro proudění, které vede k dočasné abrazi svrchní vrstvy pokožky. Toto působení také dočasně zvyšuje propustnost buněčných membrán. takže je možné skrze ně přenést i molekuly léčiv, které by jinak skrze buněčnou membránu neprošly, (Smith, 2007).

Tento princip se využívá například při aplikaci inzulínu, který by jinak bylo nutné do těla vpravovat injekčně. Efekty tohoto zákroku mizí během několika hodin, samotný proces je bezbolestný a rychlý, (Smith, 2007).

1.5.11.3 Fyzikální terapie

Často využívaným druhem fyzikální terapie je tzv. ultrasonoterapie, která spočívá v medicínském využití mechanické energie ultrazvuku. Hlavním cílem této metody je napomoci zhojení poškozených měkkých tkání, (Poděbradský et. al., 1998).

Ultrasonografie bývá aplikována na pacienty s těmito obtížemi:

- bolestivé natažení či zatuhnutí svalů zad,
- lumbago,

- bérkové vředy,
- artróza, artritida, otok kloubu,
- tenisový loket,
- poúrazová bolest.

Terapie probíhá následujícím způsobem. Na postižené místo se ultrazvuk aplikuje pomocí sondy, které je vybavena vyzařovací hlavicí o ploše minimálně 1 cm². Tato hlavice na postižené místo aplikuje ultrazvuk o frekvenci 0,7 až 3,3 MHz, který pronikne až 5 centimetrů do hloubky tkáně, (Poděbradský et. al., 1998).

2 Cíl práce a výzkumná otázka

2.1 Cíl práce

1. Shrnutí dostupných informací o ultrazvuku.
2. Analýza informovanosti pacientů a veřejnosti.
3. Vytvoření informačního letáku pro pacienty.

K získání potřebných dat bylo využito dotazníkového šetření, které je popsáno dále.

2.2 Výzkumné otázky

Jsou pacienti řádně informováni o ultrazvukovém vyšetření?

Uvítala by veřejnost lepší informovanost v podobě informačního letáku?

3 Metodika

Teoretická část byla zpracována pomocí rešerše literatury a pomocí analyticko-syntetické metody. Nejdříve bylo nezbytné shromáždit a setřídit literární prameny, které se tématu bakalářské práce týkají. Následně bylo nutné prameny zanalyzovat z hlediska obsahu. Pro teoretickou i praktickou část byly zdroje informací čerpány z odborných publikací, odborných časopisů a internetových zdrojů uvedených dále v Seznamu použité literatury.

Výzkumnou metodou, která byla použita pro sběr a analýzu dat, se stal dotazník, jelikož se používá především pro kvantitativní výzkum, jehož základem je nezbytné oslovení dotazy větší počet respondentů, a získání a zpracování dat touto formou bylo vzhledem k problematice práce vhodným řešením. K tomu byl využit program Microsoft Excel.

Výsledky dotazníkového šetření by měly ukázat a potvrdit zájem respondentů o větší poučení před vyšetřením, a to i formou letáku, který by informace o vyšetření věcně a stručně shrnul.

Ke zhotovení praktické části bylo zapotřebí zvolit následující postup:

- stanovení techniky sběru dat,
- stanovení otázek dotazníku,
- vytvoření elektronického a tištěného dotazníkového šetření,
- uskutečnění dotazníkového šetření rozesláním a rozdáním dotazníku,
- kontrola a statistické vyhodnocení získaných výsledků,
- ztvárnění informačního letáku.

Dotazník

Jako technika sběru dat posloužilo osobní dotazování a on-line dotazování. Dotazník pro oslovené se skládal z 12 otázek (viz příloha A). Otázky se týkaly především zájmu o větší poučení pacientů o sonografickém vyšetření.

Byly použity převážně uzavřené otázky, které předkládají respondentům předem definované odpovědi. Použity byly také filtrační otázky, které mají za úkol nasměrovat respondenty na oblasti, které se jich dle typu odpovědí dále týkají. První tři otázky jsou

sociodemografické povahy a mají za úkol identifikovat respondenta. Zjišťují pohlaví, věk a zda dotazovaný pochází ze zdravotnického pracovního prostředí, jelikož zdravotnický personál se s informačními letáky setkává v mnohem větším objemu a také častěji než pacient.

Výběr potencionálních respondentů byl zcela nahodilý. Předání dotazníku proběhlo buď osobním předáním, či zasláním přes internet, a to pomocí Google Forms, který byl přístupný prostřednictvím odkazu a pomocí Google Docs, ve kterém byl dotazník nahrán. Celkem bylo získáno ke zpracování 163 správně zodpovězených dotazníkových šetření.

Výsledky dotazníkového šetření jsou znázorněny graficky, přičemž každý jeden graf vyobrazuje jednu otázku. Jednotlivá grafická znázornění se váží na odpovědi konkrétních otázek dotazníku, přičemž je každá otázka samostatně analyzována. Pod každým grafem je stručně shrnut výsledek odpovědí na danou otázku.

Realizace informačního letáku

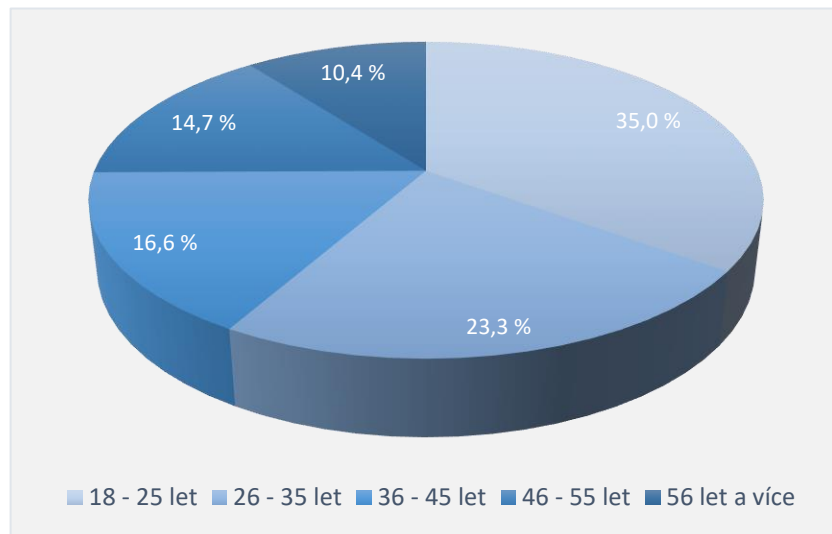
Nedílnou součástí práce tvoří informační leták, pro jehož vytvoření bylo zapotřebí následujícího postupu:

- stanovení postupu pro realizaci informačního letáku,
- volba formátu a výběr barev,
- volba vhodných informací pro daný leták,
- ztvárnění informačního letáku.

Výsledný informační leták by měl zaujmout a svou stručností by čtenáře neměl odradit od přečtení, tzn. že by měl obsahovat co nejméně textu a zároveň by měl mít vypovídací hodnotu o vyšetření pro čtenáře. Také by měl být především srozumitelný a výstižný.

4 Výsledky

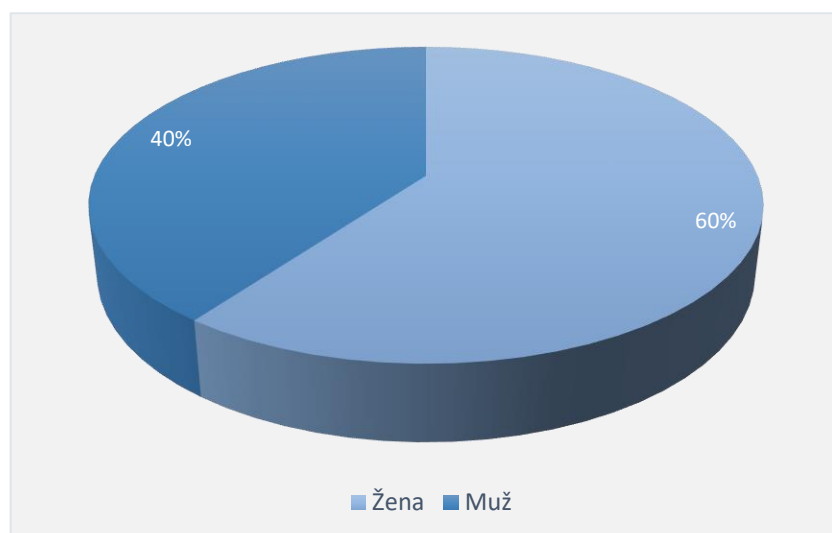
Otázka č. 1: Kolik Vám let?



*Obrázek 9: Vyhodnocení otázky č. 1
Zdroj: vlastní zpracování*

Otázka č. 1 zjišťovala respondentův věk. Z grafu je zřetelné, že nejpočetnější věkovou kategorií byla 18 – 25 let (35 %), menší počet tázaných osob byl ve věku 26 – 35 let (23,3 %) a o něco méně zastoupilo kategorie 36 – 45 let (16,6 %) a 46 – 55 let (14,7 %). Nejméně početnou kategorii představovali nejstarší respondenti ve věku od 56 let a starší.

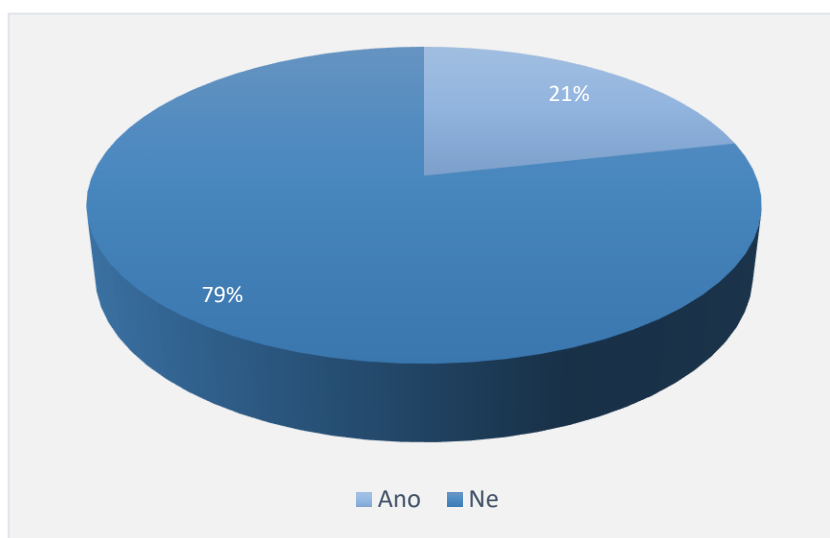
Otázka č. 2: Pohlaví



*Obrázek 10: Vyhodnocení otázky č. 2
Zdroj: vlastní zpracování*

Otázka č. 2 se dotazovala na to, kdo je respondent. Zúčastněných respondentů bylo celkem 163, z nichž odpovídalo 98 žen (60%) a 65 zástupců mužského pohlaví (40%).

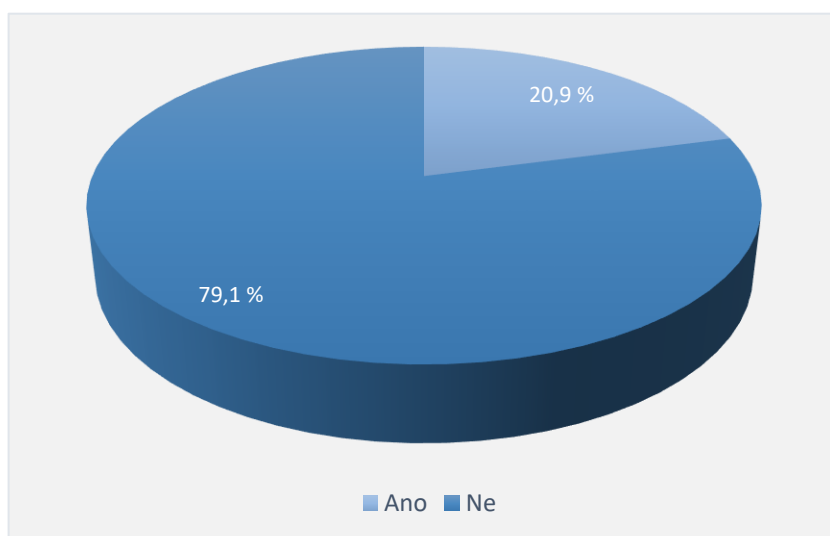
Otázka č. 3: Pracujete ve zdravotnictví?



*Obrázek 11: Vyhodnocení otázky č. 3
Zdroj: vlastní zpracování*

Otázka č. 3 zjišťovala, zda respondent pracuje ve zdravotnictví či ne. Necelá třetina (35) je zaměstnána ve zdravotnictví, zbylých 79 % (128) pracuje v oboru jiném.

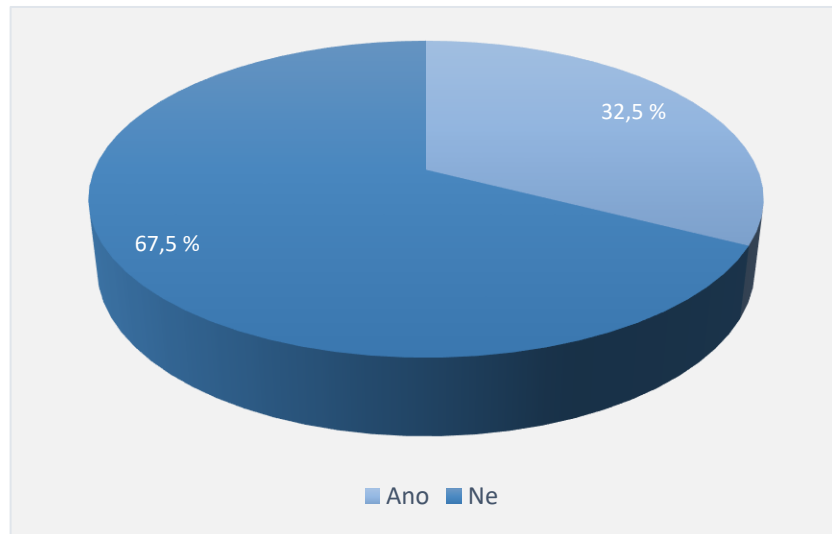
Otázka č. 4: Myslíte si, že je ultrazvukové vyšetření rizikové?



*Obrázek 12: Vyhodnocení otázky č. 4
Zdroj: vlastní zpracování*

Otázka č. 4 se zaměřovala na povědomí o rizikosti ultrazvukového vyšetření. Odpovědi na otázku byly velmi příznivé, ze 163 respondentů se nadpoloviční většina (129) domnívá, že je vyšetření bezrizikové a ostatní dotazovaní (34) se domnívají, že se jedná o vyšetření s nějakým rizikem.

Otázka č. 5: Věděli jste, že při průchodu živou tkání ultrazvuk způsobuje v důsledku absorpce energie zahřívání tkáně?

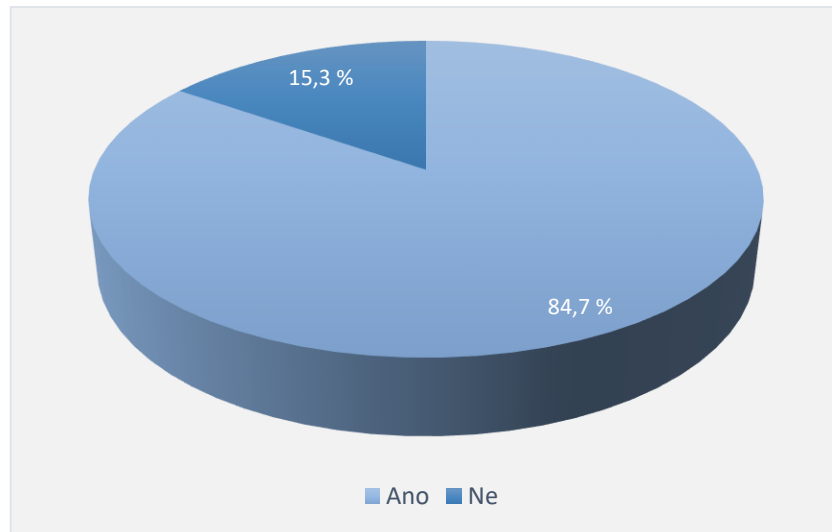


Obrázek 13: Vyhodnocení otázky č. 5

Zdroj: vlastní zpracování

Otázka č. 5 zjišťovala, zda respondenti vědí, jak se chová UZ při průchodu živou tkání. Respondenti v 67,5 % (110) označili, že tuto problematiku neznají a zbylých 32,5 % (53) označilo kladnou odpověď, která vypovídá o skutečnosti, že se s takovou informací již dříve setkali.

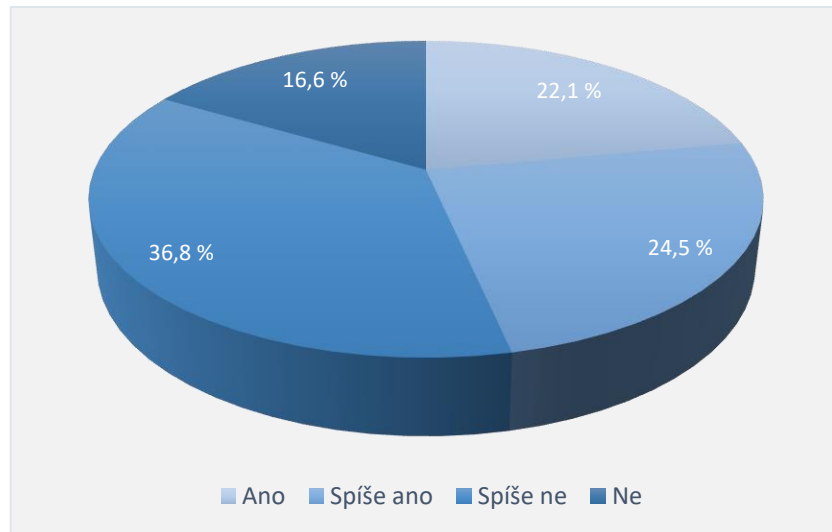
Otázka č. 6: Podstoupili jste někdy ultrazvukové vyšetření nebo se na něj chystáte?



*Obrázek 14: Vyhodnocení otázky č. 6
Zdroj: vlastní zpracování*

Otázka č. 6 patří mezi filtrační otázky, které byly popsány výše a rozdělují respondenty na dvě části. Jedna část již vyšetření vyzkoušela na vlastní kůži nebo se na něj chystá a do druhé části patří ti z nich, kteří ultrazvukové vyšetření ještě nepodstoupili, ani se momentálně nechystají. Ti, kteří mají vlastní zkušenost (138), byli následně nasměrováni na následující otázku. Ostatní (25) navazující otázku přeskočili a pokračovali otázkou č. 6.

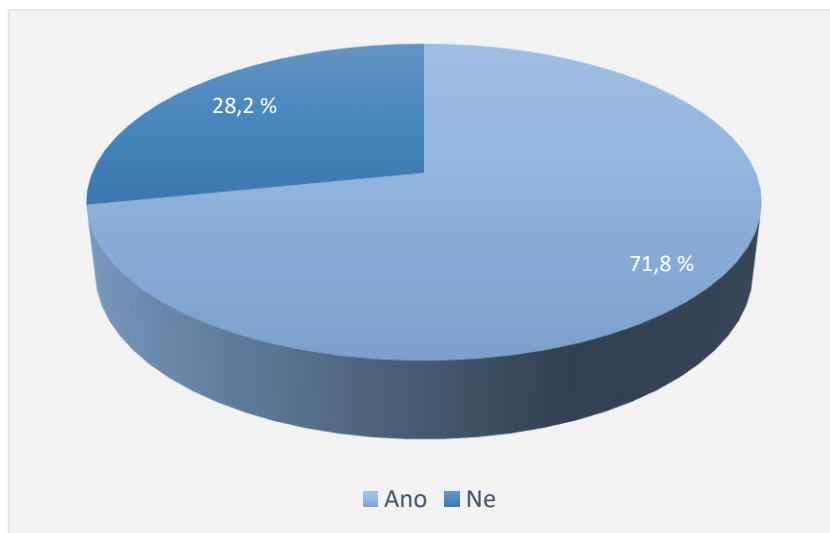
Otázka č. 7: Byli jste dostatečně informováni před vyšetřením o tom, jak bude probíhat a jak se na něj máte připravit?



*Obrázek 15: Vyhodnocení otázky č. 7
Zdroj: vlastní zpracování*

Otázka č. 7 zkoumá, zda respondenti byly dostatečně informováni před vyšetřením. Na tuto otázku odpovídali pouze ti respondenti, kteří u předchozí otázky zadali kladnou odpověď (138). Pro 30 jednotlivců (22,1 %) bylo poučení dostatečné, pro 23 (16,6 %) bylo naopak nedostatečné. „Spíše ano“ odpovědělo 34 tázaných (24,5 %) a nejvíce osob (51) zadalo možnost „Spíše ne“, a to v 36,8 %.

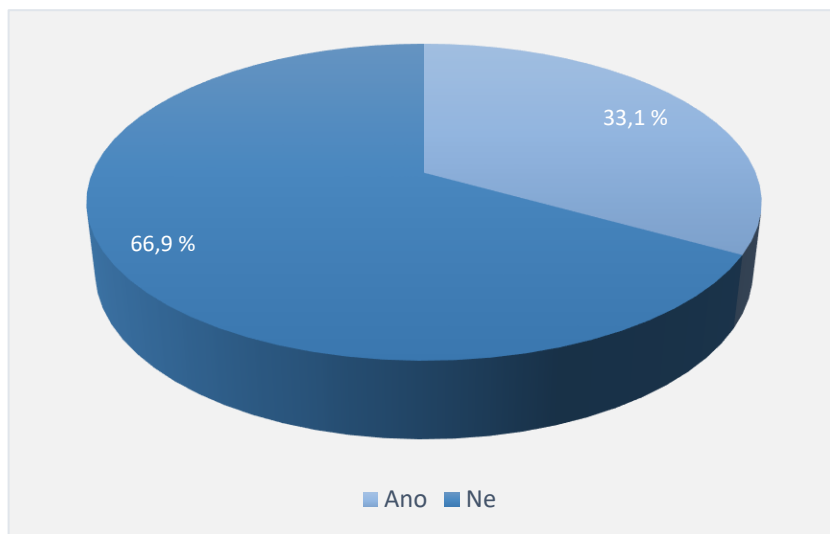
Otázka č. 8: Uvítali byste větší míru poučení, co se týče přípravy na vyšetření a jeho průběhu?



*Obrázek 16: Vyhodnocení otázky č. 8
Zdroj: vlastní zpracování*

Na otázku č. 8 odpovídali znovu všichni respondenti (163). Zde dotazník zjišťuje, zda by dotazovaní uvítali lepší informovanost před vyšetřením. Kladně odpovědělo 117 osob, záporně 46 oslovených.

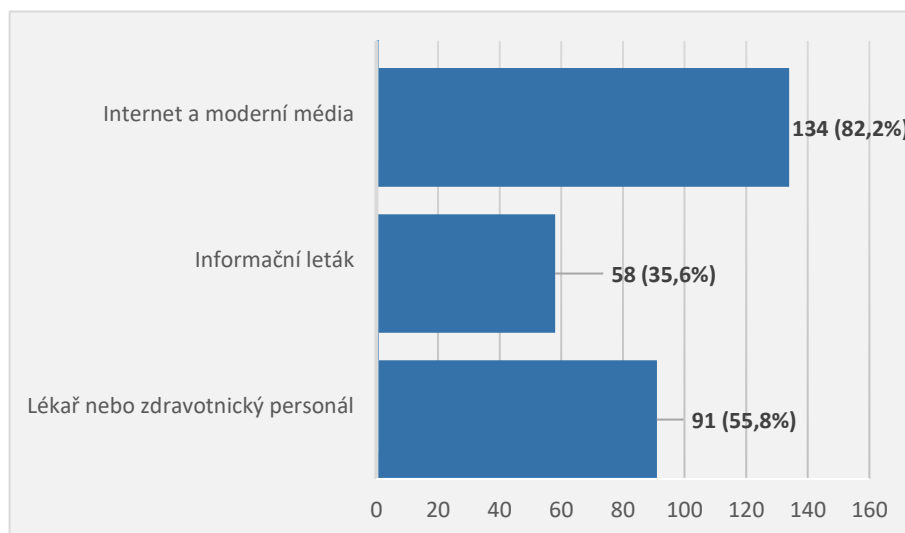
Otázka č. 9: Vyhledávali jste někdy informace o ultrazvuku nebo vyšetření pomocí ultrazvuku?



*Obrázek 17: Vyhodnocení otázky č. 9
Zdroj: vlastní zpracování*

Otázka č. 9 se zaměřovala na to, zda se respondenti někdy zajímali o ultrazvuk a aktivně jej jakýmkoli způsobem vyhledávali. Z grafu je patrné, že 66,9 % dotazovaných takovou aktivitu nepodniklo a pouhých 33,1 % podobná data někdy vyhledávala.

Otázka č. 10: Odkud jste získali informace o vyšetření ultrazvukem?

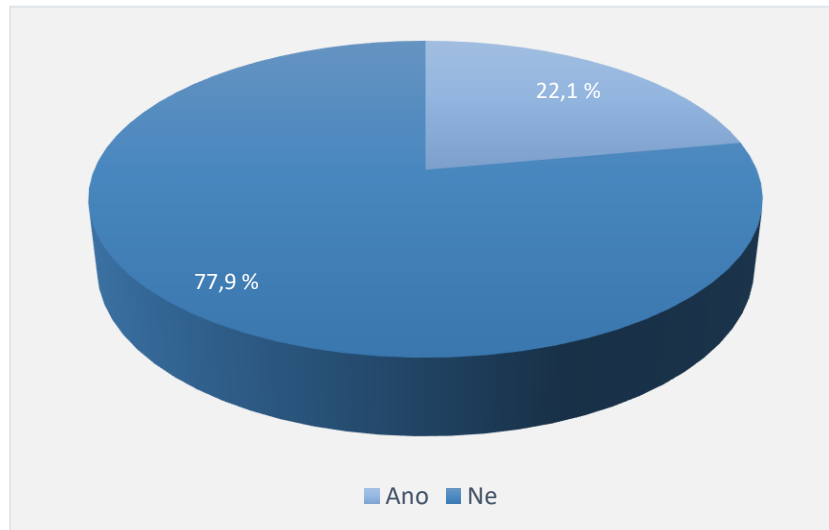


*Obrázek 18: Vyhodnocení otázky č. 10
Zdroj: vlastní zpracování*

Otázka č. 10 směřovala ke zjištění, v jakých informačních médiích respondenti nejčastěji vyhledávali. Zde byl dotazovaným umožněn výběr více možností. V 82,2 % a tedy nejvíce používaným pramenem respondentů, kteří si již někdy zjišťovali nebo získali

nějaké informace právě o ultrazvuku, byl internet a nyní běžně používaná média. Druhý nejčastější způsob získání informací se stal lékařský a zdravotnický personál v 55,8 % a jako posledním zdrojem byl informační leták, který byl označen v 35,6 %.

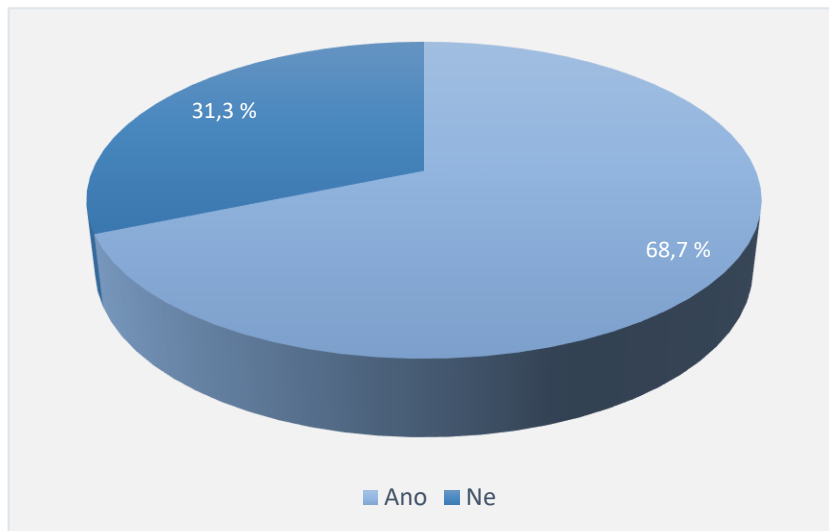
Otázka č. 11: Setkali jste se někdy s informačním letákem, který by vysvětlil, jak ultrazvuk funguje?



Obrázek 19: Vyhodnocení otázky č. 11
Zdroj: vlastní zpracování

Otázka č. 11 se dotazovala na skutečnost, zda již někdy tázaní přišli do styku s letákem zabývajícím se problematikou ultrazvuku. Negativně odpovědělo 127 dotázaných, naopak 36 respondentů již se s podobnou brožurkou setkala.

Otázka č. 12: Ocenili byste více informačních letáků o sonografickém vyšetření?



*Obrázek 20: Vyhodnocení otázky č. 12
Zdroj: vlastní zpracování*

Otázka č. 12 se zabývala zájmem respondentů o informační leták shrnující vyšetření. Celkem 112 tázaných by uvítalo více letáčků o ultrazvuku, zbylých 51 respondentů odpovědělo negativně.

Realizace informačního letáku

Snahou bylo vytvořit atraktivní informační leták se všemi důležitými informacemi o sonografickém vyšetření a vhodnými doporučeními pro laické čtenáře.

Nejdříve bylo zapotřebí stanovit průběh tvorby návrhu letáku. Následně byl použit program Microsoft Word, ve kterém byl zvolen nejběžnější formát A4 s orientací na šířku. Poté bylo nutné pečlivě vybrat informace, které budou čtenáři formou letáku předány a následovala samotná tvorba.

Informační leták (viz Příloha B) obsahuje přípravu pacienta na vyšetření a jeho velmi stručný průběh. Následně líčí úskalí, kdy není možné vyšetření provést nebo jen velice obtížně, charakterizuje, k čemu ultrazvuk především slouží a dále jsou vyzdviženy jeho obecné výhody a nevýhody.

5 Diskuze

Má bakalářské práce s názvem „Průvodce sonografickým vyšetřením – informační leták pro pacienta“ se zabývala problematikou ultrazvuku, analýzou informovanosti pacientů a veřejnosti o ultrazvukovém vyšetření a tvorbou informačního letáku pro pacienty.

Rešerše literatury ukázala, že není mnoho zdrojů, které se zabývají problematikou ultrazvuku komplexně. Literatury obsahující akustiku, fyzikální část fungování ultrazvuku, jako je akustická impedance, útlum ultrazvukových vln, Dopplerův jev, piezoelektrický jev, jsou poměrně početné, ale například užití ultrazvuku v konkrétních medicínských oborech téměř není možné zjistit v českých literaturách.

Naopak zahraniční literatury na rozdíl od českých publikují literatury a články s ultrasonografickou terapií a s využitím sonografie v lékařství a příslušných oborech. Zahraniční literatury ovšem obsahují i typy terapií, které se v České republice neprovádějí a pro potřeby mé bakalářské práce jde spíše o zajímavosti.

Například Galkowski (2009) píše, že je ultrazvuk využíván během léčby zlomenin kostí. V případě, že má dojít ke spojení zlomené kosti pomocí syntetického pojiva, ultrazvuk je využit k urychlení tuhnutí tohoto pojiva. Využitím fokusace je ultrazvuk nasměrován na místo v kosti, kde se nachází syntetické pojivo. Díky přeměně mechanické energie ultrazvuku na tepelnou energii molekul syntetického pojiva dojde k jeho ztuhnutí v řádu sekund v důsledku vysoké teploty.

Výzkumné otázky:

Jsou pacienti řádně informováni o ultrazvukovém vyšetření?

Uvítala by veřejnost lepší informovanost v podobě informačního letáku?

Pro zodpovězení obou výzkumných otázek jsem zvolila hodnocení získaných dat z dotazníkového šetření, které bylo zodpovězeno 163 respondenty.

Z prvních dvou otázek vyplývá, že na otázky odpovídalo celkem 98 žen a 65 mužů, z nichž nejvíce bylo respondentů ve věkové kategorii 18 – 25 let. Na dotazník odpovídali pouze zletilí jednotlivci, jelikož do 18 let věku se před vyšetřením poučuje doprovod,

zákonný zástupce, který s nimi přichází na vyšetření. Nejmladší skupina do 25 let měla největší zastoupení celkem 57 osob zřejmě proto, že dotazník byl šířen nejen v listinné podobě, ale i online prostřednictvím odkazu, kdy je tato věková kategorie mnohem snáze zodpoví.

Výzkumem se podařilo zjistit, že více jak $\frac{3}{4}$ respondentů již absolvovalo ultrazvukové vyšetření nebo se na něj chystá. Nedostatečně a spíše nedostatečně poučeno před vyšetřením bylo celkem 74 respondentů z 138 dotazovaných, což činí více jak polovinu oslovených osob. Zjištění vypovídá o tom, že pacienti zřejmě nejsou dostatečně poučeni před vyšetřením a odpovídá tím záporně na první výzkumnou otázku.

Z celkového počtu respondentů by 71,8 % dotázaných uvítalo větší míru poučení před vyšetřením a v 68,7 % by edukace mohla být předána formou informačního letáku, jelikož právě tolik oslovených zaškrtnulo odpověď „Ano“ u otázky č. 10, jež se ptá: „Ocenili byste více informačních letáků o sonografickém vyšetření?“

Vlastní výzkum za užití dotazníkového šetření podtrhuje smysl realizace edukačního materiálu pro pacienty, a tím kladně odpovídá na druhou výzkumnou otázku. Výsledky jednotlivých otázek šetření byly analyzovány, popsány a graficky znázorněny.

Tento výzkum považuji za důležitý, neboť každý, kdo podstupuje ultrazvukové vyšetření, ač je to takřka bezriziková a běžná diagnostická metoda, která obvykle probíhá bez jakýchkoli komplikací, by měl být informován o přípravě na vyšetření a o jeho samotném průběhu.

Vlastním vědeckým přínosem této práce se stává skutečnost, že pacienti nejsou dostatečně edukováni a vytvoření návrhu informačního letáku (viz Příloha B), jelikož veřejnost by ocenila více informačních letáků. Leták je určen nejen pro pacienty před vyšetřením, ale i pro veřejnost a mohl by být využit na místech, kde se pacienti shromažďují, jako jsou například čekárny, nebo by mohl být umístěn na webových stránkách zdravotnických zařízení, jako jsou nemocnice a polikliniky, které jsou určeny veřejnosti.

V rámci výzkumu se mi nepodařilo zhodnotit kvalitu poučení pacientů před vyšetřením. Tato problematika by mohla být zpracována v dalším výzkumu. Pro další zkoumání by bylo zajímavé zjistit pacientův postoj k letákům v elektronické podobě nebo dokonce interaktivním průvodcům vyšetření.

6 Závěr

Ultrazvuk je možné v současnosti zařadit mezi jednu z nejdůležitějších zobrazovacích metod v diagnostice s uplatněním v mnoha lékařských oborech. Představuje diagnostickou metodu, která je rychlá a bezbolestná, bezpečná, není finančně nákladná, a především přináší potřebný diagnostický výstup.

Přístrojová vybavení se stávají stále významnější součástí moderní medicíny. V jednotlivých lékařských oborech je možné se setkat se specifickými diagnostickými metodami. Existují i takové metody, které se využívají napříč lékařskými obory a mezi ně ultrazvuková diagnostika neodmyslitelně patří.

Cílem bakalářské práce bylo shrnout dostupné informace o ultrazvuku, vyhodnotit, zda jsou pacienti řádně poučeni o ultrazvukovém vyšetření a zjistit, zda by veřejnost uvítala poučení formou informačního letáku. Závěrečným krokem bylo vytvoření takového letáku. Cíle bakalářské práce byly splněny a obě stanovené výzkumné otázky zodpovězeny.

Z dotazníkového šetření jasně vyplývá, že pacienti se v 53,4 % necítí být informováni před vyšetřením dostatečně.

Odpověď na první výzkumnou otázku zní „Ne“. – Ne, pacienti nejsou řádně informováni o ultrazvukovém vyšetření.

Dále 71,8 % osob potvrdilo, že by uvítalo větší míru edukace před vyšetřením a 66,9 % dotazovaných někdy vyhledávalo informace o ultrazvuku, přičemž nejvyužívanějším pramenem se stal internet a moderní média. S informačním letákem se setkala necelá třetina respondentů a 68,7 % oslovených by ocenilo, kdyby jich bylo více.

Odpovědí na druhou výzkumnou otázku, dle dotazníkového šetření a jeho výsledků uvedených výše, je „Ano“. – Ano, veřejnost by uvítala lepší informovanost v podobě informačního letáku.

Závěrem práce je vlastní návrh informačního letáku pro pacienty (viz Příloha B).

7 Seznam použité literatury

- 1) AFFIDEA PRAHA: Revmatologická poradna [online]. Praha, 2013 [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: <https://www.affidea-praha.cz/revmatologicka-poradna>
- 2) BARNA MEDICAL: Sonografie. Barnamedical [online]. Praha, 2016 [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: <https://www.barnamedical.cz/Rehabilitace--fyzioterapie-a-ortopedie/Ortopedie/sonografie/>
- 3) BLECHA, Dalibor. Kontrastní látky v ultrasonografii [online]. Jihočeská univerzita České Budějovice, 2007 [cit. 2020-07-23]. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta.
- 4) BREAST UNIT PRAGUE: Ultrazvuk prsu. BUPRAGUE [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <https://www.buprague.cz/pro-pacienty/dulezite-informace/vse-o-vysetreni/ultrazvuk/>
- 5) CANADIAN MEDICAL: Sonografie. *Canadian Medical* [online]. Praha, c2020 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z: <https://www.canadian.cz/cs/specializace/sonografie/>
- 6) DIETRICH, Christoph F., c2008. *Ultrasonografie: orgánové zobrazení pro základní, nadstavbové a závěrečné kurzy*. 5. přeprac. a rozš. vyd. Přeložil Martin JAVORSKÝ, přeložil Peter OLEXA. [Košice]: Equilibria. ISBN 978-80-89284-20-7.
- 7) DOLEŽAL, Ladislav, 1998. *Základy sonografie v porodnictví a gynekologii*. Olomouc. ISBN 80-7067-835-6.
- 8) DRASTICH, Aleš. *Zobrazovací systémy v lékařství*. Praha: Mezinárodní organizace novinářů, 1990. ISBN 80-214-0220-2.
- 9) DUBOSE, Terry J. a Anthony L. BAKER, 2009. Confusion and Direction in Diagnostic Doppler Sonography. *Journal of Diagnostic Medical Sonography* [online]. **25**(3), 173-177 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.1177/8756479309335681. ISSN 8756-4793. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/8756479309335681>
- 10) ELIÁŠ, Pavel. *Dopplerovská ultrasonografie*. Hradec Králové: Nucleus HK, 1998. ISBN isbn 80-901753-5-x.
- 11) FAKULTNÍ NEMOCNICE MOTOL: Mamografie a sonografie prsou. Fnmotol [online]. Praha, 2012 [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: <https://www.fnmotol.cz/kzm/oddeleni/mamografie-sonografie-prsou/>
- 12) FAKULTNÍ NEMOCNICE V MOTOLE, 2013. *Pediatrická radiologie: Ultrazvuk. Dětský rentgen* [online]. Praha: Fakultní nemocnice v Motole, 2013 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://www.detskyrentgen.cz/ultrazvuk-sono.html>
- 13) FARGAŠOVÁ, Denisa, 2013. *Využití dopplerovské ultrasonografie v klinické praxi*. Olomouc. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/37324851-Universita-palackeho-v-olomouci-fakulta-zdravotnickych-ved-ustav-radiologickych-metod-denisa-fargasova.html>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta zdravotnických věd. Vedoucí práce doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, PhD., MBA
- 14) FEJFAR, Zdeněk, 2011. *Ultrazvuk a jeho využití*. Plzeň. Dostupné také z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/prohlizeni.html>. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Ing. Josef Girg.

- 15) FRYDRYCHOVÁ, Monika, Michaela KASSAIOVÁ, Robert JÚZEK, Jiří CHOMIAK a Pavel DUNGL, 2016. PEDIATRIE PRO PRAXI: Vývojová dysplazie kyšelného kloubu [online]. 17(3). *Pediatr. praxi*. 2016; 17(3): 141–145 /. Praha: Solen, 141-145 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <https://www.pediatriepropraxi.cz/pdfs/ped/2016/03/03.pdf>
- 16) GALKOWSKI, Victoria, Brad PETRISOR, Brian DREW a David DICK, 2009. Bone stimulation for fracture healing: What's all the fuss? *Indian Journal of Orthopaedics* [online]. 43(2) [cit. 2020-05-05]. DOI: 10.4103/0019-5413.50844. ISSN 0019-5413. Dostupné z: <http://www.ijoonline.com/text.asp?2009/43/2/117/50844>
- 17) HOFER, Matthias. *Kurz sonografie*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0956-2.
- 18) HRAZDÍRA, Ivo, 1993. *Úvod do ultrazvukové diagnostiky*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-0455-X.
- 19) HRAZDÍRA, Ivo, 2011. *Biofyzikální základy ultrasonografie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2895-6.
- 20) JANDA, Jan a Jaroslav ŠPATENKA, 2006. Chronické poruchy funkce ledvin a jejich transplantace u dětí a dorostu: informační brožura pro rodiny pacientů a pro samotné starší dětské pacienty. České Budějovice: Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity. ISBN 80-7040-949-5.
- 21) JAROLÍM, Ladislav, 2008. *Benigní hyperplazie prostaty*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-091-1.
- 22) NEMOCNICE OSTRAVA VÍTKOVICE, c2020. Ultrazvuk, ultrasonografie, sonografie (UZ, USG, SONO). *Nemocnice AGEL Ostrava - Vítkovice* [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://nemocniceostravavitkovice.agel.cz/pracoviste/oddeleni/rdg/informace-pro-pacienty/ultrazvuk.html>
- 23) NEUWIRTH, Jiří, 1998. *Kompendium diagnostického zobrazování*. Praha: Triton. ISBN 80-85875-86-1.
- 24) MĚSTSKÁ NEMOCNICE OSTRAVA: Radiologie a zobrazovací metody. Městská nemocnice Ostrava [online]. Ostrava, 2019 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.mnof.cz/radiologie-a-zobrazovaci-metody>
- 25) MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY, 2005. Věstník: Částka 8. MZČR 181 s. Dostupné také z: http://ftp.aspi.cz/aspi/vestniky/ZD2005_8.pdf
- 26) MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY, 2011. Věstník. Částka 9. MZČR, 452 s. Dostupné také z: http://staryweb.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c9/2011_5340_2162_11.html
- 27) PEDIATRIE PRO PRAXI: Vývojová dysplazie kyšelného kloubu [online], 2016. 2016. Ortopedická klinika IPVZ a 1. LF UK Nemocnice Na Bulovce, Praha: Solen [cit. 2020-08-11]. Dostupné z: <https://www.pediatriepropraxi.cz/pdfs/ped/2016/03/03.pdf>
- 28) PEDIATRICKÁ RADIOLOGIE: Ultrazvuk. Dětský rentgen [online]. Praha, 2013 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <http://www.detskyrentgen.cz/ultrazvuk-sono.html>
- 29) PODĚBRADSKÝ, Jiří a Ivan VAŘEKA, 1998. *Fyzikální terapie*. Praha: Grada. ISBN 8071696617.
- 30) ROSINA, Jozef a Leoš NAVRÁTIL, ed. *Lékařská biofyzika*. Praha: Manus, 2000. ISBN 80-902318-5-3.

- 31) ROZMAN, Jiří, 2006. *Elektronické přístroje v lékařství*. Praha: Academia. Česká matice technická (Academia). ISBN 80-200-1308-3.
- 32) SEDLÁŘ, Martin, Erik STAFFA a Vojtěch MORNSTEIN, 2014. *Zobrazovací metody využívající neionizující záření*. Brno: Munipress. ISBN 978-80-210-7156-8.
- 33) SMITH, Nadine Barrie. Perspectives on transdermal ultrasound mediated drug delivery. *International Journal of Nanomedicine* [online]. Dovepress, **2**(4), 585-94 [cit. 2020-05-05]. PMID: 18203426; PMCID: PMC2676802. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2676802/>
- 34) STEJSKAL, František, 2020. *Časový průběh péče o pacienta na pracovišti skiografie a ultrazvuku*. Brno. Dostupné také z: <https://is.muni.cz/th/wx2w8/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Vladimír Vitovič.
- 35) ŠKODA, Ondřej, Robert MIKULÍK a David ŠKOLOUDÍK, 2006. Transkraniální dopplerovská sonografie – národní standard vyšetření v rámci funkční specializace v neurosonologii. *Cerebrovaskulární sekce České neurologické společnosti ČLS JEP* [online]. Praha [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: http://www.cmp.cz/jnp/cz/doporucene_postupy_pro_lecbu_cmp/cv_sekce_cns-transkraniální_dopplerovska_sonografie.html
- 36) ŠKOLOUDÍK, David, c2003. *Neurosonologie*. Praha: Galén. ISBN 80-7262-245-5.
- 37) ŠKVOR, Zdeněk, 2001. *Akustika a elektroakustika*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0461-0.
- 38) TOMŠŮ, Karolína, 2018. *Časový průběh péče o pacienta na pracovišti skiografie a ultrazvuku*. Brno. Dostupné také z: <https://theses.cz/id/w7ledc/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Vladimír Vitovič.
- 39) TRŇÁKOVÁ, Markéta. 2013. *Ultrazvuk v optické, optometristické a oftalmologické praxi*. Brno. Dostupné také z: <https://is.muni.cz/th/algjr/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Radek Anderle.
- 40) VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.
- 41) WACHSBERG, Ronald H., 2007. B-Flow Imaging of the Hepatic Vasculature: Correlation with Color Doppler Sonography. *American Journal of Roentgenology* [online]. **188**(6), W522-W533 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.2214/AJR.06.1161. ISSN 0361-803X. Dostupné z: <http://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.06.1161>
- 42) WANG, Hsin-Kai, Yi-Hong CHOU, Hong-Jen CHIOU, See-Ying CHIOU a Cheng-Yen CHANG, 2005. B-flow Ultrasonography of Peripheral Vascular Diseases. *Journal of Medical Ultrasound* [online]. **13**(4), 186-195 [cit. 2020-08-06]. DOI: 10.1016/S0929-6441(09)60108-9. ISSN 09296441. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0929644109601089>

8 Seznam obrázků

Obrázek 1: Frekvenční pásma Zdroj: http://jtarchitekt.cz/fyzika_ultrazvuku.html	9
Obrázek 2: Odraz a lom ultrazvukových vln na rozhraní dvou prostředí Zdroj: vlastní zpracování.....	15
Obrázek 3: Dopplerův jev Zdroj: https://radiologykey.com/the-role-of-doppler-ultrasound-in-obstetrics/	16
Obrázek 4: Dopplerův jev – frekvenční posun Zdroj: https://thoracickey.com/echocardiography/	17
Obrázek 5: Piezoelektrický jev Zdroj: http://www.jtarchitekt.cz/lekarske_vyuziti.html	18
Obrázek 6: Ovládací panel s obrazovkou Zdroj: http://medtechnic.cz/	26
Obrázek 7: Lineární, sektorová a konvexní sonda Zdroj: http://jtarchitekt.cz/lekarske_vyuziti.html	28
Obrázek 8: Průřez srdcem Zdroj: http://slideplayer.cz/slide/3400440/	41
Obrázek 9: Vyhodnocení otázky č. 1 Zdroj: vlastní zpracování.....	50
Obrázek 10: Vyhodnocení otázky č. 2 Zdroj: vlastní zpracování.....	50
Obrázek 11: Vyhodnocení otázky č. 3 Zdroj: vlastní zpracování.....	51
Obrázek 12: Vyhodnocení otázky č. 4 Zdroj: vlastní zpracování.....	51
Obrázek 13: Vyhodnocení otázky č. 5 Zdroj: vlastní zpracování.....	52
Obrázek 14: Vyhodnocení otázky č. 6 Zdroj: vlastní zpracování	53
Obrázek 15: Vyhodnocení otázky č. 7 Zdroj: vlastní zpracování.....	54
Obrázek 16: Vyhodnocení otázky č. 8 Zdroj: vlastní zpracování.....	55
Obrázek 17: Vyhodnocení otázky č. 9 Zdroj: vlastní zpracování.....	56
Obrázek 18: Vyhodnocení otázky č. 10 Zdroj: vlastní zpracování.....	56
Obrázek 19: Vyhodnocení otázky č. 11 Zdroj: vlastní zpracování.....	57
Obrázek 20: Vyhodnocení otázky č. 12 Zdroj: vlastní zpracování.....	58

9 Seznam příloh

Příloha A: Dotazník k bakalářské práci

Příloha B: Informační leták pro pacienty

Příloha A: Dotazník k bakalářské práci

Dotazník ve formátu pro BP

Zaškrtněte vždy jednu správnou odpověď, pokud není uvedeno jinak.

1) Kolik Vám je let?

- 18-25 let
- 26-35 let
- 36-45 let
- 46-55 let
- 56 let a více

2) Pohlaví:

- Žena
- Muž

3) Pracujete ve zdravotnictví?

- Ano
- Ne

4) Myslíte si, že je vyšetření ultrazvukovou sondou rizikové?

- Ano
- Ne

5) Věděli jste, že při průchodu živou tkání ultrazvuk způsobuje v důsledku absorpce energie zahřívání tkáně?

- Ano
- Ne

6) Podstoupili jste někdy ultrazvukové vyšetření nebo se na něj chystáte?

(Pokud ne, pokračujte dále otázkou č. 6)

- Ano
- Ne

7) Byli jste dostatečně informováni před vyšetřením o tom, jak bude probíhat a jak se na něj máte připravit?

- Ano
- Spíše ano
- Spíše ne
- Ne

8) Uvítali byste větší míru poučení, co se týče přípravy na vyšetření a jeho průběhu?

- Ano
- Ne

9) Vyhledávali jste někdy informace o ultrazvuku nebo vyšetření pomocí ultrazvuku?

- Ano
- Ne

10) Odkud jste získali informace o vyšetření ultrazvukem?

(Možno zaškrtnout více možností)

- Lékař nebo zdravotnický personál
- Informační leták (např. v čekárně)
- Internet, média

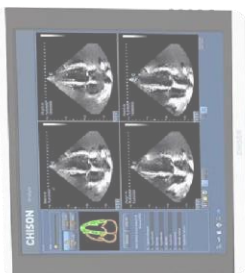
11) Setkali jste se někdy s informačním letákem (popř. brožurkou), který by vysvětlil, jak ultrazvuk funguje?

- Ano
- Ne

12) Ocenili byste více informačních letáků o sonografickém vyšetření?

- Ano
- Ne

Průvodce sonografickým vyšetřením – informační leták pro pacienta



FAKTA O ULTRAZVUKU

- Slouží pro zobrazování měkkých tkání
- Nehodí se pro zobrazení plic, kostí a částečně žaludku.
- Vyhodnocení výsledků vyžaduje velké zkušenosti vyšetřujícího lékaře

Dosud nebyly prokázány žádné zdravotní rizika, proto je možné vyšetřovat těhotné ženy a děti, a to i opakovaně.

Vyšetření nelze provést nebo je velmi obtížné proveditelné, pokud:

- Pacient nespolupracuje
- Obezita
- Plynatost
- Pacient nespolupracuje
- Kalcifikace v cévách

Obecné VÝHODY ultrazvuku:

- Bezbolestný
- Rychlost vyhodnocení výsledků
- Absence radiční zátěže
- Minimální možnost komplikací a nepříznivých účinků
- Levný, hrazený obvykle pojišťovnou
- Vysoká přesnost diagnózy

Obecné NEVÝHODY ultrazvuku:

- Možná délka vyšetření
- Možnost lidského selhání při vyhodnocování výsledků

Obvyklý PRŮBĚH VYŠETŘENÍ:

- Indikace nutnosti vyšetření lékařem - žádanka
- Objednání k vyšetření na příslušné oddělení
- Příprava na vyšetření, pokud určil lékař

PŘÍPRAVA PACIENTA NA ULTRAZVUK

- Není nutná žádná zvláštní příprava
 - o Pokud lékař neurčí jinak

POSTUP VYŠETŘENÍ (délka obvykle 5-10 minut):

1. Pacient si odloží, dle pokynů lékaře
2. Na vyšetřované místo se aplikuje gel
3. Vyšetření provádí obvykle lékař
 - pohybuje sondou po vyšetřované oblasti
 - někdy je potřeba zadržet dech či změnit polohu
4. Pacient si utře zbytky gelu, obléká se a odchází
5. Výsledek vyšetření elektronicky zaslán indikujícímu lékaři

VŽDY DBEJTE POKYŇŮ LÉKAŘE A ZDRAVOTNICKÉHO PERSONÁLU!