



Detekce akustických projevů peristaltiky a možnosti pro případnou diagnostiku

Diplomová práce

Studijní program: N3963 – Biomedicínské inženýrství
Studijní obor: 3901T009 – Biomedicínské inženýrství
Autor práce: **Bc. Veronika Fůlová**
Vedoucí práce: prof. MUDr. RNDr. Jiří Beneš, CSc.





Detection of acoustic manifestations of peristalsis and options for diagnostics

Master thesis

Study programme: N3963 – Biomedical engineering

Study branch: 3901T009 – Biomedical Engineering

Author: **Bc. Veronika Fůlová**

Supervisor: prof. MUDr. RNDr. Jiří Beneš, CSc.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Veronika Fůlová**
Osobní číslo: **D16000085**
Studijní program: **N3963 Biomedicínské inženýrství**
Studijní obor: **Biomedicínské inženýrství**
Název tématu: **Detekce akustických projevů peristaltiky a možnosti
pro případnou diagnostiku**
Zadávající katedra: **Fakulta zdravotnických studií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíle práce:

- 1) Návrh, realizace a popis zařízení ke snímání zvuku z peristaltiky s cílem indikovat mrtvé břicho, tj. zástavu střevní peristaltiky u pacientů po břišní operaci.
- 2) Zaměřit se na vyhodnocení, zpracování a porovnání záznamů.
- 3) Výstupem práce budou dokumentující průběhy z měření.
- 4) Výstupem práce bude doporučení pro používání snímače zvuku v klinické praxi.

Teoretická východiska (včetně výstupu z kvalifikační práce):

Střevní neprůchodnost tzv. ileus je stav, kdy se obsah střeva nemůže posouvat a to z různých důvodů. Ileus se řadí mezi náhle příhody břišní, která může jedince ohrozit na životě. Peristaltika střev je klinicky rutinně sledována fonendoskopem a není na chirurgických odděleních v klinické praxi měřena, hodnocení je v časových intervalech, kdy je nemocný vyšetřován, a proto nemusí být detekce změny funkce včasná. V případě kontinuálního záznamu peristaltiky je možné včas odhalit poruchy a zachránit život pacienta.

Výzkumné předpoklady:

Pacienti, kteří byli dosud diagnostikováni s možnou střevní neprůchodností, byli šetřeni na základě příznaků, známek či radiologických nálezů. Pokud byla jejich peristaltika zaznamenávána, tak v určitých intervalech, kdy byly analyzovány střevní zvuky na základě frekvence a časového intervalu mezi jednotlivými zvuky fonendoskopem. Samotné toto šetření prokázali u pacientů akutní či subakutní neprůchodnost střev. Prozkoumání obnovení peristaltiky střev u pacientů po břišní operaci je také klinicky dosti důležité. Cílem je tedy detegovat nálezy "mrtvé ticho" pomocí kontinuálního záznamu skrze snímač může vést k novým zjištěním a optimalizaci diagnostiky v této oblasti.

Metoda:

Kvantitativní, empirická realizace snímače, jeho popis, měření zvuku z peristaltiky, realizace experimentu a jeho vyhodnocení.

Technika práce, vyhodnocení dat:

Provedení rešerše současného stavu zmíněné problematiky. Návrh a tvorba metodiky realizace měření na zdravých respondentech a nemocných pacientech s použitím snímače zvuku. Získaná data z měření budou zpracována a vyhodnocena pomocí Matlabu a Audacity.

Místo a čas realizace výzkumu:

Léto, podzim 2017, jaro 2018 Všeobecná fakultní nemocnice v Praze.

Vzorek:

V rámci diplomové práce budou šetřeni zdraví respondenti a nemocní pacienti.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 70

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury: viz příloha

Vedoucí diplomové práce:

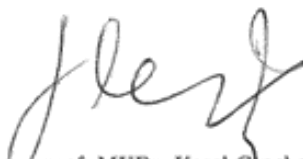
prof. MUDr. RNDr. Jiří Beneš, CSc.

Fakulta zdravotnických studií

Datum zadání diplomové práce: 28. dubna 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2018




prof. MUDr. Karel Cyachovec, CSc., MBA
děkan

V Liberci dne 30. listopadu 2017

Příloha zadání diplomové práce

Seznam odborné literatury:

- [1] Ahmet Sefa Oztas, et al. Bioacoustic Sensor System for Automatic Detection of Bowel Sounds. Medical Technologies National Conference. [online] 2015.
- [2] Khandaker A. Al Mamun, Nicole McFarlane. Integrated real time bowel sound detektor for artificial pancreas systems. Sensing and Bio-Sensing Research. [online] volume 7, 2016.
- [3] Daniel Zaborski, Mirosław Halczak, Wilhelm Grzesiak, Andrej Modrzejewski. Recording and Analysis of Bowel Sounds. Euroasian Journal of Hepato-Gastroenterology. [online] 2015, 5(2).
- [4] Shuang Leng, Ru San Tan, Kevin Tshun Chuan Chai, Chao Wang, Dhanjoo Ghista, Liang Zhong. The electronic stethoscope. BiomedEng. [online] 2015, 14.
- [5] Siok Siong Ching and Yih Kai Tan. Spectral analysis of bowel sounds in intestinal obstruction using an electronic stethoscope. World J Gastroenterol. [online] 2012, 18(33).
- [6] Jonathan M. Hil let al. Stethoscope for Monitoring Neonatal Abdominal Sounds. IAJC-I JME International Conference. [online] 2008.
- [7] Daniel Dalle, Ghislain Devroede, Richard Thibault, Jean Perrault. Computer analysis of bowel sounds. Computer in Biology and Medicine. [online] volume 4, 1975.
- [8] W. C. Watson, Knox: Phonoenterography. The recording and analysis of bowel sound. [online] volume 8, 1967.
- [9] SCHEIN, Moshe a Paul N. ROGERS, et al. Urgentní břišní chirurgie: Schein's commonsense emergency abdominal surgery. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-2357-0.
- [10] MICHALSKÝ, R. Chirurgie břišní stěny, trávicí trubice a nitrobřišních orgánů pro studující ošetrovatelství. Opava: Slezská univerzita, Filozoficko-přírodovědecká fakulta, Ústav ošetrovatelství, 2008. ISBN 978-80-7248-465-2.
- [11] HRAZDIRA, I. Lékařská biofyzika a přístrojová technika. Brno, Neptun, 2001, ISBN: 80-902896-1-4.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tom-to případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 26. 04. 2018

Podpis: Fušarová Katerina

Poděkování:

Tímto bych ráda poděkovala především panu prof. MUDr. RNDr. Jiřímu Benešovi, CSc. a Mgr. Janu Zemanovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval. Dále bych chtěla poděkovat panu doc. Ing. Zbyňkovi Koldovskému, Ph.D. za spolupráci, cenné připomínky a rady při zpracování praktické části diplomové práce a panu prof. RNDr. Petru Šebovi, DrSc. za odborné rady během celého výzkumu. Dále bych chtěla poděkovat všem probandům, kteří se zúčastnili této studie. Velké dík patří také mé rodině za psychickou podporu během celého studia.

Anotace

Autor:	Bc. Veronika Füllová
Instituce:	Technická univerzita v Liberci, Fakulta zdravotnických studií
Název práce:	Detekce akustických projevů peristaltiky a možnosti pro případnou diagnostiku
Vedoucí práce:	prof. MUDr. RNDr. Jiří Beneš, CSc.
Počet stran:	71
Počet příloh:	5
Rok obhajoby:	2018
Souhrn:	Tato diplomová práce seznamuje s funkcí a onemocněními spojenými s gastrointestinálním traktem. Zaměřuje se na realizaci snímače pro kontinuální měření peristaltiky a zabývá se jeho praktickým využitím pro klinické účely. Cílem práce je navrhnout, zrealizovat a popsat zařízení ke snímání peristaltiky a zaměřit se na vyhodnocení a zpracování naměřených záznamů. Výstupem práce jsou dokumentující záznamy z měření a doporučení pro používání snímače zvuku v klinické praxi. Toto snímací zařízení bylo vytvořeno za účelem využití v klinické praxi a to především na odděleních jednotek intenzivní péče. V práci jsou uvedeny grafy, které vykreslují záznamy peristaltických ozev jak u probandů, tak u pacientky.
Klíčová slova:	Gastroenterologie, stetoskop, peristaltika, spektrální analýza, akustika

Annotation

Author:	Bc. Veronika Füllová
Institution:	Technical university of Liberec, Faculty of Health Studies
Title:	Detection of acoustic manifestations of peristalsis and options for diagnostics
Supervisor:	prof. MUDr. RNDr. Jiří Beneš, CSc.
Pages:	71
Appendix:	5
Year:	2018
Summary:	This master thesis deals with the function and diseases associated of the gastrointestinal tract. It focuses on the implementation of the sensor for continuous peristaltic measurements and deals with its practical use for clinical purposes. The aim of the thesis is to design, implement and describe peristaltic sensing devices and to focus on the evaluation and processing of measured records. The output of the thesis are the documentary records of the measurements and recommendations for the use of a sound sensor in clinical practice. This sensing device was designed for use in clinical practice, especially in intensive care unit departments. In this master thesis are presented graphs of respondents and patient. These graphs designed plots of peristalsis of those respondents and patient.
Key words:	Gastroenterology, stethoscope, peristalsis, spectral analysis, acoustics

Obsah

Anotace	9
Annotation	10
Seznam použitých symbolů.....	13
Seznam použitých zkratk.....	14
1 ÚVOD.....	15
2 TEORETICKÁ ČÁST	16
2.1 Anatomie a fyziologie gastrointestinálního traktu.....	16
2.1.1 Dutina ústní.....	16
2.1.2 Hltan	16
2.1.3 Jícen.....	17
2.1.4 Žaludek	17
2.1.5 Tenké střevo.....	18
2.1.6 Tlusté střevo.....	19
2.2 Onemocnění gastrointestinálního traktu.....	20
2.2.1 Zánětlivá onemocnění.....	20
2.2.2 Ulcerózní kolitida.....	21
2.2.3 Crohnova choroba.....	21
2.2.4 Divertikulóza tračníku	22
2.2.5 Ileus	22
2.3 Zrychlená peristaltika a její zvukové projevy	23
2.3.1 Příčiny zvukových projevů peristaltiky	23
2.4 Současné vyšetřovací metody v gastroenterologii	25
2.5 Diagnostika.....	27
2.6 Historie záznamů zvuků z peristaltiky	28
3 VÝZKUMNÁ ČÁST.....	31
3.1 Cíle a výzkumné předpoklady	31
3.2 Metodika výzkumu.....	31
3.2.1 Osobní dotazník.....	33
3.2.2 Návrh, realizace a popis snímače	34
3.2.3 Zvuková karta	36
3.2.4 Software Audacity.....	37
3.2.5 Labelování	37
3.2.6 Strojové učení	40

3.3	Analýza výzkumných dat	42
3.3.1	Technický dotazník	59
4	DISKUZE	61
5	NÁVRH DOPORUČENÍ PRO PRAXI	62
6	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
	PŘÍLOHA A	66
	PŘÍLOHA B	68
	PŘÍLOHA C	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK	71

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
l	m	Délka
L	dB	Hladina intenzity zvuku
m	kg	Hmotnost
f	Hz	Frekvence
P	kPa	Tlak
t	s	Čas

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
AIFF	Audio Interchange File Format
apod.	A podobně
atd.	A tak dále
cca	Cirka
GIT	Gastrointestinální trakt
CT	Computed Tomography (Počítačová tomografie)
DECtape	Digital Equipment Corporation computers
FM	Fakulta mechatroniky
H ₂	vodík
I/O	Input/Output (Vstup/Výstup)
Matlab	Skriptovací programovací jazyk vyvinutý společností MathWorks
MIDI	Musical Instruments Digital Interface
MP3	Music Protocol 3
MRI	Magnetic Resonance Imaging (Magnetická rezonance)
Ogg	Ogging
PCG	Phonocardiogram
pH	Potential of Hydrogen (potenciál vodíku)
Rtg	Rentgen
S3	Třetí sakrální obratel
TUL	Technická univerzita v Llíberci
tzv.	Takzvaný
WAV	Waveform Audio File Forma

1 ÚVOD

Oblast gastroenterologie je velmi zajímavou oblastí medicíny ke zkoumání a zdokonalování jejích metod z hlediska technických postupů. Proto je zde otevřený velký prostor pro zdokonalování diagnostiky v této oblasti, která je spojena s technickými možnostmi, jež by byly každodenně využívány v klinické praxi a byly tak užitečným nástrojem pro diagnostiku a léčbu pacientů. Proto cílem této diplomové práce je vytvořit snímač, který bude kontinuálně zaznamenávat zvuky z peristaltiky a to v dostatečné kvalitě. Tento snímač je primárně určen pro oddělení jednotky intenzivní péče pro detekci mrtvého ticha pacientů po operaci břicha. S tím jsou spojeny také požadavky takového oddělení. Detektor by měl umět rozlišit zvuk z peristaltiky a rušivý zvuk z okolí, kterým může být zvuk tření prádla pacienta, hlasy, apod.

V teoretické části budou popsány jednotlivé části gastrointestinálního traktu, jeho onemocnění a současné vyšetřovací metody v gastroenterologii. Následovat bude rešerše současného stavu měření zvuků z peristaltiky. Zvuky z peristaltiky mohou být spojeny se špatnými stravovacími návyky, projevy pocitu hladu, dráždivého tračníku, plynatosti, apod. Mohou mít ale také charakter závažného onemocnění trávicího traktu, které je spojené s naprostým vymizením peristaltiky. V současné době je v klinické praxi pro kontrolu peristaltických projevů lékařem používán fonendoskop.

V praktické části bude popsáno měřicí zařízení včetně jednotlivých komponent. Budou zde analyzovány veškerá měření na zdravých respondentech a nemocných pacientech s využitím metod strojového učení, která v oblasti gastroenterologie doposud nebyla použita. Následně budou interpretovány výsledky s použitím umělé inteligence, jejich zhodnocením a návrhem doporučení použití tohoto měřicího zařízení v klinické praxi.

Lze se domnívat, že kontinuální měření peristaltiky pacientů na jednotkách intenzivní péče zásadně přispěje k optimalizaci diagnostiky v této oblasti medicíny a celkově by měl tento snímač přispět ke zlepšení postupů v léčebné praxi a ke snížení mortality pacientů.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část diplomové práce popisuje a vysvětluje základní pojmy týkající se dané problematiky a analyzuje odborné články spojené s daným tématem již od prvních výzkumů.

2.1 Anatomie a fyziologie gastrointestinálního traktu

Gastrointestinálním traktem (GIT, trávicí trakt, trávicí soustava), viz Obrázek 24, se nazývá soustava orgánů sloužící k příjmu potravy, k jejímu rozmělnění, rozložení, zpracování a vstřebávání živin a transportu aminokyselin, monosacharidů a mastných kyselin, na které je potrava postupně rozložena. Významnou úlohu hraje i v dostatečné ochraně organismu před škodlivými látkami či bakteriemi v potravě. GIT se skládá z dutiny ústní, hltanu, jícnu, žaludku, tenkého a tlustého střeva. K trávicímu traktu patří také slinné žlázy a slinivka břišní. Resorbované molekuly převážně procházejí játry, která metabolicky zpracují tyto molekuly. [1] [2]

2.1.1 Dutina ústní

Dutina ústní je vpředu ohraničena rty a zevně tvářemi. Proti nosním průduchům je ohraničena patrem a její spodina je vyztužena svaly. Dutina ústní plní funkci příjmu potravy a prvotního zpracování potravy pomocí žvýkacích svalů a zubů. Žvýkáním je potrava mechanicky drcena, smíchávána se slinami, které jsou tvořeny permanentně. Sliny obsahují první trávicí enzymy. Vytváří se tak rozmělněné sousto, jež je posunuto skrz hltan do jícnu. Tento proces se nazývá polykání. [1] [3]

2.1.2 Hltan

Hltan je 12-15 cm dlouhá trubice, která se člení na tři části (nosohltan, ústní část, hrtanová část). Stěnu hltanu tvoří příčně pruhované svaly fungující jako svěrače a zdvihače. Hltanová fáze trvá méně jak 1 sekundu a je řízena neurony, které jsou

umístěné v prodloužené míše a ve Varolově mostu. Tyto neurony jsou nazývány jako polykací centrum. [1] [2]

2.1.3 Jícen

Jícen je svalová trubice, která nese potravu a tekutiny z úst do žaludku. Dolní jícnový svěrač, jenž se nachází na pomezí jícnu a žaludku, řídí průchod jídla a tekutiny mezi jícnem a žaludkem. Pokud se sousto blíží k uzavřenému svěrači, sval se uvolní a umožní průchod sousta do žaludku. Při nedostatečné funkci dolního jícnového svěrače dochází k refluxu žaludečního obsahu zpět do jícnu, což se projevuje pyrózou nebo-li pálením žáhy. Rozmělněná potrava je pomocí peristaltické vlny dopravena do žaludku asi za 10 sekund. Tento čas může být sledován i lékařem pomocí fonendoskopu, kde po polknutí je po cca 8-10 sekundách slyšitelný zvuk tekutiny procházející do lumen žaludku. [1] [2]

2.1.4 Žaludek

Žaludek je plochý vakovitý orgán tvořený hladkou svalovinou, ve kterém dochází k mechanickému rozmělnění potravy. Svaly horní části žaludku regulují přijímání polknuté potravy z jícnu. Sval v dolní části žaludku mísí potravu a tekutinu s žaludeční šťávou. Jednotlivá sousta se v žaludku hromadí a žaludeční stěna jim ustupuje a dochází tak k adaptivní relaxaci (peristola), při které se tlak v žaludku výrazně nemění. Poté začíná žaludeční peristaltika, pokud je pylorus zavřený, tak se potrava vrací a dále promíchává, pokud je pylorus otevřený, dochází ke kontrakcím a trávenina je posouvána peristaltickým pohybem do tenkého střeva. V tenkém střevě probíhá hlavní část trávení a vstřebávání potravy. [1] [3]

Žaludek kromě mechanického zpracování produkuje kyselinu chlorovodíkovou, která vytváří kyselé prostředí s nízkým pH 1-2 a způsobuje denaturaci bílkovin a také redukci bakterií, které se do žaludku dostaly spolu s potravou. Kromě kyselin žaludek secernuje některé další faktory jako je vnitřní faktor pro vstřebávání vitamínu B12. Podstatná je i regulace hormonální, kdy produkuje řadu mediátorů, které ovlivňují činnost například žlučových cest, žlučníku, apod. [2] [3]

2.1.5 Tenké střevo

Tenké střevo, viz Obrázek 25, je trubice dělicí se na duodenum (dvanácterník), jejunum (lačník) a ileum (kyčelník), které ústí do tlustého střeva. Duodenum má podkovovitý tvar a jeho název je odvozen od jeho délky, která se rovná dvanácti palcům. Duodenum je nejkratší a nejširší částí tenkého střeva a je spojeno s jejunem. V místě tohoto spojení se vytváří flexura duodenojejunalis. Duodenum se dělí na čtyři části a to na horní – pars superior, sestupnou – pars descendens, horizontální – pars horisontalis, vzestupnou část – pars ascendens. Jejunum a ileum začínají ve flexura duodenjejunalis a končí v ostium ileale. Obě tyto části jsou pokryty peritoneem, které fixuje jejich okruží k zadní břišní stěně. Stěna jejuna je tlustá zhruba 4 cm a má vysoce vaskularizovanou strukturu. Naproti tomu ileum má mnohem menší tloušťku stěny (asi 5 mm) a je také mnohem méně vaskularizovaná. Jejunum i ileum jsou spojeny s mesenteriem, který má vějířovitý tvar, což umožňuje široké rozpětí pohybu tenkého střeva. [1] [2] [4]

Délka tenkého střeva se u zdravého dospělého jedince pohybuje v rozmezí mezi 3-5 metry. Jeho hlavními funkcemi je trávení všech živin a následná resorpce natrávených látek, minerálů, vitamínů a vody. V neposlední řadě je funkcí tenkého střeva také endokrinní sekrece, která je významná v oblasti regulace funkcí celého trávicího traktu. Velmi důležitou roli v resorpci látek z potravy a v sekreci střevní šťávy hrají enterocyty, což jsou nejpočetnější buňky sliznice tenkého střeva. Tyto buňky jsou neustále obnovovány, protože mají velmi krátkou životnost pohybující se mezi 2-5 dny. Právě krátká životnost enterocytů může mít za následek **nedostatečnou obnovu střevního epitelu**, což se pak projevuje různými příznaky v oblasti GIT, jako jsou průjemy, bolesti břicha či slizniční defekty. [1] [2] [3]

Jednou z důležitých funkcí tenkého střeva je správná motorická aktivita. Ta je důležitá pro promíchání tráveniny s trávicími šťávami a pro posun tráveniny aborálním směrem. Rozlišují se dva typy pohybů – mísící a propulzivní. Mísící pohyby jsou pohyby, které slouží k promíchání tráveniny s pankreatickou šťávou, žlučí a se sekretem slizničních buněk tenkého střeva. Naproti tomu propulzivní pohyb vzniká v celém průběhu tenkého střeva a je zajišťován peristaltickým pohybem tenkého střeva. Tento pohyb se může objevit v celé trávicí trubici mimo dutiny ústní, probíhá reflexně a je ve většině případů iniciován drážděním mechanoreceptorů nebo chemoreceptorů střevní stěny potravou. Jakmile je však dráždění neadekvátní (příliš tučná strava, bakteriální toxiny, apod.)

objeví se na tenkém střevě mohutné peristaltické vlny, které proběhnou celým střevem během pár minut a výrazně se urychlí pohyb tráveniny aborálním směrem. Organismus se tak zbaví nežádoucího střevního obsahu. Trávenina je přes ileocekální svěrač posouvána do tlustého střeva pomocí vyššího tlaku vytvořeného tamní hladkou svalovinou.[1] [2]

V tenkém střevě jsou oblasti, kde se více vstřebávají monosacharidy, což je na počátku jejunu a například žlučové kyseliny potřebné pro trávení tuků se resorbují až v terminálním ileu. Pokud nastane nežádoucí předčasný pohyb střevního obsahu a v daném úseku se nestihne plná resorpce žlučové kyseliny, vyvolá to klinické obtíže. [2]

Z pohledu tématu této diplomové práce dochází při poruchách motility k akustickým projevům, které lze snadno detekovat. I při běžné fyziologické motilitě jsou přesuny trávicí tekutiny doprovázeny slabě slyšitelnými akustickými projevy. Pokud ale nastane vymizení pohybu střevní stěny, dochází pak klinicky k vážnému stavu pro pacienta a je obvykle nutný chirurgický výkon. Stav označovaný lékaři jako ileus je spojen s vymizením akustických projevů a lékaři tento stav označují, i vzhledem k jeho vážnosti, jako „mrtvé ticho“. Peristaltika je obvykle zastavena po většině břišních operací. Jde o stav přechodný, který závisí na závažnosti a rozsahu provedeného zákroku, se během 4-6 dní obnoví. I zde je chirurgem pomocí fonendoskopu monitorována peristaltika, která se projeví slabými akustickými projevy. [1] [2]

2.1.6 Tlusté střevo

Tlusté střevo, viz Obrázek 26, jehož délka je přibližně 1,5 metru, je posledním úsekem trávicí trubice a dělí se na slepé střevo s červovitým výběžkem, tračník a konečník. Podobně jako u tenkého střeva je jeho průměr na počátku tlustší a postupně se ztenčuje. V porovnání s tenkým střevem má tlusté střevo širší lumen, je více fixované a má mnohonásobně silnější podélnou svalovinu. Hlavní funkce tlustého střeva je vstřebávání vody, elektrolytů a některých vitamínů. Dále pak formování, skladování a následné vypuzení stolice. V tlustém střevě již nedochází ke vstřebávání živin z potravy. Tlusté střevo obsahuje velké množství hlenu, který umožňuje hladký pohyb tráveniny. Rychlost posunu tráveniny závisí na obsahu v tlustém střevě. Potrava obsahující více

vlákniny je hůře stravitelná a tím podporuje motilitu tlustého střeva, která je v porovnání s motilitou tenkého střeva méně intenzivní. Průchod střevního obsahu tlustým střevem trvá dva až tři dny a pomocí peristaltických pohybů je posouván do rekta, po jehož naplnění je spuštěn defekační reflex. Předtím než je potrava vyloučena, může dojít ke zpomalení nebo k blokaci peristaltiky a k přerušení svalových pohybů ve střevech. [1] [2] [3]

Konečník (rektum) o délce cca 15 cm začíná v oblasti obratle S3 a pokračuje dolu směrem ke kostrči. Jeho součástí je ampulla recti, která slouží k hromadění stolice. Za ampullou recto následuje anální kanál, který končí análním otvorem (anem). Před anem jsou dva svěrače – vnitřní a vnější. Vnitřní svěrač je z hladké svaloviny a vnější z příčně pruhované svaloviny. Nucení ke stolici vzniká při tlaku 2,5 – 5,5 kPa a je vyvolán reflexně přes nervus pudendus. Za den se vyloučí cca 200 g stolice. [2] [4]

2.2 Onemocnění gastrointestinálního traktu

Vzhledem k tomu, že gastrointestinální trakt je velmi rozsáhlý, je s ním spojeno široké množství onemocnění. Základní dělení je na funkční a organická onemocnění.

Organické poruchy vznikají z anatomických příčin, jako je například střevní zúžení při nádorech nebo zaškrcení střeva. Funkční nemoci jsou velmi rozšířené a časté a vyžadují nové diagnostické postupy. Jedná se o chorobné stavy s trávicími obtížemi bez prokazatelné organické příčiny. Z diagnostického hlediska se jedná o průkaz dysmotility. Funkční poruchy se zjišťují pomocí klinického vyšetření, manometrie, rentgenových vyšetření apod. Funkční nemoci GIT mohou zasáhnout různé oddíly trávicí soustavy a mohou mít široké spektrum příznaků, právě proto byl vytvořen mezinárodní standard pro diagnostiku a léčbu. Vzhledem k tématu diplomové práce budou níže popsány střevní nemoci a poruchy. [4] [5]

2.2.1 Zánětlivá onemocnění

Zánětlivá onemocnění střev mohou být specifická (ischemická kolitida, infekční kolitida, celiakie) nebo nespecifická (z neznámé příčiny). Faktorů vzniku zánětů je

několik, mohou být dědičné, způsobené sníženou funkcí imunitního systému, věkem, psychikou, kouřením, ale především také špatným stravováním. Střevní sliznice je kontaktním místem zevního a vnitřního prostředí a je tak vystavena antigenním a mitogenním podnětům. Léčba zánětů střev bývá nejčastěji vhodná dieta, protizánětlivé léky a pravidelné doplňování tekutin. [4]

2.2.2 Ulcerózní kolitida

Ulcerózní kolitida, viz Obrázek 27, je spolu s Crohnovou chorobou nejčastějším zánětlivým onemocněním střev. Postihuje pouze tlusté střevo a konečník a způsobuje záněty a vředy na povrchu sliznice. Příčina není zcela známá. Zánět může být způsoben virem, bakteriemi, které se dostaly do střeva a způsobily abnormální reakci imunitního systému, který se při poruše obrátil proti vlastnímu tělu. Dalšími příčinami může být dědičný faktor, kouření, špatné stravování a stres. Mezi nejčastější příznaky patří bolesti břicha, křeče, průjem a krvácení z konečníku, s tím, že se příznaky často střídají s bezpříznakovým obdobím. K určení diagnózy se provádí kolonoskopie a laboratorní testy. [6] [7]

2.2.3 Crohnova choroba

Toto autoimunitní onemocnění, viz Obrázek 27, může na rozdíl od ulcerózní kolitidy postihnout jakoukoli část trávicího systému, nejčastěji však postihuje koncovou část tenkého střeva. Příčina Crohnovy choroby není známá, nejspíše se ale jedná o abnormální odpověď imunitního systému, který je napaden virem, bakterií nebo potravou přítomnou ve střevě a způsobuje zánět vedoucí k poškození střev. K této nemoci existuje dědičná predispozice a postihuje mladé lidi ve věku 20 až 40 let. Nejčastějšími příznaky je chronický průjem často krvácivý, ztráta váhy, horečka, bolesti břicha, pocit plnosti a krvácení z konečníku. Pro správnou diagnostiku se provádí endoskopické vyšetření, kolonoskopie, laboratorní vyšetření a CT nebo MRI vyšetření pro potvrzení místa zánětu. [7]

2.2.4 Divertikulóza tračníku

Divertikulóza je stav, kdy je stěna tlustého střeva postižena vznikem slizničních výčlepek (divertiklů). Nejčastěji jsou jí postiženi osoby věku nad šedesát let. Příčina spočívá ve špatném stravování, kdy je v potravě málo vlákniny. Vláknina je sice pro náš organismus nestravitelná, ale zvětšuje objem stolice a způsobuje její kašovitost a je prevencí vůči zácpě. V případě, že je naše stolice málo objemná a tužší, musí se střevní stěna více stahovat a vznikají tak větší tlaky k průchodu stolice. Tyto tlaky způsobují vznik vakovitých vyklenutí – divertiklů. Pokud je ve střevní stěně obsaženo hodně divertiklů, nazývá se toto onemocnění jako divertikulóza. Projevy tohoto onemocnění jsou nejčastěji zácpa a plynatost, proto se nejčastěji na toto onemocnění přijde u osob náhodně při kolonoskopii. Kromě kolonoskopie lze pro diagnostiku divertiklů použít irigografie. [1] [2] [8]

2.2.5 Ileus

Ileus jinak také střevní neprůchodnost či střevní obstrukce je akutní život ohrožující stav, kdy dochází k částečnému nebo úplnému bloku tenkého nebo tlustého střeva. Při zástavě peristaltiky dochází k hromadění plynného i tekutého obsahu s příznaky meteorizmu a vzedmutí břicha, které může vytlačit bránici a dochází tak k poruchám dýchání či k tachykardii. [1] [8]

Střevní obstrukce se dělí dle místa lokalizace, na obstrukci tenkého nebo tlustého střeva. Obstrukce v tenkém střevě se rozděluje ještě ileus vysoký – lokalizovaný v horních partiích a nízký ileus – obstrukce nízkou lokalizovaná. Na základě mechanismu vzniku porušené střevní pasáže se dělí ileus na mechanický (dynamický) a paralytický (adynamický). Dále můžeme dělit střevní neprůchodnost na parciální (neúplnou) a kompletní. Jejich společným znakem je bolest břicha, zvracení, zástava plynů a stolice. Podle průběhu v čase je střevní neprůchodnost rozdělena na akutní, subakutní, chronickou a chronicky recidivující. [2] [8]

Strangulační ileus je stav, který je provázen bouřlivým průběhem s intenzivní bolestí a s celkovými známkami šoku zapříčiněný uskřínutím střevní kličky pruhem srůstu. V takových případech je nutný urgentní operační zákrok. [1] [2]

Příčinou mechanického ileu je mechanická překážka ve většině případů způsobená srůsty střevních kliček mezi sebou, s nástěnnou pobřišnicí nebo s jiným břišním orgánem. Tento druh ileu postihuje tenké střevo, na rozdíl od pooperačního, který postihuje celé střevo - od žaludku po rektum. [1]

U paralytického ileu dochází k oblenění až paralýze peristaltiky v celém rozsahu střeva a nastává při něm porucha rovnováhy mezi sympatikem a parasympatikem ve smyslu potlačení parasympatiku. Příčiny paralytického ileu jsou reflexní inhibice, zánětlivé procesy, cévní změny v dutině břišní, infekce, retroperitoneální procesy, léky nebo metabolické abnormality. [1] [8]

Mezi klinické příznaky patří vzduchové břicho nad úrovní hrudníku, vysoký bubínkový poklep v celém rozsahu břicha a poslechově je přítomen již zmíněný fenomén „mrtvé ticho“, který značí závažnou komplikaci úplného zastavení střevní peristaltiky, kdy nejsou přítomny střevní fenomény. Jediným způsobem, jak včas zachytit tuto komplikaci, je kontrolovat pohyby střev pomocí stetoskopu v břišní oblasti v pravidelných intervalech po operaci sestrou či lékařem. Cílem je detekovat akustické projevy peristaltiky kontinuálně. [2] [8]

2.3 Zrychlená peristaltika a její zvukové projevy

Silnější pohyby střev způsobují zvuky, které jsou nazývány laiky jako kručení v břiše. Toto kručení může být u zcela zdravého jedince jen při drobné dietě chabé. Pokud však příznaky přetrvávají déle a mající další klinické příznaky, pak jde o závažnější stav. Silnějšími pohyby střev (odborně označovaní jako zvýšená střevní peristaltika), jsou pak dobře slyšitelné po přiložení fonendoskopu na břišní stěnu. Pokud jsou zvuky slyšitelné uchem, pak takového kručení odborně označujeme jako borborygmy. [9]

2.3.1 Příčiny zvukových projevů peristaltiky

Vzhledem k tomu, že ve většině případů nepředstavují tyto zvuky nic vážného, tak stav není nutno léčit. Pokud ale tyto stavy trvají déle, častěji a jsou doprovázeny dalšími příznaky jako je bolest v břiše, nebo pocity špatného trávení, které je označované jako

dyspepsie, pak tyto zvukové fenomény (borborygmy) mohou být spojeny s některými onemocněními trávicí soustavy. Je obecně známo, že hladovění či náhlý příjem potravy může být spojen se zvukovými projevy a obvykle ustupuje po jídle. Pokud se s časovým odstupem po jídle kručení vrátí, je již potrava posunuta trávicím traktem dále, pak už není zvukový projev spojen s pocitem hladu. [9]

Největší skupinu onemocnění tvoří v GIT funkční poruchy trávicího traktu. Jde o příznaky značně různorodé, které nejsou vyvolány přítomností jasné choroby, ale jde právě o poruchu často nervové regulace. Střeva se hýbou silněji než obvykle a to vyvolá častější kručení. Zvukové projevy doprovází jedno z nejčastějších funkčních onemocnění, které se označuje jako dráždivý tračník. Dráždivý tračník je diagnostikován až po vyloučení mnoha dalších organických onemocnění. Záznam zvukového projevu tohoto onemocnění by jistě pomohl k diagnostice. Samozřejmě, že funkční poruchy trávicího traktu vyvolávající zvukové projevy jsou spojené se špatnými stravovacími návyky, nepravidelným stravováním, abusem kofeinu a stresem. [8] [9]

Plynatost je dalším doprovodným příznakem. Nadměrné naplnění střev plynem (meteorismus) vede k přelévání obsahu, což vyvolá hlasité zvukové projevy a kručení. Je známo, že některé potraviny jsou více spojené s plynatostí např. zelí, fazole či jiné potraviny, které způsobují nadměrnou tvorbu plynu. Dalšími organickými chorobami jsou divertikly, intoleranci mléka, potravinové alergie, kde nejčastější je celiakie. Střevní záněty vedou k poruchám vstřebávání živin. Nevstřebané složky potravy mohou být pak metabolizovány bakteriemi za vzniku plynu. U střevních zánětů infekčních (bakteriálních i virových) nespecifických je hlavním příznakem průjem a teprve až potom se sledují zvukové projevy peristaltiky. [9]

Zvukové projevy jako je kručení v břiše, se může objevit i v rámci některých vážných nemocí trávicího traktu. Nejedná se však o hlavní symptom, a proto je u těchto stavů zvuk velmi často zcela minoritní. Nicméně jeho detekce, by v hodnocení stavu dosti pomohla. Kromě definovaných nosologických jednotek, jako jsou infekční záněty střev, žaludeční vřed, Crohnova nemoc, divertikulitidy, ulcerózní kolitida a nádory trávicího traktu (rakovina tlustého střeva) mohou být i mechanické ohyby, útlaky, zaškrcení až mechanické zaškrcení, které vyvolají výrazné zvukové fenomény. Například u obstrukce je zvukový projev nejprve jako zesílená střevní peristaltika a poté po

vyčerpání, stav přechází do zástavy peristaltiky doprovázené naopak naprostým vymizením peristaltiky. Tento jev je lékaři označován jako mrtvé ticho. Zvukové projevy jsou fyziologickým projevem a popisovaný text neznamena, že by kručení v břiše bylo příznakem onemocnění, která jsou uvedena. Tato onemocnění vyžadují doplnění, jak mnoha příznaků, tak klinických laboratorních i zobrazovacích nálezů. Nicméně z výše uvedeného textu je patrné, že u některých stavů je sledování peristaltiky klinicky významné. A to v případě, když vymizení peristaltiky představuje paralytický ileus, který vyžaduje okamžitý chirurgický výkon. Naopak po břišní operaci je vždy peristaltika mírně porušena. Po větších výkonech lékaře také zajímá, kdy a jak pomalu se pohyb střev obnovuje. [9]

Diagnostika zvukových projevů je prováděná lékařem pomocí fonendoskopu. Vždy se jedná o doplňující vyšetření a zjištění anamnézy, tedy zjištění obtíží. Ke zjištění vztahu obtíží a příjmu potravy je nutné hodnotit další příznaky, jako jsou úbytek na váze, teplota, bolest, krev ve stolici, změny rytmu stolice (střídání průjmů se zácpou) a jiné. Vždy je důležité provést základních vyšetření k vyloučení závažných onemocnění trávicího traktu, zejména rakoviny tlustého střev. Takové vyšetření se provádí ultrazvukem břicha, gastroskopií a kolonoskopií. Pokud máme podezření na infekční záněty střev, je vhodné provést kultivační vyšetření stolice. Přesto ale zvuk je doplněk v diagnostice a především ve sledování průběhu nemoci. [9]

2.4 Současné vyšetřovací metody v gastroenterologii

Gastroenterologie je lékařský obor, jehož název je odvozen z řeckých slov gaster (žaludek), enteron (střevo) a logos (slovo, nauka). Zabývá se studiem, diagnostikou a léčbou poruch trávicího systému. V současné době nejvíce používanými vyšetřovacími metodami v klinické praxi v oblasti gastroenterologie jsou:

- 1) Anamnéza – tzv. předchorobí, jedná se o souhrn podstatných informací o zdravotním stavu pacienta a o prodělaných nemocech jak pacienta, tak jeho příbuzných. Tyto informace jsou velmi důležité pro hodnocení jeho aktuálního stavu.
- 2) Fyzikální vyšetření – mezi tato vyšetření patří pohled, poklep, pohmat, poslech a vyšetření břicha pomocí fonendoskopu

- 3) Laboratorní vyšetření – u krve, moči a stolice, kde se sledují jednotlivé hladiny hormonů a minerálů či přítomnost nežádoucích látek
- 4) Endoskopické vyšetření – jedná se o standardní vyšetřovací metodu, která umožňuje přímý barevný pohled uvnitř orgánů, umožňuje rozpoznat slizniční změny, odběr tkání na histologii a umí rozpoznat patologické změny lépe jak zobrazovací metody
- 5) Rentgen – jedná se o vyšetření, během něhož se pořizuje nativní snímek, z kterého lze určit hladiny tekutiny v kličkách střeva
- 6) Kontrastní vyšetření – dobře zobrazí anatomické změny
- 7) Ultrasonografie – zobrazuje se nejčastěji průchodnost a peristaltik tenkého a tlustého střeva a pomocí tohoto vyšetření se nejlépe zobrazí postižení stěny
- 8) CT – neinvazivní radiologická diagnostická metoda, která využívá rentgenova záření a umožňuje zobrazit vnitřní struktury. Výhodou počítačové tomografie je, že zobrazuje pouze zvolenou vrstvu v hloubce těla
- 9) MRI – používá se k vyhodnocení slizničního povrchu
- 10) Funkční vyšetření – tyto metody jsou díky endoskopickým vyšetřením čím dál méně používány, jedná se např. o jícnovou pH metrii nebo anorektální manometrii
- 11) H₂ dechový test – jedná se o testy střevní motility a střevní absorpce, které slouží např. k detekci syndromu bakteriálního přerůstání v tenkém střevě
- 12) Enteroklýza – je to radiologické vyšetření, během něhož je pacientovi zasunuta hadička přes jícen a žaludek až do duodena, kde se z hadičky vypustí baryová kontrastní látka a roztok etylcelulóza sloužící jako negativní kontrast. Během tohoto vyšetření se pacientovi provádí série rtg snímků, které jsou zaznamenávány s časovými odstupy. Tyto snímky ukazují průtok kontrastní látky střevem, díky tomu lze zjistit různé nerovnosti sliznice, polypy či nádorové struktury střeva.
- 13) Irigoskopické vyšetření – rentgenové vyšetření, během něhož je zobrazováno tlusté střevo. Pacientovi je zavedena hadička skrze rektum a podaná baryová kontrastní látka spolu s negativní látkou (vzduch). [10] [11]

2.5 Diagnostika

Peristaltické pohyby se zkoumají z hlediska kvantity a kvality. Z hlediska kvantity se zkoumá, kolik peristaltických pohybů střeva je zaznamenáno za určitý časový interval. Takového sledování je důležité především u pacientů po břišní operaci, kdy se sleduje, zda nedošlo k poruše funkce GIT. Kvalita peristaltických projevů se sleduje především při akutní či chronické poruše motility střev nebo při poruše peristaltiky bez viditelné příčiny. [9] [12]

V dnešní době je neustálou snahou modernizovat stávající technické postupy v medicíně, což umožňuje poskytnout pacientům nejlepší zdravotnické prostředky k jejich vyšetření a léčbě. Pro sledování peristaltických projevů je spojení medicíny a techniky taktéž velmi důležité. A to proto, že je potřeba sledovat nejen peristaltický pohyb, ale především je nutné detekovat zvuk peristaltiky.

Problém detekce zvuků je především, jak již bylo poznamenáno, v nízké hladině intensity zvuku. Akustický projev peristaltiky je z hlediska technického snímání nahodilý jev. Během minutového sledování jsou slyšet cca tři zvukové projevy. Jedná se ale o průměrnou hodnotu, někdy po několika minutách ticha je možné zaznamenat i několik zvuků. Výrazná je závislost motility na jídle, pohybu a aktivitě sympatiku či parasympatiku. Stres je jedním z nejsilnějších faktorů. Tyto jednotlivé faktory ovlivňují motilitu různými způsoby. Zatím co aktivita sympatiku tlumí motilitu, tak aktivita parasympatiku stimuluje motilitu a sekreci. Při nízké fyzické aktivitě je motilita snížena a při stresu může docházet k průjmu i zácpě. V klinické praxi se většinou detekce auskultací neprovádí. Ale při všech podezřeních na břišní onemocnění lékař fonendoskopem vyšetřuje a zjišťuje břišní zvuky. Přiřazení zaznamenaného zvuku peristaltice vyžaduje určitou zkušenost lékaře. Pokud krátce po přiložení tento zvuk uslyší, ihned ukončuje vyšetření. Jde tedy jen o zjištění ano či ne ve vztahu k peristaltice. Co je důležité pro zpracování výsledků této diplomové práce je zkušenost lékařů, jaký charakter mají zvuky procházející z motility. [1] [2] [9]

2.6 Historie záznamů zvuků z peristaltiky

Akustické projevy z peristaltiky jsou generovány kontrakcemi zažívacího traktu a mícháním plynného a kapalného obsahu. Zvuky mohou znít jako šustění, mumlání nebo jako třes. Střevní zvuky se liší od člověka k člověku a neexistuje dostatek klinických výzkumů, které by hodnotily záznamy zvuků z peristaltiky. Většina studií se zaměřovala spíše na tvorbu měřicího zařízení – stetoskopu, filtrace a zpracování signálů. Ale bylo věnováno málo pozornosti klinické stránce studie. Proto je důležité položit si otázku, zda auskultace střevních zvuků má jakoukoliv klinickou hodnotu, neboť od zavedení stetoskopů nebyly střevní zvuky nikterak objektivně posuzovány a podrobně zkoumány. [12]

V klinické praxi zdravotníci často využívají auskultační metody k rutinnímu zkoumání oběhového, respiračního a také gastrointestinálního systému. Auskultace je metoda, která umožňuje poslech vnitřních zvuků těla, která je prováděna pomocí stetoskopu za účelem diagnostiky. Střevní zvuky jsou fyzikálními jevy, které se mohou zaznamenávat, měřit a následně analyzovat. [1] [9]

První pokusy o záznam zvuků střev sahají do roku 1954, kdy byl k záznamu použit fonokardiograf. Výsledky z tohoto experimentu byly velmi nepřesné a měly omezenou hodnotu. O rok později byl tento způsob měření vylepšen o osciloskop, který zaznamenával zvukovou energii každých 30 sekund záznamu. Touto metodou bylo prokázáno, že energie a počet střevních zvuků korelují s kymografickými daty. [12]

Počátkem sedmdesátých let byly provedeny studie, ve kterých se využívalo jednoduché zvukové analýzy páskových záznamů zvuků střev s pomocí kymografických a radiologických dat [12]. Pacient po jídle ležel na zádech a na pokožku mu byl připevněn mikrofon, avšak měření nebylo provedeno, pokud byly detekované i zvuky z okolí. Zvuky byly měřeny v oblasti žaludku, pravého dolního epigastria, tenkého střeva a sigmoideální oblasti. Měření bylo prováděno na zdravých respondentech i na pacientech s různými poruchami zažívání. Výsledky těchto měření nebyly uspokojivé z důvodu kvality mikrofonu, který špatně snímal nízké frekvence a nebylo rozpoznatelné, zda se jednalo o jeden zvuk či o sekvenci úzce spojených zvuků. Dle závěrů této studie nebylo prokázáno, že analýza zvuku střev by byla užitečná pro diagnostiku poruch motility střev. Je nutné poznamenat, že akustické projevy střevní

jsou nesmírně slabé a jde o hladiny intenzity v rozmezí 15 – 25 dB. Tedy i pohyb nemocničního prádla vyvolá srovnatelné či dokonce silnější akustické projevy. Dále vhodné poznamenat, že motilita výrazně závisí na farmakologické léčbě. Činnost střev lze ovlivnit stimulačně prostigminem a inhibičně mepiperfenidolbromidem. [12]

Další důležitý okamžik přišel v roce 1975, kdy byla vyvinuta metoda analýzy střevních zvuků s použitím počítače a DECTape zařízení s analogovým počítačem. Bylo zjištěno, že pravděpodobnost vzniku zvuků se řídilo zákonem podobným jako je Poissonův zákon. [12]

Další důležitou studií bylo sledování zvuků peristaltiky u předčasně narozených dětí, u kterých je obstrukce buď anatomická anebo funkční a funkce střev je sledována z důvodu správného fungování trávicího traktu dítěte. Předčasně narozený jedinec dostává výživu dříve než novorozenec a proto nemusí být trávicí trakt vždy vnímavý. Mohou nastat problémy s nezralostí trávicího traktu, intolerancí vůči potravě, alergická reakce, apod. V klinické praxi je běžné, že zdravotní sestry používají klasické stetoskopy. Bohužel však identifikace zvuku z peristaltiky je omezená zkušenostmi personálu, citlivostí lidského ucha a specifitou při detekci. Je zatížena výraznou subjektivní složkou a zkušeností vyšetřujícího. Avšak detekce a analýza takových zvuků může pomoci diagnostikovat a předcházet život ohrožujícím problémům. Pro záznam střevní peristaltiky byl používán mikrofon připojený k elektrokardiografické lepicí pásce umístěné na břichu. Stetoskop byl ve fyzickém kontaktu s pacientem, stejně tak převodník, který převádí výsledný mechanický signál na elektrický. Signál byl následně zpracováván v počítači. Tento výzkum se zaměřoval především na schopnost zachycení zvuků z peristaltiky novorozenců, na filtraci a zesílení střevních zvuků bez ztráty dat a na počítačové zpracování. Neproběhlo však měření, kde by byla ukázána praktická analýza, klasifikace těchto zvuků a jejich porovnání. [12]

Mezi lety 2009 až 2011 byla provedena v Singapurské nemocnici studie, které se zúčastnili pacienti se střevní obstrukcí, která jim byla diagnostikována na základě příznaků a radiologických nálezů. Pacienti byli vyšetřováni vleže pomocí **elektronického stetoskopu** po dobu osmi sekund a měření se opakovalo šestkrát u každého pacienta. Záznamy byly zaměřeny na dobu trvání zvuků, dominantní frekvenci a maximální frekvenci. Pacienti na základě tohoto vyšetření byli klasifikováni jako akutní, subakutní nebo pacient s žádnou obstrukcí střev. Závěrem této studie bylo,

že auskultace střevních zvuků není specifická pro diagnostiku motility střev a jejích poruch. [12]

Jedná se o subjektivní metodu, při které nikdy není možné slyšet nebo zaznamenat stejné zvuky se stejnou amplitudou, frekvencí nebo dobou trvání a to ani v případě opakovaných měření u jednoho pacienta. U každého jedince dochází během různých časových intervalů k různým fyziologickým změnám, a proto by metoda kontinuálního měření a zaznamenávání peristaltiky střev mohla poskytnout lepší výsledky. [12]

3 VÝZKUMNÁ ČÁST

Výzkumná část se zabývá realizací zařízení pro detekci zvuků z peristaltiky, jejich záznamem, zpracováním s využitím „metod“ umělé inteligence.

3.1 Cíle a výzkumné předpoklady

Jak již bylo zmíněno v teoretické části, snaha měřit zvuky z peristaltiky sahá až do roku 1954. Studie provedené od té doby se od sebe vzájemně liší a nepřinášejí žádné klinicky použitelné výsledky. Nachází se zde proto velký prostor pro neustálé zlepšování a aplikaci nových metody jako jsou **například metody strojového učení**. Žádná ze studií se nezabývala kontinuálním měřením peristaltických projevů. Proto je hlavním cílem této práce navrhnout, zrealizovat a popsat zařízení, které bude měřit a detekovat zvuk z peristaltiky a umožní zaznamenávat peristaltiku kontinuálně. Na základě hlavního cíle byly stanoveny jednotlivé dílčí cíle:

- 1) Zaměřit se na vyhodnocení, zpracování a porovnání naměřených záznamů
- 2) Výstupem práce budou data dokumentující průběhy z měření
- 3) Výstupem práce bude doporučení pro používání snímače zvuku peristaltiky v klinické praxi

Tato kapitola se bude zabývat postupem realizace měřicího zařízení zvuku z peristaltiky. První část se bude věnovat získáváním dat. Veškerá data budou zvukovými nahrávkami z peristaltiky. Je důležité získat dostatečné množství dat, aby bylo možné data dobře analyzovat, zpracovat a klasifikovat. Je nezbytné mít dostatečné množství kvalitních záznamů, které budou sloužit k trénování metod strojového učení. Veškeré výsledky budou zdokumentovány a v závěru kapitoly bude uveden přínos tohoto experimentu a doporučení těchto metod v klinické praxi.

3.2 Metodika výzkumu

V první řadě, aby bylo možné tento experiment zrealizovat, bude nutné vytvořit měřicí zařízení. Popis měřicího zařízení se nachází níže v kapitole *Návrh, realizace a popis snímače*. Dalším krokem bude testování snímače na zdravých respondentech. Měřená data pro praktickou část budou získávána kvantitativní metodou výzkumu. Před každým

měřením bude respondenty vyplněn osobní dotazník, který se bude skládat z dvanácti otázek. Výzkumná část bude realizována ve sportovním středisku v České Lípě a ve Všeobecné fakultní nemocnici na Karlově Náměstí v Praze.

Prvotní měření budou realizována na zdravých respondentech. Měření bude vždy probíhat vleže. Membrána bude umístěna v levém hypogastriu blíže k umbilikální a střední čáře a každé měření bude trvat cca půl hodiny. Všichni respondenti budou snímání před jídlem a po jídle. Poté bude měřena nemocná pacientka, která bude měřena před operací a po operaci před jídlem a po jídle a to vždy po dobu 30 – 40 minut.

Během pořizování záznamů z peristaltiky bylo předpokládáno, že ke zpracování nahrávek budou využity metody strojového učení, proto bude zapotřebí získat dostatečné množství záznamů zvuků z peristaltiky. Zvuky budou nahrávány pomocí zvukové karty a softwaru Audacity. Během všech měření bude použita stejná externí zvuková karta, která bude nastavena na 48 kHz vzorkovací frekvence.

Jakmile bude pořízeno dostatečné množství záznamů, které budou v surové podobě, bude je potřeba předzpracovat. Předpokládá se, že nahrávky budou obsahovat zvuky z peristaltiky, srdeční ozvy a ostatní zvuky z okolí, které budou nazývány šum. Jelikož pořizování nahrávek bude z různých prostor a v různém čase, předpokládá se, že zvuk z okolí bude pokaždé jiný (zvuk z ruchu pozemní komunikace, hlasy, houkání sanitky, atd.).

Zpracování nahrávek bude probíhat v Matlabu, kam bude celý pořízený záznam vložen. Abychom získali co nejčistší a námi požadovaný zvuk z peristaltiky, bude potřeba odfiltrovat šum a to tak, abychom neodfiltrovali i užitečný signál. Jelikož frekvence zvuku z peristaltiky je odlišná, oproti frekvenci zvuku z okolí, budeme si moc stanovit na určité hodnotě baselinu, jako naši požadovanou mez. Všechny zvuky, které budou přesahovat tuto mez, se nám zapíšou a uloží do textového souboru. Po té bude možné tento stejný textový dokument vložit na patřičné nahrávky a na základě znalostí zkušeného lékaře říct, zda jsou zvuky přiřazeny správně.

3.2.1 Osobní dotazník

Tabulka 1: Osobní dotazník.

ID	pohlaví	iniciály	věk	Onemocnění GIT	Medikace GIT	Medikace na štítnou žlázu	Operace břicha	Pravidelnost stolice	Zácpa	Po kolika dnech následná stolice	Průjem	Četnost za den
1	Ž	JJ	25	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
2	Ž	DK	18	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
3	Ž	VN	18	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
4	Ž	MM	19	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
5	Ž	JD	18	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
6	Ž	ST	18	žádné	žádné	žádné	tenké střevo před 4 lety	ano	ne	/	ne	/
7	Ž	JK	19	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
8	Ž	HS	18	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
9	Ž	RV	25	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
10	Ž	JV	24	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
11	M	DJ	22	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
12	M	JH	20	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
13	M	SP	21	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
14	M	JN	24	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
15	M	IP	33	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
16	M	MD	31	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
17	M	VF	23	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
18	M	LM	29	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
19	M	BS	25	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/
20	M	TK	24	žádné	žádné	žádné	žádné	ano	ne	/	ne	/

3.2.2 Návrh, realizace a popis snímače

Zvuky z peristaltiky lze neinvazivně, bezpečně, ale především efektivně zaznamenávat v reálném čase pomocí fonendoskopu. Pro realizaci našeho snímacího zařízení je potřeba těchto komponent:

- stetoskop
- mikrofon
- zvuková karta
- počítač
- software Audacity

Základem celého detekčního zařízení je pružná membrána stetoskopu, která se skládá ze zvonu a z membrány. Zvon se používá k lehkému kontaktu s kůží a díky tomu k zachycení zvuků z peristaltiky, které mají nízkou frekvenci. Kdežto membrána se používá k pevnému kontaktu s kůží a k zachycení zvuků o vysoké frekvenci. Membrána přebírá kmity, které putují dále uzavřeným prostorem, v našem případě skrze pryžovou hadičku, viz Obrázek 1. Na konci této hadičky je umístěn mikrofon. Jedná se o všesměrový mikrofon AKG C417 s rozsahem 20 - 20000 Hz. Tento mikrofon byl vybrán díky jeho rozměrům. Má dobrou citlivost a nízkou úroveň šumu. V potřebném pásmu cca 100-2000 Hz je velmi dobře citlivý. Mikrofon převádí náš akustický signál na elektrický signál, který vede dále do zvukové karty, ve které se provádí analogově – digitální převod nahraného signálu a tento signál je veden do počítače. Pomocí softwaru Audacity lze měření spouštět, zastavovat, zaznamenávat a dále zpracovávat.



Obrázek 1: Fotografie zvonu s membránou a pryžovou hadičkou, na jejímž konci je umístěn mikrofón



Obrázek 2: Příprava k měření

Na Obrázku 2 je zobrazena fotografie, jak probíhala příprava k měření. Tato fotografie byla pořízena ve víceúčelové sportovní hale v České Lípě v rehabilitační místnosti. Vybraní probandi pro experimentální měření byli z řad studentů TUL a sportovců FBC Česká Lípa.

Cílem bylo vybrat respondenty obou pohlaví v různé věkové kategorii, s různou hmotností a životosprávou. Každý proband byl před začátkem měření seznámen s účelem měření a cílem výzkumu. Před každým měřením proband vyplnil krátký osobní dotazník (viz Příloha B, strana 68) a podepsal informovaný souhlas s provedením výzkumu (viz Příloha B, strana 69). Každému probandovi bylo během experimentu přiřazeno ID číslo z důvodu zajištění anonymity. Jednotlivé informace o probandech jsou uvedeny v Tabulce 1.

3.2.3 Zvuková karta

Zvuková karta Steinberg UR44 je zařízení, které umožňuje zaznamenávat slyšitelné zvukové spektrum v pásmu 20 – 20 000 Hz. Disponuje čtyřmi mikrofonními předzesilovači, šesti vstupy, čtyřmi výstupními kanály a I/O porty MIDI. Má maximální vzorkovací frekvenci a bitové rozlišení 192 kHz/24 bitů.



Obrázek 3: Fotografie zvukové karty Steinberg UR44 zapůjčené na FM TUL

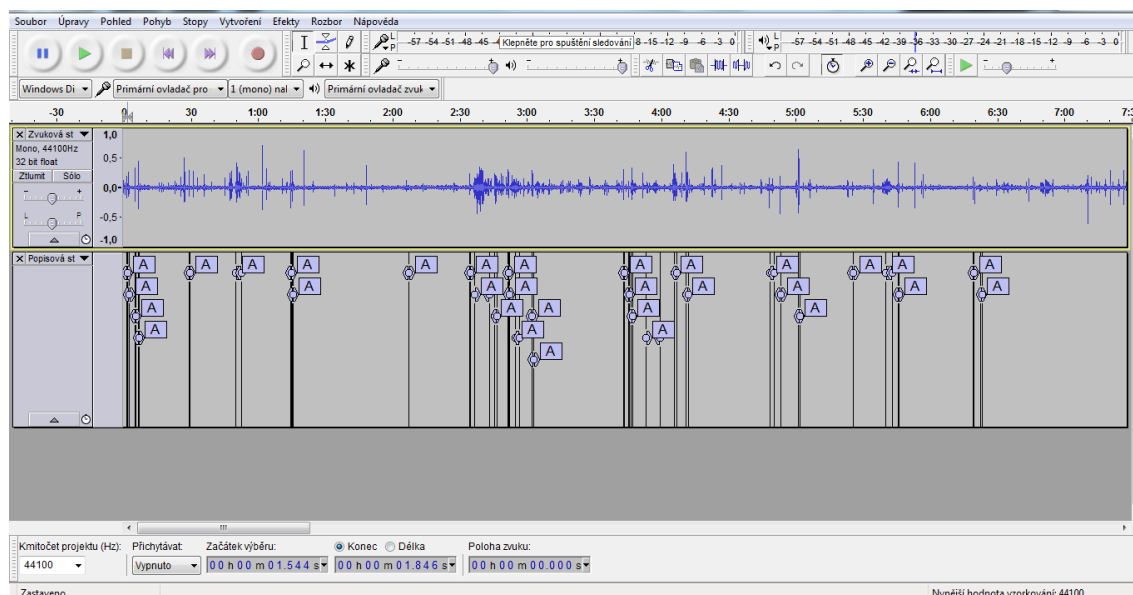
3.2.4 Software AudaCity

AudaCity je volně dostupný multiplatformní zvukový editor a rekordér, který umožňuje přímé nahrávání zvuku, editaci zvukových souborů ve formátech MP3, WAV, Ogg, AIFF. Dále slouží ke stříhání, rozdělování a míchání nahrávek, k odstranění šumu, změně rychlosti a mnoho dalšího. V AudaCity je možné nahraný zvuk labelovat, popřípadě do něho labely vložit v textovém souboru.

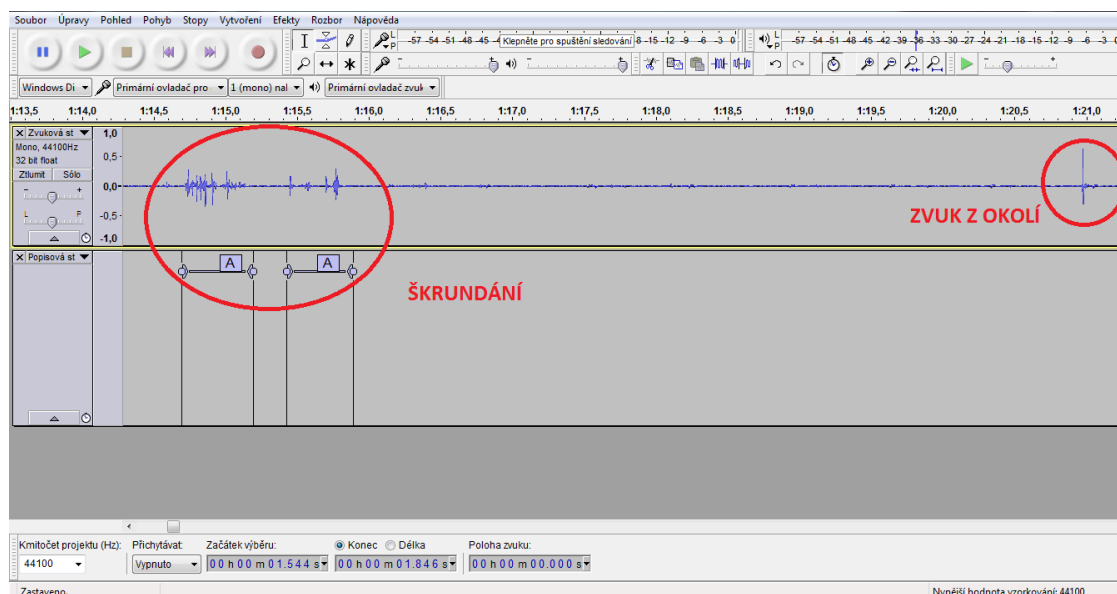
3.2.5 Labelování

Labelování je metoda, kdy pro libovolný zvuk vytvoříme nebo použijeme štítky (labely) k identifikaci jednotlivých částí ve zvukovém souboru. Tyto labely nám umožňují popsat jednotlivé pasáže, se kterými chceme dále pracovat. Popřípadě nám slouží ke zmenšení velkého zvukového souboru, který chceme uložit samostatně. Labely se nám uloží jako textový soubor.

V našem případě je nahraný zvukový soubor z peristaltiky poslechnut odborníkem, který dokáže rozpoznat, co je zvuk z peristaltiky a co je zvuk z okolí, tedy šum. Tyto peristaltické ozvy jsou označené štítkem a následně exportované do textového souboru.



Obrázek 4: Na obrázku je zobrazen postup labelování záznamu zvuku. V prvním okénku je uveden záznam zvuku a ve druhém okénku jsou k záznamům přiřazené štítky



Obrázek 5: Ukázka zpracování záznamu, kde se odděluje užitečný signál od šumu. Štítky A reprezentují peristaltické ozvy, tedy užitečný signál.

V rámci naší analýzy dat byl použit také program Matlab, ve kterém se prováděly následující kroky:

- Načtení zvukového souboru do Matlabu
- Odfiltrování šumu z okolí
- Stanovení si meze – mez byla stanovena tak, že z dat naměřených u zdravých probandů, které byly následně poslechnuty odborníkem, se stanovilo, kterých hladin (mezí) peristaltické ozvy dosahují. Pro odfiltrování nežádoucího šumu z okolí byl použit FIR filtr.
- Zvuky nad tuto mez budou ukládány jako škrundy (peristaltické ozvy) do textového souboru
- Export intervalů s peristaltickými ozvami do textového souboru

Tento textový soubor lze nahrát do Audacity a lze ho aplikovat na ten samý zvukový soubor, jaký byl nahrán do Matlabu a po té se chybné štítky ručně upravují.

```

close all;
clear all;
clc;
[y, Fs] = audioread('Novak.wav');
fs=Fs;
whos;

% lowpass filtr
t = (0:length(y)-1)/Fs;
blo = fir1(20,0.01,chebwin(21,30));
outlo = filter(blo,1,y);
filename = 'skrundani-lowpass.wav';
audiowrite(filename,outlo,Fs);

[c,nrml]=senzor2(y,fs,fs/100,1,1,2,1);
plot(c)
C=c;

ind=find(abs(c)>=0.2);
V=ind;

int_zac = V(1);
int_kon = V(1);

% priprava k zapisu do souboru
souborKZapisu = fopen('stitky.txt','w');
formatSpec1 = '%f\t';
formatSpec2 = '%s %d\n';
pocetSkrundu = 1;

% zapis do souboru:
for i = 2:size(V, 1)
if V(i) ~= V(i-1)+1
    X = sprintf('interval %d:', pocetSkrundu);

```

```

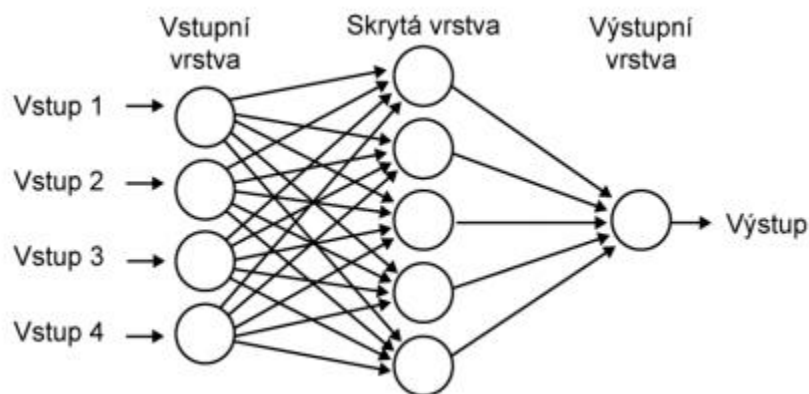
disp(X)
disp(int_zac)
disp(int_kon)
fprintf(souborKZapisu,formatSpec1,int_zac/Fs);
fprintf(souborKZapisu,formatSpec1,int_kon/Fs);
fprintf(souborKZapisu,formatSpec2,'skrund',pocetSkrundu);
int_zac = V(i);
pocetSkrundu = pocetSkrundu + 1;
else
    int_kon = V(i);
end
end

disp('hotovo')
fclose(souborKZapisu);

```

3.2.6 Strojové učení

Strojové učení, umělá inteligence, popřípadě neuronová síť je metodika, která se využívá k rozpoznávání předmětů, řeči a poznávacích značek, k diagnostice přístrojů, k detekci podvodů, ale mimo to také k medicínské diagnostice. Neuronová síť má více vrstev, proto se jedná o složitější model, než jsou běžné statistické modely. Neuronová síť má schopnost se učit podobně jako je tomu u lidského mozku. Výpočetní jednotkou je neuron, který má více vstupů, ale jen jeden výstup, dále aktivační funkci a vektor parametrů tzv. váhy. Umělé neuronové sítě jsou tvořeny jako soubor umělých neuronů a existuje celá řada možných architektur. Umělé neuronové sítě se od sebe vzájemně liší typem neuronů, topologickým uspořádáním a strategií adaptace při trénování sítě. Nejčastěji používanou neuronovou sítí je dopředná neuronová síť. Její název je odvozen od toho, že se signál šíří od vstupu k výstupu, viz Obrázek 6.



Obrázek 6: Uspořádání neuronů do vrstev v dopředné neuronové síti.

Jakmile jsou naměřená data pohromadě, jsou zpracována pomocí strojového učení. Tento model má dvě základní fáze. Tou první je trénování a druhá fáze je testování. Musíme mít tedy připravená data, která umožňují kontrolu, avšak tato data pro testování nesmí být použita pro trénování.

Trénování neuronových sítí je postup, při kterém dochází k úpravě parametrů průchodnosti synapsí, která je založena na účelové funkci. Ve výsledku nám to říká, zda jsme váhy upravili správně či ne a zda došlo ke zlepšení či zhoršení. Trénování lze rozdělit do dvou základních skupin – trénování bez učitele a s učitelem. Trénování bez učitele nemá žádné kritérium správnosti a pracuje na principu shlukování, tedy že ve vstupním prostoru hledá k sobě podobné elementy, které pak rozděluje do skupin. Naopak trénování s učitelem má k dispozici příklady správného chování.

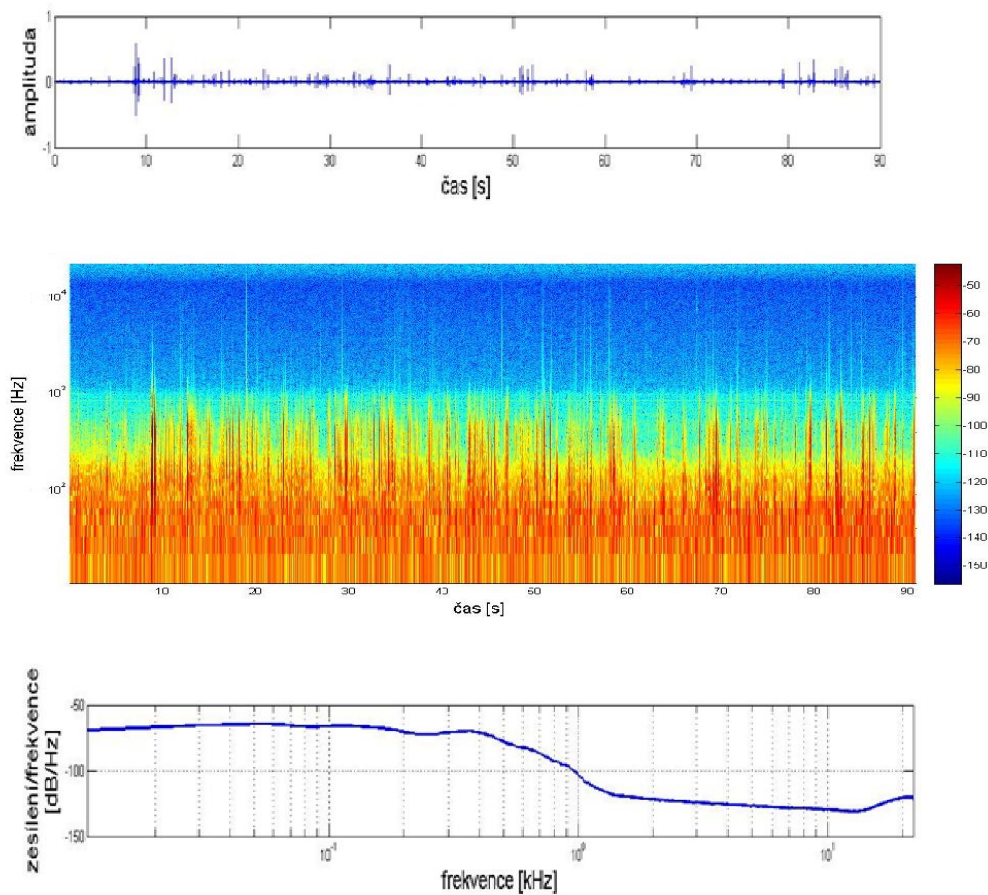
Trénování neuronu probíhá tak, že se jednotlivé záznamy z trénovací množiny předají neuronu a následně se zjišťuje odezva neuronu na výstupu. Na základě odchylky jeho výstupu od požadovaného výstupu se provádí korekce vah neuronu. Takto se neuronu předají veškeré záznamy alespoň jednou. K naučení sítě je zapotřebí desítek takových záznamů. Zda se dosáhlo požadovaného výsledku, se zjišťuje na testovací množině.

3.3 Analýza výzkumných dat

Byla provedena sada měření zvuků z peristaltiky na zdravých respondentech a nemocných pacientech. U těchto měření je pro nás nejdůležitější určit zvuky pocházející z peristaltiky a to co nejpřesněji pomocí hodnocení odborníkem.

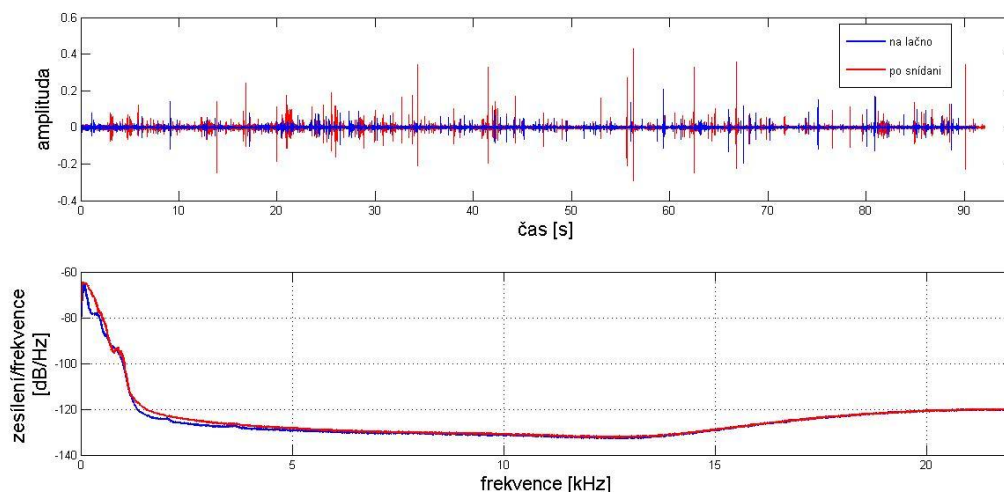
Nahrávky zvuků z peristaltiky byly jednotlivě poslechnuty panem prof. MUDr. RNDr. Jiří Beneš, CSc., který odborně určil v záznamu časové intervaly peristaltických ozev. Jednotlivé záznamy byly předzpracovány pomocí kódu (viz strana 39-40) v Matlabu a poté zpracovány v Audacity, kde byly jednotlivé časové intervaly upravovány ručně dle poslechu pana profesora Beneše. Ruční korektura byla velmi důležitá, neboť předzpracování nahrávek pomocí kódu vedlo k řadě chyb dvojího druhu. První chybou bylo, že některé peristaltické ozvy byly vynechány, což lze přičíst velmi slabému zvuku z peristaltiky, které bylo vyhodnoceno jako šum z okolí. Druhým chybným vyhodnocením bylo, že se určil artefakt jako tón peristaltických ozev. Kromě detekce pozitivních peristaltických ozev, je celkový čas tónů peristaltických ozev v celém záznamu právě to, co nás z technického hlediska zajímá nejvíce.

Proto byla vytvořena tabulka zaměřující se na technickou stránku jednotlivých měření. Níže uvedená Tabulka 2 se skládá z hlavičky, která obsahuje důležité parametry, jimiž je index, pohlaví, iniciály a věk pacienta, délka záznamu, počet peristaltických ozev v záznamu, celkový čas peristaltických ozev v záznamu, procentuální zastoupení peristaltických ozev v celkovém záznamu.



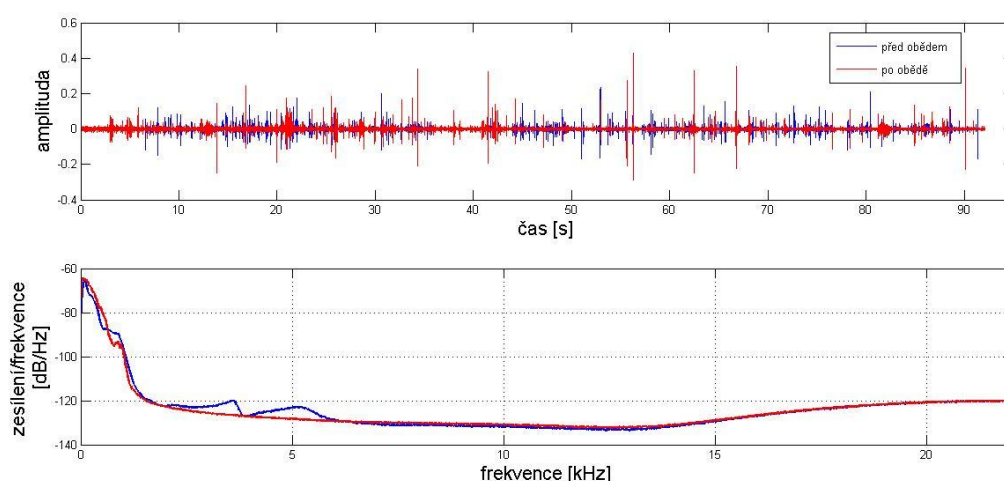
Obrázek 7: Záznam zvuku z peristaltiky u zdravého probanda s ID 16

Výzkumná část obsahuje sadu měření na zdravých respondentech. U všech měření byla provedena analýza získaných zvukových záznamů. Analýza jednoho z nich je prezentována na výše uvedeném Obrázku 7. První graf je zobrazením záznamu z peristaltiky, kde na vodorovné ose je čas v sekundách a na svislé ose amplituda. Na druhém grafu je vykreslen spektrogram, který znázorňuje signál ve spektrální oblasti. Na ose x je čas v sekundách a na ose y frekvence v Hertzech. Z tohoto grafu je patrné, že při nízkých frekvencích je signál aktivní pořád, avšak při peristaltických ozvách obsahuje také vysoké frekvence. Rovnoměrně rozložené frekvence se pohybují kolem 10²Hz a nejvyšší frekvence kolem 10³Hz. Třetí graf reprezentuje Welchovo spektrum, ze kterého je patrné, že většina frekvencí obsažených v signále je v intervalu do 1 kHz. Rozdíl mezi Welchovým spektrem a spektrogramem je ten, že Welchovo spektrum je pouze frekvenční, zatímco spektrogram je časově frekvenční spektrum. Zesílení signálu se pohybuje v rozmezí hodnot -70 dB/Hz až -140 dB/Hz.



Obrázek 8: Porovnání záznamů zvuků z peristaltiky na lačno a po snídání u respondenta s ID 18

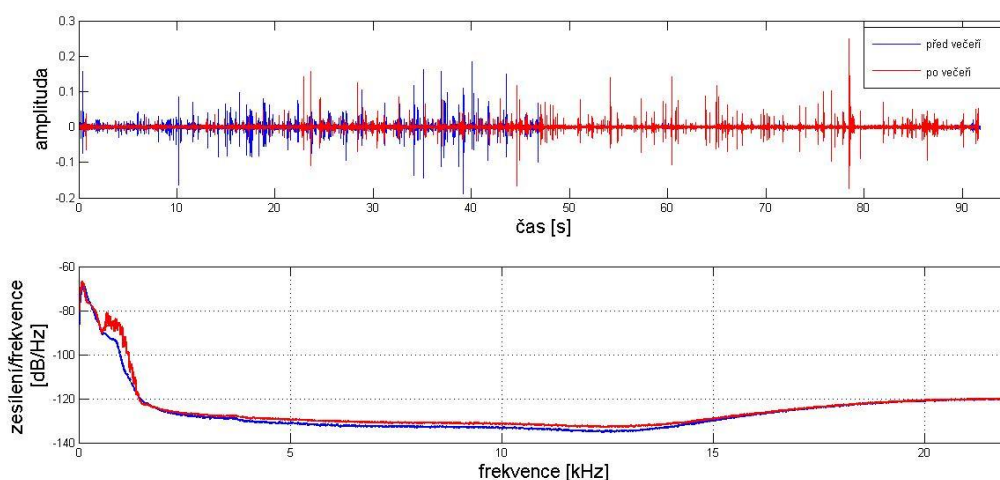
Na Obrázku 8 jsou vykresleny dva grafické záznamy zvuků z peristaltiky u zdravého respondenta, kde modrý grafický záznam je záznam zvuku z peristaltiky měřené na lačno a červený záznam byl měřen po snídání. Na prvním grafu je vykreslen graf záznamů a na druhém grafu je vykresleno Welchovo spektrum, které vykresluje záznamy ve frekvenční oblasti. Ze záznamu na lačno je patrné, že peristaltická ozva na lačno má nižší amplitudu, než peristaltická ozva zaznamenaná po snídání. Z Welchova spektra je patrné, že oba signály ve frekvenční oblasti jsou téměř totožné.



Obrázek 9: Porovnání záznamů zvuků z peristaltiky před obědem a po obědě u respondenta s ID 18

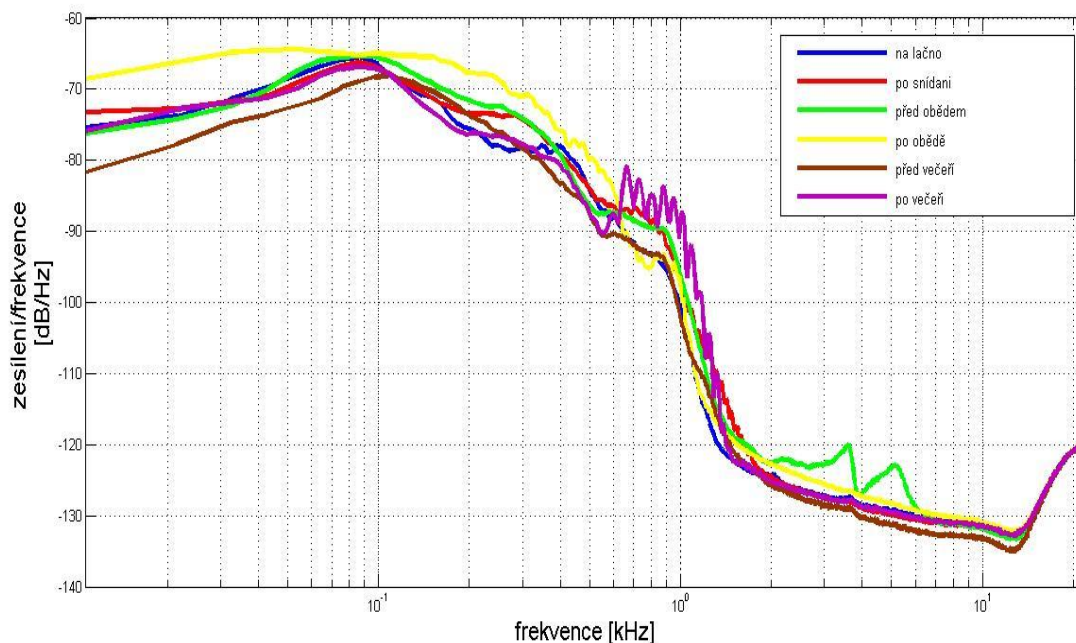
Na Obrázku 9 jsou vykresleny dva grafické záznamy zvuků z peristaltiky u zdravého respondenta, kde modrý grafický záznam je záznam zvuku z peristaltiky měřené před obědem

a červený záznam byl měřen po obědě. Na prvním grafu je vykreslen graf záznamů a na druhém grafu je vykresleno Welchovo spektrum, které vykresluje záznamy ve frekvenční oblasti. Z prvního grafu lze vyčíst, že peristaltická ozva před obědem dosahuje nižších amplitud, než peristaltická ozva po obědě. Welchovo spektrum obou záznamů je taktéž velmi podobné.



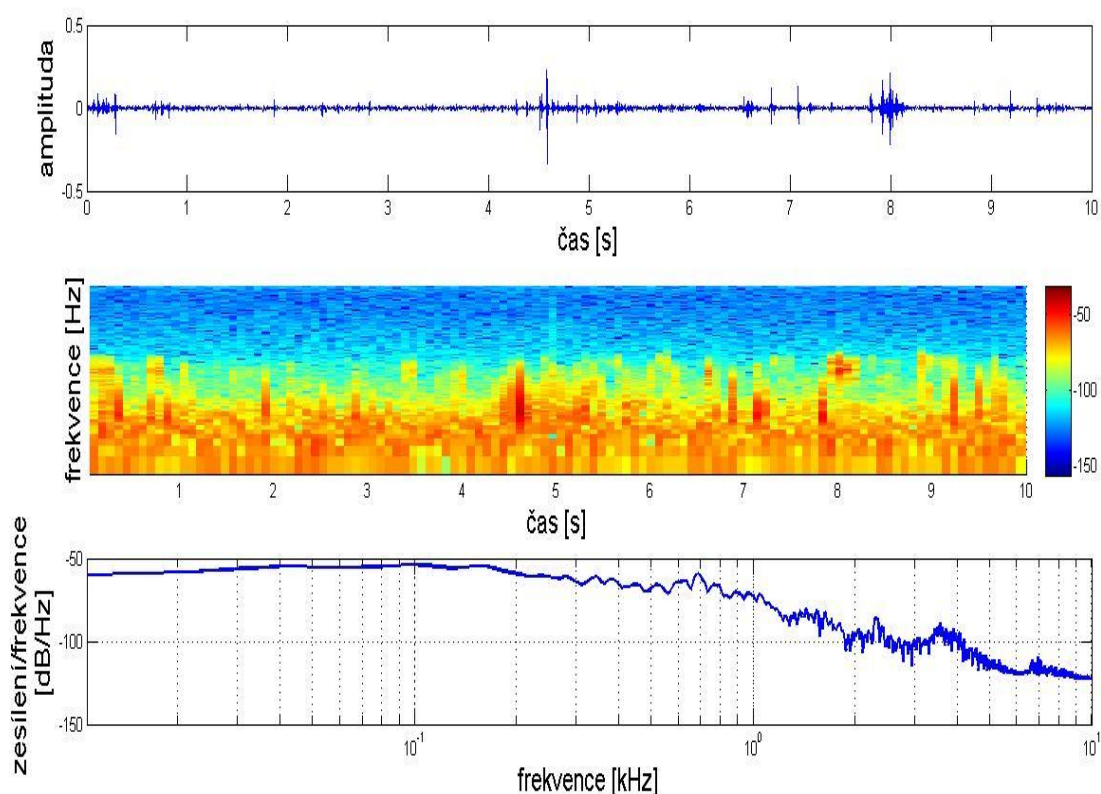
Obrázek 10: Porovnání záznamů zvuků z peristaltiky před večeří a po večeří u respondenta s ID 18

Na Obrázku 10 jsou vykresleny dva grafické záznamy zvuků z peristaltiky u zdravého respondenta, kde modrý grafický záznam je záznam zvuku z peristaltiky měřené před večeří a červený záznam byl měřen po večeří. Na prvním grafu je vykreslen graf záznamů a na druhém grafu je vykresleno Welchovo spektrum, který vykresluje záznamy ve frekvenční oblasti. Z prvního grafu je patrné, že amplituda peristaltické ozvy před večeří je z počátku aktivnější, tedy, že zvuky jsou častější a potom méně aktivní. Zatímco peristaltická ozva po večeří je aktivní stále, ale střídají se fáze vyšších a nižších amplitud. Z Welchova spektra je patrné, že i tyto záznamy jsou si velmi podobné ve frekvenční oblasti.



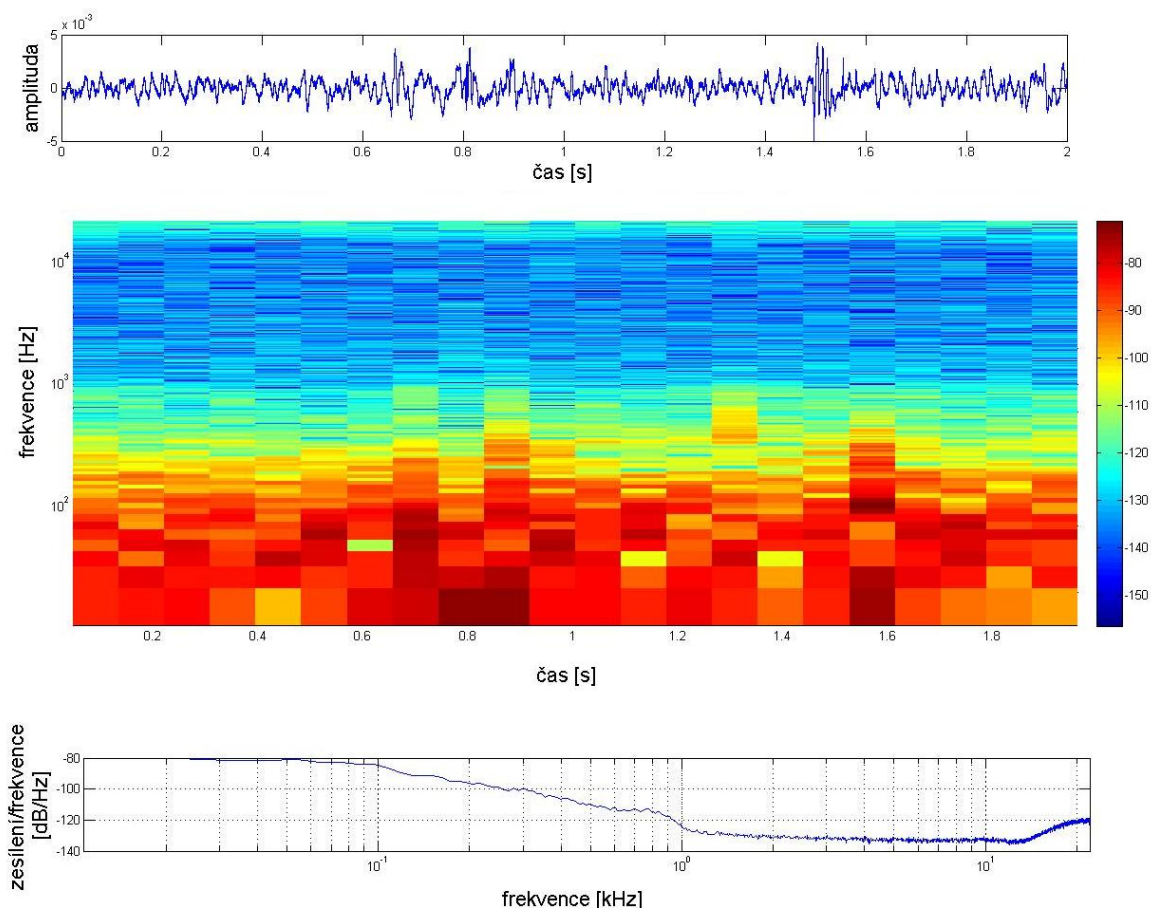
Obrázek 11: Welchovo spektrum všech záznamů zvuků z peristaltiky během jednoho dne u zdravého probanda s ID 18

Na Obrázku 11 je vykresleno Welchovo spektrum záznamů zvuků z peristaltiky během jednoho dne u zdravého respondenta. Modrá křivka představuje záznam zvuku z peristaltiky na lačno, červená po snídani, zelená před obědem, žlutá po obědě, hnědá před večeří a fialová po večeří. Z tohoto spektra je patrné, že k největším změnám došlo po večeří. V předešlých grafech byly porovnávány pouze záznamy peristaltických ozev ráno, odpoledne a večer vždy před jídlem a po jídle. V tomto případě jsou vykresleny všechny záznamy peristaltických ozev do jednoho spektra. Z tohoto spektra lze říci, že peristaltická ozva před večeří začíná na nejnižší hladině, zatímco peristaltická ozva po obědě začíná na nejvyšší hladině v dB/Hz. Peristaltická ozva na lačno, před obědem a po večeří začíná na stejné hladině. Ze záznamu po večeří lze říci, že po pozvolném klesání došlo opět k prudkému navýšení a opět prudkému klesání. Tyto výkyvy se odehrávaly v rozmezí 4-7 kHz.



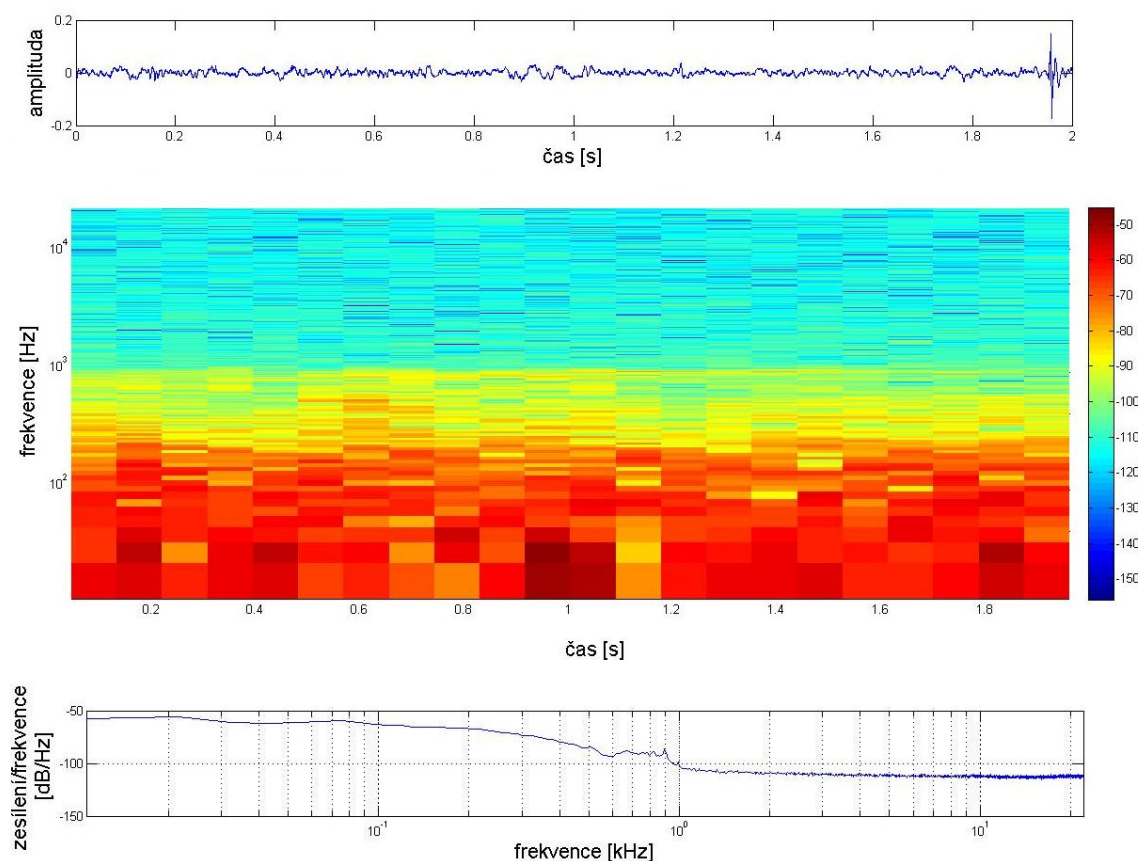
Obrázek 12: Grafy vykreslující záznam polknutí vody u respondenta s ID 17

Na Obrázku 12 jsou vykresleny tři grafy interpretující záznam zvuku polknutí vody. Měřicí zařízení bylo přiloženo na žaludek a záznam byl spuštěn, když pacient polkl. Z prvního grafu je patrné, že voda se do žaludku od polknutí dostala za 8 sekund. Tato hodnota je i uváděna v učebnicích při správné funkci trávicího traktu. Tato metoda by mohla být využívána i v praxi při kontrole pacientů s dysfágií, tedy poruchou polykání tekutin nebo při dalších vyšetřeních, která jsou spojená s poruchou polykání nebo přesunu potravy a tekutin z úst do žaludku.



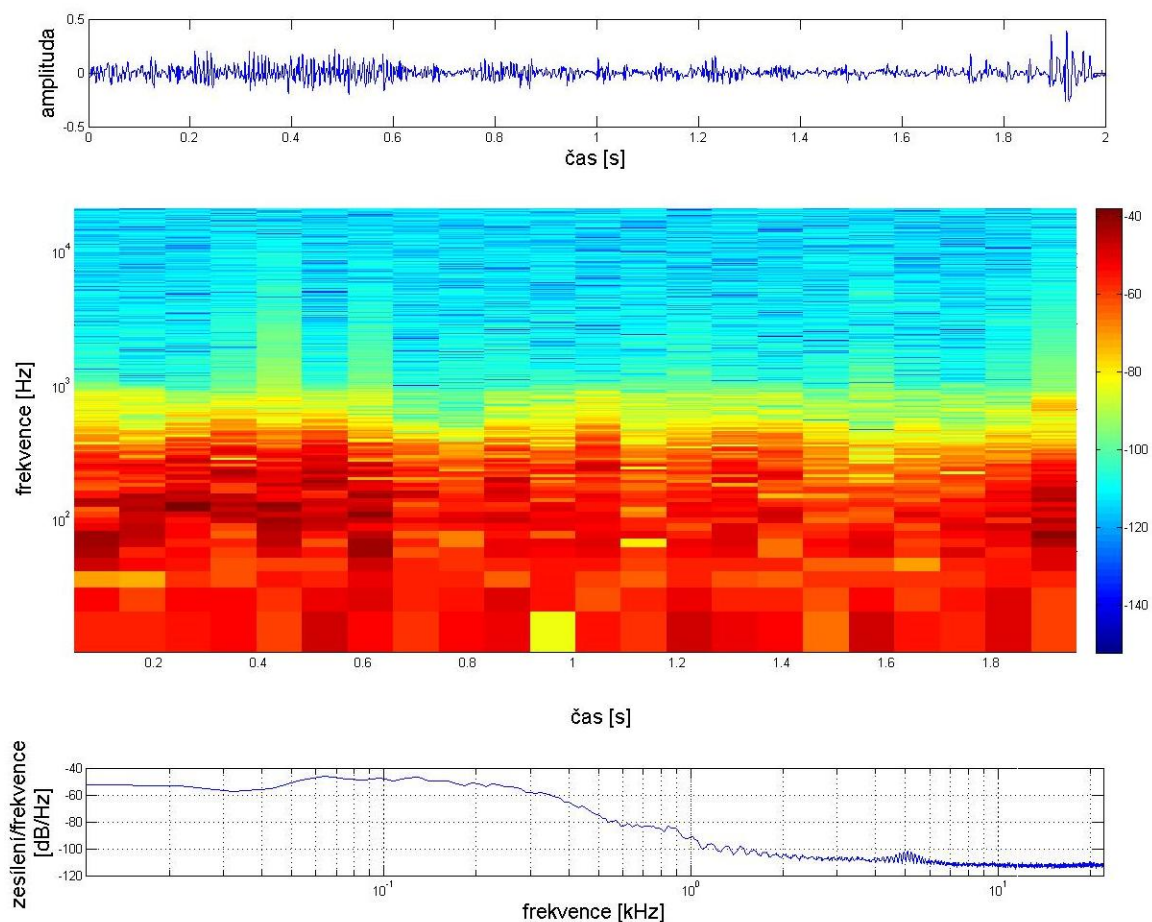
Obrázek 13: Trojice grafů záznamu ticha u respondenta s ID 16

Na výše uvedeném Obrázku 13 jsou vykresleny záznamy ticha měřené na pacientovi. Na prvním snímku je vykreslen graf ticha, kde na ose x je čas v sekundách a na ose y je amplituda. Hodnoty amplitudy se pohybují v rozmezí hodnot od $-5 \cdot 10^{-3}$ až $5 \cdot 10^{-3}$. Na druhém grafu je vykreslen spektrogram ticha, kde na ose x je čas v sekundách a na ose y frekvence v Herzích. Z grafu je patrné, že signál konstantně dosahuje hodnot 10^2 Hz a nejvíce aktivní signál, tedy signál s největší peristaltickou ozvou, dosahuje hodnot až 10^3 Hz. Z třetího grafu lze říci, že hodnoty ticha se pohybují v rozmezí hodnot -80 dB/Hz až -140 dB/Hz a nejvíce signálu je detekováno do 1 kHz.



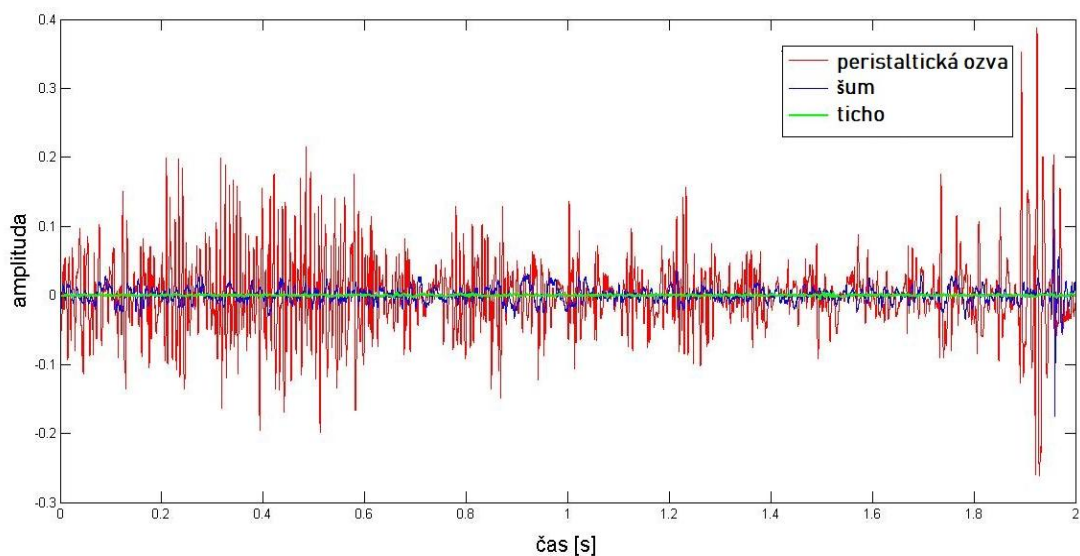
Obrázek 14: Trojice grafů záznamu šumu u respondenta s ID 16

Na Obrázku 14 je uvedený záznam šumu, který byl naměřen během detekce peristaltiky zdravého respondenta. Na prvním grafu je patrná i srdeční aktivita a to v časovém úseku 2 sekundy, která je při měření peristaltiky detekovatelná. Z toho grafu je patrné, že samotný šum se pohybuje na ose y v rozmezí hodnoty -0,05 a 0,05. Srdeční aktivita pak dosahuje hodnot -0,2 až 0,2. Tímto šumem je myšlen pohyb pacienta, tření oblečení o lůžko a jiný šum, který je při měření zcela běžný a přirozený. Na druhém snímku je vykreslen spektrogram šumu. V porovnání s předchozím Obrázkem 13 (ticha) lze říci, že v případě šumu signál dosahuje hodnot 10^3 Hz téměř po celou dobu. Na třetím snímku je uvedeno Welchovo spektrum, které nám ukazuje, že zesílení signálu šumu dosahuje hodnot v rozmezí -50 dB/Hz až -110 dB/Hz. V porovnání se spektrem ticha se jedná o nižší hodnoty.



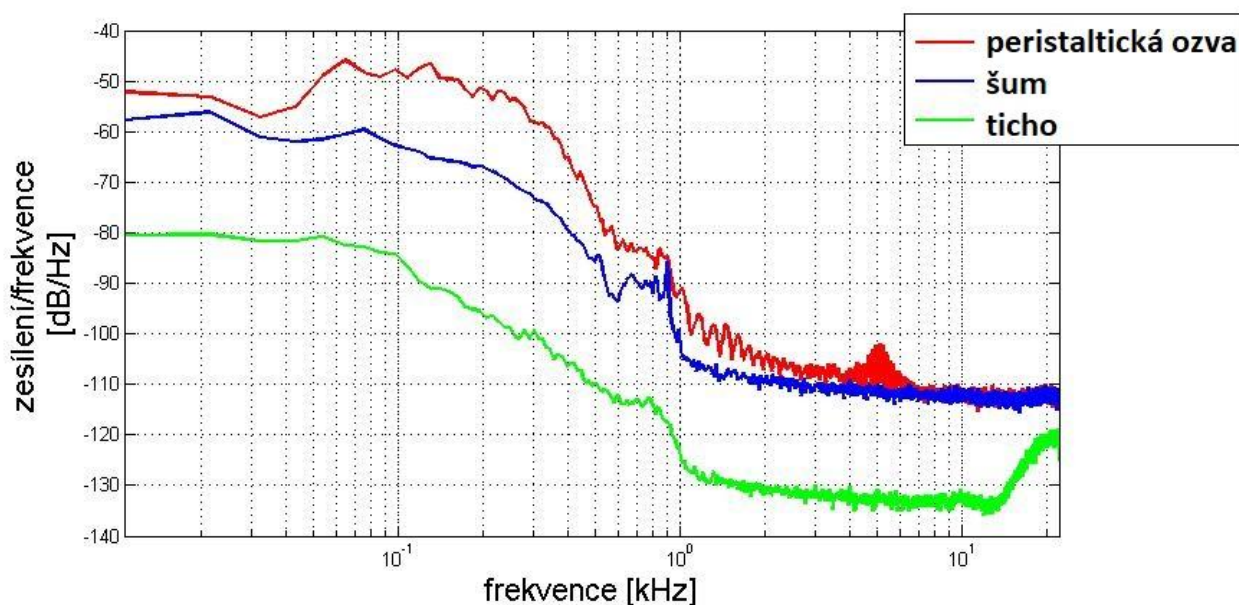
Obrázek 15: Trojice grafů záznamu peristaltické ozvy, které trvá 2 sekundy

Na Obrázku 15 je uvedený dvou vteřinový záznam peristaltické ozvy, která byla naměřena během detekce peristaltiky zdravého respondenta. Z prvního grafu lze vyčíst, že hodnoty na ose y se pohybují v rozmezí od -0,4 až 0,4. V porovnání se záznamem šumu lze říci, že peristaltické ozvy dosahují vyšších amplitud. Na druhém snímku je vykreslen spektrogram peristaltické ozvy. V porovnání s předchozím Obrázkem 14 (šumu) lze říci, že v případě peristaltické ozvy signál dosahuje hodnot 10^3 Hz téměř po celou dobu. Na třetím snímku je uvedeno Welchovo spektrum, které nám ukazuje, že zesílení signálu šumu dosahuje hodnot v rozmezí -50 dB/Hz až -120 dB/Hz.



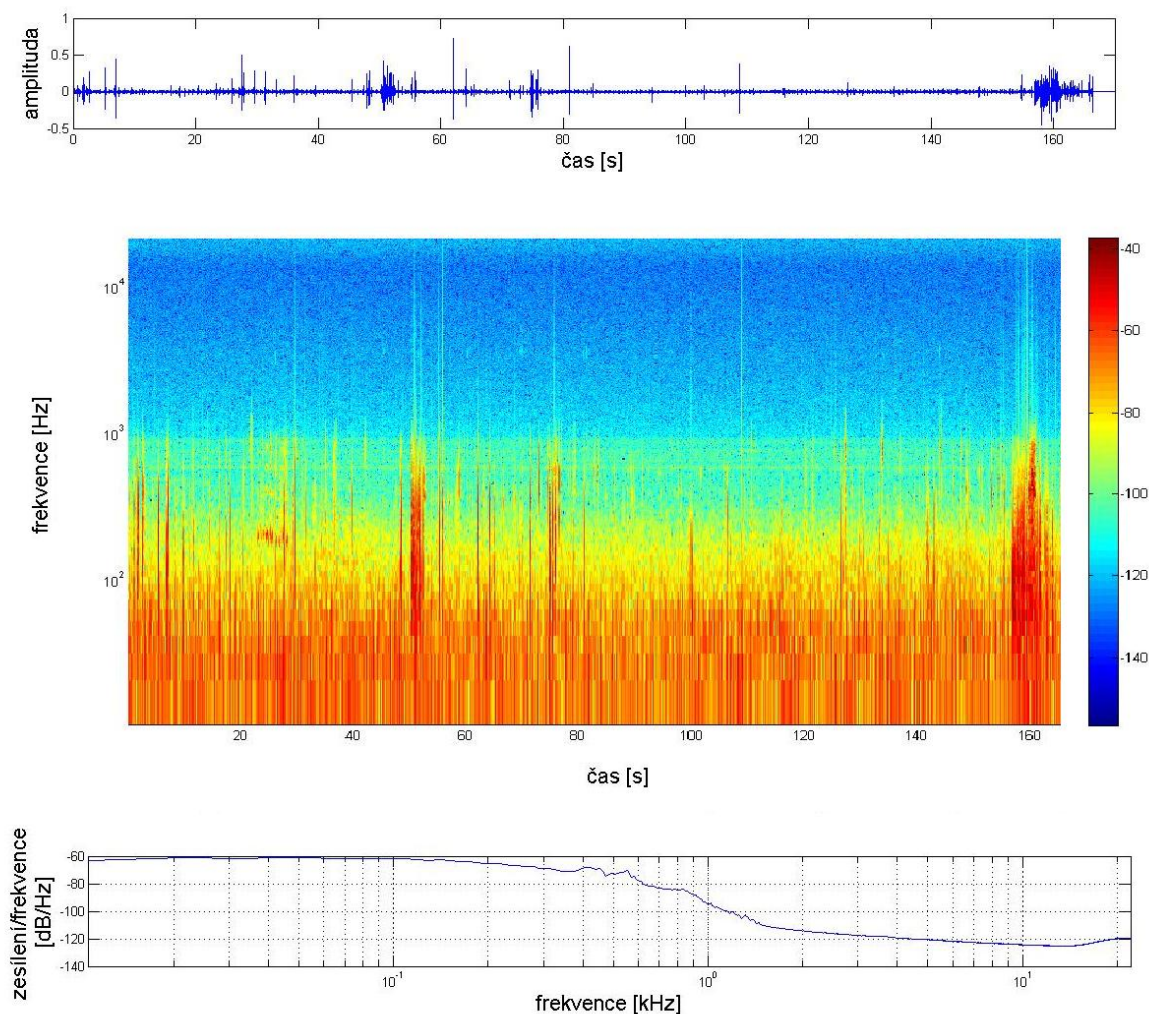
Obrázek 16: Graf zobrazující záznamy peristaltické ozvy (červeně), šumu (modře), ticha (zeleně)

Na výše uvedeném Obrázku 16 jsou do grafu vykresleny tři předchozí záznamy peristaltické ozvy (červeně), šumu (modře) a ticha (zeleně). Z toho grafu je patrné, že záznam peristaltické ozvy dosahuje nejvyšší amplitudy a to v rozsahu -0,4 až 0,4. Záznam šumu hodnot přibližně -0,05 až 0,05. Na konci šumu je opět patrný akustický projev srdečního tepu, čili signál PCG a to v rozmezí -0,2 až 0,2. Záznam ticha má nulové hodnoty.



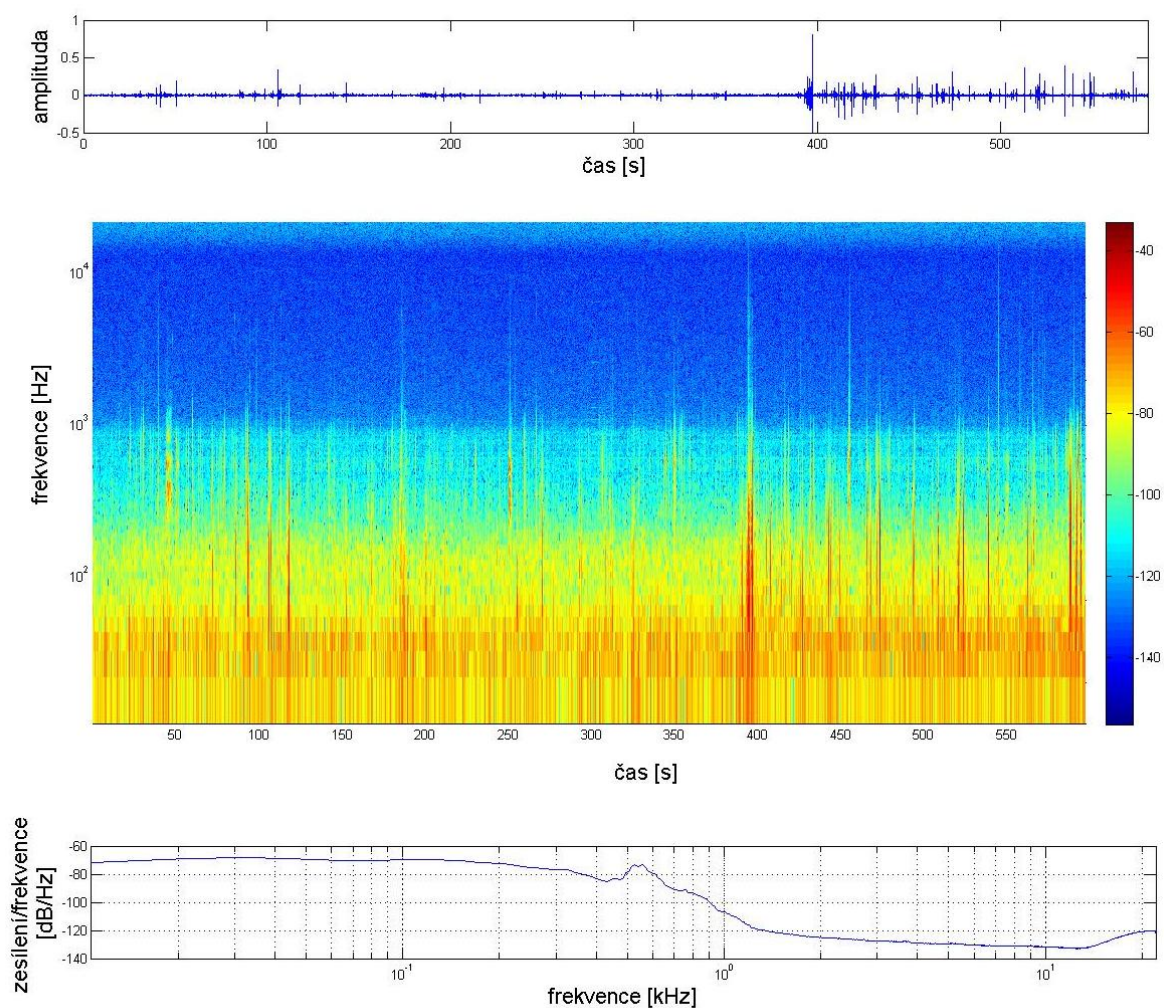
Obrázek 17: Welchovo spektrum zobrazující záznamy škrundu nebo-li peristaltické ozvy (červeně), šumu (modře), ticha (zeleně)

Na Obrázku 17 jsou vykreslena Welchova spektra záznamů peristaltické ozvy (červeně), šumu (modře) a ticha (zeleně). Nejvíce aktivní signály u všech tří záznamů jsou do 1 kHz. Z osy y je však patrné, že hodnoty peristaltické ozvy dosahují -45 dB/Hz, poté strmě klesají a ustalují se na hodnotách -110 dB/Hz. Záznam šumu začíná na -60 dB/Hz a ustálí se taktéž na -110 dB/Hz. Záznam ticha od hodnoty -80 dB/Hz klesá pozvolněji až na hodnotu -130 dB/Hz.



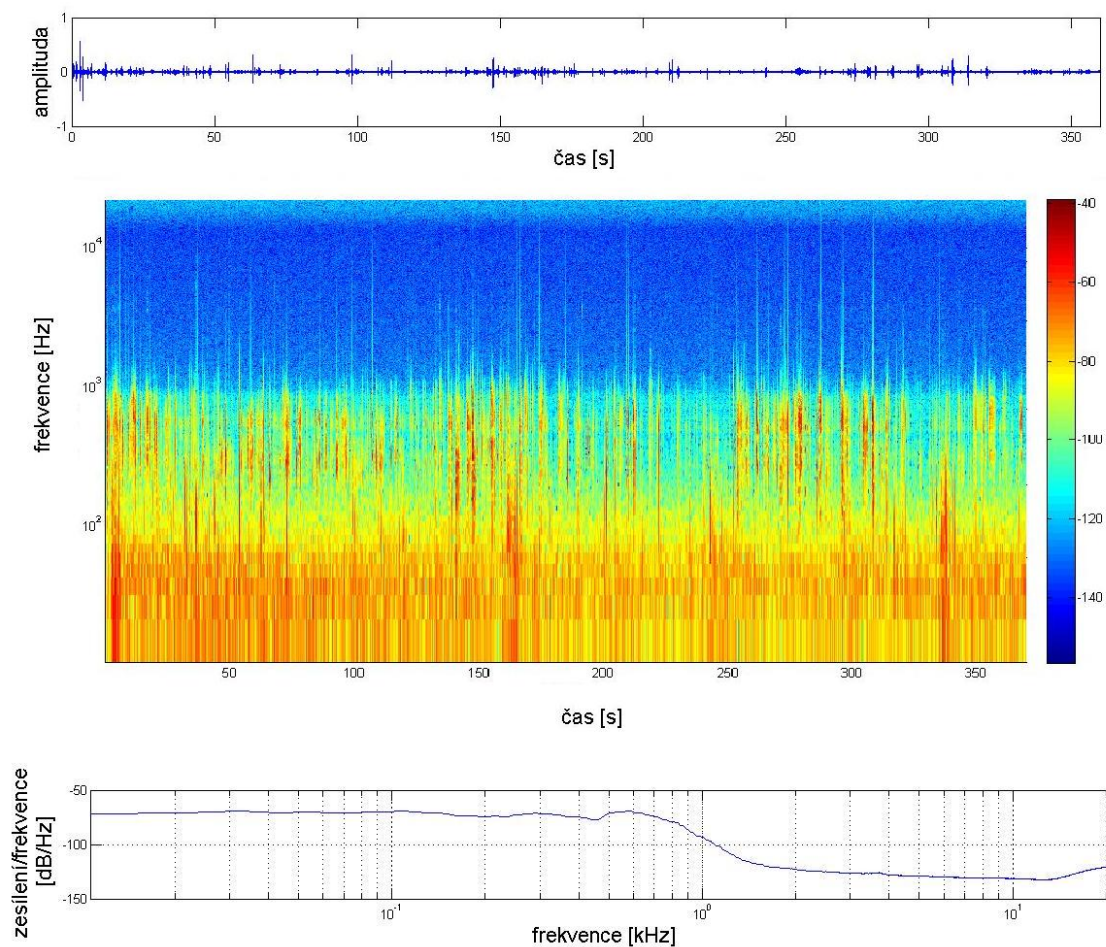
Obrázek 18: Trojice grafů záznamu peristaltiky u pacientky před operací

Výše uvedená trojice grafů, viz Obrázek 18, jsou vykresleny záznamy peristaltiky u pacientky před břišní operací. Jednalo se o operaci resekce části terminálního ilea s ložiskem velikosti asi 5 cm benigní etiologie. V prvním grafu je znázorněn graf záznamu amplitudy v čase. Amplituda peristaltiky se pohybuje v rozmezí od -0,5 až 1. Na druhém grafu je vykreslen spektrogram záznamu pacientky, ze kterého lze vyčíst, že nejvíce aktivního signálu je do 10² Hz a nejvyšší frekvence dosahují 10³ Hz. Na třetím grafu je znázorněno Welchovo spektrum, z něhož je patrné, že hodnoty začínají na -60 dB/Hz a ustalují se na -120 dB/Hz. Většina signálu je naměřena do 1 kHz. Ve srovnání se zdravým respondentem lze říci, že docházelo k častějšímu a delšímu projevu peristaltické ozvy s vyššími amplitudami.



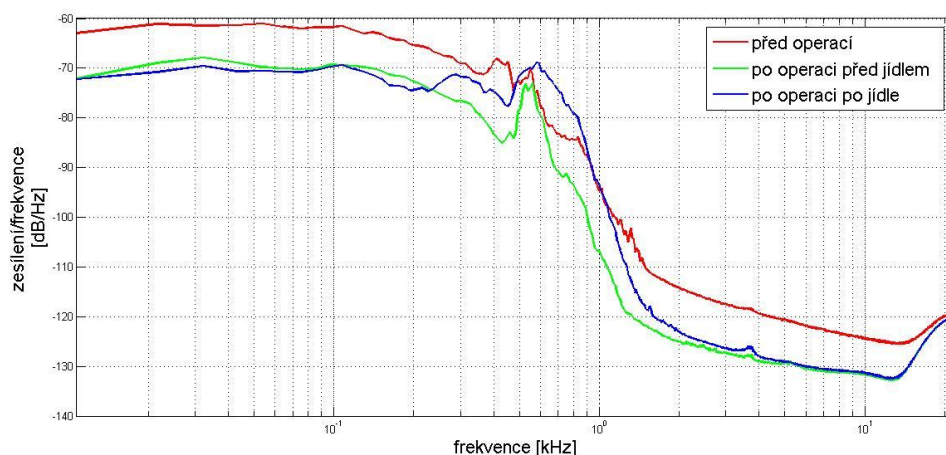
Obrázek 19: Záznam zvuku z peristaltiky u pacientky po břišní operaci před jídlem

Na výše uvedené trojici grafů, viz Obrázek 19, je zobrazen záznam zvuku z peristaltiky u pacientky po břišní operaci před jídlem. Jednalo se o operaci resekce části terminálního ilea s ložiskem velikosti asi 5 cm benigní etiologie. Pacientka byla zaznamenávána 6 týdnů po operaci. Na prvním grafu je záznam, ze kterého vyplývá, že peristaltika u pacientky měla klidnější a aktivnější fázi. V té klidnější fázi byla amplituda v rozmezí kolem -0,1 až 0,1. V té aktivnější fázi se hodnoty pohybovaly v rozmezí od -0,5 až 0,5. Z druhého grafu lze říci, že signál je slabší, než li tomu bylo před operací. Z Welchova spektra je patrné, že signál začínal na -70 dB/Hz a klesal až k hodnotě -140 dB/Hz.



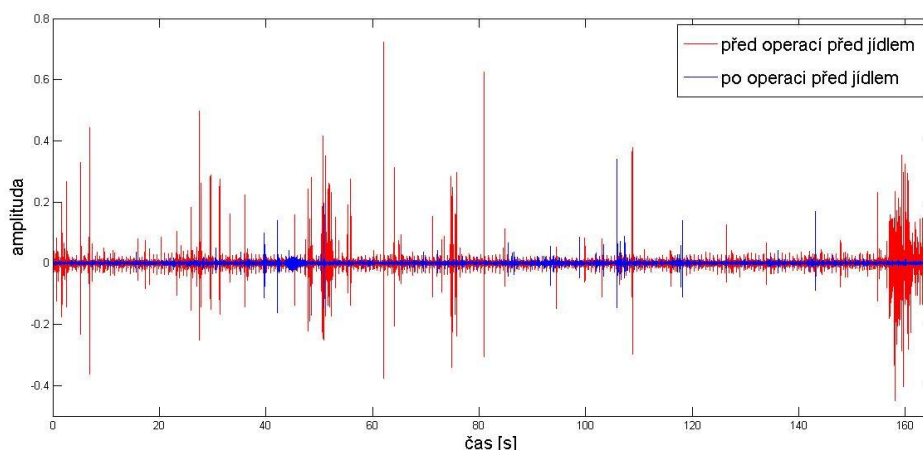
Obrázek 20: Záznamy zvuku peristaltiky u pacientky po břišní operaci po jídle

Na Obrázku 20 jsou vykresleny grafy pacientky po břišní operaci po jídle. Na prvním grafu je vykreslen záznam peristaltiky, jehož hodnoty se pohybují zhruba od -0,5 až po 0,5 na ose y. Na druhém obrázku je vykreslen spektrogram, na kterém je vidět, že signál je slabší, než před operací, ale místy je frekvence vyšší (červené pruhy) než v případě Obrázku 19. Třetí graf znázorňuje Welchovo spektrum, k němuž lze říci, že signál se pohybuje v rozmezí -70 dB/Hz až -140 dB/Hz. Bližší srovnání záznamů z měření peristaltiky u pacientky je uvedeno na následujících grafech.



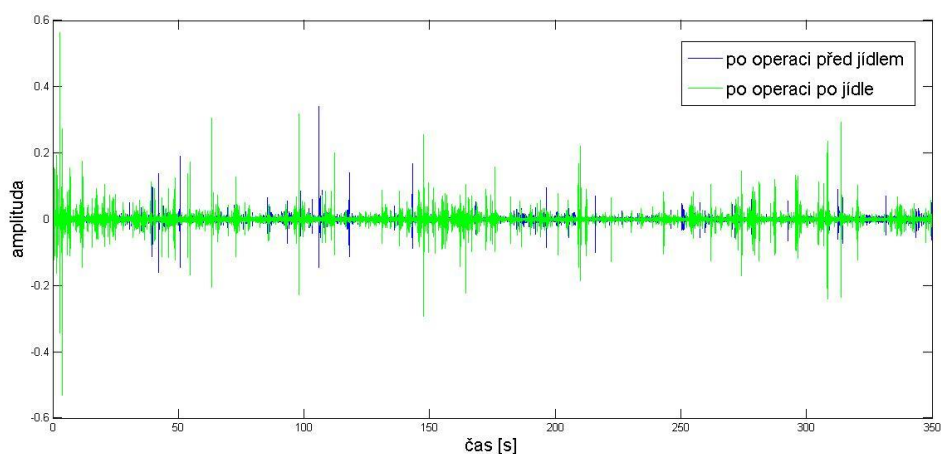
Obrázek 21: Welchovo spektrum záznamů zvuků z peristaltiky u pacientky před operací (červeně), po operaci před jídlem (zeleně), po operaci po jídle (modře)

Obrázek 21 znázorňuje tři záznamy ve Welchově spektru. První křivka, která je označena červenou barvou, představuje signál peristaltiky u pacientky před operací. Zelená křivka značí záznam zvuků z peristaltiky měřený po operaci před jídlem. Modrá křivka reprezentuje signál měřený pacientce po operaci po jídle. Signál před operací začíná na hodnotě -60 dB/Hz a postupně klesá k hodnotě -125 dB/Hz. Kdežto signály po operaci začínají na -70 dB/Hz a klesají k hodnotě -135 dB/Hz. U obou záznamů po operaci je vidět mezi frekvencemi 10^{-1} kHz a 1 kHz, že při postupném klesání došlo k výraznému nárůstu a poté k strmějšímu poklesu.



Obrázek 22: Grafy reprezentující záznamy zvuků z peristaltiky u pacientky před operací před jídlem (červeně) a po operaci před jídlem (modře).

Na Obrázku 22 jsou k porovnání uvedeny dva záznamy peristaltiky, které byly u pacientky měřeny před operací před jídlem (červeně) a po operaci před jídlem (modře). Ze záznamu před operací je patrné, že docházelo téměř k nepřetržitým projevům peristaltických ozev s vysokými amplitudami v rozsahu od -0,5 až 0,8. Kdež to, po operaci se peristaltika pacientky zklidnila a docházelo k občasným projevům peristaltických ozev s nižšími amplitudami.



Obrázek 23: Dva grafy reprezentující záznam peristaltiky u pacientky po operaci před jídlem (modře) a po jídle (zeleně).

Na Obrázku 23 jsou zobrazeny dva záznamy, které porovnávají peristaltiku pacientky po operaci před jídlem (modře) a po operaci po jídle (zeleně). Z grafu je patrné, že difference mezi jednotlivými záznamy jsou obrovské. Pacientka byla zaznamenávána po dobu 40 – 60 minut, avšak pro lepší a konkrétnější porovnání dvou záznamů byl vybrán kratší časový interval trvající přibližně šest minut. U záznamu před jídlem se amplituda pohybovala v rozmezí hodnot $-0,2$ až $0,2$. V jednom případě v časový okamžik 100 s se amplituda vyšplhala až k hodnotě $0,4$. Ze záznamu po jídle je patrné, že docházelo k častějším, delším a silnějším peristaltickým ozvám oproti záznamu před jídlem.

3.3.1 Technický dotazník

Tabulka 2: Technický dotazník zdravých respondentů

index	pohlaví	iniciály	věk	délka záznamu [min]	počet peristaltických ozev v záznamu	celkový čas peristaltických ozev v záznamu [s]	procentuální zastoupení peristaltických ozev v celkovém záznamu [%]
1	Ž	JJ	25	10	386	73,26	12,21
2	Ž	DK	18	10	426	81,02	13,5
3	Ž	VN	18	10	639	69,87	11,65
4	Ž	MM	19	10	556	79,63	13,27
5	Ž	JD	18	10	624	85,64	14,27
6	Ž	ST	18	10	412	86,37	14,4
7	Ž	JK	19	10	531	64,18	10,69
8	Ž	HS	18	10	458	92,38	15,39
9	Ž	RV	25	10	583	85,02	14,17
10	Ž	JV	24	10	467	83,21	13,87
11	M	DJ	22	10	339	76,15	12,69
12	M	JH	20	10	534	75,91	12,6
13	M	SP	21	10	548	67,29	11,22
14	M	JN	24	10	569	87,35	14,56
15	M	IP	33	10	456	89,81	14,97
16	M	MD	31	10	369	90,63	15,11
17	M	VF	23	10	609	61,03	10,17
18	M	LM	29	10	587	74,68	12,45
19	M	BS	25	10	654	82,36	13,73
20	M	TK	24	10	657	65,22	10,87

Tabulka 2 představuje technický dotazník zdravých respondentů. Bylo zpracováno všech dvacet měření, které jsou indexovány čísly od 1 do 20. Dalším parametrem je pohlaví, iniciály jmen, věk, délka záznamu zvuků z peristaltiky v minutách, počet peristaltických ozev v záznamu, celkový čas peristaltických ozev v záznamu v sekundách a procentuální zastoupení peristaltických ozev v celkovém záznamu v procentech. Měřena byla obě dvě pohlaví a to rovnocenně, tedy 10 žen a 10 mužů. Věk respondentů se pohyboval v rozmezí 18 až 33 let. Všichni respondenti byli měřeni po dobu 10 minut. Počet peristaltických ozev v záznamech byl různorodý. Nejmenší počet peristaltických ozev v záznamu byl zaznamenán u respondenta číslo 11 a to s počtem peristaltických ozev 339 během 10 minutového záznamu. Největší počet byl naopak zaznamenán u probanda číslo 20 s počtem peristaltických ozev 657. Průměrný počet peristaltických ozev vypočtený z těchto 20 měření je 520. Tedy 8 respondentů má počet peristaltických ozev v záznamu menší, než je průměr a 12 respondentů převyšují průměrný počet peristaltických ozev v záznamu. Dalším sledovanou veličinou byl celkový čas peristaltických ozev v záznamu v sekundách. Rozdíl oproti počtu peristaltických ozev je v tom, že počtem peristaltických ozev je myšlen pouze počet intervalů, ale celkový čas je počet vzorků, tedy jak dlouho ta jedna peristaltická ozva trvala sekund. Nejkratší celkový čas peristaltických ozev byl zaznamenán u respondenta číslo 17 s celkovým časem 61,03 sekundy. Naopak největší celkový čas 92,38 byl zaznamenán u respondenta číslo 8. Průměrná celková doba všech měření je 78,55 sekundy. Tedy opět 9 respondentů má nižší celkový čas peristaltických ozev v záznamu, než je průměrná celková doba a 11 respondentů má vyšší celkový čas. V návaznosti na tuto sledovanou veličinu koresponduje i poslední sledovaný parametr, jímž je vyjádření zastoupení peristaltických ozev v celkovém záznamu v procentech. Průměrně celkový desetiminutový záznam obsahuje 13,09% peristaltických ozev.

4 DISKUZE

V této diplomové práci jsem měla za úkol nejprve navrhnout a popsat měřicí zařízení ke snímání zvuku z peristaltiky. V dnešní době se žádné podobně měřicí zařízení k zaznamenávání zvuků z peristaltiky v klinické praxi nevyužívá. V první fázi experimentální části bylo potřeba snímač ověřit na zdravých respondentech a po té měřicí zařízení použít i v klinické praxi.

Odborné studie uvádějí, že snaha zkoumat peristaltické ozvy sahá až do roku 1954, kdy byl pro měření použit fonokardiograf. Avšak veškeré metody, které byly v minulosti použity, byly nepřesné a výsledky byly neuspokojivé. Doposud také žádná studie neprokázala, že by analýza peristaltických ozev byla jakkoliv přínosná pro klinickou praxi. A také doposud nebyla nikdy peristaltická ozva sledována kontinuálně. Proto díky měřicímu zařízení, které jsem v rámci diplomové práce navrhla, je možné sledovat peristaltiku kontinuálně v čase, je možné získat kvantitativní data, které lze analyzovat, což je velkým přínosem. Je důležité zmínit, že my se v měření zaměřujeme na vyšší pásma projevů peristaltiky, ale kdybychom chtěli měřit projevy peristaltiky ve velmi nízkých frekvencích, například pásmo 10-30 Hz, tak by tento mikrofón vhodný nebyl.

Z naměřených dat jsem vytvořila grafické záznamy popisující jednotlivé záznamy zvuků z peristaltiky. Tyto záznamy jsem porovnávala i se záznamy ticha a šumu z okolí a výsledky jsem vykreslila v grafech. Pro experimentální část jsem oslovila 20 probandů, které jsem naměřila a výsledky měření zdokumentovala v Tabulce 1 a Tabulce 2. Všichni probandi byli měřeni po sportu před jídlem a mezi měřeními u jednotlivých probandů jsou patrné rozdíly. Tyto rozdíly lze vysvětlit stresem, menším či větším přísunem tekutin během sportu, apod.

Z výsledků, které byly jednotlivě komentovány, vyplývá a je třeba zdůraznit, že peristaltická ozva je oproti artefaktům výrazná, avšak těžko se hodnotí z hlediska frekvenční a spektrální analýzy. Bylo by proto velmi zajímavé, jak již bylo zmíněno v této diplomové práci výše, zjistit, zda by metody strojového učení byly schopny zjistit peristaltické ozvy. Proto by bylo vhodné se tímto zabývat i v následujících studiích a bylo by velmi zajímavé a přínosné v tomto tématu navázat disertační práci.

5 NÁVRH DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Jako posledním cílem této diplomové práce je možnost využití měřicího zařízení v klinické praxi. Předpokládá se, že by využití tohoto snímače bylo primárně určeno pro jednotky intenzivní péče. Dále v chirurgických oborech pro monitorování s podezřením na náhlou příhodu břišní a pro krátkodobou monitoraci. Pacienti po břišní operaci jsou většinou sledováni na chirurgických jednotkách intenzivní péče a lékaře zajímá čas obnovení peristaltiky. Zde může pomoci tento monitorovací přístroj. Zatímco lékař může obnovu peristaltiky zjišťovat při kontrolách několikrát denně, možnost akustického snímání peristaltiky dovoluje kontinuální grafické sledování nárůstu peristaltických vln.

Toto kvantitativní sledování peristaltiky dosud medicínsky nebylo možné. Podobné zhoršení peristaltiky může nastat u nemocných v šokovém stavu většinou sledovaných na lůžkách jednotky intenzivní péče nebo anesteziologických odděleních. U ventilovaných nemocných je často na jednotkách intenzivní péče zaváděna sondou enterální výživa a i při této aplikaci je pro lékaře vhodná znalost kvality peristaltiky většinou polymorbidně nemocného.

Kromě medicínských indikací se jistě při zjednodušení tohoto měřicího zařízení dá do postelí na jednotkách intenzivní péče zabudovat vedle kardiopulmonálního monitorování i tento faktor. Možné inovace a zlepšení bych také viděla ve vytvoření bezdrátového měřicího zařízení, které by kontinuálně zaznamenávalo střevní peristaltiku a s monitorovacím zařízením by bylo spojené přes bluetooth nebo wi-fi. Jakékoliv další zlepšení této metody měření a měřicího zařízení bude vést k lepšímu získávání kvalitnějších dat a k jejich zpracování. I v tomto bych viděla další přínos v možném navázání v disertační práci.

6 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala problematikou detekce akustických projevů peristaltiky a možností pro případnou diagnostiku. V teoretické části byla detailně popsána trávicí soustava a onemocnění s ní spojená. Další kapitola teoretické části shrnula zvukové projevy spojené s peristaltikou, její dosavadní diagnostiku. Byla provedena také rešerše záznamů zvuků z peristaltiky od počátku až po současný stav.

Prvním cílem této diplomové práce bylo provést návrh, realizaci a popis zařízení ke snímání zvuku z peristaltiky s cílem indikovat zástavu střevní peristaltiky u pacientů po břišní operaci a to tak, aby bylo možné detekovat střevní peristaltiku kontinuálně. Tento snímač, který jsem navrhla, zrealizovala a popsala, viz kapitola *Návrh, realizace a popis snímače* na straně 34, dokáže zaznamenávat zvuky z peristaltiky kontinuálně a v dostatečné kvalitě. Poté jsem provedla měření na zdravých respondentech, jejichž naměřené záznamy zvuků z peristaltiky jsem zpracovávala pomocí softwaru Audacity a programu Matlab, ve kterém jsem napsala zdrojový kód pro předzpracování záznamů zvuků z peristaltiky. Zdrojový kód předzpracuje data do potřebné podoby a odfiltruje šum, který je součástí záznamu. Při používání snímače v klinické praxi se artefaktům jako je pohyb pacienta či zvuk tření prádla, nedá předejít. Předzpracovaná data jsem dále zpracovávala a analyzovala. Analýza dat spočívala v rozboru jednotlivých měření a jejich vzájemnému porovnání jak u zdravých probandů, tak u pacientky před břišní operací a po břišní operaci a to pomocí metody strojového učení. Jak již bylo uvedeno v textu, je důležité mít dostatečné množství naměřených dat pro trénování neuronové sítě a jiná data použít pro testování. Výstupem práce jsou dokumentující průběhy z měření, které jsou reprezentovány grafickými záznamy jednotlivých zvuků peristaltiky.

Posledním bodem diplomové práce bylo vytvořit doporučení pro používání snímače zvuku v klinické praxi. Snímač je primárně určen pro jednotky intenzivní péče pro pacientky po břišní operaci. V závislosti na modifikaci snímače by bylo možné využívat snímač i v jiných oblastech medicíny, jak již bylo zmíněno výše. S tím je spojeno především rychlejší diagnostika onemocnění pacienta, kvalitnější možnost léčby a snížení finančních a časových nákladů z hlediska personálu. Všechny části zadání této diplomové práce byly splněny. Na závěr bych chtěla říct, že tato oblast medicíny je velmi zajímavou a je zde velký prostor pro její další výzkumy a zlepšení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] ŠVÍGLEROVÁ, Jitka a Jana SLAVÍKOVÁ. *Fyziologie gastrointestinálního traktu*. 2. upr. vyd. Praha: Karolinum, 2013. ISBN 978-80-246-2189-0.

[2] KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Vyd.1. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.

[3] ČIHÁK, Radomir, GRIM, Miloš a Rastislav DRUGA. *Anatomie*. 2. upr. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-1132-X.

[4] LUKÁŠ, Karel a Aleš ŽÁK. *Gastroenterologie a hematologie: učebnice*. Praha: Grada, 2007, ISBN 978-80-247-1787-6.

[5] DOLINA, Jiří et al. Funkční nemocní zažívacího traktu [online]. *Interní medicína pro praxi* [cit. 2018-02-18]. 2002, 10.

Dostupné z: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2002/10/02.pdf>

[6] ZHU, Zhenhua et al. Ulcerative colitis followed by the development of typical intestinal Behçet disease. *Medicine* [online]. 2018, 97(7). [cit. 2018-02-18]. DOI: 10.1097/MD.00000000000009882. ISSN 0025-7974. Dostupné z: <http://Insights.ovid.com/crossref?an=00005792-201802160-00030>

[7] ČERVENKOVÁ, Renata. *Crohnova nemoc a ulcerózní kolitida*. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-600-7.

[8] JECH, Zbyněk et al. Diagnostika a léčba ileózního stavu [online]. *Interní medicína pro praxi* [cit. 2018-02-18]. 2005, 2.

Dostupné z: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2005/02/03.pdf>

[9] Konzultace s prof. MUDr. RNDr. Jiřím Benešem, CSc., Fakultní nemocnice v Praze, Karlovo náměstí, podzim 2017 – jaro 2018

[10] HRAZDIRA, I. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. Brno: Neptun, 2001, ISBN: 80-902896-1-4.

[11] ŠPIČÁK, J. et al. *Novinky v gastroenterologii a hepatologii*. Praha: Grada, 2007. ISBN: 978-80-247-1783-8.

[12] WATSON, W.C. a Elizabeth KNOX. Phonoenterography: the recording and analysis of bowel sounds [online]. From the University Department of Medicine, Glasgow Royal Infirmary, and the Acoustic Division of the Regional Physics Department. 1967, 88(8). [cit. 2018-02-18].

Dostupné z: <http://gut.bmj.com/content/gutjnl/8/1/88.full.pdf>

[13] POSPÍŠILOVÁ, Blanka a Olga PROCHÁZKOVÁ. *Anatomie pro bakaláře I: obecná anatomie, systémy pohybové a orgánové*. Vyd. 2. nezměněné. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2016. ISBN 978-80-7494-306-5.

[14] PLÍVA, Z., J. DRÁBKOVÁ, J. KOPRNICKÝ a L. PETRŽÍLKA. *Metodika zpracování bakalářských a diplomových prací*. 2. upr. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, FM, 2014. ISBN 978-80-7494-049-1

[15] KOLEKTIV. *Metodika zpracování kvalifikačních prací 2016 (bakalářské, diplomové)*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, FZS, 2016. ISBN 978-80-7494-317-1

[16] Gastrointestinal system [online]. Virtualmedicalcentre. [cit. 1. 3. 2013]. Dostupné na WWW: <<http://www.virtualmedicalcentre.com/anatomy/gastrointestinal-system/7>>

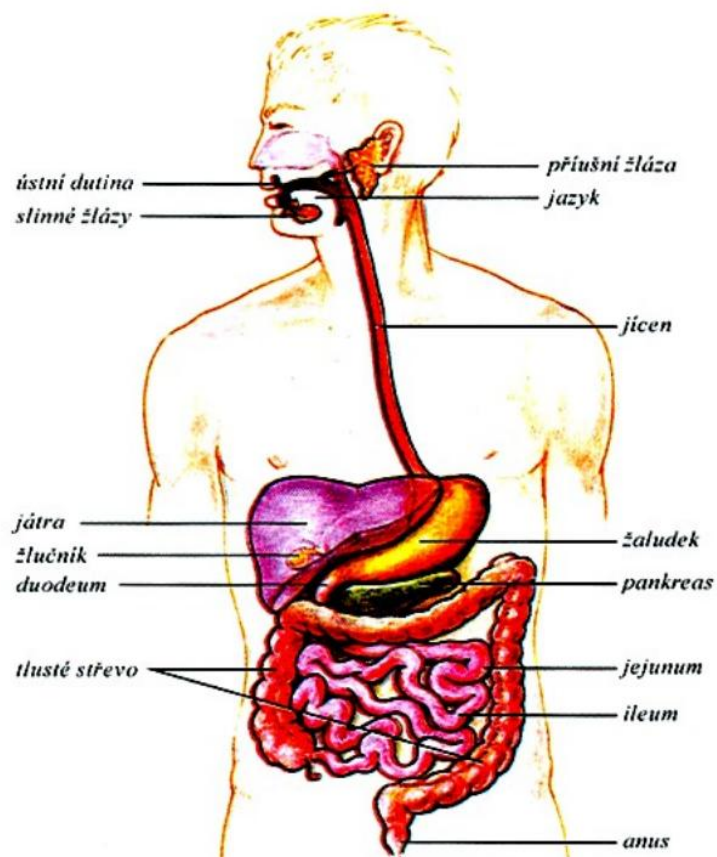
[17] ŽELEZNÝ, Filip. *Relační strojové učení a jeho bioinformatické aplikace: Relational machine learning with applications in bioinformatics*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05716-2.

[18] VONDRÁK, Ivo. *Umělá inteligence a neuronové sítě*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-1981-5.

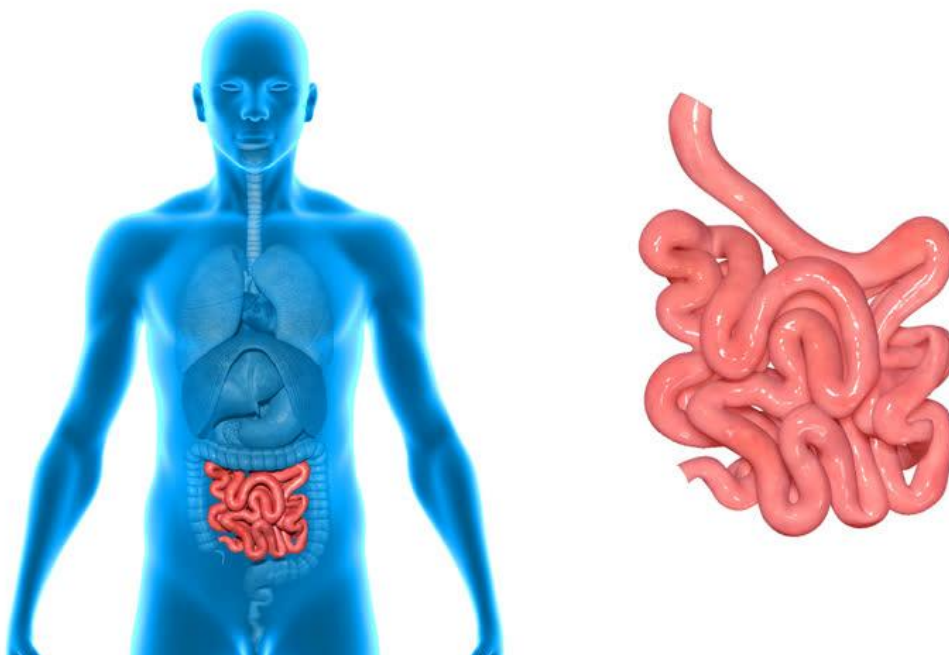
[19] VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 2. dopl. Vyd.. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.

[20] ŠPIČÁK, J. a kolektiv. *Novinky v gastroenterologii a hepatologii*. Praha, Grada publishing, 2007, ISBN: 978-80-247-1783-8.

PŘÍLOHA A



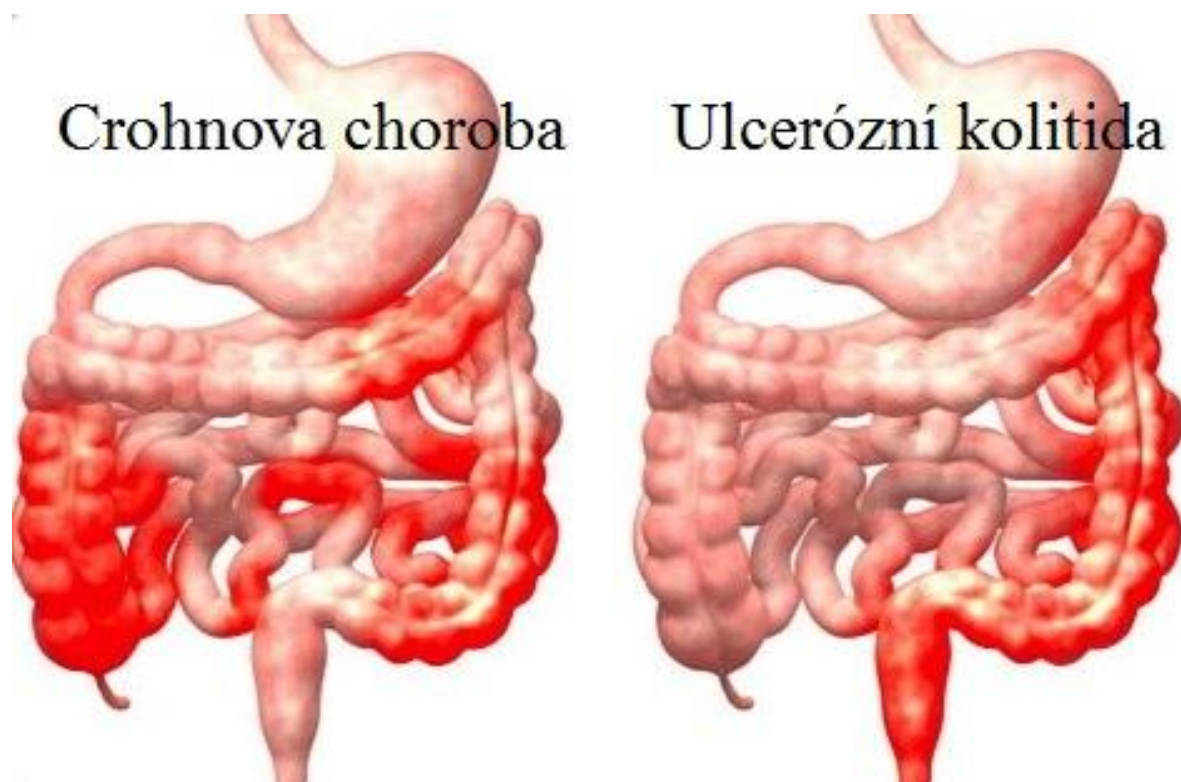
Obrázek 24: Gastrointestinální trakt



Obrázek 25: Tenké střevo



Obrázek 26: Tlusté střevo



Obrázek 27: Na snímku vlevo je Crohnova choroba, na obrázku vpravo je ulcerózní kolitida

PŘÍLOHA B

Přidělení ID:	
---------------	--

Osobní dotazník pro potřeby výzkumné části diplomové práce s názvem

Detekce akustických projevů peristaltiky a možnosti pro případnou diagnostiku

Poučení: Veškeré uvedené informace z tohoto osobního dotazníku budou použity pouze pro potřeby této studie. Vaše osobní údaje nebudou zveřejněny a ve studii budou uvedeny pouze prostřednictvím přiděleného ID (identifikačního) čísla.

V níže uvedené tabulce, prosím, vyplňte veškeré údaje.

Iniciály	
Pohlaví	
Věk	
Onemocnění GIT	
Medikace GIT	
Medikace na štítnou žlázu	
Operace břicha	
Pravidelnost stolice	
Zácpa	
Po kolika dnech následná stolice	
Průjem	
Četnost za den	

Prohlašuji a svým podpisem stvrzuji, že jsem veškeré údaje vyplnil/a pravdivě a rozumím poučení v úvodu dotazníku.

.....

Místo a datum

.....

Podpis probanda

Obrázek 28: Osobní dotazník probanda

Vzor informovaného souhlasu pacienta u klinického hodnocení

Název diplomové práce: *DETEKCE AKUSTICKÝCH PROJEVŮ PERISTALTIKY A MOŽNOST*
Jméno pacienta: *SILVIA JONASSON* *PRO PŘÍPADNOU DIAGNOSTIKU*
Datum narození: */*
Pacient byl do studie zařazen pod číslem: *1*
Odpovědný lékař: *PROF. MUDr. RNDr. JIŘÍ BENEŠ, CSc.*

1. Já, níže podepsaný (á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl (a) jsem podrobně informován (a) o cílu studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Diplomantka pověřená prováděním studie mi vysvětlila očekávané přínosy a případná zdravotní rizika, která by se mohla vyskytnout během mé účasti ve studii a vysvětlila mi, jak bude postupovat při výskytu jejího nežádoucího průběhu. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Informoval (a) jsem lékaře a diplomantku pověřené studií o všech lécích, které jsem užíval(a) v posledních 28 dnech, i o těch, které v současnosti užívám. Bude-li mi nějaký lék předepsán jiným lékařem, budu ho informovat o své účasti v klinické studii.
4. Budu při své léčbě se svým lékařem a diplomantkou spolupracovat a v případě výskytu jakéhokoli neobvyklého nebo nečekaného příznaku je budu ihned informovat.
5. Porozuměl (a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit, aniž by to jakkoliv ovlivnilo průběh mého dalšího léčení. Moje účast ve studii je dobrovolná.
6. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Do mé původní zdravotní dokumentace budou moci na základě mého uděleného souhlasu nahlédnout za účelem ověření získaných údajů zástupci sponzora, nezávislých etických komisí a zahraničních nebo místních kompetentních úřadů (v ČR Státní ústav pro kontrolu léčiv). Pro tyto případy je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, to je anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
7. S mojí účastí ve studii není spojeno poskytnutí žádné odměny.
8. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já pak naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.
10. Převzal/a jsem podepsaný stejnopis tohoto informovaného souhlasu.

Podpis pacienta:

Datum:

13.10.2017

Podpis diplomantky pověřené touto studií:

Datum: *13.10.2017*

Podpis lékaře:

Datum:

13.10.2017

001 Doc. MUDr. RNDr. JIŘÍ BENEŠ, CSc.



Obrázek 29: Informovaný souhlas

PŘÍLOHA C

Soubory přiložené na CD

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Fotografie zvonu s membránou a pryžovou hadičkou, na jejímž konci je umístěn mikrofon	35
Obrázek 2: Příprava k měření	35
Obrázek 3: Fotografie zvukové karty Steinberg UR44 zapůjčené na FM TUL.....	36
Obrázek 4: Na obrázku je zobrazen postup labelování záznamu zvuku. V prvním okénku je uveden záznam zvuku a ve druhém okénku jsou k záznamům přiřazené štítky.....	37
Obrázek 5: Ukázka zpracování záznamu, kde se odděluje užitečný signál od šumu. Štítky A reprezentují peristaltické ozvy, tedy užitečný signál.	38
Obrázek 6: Uspořádání neuronů do vrstev v dopředné neuronové síti.	41
Obrázek 7: Záznam zvuku z peristaltiky u zdravého probanda s ID 16	43
Obrázek 8: Porovnání záznamů zvuků z peristaltiky na lačno a po snídani u respondenta s ID 18	44
Obrázek 9: Porovnání záznamů zvuků z peristaltiky před obědem a po obědě u respondenta s ID 18	44
Obrázek 10: Porovnání záznamů zvuků z peristaltiky před večeří a po večeři u respondenta s ID 18.	45
Obrázek 11: Welchovo spektrum všech záznamů zvuků z peristaltiky během jednoho dne u zdravého probanda s ID 18.....	46
Obrázek 12: Grafy vykreslující záznam polknutí vody u respondenta s ID 17	47
Obrázek 13: Trojice grafů záznamu ticha u respondenta s ID 16	48
Obrázek 14: Trojice grafů záznamu šumu u respondenta s ID 16	49
Obrázek 15: Trojice grafů záznamu peristaltické ozvy, které trvá 2 sekundy	50
Obrázek 16: Graf zobrazující záznamy peristaltické ozvy (červeně), šumu (modře), ticha (zeleně) ...	51
Obrázek 17: Welchovo spektrum zobrazující záznamy škundu nebo-li peristaltické ozvy (červeně), šumu (modře), ticha (zeleně)	52
Obrázek 18: Trojice grafů záznamu peristaltiky u pacientky před operací.....	53
Obrázek 19: Záznam zvuku z peristaltiky u pacientky po břišní operaci před jídlem	54
Obrázek 20: Záznamy zvuku peristaltiky u pacientky po břišní operaci po jídle	55
Obrázek 21: Welchovo spektrum záznamů zvuků z peristaltiky u pacientky před operací (červeně), po operaci před jídlem (zeleně), po operaci po jídle (modře)	56
Obrázek 22: Grafy reprezentující záznamy zvuků z peristaltiky u pacientky před operací před jídlem (červeně) a po operaci před jídlem (modře).....	57
Obrázek 23: Dva grafy reprezentující záznam peristaltiky u pacientky po operaci před jídlem (modře) a po jídle (zeleně).....	58
Obrázek 24: Gastrointestinální trakt	66
Obrázek 25: Tenké střevo	66
Obrázek 26: Tlusté střevo	67
Obrázek 27: Na snímku vlevo je Crohnova choroba, na obrázku vpravo je ulcerózní kolitida.....	67
Obrázek 28: Osobní dotazník probanda.....	68
Obrázek 29: Informovaný souhlas	69

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Osobní dotazník.	33
Tabulka 2: Technický dotazník zdravých respondentů.....	59