



Chemosenzorická percepce a vývoj jejího měření

Bakalářská práce

Studijní program: B3944 – Biomedicínská technika
Studijní obor: 3901R032 – Biomedicínská technika
Autor práce: **David Kupka**
Vedoucí práce: Ing. Jiří Jelínek, Ph.D.





Chemosensory Perception and Development of its Measuring Device

Bachelor thesis

Study programme: B3944 – Biomedical engineering
Study branch: 3901R032 – Biomedical engineering
Author: **David Kupka**
Supervisor: Ing. Jiří Jelínek, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Kupka**
Osobní číslo: **D15000009**
Studijní program: **B3944 Biomedicínská technika**
Studijní obor: **Biomedicínská technika**
Název tématu: **Chemosenzorická percepce a vývoj jejího měření**
Zadávající katedra: **Fakulta zdravotnických studií**

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

Cíle práce:

1. Literární rešerše na dané téma
2. Příprava experimentu ROLF ADM
3. Experiment
4. Zpracování dat závěr

Teoretická východiska (včetně výstupu z kvalifikační práce):

Cílem je provést porovnání vyšetřovacích metod čichu a chuti. Součástí práce bude též představit a popsat vyšetření čichu za pomoci přístroje ROLF ADM a teoreticky pracovat též s EEG.

Výzkumné předpoklady / výzkumné otázky:

1. Posouzení kvality vyšetření s přístrojem ROLF ADM
2. Srovnání vyšetřovacích metod

Metoda:

Experimentální

Technika práce, vyhodnocení dat:

Měření pomocí ROLF ADM. Zpracování naměřených dat a vyhodnocení měření.

Místo a čas realizace výzkumu:

Výzkum proběhne v budově A v termínu od září 2017.

Vzorek:

Předpokládá se kvalitativní výzkum, zaměřený na posouzení možností přístroje ROLF ADM.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 70**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Jelínek, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **28. dubna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2018**



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

V Liberci dne 30. listopadu 2017

Příloha zadání bakalářské práce

Seznam odborné literatury:

- POSPÍŠILOVÁ, B., J. ŠRÁM a O. PROCHÁZKOVÁ. Anatomie pro bakaláře II.: systém kardiovaskulární, systém nervový, smyslové orgány, soustava kožní, žlázy s vnitřní sekrecí. V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-849-6.
- SLAVÍKOVÁ, Jana a Jitka ŠVÍGLEROVÁ. Fyziologie dýchání. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2065-7.
- BROTHÁNKOVÁ, Pavlína a Jan VODIČKA. Normální hodnoty Nového testu libosti pachů u zdravé populace. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie. 2015, 78(1), 78-82. ISSN 1210-7859. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/ceska-slovenska-neurologie-clanek/normalni-hodnoty-noveho-testu-libosti-pachu-u-zdrave-populace-50974>
- BROTHÁNKOVÁ, Pavlína et al. Vliv věku na čich a na hodnocení libosti pachů. Kontakt. 2012, 14(2), 152-158. ISSN 1212-4117. Dostupné také z: <http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz/kontakt/clanky/2012>
- MARTINEC NOVÁKOVÁ, Lenka et al. Přínos vyšetření čichu pro diagnostiku neurodegenerativních onemocnění. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie. 2015, 78(5), 517-525. ISSN 1210-7859. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/ceska-slovenska-neurologie-clanek/prinos-vysetreni-cichu-pro-dia-gnostiku-neurodegenerativnich-onemocneni-55992>
- VODIČKA, J., H. FAITLOVÁ a V. CHROBOK. Poruchy čichu a chuti. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2012. ISBN 978-80-7311-125-0.
- VODIČKA, J., P. ZAJÍČKOVÁ a J. ŠALANDOVÁ. Vyšetření čichu pomocí parfémovaných fixů. Otorinolaryngologie a foniatrie. 2005, 54(1), 47-51. ISSN 1210-7867.
- VODIČKA, Jan a Arnošt PELLANT. Metody vyšetření čichu v klinické praxi. Otorinolaryngologie a foniatrie. 2004, 53(1), 7-10. ISSN 1210-7867.
- KAŇOVSKÝ, Petr a Roman HERZIG. Obecná neurologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1663-2.
- KLOZAR, Jan. Speciální otorinolaryngologie. Praha: Galén, 2005. ISBN 80-7262-346-x.
- MAGEROVÁ, Hana a kol. Vyšetření čichu a jeho význam pro diagnostiku neurodegenerativních onemocnění. Neurologie pro praxi. 2008, 9(1), 30-32. ISSN 1803-5280. Dostupné také z: <http://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2008/01/08.pdf>
- SKORIC, Magdalena Krbot a kol. Electroencephalographic Response to Different Odors in Healthy Individuals: A Promising Tool for Objective Assessment of Olfactory Disorders. Clinical EEG and Neuroscience. 2015, 46(4), 370-376. ISSN 1550-0594. Dostupné také z: <https://search.proquest.com/docview/1725044469?accountid=17116>
- CHERNINSKYI, Andrii a kol. Modifications of EEG Related to Directed Perception and Analysis of Olfactory Information in Humans. Neuropsychophysiology. 2009, 41(1), 63-70. DOI: 10.1007/s11062-009-9078-z. Dostupné také z: <https://search.proquest.com/docview/222296317?accountid=17116>

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou 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 bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

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

V Liberci dne: 26. 4. 2018

Podpis: 

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Jiřímu Jelínkovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování. Dále bych chtěl poděkovat Zdeňku Režnému za poskytnutou technickou dokumentaci. A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat MUDr. Janu Vodičkovi, Ph.D. za poskytnutou možnost účasti při vyšetřeních.

Abstrakt

Autor: David Kupka

Instituce: Technická univerzita v Liberci, Fakulta zdravotnických studií

Název práce: Chemosenzorická percepce a vývoj jejího měření

Vedoucí práce: Ing. Jiří Jelínek, Ph.D.

Konzultant: MUDr. Jan Vodička, Ph.D. - Pardubická nemocnice

Počet stran: 75

Rok obhajoby: 2018

Anotace: Cílem je provést porovnání vyšetřovacích metod čichu a chuti. Součástí práce bude též představit a popsat vyšetření čichu za pomoci přístroje ROLF ADM a teoreticky pracovat též s EEG.

Klíčová slova: Čichový systém, Vyšetření čichu, EEG, ROLF ADM, lékařská diagnostika

Abstract

Author: David Kupka

Institution: Technical university of Liberec, Faculty of Health Studies

Title: Chemosensory Perception and Development of its Measuring Device

Supervisor: Ing. Jiří Jelínek, Ph.D.

Consultant: MUDr. Jan Vodička, Ph.D. - Pardubická nemocnice

Pages: 75

Year: 2018

Annotation: The aim is to compare diagnostic methods of olfaction and taste. The work will also introduce and describe the olfaction examination by a machine ROLF ADM and theoretical work with EEG.

Key words: Olfactory system, Examination of olfactory system, EEG, ROLF ADM, medical diagnostics

Obsah

Seznam obrázků	12
Úvod	14
Teoretická část	
1 Anatomie	17
1.1 Zevní nos	17
1.2 Dutina nosní	18
1.3 Vedlejší dutiny nosní	19
1.4 Čichový epitel	19
1.5 Dráha čichová	20
1.6 Retronazální a ortonazální čich	21
2 Fyziologie	22
2.1 Čichová sliznice	22
2.2 Bulbus olfactorius	24
2.3 Čichová kůra	24
2.4 Čichové prahy a rozlišování	25
2.5 Přenos signálu	26
2.6 Čichání	26
2.7 Adaptace	27
3 Poruchy čichu	27
3.1 Rozdělení dle symptomatologie	27
3.2 Rozdělení dle etiopatogeneze	28
4 Elektroencefalografie	29
4.1 Využití EEG u vyšetření čichu	31
5 Metody vyšetření čichu	32
5.1 Subjektivní metody vyšetření čichu	32
5.1.1 University of Pennsylvania smell identification test (UPSIT)	33
5.1.2 The Connecticut Chemosensory Clinical Research Center test (CCCRC)	35
5.1.3 Alcohol sniff test (AST)	35
5.1.4 Sniffin' Sticks	36

5.1.5 Test parfémovaných fixů (OMT)	38
5.1.6 Nový test libosti pachů.....	38
5.1.7 Odor Stick Identification Test (OSIT)	39
5.1.8 T & T Olfactometr.....	39
5.2 Objektivní metody vyšetření čichu.....	40
Praktická část	
6 Vývoj přístroje	42
6.1 Průtokové čidlo	42
6.2 Počítač FriendlyARM mini 2440	45
6.4 Dávkořač pachů	46
6.6 Kompresor.....	51
6.7 Pachové látky	51
7 Technické specifikace přístroje	53
7.1 Model přístroje ROLF ADM	54
8 Software.....	55
8.1 Základní menu přístroje	55
8.2 Měření.....	56
8.3 Test.....	58
8.4 Kalibrace.....	58
8.5 Nastavení.....	59
8.6 Události	60
9 Legislativa.....	60
9.1 Měření elektromagnetické kompatibility	61
10 Vyšetření pacientů	64
10.1 Postup vyšetření.....	64
10.3 Experiment, příklady vyšetření	66
Shrnutí, návrh zprávy z vyšetření.....	70
Závěr	71
Literatura	72

Seznam obrázků

1.1: Sagitální řez nosní dutiny.	18
1.2: Dráha čichová.	20
1.3: Proudění vzduchu při ortonazální a retronazální olfakci... ..	22
2.1: Stavba čichové sliznice.	23
2.2: Koronární a sagitální řez dutinou nosní.	24
2.3: Základní neurální obvody v bulbus olfactorius.	25
4.1: Schéma čichového mozku.	31
5.1: Test UPSIT.	34
5.2: Test Sniffin´Sticks (test identifikace).	37
5.3: Test OMT.	38
6.1: Schéma zapojení.	42
6.2: Signál čidla.	42
6.3: Charakteristika čidla AWM3303V.	43
6.4: Schéma zapojení.	44
6.5: Graf naměřených hodnot.	45
6.6: Počítač FriendlyARM mini 2440.	45
6.7: Schéma dávkovače.	46
6.8: Blokové schéma zapojení dávkovače.	47
6.9: Dávkovač pachů bez kompresoru.	47
6.10: Schéma zapojení.	48
6.11: Naměřené hodnoty signálu.	48
6.12: Naměřené hodnoty pro pomalý hluboký nádech a výdech bez připojeného dávkovače pachů.	49
6.13: Naměřené hodnoty pro rychlý nádech a výdech bez připojeného dávkovače pachů.	49
6.14: Naměřené hodnoty pro rychlý nádech a výdech, v pŕlce měření připojen dávkovač pachů.	49
6.15: Porovnání signálu při pomalém hlubokém dýchání.	50

6.16: Porovnání signálu při volném dýchání.	50
6.17: Výsledný dávkovač pachů.	52
7.1: Model finální podoby přístroje ROLF ADM.	54
7.2: Výsledná podoba přístroje.	55
7.3: Připojení oxy brýlí s dávkovačem k pacientovi.	55
8.1: Menu přístroje.	56
8.2: Menu MĚŘENÍ.	56
8.3: Přidání pacienta.	57
8.4: Vyšetření pacienta.	57
8.5: Ověření funkčnosti dávkovače.	58
8.6: Systémové nastavení.	59
8.7: Nastavení měření.	59
8.8: Události.	60
9.1: Spectan V4.	61
9.2: Blokované schéma měření.	62
9.3: Měření při 150-500 kHz.	62
9.4: Měření při 500 kHz – 5 MHz.	63
9.5: Měření při 5–30 MHz.	63
9.6: Měření při 5–30 MHz.	63
9.7: Měření při 230 MHz – 1 GHz.	64

Úvod

Čich má v našem životě významnou roli. Ovlivňuje naše chování i rozhodování. Každodenně zaznamenáváme a registrujeme mnoho pachových podnětů. Hlavní funkcí čichu je ochrana před nebezpečím. Čich je zároveň úzce spojen s chutí.

V teoretické části práce je probrána anatomie čichového ústrojí. Dále je popsána fyziologie a rozdělení čichových poruch. Následuje úvod do problematiky čichových testů. Testy jsou probrány z hlediska subjektivních a objektivních vyšetřovacích metod. Na závěr teoretické části jsou představeny a vysvětleny principy testů, které se využívají v současném lékařství. Praktická část je zaměřena na přístroj ROLF ADM. V první části je popsán jeho vývoj a rozebrány jednotlivé komponenty. Dále je popsáno prostřednictvím zkušebních vyšetření jeho praktické využití v medicíně.

Motivace

Čich je jedním z pěti smyslů a jeho funkčnost je pro nás důležitá. Vyšetření čichu v současné době v klinické praxi probíhá pouze subjektivně. Objektivní metody jsou finančně nedostupné. Proto na většině pracovišť se k vyšetření používají předměty dostupné v ordinaci, například káva. Dále ani pojišťovny nemají zavedené odškodnění pro lidi s čichovým handicapem. Proto mne zaujal projekt zabývající se vývojem objektivního a cenově dostupného přístroje pro vyšetření čichu.

Cíle

Cílem bakalářské práce je seznámení se s vyšetřovacími metodami čichu. Dále posoudit vhodnost přístroje ROLF ADM pro klinické použití. Vytvoření výstupní zprávy z vyšetření.

Teoretická část

1 Anatomie

Čichový systém představuje jeden z nejstarších smyslů ve fylogenezi savců. Čichový systém je chemický senzor, který detekuje jídlo (chuť) a zároveň ovlivňuje naše sociální a sexuální chování. Čichový epitel představuje jedinou skupinu neuronů, která je schopna plně regenerovat. [2]

Člověk je mikrosmatickým tvorem se špatně vyvinutým čichem. Čichová sliznice kryje strop nosní dutiny, horní nosní skořepu a protilehlou část nosního septa. Čichové receptory jsou čichové buňky uložené ve sliznici dutiny nosní. Čichové buňky jsou modifikované bipolární neurony. Jejich dendrit je čivý vláskový výběžek, zanořený do hlenu nosní sliznice. Čichané látky jsou proudem vdechovaného vzduchu přiváděny k čichové sliznici. Při běžném dýchání prochází proud vdechovaného vzduchu přes střední a dolní průchod nosní a ke sliznici se jej dostává málo. Čichané látky se rozpouštějí v hlenu nosní sliznice a dráždí čivé výběžky. V čichových buňkách dochází ke změně chemického podnětu na nervový vzruch, který je veden drahou čichovou do mozkové kůry. [1]
[3]

1.1 Zevní nos

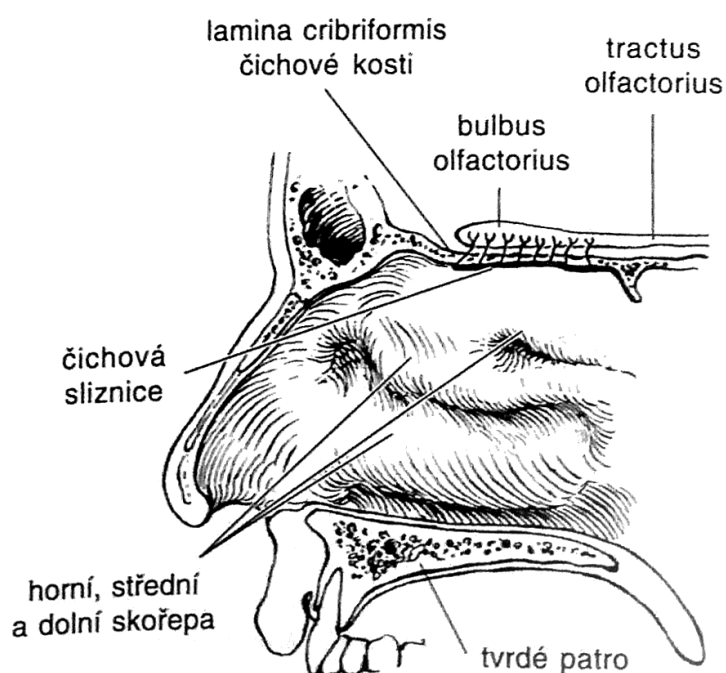
Zevní nos má tvar trojboké pyramidy. Nos začíná kořenem nosním, to je místo výstupu nosu z obličejové části. Dále pokračuje dopředu dolů hřbet nosní a nos je zakončen hrotem nosním. Postranní stěny jsou nazývány nosní křídla, ty pak obkružují nosní dírky. Dírky jsou rozděleny přepážkou nosní. [2]

Podklad nosu tvoří kostní i chrupavčitá část. Párové nosní kůstky jsou spojeny s kostí čelní a maxilou. Shora ohraničují kostěný vstup do dutiny nosní. S okolními kostmi jsou spojeny prostřednictvím rovných švů. Chrupavčitá část se nachází v nosním septu. Dále tvoří hrot a část hřbetu i nosních křídel. [2]

Kůže je u kořene pohyblivá a směrem dopředu k hrotu je pevnější až nepohyblivá. V kůži jsou velké a nápadné ústí mazových žláz. Svalstvo v podkoží patří do mimického svalstva. [2]

1.2 Dutina nosní

Nachází se v rozsahu zevního nosu a kostěné dutiny nosní a má dvě části. Menší přední část v rozsahu zevního nosu se nazývá předsíň dutiny nosní. Větší zadní část se nazývá vlastní dutina nosní. Je vystlána sliznicí a podkladem jejich stěn je kost. Nosní septum rozděluje dutinu nosní na poloviny. Strop nosní dutiny je užší než spodina, laterální stěny jsou šikmé. Každá polovina nosní dutiny je rozdělena nosními skořepami na 3 nosní průchody – průchod horní (mezi stropem a střední skořepou), střední (mezi střední a dolní skořepou) a dolní (mezi dolní skořepou a spodinou). Do horního a středního průchodu se otevírají vedlejší dutiny nosní. [2]



Obrázek 1.1: Sagitální řez nosní dutiny [5].

1.3 Vedlejší dutiny nosní

Jsou párové a s nosní dutinou jsou spojeny úzkým vývodem. Vznikají jako výchlipky sliznice, která proniká do okolních kostí. Dutiny jsou zcela vystlány sliznicí. Ta je tvořena víceřadým cylindrickým epitelem a pohárkovými buňkami. Dutiny slouží jako rezonátor hlasu a k odlehčení lebky. [2]

1.4 Čichový epitel

Epitel se skládá ze tří typů buněk: bazální, podpůrné a čichové. Bazální buňky jsou kmenové buňky, které vedou ke vzniku receptorových buněk. Kontinuální přeměna těchto neuronů je pouze u čichového systému. (Nikde jinde v dospělém lidském těle nenahrazují kmenové buňky neurony.) [3]

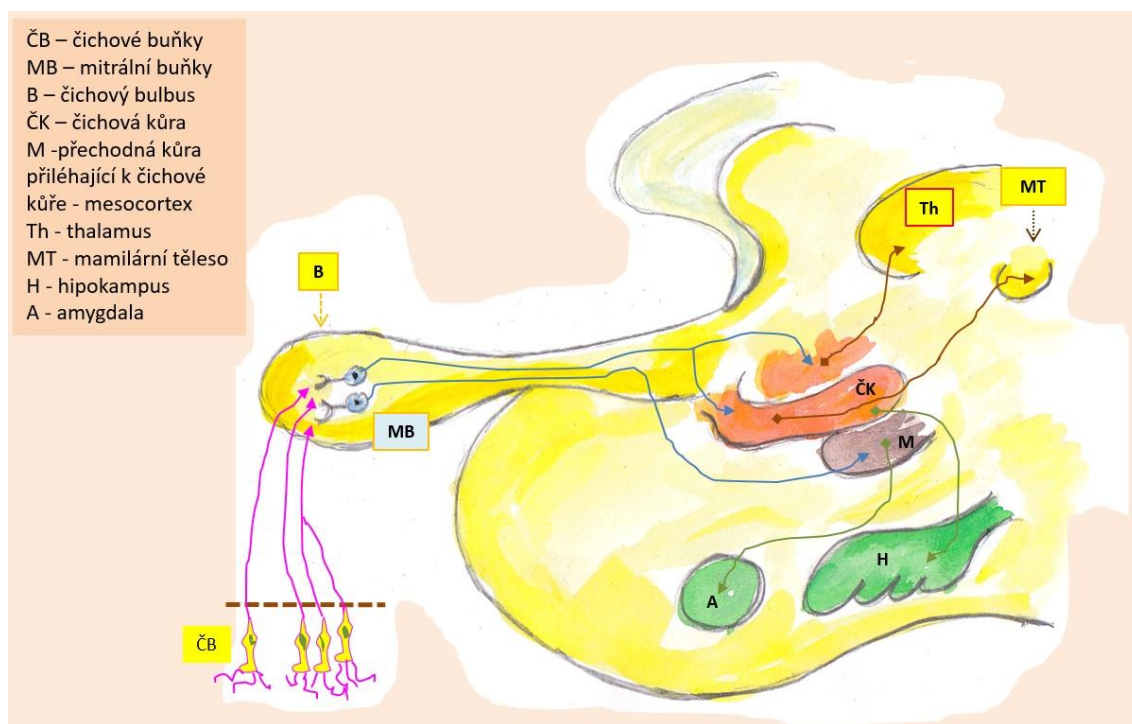
Buňky bazální jsou malé elementy kónického nebo kulovitého tvaru a tvoří jedinou vrstvu při bázi epitelu. Představují rezervní materiál, z kterého se doplňují opotřebované buňky podpůrné. Podpůrné buňky jsou uloženy mezi buňkami smyslovými. Jsou to štíhlé elementy hranolovitého tvaru, prostupující celou výškou epitelu. Buňky mají široký cylindrický vrcholek a zúženou bázi, to je způsobeno tím, že jsou stlačeny širokými bázemi smyslových buněk. Také obsahují světložlutý pigment, což je odlišuje od kulovitých světlých jader čichových buněk. [3]

Čichové buňky jsou modifikované bipolární neurony cylindrického tvaru. Tvoří je 1. neuron čichové dráhy. Volný povrch každé buňky je opatřen čivým výběžkem, zanořeným do hlenu kryjícího čichovou sliznicí. Na opačném pólu čichové buňky odstupuje vodivý výběžek. Vodivé výběžky se sdružují ve svazky, které ve stropu nosní dutiny procházejí přes otvůrky v dírkované ploténce čichové kosti do nitrolbí a zanořují se do bulbus olfactorius. [3]

1.5 Dráha čichová

Vývojově stará chemická sensorická dráha, která má řadu specifík. Je pouze dvouneuronová, a jako jediná ze senzitivních a sensorických drah neprochází thalamem. Končí v redukované staré čichové kůře na bázi frontálního laloku mozku. 1. neuron tvoří neuroepitelové bipolární čichové buňky čichové sliznice nosní. Neurity čichových buněk se zanořují do čichového bulbu synapsí na dendritech mitrálních buněk. 2. neuron tvoří mitrální buňky, jejichž neurity končí ve vývojově staré primární kůře, kde si uvědomujeme čichané. [3]

Čichová dráha má spoje se strukturami limbického systému. Tím se vysvětluje emoční a vegetativní doprovod při čichání některých látek. [3]



Obrázek 1.2: Dráha čichová [3].

Čichový nerv

Nervus olfactorius je I. hlavový nerv. Vzniká jako výchlípka teleencefala. [3]

1.6 Retronazální a ortonazální čich

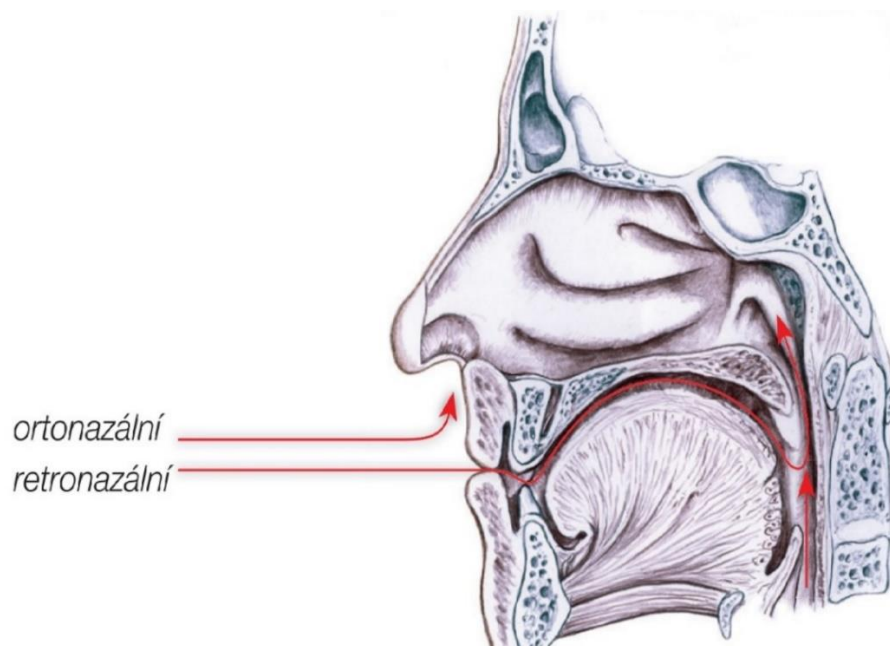
Jsou dvě cesty kudy se mohou čichové podněty dostat k bulbus olfactorius. První cesta je ortonazální. Touto cestou jde pachový podnět přes vchod nosní, do dutiny nosní a k regio olfactoria. Druhá cesta je retronazální. Zde se podnět dostane do dutiny nosní přes nosohltan a choany. K tomuto dochází při přijímání potravy nebo pití. Rozdíly mezi retronazálním a ortonazálním čichem nejsou jen v cestě, ale i ve způsobu vnímání a zpracování podnětů. [4]

Člověk má čtyři základní chutě (sladká, slaná, hořká a kyselá). Ovšem vnímání potravin jako příjemné může být i ovlivněno její vůní, kterou registrujeme pomocí retronazálního čichu. Tento proces může ovlivnit žvýkání, pohyby úst a polykání. [4]

K tomu, aby dobře fungovalo retronazální vnímání, musí přiměřeně fungovat ortonazální. Často se můžeme setkat s neporušeným retronazálním vnímáním při sníženém nebo porušeném ortonazálním vnímání. To je způsobeno větší zranitelností přední čichové sliznice. Zadní čichová sliznice je lépe chráněna před dráždidly. [4]

V případě identifikace pachového podnětu je mnohem přesnější ortonazální vnímání. Zároveň ženy mají schopnost pachové podněty lépe rozpoznávat. [4]

U pacientů s dlouhodobější anosmií dochází k posílení rozlišovacích schopností u retronazálního čichu. [4]



Obrázek 1.3: Proudění vzduchu při ortonazální a retronazální olfakci[7].

2 Fyziologie

Čich je jedním ze základních smyslů člověka, kterým přijímáme informace z vnějšího prostředí. Jde o vůně a pachy. To je komplexní směs těkavých látek. Výsledná vůně je dána složením jednotlivých látek a jejich poměrů. Jednotlivé látky mohou zapáchat, ale dohromady vytvářet látku příjemnou. [5]

Čichové chemoreceptory patří k jednomu z nejstarších smyslů ve vývoji druhů. Z hlediska fyziologie rozdělujeme živočichy na mikrosmátý (člověk) a makrosmátý. Pro člověka je čich méně důležitý, naopak pro zvířata (např. pes) je významný a zajišťuje orientaci. Člověk je schopen rozlišit zhruba 10 000 pachů. [5]

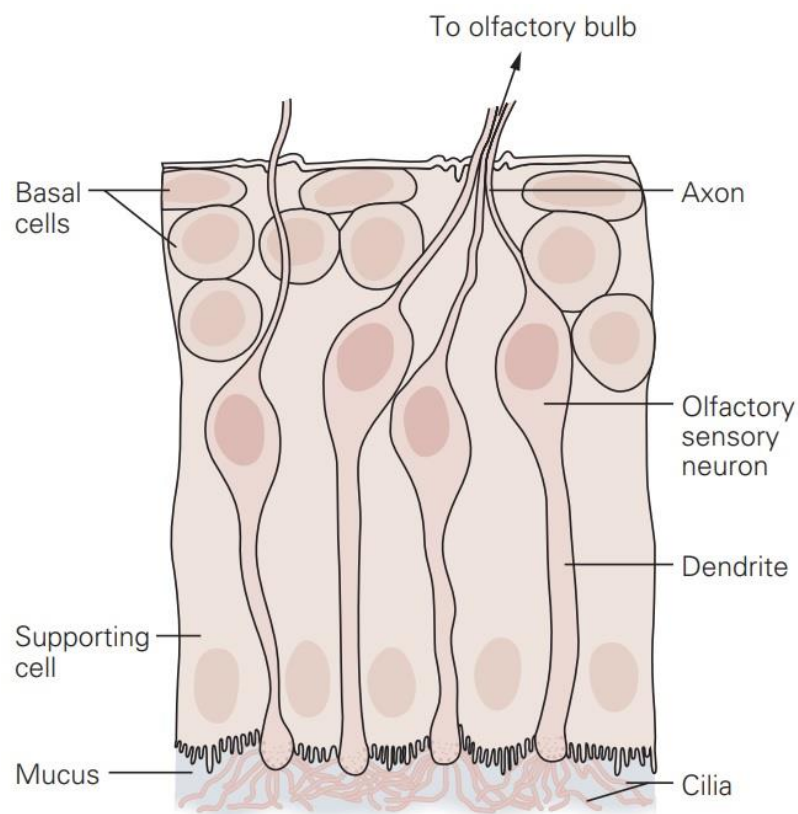
2.1 Čichová sliznice

Čichové receptory jsou umístěny v čichové sliznici a ta je žlutě zabarvena. U člověka tato oblast zabírá zhruba 5 cm². Sliznice se nachází u stropu nosní dutiny blízko septa. Nachází se zde 10–20 milionů

receptorových buněk. Tyto receptorové buňky jsou neurony. Každý neuron má krátký tlustý dendrit s rozšířeným koncem, jemuž se říká čichová tyčinka. Z tyčinek míří k povrchu nemyelinizované výběžky, které se nazývají řasinky. Každý receptor jich má 10-20. Axony čichových receptorů procházejí přes čichovou kost a vstupují do bulbus olfactorius. [5]

Čichové neurony jsou spolu s chuťovými jediné neurony schopné regenerace. Samy se obnovují po několika týdnech. Obnova neuronů je pečlivě monitorována a řízena kostními morfogenními proteiny. [5]

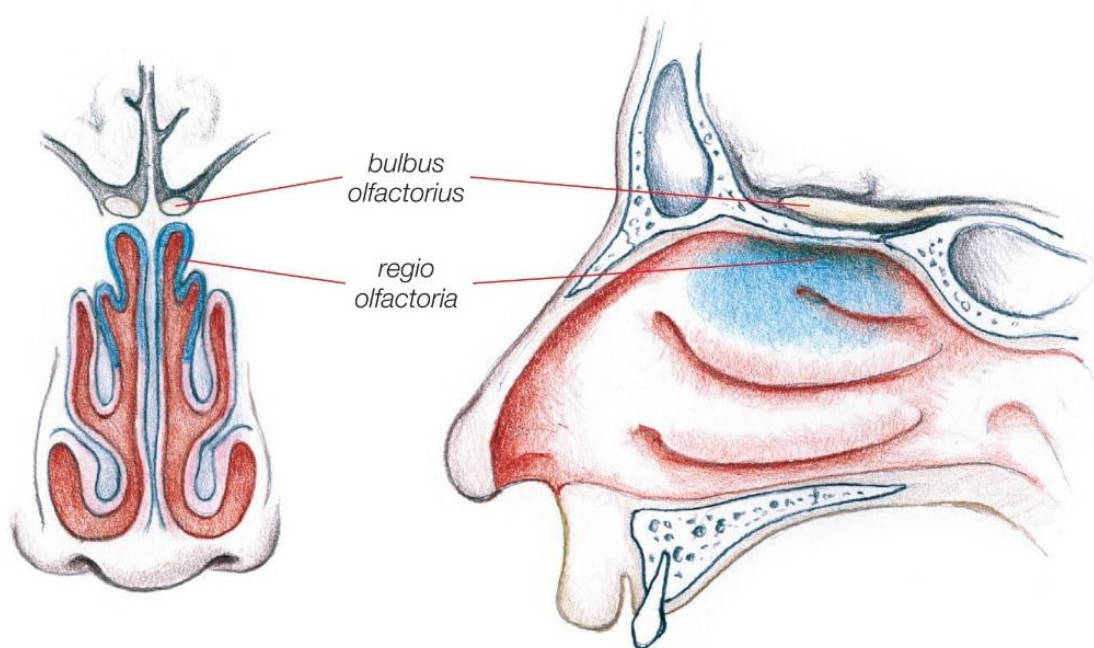
Čichová sliznice je pokryta hlenem. Hlen se tvoří v Bowmanových žlázkách, ty se nacházejí pod bazální vrstvou membrány. [5]



Obrázek 2.1: Stavba čichové sliznice [5].

2.2 Bulbus olfactorius

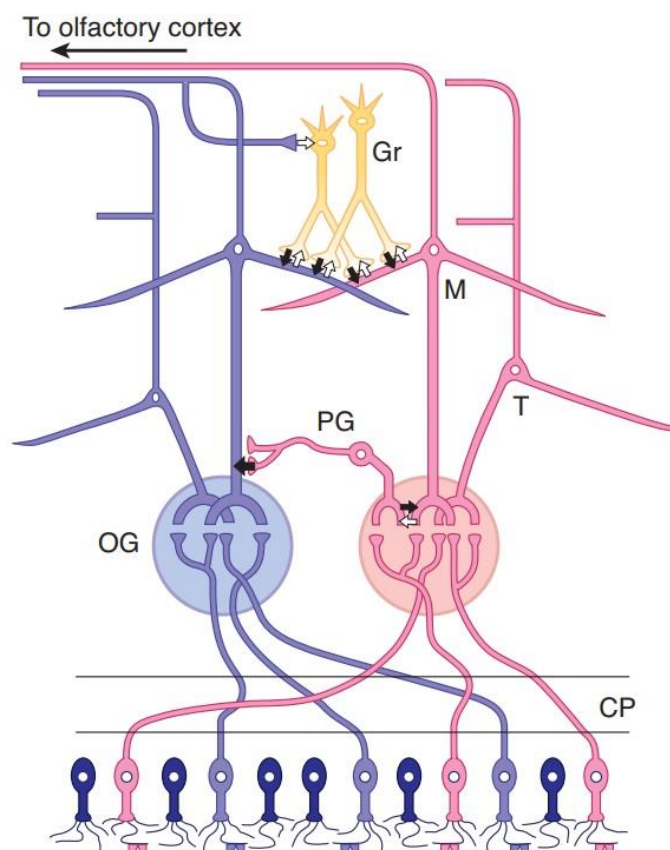
Axony receptorů končí na dendritech mitrálních a chomáčekových buněk. Synapse mezi nimi se nazývají glomeruli olfactorii. V každém glomerulu se sbíhá kolem 26 000 axonů. Na stavbě bulbus olfactorius se dále podílejí periglomerulární a granulární buňky. Periglomerulární buňky jsou inhibiční neurony spojující glomeruly. Granulární buňky nemají axony a vytvářejí synaptická spojení s mitrálními a chomáčekovými buňkami. [5]



Obrázek 2.2: Koronární a sagitální řez dutinou nosní [7].

2.3 Čichová kůra

Axony mitrálních a chomáčekových buněk končí v čichové kůře na apikálních dendritech pyramidových buněk. U člověka čichání aktivuje pyriformní kůru. Zápachy a vůně aktivují laterální a anteriorní orbitofrontální gyrus frontálního laloku. U čichového podnětu je obecně výraznější aktivita na pravé straně mozku. Další vlákna přináší podněty do amygdaly, kde vzniká emoční odpověď. V entorhinální kůře jsou uloženy čichové vzpomínky. [5]



Obrázek 2.3: Základní neurální obvody v bulbus olfactorius.

OG – glomerulus olfactorius, CP – lamina cribriformis,
PG – periglomerulární buňky, M – mitrální buňky, T – chomáčkové
buňky, Gr – granulární buňky. [5].

2.4 Čichové prahy a rozlišování

Schopnost rozeznat jednotlivé podněty je u člověka na velmi vysoké úrovni. Člověk je schopen rozeznat kolem 10 000 pachů. Schopnost rozeznat změnu koncentrace u pachového podnětu je ovšem velmi nízká. Koncentrace se musí změnit o 30 %, aby byl člověk schopen rozeznat změnu. Směr plynutí čichového podnětu se určuje z časového rozdílu, kdy dorazí podnět do nostril. [5]

Podněty, které lze vnímat, obsahují obvykle 3–20 atomů uhlíku. Látky, které obsahují stejné množství uhlíku, ale mají jiné strukturální uspořádání, vnímáme jako jiný čichový podnět. Platí, že silně aromatické látky jsou dobře rozpustné ve vodě a tucích. [5]

2.5 Přenos signálu

Člověk má asi 1000 různých receptorů pachů. To odpovídá jednomu procentu našeho genomu. Všechny receptorové molekuly jsou spojeny s heterotrimerním proteinem G. Některé jsou spojeny s adenylátcyklázou a cAMP, jiné s fosfolipázou C a produkty hydrolýzy fosfatidylinozitolu. Většina z nich způsobí otevření kationtových kanálů, což způsobí proud Ca^{2+} do buněk. [5]

Další detekci zajišťují glomeruli olfactorii. Každý typ pachové látky vyvolá v glomerulu různou aktivitu a tu potom snímá mozek. V glomeruli olfactorii je laterální inhibice zprostředkována periglomerulárními buňkami, což pomáhá zvýraznit a soustředit pachový signál. [5]

Vázání odorantů

Odoranty jsou vázány na proteiny. Proteiny se nachází v olfaktorickém hlenu na sliznici. [5]

Vomeronazální orgán

Nachází se zde třicet zakřivených čichových receptorů. Tyto receptory registrují feromony. [5]

2.6 Čichání

Většina vzduchu prochází kolem dolních a středních skořep nosních. K horní skořepě se vzduch dostává minimálně turbulentním prouděním. Pokud chceme přičichnout více, musíme se zhluboka nadechnout. Čichání je poloreflexní reakce. [5]

Čich a chuť jsou spolu propojeny. Při žvýkání se dostávají vjemy také do čichového epitelu. Pokud člověk ztratí čich není schopen rozeznat chuť jídla. Člověku se čich zhoršuje přirozeně stárnutím, horší citlivost mají i kuřáci. [5]

2.7 Adaptace

Při trvalém působení zápachu intenzita vnímání klesá. Podkladem je rychlá adaptace nebo desenzitizace čichového systému. Adaptace je specifická pro vnímaný pach. Ostatní pachy nejsou nijak ovlivněny. [5]

3 Poruchy čichu

Poruchy čichu se dělí na základě symptomatologie na kvalitativní a kvantitativní. Dále podle etiopatogeneze na konduktivní, senorineurální a idiopatické.

3.1 Rozdělení dle symptomatologie

3.1.1 Kvantitativní poruchy

Mezi kvantitativní poruchy patří hyposmie a anosmie. Hyposmie je částečná ztráta čichu. Anosmie je úplná ztráta čichu. [6]

3.1.2 Kvalitativní poruchy

Kvalitativní poruchy jsou: parosmie, fantosmie a specifická anosmie. Parosmie je zkreslený čichový vjem. Fantosmie je vjem bez stimulu neboli čichová halucinace. A specifická anosmie je neschopnost rozeznat určité čichové látky. [6]

Tabulka č.1 – Rozdělení poruch čichu podle symptomatologie [14].

Porucha čichu	kvantitativní	Anosmie	Úplná ztráta čichu
		Hyposmie	Částečná ztráta čichu
	kvalitativní	Parosmie	Zkreslený čichový vjem
		Fantosmie	Čichový vjem bez stimulu
		Specifická anosmie	Porucha čichu pro určité pachové látky

3.2 Rozdělení dle etiopatogeneze

3.2.1 Konduktivní poruchy

Kvůli překážce se pachová látka nedostane do regio olfactoria. Toto nastává například při akutní rýmě, u nosních polypů nebo u nádorů nosní dutiny. Dalším typem poruchy je špatná ventilace dutiny nosní. K této poruše dochází například po totální laryngektomii, nádorech nosohltanu nebo choanální artrézii. [6]

3.2.2 Senzorineuální poruchy

O senzorineuální poruchu se jedná v případě poruchy samotného čichového receptoru. Příčinou je atrofická rýma, nedostatek vitamínu A, inhalace toxických látek. Nebo může dojít k poruše vedení, to je k poruše čichových drah nebo čichového centra. Mezi hlavní příčiny patří úraz nebo neurodegenerativní onemocnění. [6]

Tabulka č.2 – Rozdělení poruch čichu podle etiopatogeneze [14].

Typ poruchy	Mechanismus	Onemocnění
Konduktivní	Mechanická obstrukce dutiny nosní	Akutní a chronická rýma, nosní polypy, deviace septa, nádory dutiny nosní
	Porucha ventilace dutiny nosní	Stav po totální laryngektomii, choanální artrézii, nádory nosohltanu
Senzorineuální	Patologie oblasti receptoru	Atrofická rýma, deficit vitamínu A, inhalace toxických látek
	Patologie oblasti čichové dráhy a čichového centra	Posttraumatická, proběhlá virová onemocnění, nádory přední jámy lební, ateroskleróza, diabetes mellitus, kongenitální onemocnění
Idiopatická	Etiologie neznámá	

Stárnutím nám také slábne čich. Senioři nevnímají silné zápachy tak výrazně. To pro ně může znamenat riziko toxickým poškozením. Dalšími faktory slabšího čichu u starých lidí mohou být i poúrazové, povirové, sinonazální poruchy, ale i medikace. [8]

U řady neurodegenerativních chorob dochází ke změnám v čichovém vnímání. Největší význam má vyšetření čichu u Alzheimerovy a Parkinsonovy choroby, u nichž se poruchy čichu objevují před ostatními klinickými příznaky. Pacienti si poruchu čichu často neuvědomují. Vyšetření čichu tak může včasné upozornit na přítomnost neurologické choroby či usnadnit diferenciální diagnostiku. [9] [10]

U Alzheimerovy choroby dochází nejdříve k postižení čichové identifikace. Až později v pokročilých stádiích se přidává i porucha diskriminace a detekce. U Parkinsonovy choroby je porucha čichu častější než charakteristický projev – tremor. U této nemoci dochází ke snížení čichového prahu, poruše čichové diskriminace i identifikace. U studie zabývající se postižením čichu při Demenci bylo zjištěno, že poškození čichového aparátu je větší než u Alzheimerovy choroby. Při frontotemporální lobární degeneraci nastane výrazná porucha čichové identifikace. [9] [10]

4 Elektroencefalografie

EEG je vyšetřovací metoda v neurologii. Pomocí ní je snímána bioelektrická aktivita mozku. Elektrická aktivita vzniká přesunem iontů při změnách vodivosti buněčných membrán. Tyto iontové proudy vedou ke vzniku elektromagnetického potenciálového pole v extracelulárním prostoru. Výsledkem měření je křivka průběhu rozdílů měnícího se potenciálového pole mozku v čase. [11]

Elektrody

Záznam z hlavy je snímán elektrodami přiloženými na kůži. Elektrody jsou upevněny do speciální čepice pro jednodušší manipulaci. Pro lepší

vodivost přes vlasy se používá elektrovedivý gel. Rozložení elektrod vychází ze standardních referenčních bodů na lebce, přizpůsobených k rozměrům lebky jednotlivce. Nejpoužívanější systém rozložení elektrod se nazývá „10–20“. Označení jednotlivých elektrod vychází z oblasti snímání mozku a postavení vůči středové čáře. [11]

Typy zapojení

Biopotenciály pod jednotlivými elektrodami se porovnávají s okolními elektrodami podle druhu zapojení.

A) Referenční (unipolární režim): používá se společná referenční elektroda, nejčastěji na ušním lalůčku.

B) Bipolární zapojení: Postupné porovnávání se sousední elektrodou. Umožňuje přesnou lokalizaci ložiska.

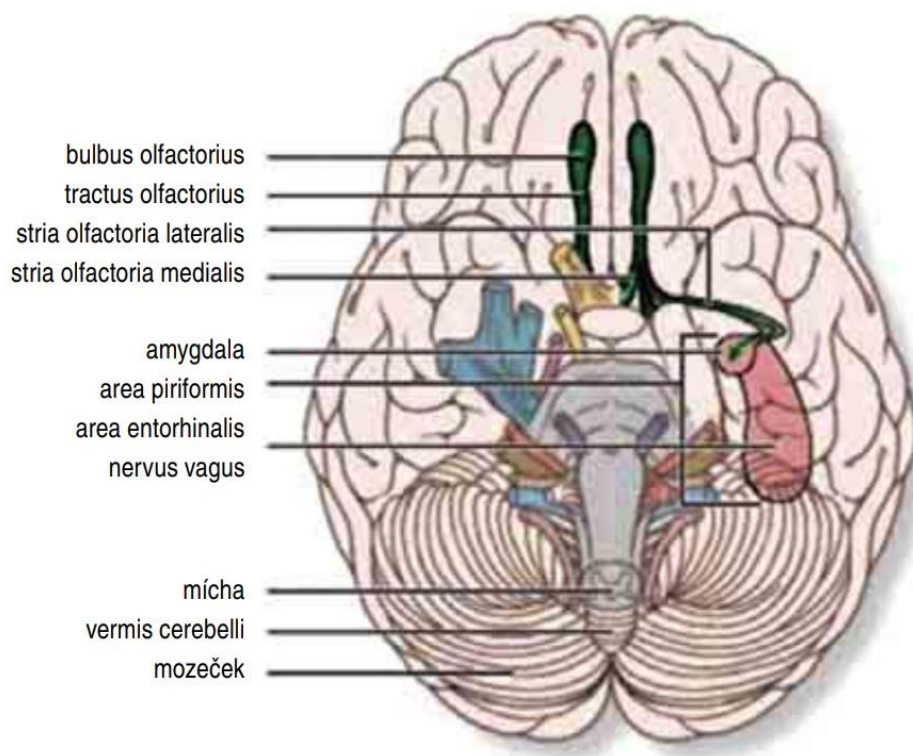
C) Zdrojové zapojení: Porovnávání s Goldmanovou svorkou – společné referenční elektrody vytvořené odporovou sítí. [11]

Základní vlny

Hodnotí se: frekvence, amplituda, tvar vlny, seskupení vln, výskyt vln v prostoru a čase, reaktivita na podněty. [11]

Evokované EEG

Opakováním stejných podnětů získáme evokované potenciály. Tyto potenciály mají poměrně malou velikost, a to v jednotkách μV . [11]



Obrázek 4.1: Schéma čichového mozku [10].

4.1 Využití EEG u vyšetření čichu

Zatím se testuje během klinických studií. Pacientovi je nasazena EEG čepice s gelem a jsou předkládány pachové látky (citron, vanilka, máta). Vše probíhá v čisté, zvukově odizolované místnosti s vlastní ventilací. Pacient je udržován ve stavu relaxace s otevřenýma očima. Na odečtení očních artefaktů je použit okulogram. Měření probíhá napřed dvakrát na prázdko bez podnětu, poté jsou puštěny pachové látky. Každý pachový podnět je stimulován po dvě minuty. Z EEG lze vyčíst zvýšení oscilace beta a theta vln. Ze zapojení elektrod je vidět nejvyšší aktivita v levé temporální/ parietální oblasti. [12] [13]

5 Metody vyšetření čichu

Existují dvě metody vyšetření čichu, a to subjektivní a objektivní. Subjektivní metody si popíšeme podrobněji. Metody je možné také dělit na kvantitativní a kvalitativní. Obecně se při vyšetření používají stimulanty, které jsou pacientovi dobře známé. Jsou to například káva, vanilka, levandule. Tyto látky se mohou lišit podle geografického místa a místních zvyků. Dále se využívají látky jako mentol a alkohol, které stimulují kromě čichového nervu i nerv bloudivý. [14]

V ordinacích se používají specializované čichové testy nebo látky každodenního použití jako je třeba káva, zubní pasta. [15]

5.1 Subjektivní metody vyšetření čichu

Vyšetření čichu bylo v počátcích měřeno kvantitativně. Snaha o vyšetření čichu započala v devatenáctém století, kdy Valentin měřil minimální koncentraci látky, která ještě vyvolá reakci. Další pokrok přinesl Zwaardemaker. Ten sestrojil olfaktometr ze dvou do sebe zasunovatelných trubic. Při vysunování jedné se uvolňovala pachová látka. Proetz představil olfaktometr, který se sestavoval z deseti pachů po deseti koncentracích. Elsberg a Levy sestavili olfaktometr z nádoby s vonnou látkou a dvěma hadičkami. Amoore stanovil jednotku decisme jako jednotku čichového vjemu. [14]

V kvalitativní olfaktometrii Börnstein rozdělil pachové látky do tří skupin. V první se nachází ty, které stimulují jen nervus olfactorius (stearin, jádrové mýdlo). Ve druhé jsou látky stimulující také nervus trigeminus (mentol, amoniak). Ve třetí skupině jsou látky, které působí chuťový vjem (chloroform, pyridin). [14]

Velký pokrok v olfaktometrii udělal Cain. Ten zavedl tři kritéria, která mají vést k co nejlepšímu rozeznání podnětu. Nucenou volbu zavedl Doty. Při této metodě je předložena látka pachová a bez zápachu. Tyto poznatky jsou používány u testů do dnes. [14]

Tabulka č.3 – Cainova kritéria [14].

1.	Předkládaná čichaná látka musí být vyšetřované osobě známa.
2.	Název čichané látky by měl být obecně znám.
3.	K označení látky by měla být dána možnost nápovědy.

Ve spojených státech jsou používány testy CCCRC (Connecticut Chemosensory Clinical Research Centre) a UPSIT (University of Pennsylvania Smell Identification Test). UPSIT je nejpoužívanější na světě. V Německu je zaveden Sniffin´sticks. V Japonsku je užíván test T a T olfaktometrie. Nejjednodušší užívaný test je Alcohol Sniff Test (AST), který je určen ke screeningovému vyšetření. [14]

Amerika

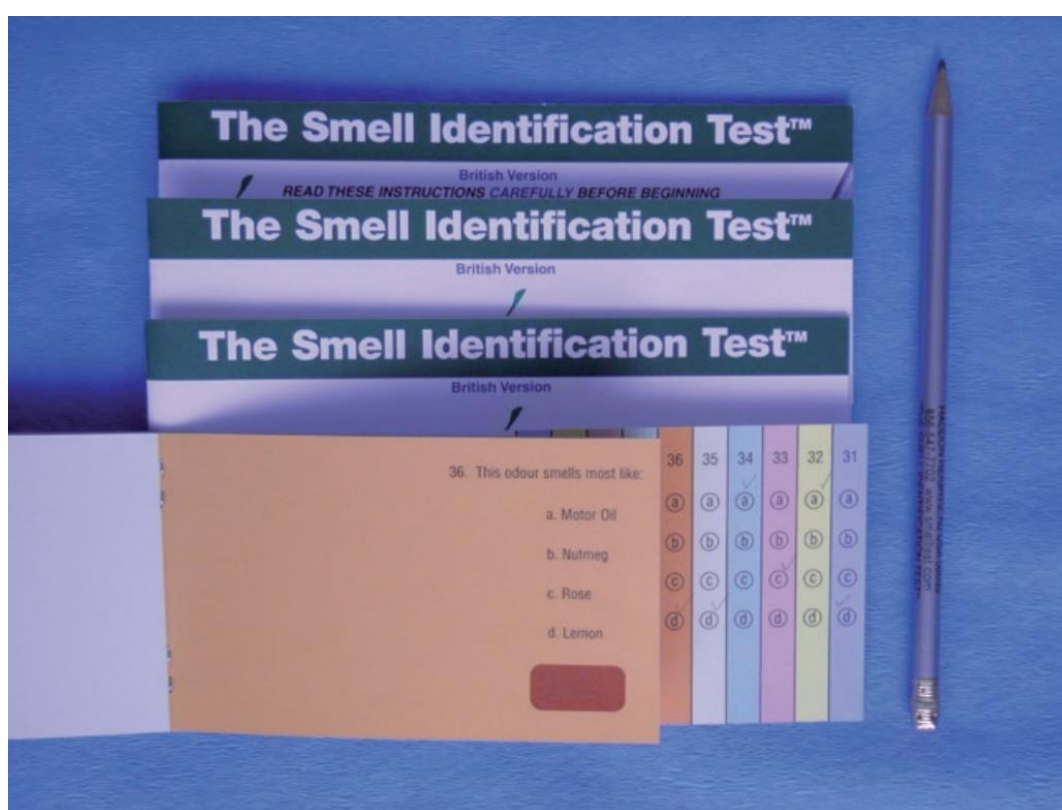
5.1.1 University of Pennsylvania smell indentification test (UPSIT)

Na Pensylvánské univerzitě byl výzkum zaměřený na vývoj klinicky použitelného testu na onemocnění chemických smyslů. Výsledkem výzkumu je jednoduchý test na vyšetření čichu. Test obsahuje mikro kapsule naplněné vonnými krystaly. [14] [16]

UPSIT se skládá ze čtyř knížek, každá obsahuje deset odorantů. Na každé stránce je jeden odorant. Stimulanty jsou uzavřeny v průměrně deset až padesát mikrometru velkých krystalických mikrokapsulích. Kapsule jsou umístěny na hnědém proužku na konci každé stránky. Nad každým proužkem je otázka se čtyřmi možnými odpověďmi. Pacient musí na každou otázku odpovědět, i když nic necítí. To pomáhá pacienta donutit, aby každý vzorek vyzkoušel a zároveň jde o snahu odhalit případné simulanty. [16]

Stimulanty použité v testu byly vybrány na základě několika kritérií. Za prvé, skládají se z široké škály různých vůní. Test zahrnuje příjemné

vůně i nepříjemné pachy. Za druhé, vůně jsou jednoduché i složené (např. čokoláda). Většina podnětů v našem okolí je složeno z jednoduchých. Za třetí, většina stimulantů je nedetekovatelná intranasálními trigeminálními aferenty. Jen pár je detekováno (např. mentol) za účelem odhalení podvodu. Za čtvrté, stimulanty musí být známy pacientům a zároveň musí být jednoduché na poznání ve výběrovém testu. Za páté, stimulanty nesmí působit na pacienty nepříjemně intenzitou, nepohodlím, nechutí nebo dalšími psychologickými atributy. [16]



Obrázek 5.1: Test UPSIT (po zaškrtní se uvolní pachová látka z hnědého políčka) [7].

5.1.2 The Connecticut Chemosensory Clinical Research Center test (CCCRC)

Test se skládá se ze dvou testů: identifikace a determinace čichového prahu na základě n-butanolu. [17]

Pro test čichového prahu se používá devět roztoků n-butanolu v deionizované vodě. Každý roztok je podán pacientovi spolu s vodou k přičichnutí. Pacient musí určit láhev s roztokem. Čichový práh je stanoven, pokud pacient čtyřikrát po sobě identifikuje roztok butanolu. Pokud roztok nepozná, zvýší se koncentrace butanolu a test se opakuje. Roztok butanolu je připraven podle geometrické řady v poměru 1:3. Nejsilnější roztok butanolu je 4 %. [17]

Test identifikace se skládá ze 7 stimulantů (dětský zásyp, čokoláda, skořice, káva, molybden, arašídové máslo a mýdlo). Tři další stimulanty se nezapočítávají do výsledku testu, ale testují funkčnost trigeminálního nervu. Deset nádob se stimulanty je předloženo pacientovi spolu se seznamem věcí k identifikování. [17]

Výsledkem testu je součet skóre. V každém testu může pacient získat maximálně padesát bodů. V klasickém CCCRC testu se zkoušejí zvláště obě nosní dírký. Výsledky se pak dělí do kategorií: normální čich (100 - 90 bodů), lehká hyposmie (80-70), střední (60-50), těžká (40-20), anosmie (10-0). [17]

5.1.3 Alcohol sniff test (AST)

Je úpravou Sniffin Sticks testu. Používá se jako screening poruch čichu u dětí. Jako stimulant slouží 70 % roztok isopropylalkoholu. Před testem je pacient seznámen s vůní alkoholu. Láhev s alkoholem se umístí třicet centimetrů před nos a postupně se po jednom centimetru přibližuje, dokud pacient neucítí alkohol. Procedura se pětikrát opakuje. Čichový práh se stanoví na základě průměru výsledků. [18]

Evropa

5.1.4 Sniffin' Sticks

Odoranty jsou podávány ve formě fixů. Fixy mají délku zhruba 14 cm a průměr 1,5 cm. Naplněny jsou napuštěnými tampony nebo odoranty rozpuštěnými v propylenglykolu. Pro testování je fix otevřen na tři sekundy a držen dva centimetry před nosem. [19]

Čím déle je fix otevřen, tím víc se uvolní vůně. To vede k navyknutí pacienta na odor nebo k zamoření místnosti pachovou látkou. Testování by proto mělo probíhat v dobře ventilované místnosti. [19]

Celkové vyšetření se skládá ze tří testů: test identifikace, diskriminace a vyšetření čichového prahu. Testy by měly proběhnout v pořadí: čichový práh, diskriminace, identifikace. [19]

Test identifikace (I)

Fixy jsou označeny modře čísly 1-16. Test obsahuje 16 odorantů. Kritéria pro výběr byly: za první, pacient by měl znát všechny vůně v testu. Za druhé, odoranty v testu by si měly být podobné intenzitou a hédonickým podbarvením. Za třetí, zdravý pacient by měl úspěšně rozpoznat odorant z výběru ve víc jak 75 % případů. [19]

Pacient může čichat k fixu kolikrát chce. Mezi opakováním je interval třicet sekund, aby se zabránilo snížení citlivosti čichu. Pacient má na výběr ze čtyř možností, přičemž musí nějakou odpověď označit. [19]

Test diskriminace (D)

Fixy jsou označeny zeleně. Test se provádí podáním trojice fixů. Celkem je v testu šestnáct trojic. Pacient má určit rozdílný odorant, dvě fixy jsou stejné. Pacient může k fixu přičichnout pouze jednou. Interval mezi jednotlivými fixy je tři sekundy a mezi jednotlivými trojicemi je třicet sekund. [19]

Kritéria pro výběr odorantů byly podobné jako u testu identifikace. Hlavní rozdíl je, že pacient může k fixům přičichnout pouze jednou.

Test čichového prahu (T)

Fixy jsou označeny červeně. Jako odorant je použit n-butanol. Roztoky jsou připravovány podle geometrické řady. Během vyšetření je pacientovi znemožněno vidění. Tři fixy jsou podány pacientovi v náhodném pořadí. Dva obsahují rozpouštědlo a třetí obsahuje odorant v příslušném naředění. Pacient má určit odorant. Interval mezi trojicemi je dvacet sekund, testuje se, dokud pacient nepozná dvakrát za sebou ten stejný roztok. To je výchozí bod pro měření čichového prahu. [19]

Výsledky testů

Výsledkem je součet výsledků z jednotlivých testů – TDI skóre. Pokud je skóre nižší než 16,5 bodu, pacient je považován za anosmického. Pokud je skóre z testu čichového prahu vyšší než jedna a zároveň má skóre z TDI testu vyšší než 30,5, je pacient považován za normosmického. V ostatních případech je pacient považován za hyposmického. [19]



Obrázek 5.2: Test Sniffin' Sticks (test identifikace) [7].

5.1.5 Test parfémovaných fixů (OMT)

Jednoduchý screeningový test vytvořený v Krajské nemocnici Pardubice. Tento test je levnou alternativou k Sniffin Sticks. Sada se skládá ze 6 fixů (lékořice, citron, skořice, broskev, jablko, jahoda). Test se skládá ze dvou částí. Nejprve pacient spontánně pojmenuje jednotlivé odoranty a za každý název nebo přibližné určení dostane bod. Ve druhé části testu dostane pacient kartu, na které jsou uvedeny ke každému fixu čtyři možnosti. Za správné pojmenování dostane bod. Výsledkem testu je součet bodů (0-5 anosmie, 6-8 hyposmie, 9-12 normosmie). [20]



Obrázek 5.3: Test OMT [7].

5.1.6 Nový test libosti pachů

Pacientovi je postupně předloženo 32 zásobníků s pachovými látkami. Tři zásobníky jsou naplněny pachem, který stimuluje nerv trojklaný. Pacient vybírá u každé látky z možností: voní; je neutrální; zapáchá; dráždí/výrazně zapáchá. [21]

Asie

5.1.7 Odor Stick Identification Test (OSIT)

Test obsahuje třináct odorantů přizpůsobených dané kultuře. Například pro Japonsko se používají: mléko, zemní plyn, kari, cypřišové dřevo, inkoust, pomeranč, mentol, parfém, zápach odpadků, smažený česnek, růže, fermentovaná sója a dřevo. [17] [22]

Odoranty jsou uzavřeny v mikrokapsulích. Kapsule jsou smíchány s pevným krémem do formy rtěnky. Směs je nanesena do kruhu o poloměru dva centimetry na parafínový papír. Pacient papír přehne a tře o sebe, tím se uvolní odoranty. Potom je předložena karta se čtyřmi obrázky s názvy. Pokud pacient cítí odorant, ale nevybere možnost z karty, pak označí odpověď: cítí ale nerozpoznává nebo označí odpověď: necítí. Výsledek je vyjádřen v procentech OSIT skóre. [17] [22]

5.1.8 T & T Olfactometr

Japonský test pro vyšetření čichového prahu. Jako stimulanty jsou použity: β -Phenylethyl alcohol, Methyl cyclopentenolone, Isovaleric acid, γ -Undecalactone, Skatole. Stimulanty jsou naředěny a očíslovány od -2 do 5, s tím že nula prezentuje zdravého člověka. Měření se provádí, dokud pacient neucítí a zaznamená se úroveň, které dosáhl. Pro celkové skóre se výsledky sčítají. [23]

Další testy

Založeno na UPSIT

Cross-cultural smell identification test (CC-SIT) – kvalitativní testování pro vyšetřování i mimo USA

The Brief Identification Test (B-SIT) – screening čichových poruch

The Odor Memory Test (OMT) – test diskriminace čichu a čichové paměti

The Pocket Smell Test (PST) – test k hrubé orientaci čichových poruch

Založeno na Sniffin sticks

16- Identifikationstest – rozlišení normosmie, hyposmie, anosmie

12- Identifikations-Screening-Test – rozlišení normosmie, hyposmie, anosmie

6- Identifikationstest – rozlišení anosmie od normosmie a hyposmie

Screening-Test – rozlišení anosmie od normosmie a hyposmie

[14]

5.2 Objektivní metody vyšetření čichu

Mezi objektivní metody patří reflexní olfaktometrie. Ta měří změny elektrického kožního odporu, olfaktopupilární reflex nebo periferní prokrvení po vjemu. Bourgeois zavedl zkoušku na odhalení simulace, kdy se registruje respirační reflex po odporném čichovém podnětu. Nejvýznamnější metoda je registrace evokovaných potenciálů. Tato metoda funguje na podobném principu jako vyvolávání a registrace sluchových evokovaných potenciálů. Mezi nejnovější metody patří funkční magnetická rezonance a jednofotonová výpočetní tomografie (SPECT). [14]

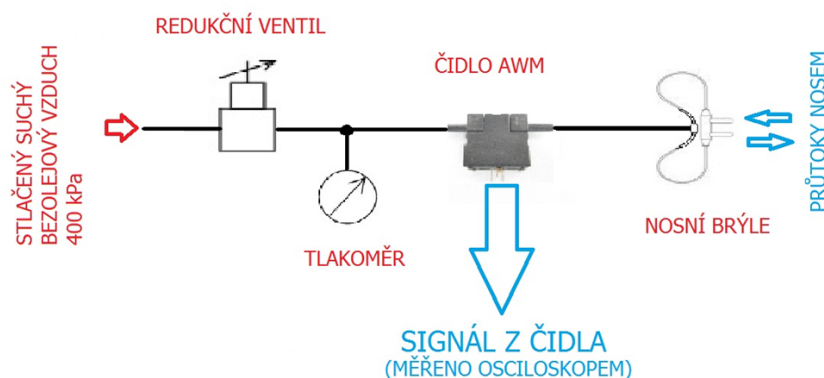
Praktická část

6 Vývoj přístroje

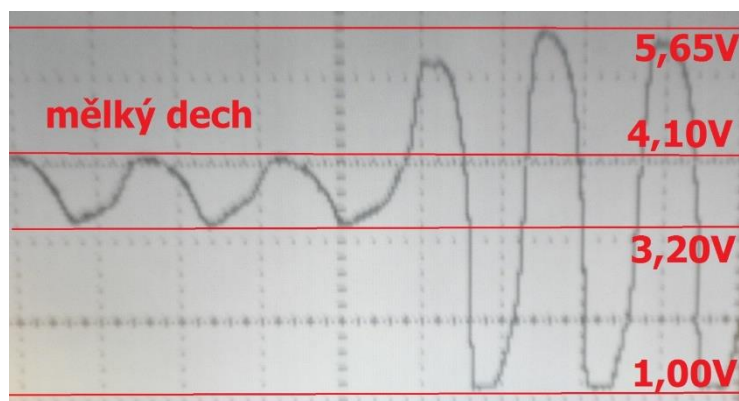
Projekt je zaměřen na vývoj objektivního přístroje na vyšetření čichu. Na projektu se spoluúčastní pracoviště Elmet s.r.o., Technická univerzita v Liberci a Univerzita Pardubice.

6.1 Průtokové čidlo

Pro přístroj bylo vybráno čidlo AWM z řady 3000 od firmy Honeywell. V této řadě jsou na výběr různá čidla lišící se především maximálním průtokem. Zvoleno bylo čidlo AWM3300V. Toto čidlo má rozsah 0 až 1000 ml/min. Dále toto čidlo bylo přeměřeno pro vhodnost použití. Čidlo bylo napájeno stabilizovaným zdrojem a připojeno na nosní brýle. Výstupní signál byl zobrazen na osciloskopu připojeném k čidlu. Výsledek byl porovnáván s tlakoměrem. [25]



Obrázek 6.1: Schéma zapojení [25].



Obrázek 6.2: Signál čidla; vlevo mělké dýchání, vpravo hluboké [25].

Dle průběhu signálu na osciloskopu je vidět rozsah napěťového signálu mezi 1 a 5,65V. Z obrázku je vidět vhodnost čidla pro mělký dech. Prudký dech je mimo pracovní rozsah. Nulová hodnota byl kalibrována po připojení stlačeného vzduchu. Z měření vyplynulo použití čidla AWM3303V. [25]

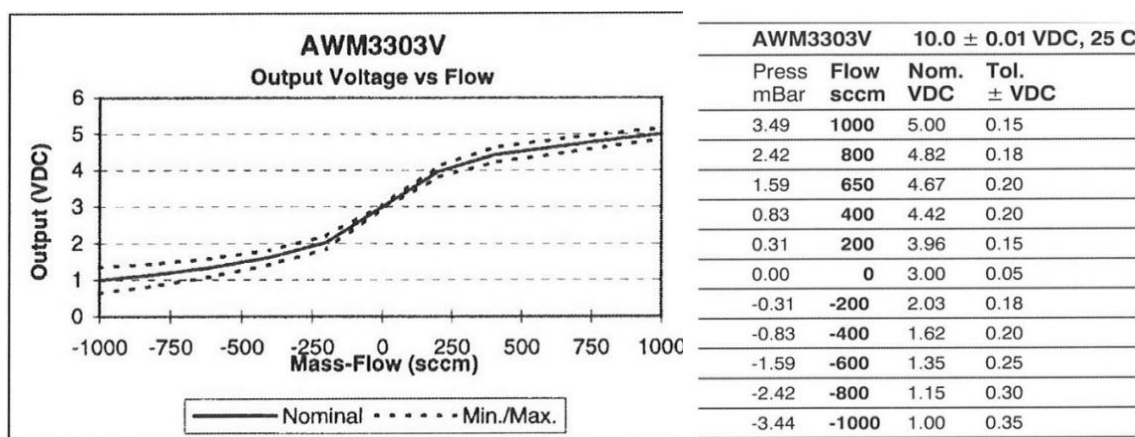
Dále byla změřena změna tlaku po připojení antibakteriálního filtru. Měření ukázalo, že změna tlaku po připojení filtru je nepodstatná.

Čidlo AWM3303V

Průtok: 0 až 1000sccm

Výstupní signál: 0 až 5 V

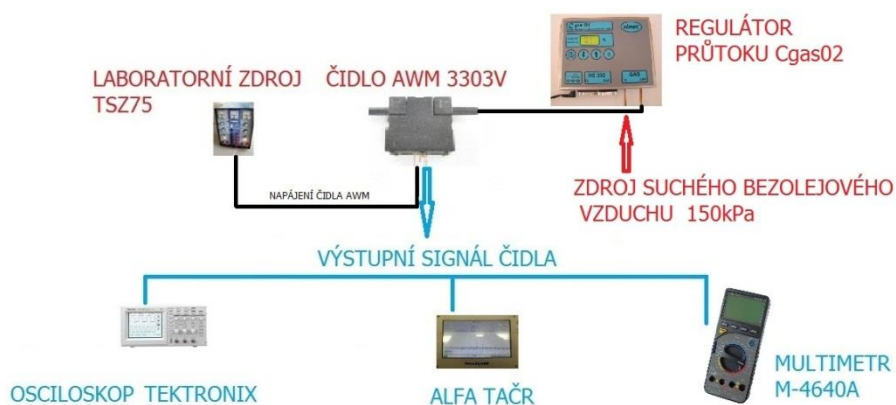
Spotřeba: 100mW (při napájecím napětí 8-15 V)



Obrázek 6.3: Charakteristika čidla AWM3303V [24].

Pro ověření rozsahu čidla AWM3303V, byl připojen k laboratorní zdroj a výsledek zobrazen na osciloskopu. Pro klidný dech vyšly hodnoty mezi 1,5 V a 4,2 V. Pro hluboký dech se výsledek pohyboval mezi 0,72 V a 5,2 V.

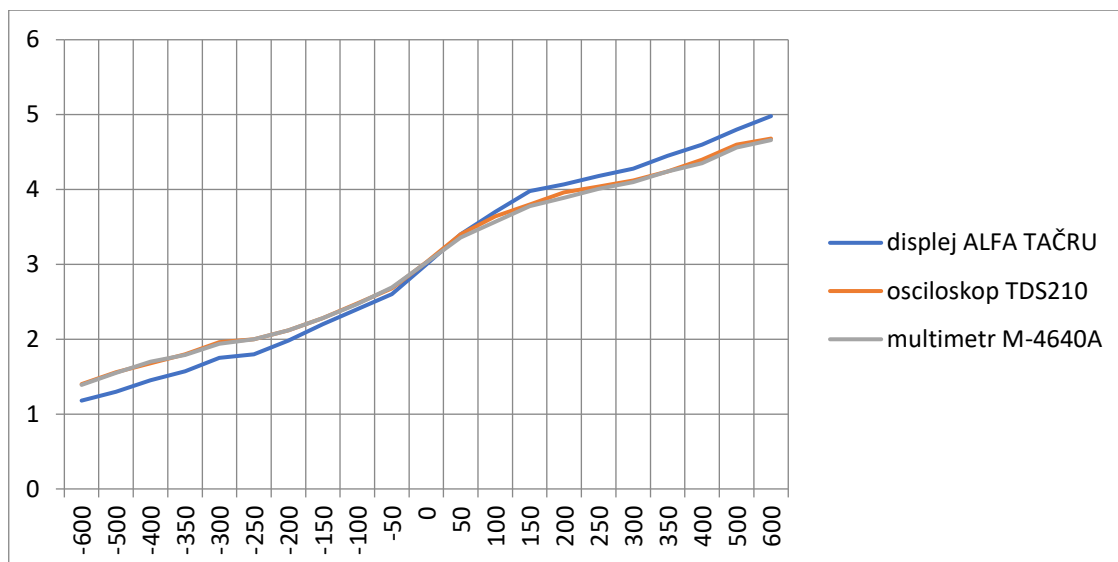
Další měření ověřovalo přesnost čidla. V tomto případě byl výstupní signál sledován na osciloskopu, multimetru a přístroji ALFA TAČR.



Obrázek 6.4: Schéma zapojení.

Tabulka č.4 - Naměřené hodnoty.

-600	1,18	1,4	1,39
-500	1,3	1,56	1,55
-400	1,45	1,68	1,7
-350	1,57	1,8	1,79
-300	1,75	1,96	1,94
-250	1,8	2	2
-200	1,98	2,12	2,12
-150	2,2	2,28	2,28
-100	2,4	2,48	2,47
-50	2,6	2,68	2,69
0	3	3,028	3,024
50	3,4	3,4	3,36
100	3,7	3,64	3,57
150	3,98	3,8	3,78
200	4,07	3,96	3,89
250	4,18	4,04	4,01
300	4,28	4,12	4,1
350	4,45	4,24	4,24
400	4,6	4,4	4,35
500	4,8	4,6	4,56
600	4,98	4,68	4,66
průtok (ml/min)	ALFA TAČR	osciloskop TDS210	multimetr M-4640A
	naměřený výstupní signál čidla AWM3303V (V)		



Obrázek 6.5: Graf naměřených hodnot [24].

Naměřené hodnoty osciloskopu a multimetru se mírně lišily. Spotřeba energie je závislá na aktuálním průtoku vzduchu. S vyšším průtokem vzduchu je i vyšší napájecí napětí (+10 V). [24]

6.2 Počítač FriendlyARM mini 2440

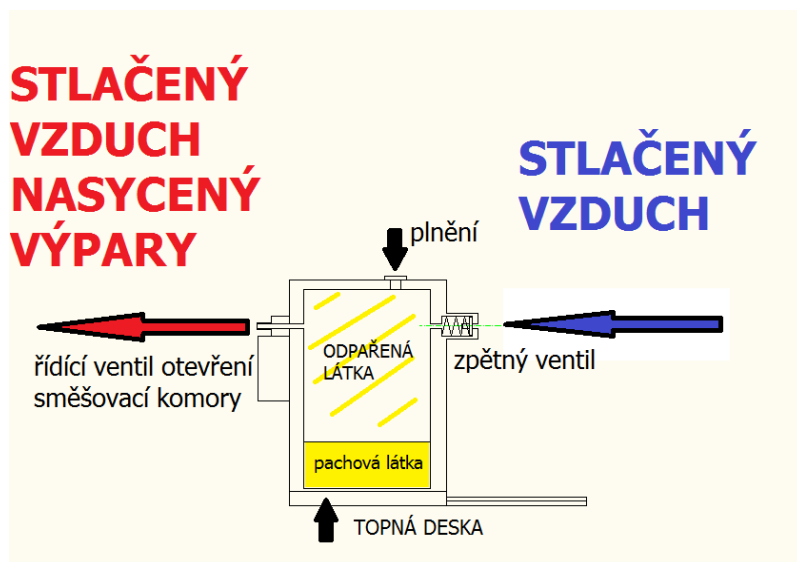
Dalším krokem v projektu bylo sestavení a naprogramování počítače. Byl použit jednodeskový mini PC s procesorem ARM – FriendlyARM mini 2440. Deska zároveň obsahuje modul s dotykovým displayem. Po sestavení a naprogramování byla otestována komunikace mezi čidlem a počítačem.



Obrázek 6.6: Počítač FriendlyARM mini 2440 [24].

6.4 Dávkovač pachů

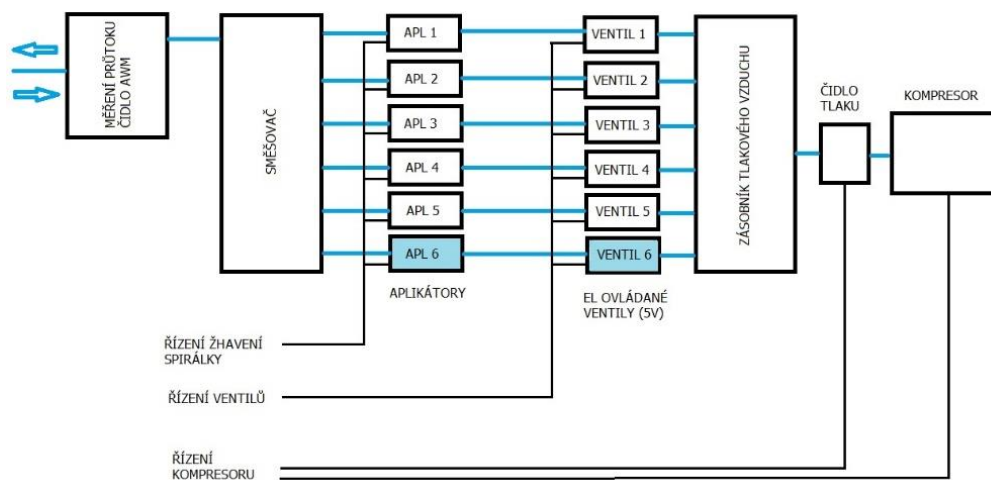
Jako první systém se uvažovalo dávkování pachů na principu elektronických cigaret. Tyto náplně by byly levné. Výroba by byla také dostupná v tabákových firmách. Později se ovšem přešlo na systém komor naplněných pachovými látkami.



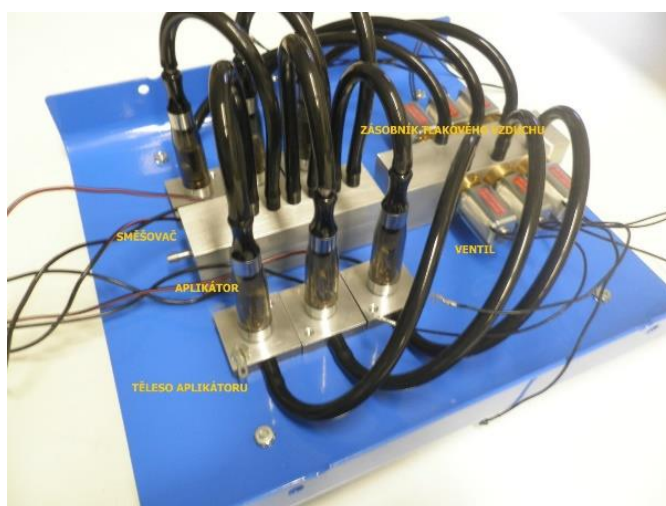
Obrázek 6.7: Schéma dávkovače.

Popis funkce

Kompresor vhání stlačený vzduch přes tlakový spínač do všech komor s pachy (případně do komory proplachu bez pachové látky). Dle volby vyšetřujícího může být aktivován jeden z ventilů označených 1 až 5. Po aktivaci jednoho z ventilů 1 až 5 po danou dobu je aktivován ventil proplachu. Pach je dopraven přes oxy sluchátka k vyšetřovanému.



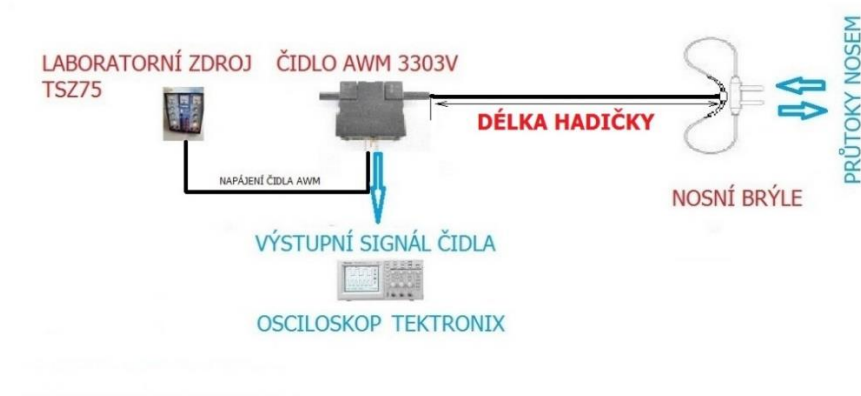
Obrázek 6.8: Blokové schéma zapojení dávkovače [26].



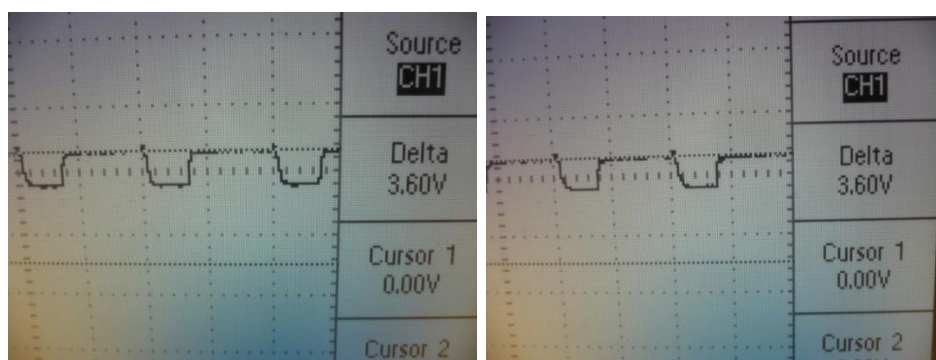
Obrázek 6.9: Dávkovač pachů bez kompresoru (První verze) [26].

Měření vlivu délky hadičky na změnu tlaku

Při měření se použil osciloskop, multimetr, a laboratorní zdroj. Čidlo AWM3303V je napájeno laboratorním zdrojem. Průtoky nosem jsou k čidlu připojeny z nosních brýlí a výstupní signál je zobrazen na osciloskopu. Cílem měření je ověření ovlivnění výstupního signálu čidla AWM3303V délkou hadičky mezi nosními brýlemi a čidlem. Zdroj nastaven na napětí 10 V – výstupní signál čidla AWM3303V při nulovém průtoku je roven 3 V.



Obrázek 6.10: Schéma zapojení.

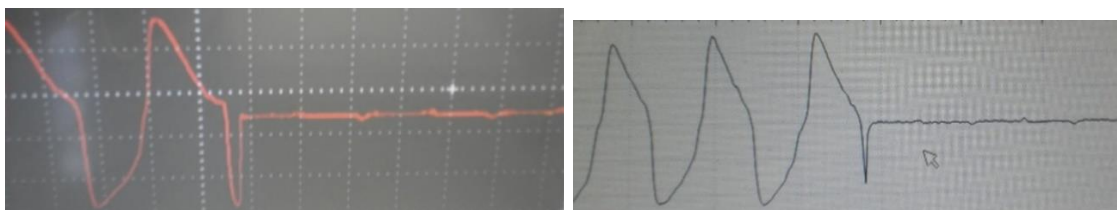


Obrázek 6.11: Naměřené hodnoty signálu; vlevo délka hadičky 350 mm a vpravo 2100 mm.

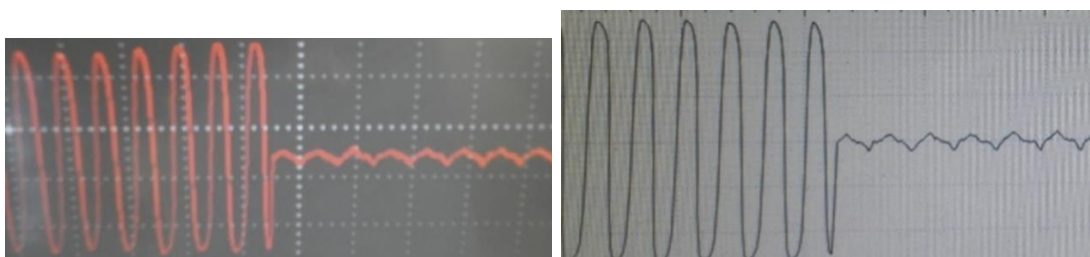
V obou případech mezi čidlem AWM3303V a nosními brýlemi dosáhl signál maximální hodnoty 3,6 V. Z výsledků měření zpracovaných prostřednictvím osciloskopu není patrný podstatný rozdíl mezi průběhy signálu s hadičkou délky 350 mm a 2100 mm.

Měření změny tlaku po připojení dávkovače pachů

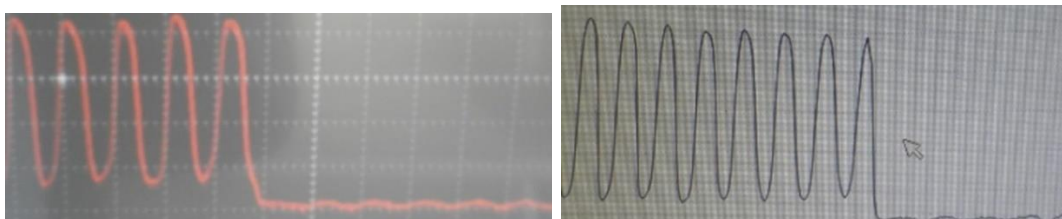
Toto měření proběhlo pro čidlo AWM3303V. Byl použit zdroj vzduchu s průtokem 1200ml/min. V první části měření k čidlu nebyl připojen dávkovač pachů. V druhé části měření se po pár nadechnutí připojil dávkovač.



Obrázek 6.12: Naměřené hodnoty pro pomalý hluboký nádech a výdech bez připojeného dávkovače pachů (pozn.: vlevo oscilátor a vpravo přístroj ROLF ADM) [25].



Obrázek 6.13: Naměřené hodnoty pro rychlý nádech a výdech bez připojeného dávkovače pachů [25].

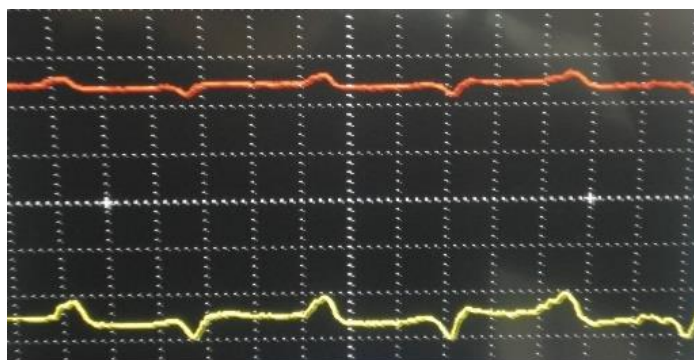


Obrázek 6.14: Naměřené hodnoty pro rychlý nádech a výdech v púlce měření připojen dávkovač pachů [25].

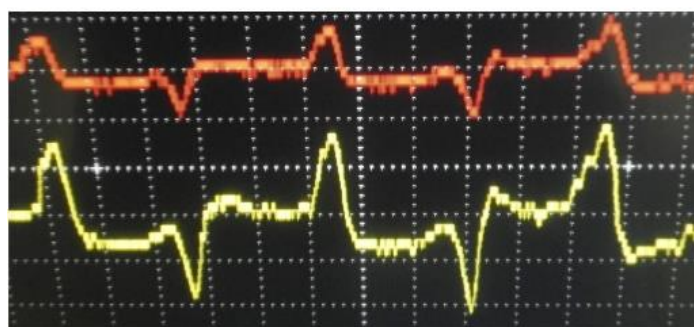
Pokud připojíme k přístroji vyrobený dávkovač pachů, změní se odpor průchodnosti hadičky. Odpor systému se velmi významně zvětší. To znamená, že průtok čidlem AWM3303V je ovlivněn připojením vyrobeného dávkovače pachů s kompresorem. [25]

Umístění čidla

Bylo porovnáno, kde čidlo bude pracovat přesněji. Jedno čidlo AWM3300V bylo umístěno dovnitř přístroje. Druhé čidlo se umístilo před rozdělením nosních brýlí. Obě čidla byla napájena stejným zdrojem o napětí 10 V. Proud vzduchu je zhruba 450 ml/min. Červený signál je čidlo uvnitř přístroje, žlutý pak čidlo blíže pacientovi.

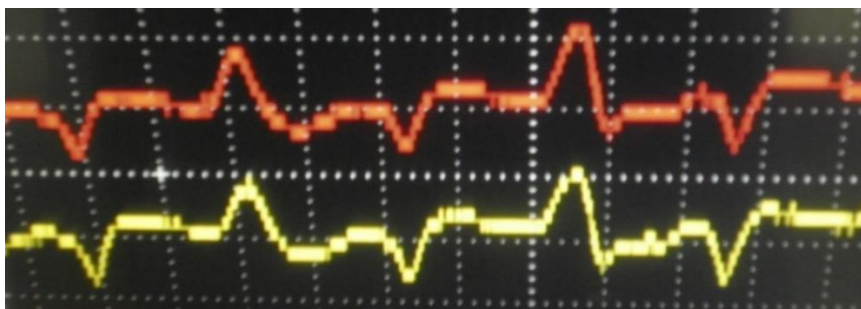


HLUBŠÍ POMALÉ DÝCHÁNÍ



4-NÁSOBNÉ ZVĚTŠENÍ SIGNÁLU

Obrázek 6.15: Porovnání signálu při pomalém hlubokém dýchání.



Obrázek 6.16: Porovnání signálu při volném dýchání.

Z měření vyplynulo, že čidlo blíže pacientovi je asi o 1/5 přesnější. Pro vyšetření je to nepodstatný rozdíl od číla v přístroji. Zároveň je výhodnější umístit čidlo dovnitř z důvodů elektrické bezpečnosti a ekonomické náročnosti, protože by se čidlo muselo po každém měření měnit z důvodu hygieny.

6.6 Kompresor

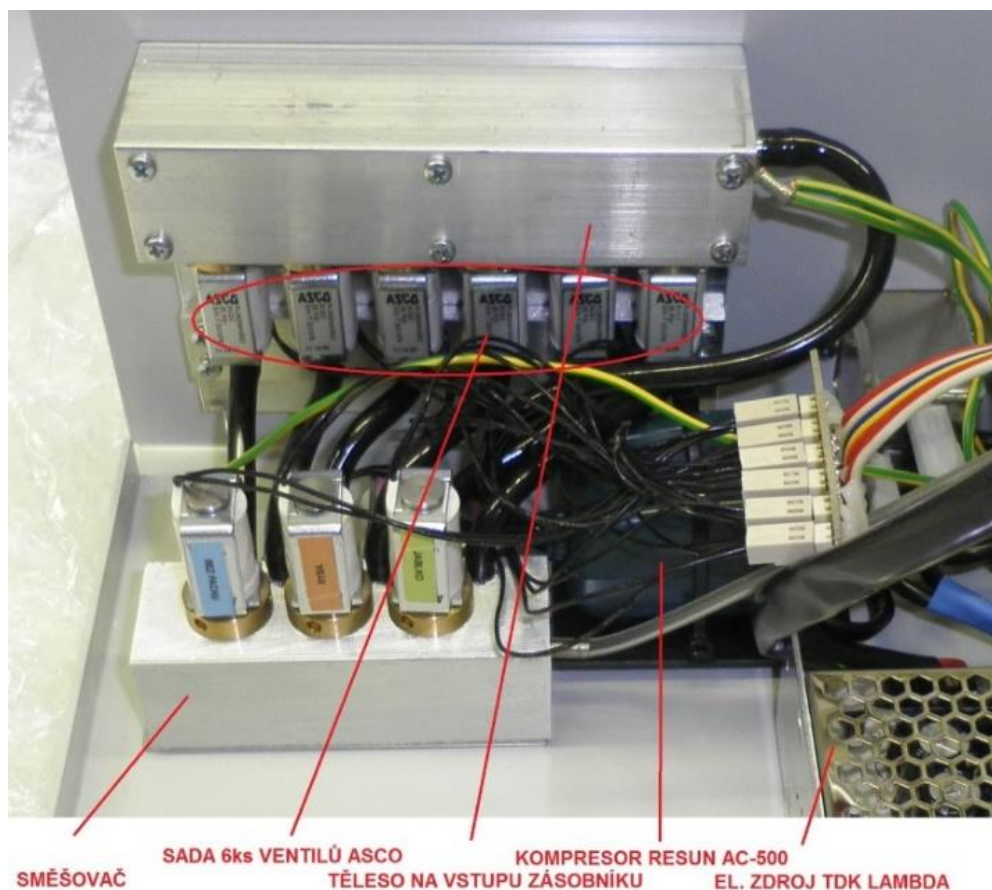
První používaný kompresor byl z pažního tlakoměru (měřiče krevního tlaku). Tento kompresor byl velmi hlučný a zároveň se přehříval po delší době používání.

Pro své rozměry, informace o hlučnosti a psaný/odhadovaný výkon byly vybrány jako vhodná alternativa dva typy kompresorů – Collar a Pump, a Resun AC-500. Pro vyšší výkon byl použit Resun AC-500, který byl umístěn na zvláštní destičku spojenou se spodním krytem přes gumové průchodky, které částečně tlumí vibrace při chodu kompresoru.

6.7 Pachové látky

Přístroj byl vybaven souborem pachových látek ze společnosti AROMA PRAHA. V přístroji je celkem 6 pozic v zásobníku na pachové látky, z nichž jedna pozice zůstává volná. Byly dodány následující pachové látky: kočka rybářská, kompozice ryba, parfém MY LIFE, strawberry juice, vanilla, zelené jablko nové.

Při pozdějším testování přístroje při vyšetření pacientů byly použity látky: valeraldehyd, kyselina máselná, ryba a parfém my life. Jedna komora byla použita bez náplně.



Obrázek 6.17: Výsledný dávkovač pachů.

Změna vedení pachových látek

Šest výstupů se směšovačem u oxy sluchátek by mělo zlepšit míchání pachů ve směšovači v přístroji a dále v propojovací hadičce. Při použití jedné hadičky docházelo k zanesení a znečištění pachy. Díky tomu došlo ke znehodnocení výsledků měření. Použití aplikátorů by mohlo zlepšit přísun pachu příslušné pachové látky k vyšetřované osobě.

7 Technické specifikace přístroje

Rozměry přístroje:	265x165x240mm (Š x V x H)
Váha (kg):	4,1kg
Hlučnost:	max. 60 dB
Pracovní prostředí:	0 až +40 °C vlhkost max. 80%

Klasifikace

Přístroj bezpečnostní třídy:	třída I
Příložná část	typ: B
Stupeň ochrany před škodlivým vniknutím vody:	IPX1 (přístroj chráněn proti kapající vodě)

Napájení jmenovité el. napětí:	TN-S 110–240 V, 50/60 Hz
--------------------------------	--------------------------

Vlastní zdroj el. energie:	----
----------------------------	------

Doba chodu na vnitřní zdroj:	----
------------------------------	------

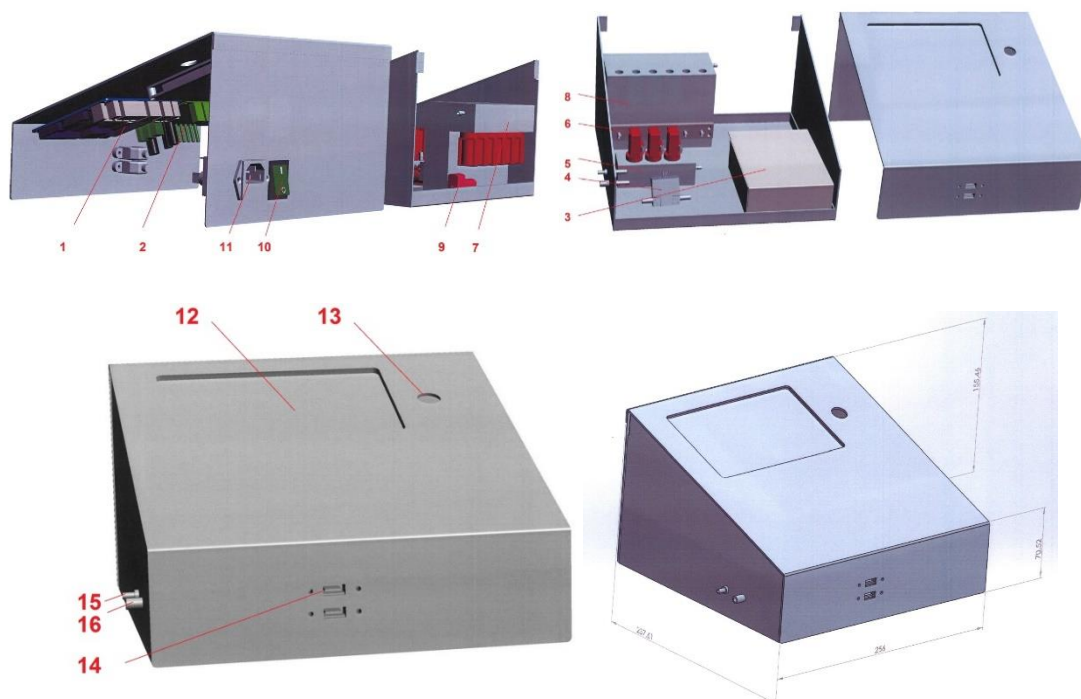
Max. příkon:	50 VA přístroj + příslušenství
--------------	--------------------------------

Režim provozu přístroj může být používán v trvalém provozu s přerušovaným zatížením.

Ochrana před nebezpečím vzplanutí hořlavých směsí anestetik: přístroj nesmí být používán v prostředí, kde se vyskytují hořlavé směsi anestetik.

[27]

7.1 Model přístroje ROLF ADM



Obrázek 7.1: Model finální podoby přístroje ROLF ADM.

Uvnitř přístroje je umístěn: jednodeskový počítač FriendlyARM, deska osazená ROLF-v00, vestavný napájecí zdroj TDK-Lambda LS-75-12, 75 W, 12 V/DC, snímač průtoku AWM3303V, směšovač, rozvod, těleso s ventily / těleso diod – pro izolování jednotlivých zásobníků, těleso zásobníků a kompresor.

Na čelním panelu přístroje se nachází: hlavní síťový vypínač 230 V AC, zásuvka s filtrem a pojistkou, displej, místo pro zapínací/vypínací tlačítko, USB (pro připojení klávesnice a flash disku), konektor pro připojení oxy sluchátek (dávkování pachů), konektor pro připojení filtru a kyslíkových brýlí (měření průtoků).



Obrázek 7.2: Výsledná podoba přístroje [27].

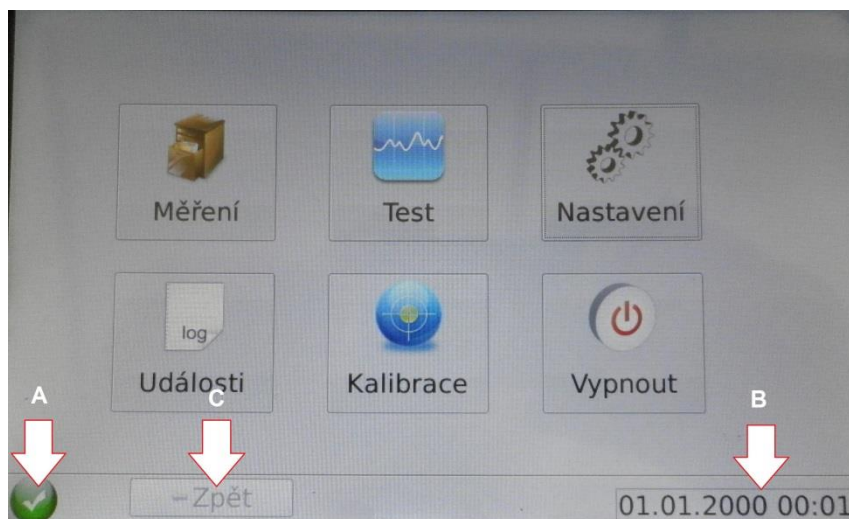


Obrázek 7.3: Připojení oxy brýlí s dávkovačem k pacientovi [25].

8 Software

8.1 Základní menu přístroje

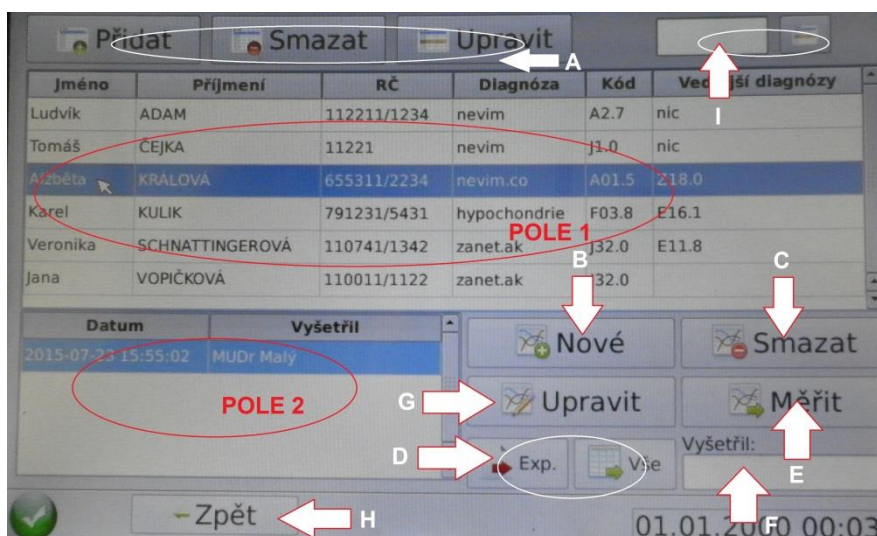
Základní menu přístroje obsahuje nabídku šesti jednotlivých. Jedná se o *měření*, *test*, *nastavení*, *události*, *kalibrace* a *vypnutí*. Ve spodní liště je aktuální datum a čas – pozice B. Na pozici C je tlačítko zpět a na pozici A je informace o stavu systému. Informace o systému má tři stavy. Zelená značí, že události v systému neobsahují žádná hlášení. Žlutá značí, že události v systému obsahují různá hlášení, která nejsou chybová. Červená značí, že události v systému obsahují chybová hlášení. Případ, kdy události systému obsahují chybová hlášení, je nutný řešit. Minimálně je doporučeno prověřit chybová hlášení z hlediska jejich důležitosti a možného vlivu na další použití přístroje. [28]



Obrázek 8.1: Menu přístroje [28].

8.2 Měření

V oddíle měření si můžeme zobrazit staré záznamy nebo spustit nové měření.



Obrázek 8.2: Menu MĚŘENÍ [28].

V poli 1 se zobrazují pacienti přidání do systému. Po rozkliknutí se nám v poli 2 zobrazí seznam předchozích vyšetření. V horní liště – A – jsou tlačítka pro přidání, smazání nebo úpravy záznamu o pacientovi. Tlačítkem nové – B – zvolíme nové měření pro vybranou vyšetřovanou osobu. Tlačítko smazat – C – slouží ke smazání záznamu o měření.

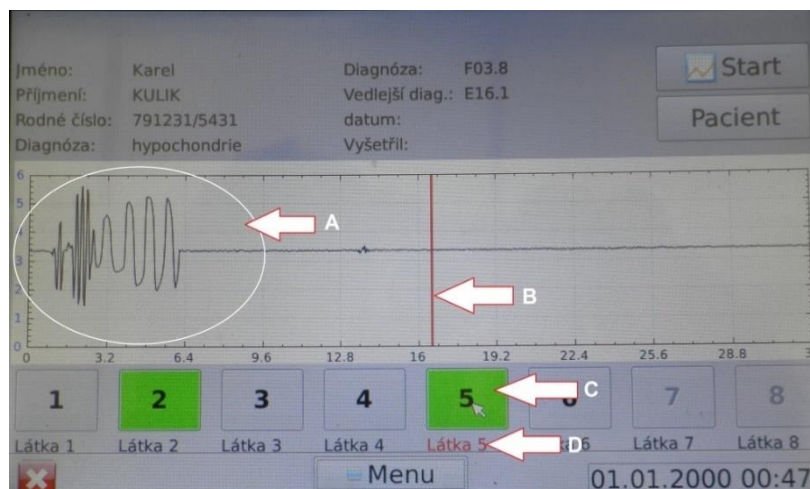
Tlačítka Exp. a Vše slouží k exportu dat na externí paměť – D. Měřit spustí nové vyšetření – E. V poli vyšetřil přidáváme jméno vyšetřujícího – F. Pomocí tlačítka upravit měníme název provedeného měření – G. Zpět slouží k návratu do menu – H. Nahoře vpravo se nachází vyhledávání – I. [28]

Přidání pacienta

Obrázek 8.3: Přidání pacienta [28].

Při přidání pacienta se vyplňují okna: jméno, příjmení, rodné číslo, diagnózy.

Samotné měření

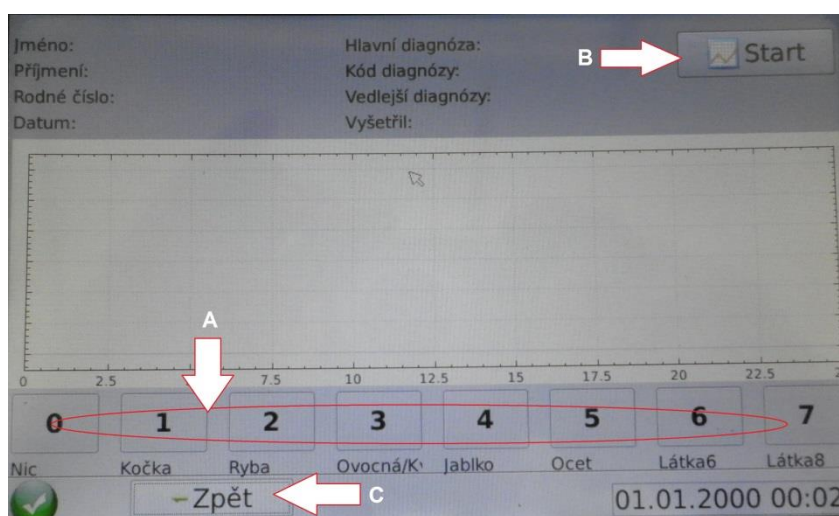


Obrázek 8.4: Vyšetření pacienta [28].

Přes tlačítko start zahájíme měření. Na pozici a je zobrazení tlakové křivky. Pozice B znázorňuje okamžik podání pachové látky. Podle čísel si vybíráme, kterou pachovou látku chceme pacientovi podat – pozice C. Podaná látka se zobrazí červeně – Pozice D. [28]

8.3 Test

Podmenu TEST slouží k ověření funkčnosti dávkovače. Dole podle čísel si vybereme pachovou látku – A; nahoře přes tlačítko start zahájíme test – B. Přes tlačítko zpět se vrátíme do menu – C. [28]



Obrázek 8.5: Ověření funkčnosti dávkovače [28].

8.4 Kalibrace

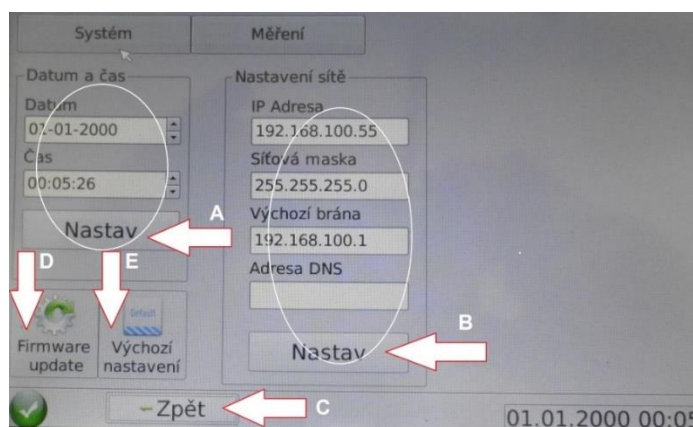
V podmenu kalibrace lze kalibrovat čidlo.

KALIBRACE SENZORU

Kalibraci senzoru se doporučuje před každým měřením, respektive před každým blokem měření. Tím zajistí uživatel přesnost měření a zároveň může dříve odhalit možnou závadu nebo nepřesnost měření. [28]

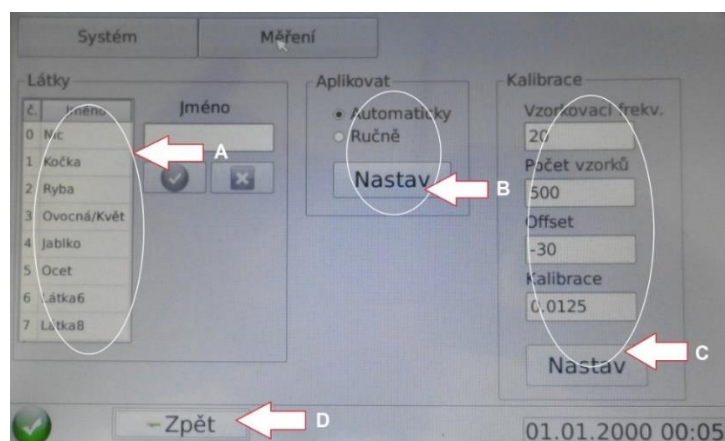
8.5 Nastavení

V menu nastavení můžeme upravovat různé parametry přístroje.



Obrázek 8.6: Systémové nastavení [28].

Menu NASTAVENÍ je rozděleno do dvou oddílů: Systém a Měření. V systémovém oddílu se nastavuje: Datum a čas – A, síťové připojení – B. Dále si můžeme nainstalovat update softwaru – D, nebo vrátit software do továrního nastavení – E. Přes tlačítko zpět se vrátíme do hlavního menu – C. [28]

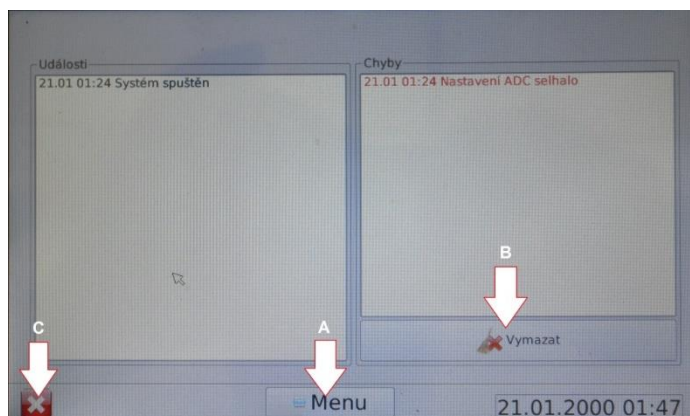


Obrázek 8.7: Nastavení měření [28].

V oddíle měření si můžeme pojmenovat jednotlivé látky podle umístění v zásobníku – A. Dále zvolit aplikování pachových látek automaticky nebo ručně – B. V kalibraci se nastavuje počet vzorků a délka měření. [28]

8.6 Události

V podmenu UDÁLOSTI je zobrazeno hlášení o manipulaci s přístrojem. Další okno – CHYBY – zobrazí systémová hlášení o poruchách/problémech. [28]



Obrázek 8.8: Události [28].

Přes tlačítko VYMAZAT můžeme systémová hlášení odstranit. Přes tlačítko MENU se vrátíme zpět. [28]

Vypnout

Po stisku vypnout se přístroj vypne. To lze provést i dlouhým stiskem napájecího tlačítka. [28]

9 Legislativa

Klasifikace přístroje

Dle bodu 5 metodiky ČSN EN 55011 ed. 4 – přístroj ROLF ADM zařazen do skupiny 1 třídy A.

Použité normy

ČSN EN 60601-1-2 ed. 3 - Zdravotnické elektrické přístroje – Část 1-2: Obecné požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost – Skupinová norma: Elektromagnetická rušení – Požadavky a zkoušky

ČSN EN 60601-1-2 ed. 2 - Zdravotnické elektrické přístroje – Část 1-2: Všeobecné požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost – Skupinová norma: Elektromagnetická kompatibilita –

Požadavky a zkoušky

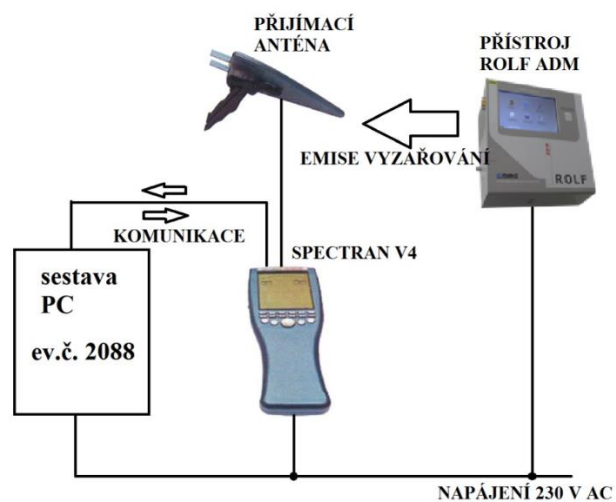
(CISPR 11) ČSN EN 55011 ed. 4 - Průmyslová, vědecká a zdravotnická zařízení – Charakteristiky vysokofrekvenčního rušení – Meze a metody měření

9.1 Měření elektromagnetické kompatibility

Přístroje nesmí vyzařovat elektromagnetická rušení, která by mohla ovlivnit rádiové služby, jiné přístroje nebo nezbytnou funkčnost jiných přístrojů. Přístroje musí být schopny poskytovat základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost při současné přiměřené odolnosti proti elektromagnetickým rušením. Měření proběhlo za pomoci přístroje Spectran V4 včetně příslušenství a softwaru.



Obrázek 9.1: Spectan V4.

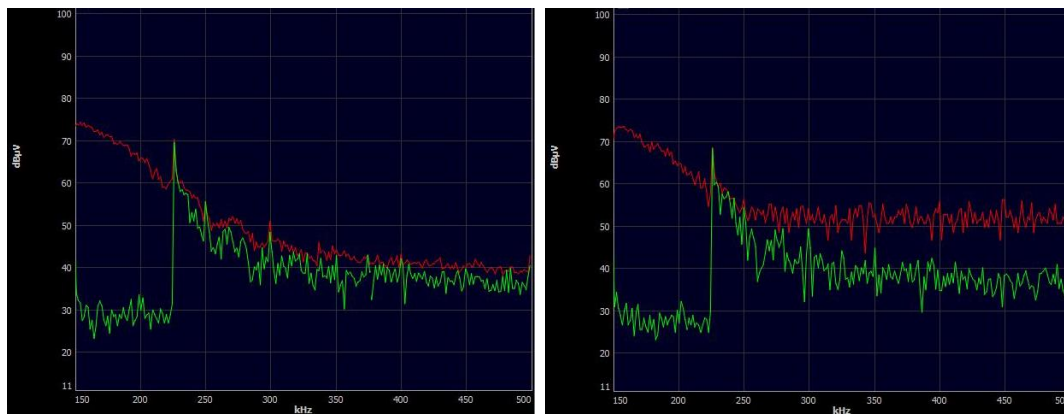


Obrázek 9.2: Blokové schéma měření.

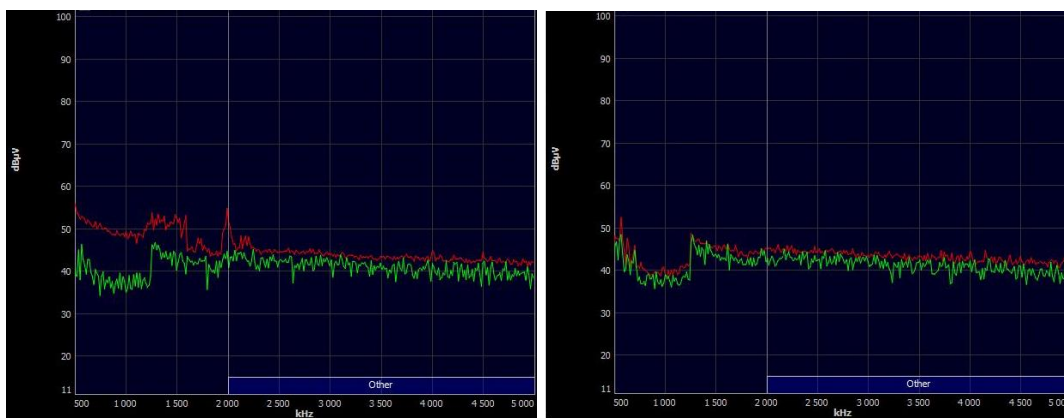
MĚŘENÉ HODNOTY

Rudá křivka = dosažená maxima pro danou frekvenci za 10sec

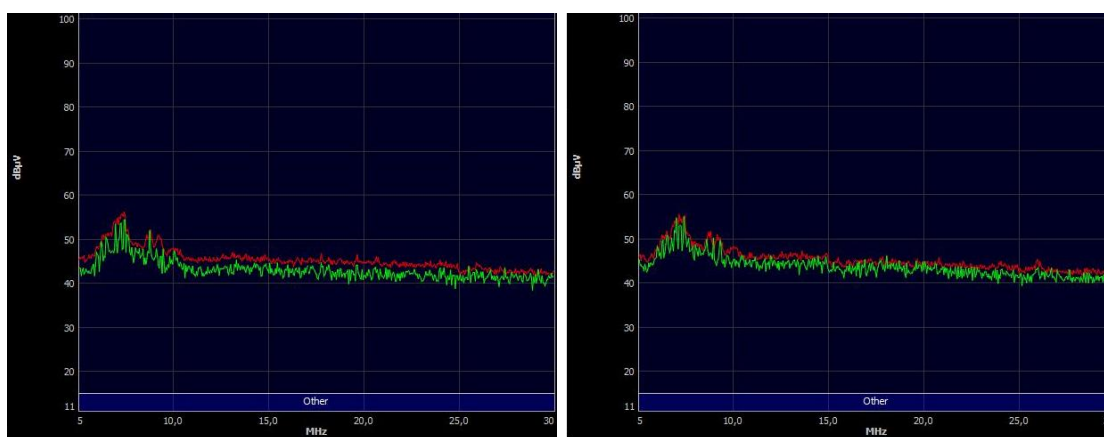
Zelená křivka = okamžitá hodnota v okamžiku uložení hodnot v přístroji



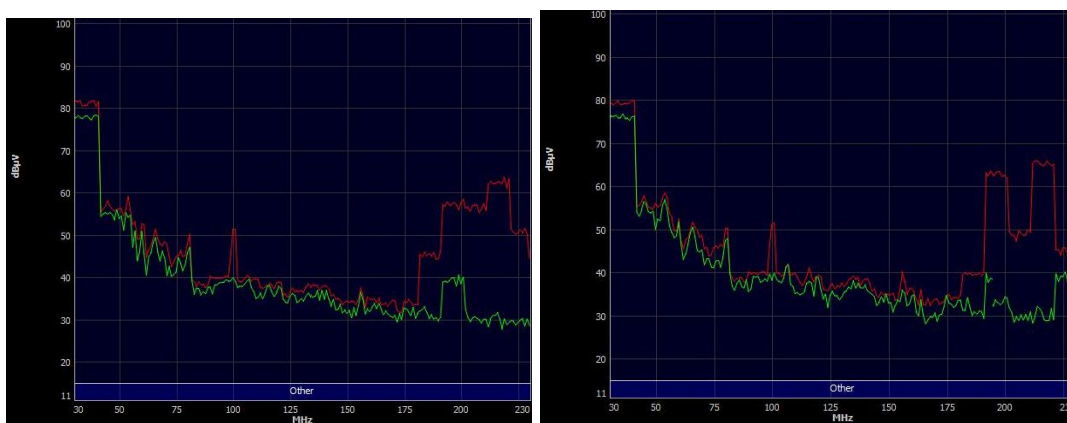
Obrázek 9.3: Měření při 150-500 kHz. Vlevo vypnutý přístroj ROLF ADM, vpravo zapnutý.



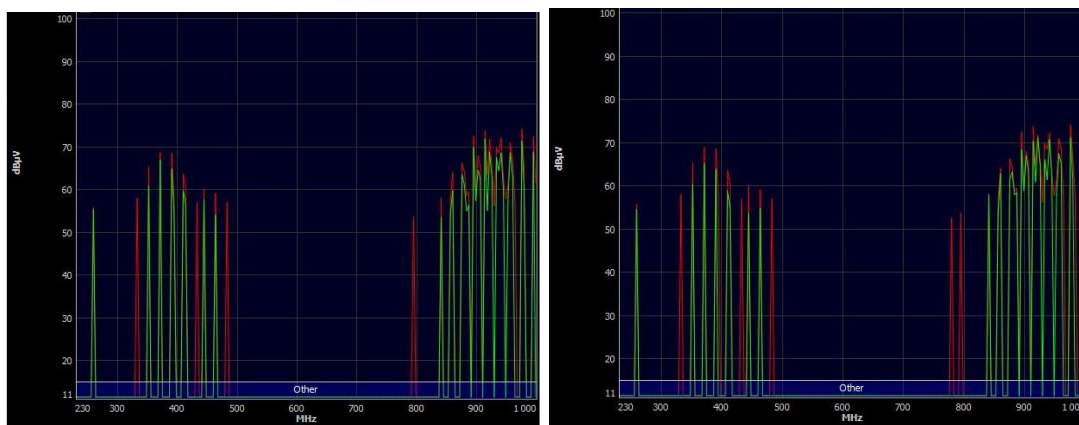
Obrázek 9.4: Měření při 500 kHz – 5 MHz.



Obrázek 9.5: Měření při 5–30 MHz.



Obrázek 9.6: Měření při 5–30 MHz.



Obrázek 9.7: Měření při 230 MHz – 1 GHz.

Výsledky měření jsou ovlivněny výskytem rušení z okolí, které nebylo odstíněno. Největší rozdíl mezi naměřenou hodnotou při vypnutém a zapnutém přístroji ROLF ADM je patrný ve frekvenčním pásmu 150 – 500kHz, mezní hodnota však nebyla překročena.

10 Vyšetření pacientů

10.1 Postup vyšetření

Pacientovi jsou nasazeny nosní brýle, následně je nasazen oblouk s aplikátorem pachu. Záznamy při aplikaci jednotlivých pachových látek trvají vždy 42 s. Pořadí látek je vybíráno tak, aby nejintenzivnější byla aplikována jako poslední a nebyl tak ovlivněn záznam předchozí látkou. Látka je aplikována vyšetřující osobou vždy po alespoň třech ustálených dechových cyklech. Pokud není patrná změna dechové frekvence, je pachová látka po 5-10 s aplikována znovu, maximálně však 3x. Prvně se provede záznam bez pachové látky. Při druhém záznamu se použije parfém. U třetího se použije rybí zápach. U čtvrtého se aplikuje kyselina máselná. A poslední záznam je proveden s valeraldehydem. [28]

10.2 Výsledky vyšetření při zpracování standardním způsobem

Bylo vyšetřeno celkem 70 osob, 39 zdravých a 31 nemocných. Průměrný věk vyšetřovaných osob byl 53 let, test byl proveden u 20 zdravých a 20 nemocných žen, 19 zdravých a 11 nemocných mužů. [27]

Nejprve byly osoby vyšetřeny pomocí Testu parfémovaných fixů. U zdravých osob se průměrně pohyboval výsledek kolem 11 bodů. U nemocných kolem 4,1 bodu. [27]

Dále byli vyšetřeni přístrojem ROLF ADM. Jako výsledek byla vypočítána frekvence a reakce u každé z vyšetřených osob. Frekvence dechu je výrazně vyšší u zdravých osob, a to zejména u podnětu ryba a kyselina máslová. Reakce na podněty je četnější u zdravých osob. [27]

Tabulka č.5 – Vypočítaná dechová frekvence [27].

	Prázdná	Valeraldehyd	Kyseliná máselná	Ryba	Parfém
Zdraví	15,2	14,2	19,6	19,6	17,4
Nemocní	14,1	15	14,9	14,8	14

Tabulka č.6 – Reakce na pachové podněty [28].

	Reakce	Prázdná	Valeraldehyd	Kyseliná máselná	Ryba	Parfém
Zdraví	Ano	0	34	33	26	15
	Ne	39	5	5	12	23
Nemocní	Ano	0	10	11	5	5
	Ne	30	21	20	26	25

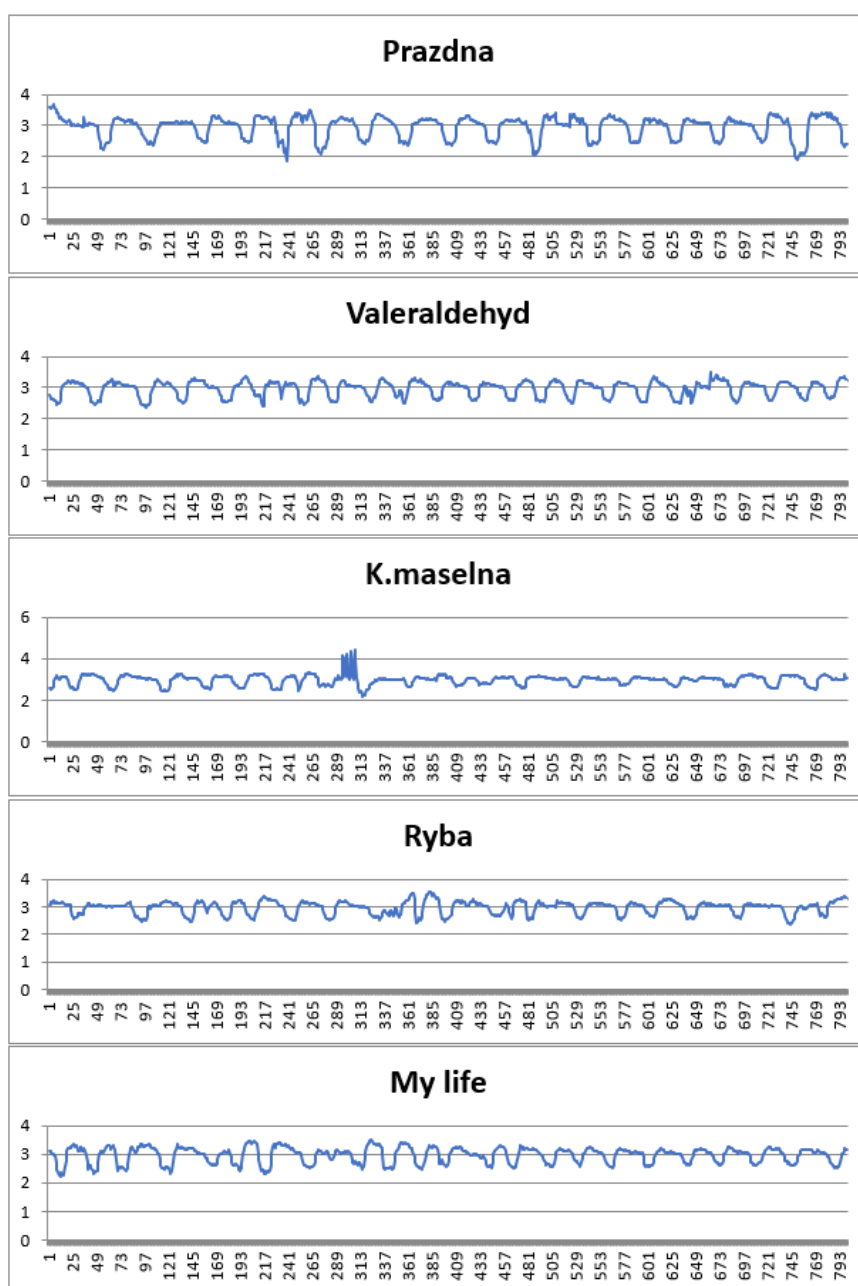
10.3 Experiment, příklady vyšetření

Zdraví pacienti

LB, žena, 1957

Normosmie OMT 11

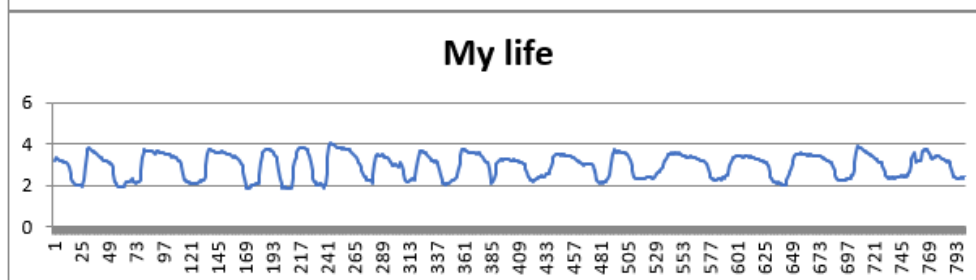
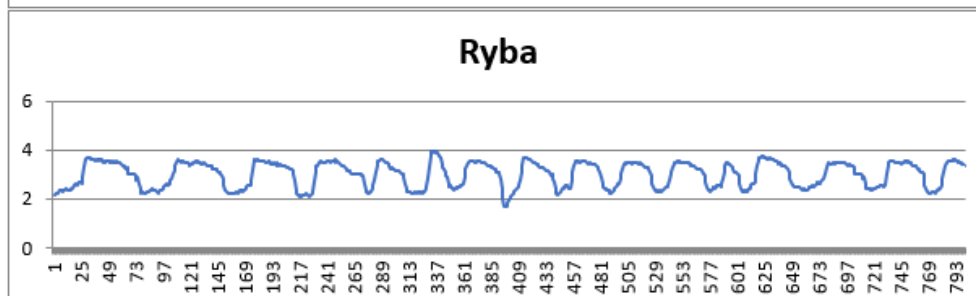
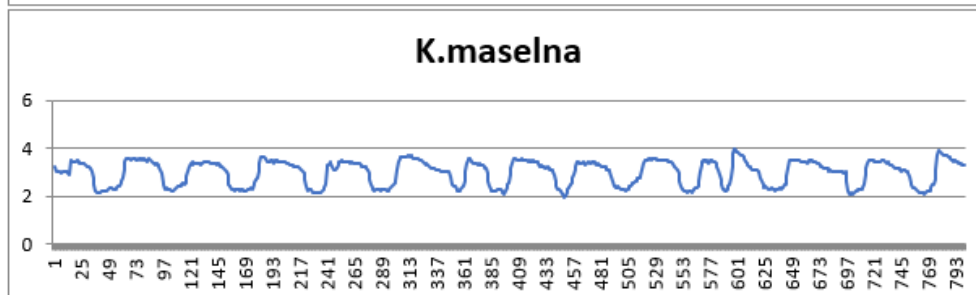
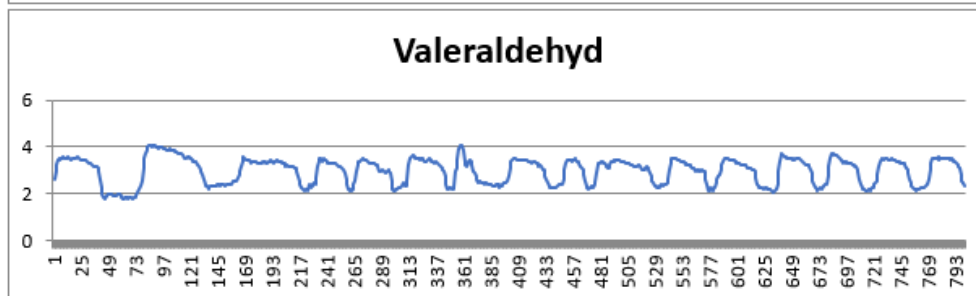
Prázdná	+
Valeraldehyd	+
K. máselná	+
Ryba	+
My life	+



LR, muž, 1985

Normosmie OMT 12

Prázdná	+
Valeraldehyd	+
K. máselná	+
Ryba	+
My life	+

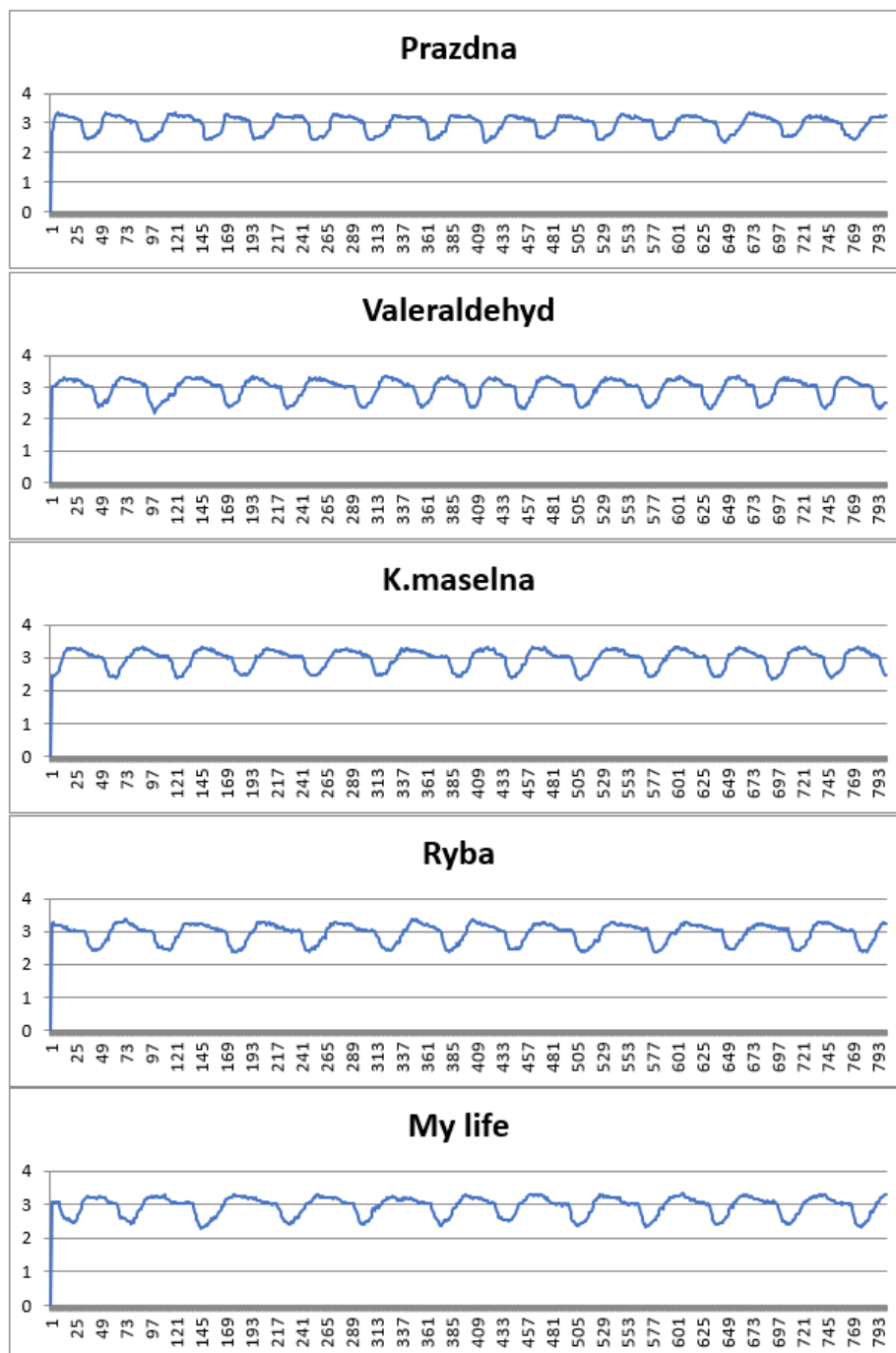


Pacienti s poruchou čichu

LH, žena, 1980

Anosmie OMT 3

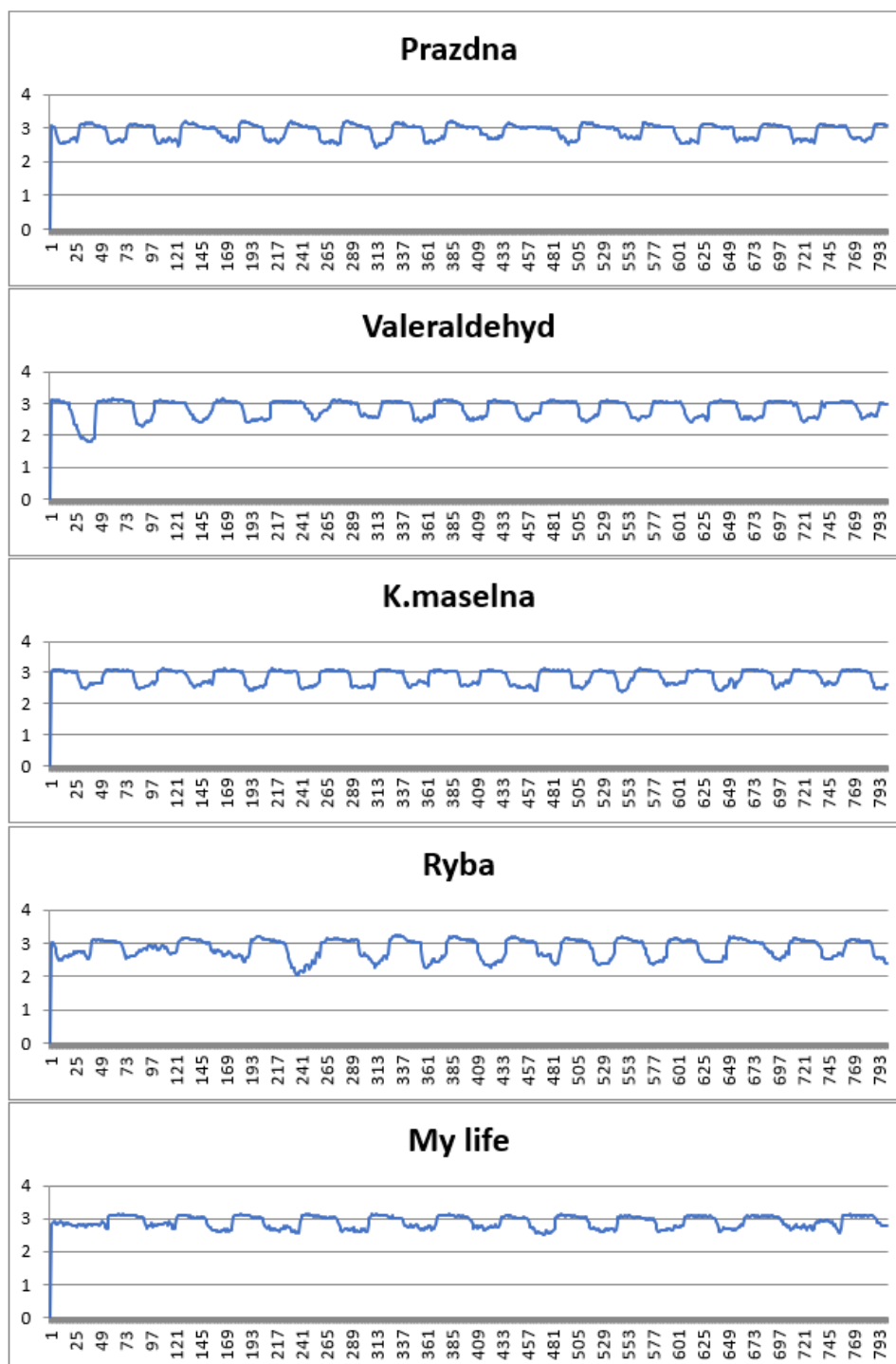
Prázdňá	-
Valeraldehyd	-
K. máselná	-
Ryba	-
My life	-



MM, muž, 1954

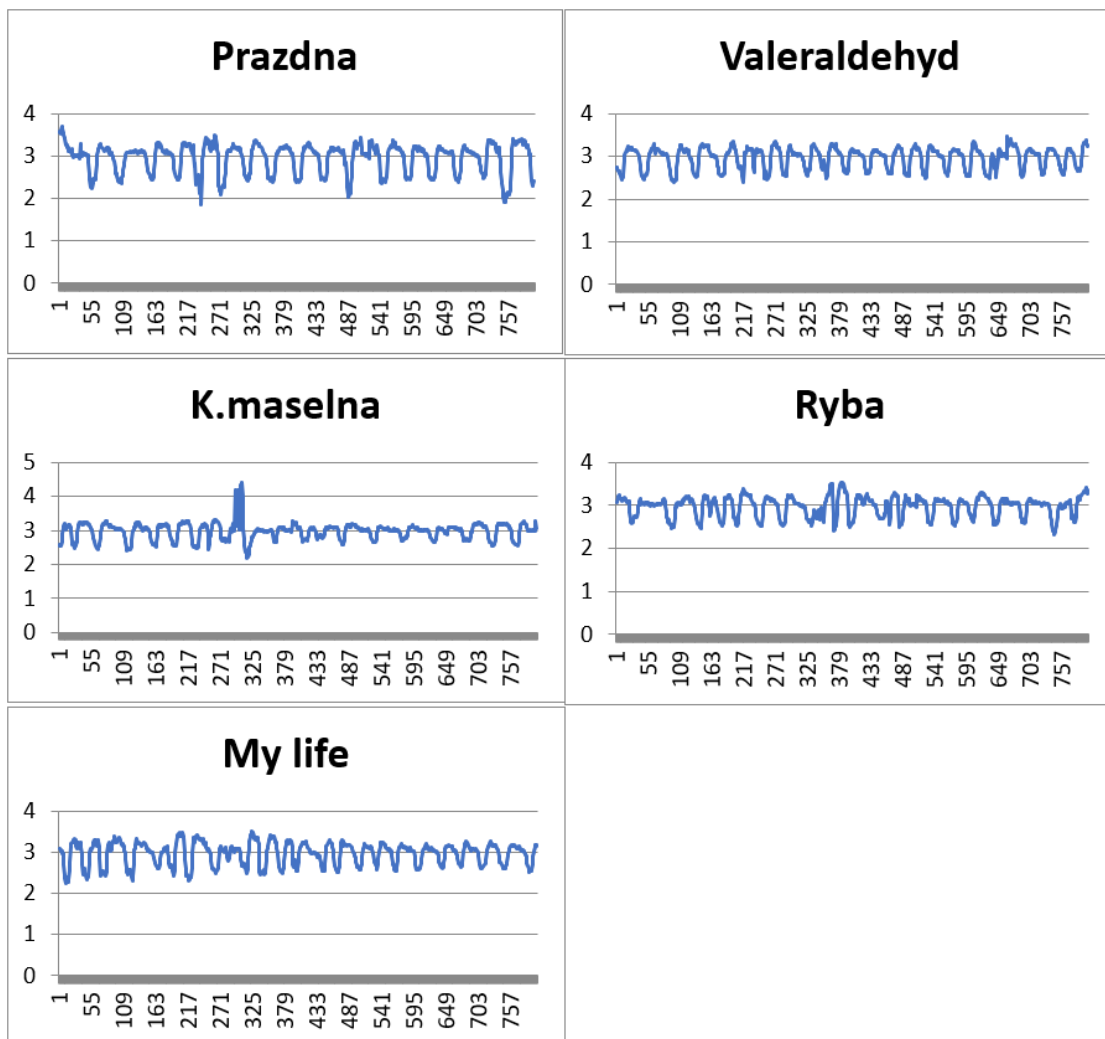
Anosmie OMT 2

Prázdná	-
Valeraldehyd	-
K. máselná	-
Ryba	-
My life	-



Shrnutí, návrh zprávy z vyšetření

Vyšetření čichu ROLF ADM		Datum: 11.9.2017 Čas: 14:05	
Jméno a příjmení:		Pojišťovna:	
Datum narození:		Diagnóza:	
Rodné číslo:			



Prázdná	☐
Valeraldehyd	☐
K. máselná	☐
Ryba	☐
My life	☐

Poznámka:

podpis

Závěr

Tato bakalářská práce podrobně popisuje metody vyšetření čichu.

V první části je popsáno čichové ústrojí z hlediska anatomie i fyziologie. Dále práce uvádí přehled metod vyšetření čichu používaných ve světě i u nás v České republice.

V druhé části se zabývá novou objektivní metodou vyšetření čichu pomocí přístroje ROLF ADM, který vyvíjí firma ELMET, spol. s r.o. v úzké spolupráci s Technickou univerzitou v Liberci a s Univerzitou Pardubice. Jedná se o jednoduché a dostupné vyšetření, které nezatěžuje pacienta ani není náročné z hlediska nákladů na provoz. Z výsledků měření se prokázala použitelnost přístroje v klinické praxi i pro výzkumné účely. V současné době je přístroj využíván v Pardubické nemocnici.

Literatura

- [1] SLAVÍKOVÁ, Jana a Jitka ŠVÍGLEROVÁ. *Fyziologie dýchání*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2065-7.
- [2] POSPÍŠILOVÁ, Blanka a Olga PROCHÁZKOVÁ. *Anatomie pro bakaláře I: obecná anatomie, systémy pohybové a orgánové*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. ISBN 978-80-7372-675-1.
- [3] POSPÍŠILOVÁ, B., J. ŠRÁM a O. PROCHÁZKOVÁ. *Anatomie pro bakaláře II.: systém kardiovaskulární, systém nervový, smyslové orgány, soustava kožní, žlázy s vnitřní sekrecí*. V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-849-6.
- [4] KUŘILOVÁ, Soňa. *Vyšetření čichu pomocí retronazální olfaktometrie*. Pardubice, 2008. Diplomová práce (Ing.). Univerzita Pardubice Fakulta chemicko-technologická. Dostupné také z: http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/29719/1/KurilovaS_Vysetreni%20cichu_VCH_2008.pdf
- [5] GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén, 2005. ISBN 80-7262-311-7.
- [6] VODIČKA, J., H. FAITLOVÁ a V. CHROBOK. *Poruchy čichu a chuti*. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2012. ISBN 978-80-7311-125-0.
- [7] Vodička, Jan a Hana Faitlová. *Příručka pro praxi: poruchy čichu*. Praha, 2013.
- [8] BROTHÁNKOVÁ, Pavlína et al. *Vliv věku na čich a na hodnocení libosti pachů*. Kontakt. 2012, 14(2), 152-158. ISSN 1212-4117. Dostupné také z: <http://casopis-zsfju.zsfjcu.cz/kontakt/clanky/2012>
- [9] MARTINEC NOVÁKOVÁ, Lenka et al. *Přínos vyšetření čichu pro diagnostiku neurodegenerativních onemocnění*. Česká

a slovenská neurologie a neurochirurgie. 2015, 78(5), 517-525. ISSN 1210-7859. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/ceska-slovenska-neurologie-clanek/prinos-vysetreni-cichu-pro-dia-gnostiku-neurodegenerativnich-onemocneni-55992>

- [10] MAGEROVÁ, Hana a kol. *Vyšetření čichu a jeho význam pro diagnostiku neurodegenerativních onemocnění*. Neurologie pro praxi. 2008, 9(1), 30-32. ISSN – 1803-5280. Dostupné také z: <http://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2008/01/08.pdf>
- [11] KAŇOVSKÝ, Petr a Roman HERZIG. *Obecná neurologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1663-2.
- [12] SKORIC, Magdalena Krbot a kol. *Electroencephalographic Response to Different Odors in Healthy Individuals: A Promising Tool for Objective Assessment of Olfactory Disorders*. Clinical EEG and Neuroscience. 2015, 46(4), 370-376. ISSN 1550-0594. Dostupné také z: <https://search.proquest.com/docview/1725044469?accountid=17116>
- [13] CHERNINSKYI, Andrii a kol. *Modifications of EEG Related to Directed Perception and Analysis of Olfactory Information in Humans*. Neuropsychophysiology. 2009, 41(1), 63-70. DOI: 10.1007/s11062-009-9078-z. Dostupné také z: <https://search.proquest.com/docview/222296317?accountid=17116>
- [14] VODIČKA, Jan a Arnošt PELLANT. *Metody vyšetření čichu v klinické praxi*. Otorinolaryngologie a foniatrie. 2004, 53(1), 7-10. ISSN 1210-7867.
- [15] KLOZAR, Jan. *Speciální otorinolaryngologie*. Praha: Galén, 2005. ISBN 80-7262-346-x.

- [16] DOTY, Richard L. et al. *University of Pennsylvania smell identification test: a rapid quantitative olfactory function test for the clinic*. Laryngoscope. 1984, 94, 176-178. DOI: 10.1288/00005537-198402000-00004.
- [17] KOBAYASHI Masayoshi et al. *A New Clinical Olfactory Function Test Cross-Cultural Influence*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2007, 133(4), 331–336. DOI:10.1001/archotol.133.4.331. Dostupné také z: <https://jamanetwork.com/journals/jamaotolaryngology/fullarticle/484701>.
- [18] HIRSCH, Alan R. *Nutrition and sensation*. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis, 2015. ISBN isbn9781466569072. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=9l29BwAAQBAJ&pg=PA45&dq=alcohol+sniff+test&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwi2wNj52MPaAhUEvBQKHeu-DSYQ6AEINTAC#v=onepage&q=alcohol%20sniff%20test&f=false>
- [19] HUMMEL, Thomas et al. *'Sniffin' sticks': olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold*. Chem Senses. 1997, 22(1), 39-52. DOI: 10.1093/chemse/22.1.39. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/chemse/article-pdf/22/1/39/1086957/22-1-39.pdf>.
- [20] VODIČKA, J., P. ZAJÍČKOVÁ a J. ŠALANDOVÁ. *Vyšetření čichu pomocí parfémovaných fixů*. Otorinolaryngologie a foniatrie. 2005, 54(1), 47-51. ISSN 1210-7867.
- [21] BROTHÁNKOVÁ, Pavlína a Jan VODIČKA. *Normální hodnoty Nového testu libosti pachů u zdravé populace*. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie. 2015, 78(1), 78-82. ISSN 1210-7859. Dostupné také z: <http://www.prolekarniky.cz/pdf?id=50974>

- [22] SACHIKO Saito et al. *Development of a Smell Identification Test Using a Novel Stick-Type Odor Presentation Kit*. Chemical Senses. 2006, 31(4), 379-391. DOI: 10.1093/chemse/bjj042. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/chemse/article/31/4/379/437918>.
- [23] SONG Min Sung et al. *Correlation between Olfactory Dysfunction Measured by T&T Olfactometer and Disease Severity Staged by CT in Chronic Rhinosinusitis*. Korean J Otolaryngol. 2005, 48(11), 1357-1357. Dostupné také z: <http://www.kjorl.org/upload/pdf/0012005251.pdf>
- [24] JELÍNEK, J., L. KYSELA, J. VODIČKA a H. FAITLOVÁ. *Chemosenzorická percepce a vývoj jejího měření 2014* [souhrnná výzkumná zpráva].
- [25] JELÍNEK, J., L. KYSELA, J. VODIČKA a H. FAITLOVÁ. *Chemosenzorická percepce a vývoj jejího měření 2015* [souhrnná výzkumná zpráva].
- [26] JELÍNEK, J., L. KYSELA, J. VODIČKA a H. FAITLOVÁ. *Chemosenzorická percepce a vývoj jejího měření 2016* [souhrnná výzkumná zpráva].
- [27] JELÍNEK, J., L. KYSELA, J. VODIČKA a H. FAITLOVÁ. *Chemosenzorická percepce a vývoj jejího měření 2017* [souhrnná výzkumná zpráva].
- [28] JELÍNEK, J., L. KYSELA, J. VODIČKA a H. FAITLOVÁ. *Prototyp diagnostického přístroje*. Technická univerzita v Liberci 2017.