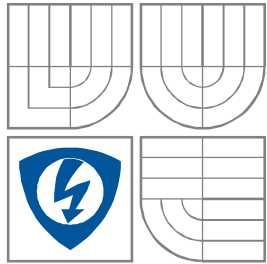


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

# APLIKACE PRO ANALÝZU ELEKTROGASTROGRAMU

APLICATION FOR ANALYSIS ELECTROGASTROGRAM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

David Jirda

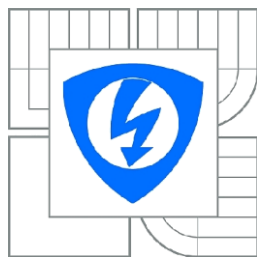
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. Oto Janoušek

SUPERVISOR

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií  
Ústav biomedicínského inženýrství

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
**Biomedicínská technika a bioinformatika**

**Student:** David Jirda  
**Ročník:** 3

**ID:** 119715  
**Akademický rok:** 2011/2012

## NÁZEV TÉMATU:

### Aplikace pro analýzu elektrogastrogramu

#### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Proveďte literární rešerši v oblasti elektrogastrogramu. Zaměřte se především na možnosti analýzy elektrogastrogramu v časové a frekvenční oblasti. 2) Navrhněte aplikaci umožňující analyzovat charakteristické parametry elektrogastrogramu. 3) Navrhněte metodiku záznamu elektrogastrogramu s využitím měřicího systému Biopac. 4) V laboratorních podmínkách zaznamenejte elektrogastrogram dobrovolníka za různých podmínek. Pro záznam použijte systém BIOPAC. 5) V programovém prostředí Matlab nebo LabView vytvořte v grafickém prostředí aplikaci umožňující načítat, předzpracovávat a následně analyzovat elektrogastrogram, a dále vyhodnocovat změny způsobené stavem dobrovolníka. 6) Vyhodnoťte přesnost a relevanci vyhodnocovaných dat a proveďte diskuzi získaných výsledků a využitelnost aplikace.

#### DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] CHEN, J.Z., McCALLUM, R.W., Electrogastrography: Principles and Applications. Raven Press, 1994.  
[2] KOCH, K.L., STERN R.M., Handbook of Electrogastrography. Oxford University Press, USA, 2003.

**Termín zadání:** 6.2.2012

**Termín odevzdání:** 25.5.2012

**Vedoucí práce:** Ing. Oto Janoušek

**Konzultanti bakalářské práce:**

**prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

#### UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma Aplikace pro analýzu elektrogastrogramu vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny v práci citovány a uvedeny v seznamu literatury.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....  
(podpis autora)

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Otu Janouškovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne.....

(podpis autora)

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá změnami charakteristických parametrů elektrogastrogramu způsobené stavem dobrovolníka. Pro záznam elektrogastrogramu (EGG) dobrovolníka byl použit měřicí systém BIOPAC. Dobrovolníkovi byl změřen záznam EGG na lačno (frekvence a amplituda), po konzumaci jídla bylo měřeno EGG každých 30 minut po dobu 2 hodin. V programovém prostředí LabView byla v grafickém prostředí vytvořena aplikace, jejímž cílem je analyzovat elektrogastrogram a také vyhodnocovat změny v signálu před a po podaném jídle.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Elektrogastrogram, měřicí systém BIOPAC, LabView, analýza elektrogastrogramu

## **ABSTRACT**

Thesis deals with the changes in characteristic parameters of electrogastrogram caused by the volunteer condition. Recording system BIOPAC was used for electrogastrogram record. EGG signals were recorded 30 minutes before eating meals, and after eating meals EGG were recorded in 30 minutes periods for whole duration of 2 hours. In the LabView programming environment the graphical application designed to analyze and evaluate electrogastrogram changes in the signal before and after food has been created.

## **KEYWORDS**

Electrogastrogram, recording system BIOPAC, LabView, electrogastrogram analysis

JIRDA, D. *Aplikace pro analýzu elektrogastrogramu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav biomedicínského inženýrství, 2012. 44s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Oto Janoušek.

# OBSAH

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. HISTORICKÝ PŘEHLED ZÁZNAMU EGG.....</b>	<b>2</b>
<b>3. ELEKTRICKÉ PROJEVY ŽALUDKU.....</b>	<b>3</b>
3.1 ANATOMIE ŽALUDKU .....	3
3.2 NORMÁLNÍ ŽALUDEČNÍ MYOELEKTRICKÁ AKTIVITA .....	5
3.3 PATOLOGICKÁ ŽALUDEČNÍ MYOELEKTRICKÁ AKTIVITA.....	6
<b>4. MĚŘENÍ EGG .....</b>	<b>7</b>
4.1 ELEKTRICKÁ AKTIVITA EGG .....	7
4.2 ZÁZNAMOVÉ ZAŘÍZENÍ EGG .....	8
4.3 ARTEFAKTY EGG ZÁZNAMU .....	10
4.3.1 Artefakty.....	11
4.4 METODY HODNOCENÍ DAT EGG .....	12
4.4.1 Kvantitativní vizuální analýza .....	12
4.4.2 Časově – frekvenční analýza.....	12
<b>5. MĚŘÍCÍ SYSTÉM BIOPAC .....</b>	<b>14</b>
5.1 METODIKA ZÁZNAMU ELEKTROGASTROGRAMU S VYUŽITÍM MĚŘÍCÍHO SYSTÉMU BIOPAC .....	15
5.2 NASTAVENÍ.....	16
<b>6. REALIZACE PROGRAMU.....</b>	<b>22</b>
6.1 NAČTENÍ DAT.....	23
6.2 PŘEDZPRACOVÁNÍ DAT A FILTRACE .....	24
6.3 ZOBRAZENÍ SIGNÁLŮ .....	24
.....	26
6.4 ANALÝZA SIGNÁLŮ .....	26
<b>7. NAMĚŘENÉ HODNOTY .....</b>	<b>28</b>
7.1 DISKUSE .....	30
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>32</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>33</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>35</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>36</b>
<b>OBSAH CD .....</b>	<b>37</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>38</b>

# 1. ÚVOD

Elektrická aktivita žaludku je doprovázena existencí fyzikálních polí, jejichž projevy - biologické signály - jsou indikátorem jeho správné aktivity, nebo naopak dysfunkce. Pro kvalifikaci těchto signálů musí být nejprve k dispozici informace o fyziologických hodnotách sledovaných parametrů, jejich průběhu za různých experimentálních podmínkách, přičemž zaznamenané údaje je nutné kvalitně zpracovat. Cílem této práce je seznámení se s funkcí gastrointestinálního traktu, jeho parametry, následnou analýzou získaných dat, až po praktické měření s měřicím systémem Biopac. Práce je rozdělena do dvou tematických bloků, teorie a realizace měření, poté následuje zpracování a analýza signálu v programovém prostředí LabVIEW.

V teoretické části je uvedena historie záznamu elektrogastrogramu, jsou objasněny základní principy vzniku signálu v žaludku a dále je charakterizována jeho anatomie. Blíže se práce zabývá užitečnými signály, které lze z elektrogastrogramu získat a následně zpracovávat. Součástí práce je vysvětlení různých druhů analýzy naměřených dat a postup měření elektrogastrogramu pomocí záznamového zařízení Biopac.

V praktické části jsme se zaměřili na realizaci softwaru pro zpracování a analýzu elektrogastrogramu, výčet použitých technik, nástrojů a zařízení. Seznámíme se s výkumnou verzí počítačového systému Biopac, který bude použit pro měření žaludeční aktivity a také se zaměříme na analýzu naměřených signálů v prostředí LabVIEW. V grafickém prostředí vytvoříme přehledný program pro analýzu a prezentaci dat, které byly importovány z prostředí Biopac do prostředí LabVIEW.

## 2. HISTORICKÝ PŘEHLED ZÁZNAMU EGG

Elektrogastrografie byla poprvé provedena a zjištěna Waltrem Alvarezem v roce 1920. Dne 14. října, 1921 Walter Alvarez zaznamenal první lidské EGG dvěma elektrodami na povrchu břicha „malé staré paní“, které byly připojeny na citlivý galvanometr. Výsledkem byl sinusový EGG signál s frekvencí 3 cykly/min (cpm). [1]

Dalším, kdo se zabýval EGG signálem, byl pediatr I. Harrison Trumpeer, který pravděpodobně jako první zaznamenal EGG u dítěte [2]. V poznámce z roku 1926 a v dalších publikacích [3] Trumpeer ohlásil použití končetinových svodů pro záznam EGG u 5-ti týdněného dítěte trpícím pylorostenózou [4].

Nicméně trvalo dalších 30 let, než by EGG signál v polovině 50. let znovuobjeven R.C. Davisem. Davis publikoval dva články o validaci EGG záznamu pomocí jehlových elektrod a použitím balónku [5]. Davis dělal jen malé pokroky, ale jeho dva články iniciovaly několik dalších výzkumníků, jako například Dr. Sterna, který v roce 1960 začal pracovat v Davisově laboratoři [4].

Stevens a Worrall (1974) byli pravděpodobně první, kdo použili techniku spektrální analýzy na EGG [6]. Díky záznamům EGG naměřených na stěně žaludku u koček a její ruční digitalizací provedli analýzu dat pomocí Fourierovy transformace [4].

Na začátku roku 1975 výzkumníci v Anglii publikovali několik studií o frekvenční analýze EGG signálu a udělali značný pokrok v technikách analýzy EGG signálu, včetně rychlé Fourierovy transformace (FFT) [4], *Phase – lock* filtrování, a autoregresním modelování [7]. Souběžně, Smout a jeho spolupracovníci z university v Rotterdamu, Nizozemí, provedli několik validačních studií EGG a učinili velké přínosy v oblasti analýzy signálu EGG. Byli prvními, kteří prokázali, že při kontrakci žaludku dochází ke zvyšování amplitudy EGG [8].

V roce 1987 byla představena van der Scheenem a Grashusem metoda spektrální analýzy pomocí Fourierovy transformace, díky které lze získat informace jak o frekvenci EGG, tak o její časové variaci [9]. Později Chen vyvinul moderní techniku spektrální analýzy založené na autoregresním klouzavém průměru. Tato metoda poskytuje lepší frekvenční rozlišení a přesnější informace o elektrické aktivitě žaludku [10].



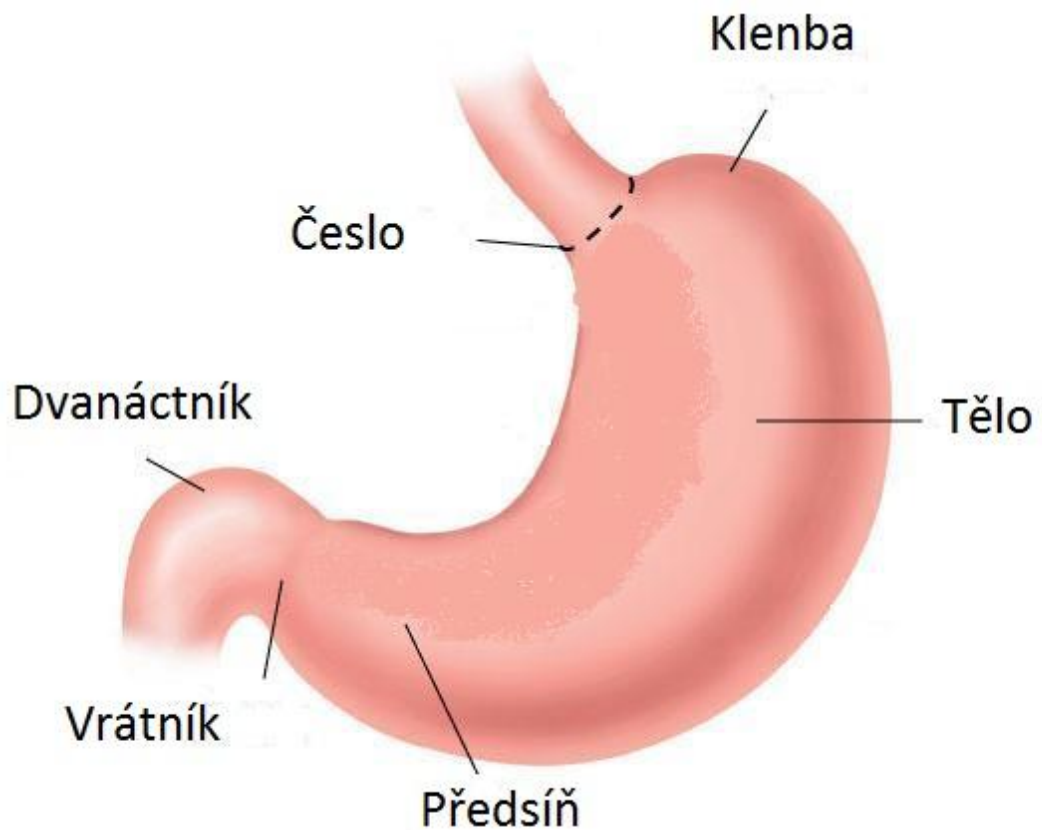
## 3. ELEKTRICKÉ PROJEVY ŽALUDKU

### 3.1 Anatomie žaludku

Žaludek tvoří nejširší část trávicí trubice. Je uložen v horní části břišní dutiny pod játry a bránicí a je částečně ukryt pod levým žeberním obloukem. Má tvar vaku, avšak jeho tvar a velikost se mění v závislosti na naplnění a poloze těla. Navazuje na jícen, z druhé strany z něj vychází duodenum (dvanáctník). Mezi základní funkce žaludku patří mechanické zpracování, chemické rozměňování a trávení potravy [11]. Anatomii žaludku vidíme na obrázku č. 1.

Žaludek je rozdělen do pěti anatomických oblastí:

- česlo (cardia)
- klenba (fundus)
- tělo (corpus)
- předsíň (antrum)
- vrátník (pyloru)



Obrázek č. 1: Makroskopická anatomie žaludku [ 26].

Česlo je kónická oblast vyústění jícnu do žaludku. Fundus tvoří horní část žaludku, která je kranálně vyklenutá proti bráni. Na něj navazuje tělo dosahující až k zářezu na malé zakřivení (angulus). V této oblasti žaludek přechází do předstíň, která se liší od gastrického těla tím, že jeho sliznice je hladká a neobsahuje řasy. Spodní část žaludku, pylorus, přechází do prvního úseku tenkého střeva – dvanáctníku.[11]

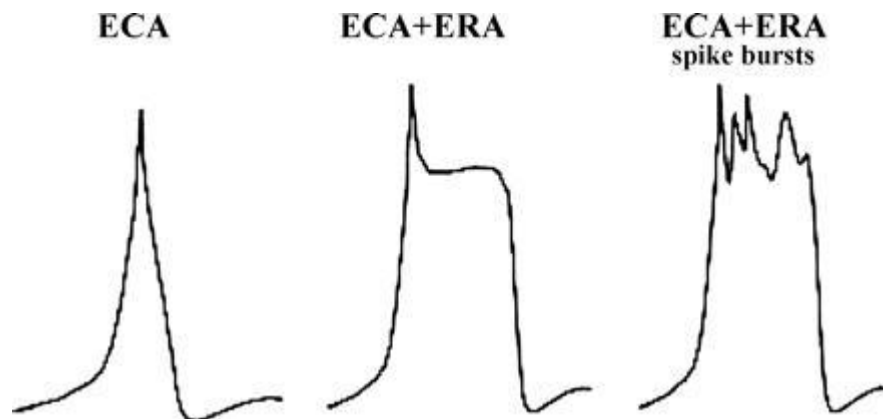
Stěna žaludku i duodena je tvořena čtyřmi vrstvami: sliznicí, podsliznicí, svalovinou a vazivovou blánou (serózou). Žaludek je zásoben třemi větvemi celiakální tepny (levá žaludeční, slezinná a společná jaterní tepna), které mezi sebou vytváří velké množství anastomóz. To je důvod, proč jen velmi zřídka dochází k žaludeční ischemii. [11]

## 3.2 Normální žaludeční myoelektrická aktivita

Podél celého gastrointestinálního traktu probíhá myoelektrická aktivita. Studie *in vitro* s použitím hladké svaloviny žaludku odhalily nezávislou myoelektrickou činnost (GMA) z různých regionů v žaludku. Nejvyšší frekvence žaludeční myoelektrické činnosti byly naměřeny v corpusu a nejnižší frekvence v distálním antrum.[12]

Nicméně *in vivo* studie prokázaly jednotnou frekvenci v celém břiše za fyziologických podmínek, protože nejvyšší frekvence žaludku v corpusu determinuje myoelektrickou činnost zbytku žaludku a posouvá ji na stejnou frekvenci.[12]

Žaludeční myoelektrická činnost je tvořena pomalými vlnami a „spike“ potenciály. Pomalé vlny se taky nazývají „*pacesetter potenciál*“ nebo „*electrical control activity*“ (ECA). „Spike“ potenciály jsou také nazývány jako akční potenciály neboli „*electrical response activity*“ (ERA), jak je ukázáno na obrázku č. 2. [13,14]. I když se věřilo, že pomalé vlny pochází z hladké svaloviny, poslední studie *in vitro* ukazují, že za vznik a šíření pomalých vln jsou odpovědné intersticiální buňky Cajal (ICC). Frekvence normální pomalé vlny je 3 cykly/min (cpm) a je u nich známo, že stanovují maximální frekvenci a také způsobují šíření žaludečních kontrakcí.[15]



Obrázek č. 2: Elektrická a kontraktilní aktivita žaludečních buněk hladkého svalstva [29 ].

O „spike“ potenciálech je známo, že jsou přímo spojeny s žaludečními kontrakcemi. Z toho vyplývá, že ke kontrakci žaludku dochází, pokud se pomalé vlny překrývají se „spike“ potenciálem. Doposud se však nepodařilo najít souvislost mezi jednotlivými „spike“ potenciály, jak je tomu například u tenkého střeva. [16]

### **3.3 Patologická žaludeční myoelektrická aktivita**

Žaludeční myoelektrická činnost může být abnormální díky nemoci, vnějším podnětům, nebo dokonce spontánně. Abnormální žaludeční činnost zahrnuje žaludeční arytmie a elektromechanické separace. Mezi žaludeční arytmie patří:

- tachygastrie
- bradygastrie
- arytmie

Tachygastrie se ve více než 80% případů nachází v antru a šíří retrogradely do oblasti proximálního žaludku. To může částečně nebo zcela potlačit pomalé vlny [17].

Bradygastrie, na rozdíl od tachygastrie, není mimoděložní a odráží se tak pouze snížením frekvence. To znamená, že celý žaludek se posouvá do jednoho kmitočtu. Bradygastrie vzniká v corpusu a šíří se distálně směrem k pyloru [17].

Četné studie prokázaly, že žaludeční arytmie je spojována s pohybovými žaludečními obtížemi a/nebo gastrointestinálními symptomy [13,14]. Frekvence arytmií popisuje tabulka č. 1 (strana č. 11).

## 4. MĚŘENÍ EGG

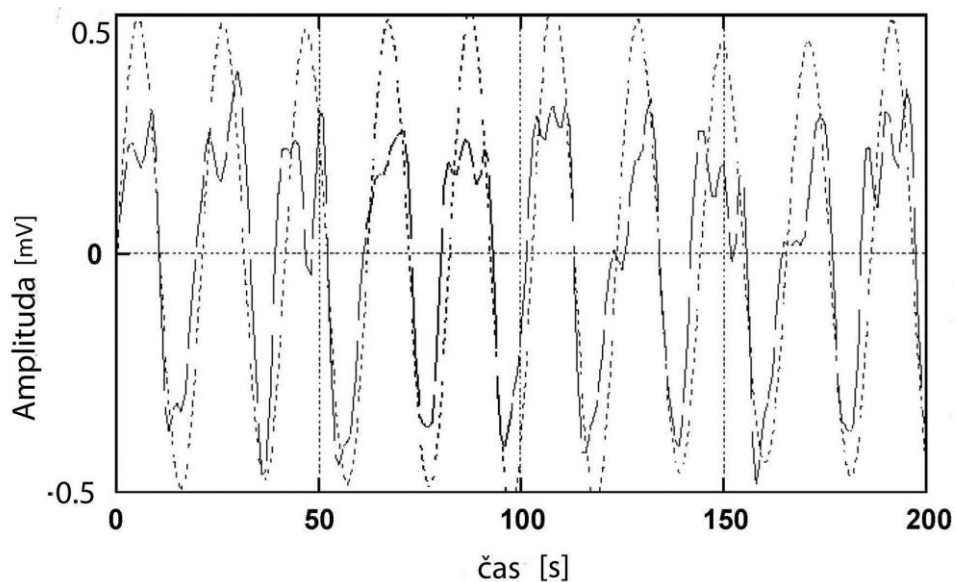
Žaludeční myoelektrickou činnost můžeme měřit dvěma způsoby:

- **Invazivně** (způsob vyšetřování, při níž nástroje či lékařské pomůcky pronikají do organismu)
- **Neinvazivně** (způsob vyšetřování, při níž nástroje či lékařské pomůcky nepronikají do organismu)

Invazivní metody a jejich aplikace jsou omezeny pouze na laboratorní prostředí a na zvířata. Naše práce byla zaměřena na neinvazivní způsob měření EGG.

V lékařském prostředí je měření lidského EGG realizováno pomocí povrchových elektrod. Jelikož se jedná o neinvazivní metodu, nemělo by měření nepříznivě ovlivnit probíhající činnost žaludku. [16]

### 4.1 Elektrická aktivita EGG



Obrázek č. 3: Záznam EGG signálu zdravého dobrovolníka [27]

Na obrázku č. 3 je znázorněn dvousekundový EGG záznam zdravého dobrovolníka (plná čára). Zobrazené signály z tří bipolárních elektrod byly zprůměrovány a byla použita vlnková transformace pro lepší analýzu (přerušovaná čára).

Jak uvádí různé studie, maximální amplituda by se měla nacházet v rozsahu od 0.5 – 9.0 cpm [16]. Obrázek 3 ukazuje, že maximální amplituda 0.5 mV se nachází zhruba po dvaceti vteřinách záznamu, což odpovídá předpokladům. Amplituda odráží správnost žaludečních pomalých vln. Pomalé vlny jsou považovány za abnormální, jestliže se amplituda nenachází ve frekvenčním rozsahu 2 – 4 cpm. I když není stanovená žádná definice rozsahu pomalé vlny, je obecně známo, že se frekvence u zdravých jedinců pohybuje mezi 2,0 – 4,0 cpm [16]. Různé abnormality spolu s jejich frekvencemi jsou popsány v předchozí kapitole a tabulce č. 1 (strana č. 11).

## 4.2 Záznamové zařízení EGG

Pro záznam EGG se používají specializované lékařské přístroje.

Zařízení zaznamenávající EGG musí obsahovat:

- zesilovače
- filtry
- A/D převodník

Ideální EGG zesilovače by měly být schopny zesílit signál ze žaludku a účinně zamezit vzniku rušení, a zároveň generovat co nejmenší vlastní šum. EGG signál musí být zesílený, protože má relativně nízké amplitudy (50 – 500mV). Abnormální frekvence EGG mohou dosahovat velikosti od 0,5 – 9 cpm. Frekvenční rozsah pomalých vln, které chceme měřit, odpovídá 0,5 – 18 cpm [18,19]. Doporučuje se, aby vzorkovací frekvence byla minimálně dvakrát vyšší, než je nejvyšší frekvence signálu, který nás zajímá. Vzorkovací frekvence pro digitalizaci EGG signálu by tedy měla odpovídat 1Hz (60 cpm) [20].

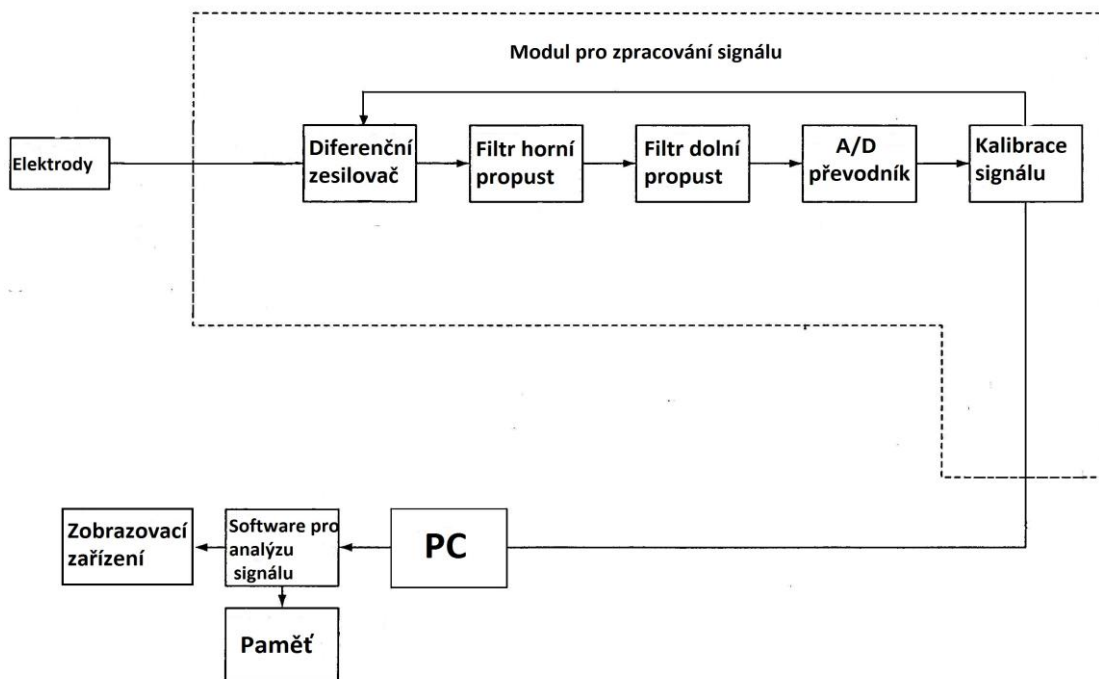
Jedním z nejdůležitějších účinků vzorkování analogového signálu je tzv. „aliasing“. Vyskytuje se jako přímý důsledek neplatnosti vzorkovacího teorému, který uvádí, že: [22,23]

$$F_s = \frac{1}{T_s} \geq 2F_h, \quad (3.6)$$

kde  $F_s$  je vzorkovací frekvence,  $T$  je vzorkovací interval a  $F_h$  je nejvyšší frekvence obsažená v signálu

Pokud tato podmínka není splněna, dochází k překrytí frekvenčních spekter vzorkovaného signálu a tedy i k překrytí informace. Aliasingu je žádoucí předejít, protože pokud tento jev nastane, jeho následky se odstraňují jen velmi těžce. Proto se před převodník analogového signálu na diskrétní používá tzv. „antialiasingový filtr“, který je realizovatelný jako dolní propust, jenž filtruje frekvence vyšší, než jsou frekvence odpovídající vzorkovacímu teorému [22].

Praktický přístup k nastavení filtrů je takový, že signál je filtrován horní propustí analogového filtru s mezní frekvencí 0,001 – 0,016 Hz a dolní propust s mezní frekvencí 0,25 – 0,5 Hz. Je žádoucí digitálně filtrovat signál až po jeho analogově – digitálním převodu, protože digitální filtry by měly být přesnější. Tyto filtry se již nacházejí v softwaru, a představují filtry s horní propustí v rozmezí 0,008 – 0,016Hz a dolní propustí v rozmezí 0,25 – 0,3 Hz. Digitální filtrace již změřeného signálu umožňuje větší flexibilitu a umožňuje se před analýzou zaměřit na různé aspekty. [21]



Obrázek č. 4: Blokové schéma pro záznam a analýzu EGG signálu

Obrázek 4 znázorňuje blokové schéma systému: Elektrody se připojí na modul pro zpracování signálu. Standardní přístrojový zesilovač zesílí signál z elektrod, po zesílení signálu následuje filtr typu horní propust a posléze filtr typu dolní propust. Signál je následně přiveden na 16ti-bitový A/D převodník. Digitalizovaný signál z elektrod projde kalibrací a poté je přiveden do PC a softwaru, který signál analyzuje a koordinuje přenos dat do zobrazovacího zařízení.[21]

### 4.3 Artefakty EGG záznamu

Stejně jako ostatní fyziologické nahrávky z povrchu lidského těla, i EGG obsahuje kromě žaludečního signálu i šum. Ve srovnání s jinými povrchovými záznamy, jako je např.: EKG, je kvalita EGG většinou špatná, signál je narušen nebo zcela překryt šumem. Šum se skládá z artefaktů dýchacích cest, rušení z tenkého střeva, EKG a pohybových artefaktů [21].



### 4.3.1 Artefakty

Dýchací artefakt má frekvenci 12 – 24 cpm. To je problém, který se nachází v každém EGG záznamu. Občas mohou být zaznamenány i pomalé vlny z tenkého střeva, jejichž frekvence je 12 cpm v duodenu a 9 cpm v ileu. Frekvence EKG je mezi 60 – 80 cpm. Tento signál může být odstraněn pomocí filtru dolní propust, protože frekvence filtru je mnohem vyšší, než signál ze žaludku. Frekvence pohybových artefaktů je v celém rozsahu frekvence záznamu. Aby bylo zamezeno pohybovým artefaktům, pacient musí být v naprostém klidu bez mluvení [21].

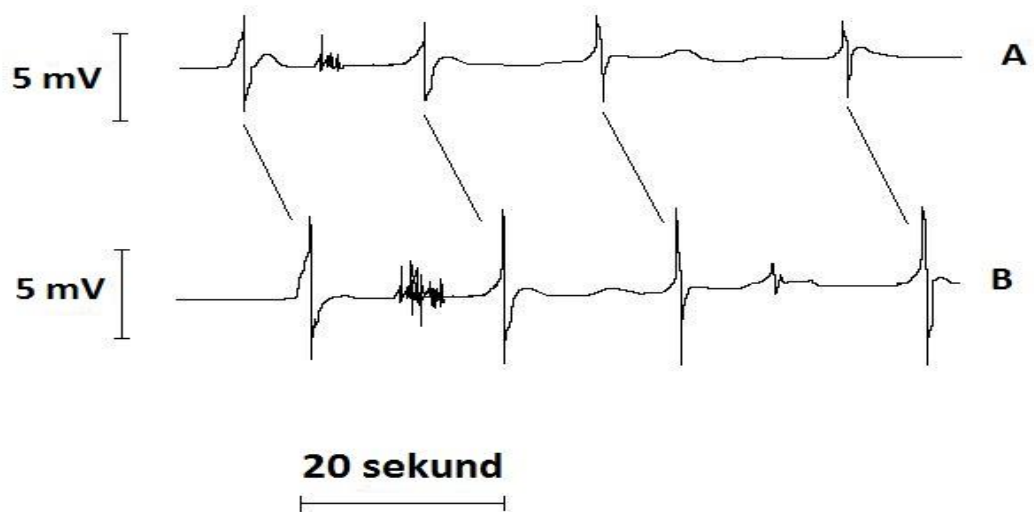
	Složení EGG	Frekvence [Hz]	Frekvence [cpm]
<b>signál</b>	Gastrické pomalé vlny	0,008 – 0,165	0,5 – 9,9
	Normální EGG	0,04 – 0,06	2,4 – 3,6
	bradygastrie	0,008 – 0,040	0,5 – 2,4
	tachygastrie	0,040 – 0,165	3,6 – 9,9
<b>šum</b>	dech	0,20 – 0,40	V celém rozsahu
	Tenké střevo	0,13 – 0,2	
	EKG	1,0 – 1,3	
	Pohybové artefakty	V celém rozsahu	

Tabulka č. 1: Frekvenční rozložení šumu a užitečného signálu[21]

## 4.4 Metody hodnocení dat EGG

### 4.4.1 Kvantitativní vizuální analýza

Tato metoda spočívá pouze v počítání počtu vln v určitém časovém intervalu, na obrázku č. 5 po dvaceti sekundách [21].



Obrázek č. 5 EGG signály z proximálního (A) a distálního (B) antrum [29]

### 4.4.2 Časově – frekvenční analýza

Složitější metoda analýzy EGG signálu využívá matematické operace ve frekvenční oblasti. K převodu do frekvenční oblasti se používá algoritmus rychlé Fourierovy transformace realizovaný pomocí počítače.

### a) Fourierova transformace

Fourierova transformace převádí signály, které jsou funkcí jedné proměnné (čas nebo frekvence) do funkce druhé proměnné (frekvence nebo čas), přičemž proměnné jsou nezávislé. Tyto dvě transformace nejsou zcela podobné kvůli rozdílnému znaku v exponentu. Je zcela zřejmé, že transformace signálu  $V(t)$  z časové do frekvenční oblasti potřebná k získání  $F(f)$ , by měla být prováděna integrací po celou dobu trvání intervalu, ve kterém je funkce  $V(t)$  definována. Obecně platí, že v případě spojité funkce integrace probíhá v rozmezí od  $-\infty$  do  $+\infty$ .

Nicméně v praxi je třeba stanovit skutečné limity, které nekonečna nedosahují. Z tohoto důvodu jsme získali  $F'(f)$ , kdy je omezen integrál skutečné funkce  $F(f)$ . [20,22]

$$F(f) = |F(f)| \cdot e^{if(f)} \quad (3.1)$$

, kde  $|F(f)|$  je velikost (nebo amplituda) spektra  $V(t)$ ,  $F(t)$  je fázové spektrum

Druhá mocnina velikosti spektra definuje jeho výkonové spektrum. Tyto tři subjekty jsou velmi užitečné pro praktické hodnocení  $F(f)$  [23].

### b) Hartleyova transformace

Nová transformace byla navržena jako reálná alternativa ke komplexní Fourierově transformaci. Myšlenka Hartleyovy transformace byla navržena Ralphem Hartley v roce 1942 a v poslední době na ni pracoval Bracewell. Tato transformace představuje *digitálně – analogovou* transformaci. Tato metoda mění skutečný vstup na skutečný výstup bez vlastní účasti komplexních čísel. Jako problém se ukázala definice vztahu mezi  $H(f)$  a  $F(f)$ . Bracewell poukázal na to, že pokud,  $H(f) = E(f) + 0(f)$ , kde  $E(f)$  a  $0(f)$  jsou liché a sudé části  $H(f)$ , potom [24] :

$$E(f) = \frac{[H(f) + H(-f)]}{2} = \int_{-\infty}^{+\infty} V(t) \cdot \cos(2\pi ft) dt \quad (3.2)$$

$$0(f) = \frac{[H(f) - H(-f)]}{2} = \int_{-\infty}^{+\infty} V(t) \cdot \sin(2\pi ft) dt \quad (3.3)$$

,pak je snadné si uvědomit, že:

$$E(f) - j0(f) = F(f) \quad (3.4)$$

Hartleyova transformace je tedy reálná část Fourierovy transformace, od které je odečtena imaginární část. Velikost spektra lze snadno získat z Hartleyovy transformace pomocí [24]:

$$|F(f)|^2 = \frac{[H(f)^2 - H(-f)^2]}{2} \quad (3.5)$$

### c) Rychlé algoritmy

Výpočet Fourierovy transformace (DFT) nebo Hartleyovy transformace (DHT) jsou časově a výpočetně náročné. Proto byly navrženy rychlé algoritmy nejprve pro DFT a poté pro DHT. Tyto algoritmy jsou známé jako rychlá Fourierova transformace (FFT) a rychlá Hartleyova transformace (FHT). Existují dvě skupiny algoritmů, z nichž každá rozkládá vzorkovaný signál určitým způsobem. První skupina algoritmů je založena na frekvenčním dělení, která rozkládá původní signál do sekcí po sobě jdoucích vzorků až do N-1. Druhá skupina algoritmů je založená na dělení v čase [22,23,24].

## 5. MĚŘÍCÍ SYSTÉM BIOPAC

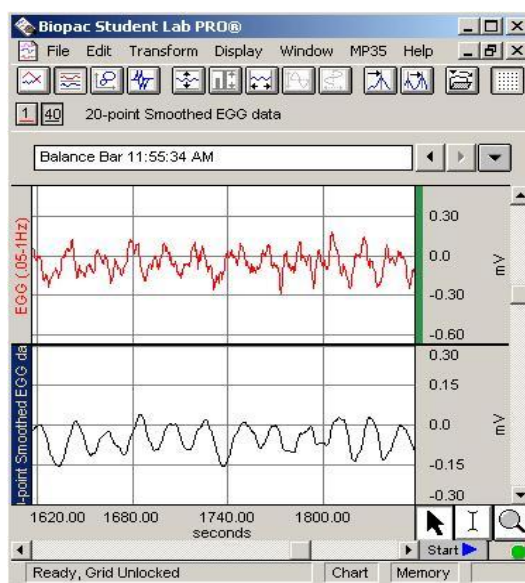
Pro záznam EGG signálu v podmínkách laboratorního prostředí byl použit systém Biopac.

Student BIOPAC laboratorní systém firmy Biopac® slouží studentům pro sběr fyziologických signálů a dat. Software firmy Biopac® je připojen ke sběrné MP3X jednotce, která přijímá data signály z elektrod a převodníků. Zaznamenávané elektrické signály jsou velmi malé, proto hardware obsahuje řadu zesilovačů, filtry odstraňují

nežádoucí šum a rušivé signály, a následně data digitalizuje a transformuje do formy čitelné obslužným softwarem. Biopac student PRO systém poté zobrazí tyto hodnoty jako křivky na monitoru. Po získání signálů systém umožňuje realizovat proces analýzy a umožňuje tak uživateli srovnání dat, rozměření frekvence a amplitudy.

## 5.1 Metodika záznamu elektrogastrogramu s využitím měřicího systému BIOPAC

Všechny sběry dat a následnou analýzu provádíme pomocí systému BIOPAC MP3X jednotky a Student Biopac PRO softwaru [28]. Obrázek č. 6 ilustruje měřicí okno systému.



Obrázek č. 6: Student Biopac PRO software [28]

Pro zajištění reprodukovatelnosti a věrohodnosti měření byl vypracován následující měřicí protokol, který je pro názornost a snadnou použitelnost formulován jako jednoznačná posloupnost úkonů.

**Cíl práce:**

- Nahrát EGG z lidského subjektu pomocí povrchových elektrod
- Analyzovat frekvence záznamu pomocí rychlé Fourierovy transformace
- Subjekt zkonsumuje jídlo a EGG záznam bude nasnímán před a po jídle

**Přehled:**

U jedince se zaznamenává žaludeční signál v pravidelných intervalech, který je snímán povrchovými elektrodami. U zdravých jedinců je frekvence signálu zhruba 3 cpm. Amplituda a frekvence se změní poté, co subjekt zkonsumuje jídlo. Subjekt bude připojen na tři jednorázové povrchové elektrody, které budou umístěny nad žaludkem pro záznam EGG.

**Zařízení:**

- BIOPAC kabel pro vedení souboru (SS2L)
- BIOPAC elektrody (EL503) – tři na jeden subjekt
- Gel a brusný materiál (BIOPAC gel 1 a ELPAD)
- Počítač se systémem XP/Win 7 nebo Mac OS X
- BIOPAC Student Lab PRO software
- BIOPAC jednotka pro získání dat (MP35/MP30)

## 5.2 Nastavení

**Hardware:**

- 1) Ujistěte se, že zařízení MP30 je vypnuto
- 2) Zapněte počítač
- 3) Připojte kabel Lead (SS2L) do CH2.

**Software:**

- 1) Spustíte BSL PRO software
- 2) Otevřete EGG soubor se šablonou z nabídky: File menu → Open → choose Files of type: Graph Template (\*.GTL) → File Name: [h34.gtl](#)

**Kalibrace:**

Není zapotřebí

**Subjekt:****1) Příprava subjektu pro získání nejlepších výsledků**

Pacient musí být v pohodlné poloze na zádech, nebo sedět v polohovacím křesle v tiché místnosti po celou dobu studie. Pacient by neměl být zapojen do žádných rozhovorů, kvůli snížení pohybových artefaktů [10]. Základní předpoklady korektního měření jsou:

- a) odstranit všechny kovové šperky.
- b) Ujistit se, že se subjekt nedotýká žádného ocelového předmětu (např.: židle, kovová trubka).
- c) lehce otřít pokožku brusnou destičkou a na místo kontaktu kůže s elektrodou nanést gel.

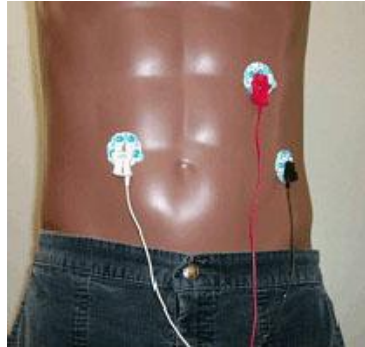
- Vzhledem k tomu, že EGG signály jsou velmi slabé, je velmi důležité, aby se minimalizovala impedance mezi kůží a elektrodami. Na povrchu břicha, kde musí být elektrody připojeny, je nezbytné místo očistit, případně oholit. Pokud není kůže dobře připravena, EGG může obsahovat významné pohybové artefakty [21].

**2) Připojit jednorázové elektrody na tělo subjektu, jak je uvedeno níže.****Pozice elektrod:**

Pro používané EGG záznamy se běžně používají elektrokardiografické typy elektrod. I přesto, že není zaveden žádný standard, se všeobecně uznává, že by aktivní plocha elektrody nejbližší k antrum jak jen je to možné pro co největší snížení artefaktů.

EGG signály mohou být zaznamenány jak unipolárními, tak bipolárními elektrody, ale bipolární záznam dává signály s vyšším poměrem signál/šum [25].

- a) umístění dvou elektrod na obou stranách břicha nad žaludkem.
- b) umístění třetí elektrody nad jednu z prvních dvou elektrod.



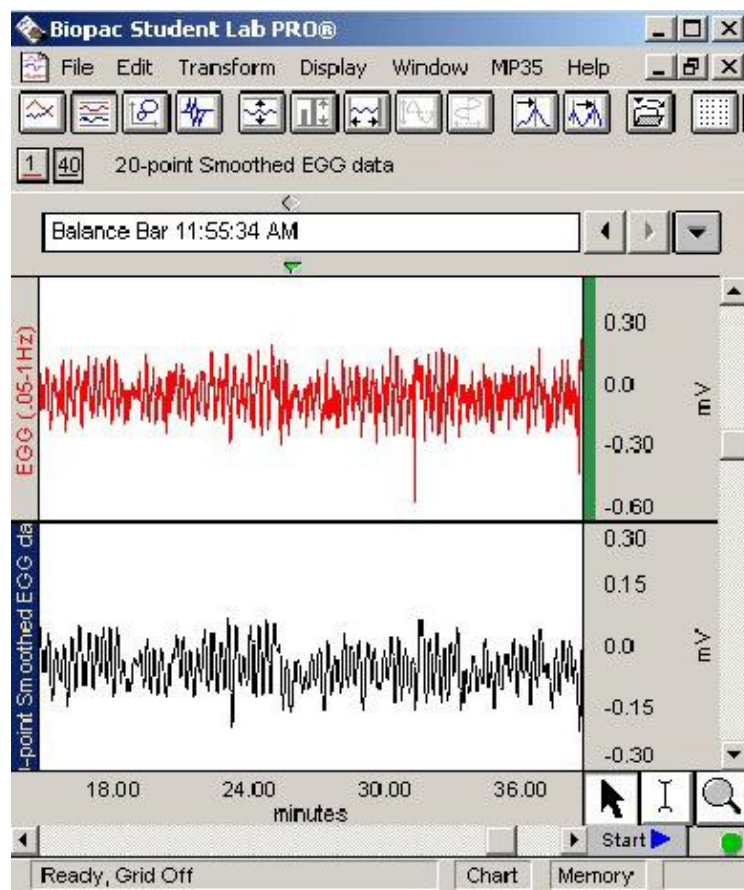
Obrázek č. 7: Umístění elektrod pro záznam EGG [28].

- 3) **Připojte elektrody SS2L dle barev**, jak je uvedeno výše.
- 4) **Zapněte přístroj MP3X.**
- 5) **Počkejte 5 minut** od zapojení elektrod k začátku nahrávání z důvodu usazení gelu pro zajištění dobré vodivosti.

#### **Záznam:**

- 1) Zmáčkněte na tlačítko *start* pro začátek nahrávání.
  - Na obrazovce se objeví dva kanály dat. Horní kanál zobrazuje nezpracované EGG a spodní kanál znázorňuje filtrovanou verzi stejného signálu. Údaje budou vypadat podobně jako na následujícím obrázku.





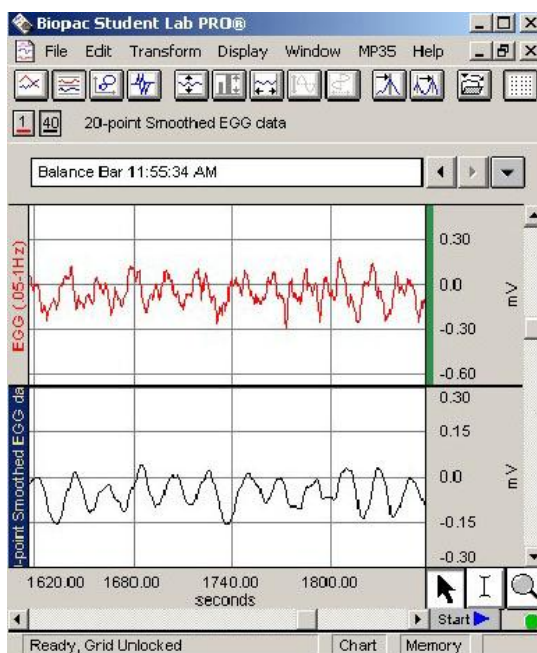
Obrázek č. 8: Dvoukanálové zobrazení EGG signálu [28]

2) Záznam EGG nahráváme minimálně 10 minut v klidu, poté stiskneme tlačítko *zastavit nahrávání*.

- Klinické nahrávání EGG trvá většinou 2 – 3 hodiny (pro záznam na lačno a po jídle), ale základní charakteristiky EGG záznamu můžeme pozorovat za mnohem kratší dobu.
- Šablona je automaticky nastavena na 30 minut záznamu, ale může být prodloužena či zkrácena podle toho, jak je žádoucí.
- Nahrávání se obvykle provádí 6 hodin od posledního sousta. Léky, které by mohli změnit GMA, jako jsou např.: narkotická analgetika, nesteroidní protizánětlivé léky atd., by neměli být požití minimálně 48 hodin před záznamem. EGG by mělo být zaznamenáváno po dobu 30 minut a více nalačno, a 30 minut a více po jídle. Záznam menší než 30 minut nemusí obsahovat spolehlivé údaje. [18]

- 3) Subjekt se posadí a sní nějaké jídlo, po jídle se opět uloží do klidového stavu a relaxuje.
- 4) Zmáčkněte tlačítko *start* pro začátek nahrávání.
- 5) Záznam EGG nahráváme minimálně po dobu 10 minut v klidu, potom stiskneme tlačítko *zastavit nahrávání*.

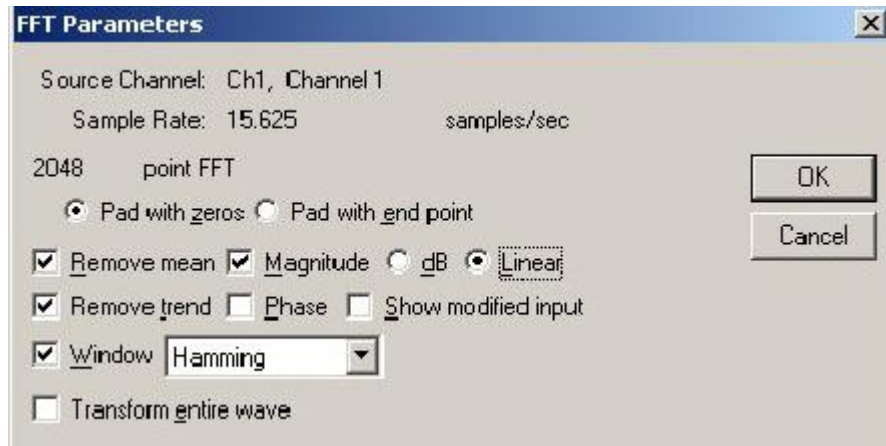
Následně se zobrazí okno s EGG daty jak neupravenými, tak vyhlazenými. Můžeme jasně vidět tři kontrakce za minutu. Svislé čáry mřížky jsou nastaveny na jednominutové intervaly.



Obrázek č. 9: Dvoukanálové zobrazení EGG signálu po jídle [28]

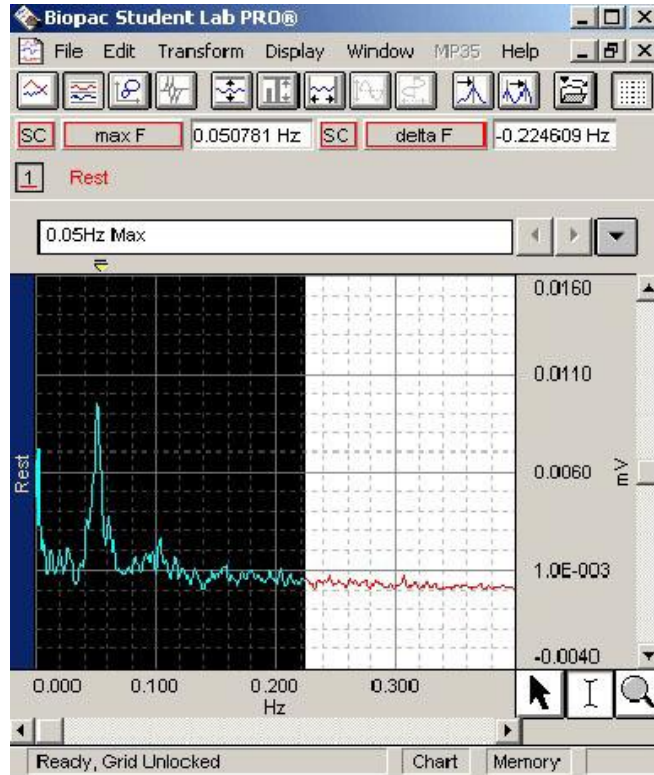
### Analýza:

- 1) Vyberte část neupraveného EGG záznamu pomocí *I - beam* nástroje.
- 2) Vyberte FFT z nabídky *Transform menu*.
- 3) Vyberte možnost *Remove mean*, *Remove trend* a *Linear* a poté klepněte na tlačítko OK (obr. č. 10).



Obrázek č. 10: Nastavení parametrů FFT [28]

- 4) Systém provede FFT na vybranou oblast dat. Okno by mělo vypadat jako na následujícím obrázku (obr. č. 11). Měli bychom vidět vrchol aktivity v blízkosti 0.05 Hz, což představuje tři kontrakce za minutu.



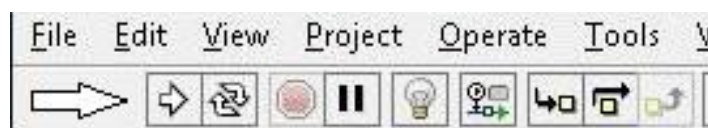
Obrázek č. 11: Data EGG po analýze FFT [28]

- 5) Pokud byl proveden test před jídlem i po něm, opakujte analýzu pro druhý segment.
- 6) Pro potvrzení, že hodnota FFT je správná, proveďte následující měření:
  - Zvýrazněte vrcholovou část FFT (viz. obrázek č. 11 ).
  - Vyberte maximální frekvenci měření z rozbalovacího okna pro měření.

Snímek číslo 11 zobrazuje výsledek FFT z jednoho segmentu EGG dat, s výsledkem maximální frekvence 0.05 Hz.

## 6. REALIZACE PROGRAMU

Program pro analýzu elektrogastrogramu je navržen v programovém prostředí LabVIEW 2011 s doinstalovanou knihovnou NI Device Drivers. Program vyhodnocuje frekvenci a amplitudu EGG před a po jídle a zobrazuje tyto signály. Spouští se pomocí tlačítka *Run* na hlavním panelu. Po stisknutí se objeví okno pro načtení EGG před jídlem a následně další okno pro načtení signálu po jídle. Chod celého programu je zajištěn pomocí struktury *While Loop*, pouze část pro načtení obou signálů je samostatná a zajišťuje ji *Stacked Sequence Structure*. Celý program je rozdělen na dvě části, část pro zobrazení signálu a část pro analýzu signálu. Spuštění programu ilustruje obrázek č. 12.

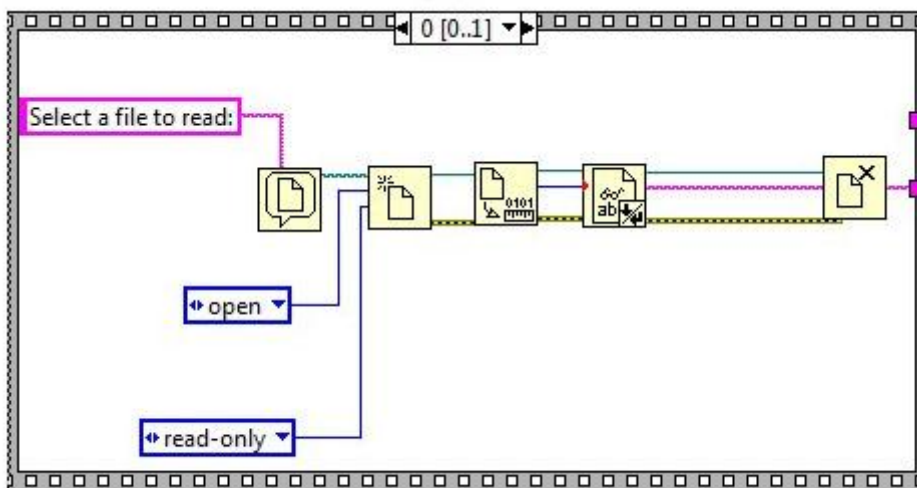


Obrázek č. 12: Start programu v LabVIEW

## 6.1 Načtení dat

Část programu pro načtení dat se skládá z pěti funkčních bloků, které jsou umístěny v paletě nástrojů *Programming – File I/O*. Jejich správná funkce je zajištěna pomocí *Stacked Sequence Structure*. Naměřená data načítáme z textového souboru *\*.txt*.

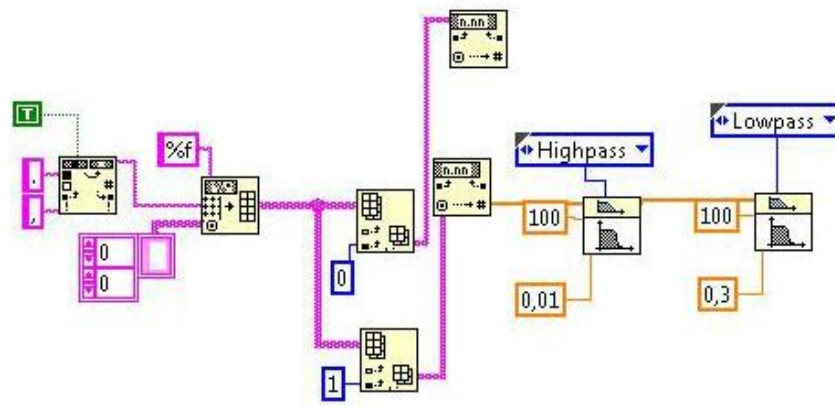
Blok *File dialog* zobrazí na obrazovku adresář, ze kterého budou naměřené signály načítány. K načtení obou signálů jak před jídlem, tak po jídle byla použita *Open File* funkce. Po zapnutí programu se nejprve objeví okno pro načtení datového souboru před jídlem, po potvrzení se otevře druhé okno pro načtení druhého souboru po jídle. Poté se zjistí velikost načtených dat a *Read from Text File* funkce převede tyto data do formátu „string“. Pokud načtený soubor hodnot bude menší než 0, nebo některý z dvojice souborů pro načtení vynecháme, program se zastaví a objeví se okno s chybovým hlášením.



Obrázek č. 13: Část programu pro načtení dat

## 6.2 Předzpracování dat a filtrace

Jelikož načtený datový soubor je ve formátu „\*.txt“, kde v hodnotách namísto desetinných čárek jsou desetinné tečky, které systém LabVIEW nerozpozná, musí být nejdříve zajištěna jejich výměna. Právě tak pracuje první blok *Search and Replace String Function*. Následně jsou „string“ data převedena do jednotlivých polí, kde float (%f) nám zajišťuje formát desetinných čísel.



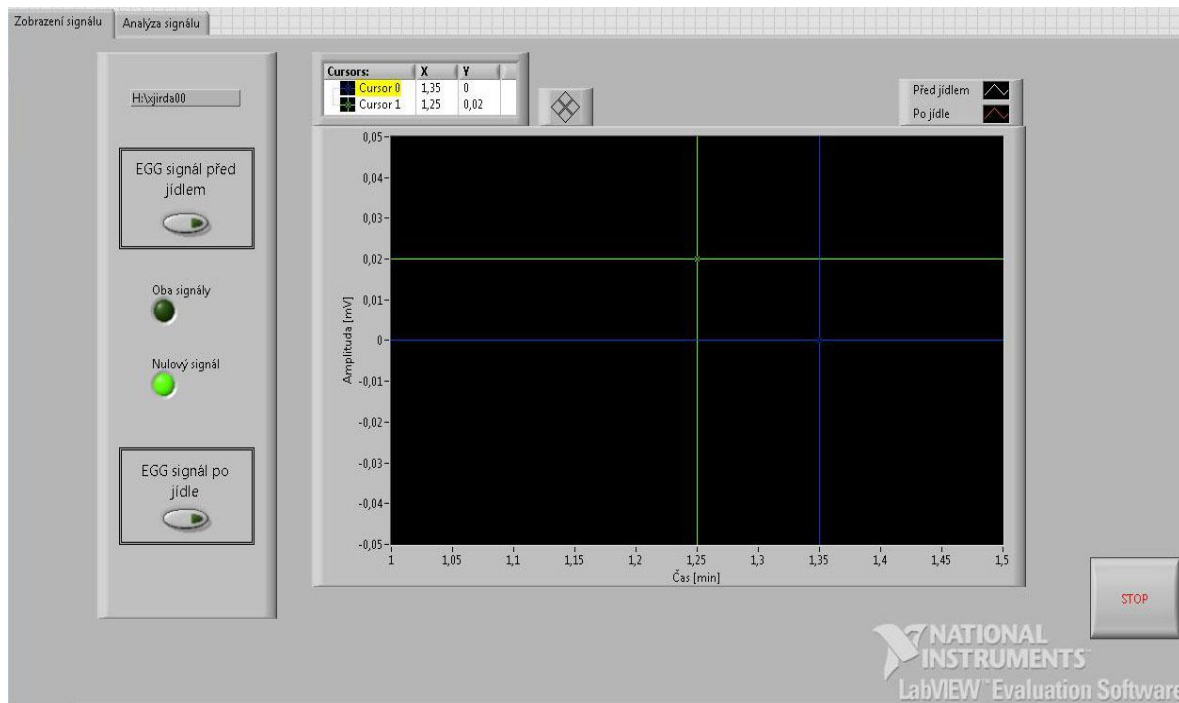
Obrázek č. 14: Předzpracování a filtrace dat

Data jsou poté rozdělena do jednotlivých sloupců, index 0 představuje značení pro sloupec s časem a index 1 pro sloupec s daty a ty jsou posléze převedeny z formátu „string“ na formát „double“. Pro filtrace dat byl použit filtr typu horní a dolní propust. Oba filtry jsou nastaveny na vzorkovací frekvenci 100Hz, filtr typu horní propust má mezní frekvenci 0,008 Hz a filtr typu dolní propust mezní frekvenci 0,3 Hz.

## 6.3 Zobrazení signálů

Po načtení obou signálů se na hlavní liště nejprve rozsvítí indikátor pro nulový signál, tudíž graf zůstane prázdný. Na liště pro ovládání programu se nachází adresář pro načtení obou signálů a také jednotlivá tlačítka pro zobrazení signálů. Při stisknutí spínače „EGG signál před jídlem“ se na grafu zobrazí pouze signál naměřený před jídlem a naopak. Při stisknutí obou spínačů se rozsvítí kontrolka „Oba signály“ a graf oba naměřené signály zobrazí. V grafu se také nachází dva kurzory, které se ovládají pomocí šipek umístěných nad grafem a označením příslušného kurzoru, se kterým

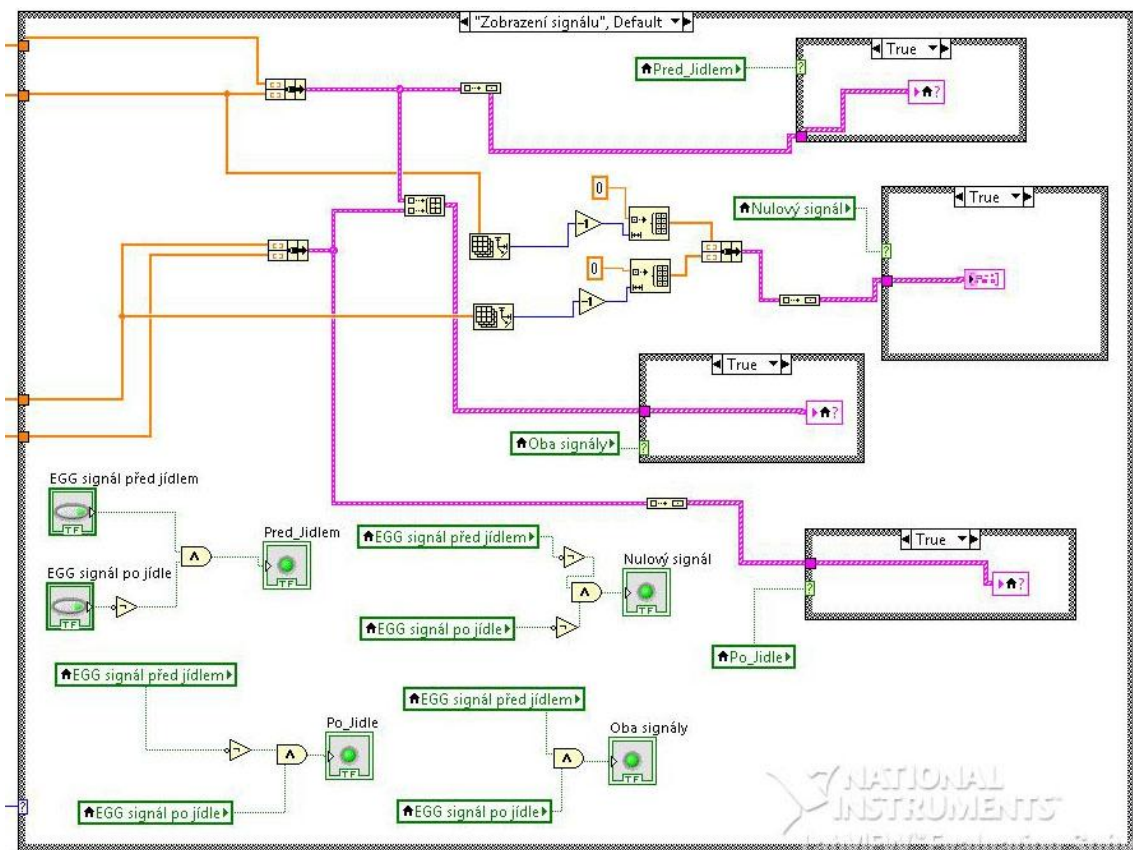
chceme zacházet. Pomocí těchto kurzorů může být signál různě rozměřován, podobně jak je tomu na osciloskopech.



Obrázek č. 15: Přední strana programu pro zobrazení signálu

Pro zobrazení signálů byla použita struktura *Case* a také funkce *Bundle*, která z jednotlivých elementů vytvoří jeden *cluster*. Výjimkou je zobrazení „nulového signálu“, kterého bylo dosaženo vytvořením pole plných nul a následným zobrazením. Zobrazení všech signálů v jednom grafu zajišťují lokální proměnné hlavního grafu, které jsou v každé *Case* struktuře. Stejně tak byly vytvořeny lokální proměnné obou spínačů pro zobrazování jednotlivých signálů.





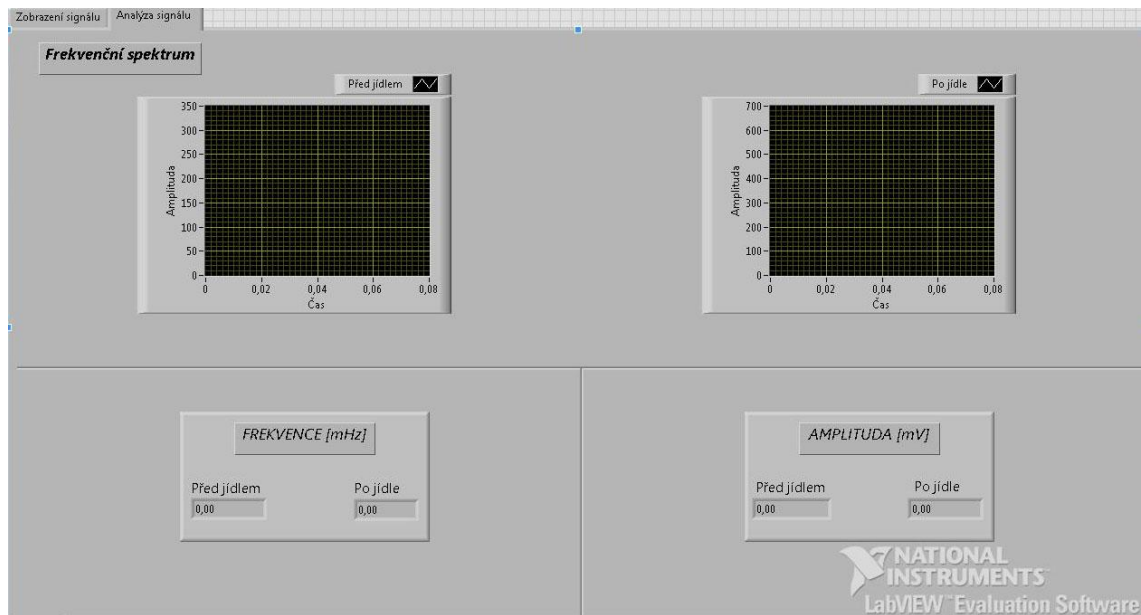
Obrázek č. 16: Realizace části programu pro zobrazení signálu

## 6.4 Analýza signálů

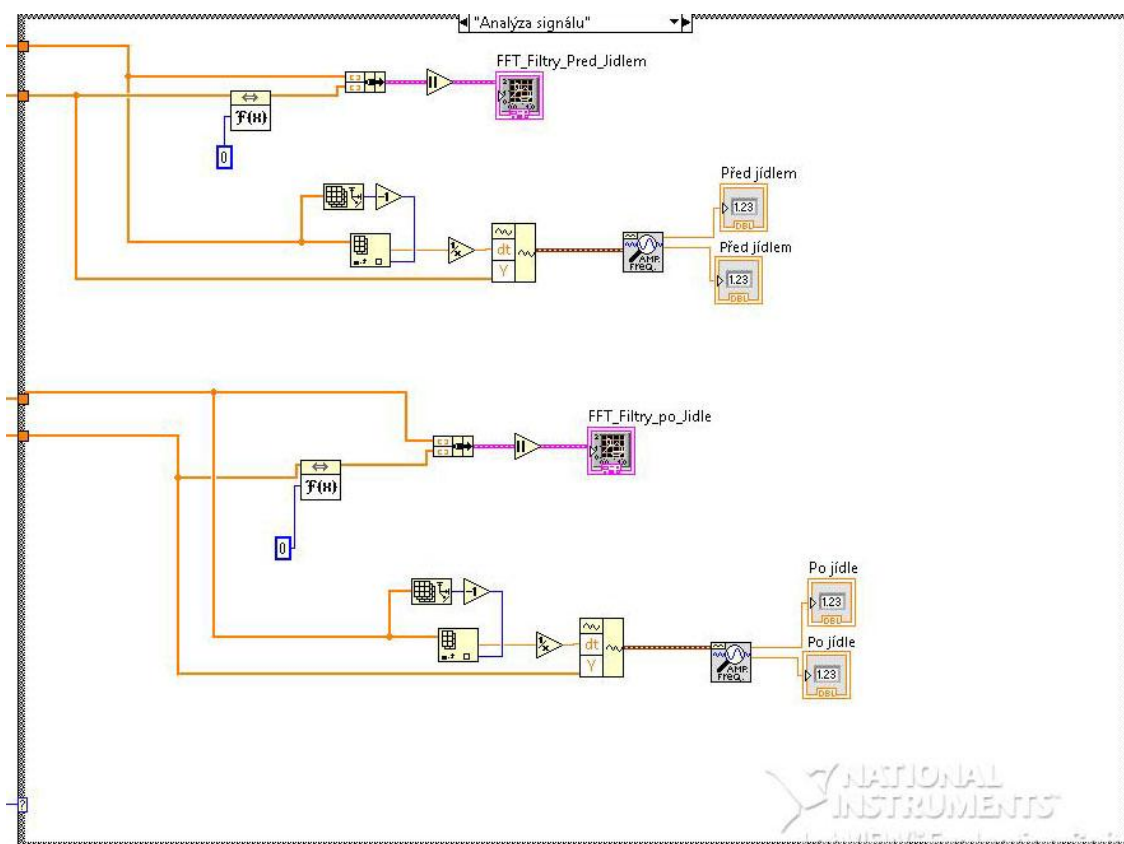
Druhá záložka „Analýza signálů“ zobrazuje jak frekvenční spektrum obou signálů před a po jídle, tak výpočet jejich frekvence a amplitudy, jak je zobrazeno na obrázku č. 17.

Pro zobrazení frekvenčního spektra byla použita rychlá Fourierova transformace. Nachází se v paletě *Signal Processing* a pomocí *Waveform* grafu toto frekvenční spektrum zobrazíme. Výpočet frekvence a amplitudy zajišťuje *Extract Single Tone Information VI* funkce, kam je přiveden předzpracovaný signál. Funkce najde „peak“ s nejvyšší amplitudou, nebo vyhledá určitý frekvenční rozsah, a přiřadí odpovídající frekvenci. Zapojení těchto bloků vidíme na obrázku č. 18.





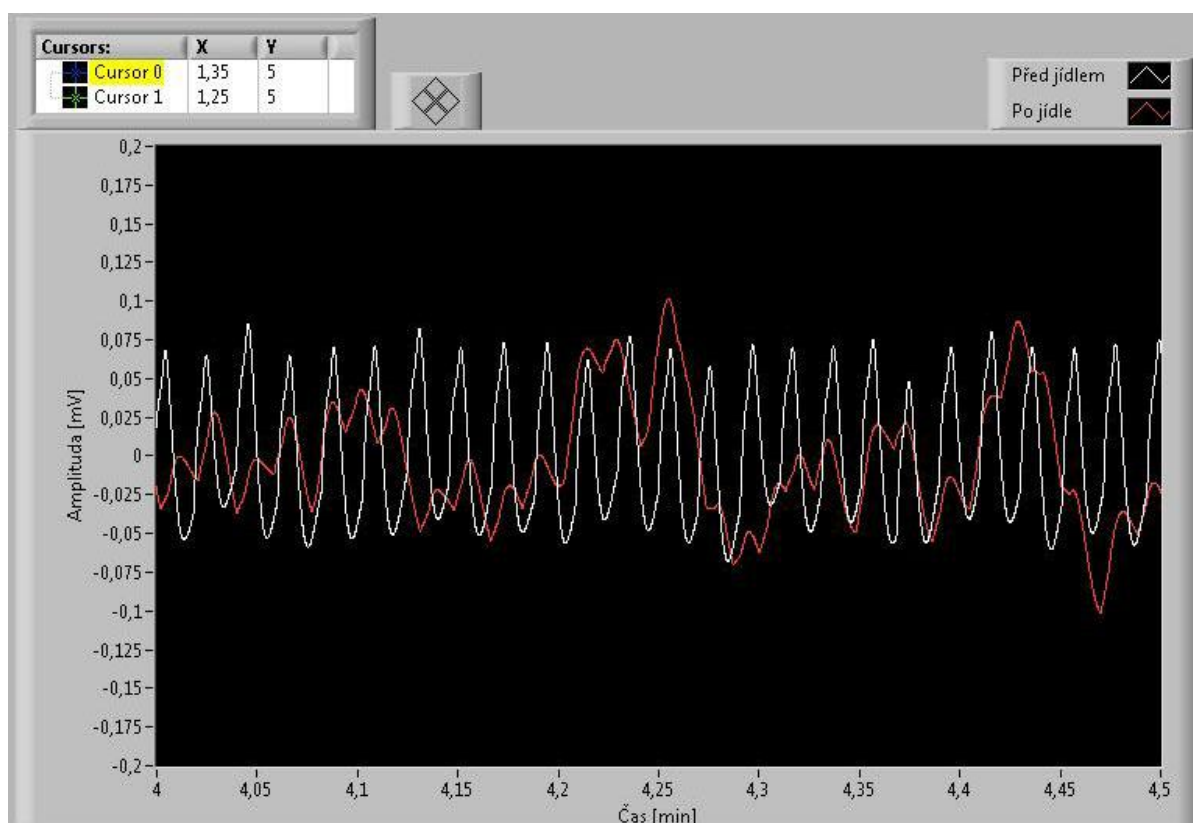
Obrázek č. 17: Přední strana programu pro analýzu signálu



Obrázek č. 18: Část programu pro analýzu signálu

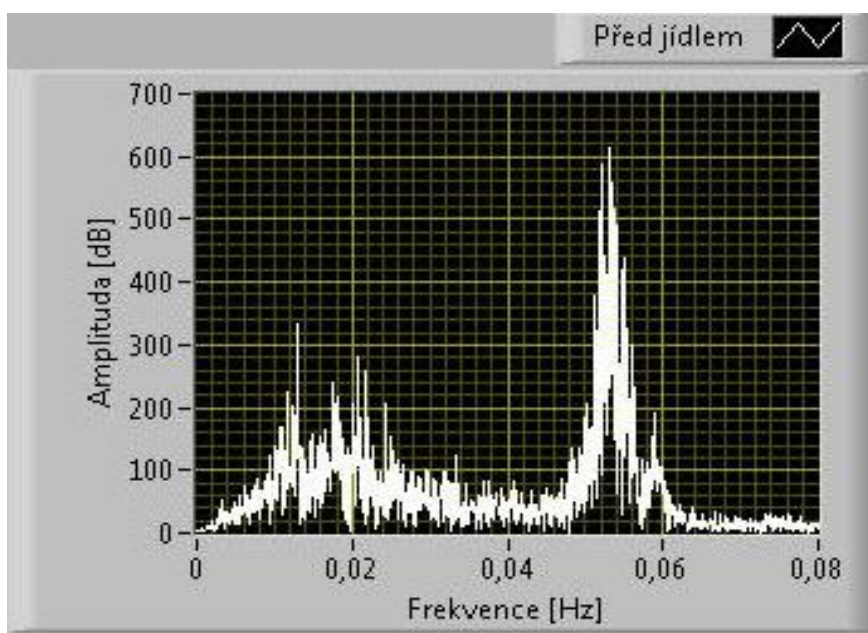
## 7. NAMĚŘENÉ HODNOTY

Aby bylo možné kvalitně zpracovat výsledky, seznámíme se s podmínkami, za kterých byla data nasnímána. Signál byl změřen u 6 osob (4 muži a 2 ženy). Všechny 6 dobrovolníků minimálně 3 hodiny před měřením nepožili žádnou potravu, nebrali žádné léky, které by mohli zkreslit signál, a neměly žádné problémy se zažívacím traktem. Po cca 15-ti minutovém záznamu signálu na „lačno“ osoby požily potravu a nápoj, po kterém následovala 10-ti minutová přestávka a poté byl nasnímán znovu cca 15-ti minutový záznam, při obou záznamech byl pacient v pozici vleže. Následující obrázek zobrazuje 30 sekundový záznam obou signálů.



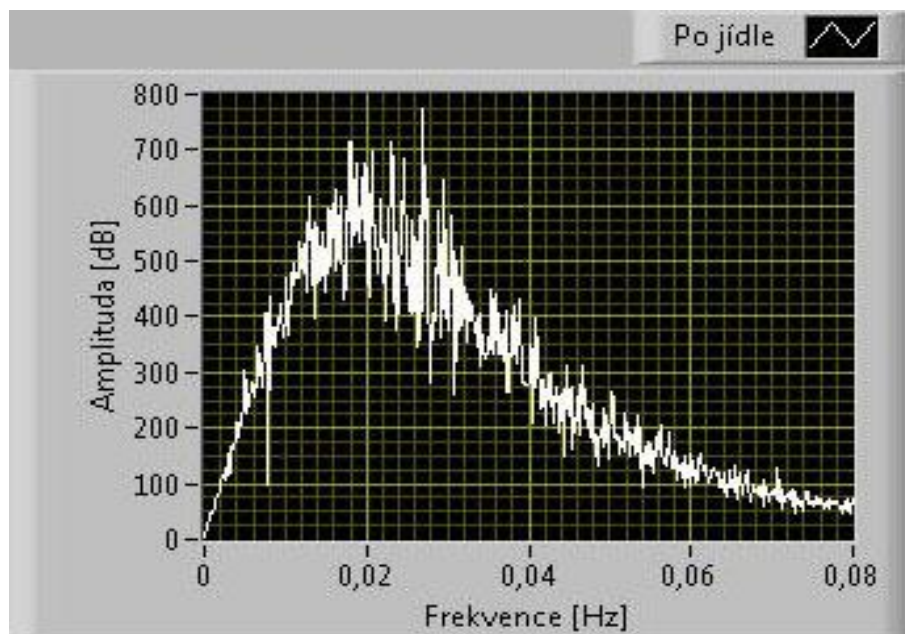
Obrázek č. 19: EGG signál před a po jídle

EGG záznam byl naměřen neinvazivně 3 – svodovým systémem bipolárních elektrod, které mají vůči unipolárním elektrodám lepší poměr signál/šum. Nejvýznamnější a nejvíc vypovídající hodnotou je frekvence. Normální elektrická aktivita byla definována jako frekvence od 0,04 – 0,06 Hz. Všichni námi měření dobrovolníci tuto hodnotu splnili, jak můžeme vidět na následujícím frekvenčním spektru (obr. č. 20). Amplituda, která odráží správnost kontrakce, by se měla také pohybovat v tomto rozmezí, v našem případě se amplituda nachází při 0,051 Hz.



Obrázek č. 20: Frekvenční spektrum EGG signálu před jídlem

Oproti tomu frekvence bezprostředně po podání jídla u všech dobrovolníků klesla, a to významně. Pohybovala se v rozmezí hodnot od 0,015 – 0,035 Hz, což podle teorie odpovídá bradygastrii. V podstatě to znamená, že žaludeční kontrakce zpomalí, ale má větší intenzitu než před jídlem. Frekvenční spektrum po jídle je větší i s vyšší amplitudou, která se nachází při hodnotě 0,026 Hz (obr. č. 21).



Obrázek č. 21: Frekvenční spektrum EGG signálu po jídle

Zvýšená amplituda signálu je často přičítána výskytu elektrické činnosti (ERA), a proto se předpokládá, že poukazuje na přítomnost kontraktlní aktivity. Významné zvýšení amplitudy žaludečních signálů bylo pozorováno po jídle. Je velmi těžké určit rozmezí hodnot pro amplitudu EGG pomocí kožních elektrod, jelikož každý člověk má jiné hodnoty. Amplituda signálu se také mění se vzdáleností elektrody od předsíně (antrum) a může se pohybovat v rozmezí od 0,02 – 0,5 mV.

## 7.1 Diskuse

Abnormality elektrické aktivity žaludku může mít vliv na žaludeční motorické funkce, takže zvýšení zájmu o EGG je velmi pochopitelné. Měření EGG má velký potenciál a s budoucím technologickým rozvojem se předpokládá i větší spolehlivost při hodnocení dat. Silnější amplifikační metody, nebo zlepšení digitálních postupů zpracování signálů by přineslo větší stabilitu na jeho hodnocení. Proto se zatím v dnešní době nepoužívá jako klasická diagnostická metoda. Náš program lze dobře použít při hodnocení frekvence žaludku, avšak k ostatním měřením se příliš nehodí kvůli nedokonalému odstranění šumu i neinvazivnímu měření pomocí kožních elektrod.

Většina abnormalit zaznamenaných u EGG byly změny ve frekvenci, obvykle jako bradygastrie nebo tachygastrie. Někteří autoři se domnívají, že přírůstky v amplitudě EGG jsou spojeny s antrální kontrakcí [8,10]. Naše studie ukazuje, že amplituda se zvýší po požitém jídle, avšak nelze určit přesně definovaný rozsah amplitudy, jelikož i pozice předsíně na kožní elektrody mohou způsobit větší rozdíly.

Existuje dostatek důkazů o tom, že abnormality EGG jsou běžně přítomné u pacientů s poruchou motorické funkce, které povrchový záznam EGG může zaznamenat. Jedním ze zajímavých problémů je vzájemný vztah mezi elektrickým rozpojením různých částí žaludku a nesrovnalostí žaludeční elektrické frekvence. Není zcela jasné, zda se tyto dva subjekty projevují samostatně, nebo vznik jedné vede ke vzniku druhé.

Nejspolehlivějším parametrem EGG je elektrická frekvence, jelikož má velmi dobrou úroveň stability a to i vzhledem ke vnějším vlivům. S popsanou metodou EGG představují první kroky ke spolehlivým klinickým aplikacím. Podobně jako elektrokardiografie v raných létech, elektrogastrografie má potenciál stát se využívanou diagnostickou metodou.

# ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá analýzou žaludeční aktivity před a po jídle. Cílem je seznámení s touto problematikou, měření EGG na daných osobách, analýzou dat s cílem ukázat si rozdíly mezi elektrickou aktivitou žaludku na lačno a po podání jídla. K vytvoření nástroje k analýze a prezentaci naměřených výsledků jsme využili programového prostředí LabVIEW.

V úvodí části jsme se zabývali anatomií a popsáním fyziologických hodnot naměřených z gastrointestinálního traktu, jejich vznikem, užitečnými signály získanými z měření žaludeční aktivity, jako je frekvence, amplituda a frekvenční spektrum, možností jejich analýzy a vytvoření protokolu pro postup měření s využitím měřícího systému Biopac.

Další část práce obsahuje analýzu a hodnocení naměřených dat v programovém prostředí LabVIEW na základě výše uvedených poznatků a seznámení se s programovým prostředím. Jako nejdůležitější údaj se ukázala frekvence, která má nejlepší úroveň stability a díky které lze určit problémy s motorickou funkcí žaludku.

Jak z naší práce vyplívá, frekvence se po podání jídla pacientovi snížila a to až na polovinu normální frekvence, což vypovídá o zpomalení myoelektrické aktivity žaludku. Naopak amplituda se po podání jídla zvýšila, což má za následek intenzivnější kontrakci žaludku.

## LITERATURA

- [1] ALVAREZ, W. *The electrogastrogram and what it shows*. JAMA 1922; 78:1116 – 1118.
- [2] TUMPER, I.H., BLITZSTEN, P.W. *Registration of peristalsis by the Einthoven galvanometer*. Am J Dis Child 1926; 11:454 – 455.
- [3] TUMPER, I.H., PHILLIPS, B. *Hyperperistaltic electrographic effects*.  
Am J Med Sci 1932; 184:831 - 836
- [4] STERN, R.M., *The history of EGG*. Neurogastroenterologia 2000; 1:20 – 26.
- [5] DAVIS, R.C., GALAFOLO, L., GAULT, F.P., *An exploration of abdominal potentials*.  
J Com Physiol Psychol 1957;50:519 – 523.
- [6] STEVENS, L.K., WORRALL, N., *External recording of Gastric activity: the electrogastrogram*. Physiol Psychol 1974; 2:175 – 180.
- [7] SMALLWOOD, R.H., *Analysis of Gastric electrical signal from surface electrodes using phase-lock techniques*. MedBiol Eng Comput 1978;16:507 - 518.
- [8] SMOUT, J., P., M., van der SCHEE, E., J., GRASHUIS, J., L., *What is measured in electrogastrography?* Dig Dis Sci 1980;25:179 – 187.
- [9] Van der SCHEE, E., J., GRAUSHIUS, J., T., *Running spectral analysis as an aid in the representation and interpretation of electrogastrographical signal*.  
Med Biol Eng Comput 1987;25:57 – 62.
- [10] CHEN, J., VANDEWALLE, J., SANSEN, W., VATRAPPEN, G., JANNSENS, J., *Adaptive spectral analysis of cutaneous electrogastric signal using autoregressive noise average modelling*. , Med Biol Eng comput 1990;28:531 – 536.
- [11] SÝKORA, J., aj., *Onemocnění žaludku a dvanáctníku v dětském věku*. 1. vydání Praha:Triton, 2002;
- [12] SARNA, S., K., DANIEL, E., E., *Gastrointestinal electrical activity: Terminology*. Gastroenterology 1975;68:1631 – 1635.
- [13] HINDER, R., A., KELLY, K., A., *Human Gastric Pacemaker potential: Site of origin, spread, and response to gastric transection and proximal Gastric vagotomy*. Am J Surg 1977;133:29 – 33.
- [14] KELLY, K., A., *Motility of the stomach and gastroduodenal function*. New York: Raven;1981.
- [15] SANDERS, K., M., *A case for interstitial cells of Cajal as pacemakers and mediators of neurotransmission in the gastrointestinal tract*. Gastroenterology 1996;112:492 – 445.
- [16] WEBSTER, G., J., *Encyclopedia of medical devices and instrumentation, 6 volume set, 3rd edition* ISBN: 978-0-471-26358-6
- [17] QIAN, L., W., PASRICHA, P., J., CHEN, J., D., Z., *Origin and patterns of spontaneous and drug-induced Canine Gastric Myoelectrical Dysrhythmia*. Dig Dis Sci 2003;48:508 – 515.

- [18] CHEN, J., Z., MCCALLUM, R., W., *Electrogastrography. Principles and applications*. New York; Raven Press;1994.
- [19] PARKMAN, H., P., HASLER, W., L., BARNETT, J., L., EAKER, E., Y., *Electrogastrography: a document prepared by the gastric section of the American Motility Society clinical GI motility testing task force*. *Neurogastroenterol motil* 2003;15:89 – 120.
- [20] OPPENHEIM, A., V., SCHAFER, R., W., *Digital signal processing*. New Jersey ; Prentice hall; 1975.
- [21] WEBSTER, J., G., *Encyclopedia of Medical Device and instrumentation*. 3rd edition;2006
- [22] CHALLIS R. E., KITNEY, R., I., *Biomedical signal processing (in four parts). Part 2. The frequency transforms and their interrelationships*. *Ibid*, 28:509-24, 1990.
- [23] STANLEY, W., D., DOUGHERTY, G., R., DOUGHERTY, R. *Digital Signal Processing. Prentice Hall, Reston, VA, 1984*.
- [24] BRACEWELL, R., N., *The Hartley transform*. Oxford University Press, N. Y., 1986.
- [25] MIRIZI, N., SCAFOGLIERI, U., *Optimal direction of the electrogastrographic signal in men*. *Med Biol Eng Comput* 1983;21:35 – 389.
- [26] WWW stránky: *Anatomy of the stomach*. Online, [cit. 2011-25-12], dostupné z: <<http://aboutcancer.com>>.
- [27] WWW stránky: *Wavelet analysis of scaling properties of gastric electrical activity*. Online, [cit. 2004-08-09], dostupné z: <<http://jap.physiology.org>>.
- [28] WWW stránky: BIOPAC systém, Inc; 2008. Dostupné z: <<http://www.biopac.com>>
- [29] MITCHEV, M., P., *Cybernize of electrogastrography*. Calgary; dostupné z: <<http://www.enel.ucalgary.ca>>



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Makroskopická anatomie žaludku [26] .....	4
Obrázek č. 2: Elektrická a kontraktilní aktivita žaludečních buněk hladkého svalstva[29] .....	5
Obrázek č. 3: Záznam EGG signálu zdravého dobrovolníka [27].....	7
Obrázek č. 4: Blokové schéma pro záznam a analýzu EGG signálu .....	10
Obrázek č. 5: EGG signály z proximálního (A) a distálního (B) antrum [29] .....	12
Obrázek č. 6: Student Biopac PRO software [28] .....	15
Obrázek č. 7: Umístění elektrod pro záznam EGG [28].....	18
Obrázek č. 8: Dvoukanálové zobrazení EGG signálu [28].....	19
Obrázek č. 9: Dvoukanálové zobrazení EGG signálu po jídle [28].....	20
Obrázek č. 10: Nastavení parametrů FFT [28] .....	21
Obrázek č. 11: Data EGG po analýze FFT [28] .....	21
Obrázek č. 12: Start programu v programovém prostředí LabVIEW .....	22
Obrázek č. 13: Část programu pro načtení dat.....	23
Obrázek č. 14: Předzpracování a filtrace dat.....	24
Obrázek č. 15: Přední strana programu pro zobrazení signálu.....	25
Obrázek č. 16: Realizace části programu pro zobrazení signálu.....	26
Obrázek č. 17: Přední strana programu pro analýzu signálu.....	27
Obrázek č. 18: Realizace části programu pro analýzu signálu.....	28
Obrázek č. 19: EGG signál před a po jídle .....	29
Obrázek č. 20: Frekvenční spektrum EGG signálu před jídlem .....	30
Obrázek č. 21: Frekvenční spektrum EGG signálu po jídle .....	30

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka č.1: Frekvenční rozložení šumu a užitečného signálu [21].....	11
---	----

# Příloha A

## **OBSAH CD**

- Program pro zobrazení a analýzu elektrogastrogramu v programovém prostředí LabVIEW 2011
- Text bakalářské práce
- Naměřená data EGG

# Příloha B

## **SEZNAM ZKRATEK**

- EGG – Elektrogastrogram
- CPM – cycle per minute, cyklů za minutu
- GMA – gastric myoelectrical activity, žaludeční myoelektrická aktivita
- ECA – electrical control activity, pomalé žaludeční vlny
- ERA – electrical response activity, akční potenciály žaludku
- FFT – fast Fourier transform, rychlá Fourierova transformace
- EKG – Elektrokardiogram
- USB – Universal Serial Bus, univerzální sériová sběrnice dat