



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Ing. Lucie Pivničková

**Expertní systém pro diagnostiku poruch rovnovážného ústrojí
člověka**

Expert System for Diagnosis of Human Balance System Disorders

Disertační práce

Studijní program:

Inženýrská informatika

Studijní obor:

Inženýrská informatika

Školitel:

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

Zlín, září 2015

PODĚKOVÁNÍ

Nejprve bych ráda poděkovala vedoucímu disertační práce panu profesoru Vladimíru Vaškovi za vedení a konzultační podporu v průběhu řešení mé práce.

Mé poděkování patří také doktoru Viliamu Dolinayovi za cenné rady, programovou výpomoc a hlavně za psychickou podporu.

Dále bych ráda poděkovala doc. MUDr. Mojmíru Lejskovi, CSc., MUDr. Jakubu Dršatovi, PhD a MUDr. Vladimíru Zlínskému, kteří poskytli naměřená data, podporu při testování a řadu rad z medicínského pohledu, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

ABSTRAKT

Tato disertační práce se zabývá návrhem podpůrného expertního systému pro vyhodnocení výsledků vyšetření prováděných na statické posturografické plošině. Systém by měl posloužit jako podpora pro ambulantní ORL lékaře při určování diagnózy pacientů s problémy rovnováhy. Základem pro vytvoření expertního systému byla diferenciální diagnostika poruch rovnováhy tedy jednoznačné odlišení periferního a centrálního vestibulárního syndromu a vyloučení ne-vestibulárních závratí. Tento podpůrný diagnostický systém využívá fuzzy logiku s kombinací hodnoty zlatého řezu měřených dat. Tato práce se také zabývá využitím herní plošiny Wii Balance Board v ordinacích praktických lékařů. Tato plošina poskytuje cenově dostupné zařízení pro screeningová měření. Pro testování a případné další využívání plošiny v ORL ordinacích byla vyvinuta softwarová aplikace, která na základě online komunikace s plošinou provádí záznam měření, výpočet numerických hodnot kvantifikující dané měření a implementovaná logika expertního systému ve finále lékaři nabízí k posouzení možné diagnózy.

Klíčová slova: diagnostický systém, diferenciální diagnostika, Posturografie, Wii Balance Board, závrať

ABSTRACT

This doctoral thesis deals with proposal of a supporting expert system for evaluating examination results measured on static posturography platform. The system should serve as a support tool for outpatient ENT physicians in the diagnostics of patients with balance disorder. The base for the creation of the expert system was the differential diagnosis of balance disorders that is clear differentiation between peripheral and central vestibular syndrome and the exclusion of non-vestibular vertigo. This supporting diagnostic system is uses fuzzy logic with a combination of the golden section from the measured data. This thesis also deals with the application of the Wii Balance Board in ENT surgeries. This platform provides an affordable device for screening examinations. A new software application has been developed to test the platform and use it further in ENT surgeries. This application records measurements and calculates numerical values quantifying them based on the online communication with the platform. Finally, the expert system logic implemented into the application suggests possible diagnoses to the ENT physician.

Keywords: diagnostic system, differential diagnosis, Posturography, Wii Balance Board, vertigo

OBSAH

ABSTRAKT.....	3
ABSTRACT.....	4
OBSAH.....	5
SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	7
SEZNAM ZKRATEK.....	10
SLOVNÍK POJMŮ.....	11
1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	12
1.1 Úvod.....	12
1.2 Rovnovážné ústrojí.....	12
1.3 Poruchy vestibulárního aparátu.....	14
1.3.1 Periferní vestibulární syndrom - harmonický.....	14
1.3.2 Centrální vestibulární syndrom - neharmonický.....	15
1.4 Anamnéza.....	16
1.5 Vyšetřovací zkoušky.....	17
1.5.1 Bárányho zkouška.....	17
1.5.2 Babinského-Weillova zkouška.....	17
1.5.3 Rombergova zkouška.....	17
1.5.4 Hautantova zkouška.....	17
1.6 Přístrojové zkoušky.....	18
1.6.1 Elektronystagmografie (ENG).....	18
1.6.2 Cranio-corpo-grafie (CCG).....	18
1.6.3 Posturografie.....	21
1.7 Měřicí přístroje statické počítačové posturografie.....	23
1.7.1 Posturografický přístroj STP-03.....	23
1.7.2 Přístroj Tetrax Balance Assesment.....	24
1.8 Závěrečné zhodnocení.....	27
2. CÍL PRÁCE.....	28
2.1 Konkrétní cíle práce.....	28
2.2 Přínos práce pro vědu a praxi.....	29
3. TEORETICKÝ ZÁKLAD.....	30
3.1 Diferenciální diagnostika poruch rovnováhy.....	30
3.2 Statická počítačová posturografie.....	31
3.2.1 Metodika měření.....	31
3.2.2 Hodnotící parametry statické posturografie.....	31
3.3 Základy fuzzy logiky.....	34
3.3.1 Účel zavedení fuzzy množin.....	34
3.3.2 Možnosti aplikace fuzzy množin.....	35
4. PŘÍPRAVA EXPERTNÍHO SYSTÉMU.....	36
4.1 Fuzzy logika v kombinaci se zlatým řezem.....	37

4.1.1	<i>Matematický základ</i>	38
4.1.2	<i>Příklad aplikace metody</i>	39
5.	NÁVRH A IMPLEMENTACE KOMPLEXNÍHO SYSTÉMU	
	VYŠETŘENÍ	41
5.1	Wii Balance Board	41
5.2	Softwarová aplikace Wii Posturografie.....	44
5.3	Softwarová aplikace VAnalyza	45
5.4	Softwarová aplikace VAnamneza	46
6.	VYHODNOCENÍ PRAKTICKÝCH EXPERIMENTŮ	49
6.1	Porovnání výsledků plošiny Wii a ST-02.....	49
6.2	Vyhodnocení dat z AudioFon centr Brno dle diagnóz	50
6.2.1	<i>Porovnání diagnóz – ST-02(AVDoc)</i>	51
6.2.2	<i>Porovnání diagnóz – Wii Balance Board(Wii Posturografie)</i>	54
6.3	Vyhodnocení dat z FNHK dle diagnóz	57
6.3.1	<i>Porovnání diagnóz – STP-03(Posturografie)</i>	58
6.3.2	<i>Porovnání diagnóz – Wii Balance Board(Wii Posturografie)</i>	60
6.4	Závěrečné zhodnocení	62
7.	ROZBOR PARAMETRŮ Z PRAKTICKÝCH EXPERIMENTŮ	64
7.1	Rozmezí naměřených dat jednotlivých diagnóz pro hodnocené parametry.....	64
7.1.1	<i>Závěrečné zhodnocení</i>	75
7.2	Rozbor vyhodnocení aplikací VAnalyza.....	76
7.2.1	<i>Závěrečné zhodnocení</i>	81
	ZÁVĚR	82
	POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE	83
	PUBLIKAČNÍ AKTIVITY	85
	ODBORNÝ ŽIVOTOPIS	88
	PŘÍLOHA I	89
	PŘÍLOHA II	90

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Seznam ilustrací:

Obr. 1.1: Vlásokovité buňky [10]	14
Obr. 1.2: Schematické uspořádání CCG	19
Obr. 1.3: Parametry CCG.....	20
Obr. 1.4: Typické CCG obrazce.....	21
Obr. 1.5: Posturografický přístroj STP-03 [7]	23
Obr. 1.6: Výsledky měření na plošině STP-03	24
Obr. 1.7: Tetrax Balance Assesment [19].....	25
Obr. 1.8: Vertigo Indicator.....	26
Obr. 1.9: Main Fall Risk	26
Obr. 4.1: Rozdělení úsečky zlatým řezem	38
Obr. 4.2: Rozložení skupiny BPPV – parametr Way_{open}	39
Obr. 4.3: Úsečka znázorňující hodnoty po normování	40
Obr. 5.1: Wii Balance Board bez spodního krytu.....	42
Obr. 5.2: Pozice vypočteného těžiště znázorněna na Wii plošině	44
Obr. 5.3: Softwarová aplikace Wii Posturografie.....	45
Obr. 5.4: VAnalyza – Analýza výsledků posturografického měření.....	46
Obr. 5.5: Softwarová aplikace VAnamneza	48
Obr. 6.1: Porovnání odchylek měření ST-02, Wii a kombinaci měření pacienta na ST_02 a Wii.....	50
Obr. 6.2: Porovnání diagnóz ST-02 (Lejska) – všechny diagnózy.....	52
Obr. 6.3: Porovnání diagnóz ST-02 (Lejska) – bez poruchy, periferní, centrální	53
Obr. 6.4: Porovnání diagnóz ST-02 (Lejska) – bez poruchy, s poruchou	54
Obr. 6.5: Porovnání diagnóz Wii (Lejska) – všechny diagnózy.....	55
Obr. 6.6: Porovnání diagnóz Wii (Lejska) – bez poruchy, periferní, centrální ..	56
Obr. 6.7: Porovnání diagnóz Wii (Lejska) – zdravý, nemocný	57
Obr. 6.8: Porovnání diagnóz STP-03 (Dršata) – bez poruchy, periferní, centrální	59
Obr. 6.9: Porovnání diagnóz STP-03 (Dršata) – bez poruchy, s poruchou	60
Obr. 6.10: Porovnání diagnóz Wii (Dršata) – bez poruchy, periferní, centrální	61
Obr. 6.11: Porovnání diagnóz Wii (Dršata) – bez poruchy, s poruchou	62
Obr. 7.1: Rozmezí naměřených dat u parametru W otevřené.....	64
Obr. 7.2: Rozmezí naměřených dat u parametru A otevřené.....	65
Obr. 7.3: Rozmezí naměřených dat u parametru Lat otevřené	66

Obr. 7.4: Rozmezí naměřených dat u parametru Ant-Post otevřené.....	67
Obr. 7.5: Rozmezí naměřených dat u parametru AP/LAT otevřené.....	68
Obr. 7.6: Rozmezí naměřených dat u parametru W zavřené	69
Obr. 7.7: Rozmezí naměřených dat u parametru A zavřené	70
Obr. 7.8: Rozmezí naměřených dat u parametru Lat zavřené.....	71
Obr. 7.9: Rozmezí naměřených dat u parametru Ant-Post zavřené.....	72
Obr. 7.10: Rozmezí naměřených dat u parametru AP/LAT zavřené.....	73
Obr. 7.11: Rozmezí naměřených dat u parametru RW zavřené.....	74
Obr. 7.12: Rozmezí naměřených dat u parametru RA zavřené.....	75
Obr. 7.13: Příklad výskytu naměřené hodnoty v jednotlivých diagnózách	76
Obr. 7.14: Vyhodnocení naměřeného pacienta aplikací VAnalyza	77
Obr. 7.15a: VAnalyza - mezní linie hodnotících parametrů u jednotlivých diagnóz.....	78
Obr. 7. 15b: VAnalyza - mezní linie hodnotících parametrů u jednotlivých diagnóz.....	79
Obr. 7. 15c: VAnalyza - mezní linie hodnotících parametrů u jednotlivých diagnóz.....	80
Obr. 7. 16: VAnalyza – celkové vyhodnocení jednotlivých diagnóz	81

Seznam tabulek:

Tabulka 3.1 Škála kategorií pro hodnocení posturální rovnováhy (Gans, Lejska) DP – direction preponderance, LL – laterolaterální vektor, AP – anteroposteriorní vektor, AP/LL – poměr vektoru AP a LL [2]	30
Tabulka 3.2 Kritéria stanovená pro normální rovnováhu (Lejska) [2], [7].....	30
Tabulka 3.3 Škála kategorií pro hodnocení posturální rovnováhy na SCPG (Dršata) [2].....	31
Tabulka 4.1 Vstupní data z STP-03 pro naučení expertního systému	36
Tabulka 4.2 Vstupní data z ST-02 pro naučení expertního systému.....	37
Tabulka 6.1 Porovnání diagnóz ST-02 (všechny diagnózy) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz.....	51
Tabulka 6.2 Porovnání diagnóz ST-02 (bez poruchy, periferní, centrální) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz.....	52
Tabulka 6.3 Porovnání diagnóz ST-02 (bez poruchy, s poruchou) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz.....	53
Tabulka 6.4 Porovnání diagnóz Wii (všechny diagnózy) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz.....	55

Tabulka 6.5 Porovnání diagnóz Wii (bez poruchy, periferní, centrální) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz	56
Tabulka 6.6 Porovnání diagnóz Wii (bez poruchy, s poruchou) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz	57
Tabulka 6.7 Porovnání diagnóz STP-03 (bez poruchy, periferní, centrální) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz	59
Tabulka 6.8 Porovnání diagnóz STP-03 (bez poruchy, s poruchou) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz	60
Tabulka 6.9 Porovnání diagnóz Wii (bez poruchy, periferní, centrální) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz	61
Tabulka 6.10 Porovnání diagnóz Wii (bez poruchy, s poruchou) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz	62
Tabulka 7.1 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr W otevřené.....	65
Tabulka 7.2 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr A otevřené.....	65
Tabulka 7.3 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr Lat otevřené	66
Tabulka 7.4 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr Ant-post otevřené	67
Tabulka 7.5 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr AP/LAT otevřené	68
Tabulka 7.6 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr W zavřené	69
Tabulka 7.7 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr A zavřené	70
Tabulka 7.8 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr Lat zavřené.....	71
Tabulka 7.9 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr Ant-post zavřené	72
Tabulka 7.10 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr AP/LAT zavřené	73
Tabulka 7.11 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr RW	74
Tabulka 7.12 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr RA.....	75
Tabulka 7.13 Naměřené hodnoty na plošině Wii	76

SEZNAM ZKRATEK

AAO-HNS American Academy of Otolaryngology – Head and Neck Surgery

AAN American Academy of Neurology

BPPV Benigní Paroxysmální Polohové Vertigo

CCG Cranio-Corpo-Grafie

CDP Computerized Dynamic Posturography

COP Center Of Pressure

ENG Elektronystagmografie

FNHK Fakultní nemocnice Hradec Králové

HID Human Interface Device

ORL Otorinolaryngologie

STP Static Computed Posturography

US-CCG Ultra-Sound Cranio-Corpo-Grafie

SLOVNÍK POJMŮ

etiologie	nauka o vnitřních a zevních příčinách nemocí
nystagmus	mimovolné pohyby očí
otogenní	mající původ v uchu
prevalence	převládání, převaha, obecné rozšíření
symptomatologie	nauka o příznacích nemocí
tinnitus	ušní šelesty
topika	(z řec.) log. část aristotelovské logiky zabývající se úsudky na základě pravděpodobných premis
vegetativní	týkající se všech životních funkcí s výjimkou pohlavního rozmnožování a dráždivosti
vestibulární	týkající se vestibula, ústrojí rovnováhy ve vnitřním uchu

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

1.1 Úvod

Odborná literatura [1], [2] uvádí, že příznak závratí je mezi všemi symptomy nemocí po bolesti hlavy druhým nejčastějším. Rozsáhlé studie potvrzují, že na poruchy rovnováhy si stěžuje přibližně 20% mužů a až 40% dospělých žen. Je tedy zjevné, že pocit závratě je velmi rozšířený a ve větší či menší míře se s ním setkává každý člověk [1], [2].

Tato práce se zabývá návrhem a přípravou metod objektivního hodnocení poruch rovnovážného systému. Vyšetření poruch rovnovážného aparátu je obvykle záležitostí specializovaných center, ale právě s příchodem moderních a cenově dostupných snímačů v miniaturní podobě by určitá skupina vyšetření mohla být realizována přímo v prostředí ordinací ambulantních lékařů a tím zajištěno včasné, ač jen screeningové, posouzení daných potíží [3].

V medicínské praxi existuje řada postupů jak tyto symptomy monitorovat, a většinou na základě experimentálních poznatků také stanovit příčinu s následnou léčbou. Smyslem práce je připravit nová, případně rozšířit stávající zařízení o implementaci nových postupů, které budou zohledňovat současné moderní hardwarové technologie v embedded systémech stejně jako nasazení fuzzy logiky [4], [5], [6] při implementaci následných experimentálních expertních systémů.

Cílem práce je vytvořit embedded systém na snímání výše uvedených poruch, vybavený expertním systémem pro posouzení možností jejich příčin, který by byl lékařům nápomocný při stanovení diagnózy.

Práce si samozřejmě neklade za cíl jen poskytnout hardwarové nástroje, ale převážně zmapovat jednotlivé postupy, jejich návaznosti a vytvořit komplexní podpůrný systém, který usnadní práci ambulantním lékařům i sestřám.

1.2 Rovnovážné ústrojí

Porucha posturální rovnováhy vzniká při selhávání kompenzačních mechanismů posturálního systému. Klinicky se projevuje jako posturální instabilita, kterou pozorujeme ve dvou základních pozicích: stoj a chůze. Příznaky spojené s poruchou rovnováhy jsou velmi důležitým faktorem pro hodnocení její příčiny. Základním příznakem poruchy rovnováhy vestibulárního původu je závrať, spojená s vegetativními a psychickými doprovodnými reakcemi [2].

Závrať

Definice závratí není jednotná - jedná se o subjektivní komplex pocitů, spojený s psychickými a vegetativními pochody, pociťovanými a ovlivňovanými do různé míry na vědomé a podvědomé úrovni.

Závrať lze definovat jako stav, kdy má člověk pocit, že má nedostatečnou kontrolu nad postavením a polohou svého těla. Není člověka, který by neměl „nějakou“ zkušenost se závratí. Většina těchto stavů je však chvilkových, které nám nekomplikují život ani při svém opakování. Závrať se stává problémem – nemocí až, když ztěžuje běžný život svého nositele nebo mu v něm dokonce brání [1], [7], [8].

Závrať může zahrnovat stavy prudké, nezvladatelné rotace s pády, může být pocitem tahu do stran při chůzi nebo dokonce jen neobvyklým pocitem mírné rozjařenosti. Z toho je zřejmé, že závrať není jedinou nemocí, ale jen příznakem různých onemocnění. Je známo, že závrať může být příznakem více než 300 chorobných stavů. Není tedy v možnostech současné medicíny, žádného lékaře ani přístroje, zjistit vždy jasnou a jednoznačnou příčinu závrativého stavu [1], [8], [9].

Funkce rovnováhy

Udržování rovnováhy je založeno na součinnosti tří systémů:

- ušní rovnovážné ústrojí
- zrakové vnímání
- celotělový pohybový aparát

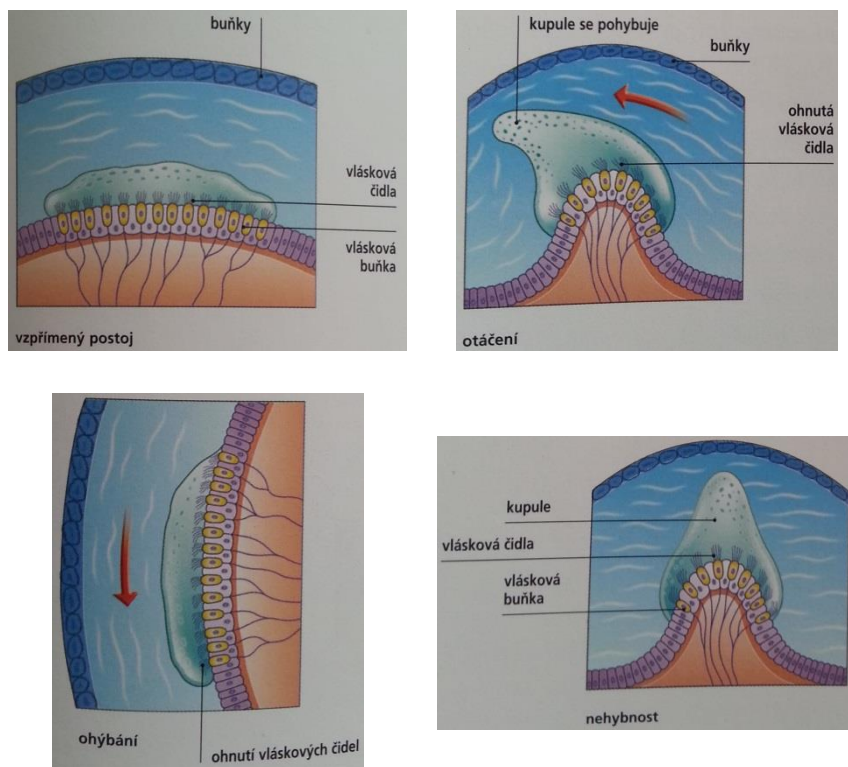
Tyto tři systémy se navzájem doplňují a poskytují tak dostatek informací, které jsou zpracovávány v rovnovážném ústrojí kmene mozkového. Mozek pak dává pokyn všem svalům, kloubům, šlachám a dalším, jak mají udržovat vzpřímený postoj [1].

Při vzpřímeném stoji cítíte, že pozice těla je stabilní, naproti tomu při jízdě na horské dráze okamžitě pocítíte, když se vozík prudce propadne nebo příliš zrychlí. Pocit přirozené stability těla se nazývá rovnováha. Orgány rovnováhy jsou umístěny ve vnitřním uchu, v systému váčků s tekutinou a polokruhových kanálků. Tento orgán se nazývá vestibulární ústrojí. Tady senzorické vláskové buňky zaznamenávají změny v poloze hlavy včetně jednoduchých pohybů, jako je běžná chůze, a složitých pohybů, jako je kroužení po taneční ploše, které kombinuje zrychlování, zpomalování a rotaci. Mozek shromažďuje podněty o tom, jak ostatní smyslové orgány vnímají pozici těla. Oči informují o směru pohybu a proprioreceptory v kosterních svalech, kloubech, šlachách a vazivech poskytují informaci o napětí v těchto tkáních, což pomáhá mozku v jeho úkolu udržovat rovnováhu [10].

Rovnovážné orgány

Orientace polokruhových kanálků odpovídá třem prostorovým rovinám. Vlásokovité buňky odpovídají na pohyb tekutiny v kanálcích při svislých nebo vodorovných pohybech hlavy. Receptory ve váčcích zvané saccule stanoví

statickou rovnováhu, pozici hlavy vzhledem k podlaze (působení gravitace). Komůrky neboli utricule ve váčcích obsahují otolity – úlomky uhličitanu vápenatého, které se pohybují, když se hlava naklání, zpomalují nebo zrychlují pohyb proti ohýbajícím se vláskovitým buňkám, a ty vyvolají nervové impulzy [10].



Obr. 1.1: Vlásokovité buňky [10]

1.3 Poruchy vestibulárního aparátu

Vestibulární systém je pro udržení posturální rovnováhy klíčový především proto, že má zásadní podíl na třech funkcích [2]:

- udržení posturální rovnováhy v klidu i během motorické aktivity
- stabilita zrakové ostroty
- prostorová orientace (podvědomá i vědomá)

Při poruše vestibulárního aparátu dochází ke ztrátě kontroly nad postavením a polohou těla. Poruchy vestibulárního aparátu:

- periferní vestibulární syndrom
- centrální vestibulární syndrom

1.3.1 Periferní vestibulární syndrom - harmonický

Tento syndrom vzniká poruchou rovnováhy v oblasti vlastního čivného orgánu, který je uložen v labyrintu, anebo onemocněním oblasti prvního

vestibulárního neuronu spojujícího labyrint s oblastí vestibulárních jader situovaných na spodině čtvrté komory. Dva zásadní symptomy poruchy rovnováhy v této lokalizaci jsou závratě a nystagmus.

Závratě jsou při periferních poruchách rovnováhy velice prudké a zničující, postižený často není schopen samostatného stoje. Téměř vždy jsou doprovázené vegetativní symptomatologií.

Charakter závratí je ponejvíce rotační, což je determinováno anatomickou skladbou labyrintu – při poruše v oblasti polokruhových kanálků má pacient pocity rotace. Tento pocit pak nemocný dále definuje jako rotaci subjektivní (pocit rotace vlastního těla) anebo rotaci objektivní (svět se točí kolem nemocného). Při poruše v oblasti tíhových váčků – utriculu a sacculu – má nemocný tzv. výtahový příznak – pocit propadání vlastního těla či naopak okolního prostředí. Periodicita je rovněž typickým znakem periferní závratí (např. při Menièreově chorobě).

Doba trvání závratí periferního původu je nejčastěji několik minut až hodin. Většina závratí periferního původu je rovněž provázena i symptomatologií od dolní části labyrintu (hlemýždě) nedoslýchavostí a tinnitem. Doprovodným symptomem při periferní poruše rovnováhy je i bohatá vegetativní symptomatologie jako je nevolnost, zvracení, bušení srdce, pocení. Tato symptomatologie je podmíněna anatomickými spoji mezi vestibulárním labyrintem a jádrem bloudivého nervu, jakož i dalšími vegetativními centry. K příznakům porušené rovnováhy se přidává i nitroušní nedoslýchavost a šelesty.

Nystagmus při periferních vestibulárních poruchách je nejčastěji horizontální, rotační. Bývá velmi frekventní, často pozorovatelný pouhým okem. Dle vztahu k onemocnělé straně (tj. labyrintu či vestibulárnímu nervu) a typu léze definujeme nystagmus iritační či zánikový [11], [12], [13], [14].

1.3.2 Centrální vestibulární syndrom - neharmonický

Tato porucha vzniká při lézi oblasti vestibulárních jader – prodloužené míchy, středního a velkého mozku, mozečku a páteře. Symptomatologie není tak jednoznačná jako u periferních poruch, tzn., že není vždy přítomen nystagmus mající směrový vztah k místu léze i ke směrové tendenci úchylek trupu. Úchylky trupu jsou rozhárané, nemají směrovou prevalenci, ale nejsou tak dramatické s bohatým vegetativním doprovodem jako je tomu u poruch rovnováhy periferního typu. Příčina centrálních rovnovážných poruch je – podobně jako u periferních – ponejvíce cévní. Významnou roli zde hrají i poruchy metabolické a traumata. Doba trvání – většinou jde o instabilitu permanentní, dlouhodobou, bez výraznějších tendencí ke zlepšení.

Nystagmus nemusí být vždy přítomen. Mívá rozličný směr – diagonální, vertikální. U nemocného může často měnit svůj směr nebo spontánně zmizet. Vegetativní doprovod u centrálních závratí chybí, ani kochleární příznaky (nitroušní nedoslýchavost, nitroušní šelesty) nejsou přítomny. Klinické

ohraničení rovnovážných poruch nemusí být vždy naprosto jednoznačné – symptomatologie může být atypická, nekompletní. U nemocného se mohou kombinovat příznaky typické jak pro periferní, tak i pro centrální rovnovážnou poruchu [11], [12], [13].

1.4 Anamnéza

Anamnéza je souhrn údajů týkajících se zdraví vyšetřované osoby. Cílem je získat co možná nejucelenější pohled na zdravotní obtíže, se kterými se vyšetřovaný léčil anebo léčí. Tyto informace jsou získávány během rozhovoru s pacientem. Pacient trpící závratěmi může lékaři poskytnout cenné informace týkající se charakteru závratí, tzn. např. délky trvání, četnosti opakování, případné doprovodné symptomatologie, jako jsou třeba poruchy sluchu, nitroušní šelesty či jiné projevy [15].

Správně odebraná anamnéza je pro lékaře při diferenciální diagnostice a plánování dalšího postupu zcela nepostradatelná.

- Základní pravidla odběru anamnézy: rozhovor je veden v klidném prostředí, kde nás neruší další personál ani zbytečný hluk
- na pacienta si vyčleníme dostatek času, abychom se vyvarovali spěchu, který může vést jak k opomenutí důležitých informací, tak ke ztrátě důvěry pacienta
- otázky klademe ve formě, kterou je schopen dotyčný pochopit, tj. přizpůsobujeme je jeho mentální úrovni
- otázky neklademe sugestivně. Otázka by neměla obsahovat zároveň i odpověď, kterou tímto pacientovi podsouváme. Příkladem takto nevhodně volené otázky je např.: "Bolí Vás to, jen když jdete do schodů?", vhodnější je se pacienta zeptat: "Kdy se tyto bolesti dostavují?"
- obtíže pacienta nikdy nepodceňujeme, i když se zdají být z našeho pohledu banální. Pacient tyto obtíže může vnímat zcela odlišně a mohlo by dojít ke ztrátě důvěry v lékaře.
- laické výrazy uvádíme v uvozovkách, tak jak je uvedl pacient. Nenahrazujeme je výrazy odbornými.
- všímáme si "řeči těla", která nám aniž by pacient promluvil, může poskytnout cenné informace (typ chůze, vyhledávání úlevové polohy, dýchání, atd.)

Jako vodítko pro určení diagnózy mohou lékaři posloužit dotazníky, viz Příloha I a Příloha II.

1.5 Vyšetřovací zkoušky

Spektrum chorob způsobující závratě je velmi široké a proto je velmi důležité, aby pacient poskytl lékaři co nejvíce informací. Přesný popis příznaků může lékaři napomoci s diagnózou, stanovením strategie dalšího zkoumání a hraje také důležitou roli v léčbě.

Při diagnostice závratí je důležité vyšetření vestibulárních jader a jejich zapojení. K tomu je možné využít určitých jevů, které se objevují právě v souvislosti s výskytem tohoto onemocnění.

Odborný lékař je schopen poměrně spolehlivě diagnostikovat prostřednictvím několika zkoušek nebo manévrů, aniž by měl ambulanci vybavenou speciálními přístroji.

1.5.1 Bárányho zkouška

Bárányho ukazovací zkouška je klinická zkouška funkce mozečku, při níž pacient směřuje prstem nebo špičkou nohy k pevnému objektu a střídavě zavírá a otevírá oči. Jestliže je funkce labyrintu narušena, tak u pacienta vzniká iluze pohybu objektu a pacient se nemůže do objektu „strefit“.

1.5.2 Babinského-Weillova zkouška

Babinského-Weillova zkouška je test sloužící k vyšetřování vestibulárních poruch. Při chůzi pozpátku se zavřenýma očima dochází k úhlové odchylce od plánovaného směru chůze, na rozdíl od chůze vpřed. Při opakované chůzi se projeví tzv. hvězdicovitá chůze, tj. dochází stále k větším výchylkám od původního směru chůze.

1.5.3 Rombergova zkouška

Vyšetření se provádí ve stoji.

I - základní stoj při otevřených očích

II - otevřené oči při zúžené bázi (stoj s nohama blízko u sebe)

III - zúžená báze při zavřených očích

Pokud po zavření očí dojde k akcentaci instability (kolísání = titubace), jedná se o pozitivní Rombergův příznak, jenž je typický právě pro postižení blanitého labyrintu. Je sledována též závislost směru titubací na poloze hlavy.

1.5.4 Hautantova zkouška

Při této zkoušce vyšetřovaný pacient stojí, sedí nebo je opřený o dolní okraj lopatek a oči má zavřené. Předpaží ruce, přičemž palce směřují vzhůru. Vydrží v této poloze 30 sekund. Výchylky se nemusí zpočátku projevit. Při periferním postižení uchylují obě paže v horizontální rovině, k postižené straně. Při

centrální poruše, uchyluje na stranu jen jedna paže a druhá zůstává ve výchozí poloze. U mozečkových poruch je pokles paže na nemocné straně.

1.6 Přístrojové zkoušky

V dnešní době jsou v praxi využívány namísto klasických vyšetřovacích zkoušek modernější přístrojové zkoušky např. Elektronystagmografie (ENG), Cranio-corpo-grafie (CCG), Posturografie aj. Výhodou využívání přístrojové techniky je možnost výsledky dokumentovat graficky a numericky, což umožňuje přesnější hodnocení poruch rovnováhy, porovnávání výsledků, archivaci a po získání dostatečného počtu vzorků statistické vyhodnocení.

1.6.1 Elektronystagmografie (ENG)

Ve vyšetření funkcí rovnovážného ústrojí hraje dnes elektronystagmografie velmi významnou úlohu [12].

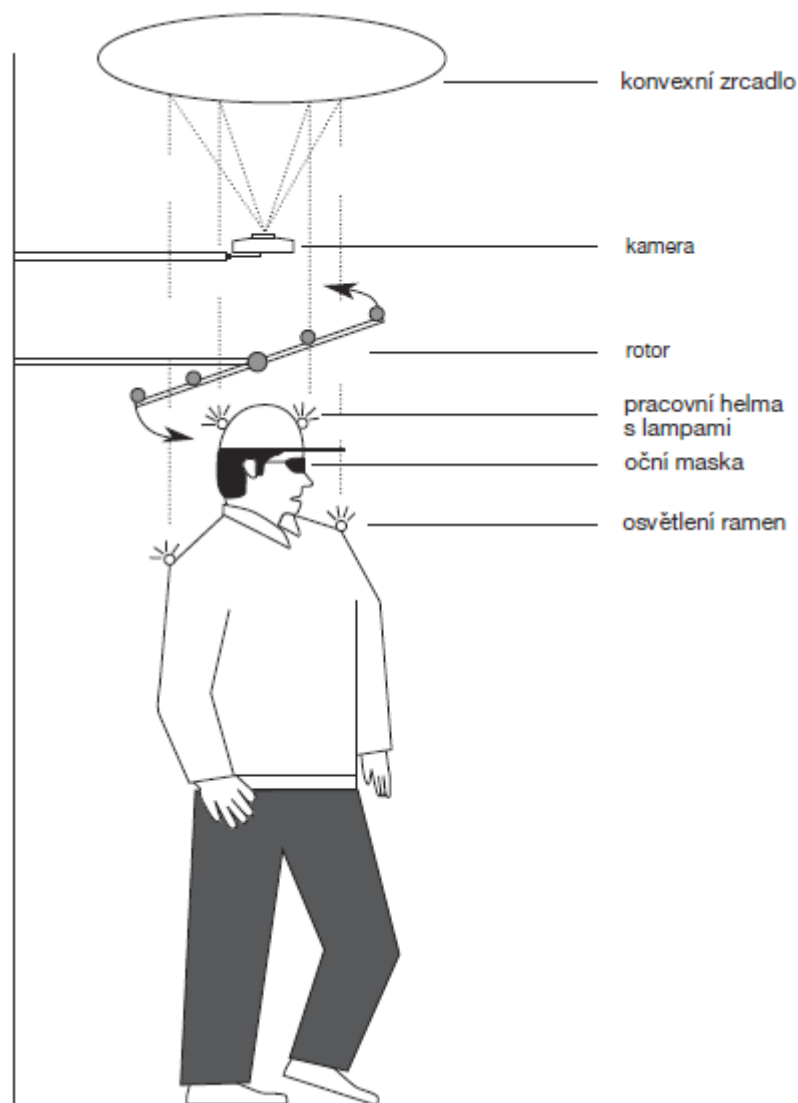
Elektronystagmografie je vyšetření, které využívá pacientova pohybu očí k potvrzení či vyvrácení přítomnosti nystagmu. Metodu je možné použít k diagnóze příčiny závratí nebo porušené funkce rovnováhy testováním vestibulárního systému.

Nystagmus je mimovolný rytmický pohyb očí, který u člověka v běžném životě vzniká například při pozorování ubíhající krajiny z dopravního prostředku, v tomto případě se jedná o tzv. optokinetický nystagmus.

Jedná-li se ale o takovýto pohyb bez jakéhokoli vyvolávače, může být tento pohyb projevem poruch centrální nervové soustavy či vnitřního ucha. Uměle je možné vyvolat nystagmus otáčením, zde se poté mluví o tzv. nystagmu rotačním, dále pak vstříknutím tekutiny do zvukovodu či působením galvanického proudu [16].

1.6.2 Cranio-corpo-grafie (CCG)

Cranio-corpo-grafie používá fotooptické, radaru podobné stopy, kdy optické zdroje jsou umístěny jednak na ramenou, a jednak na svářečské helmě k zobrazování pohybu, polohy trupu, ramen. Na stropě místnosti je umístěno konvexní zrcadlo, pod ním je instalována polaroid-kamera, která je během vyšetření potmě otevřena a pacient svými pohyby těla vytváří fotooptickou stopu, která je ihned po skončení vyšetření během několika sekund vyhodnotitelná (Obr. 1.2). Užívají se zkoušky vstoje podle Romberga (1846) a zkoušky chůze podle Unterbergera (1938) a Fukudy (1959).



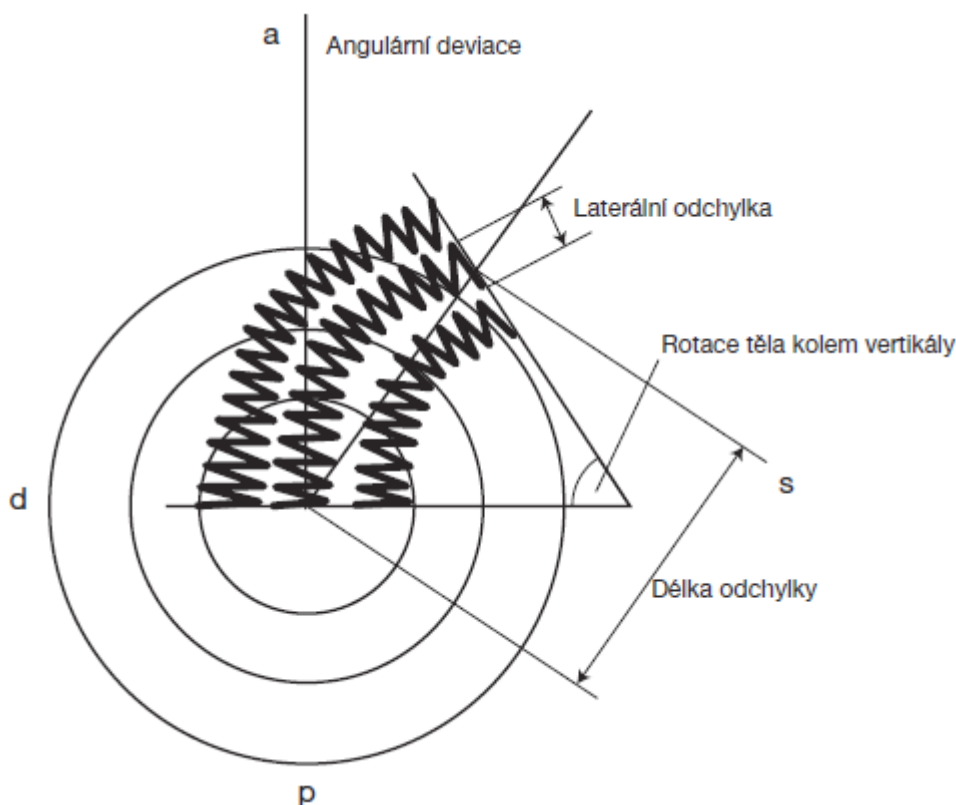
Obr. 1.2: Schematické uspořádání CCG

Vyšetření pochodu (Fukuda)

Podle Unterbergerova pokusu (1938) musí jedinci se zavřenýma očima udělat 80–100 kroků na místě. Asi po 30 krocích se ztrácí vliv tzv. „naučené“ orientace, takže pacient se pak dostává do vlivu vlastní funkce rovnovážného ústrojí. Světelná stopa, která při těchto vyšetřeních vzniká, bývá pak hodnocena na základě následujících parametrů (Obr. 1.3):

1. Angulární deviace nebo úhlová odchylka: měření úhlové odchylky výchozí pozice od pozice konečné – měřena v úhlech.
2. Úchylka kolem svislé osy: znamená otočení tělesné osy vpravo nebo vlevo – měřena v úhlech.
3. Délka dráhy: je vzdálenost mezi výchozím a konečným bodem vyšetření – měřena v cm.

4. Stranová odchylna: znamená odchylna vpravo či vlevo od mediální roviny při chůzi – měřena v cm.



Obr. 1.3: Parametry CCG

Měření vzdálenosti výchozího a konečného bodu: Průměrná vzdálenost výchozího a konečného bodu je u normálních probandů $86,2 \pm 29,3$ cm.

Měření úhlové odchylny: Normální hodnoty jsou $42,2 \pm 50,2^\circ$ vpravo, resp. $41,3 \pm 44,2^\circ$ vlevo. Hodnoty pro laterální úchylny jsou 4,5–13,1 cm [11], [12], [13].

typ A: normální typ – laterální úchylny a angulární deviace jsou normální

typ B: periferní typ – laterální úchylny jsou normální, ale pacient pochoduje k levé straně, což by mohlo svědčit pro periferní poruchu rovnováhy (obraz na Polaroid-snímku je zrcadlový, tzn. co je vpravo, je ve skutečnosti vlevo)

typ C: zde se jedná o centrální poruchu rovnováhy, kde je velká laterální odchylna a normální hodnoty angulární deviace

typ D: kombinovaná porucha, oba dva základní parametry tzn. úhlová a laterální odchylna jsou zde patologické a výsledek vyšetření by mohl svědčit pro centrální poruchu rovnovážného ústrojí (Obr. 1.4) [11], [12], [13].



*Obr. 1.4: Typické CCG obrazce
 A – normální nález; B – periferní levostranná porucha;
 C – centrální porucha; D – kombinovaná porucha [12], [13]*

Vyšetření stoje (Romberg)

Podle Romberga se provádí zkouška při zavřených očích ve stoji spatném s předpaženými rukama. U tohoto vyšetření hodnotíme jednak stranovou úchylku a jednak předozadní úchylku. Při stoji podle Romberga by měly vznikat ostré obrazce, tzn., celkem 4 světelné body, které jsou zcela zřetelné. Při periferní poruše zjišťujeme, že body, které odpovídají ramenům, se posouvají spíše na stranu pravou či levou, při poruše centrální pak jsou všechny 4 body rozmazány a pozorujeme, že se uchyluje pacient při tomto stoji zcela neurčitě, tzn., že vzniká zcela nepravidelný obrazec světelných stop všech světelných zdrojů [11], [12]. V současnosti je metoda CCG nahrazována US-CCG ("Ultra-Sound Cranio-Corpo-Grafie"), kdy světelné značky byly nahrazeny ultrazvukovou 3D lokací.

1.6.3 Posturografie

Posturografie je obecný název, který zahrnuje techniky užívané ke kvantifikaci (hodnocení míry) a kvalitativnímu posouzení (určování charakteru) posturální rovnováhy, tj. rovnováhy stoje, a to za statických (statická

posturografie) nebo dynamických podmínek na pohybující se plošině (dynamická posturografie) [2].

Statická posturografie

Principem statické počítačové posturografie je zachycení pohybu těžiště vyšetřovaného v průběhu stoje na posturografické plošině. V principu se jedná o objektivizaci subjektivního hodnocení stoje – jedná se však o objektivní metodu, tzn. nezátíženou subjektivní interpretací, výsledky je možno dokumentovat graficky a numericky. To pak umožňuje přesnější hodnocení poruchy rovnováhy, porovnávání výsledků a archivaci [2].

Dynamická posturografie

Dynamická posturografie představuje metodiku registrace stoje a dynamického pohybu (chůze) v definovaných testech. American Academy of Otolaryngology – Head and Neck Surgery (AAO-HNS) a American Academy of Neurology (AAN) metodu definuje jako vyšetření s následujícími schopnostmi [2]:

- kvantifikace informačních vstupů z vizuálního, vestibulárního a somatosenzorického systému;
- kvantifikace centrálních integračních mechanismů výběru funkčně odpovídajícího smyslu orientace;
- kvantifikace funkčně přiměřené pohybové strategie v různých kontrolovaných úlohách;
- kvantifikace motorických výstupních mechanismů vytvoření časově adekvátních a účinných posturálních pohybů.

Od roku 2001 představuje DCPG standardní přístrojové vyšetření na více než 750 pracovištích ve světě, metoda byla referována jako primární test rovnovážné funkce ve více než 100 recenzovaných studiích [2], [17].

DCPG umožňuje rozlišení vestibulární, vizuální a somatosenzorické léze u poruch rovnováhy a diferenciaci mezi abnormalitou v periferním sensorickém a centrálním nervovým systémem posturální kontroly. Je též možná diferenciacie sensorické a motorické složky posturální instability u neurologických onemocnění. DCPG umožňuje detekci pacientů s poruchou vestibulárního systému při normálním nálezu ENG. Vyšetření tak poskytuje komplementární informaci k ostatním testům vestibulární funkce [2], [17].

1.7 Měřicí přístroje statické počítačové posturografie

Dle dostupných informací se v České republice využívá řada posturografických přístrojů např. posturograf STP-03 od firmy COMES Trading, přístroj TETRAX BALANCE ASSESSMENT aj.

1.7.1 Posturografický přístroj STP-03

Přístroj STP-03 je mikroprocesorem řízená posturografická plošina se sériovým rozhraním a softwarem pro diagnózu poruch vestibulárního aparátu podle Romberga s frekvenční analýzou pohybu a rehabilitací. Byla vyvinutá pro nasazení u praktických lékařů, v klinikách a rehabilitačních centrech [7].

Posturografický přístroj STP-03 slouží pro [7]:

- objektivní a opakovatelné diagnostikování periferních i centrálních poruch rovnováhy s fouriérovou frekvenční analýzou pohybu těžiště pacienta
- diagnostické použití v ORL, neurootologii, klinické neurologii, profesní medicíně a při rehabilitaci
- léčebné použití v klinické medicíně a rehabilitaci
- aktivní trénink při léčení a rehabilitaci rovnovážných poruch a pro koordinační testy

Technická data

Plošina: 420 x 420 x 65 mm

Hmotnost: 17.5 kg

Zatížení: 15 až 150 kg

Napájení: 230 V / 50 Hz

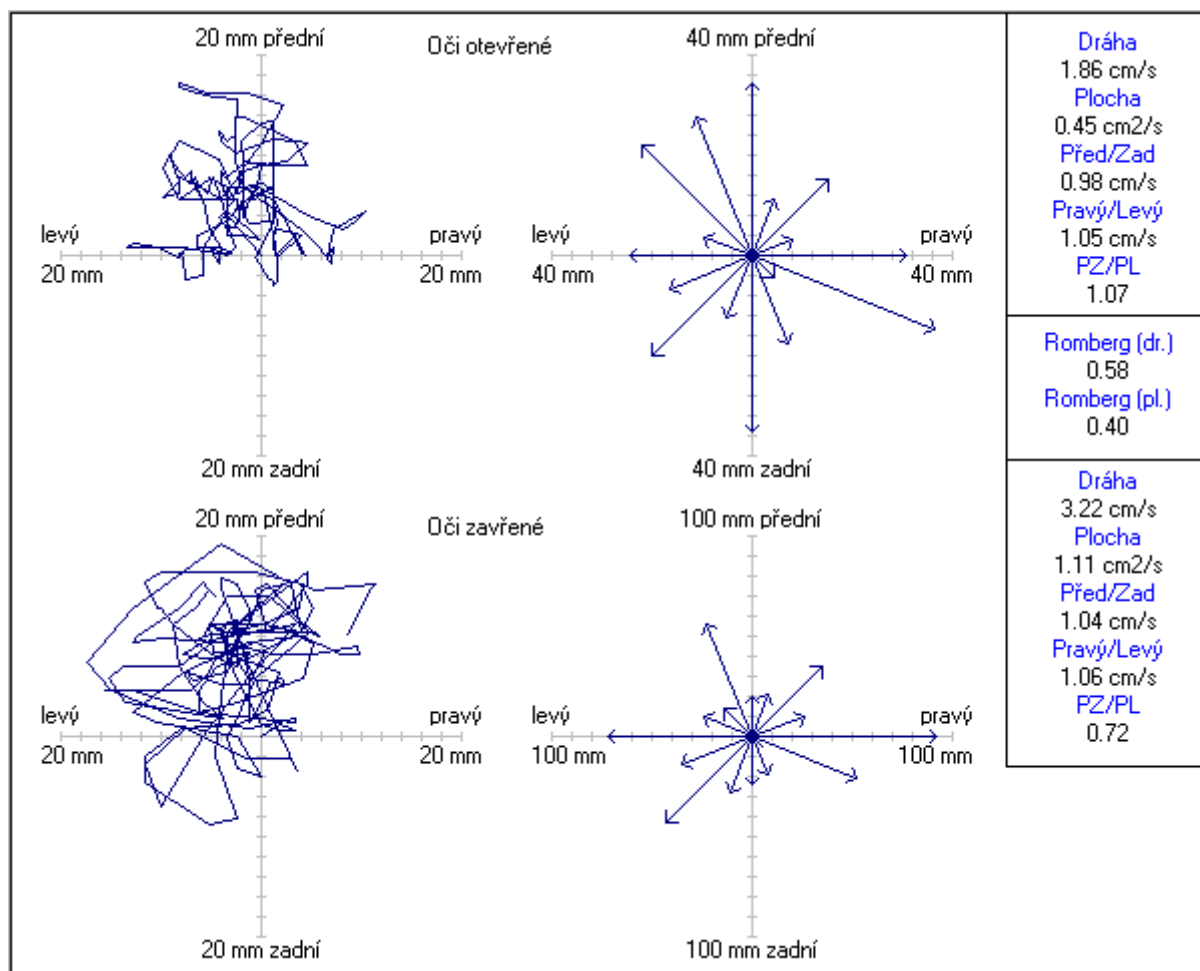
Měřicí doba: 0 až 120 sekund



Obr. 1.5: Posturografický přístroj STP-03 [7]

Výstup měření pacienta

Softwarová aplikace komunikující s plošinou na základě naměřených souřadnic vypočítává parametry, které jsou numericky i graficky znázorněny na (Obr. 1.6).



Obr. 1.6: Výsledky měření na plošině STP-03

1.7.2 Přístroj Tetrax Balance Assessment

Tetrax Balance Assessment je přístroj, který provádí funkční diagnostiku nejjemnějších odchylek stability pacienta, s cílem určit jejich zdroj a původ v těle. Autorem a vynálezcem zmiňovaného diagnostického přístroje je Prof. Reuven Kohen – Raz Ph.D.

Tetrax Balance Assessment měří a vyhodnocuje několik nezávislých parametrů na speciální plošině, na které pacient stojí po dobu 6 minut. Pomocí vysoce citlivých senzorů, unikátní metodě analýzy a patentově chráněnému počítačovému softwaru dokáže odhalit nejjemnější funkční odchylky ve stabilitě vyšetřované osoby. Současně přesně lokalizuje zdroje těchto funkčních odchylek, které mohou mít původ v centrálním nervovém systému, periferním

nervovém systému, očním systému, rovnovážném ústrojí, v páteři, kloubech dolních končetin nebo mohou být i psychického původu.

Vysoká citlivost přístroje byla prokázána na jeho schopnosti rozpoznat funkční patologické odchylky raných stadií některých onemocnění, které nebyly odhaleny během rutinních klinických testů nebo vyšetření (např. roztroušená skleróza, nádory mozku, Whiplash Injury, únava).

Přístroj umí zcela přesně a spolehlivě vyšetřit Whiplash Injury a určit přítomnost tzv. "krční závratě", která toto poranění často provází. Až 40 % pacientů trpících krční závratí je diagnostikováno pomocí běžných vyšetřovacích metod jako zdravých. Jejich potíže však přetrvávají a proto neustále vyhledávají lékařskou pomoc [18].

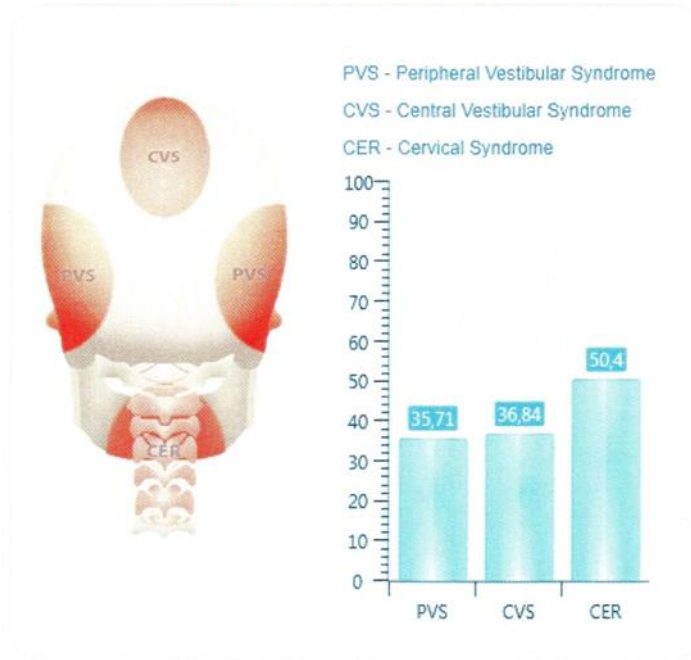


Obr. 1.7: Tetrax Balance Assesment [19]

Výstup měření pacienta

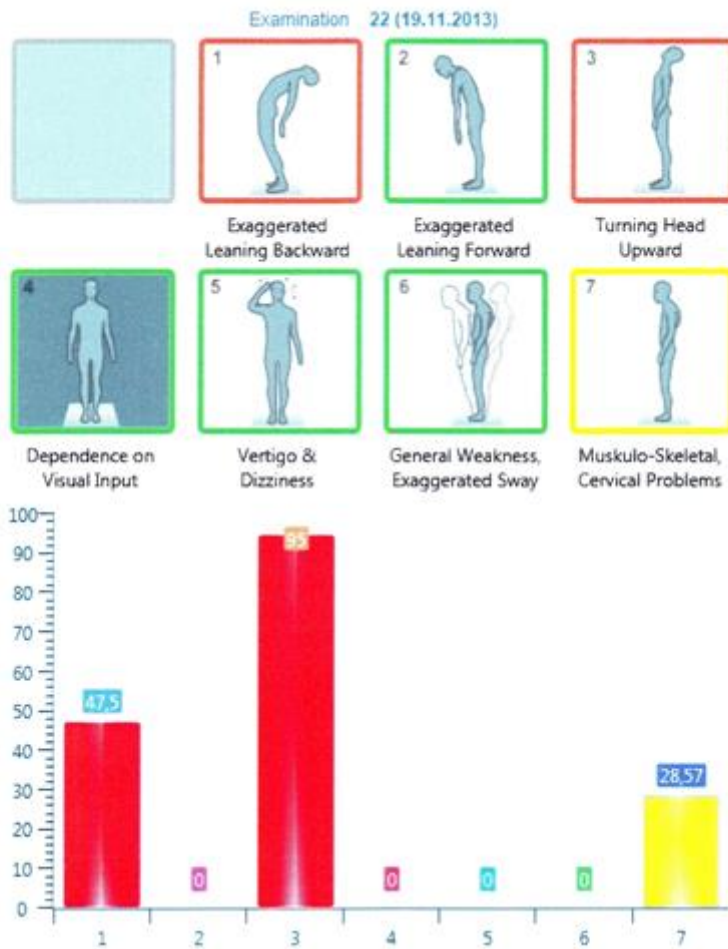
Pacient je měřen na plošině Tetrax v několika různých pozicích. Data získaná z měření jsou poté vyhodnocena a graficky znázorněna jak je vidět níže na (Obr. 1.8 a Obr. 1.9).

Examination: 22 (19.11.2013)



PVS: 35,71 % CVS: 36,84 % CER: 50,40 %

Obr. 1.8: Vertigo Indicator



Obr. 1.9: Main Fall Risk

- Exaggerated Leaning Backward - Přehnaný náklon dozadu
- Exaggerated Leaning Forward - Přehnaný náklon dopředu
- Turning Head Upward - Otáčení hlavy vzhůru
- Dependence on Visual Input - Závislost na vizuální vstup
- Vertigo & Dizziness - Závrat'
- General Weakness, Exaggerated Sway - Celková slabost, Přehnaná Sway
- Muskulo-Skeletal, Cervical Problems - Svalovo-Kosterní, Krční problémy

1.8 Závěrečné zhodnocení

Jak je popsáno výše, existuje řada vyšetřovacích zkoušek, které se v běžné praxi příliš nevyužívají, ale v minulosti posloužily jako vzor při vzniku přístrojových zkoušek. V ČR se využívají například přístroje jako Tetrax Balance Assesment a posturografické přístroje STP-03 a ST-02, které vycházejí z Rombergovy zkoušky. Posturografické přístroje STP-03 a ST-02 od firmy Comes Trading se již nevyrobí a pořizovací cena přístroje Tetrax Balance Assesment je finančně velmi nákladná a tedy pro ambulantní ORL lékaře je takový přístroj nedostupný. Cílem této práce je právě ambulantním ORL lékařům a otoneurologům poskytnout nejen cenově dostupné zařízení, ale také zařízení, které bude obsahovat software s navrženým expertním systémem. Tento systém poté může poskytovat lékařům podpůrné informace pro stanovování diagnóz.

2. CÍL PRÁCE

Cílem disertační práce je uplatnění nových dostupných zařízení pro hodnocení poruch rovnováhy člověka, které bude možné nasadit i do ordinací ambulantních lékařů. Z pohledu ambulantních ORL a otoneurologů v současné době chybí cenově dostupná zařízení ke kvantifikaci a objektivizaci výsledků klasických testů vyšetřování rovnováhy. Výhodou takové objektivizace je přesné vyhodnocení ve formě číselných hodnot a grafů, možnost uložení výsledků, porovnání výsledků vyšetřovaného pacienta v časové ose, sdílení výsledků mezi jednotlivými pracovišti, využití získaných digitalizovaných dat pro hledání dalších parametrů specifických pro jednotlivé diagnózy a hlavně možnost vypracování expertního systému, který vyhodnotí naměřená data a pomůže je přiřadit k perifernímu nebo centrálnímu vestibulárnímu syndromu. O realizaci výše jmenovaných bodů bude usilováno v této disertační práci. Realizovaným výstupem by měl být zmiňovaný expertní systém.

Pro vytvoření expertního systému bude nutná úzká spolupráce s lékaři v každé fázi řešení této práce. Ve spolupráci s odbornými pracovišti by měla být získána data z měření na dobrovolnících a připravena expertní databáze obsahující komplexní záznamy vyšetření, tedy data z anamnézy, objektivní výsledky měření a zhodnocení kvalifikovaným lékařem (diagnóza pacienta). Získaná data z vyšetření budou předmětem zkoumání a jejich vyhodnocování bude předcházet přípravě expertního systému.

Součástí práce je také příprava softwarových aplikací, díky nimž bude možné získat data z měření, která jsou nezbytná pro přípravu expertního systému využívajícího moderních metod umělé inteligence a fuzzy logiky. Implementovaný expertní systém by měl posloužit lékařům jako podpora při stanovení diagnózy.

V závěru disertační práce bude vyhodnocení praktických experimentů provedených na specializovaných pracovištích pod vedením odborných lékařů. Na základě získaných výsledků vyhodnocení bude poté expertní systém upraven.

2.1 Konkrétní cíle práce

1. Seznámení se s problematikou vyšetření poruch rovnováhy
 - literární rešerše, navázání spolupráce se specializovanými pracovišti i s běžnými ORL lékaři.
2. Sběr a analýza relevantních dat, příprava moderních a cenově dostupných měřicích zařízení pro objektivizaci klasických testů rovnovážného aparátu člověka (využití technologií použitých v herním průmyslu).

3. Uplatnění herních zařízení na ORL pracovištích
 - úpravy a optimalizace software pro měření na herních zařízeních v závislosti na praktickém používání a potřebách daného pracoviště.
4. Vývoj expertního podpůrného systému pro určení diagnózy
 - získání dostatečného počtu dat z měření a sběr údajů z anamnéz
 - zpracování a verifikace naměřených dat
 - využití digitalizovaných dat pro hledání dalších parametrů specifických pro jednotlivé diagnózy
 - příprava expertního systému pro diagnostiku závrativých stavů s využitím moderních metod umělé inteligence a fuzzy logiky
5. Testování navrženého systému ve spolupráci s odbornými lékaři.
6. Vyhodnocení výsledků praktických experimentů ze specializovaných pracovišť podílejících se na testování navrženého systému.
7. Úprava systému na základě výsledků vyhodnocení.

Výsledkem disertační práce by měl být komplexní systém vyšetření rovnováhy člověka. Tento systém by měl posloužit jako podpora ambulantním ORL lékařům a ambulantním neurologům při určování diagnózy vyšetřených pacientů. Výsledkem bude také software zapouzdřující skupinu vyšetření, jejichž výsledky budou archivovány a využívány pro učení navrženého diagnostického systému a tím bude docházet ke zpřesnění určování diagnózy.

2.2 Přínos práce pro vědu a praxi

Přínosem této práce pro vědu a praxi je aplikace fuzzy logiky do systému hodnocení výsledků vyšetření poruch rovnováhy a vytvoření algoritmů a posléze softwarového nástroje sloužícího jako podpůrný nástroj diagnostiky a nástroj pro objektivní (kvantitativní) záznam vyšetření.

Dalším přínosem je možnost uplatnění existujících herních zařízení v oblasti měření posturální stability v ambulantních ORL ordinacích.

3. TEORETICKÝ ZÁKLAD

Obsahem teoretické části je vysvětlení diferenciální diagnostiky poruch rovnováhy a statické počítačové posturografie na nichž je celá práce založena.

3.1 Diferenciální diagnostika poruch rovnováhy

Diferenciální diagnostika periferního a centrálního vestibulárního syndromu a vyloučení ne-vestibulárních závratí, je základní vestibulologickou otázkou, od jejíhož výsledku se odvíjí další diagnostické postupy, léčba a prognostika [2].

Diferenciální diagnostikou poruch rovnováhy se nejprve zabýval Gans, který se prvně pokusil vytvořit hodnotící tabulky (Tabulka 3.1). Gans rozděluje výsledky posturografických měření do čtyř kategorií, odpovídajících klinickým diagnózám. Toto rozdělení převzal doc. MUDr. Mojmír Lejska, CSc. (viz. Tabulka 3.1, Tabulka 3.2) [2].

Tabulka 3.1 Škála kategorií pro hodnocení posturální rovnováhy (Gans, Lejska)

DP – direction preponderance, LL – laterolaterální vektor, AP – anteroposteriorní vektor, AP/LL – poměr vektoru AP a LL [2]

Syndromy /kriteria	Unilat.perif.sy.	Bilat.perif.sy.	Vestib.dysharmonie	BPPV	Centrální vestib.sy.
RbgWay	<0.5	<0.3	0.3 - norm.	norm.	>1
RbgArea	<0.5	<0.3	Norm.	norm.	>1
DP	LL	Chybí	Chybí	Chybí	AP
LL	>1.5	Různá	Různá	<1.5	<1.5 (OO)
AP	<1.5	Různá	Různá	<1.5	>1.5 (OO)
AP/LL	<1.0	Různá	Různá	norm. (0,8-1,2)	>1.0

Tabulka 3.2 Kritéria stanovená pro normální rovnováhu (Lejska) [2], [7]

Veličina / hodnota	průměr normy	min.	max.
Dráha oči otevřené (Wf)	1,30	0,82	1,44
Plocha oči otevřené (Af)	0,33	0,12	0,55
Vektor předozadní	1,0	0,9	1,11
Vektor laterální	1,0	0,74	1,14
Rombergův poměr dráhy (RW)	0,69	0,536	0,85
Rombergův poměr plochy (RA)	0,74	0,34	1,15

MUDr. Jakub Dršata, Ph.D. provedl vlastní analýzu, před níž prvně využil tabulku (3.1) jakožto základ a orientační vodítko k hodnocení etiologie a topiky závratí (periferní vs. centrální) do doby definitivního zpracování souboru měření a vytvoření jeho vlastní škály pro patologické hodnoty. Z jeho výzkumu vyplynulo, že u významné části pacientů hodnoty ze zmíněné tabulky neodpovídají klinickým pozorováním v jednom či více parametrech a výše uvedená tabulka pro diferenciálně-diagnostické úvahy tedy nemůže být obecně platná [2].

Tabulka 3.3 Škála kategorií pro hodnocení posturální rovnováhy na SCPG (Dršata) [2]

Wf – dráha při otevřených očích, Af – plocha při otevřených očích, Xf – laterální odchylka při otevřených očích, Yf – anteroposteriorní odchylka při otevřených očích, ALf – poměr laterální a anteroposteriorní odchylky při otevřených očích, Ws – dráha při zavřených očích, As – plocha při zavřených očích, Xs – laterální odchylka při zavřených očích, Ys – anteroposteriorní odchylka při zavřených očích, ALs – poměr laterální a anteroposteriorní odchylky při zavřených očích, RW – Rombergova dráha, RA – Rombergova plocha

MEZNÍ	Wf	Af	Xf	Yf	Ws	As	Xs	Ys	ALf	ALs	RW	RA
dol.mez	1,00806	0,14726	8,00848	7,84158	1,03283	0,14536	8,85888	8,8747	0,8122	0,8156	0,5436	0,2571
dol.mez	1,6	0,2	9,5	-	-	1,5	9,5	-	0,65	0,47	0,275	0,1
hor.mez	2,5798	0,7374	24,611	22,703	3,1489	1,0934	26,969	25,968	1,1882	1,1999	1,0729	1,0291
hor.mez	4,5	2	40,5	55	14	30	100	80	1,5	1,8	1	1,3

3.2 Statická počítačová posturografie

Principem statické počítačové posturografie je zachycení pohybu těžiště vyšetřovaného v průběhu stoje na posturografické plošině. V principu se jedná o objektivizaci subjektivního hodnocení stoje – jedná se tedy o objektivní metodu, nezátíženou subjektivní interpretací, výsledky je možno dokumentovat graficky a numericky. To pak umožňuje přesnější hodnocení poruchy rovnováhy, porovnávání výsledků a archivaci [2].

3.2.1 Metodika měření

Vyšetření probíhá v neodhlučněné místnosti laboratoře za podmínek zajištění ticha a rozptýleného světla. Základní vyšetření všech pacientů na posturografické plošině jsou prováděna v přirozeném stoji, tj. stoj spatný s rukama volně podél těla.

3.2.2 Hodnotící parametry statické posturografie

Posturograph ST-02 a STP-03 vypočítává hodnoty dráhy a plochy těžiště opsaného nad posturografickou plošinou, vyhodnocuje poměr mezi těmito hodnotami při zavřených a otevřených očích a zachycuje směr a velikosti vektorů rozkmitu těžiště a vypočítává hodnotu výsledného vektoru [2], [7].

Matematický popis hodnotících parametrů

Parametr Way popisuje dráhu opsanou těžištěm nad posturografickou plošinou při vyšetření viz (3.2). Doba vyšetření je dána konstantou a tedy parametr Way lze charakterizovat jako rychlost pohybu těžiště - vyjádřeno v jednotkách cm/s.

$$M_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (3.1)$$

$$Way = \frac{T^{-1}}{n} \sum_{i=1}^n M_i \text{ [cm/s]} \quad (3.2)$$

kde:

- M_i konkrétní prvek výpočtu dráhy
- T perioda měření [s]
- x, y souřadnice těžiště [cm]
- n počet měřených vzorků

Parametr Area vyjadřuje plochu, kterou opíše těžiště vyšetřovaného během doby vyšetření, viz (3.4) – vyjádřeno v cm^2/s .

$$N_i = \frac{\left| \begin{array}{l} (y_{i+1} - y_0) * (x_i - x_0) \\ -(y_i - y_0) * (x_{i+1} - x_0) \end{array} \right|}{2} \quad (3.3)$$

$$Area = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^{n-1} N_i \text{ [cm}^2/\text{s]} \quad (3.4)$$

kde:

- N_i konkrétní prvek výpočtu plochy
- t délka měření [s]
- x_0, y_0 průměrné hodnoty těžiště souřadnic viz (3.5) a (3.6)

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.5)$$

$$y_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (3.6)$$

Parametr Lat vyjadřuje výsledný laterální vektor rozkmitu těžiště (délka stranové výchylky těžiště během doby měření) viz (3.8) – vyjádřeno v cm/s . Je měřen přístrojem při otevřených i zavřených očích. Podobně jako při fyzickém hodnocení neurologických postojů, je tento parametr pokládán především za ukazatele na periferní vestibulární lézi [2].

$$sum = \sum_{i=1} (x_i - x_{i-1}) \quad (3.7)$$

$$Lat = sum/t \text{ [cm/s]} \quad (3.8)$$

kde:

t délka měření [s]
x souřadnice těžiště

Parametr Ant-Post vyjadřuje anteroposteriorní vektor rozkmitu těžiště (délka předozadní výchylky těžiště během doby měření) viz (3.10) – vyjádřeno v cm/s. Je rovněž měřen při otevřených i zavřených očích.

Podobně jako při fyzickém hodnocení neurologických postojů, mírná předozadní vektorová převaha při fyziologickém stavu rovnováhy se pokládá za normální, u poruchy rovnováhy je pokládána především za ukazatele centrální léze [2].

$$sum = \sum_{i=1} (y_i - y_{i-1}) \quad (3.9)$$

$$Ant - Post = sum/t \text{ [cm/s]} \quad (3.10)$$

kde:

t délka měření [s]
y souřadnice těžiště

Přístroj vypočítává automaticky poměr předozadní a laterální odchylky vyšetřovaného (AP/Lat) při otevřených a zavřených očích, který vyjadřuje celkovou směrovou převahu rozkmitu těžiště vyšetřovaného.

$$\frac{AP_{open}}{Lat_{open}} = \frac{Ant - Post}{Lat} \quad (3.11)$$

$$\frac{AP_{close}}{Lat_{close}} = \frac{Ant - Post}{Lat} \quad (3.12)$$

Odvozený parametr, označovaný přístrojem jako Romberg Way je poměr hodnoty Way při otevřených a zavřených očích. Vyjadřuje podíl vizuální kontroly na udržení posturální rovnováhy.

$$Romberg\ Way = \frac{Way_{open}}{Way_{close}} \quad (3.13)$$

Odvozený parametr Romberg Area je poměr hodnoty Area při otevřených a zavřených očích.

$$\text{Romberg Area} = \frac{\text{Area}_{\text{open}}}{\text{Area}_{\text{close}}} \quad (3.14)$$

3.3 Základy fuzzy logiky

Fuzzy logika představuje rozšíření klasické booleovské logiky, díky níž lze lépe pracovat s nepřesnými nebo vágními daty. Zatímco klasické logické uvažování vyžaduje pouze hodnoty ano a ne, fuzzy logika může pracovat s pojmy jako možná, skoro či velmi. Fuzzy logika se poprvé objevila v roce 1965 v článku s názvem „Fuzzy set“, jehož autorem byl profesor Lotfi A. Zadeh. Tehdy byl definován základní pojem fuzzy logiky a to fuzzy množina. Fuzzy teorie se snaží pokrýt realitu v její nepřesnosti a neurčitosti. Často se fuzzy logika nesprávně spojuje s pravděpodobností. U pravděpodobnosti je zjišťováno, zdali jev může nastat a s jakou pravděpodobností, kdežto u fuzzy logiky víme, že jev existuje a zjišťujeme jeho stupeň příslušnosti v určité množině (pravdivost výroku). Např. máme červenou barvu, ale můžeme ji mít v různém odstínu. Stupněm příslušnosti v rozsahu 0 – 1 (spojitě), jsme schopni tento odstín vyjádřit. Funkce, která tuto hodnotu přiřazuje, se nazývá funkce příslušnosti. V klasické teorii množin prvek do množiny buďto patří (úplné členství v množině) nebo nepatří (žádné členství v množině). Fuzzy množina je množina, která kromě úplného nebo žádného členství připouští i členství částečné [4], [5], [6].

3.3.1 Účel zavedení fuzzy množin

Zavedení fuzzy množin je možnost pracovat s vágními daty neboť používání přesných popisů vede k idealizování skutečností reálného světa a tedy k odklonu od reality. Striktní popis vede k popisu skutečnosti pouze pomocí dvouprvkové množiny $\{0,1\}$. Pokud problém nelze jednoznačně určit, rozkládá se na menší podproblémy, ale za cenu místa a opět lze použít jen dvouprvkovou množinu. V případech, kdy je již nemožné nebo neúnosné takto problém rozdělit, dopouštíme se jisté chyby a tím je dán odklon od reality. S tím souvisí i princip inkompability, který vyslovil v roce 1973 L. A. Zadeh: „S rostoucí složitostí systému klesá naše schopnost formulovat přesné a významné vlastnosti o jeho chování, až je dosáhnuta hranice, za kterou je přesnost a relevantnost prakticky vzájemně se vylučující jevy“ [6].

V přirozeném jazyce, kterým se lidé dorozumívají, je vágních pojmů spousta: velmi starý člověk, nízká rychlost atd. Otázkou zůstává, co ještě patří do popsané množiny a co již ne. S tímto problémem se ale můžeme setkat již v antickém Řecku, odkud pochází tento paradox (tzv. Paradox z antického Řecka):

„Mějme malou hromadu kamení. Pokud přidáme jeden kámen, dostaneme opět malou hromadu. Tedy každá hromada kamení je malá.“

Jak je vidět, problém zůstává s hraničními body a použití klasických množin tedy nepřichází v úvahu. Jedním z řešení jsou právě fuzzy množiny [5], [6].

3.3.2 Možnosti aplikace fuzzy množin

Každému prvku je přiřazen stupeň příslušnosti, který vyjadřuje míru příslušnosti daného prvku do fuzzy množiny. Například každé hodnotě rychlosti přiřadíme číslo z intervalu $\langle 0,1 \rangle$, který vyjadřuje míru našeho přesvědčení, že daná rychlost je nízká. Čím vyšší (nižší) je stupeň příslušnosti, tím více (méně) platí, že příslušná rychlost je nízká. Při vyhledávání dat klasickým způsobem uživatel získá nějakou množinu, ale již neví, jak hodně odpovídá výsledek jeho požadavku. Pokud se na výstup podíváme jako na fuzzy množinu, potom stupeň příslušnosti by měl odrážet míru relevantnosti. Úlohou fuzzy teorie je zachytit vágně specifikované požadavky uživatele v dotazu a adekvátně k tomu vypočítat stupeň příslušnosti. Jeden z hlavních problémů je určení funkce příslušnosti. V případě, že prvky universa jsou reálná čísla, existuje více možností matematického popisu průběhu růstu respektive klesání hodnot stupně příslušnosti. Pro prvky universa v okolí hraničních bodů by mělo platit, že čím víc se blíží prvky universa k hraničním bodům, tím pomaleji roste (klesá) hodnota stupně příslušnosti [5], [6].

4. PŘÍPRAVA EXPERTNÍHO SYSTÉMU

Praktická část práce se zabývá přípravou expertního systému jeho otestováním a vyhodnocením výsledků testů.

Expertní systém je postaven na datech získaných z měření na statické posturografické plošině. Zvolená metoda pro práci s daty je čistě objektivní, založená na numerických hodnotách, z toho důvodu je jedním z cílů práce i implementace anamnézy do podpůrného diagnostického systému neboť anamnéza tvoří nedílnou součást celého procesu diagnostiky a většina zkušených lékařů dokáže, již z anamnézy určit o jakou poruchu se jedná a pomocí objektivního měření si pouze ověřují svůj úsudek. Touto úrovní zkušeností však disponuje pouze úzká skupina lékařů a běžný ambulantní ORL lékař, který se setkává se symptomem závratí u minimálního počtu svých pacientů je pro správnou diagnostiku závratí nedostatečně vybaven.

Navržený systém je založen na diferenciální diagnostice poruch rovnováhy člověka tedy jednoznačné rozlišení, zdali vyšetřovaný pacient má periferní nebo centrální vestibulární syndrom.

Expertní systém je navržen, tak aby mohl být implementován na různá pracoviště, kdy je pouze zapotřebí mírně přizpůsobit vstupní data. Pro účely testování na dvou různých pracovištích byly vytvořeny dva expertní systémy:

- expertní systém naučený pro rozpoznání periferního, centrálního pacienta a pacienta bez poruchy rovnováhy (pracoviště FNHK, odborný lékař MUDr. Jakub Dršata PhD)

Tabulka 4.1 Vstupní data z STP-03 pro naučení expertního systému

	Bez poruchy	Periferní	Centrální
Počet pacientů	50	85	53
Počet vyšetření	63	156	81

- expertní systém naučený pro rozpoznávání poruch BPPV, Neuritida, Meniér, Vestibulopatie, Disequilibrium, Centrální (pracoviště AUDIO-FON centr Brno, odborný lékař doc. MUDr. Mojmír Lejska, CSc., MBA)

Tabulka 4.2 Vstupní data z ST-02 pro naučení expertního systému

	Bez poruchy	Meniér	Neuritida	Vestibulopatie	BPPV	Dysequilibrium	Centrální
Počet pacientů	12	12	7	32	541	3	23
Počet vyšetření	36	36	21	102	1896	7	65

V této části bude popsán princip fungování expertního systému, který využívá fuzzy logiku v kombinaci se zlatým řezem. Tento princip je neměnný, mění se pouze vstupní data užívaná k učení expertního systému. Popis fungování expertního systému bude vysvětlen na datech naměřených na statické posturografické plošině ST-02 v AUDIO-FON centr Brno.

4.1 Fuzzy logika v kombinaci se zlatým řezem

Cílem této části práce je vysvětlení navržené metody, která slouží pro rozlišení poruch rovnováhy. Metoda využívá fuzzy logiku, která byla popsána v kapitole 3.3 v kombinaci se zlatým řezem, který bude popsán níže. Při návrhu byla využita data naměřená na statické posturografické plošině v AUDIO-FON centr Brno a diagnostikovaná doc. MUDr. Mojmírem Lejskou, CSc., MBA. Experiment byl založen na diferenciální diagnostice poruch rovnováhy avšak s cílem upřesnit o jakou periferní či centrální poruchu se jedná.

Data byla dle dostupnosti rozdělena do skupin odpovídajícím jednotlivým poruchám a to na skupinu:

- Benigní paroxysmální polohové vertigo (BPPV)
- Neuritida
- Vestibulopatie
- Meniérova choroba
- Disequilibrium
- Centrální

Každá skupina obsahuje měřené parametry dráha, plocha, laterální odchylka, anteroposteriorní odchylka, Rombergova dráha a Rombergova plocha při otevřených i zavřených očích. Pro každý z parametrů je vypočítán medián a hraniční body pomocí zlatého řezu. Součástí této kapitoly bude také ukázka, jak vyhodnocení pomocí této metody funguje na náhodně vybraném pacientovi.

4.1.1 Matematický základ

Medián

V případě, že jsou hodnoty uspořádány do neklesající posloupnosti, viz (4.1)

$$x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n \quad (4.1)$$

tak medián představuje hodnotu, která je uprostřed této posloupnosti. Prostřední hodnota se pak liší, pokud má posloupnost lichý, nebo sudý počet prvků.

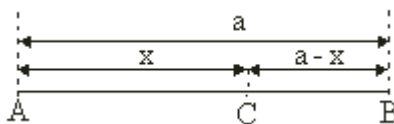
- pokud lichý, je medián prvkem na pozici viz (4.2)

$$Med(x) = \frac{x_{n+1}}{2} \quad (4.2)$$

- pokud má posloupnost sudý počet prvků, pak nemá prvek, který by byl zcela uprostřed, z toho důvodu se bere průměrná hodnota z dvou prostředních hodnot, viz (4.3)

$$Med(x) = \frac{x_{n/2} + x_{(n+2)/2}}{2} \quad (4.3)$$

Zlatý řez



Obr. 4.1: Rozdělení úsečky zlatým řezem

Rozdělíme-li úsečku AB délkou a bodem C na dvě části x a $(a-x)$ tak, aby se poměr délek větší části x k menší části $(a-x)$ rovnal poměru délky úsečky a k větší části x , tedy aby platilo

$$\frac{x}{a-x} = \frac{a}{x}, \quad (4.4)$$

pak říkáme, že jsme sestrojili zlatý řez úsečky AB a poměr $a:x$, resp. $x:(a-x)$, nazveme zlatým poměrem. Zvolíme-li velikost úsečky $a=1$ pak rovnice zlatého řezu vypadá následovně:

$$\frac{x}{1-x} = \frac{1}{x} \quad (4.5)$$

Po úpravě řešíme kvadratickou rovnici

$$x^2 + x - 1 = 0 \quad (4.6)$$

jejíž kladný kořen je

$$x_1 = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} = 0,61803 \quad (4.7)$$

a poměr

$$\varphi = \frac{1}{x_1} = 1,61803 \quad (4.8)$$

4.1.2 Příklad aplikace metody

Skupina „BPPV“ obsahuje celkem 1896 pacientů. Pro ukázkou byl z dané skupiny vybrán parametr „Way_{open}“ (dráha při otevřených očích).

Postup

- setřídění dat od nejmenšího po největší
- výpočet mediánu – 50% z celkového počtu pacientů (vrací index)

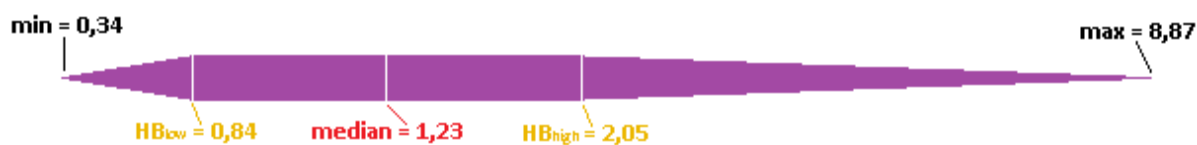
$$median = 1896 * 0,5 = 948 \quad (4.9)$$

- výpočet hraničních bodů HB_{low} a HB_{high}

$$HB_{low} = 1896 * 0,191 = 362 \quad (4.10)$$

$$HB_{high} = 1896 * 0,809 = 1534$$

Hodnota mediánu se nachází na 948 místě a hodnoty hraničních bodů jsou na 362 a 1534 místě (Obr. 4.2).

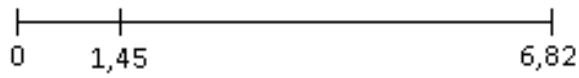


Obr. 4.2: Rozložení skupiny BPPV – parametr Way_{open}

Míra příslušnosti pacienta do dané skupiny je následně vyhodnocována procentuálně. V případě, že je naměřena např. hodnota 3,5 pak znormujeme hodnoty dle rovnice (4.11). Výsledek je znázorněn na obrázku (Obr. 4.3).

$$a = 8,87 - 2,05 = 6,82 \quad (4.11)$$

$$b = 3,5 - 2,05 = 1,45$$



Obr. 4.3: Úsečka znázorňující hodnoty po normování

$$\begin{array}{r}
 100\% \dots\dots\dots 6,82 \\
 1\% \dots\dots\dots 0,0682 \\
 x\% \dots\dots\dots 1,45 \\
 \hline
 100 - \frac{1,45}{0,0682} = 79\%
 \end{array} \quad (4.12)$$

Vzorec (4.12) ukazuje, že naměřená hodnota ze 79 % patří do skupiny BPPV.

5. NÁVRH A IMPLEMENTACE KOMPLEXNÍHO SYSTÉMU VYŠETŘENÍ

Tato kapitola se zaměřuje na popis implementace komplexního systému vyšetření. Součástí kapitoly je popis plošiny Wii (Wii Balance Board) od firmy Nintendo, která byla zvolena jako levnější alternativa posturografických přístrojů např. ST-02, STP-03 od firmy Comes Trading s.r.o, Tetrax a jiné.

Pro Wii Balance Board byla vyvinuta aplikace Wii Posturografie, která rovněž vypočítává základní numerické parametry Way, Area, Ant-Posto, Lat, Romberg Way a Romberg Area jak při zavřených tak při otevřených očích. Data získaná z měření pacientů jsou pak dále vyhodnocována pomocí softwarové aplikace VAnalyza (Analýza výsledků posturografického měření) založené na algoritmu popsáném v bodu 4.1. Práce se zabývá i anamnézou, která jak již bylo uvedeno, je nedílnou součástí procesu diagnostiky a navržení správné léčby. Z toho důvodu byla vyvinuta podpůrná aplikace VAnamneza, která obsahuje řadu otázek, která podle zvolených odpovědí navrhne možnou diagnózu.

5.1 Wii Balance Board

Wii Balance Board od firmy Nintendo je bezdrátová plošina komunikující přes zařízení Bluetooth. Obsahuje čtyři tenzometry (snímače tlaku), které jsou schopné změřit rozložení váhy, spočítat celkovou váhu a také centrum těžiště (COP – center of pressure) pacienta stojícího na plošině. Tyto čtyři snímače tlaku má plošina umístěné v rozích jak je vidět na obrázku 5.1. Plošina obsahuje synchronizační tlačítko pro spárování plošiny s počítačem. Wii Balance Board je napájena pomocí čtyř AA baterií nebo akumulátorů díky čemuž vydrží v provozu přibližně 60 hodin. Při měření na plošině Wii je nutné, aby byla plošina umístěna na pevné podložce tak, aby nedocházelo k jeho zkreslení.

Ačkoliv byl Wii Balance Board původně navržen jako herní ovladač stal se osvědčeným nástrojem pro měření výkyvů těžiště pacienta. Již Clark [20] provedl studii, kdy testoval platnost a spolehlivost použití plošiny Wii. Studie potvrdila platnost a vysokou spolehlivost měření. Wii Balance Board je tedy možné využít jako nástroj pro měření výkyvů těžiště. Výhodou využívání této plošiny tkví hlavně v její nízké pořizovací ceně, přenositelnosti (neobsahuje kabeláž) a široké dostupnosti.

Práce s Wii Balance Board

Jak již bylo popsáno výše, Wii Balance Board má nejen tvar, ale také princip značně podobný domácí osobní váze. V každém ze svých čtyř rohů obsahuje tenzometrický senzor tlaku, viz Obr. 1.5. Firmware plošiny prostřednictvím bluetooth bezdrátové technologie poskytuje možnost získat hodnotu zatížení

jednotlivých senzorů ve formě hodnoty z A/D převodníku. Komunikační protokol také umožňuje vyčíst kalibrační hodnoty pro každý senzor. Jedná se o hodnotu pro zatížení 0, 17 a 34 kg.



Obr. 5.1: Wii Balance Board bez spodního krytu

Pro připojení plošiny k PC je využita open source (Microsoft Public License (Ms-PL)) knihovna WiimoteLib. Knihovna implementuje protokol použitý v Nintendo zařízeních, tedy i ve Wii Balance Board a poskytuje tak možnost vývojářům snadno přistupovat k datům ze snímačů bez nutnosti proniknout do detailů protokolu nebo standardu HID, kterým je komunikace po připojení přes bluetooth k PC reprezentována.

Algoritmus implementovaný nad knihovnou WiimoteLib pro určení souřadnic těžiště osoby stojící na Wii Balance Board

Využívaným výstupem z knihovny WiimoteLib jsou „surová“ data ze všech 4 snímačů. Následné zpracování až po získání souřadnic polohy těžiště sestává z těchto kroků:

- 1) Převod hodnoty ze snímače na hmotnost se provádí pomocí lineární funkce dané kalibračními hodnotami daného snímače (po částech lineární – dvě části 0 až 17 kg a 17 až 34 kg). Výsledkem jsou hodnoty BL, BR, TL a TR. (jména jsou odvozena od označení rohů v angličtině – Bottom Left, Bottom Right, Top Left a Top Right)
- 2) Vyhlazení získaných hodnot 5ti-bodovým trojúhelníkovým klouzavým průměrem.

$$Y_j = \frac{(Y_{j-2} + 2Y_{j-1} + 3Y_j + 2Y_{j+1} + Y_{j+2})}{9} \quad (5.1)$$

3) Určení souřadnice X a Y těžiště

$$X_{cop} = \frac{CAL_x * (-BL - TL + BR + TR)}{F_z} \quad (5.2)$$

$$Y_{cop} = \frac{CAL_y * (-BL - BR + TL + TR)}{F_z} \quad (5.3)$$

kde:

X_{cop} a Y_{cop} jsou souřadnice Center Of Pressure na ose X a Y střed souřadného systému je uvažován ve středu plošiny – průsečíku úhlopříček obdélníku tvořeného jednotlivými snímači tlaku.

CAL_x a CAL_y jsou vzdálenosti od středu plošiny k příslušnému okraji. Jedná se o konstanty $CAL_x = 215$ mm a $CAL_y = 120$ mm.

F_z je celková hmotnost, tedy součet $BL + TL + BR + TR$.

Příklad výpočtu souřadnice těžiště

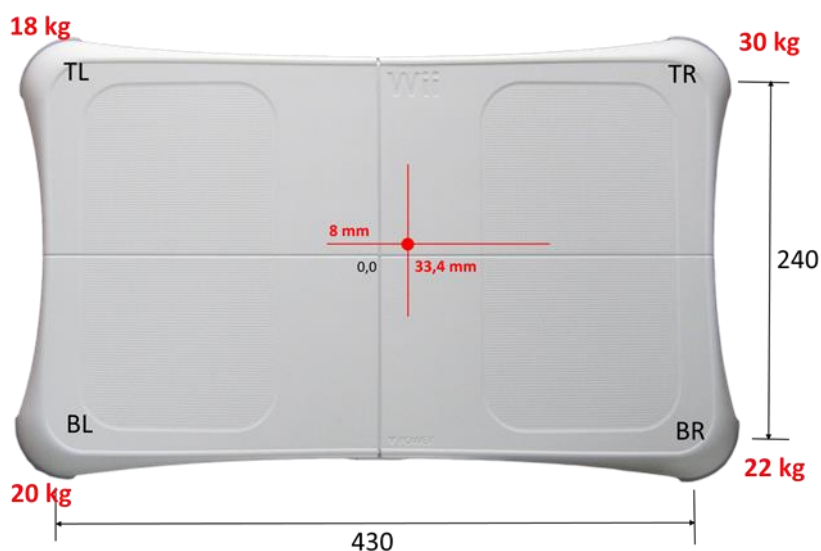
Příklad ukazuje výpočet popsany v kroku 3 výše. Grafické znázornění viz Obr. 5.2.

Př. $BL = 20$ kg, $BR = 22$ kg, $TL = 18$ kg, $TR = 30$ kg

$$F_z = 20 + 22 + 18 + 30 = 90 \text{ kg} \quad (5.4)$$

$$X_{cop} = \frac{215 * (-20 - 18 + 22 + 30)}{90} = 33,4 \text{ mm} \quad (5.5)$$

$$Y_{cop} = \frac{120 * (-20 - 22 + 18 + 30)}{90} = 8 \text{ mm} \quad (5.6)$$



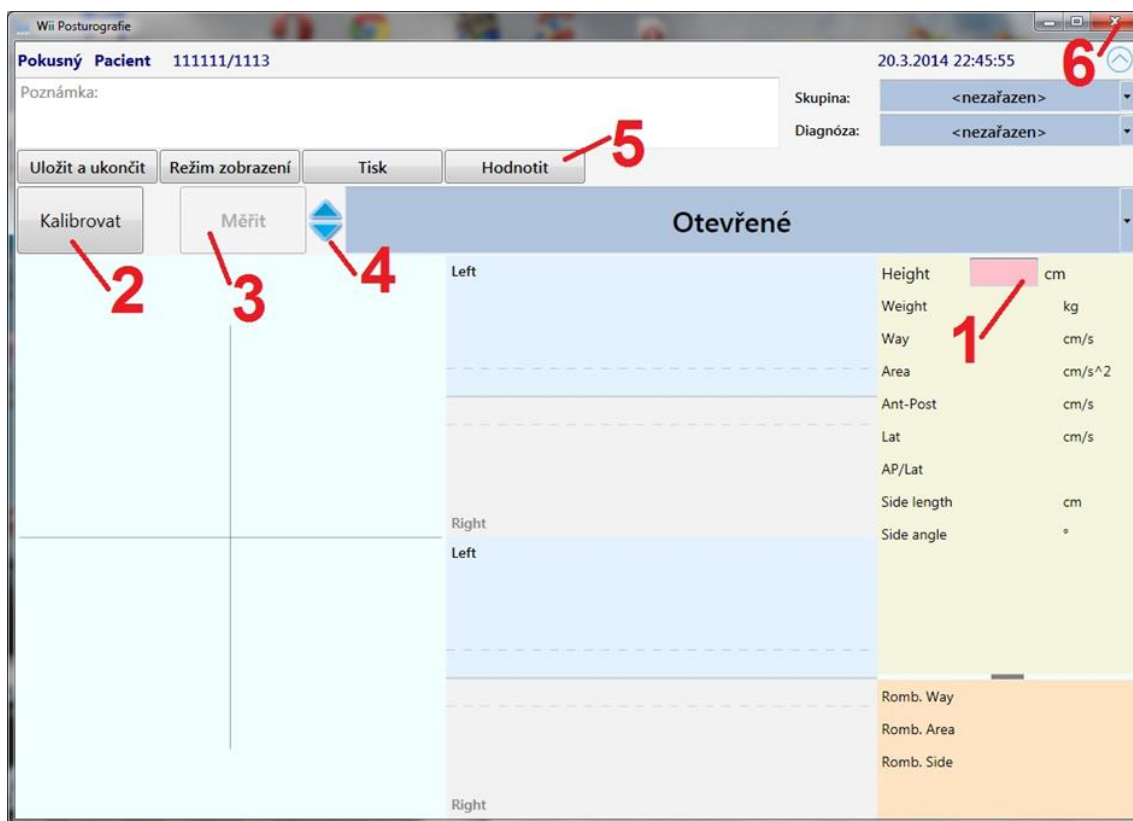
Obr. 5.2: Pozice vypočteného těžiště znázorněna na Wii plošině

5.2 Softwarová aplikace Wii Posturografie

WiiPosturografie komunikuje s plošinou Wii pomocí bezdrátové komunikace bluetooth. Aplikace čte a zaznamenává data ze snímačů plošiny a vypočítává základní numerické parametry Way (cm/s), Area (cm/s²), Ant-Post (cm/s), Lat (cm/s), RA, RW a doplňující parametry Side length a Side angle. Čtení probíhá frekvencí 25 Hz.

Popis programu - postup při vyšetření pacienta (forma návodu pro lékaře)

- a) **1** – Editační pole slouží pro zápis výšky pacienta (před započítáním měření)
- b) **2** – Tlačítko Kalibrovat slouží ke kalibraci plošiny (pacient stojí mimo plošinu)
- c) Pacient může vstoupit na plošinu. (pacient by měl být poučen o průběhu vyšetření)
- d) **3** – Tlačítko Měřit slouží pro spuštění vyšetření (doba měření je 20 sec., konec je indikován tónem)
- e) **4** – Modré šipky slouží pro změnu typu měření (otevřené nebo zavřené oči)
- f) **5** – Tlačítko „Hodnotit“ slouží ke spuštění aplikace pro analýzu výsledků měření. Dojde k otevření okna „Analýza výsledků posturografického měření“ s předvyplněnými údaji pacienta, výsledky měření a diagnózou navrženou systémem (kapitola 5.3).



Obr. 5.3: Softwarová aplikace Wii Posturografie

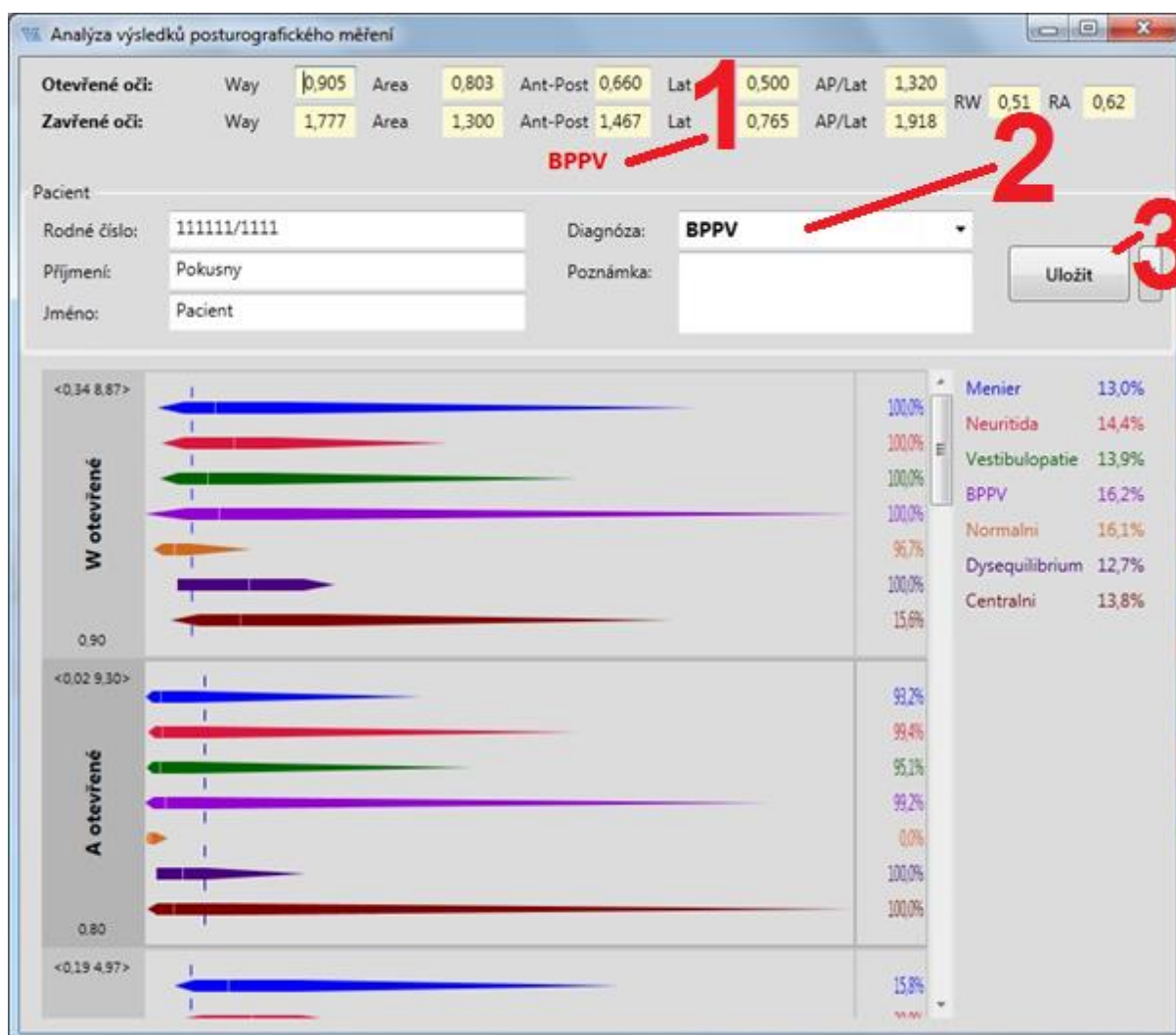
5.3 Softwarová aplikace VAnalyza

VAnalyza (Analýza výsledků posturografického měření) je aplikace využívající kombinaci fuzzy logiky a zlatého řezu viz kapitola 4.1. Pomocí této metody a dat získaných z měření na statické posturografické plošině byl vytvořen podpůrný diagnostický systém, který je schopný vstupní data vyhodnotit a navrhnout možnou diagnózu. VAnalyza je zaimplementována do softwarové aplikace Wii Posturografie z nichž jsou naměřená data při stisku tlačítka Hodnotit automaticky nakopírována do aplikace VAnalyza, která navrhne diagnózu v reálném čase. Aplikaci je možné využívat i samostatně v případě vyhodnocování dat naměřených na jiných plošinách.

Popis programu – vyhodnocení naměřených dat (forma návodu pro lékaře)

- a) Naměřené hodnoty jsou buď automaticky vloženy do formuláře okna „Analýza výsledků posturografického měření“ nebo mohou být doplněny manuálně.
- b) Systém navrhuje diagnózu – viz **1** (Obr. 5.4), diagnóza bude předvyplněná i v seznamu **2**

- c) Expert – lékař má možnost tuto diagnózu opravit výběrem správné diagnózy ze seznamu **2**. Pokud správná diagnóza ještě není součástí seznamu, lze ji do seznamu doplnit.
- d) Tlačítko **3** slouží k uložení diagnózy pacienta. Uložení se okno automaticky zavře.



Obr. 5.4: VAnalyza – Analýza výsledků posturografického měření

5.4 Softwarová aplikace VAnamneza

VAnamneza obsahuje soubor několika otázek, jejichž zodpovězení může posloužit jako vodítko pro určení diagnózy. Soubor otázek obsažený v aplikaci sestavil doc. MUDr. Mojmir Lejska, CSc. pro potřeby ambulantních ORL lékařů.

Soubor otázek

1. Okamžik vlastního počátku závratí ve smyslu činnosti
 - a) ranní postavení
 - b) v noci vzbuzen
 - c) od velkého záchvatu
 - d) vždy pouze při chůzi
 - e) ...nelze zjistit

2. Délka trvání jednotlivé závratí
 - a) vteřiny
 - b) minuty
 - c) hodiny
 - d) dny
 - e) ...nelze zjistit

3. Vyvolávající okamžik závrativého stavu aktuálně
 - a) klidová poloha
 - b) pohyb hlavy či těla
 - c) postavení a chůze
 - d) ...nelze zjistit

4. Úlevová poloha
 - a) v sedě či polosedě
 - b) v lehu na boku drážděného ucha
 - c) v lehu na boku klidného ucha
 - d) nepřerušovaná činnost
 - e) ...nelze zjistit

Závratě v ORL ambulanci - Anamnéza

Okamžik vlastního počátku závratí ve smyslu činnosti

ranní postavení

v noci vzbuzen

od velkého záchvatu

vždy pouze při chůzi

...nelze zjistit

doc. MUDr. M. Lejska, CSc.

<< Předchozí otázka Další otázka >> [1 / 4]

Pravděpodobná diagnóza:

Nový Uložit... Konec

Obr. 5.5: Softwarová aplikace VAnamneza

Program provází lékaře základní anamnézou u závrativých stavů se snahou získat specifické příznaky otogenního vertiga. V průběhu zadávání jednotlivých příznaků se vyhodnocuje procentuálně pravděpodobnost sledovaných vestibulárních patologií otogenního původu.

V jednotlivých oknech je možné zatrhnout buď jeden, nebo i více příznaků. Pokud pacient není schopen přesně specifikovat odpověď na danou otázku, zvolíme možnost „...nelze zjistit“. V okně Délka trvání jednotlivé závratí můžeme volit pouze jednu položku nebo „...nelze zjistit“.

Po zadání příznaků v jednotlivých oknech se zobrazí konečný výsledek procentuálního vyhodnocení. Aplikace umožňuje měnit návrat k jakékoliv otázce a editovat odpovědi. Tlačítko Nový smaže předchozí zadání a umožní vyšetřit dalšího pacienta.

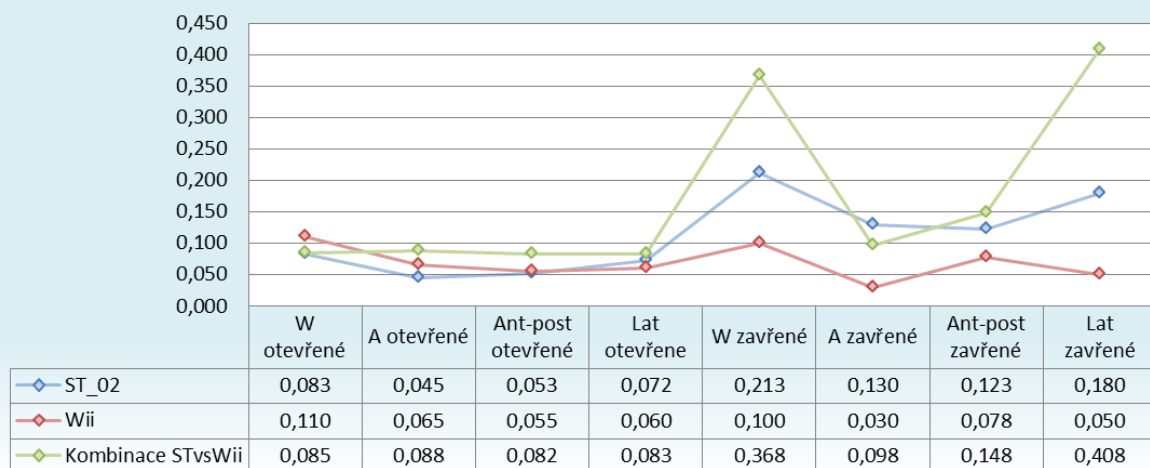
6. VYHODNOCENÍ PRAKTICKÝCH EXPERIMENTŮ

V této části práce bude popsáno vyhodnocení praktických experimentů, které byly nezávisle na sobě provedeny na dvou různých pracovištích a to v AudioFon centr Brno a ve Fakultní nemocnici Hradec Králové. Každému z pracovišť bylo poskytnuto hardwarové zařízení Wii Balance Board včetně softwarová aplikace Wii Posturografie. V úvodu kapitoly bude rovněž zhodnocena míra shody výsledků z měřicí plošiny Wii a profesionální posturografické plošiny ST-02.

6.1 Porovnání výsledků plošiny Wii a ST-02

System výpočtů parametrů v programu AVDoc (software dodávaný k plošině ST-02) je totožný s výpočty parametrů v programu Wii Posturografie. Samotné měření na posturografické plošině není však jednoznačně opakovatelné. Pohyby pacienta jsou do značné míry náhodné, vychází se ale z předpokladu podobného charakteru u konkrétních poruch rovnováhy. Navíc další odchylky měření mohou vznikat v důsledku mírných nepřesností v kalibraci jednotlivých přístrojů, psychické rozpoložení, soustředění, únavy vyšetřované osoby apod.

Pro porovnání shody Wii a ST-02 plošiny byla využita data pacientů, kteří byli v rámci jednoho vyšetření naměřeni na obou plošinách, a měření na každé z plošin bylo provedeno alespoň dvakrát. U naměřených dat každého pacienta byla určena směrodatná odchylka. Celková odchylka měření u jednotlivých parametrů byla stanovena jako medián odchylek jednotlivých pacientů. Datová množina pro tato porovnání se skládala ze 128 měření provedených u 32 pacientů. Výsledky porovnání jsou znázorněny na obrázku 6.1. Z obrázků je patrné, že odchylky opakovaných měření na konkrétních plošinách jsou podobné, dokonce u Wii plošiny jsou u některých parametrů i nižší. Odchylky mezi jednotlivými plošinami se od odchylek mezi opakovanými měřeními na téže plošině rovněž příliš nelišily. K získaným výsledkům je důležité také doplnit, že například parametr $W_{zavřené}$ v případě opakovaných měření pacienta na plošině ST-02 dosáhl i hodnoty 1,455 a tedy průměrnou (medián) odchylku mezi výsledky na plošině ST-02 a Wii 0,368 lze označovat za dobrou.



Obr. 6.1: Porovnání odchylek měření ST-02, Wii a kombinaci měření pacienta na ST_02 a Wii

6.2 Vyhodnocení dat z AudioFon centr Brno dle diagnóz

V této části práce bude popsáno vyhodnocení dat, které bylo prováděno na specializovaném pracovišti pod vedením zkušeného vyšetřujícího lékaře.

Jak bylo popsáno v kapitole 4, tak byl nejprve připraven expertní systém, který vycházel z dat naměřených v předchozích letech v AudioFon centr Brno pomocí plošiny ST-02. Tato data obsahovala diagnózy vyšetřujícího lékaře. Vytvořený expertní systém byl aplikován do softwarové aplikace VAnalyza, která vyhodnocuje parametry vypočítané aplikací Wii Posturografie z dat naměřených na plošině Wii.

Testovaný hardware:

- Wii Balance Board od firmy Nintendo

Testovaný software:

- Wii Posturografie
- VAnalyza (Analýza výsledků posturografického měření)

Proces měření:

- pacient je opakovaně měřen na plošině ST-02 (program AVDoc)
- vyšetřující lékař stanoví diagnózu na základě anamnézy a výsledků měření
- pacient je opakovaně měřen na plošině Wii (program Wii Posturografie)
- VAnalyza navrhne možnou diagnózu na základě dat naměřených na plošině Wii
 - lékař vyhodnotí, zdali s navrženou diagnózou souhlasí v případě, že ne zapíše správnou diagnózu

6.2.1 Porovnání diagnóz – ST-02(AVDoc)

Pacientům naměřeným na posturografické plošině ST-02 byla stanovena diagnóza vyšetřujícím lékařem (MUDr. Lejska). Data získaná z měření byla vyhodnocena aplikací VAnalyza, která navrhla na základě dat každému pacientovi diagnózu.

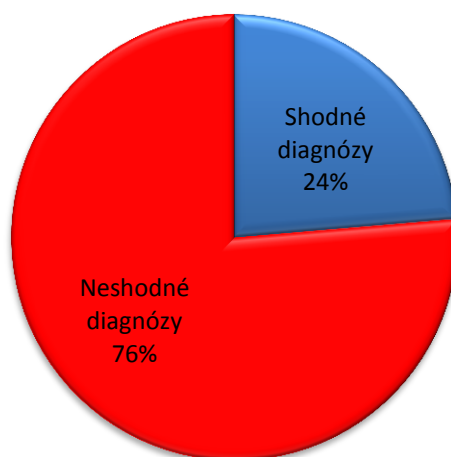
Shoda odpovědi expertního systému s hodnocením lékaře byla prověřena ve třech experimentech, které postupně snižovaly podrobnost hodnocení. Nejdříve byl systém nastaven na rozlišování jednotlivých diagnóz (seznam viz tabulka 6.1), následně proběhlo ověření, kdy úkolem systému bylo určit původ poruchy (centrální / periferní), nebo zda data odpovídají normálnímu nálezu (bez poruchy). Ve třetím experimentu bylo úkolem systému pouze rozhodnout, zda výsledky měření naznačují poruchu rovnováhy, nebo je lze chápat jako nález bez poruchy rovnováhy. Pro experimenty bylo použito výsledků 131 měření, což odpovídá 45 pacientům (ve většině případů byl každý pacient měřen třikrát).

Jednotlivé experimenty jsou vyneseny do tabulek 6.1, 6.2 a 6.3. První sloupec vždy obsahuje seznam vyskytujících se „diagnóz“. Druhý sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz, dle rozhodnutí vyšetřujícího lékaře. Třetí sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených expertním systémem (aplikací VAnalyza). Sloupce čtyři a pět ukazují, kolikrát se expertní systém shodoval se hodnocením lékaře a kolikrát se od stanovených výsledků lišil. Graficky jsou výsledky experimentů prezentovány na (Obr. 6.2, Obr. 6.3, Obr. 6.4) a rozpis hodnot je vidět v tabulkách (6.1, 6.2 a 6.3).

Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – všechny diagnózy

Tabulka 6.1 Porovnání diagnóz ST-02 (všechny diagnózy) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Lejska)	Vyšetření (VAnalyza)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy	29	46	13	33
BPPV	53	25	11	14
Meniér	0	14	0	14
Neuritida	6	2	1	1
Vestibulopatie	18	11	0	11
Dysequilibrium	7	13	1	12
Centrální	18	20	5	15
Celkem	131	131	31	100



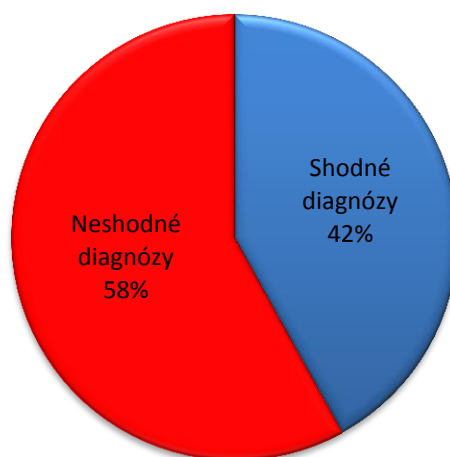
Obr. 6.2: Porovnání diagnóz ST-02 (Lejska) – všechny diagnózy

Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navržených aplikací VAnalyza vyplývá, že pouze 24% z celkově hodnocených 131 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbylých 76% vyšetření se diagnózou lišilo.

Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – bez poruchy, periferní, centrální

Tabulka 6.2 Porovnání diagnóz ST-02 (bez poruchy, periferní, centrální) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Lejska)	Vyšetření (VAnalyza)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy	29	46	13	33
Periferní	71	51	28	23
Centrální	31	34	14	20
Celkem	131	131	55	76



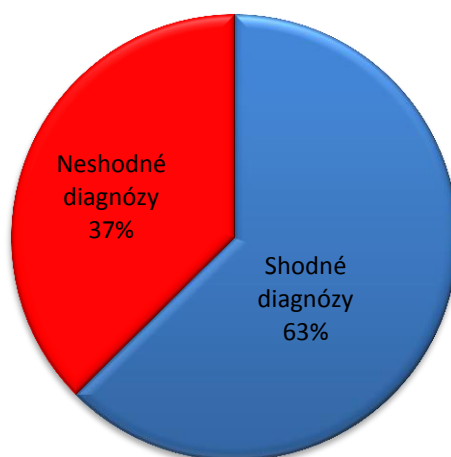
Obr. 6.3: Porovnání diagnóz ST-02 (Lejska) – bez poruchy, periferní, centrální

Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navržených aplikací VAnalyza vyplývá, že 42% z celkově hodnocených 131 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbylých 58% vyšetření se v diagnóze lišila.

Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – bez poruchy, s poruchou

Tabulka 6.3 Porovnání diagnóz ST-02 (bez poruchy, s poruchou) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Lejska)	Vyšetření (VAnalyza)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy rovnováhy	102	85	69	16
S poruchou rovnováhy	29	46	13	33
Celkem	131	131	82	49



Obr. 6.4: Porovnání diagnóz ST-02 (Lejska) – bez poruchy, s poruchou

Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navržených aplikací VAnalyze vyplývá, že 63% z celkově hodnocených 131 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbylých 37% vyšetření se v diagnóze lišila.

6.2.2 Porovnání diagnóz – Wii Balance Board(Wii Posturografie)

Porovnání diagnóz bylo provedeno také u pacientů naměřených na Wii Balance Board, kteří byli vyhodnoceni vyšetřujícím lékařem i aplikací VAnalyze, která poskytla každému pacientovi návrh možné diagnózy.

Shoda odpovědi expertního systému s hodnocením lékaře byla prověřena opět ve třech experimentech, které postupně snižovaly podrobnost hodnocení. Nejdříve byl systém nastaven na rozlišování jednotlivých diagnóz (seznam viz tabulka 6.4), následně proběhlo ověření, kdy úkolem systému bylo určit původ poruchy (centrální / periferní), nebo zda data odpovídají normálnímu nálezu (bez poruchy). Ve třetím experimentu bylo úkolem systému pouze rozhodnout, zda výsledky měření naznačují poruchu rovnováhy, nebo je lze chápat jako nález bez poruchy rovnováhy. Pro experimenty bylo použito výsledků 98 měření, což odpovídá 40 pacientům (ve většině případů byl každý pacient měřen třikrát).

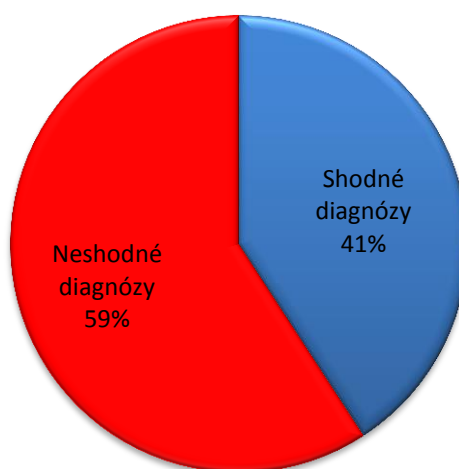
Jednotlivé experimenty jsou vyneseny do tabulek 6.4, 6.5 a 6.6. První sloupec vždy obsahuje seznam vyskytujících se „diagnóz“. Druhý sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz, dle rozhodnutí vyšetřujícího lékaře. Třetí sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených expertním systémem (aplikací VAnalyze). Sloupce čtyři a pět ukazují, kolikrát se expertní systém shodoval se hodnocením lékaře a kolikrát se od stanovených výsledků lišil. Graficky jsou výsledky experimentů

prezentovány na (Obr. 6.5, Obr. 6.6, Obr. 6.7) a rozpis hodnot je vidět v tabulkách (6.4, 6.5 a 6.6).

Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – všechny diagnózy

Tabulka 6.4 Porovnání diagnóz Wii (všechny diagnózy) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Lejska)	Vyšetření (VAnalyza)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy	22	44	15	29
BPPV	40	43	21	22
Meniér	0	0	0	0
Neuritida	3	0	0	0
Vestibulopatie	16	3	1	2
Dysequilibrium	3	3	0	3
Centrální	14	5	3	2
Celkem	98	98	40	58



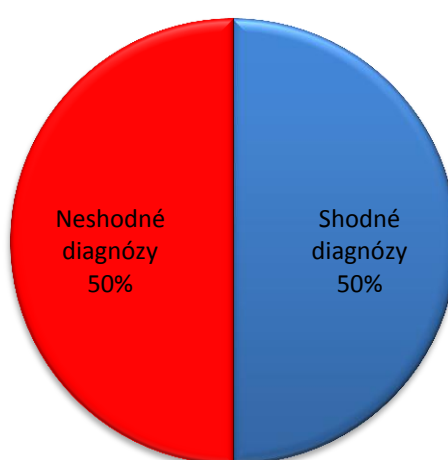
Obr. 6.5: Porovnání diagnóz Wii (Lejska) – všechny diagnózy

Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navrnutých aplikací VAnalyza vyplývá, že 41% z celkově hodnocených 98 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbylých 59% vyšetření se v diagnóze lišila.

Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – bez poruchy, periferní, centrální

Tabulka 6.5 Porovnání diagnóz Wii (bez poruchy, periferní, centrální) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Lejska)	Vyšetření (VAnalyza)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy	22	44	15	29
Periferní	56	47	29	18
Centrální	20	7	5	2
Celkem	98	98	49	49



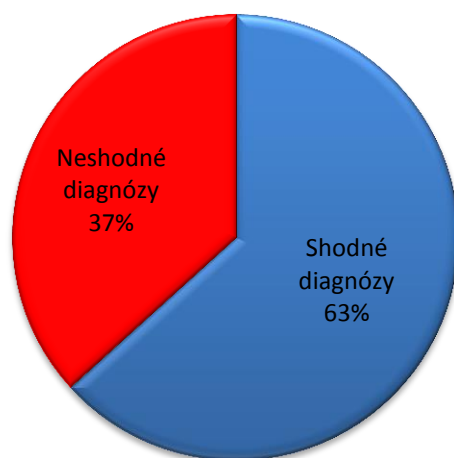
Obr. 6.6: Porovnání diagnóz Wii (Lejska) – bez poruchy, periferní, centrální

Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navržených aplikací VAnalyza vyplývá, že 50% z celkově hodnocených 98 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbýlých 50% vyšetření se v diagnóze lišila.

Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – bez poruchy, s poruchou

Tabulka 6.6 Porovnání diagnóz Wii (bez poruchy, s poruchou) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Lejska)	Vyšetření (VAnalyza)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy rovnováhy	22	44	15	29
S poruchou rovnováhy	76	54	47	7
Celkem	98	98	62	36



Obr. 6.7: Porovnání diagnóz Wii (Lejska) – zdravý, nemocný

Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navržených aplikací VAnalyza vyplývá, že 63% z celkově hodnocených 98 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbylých 37% vyšetření se v diagnóze lišila.

6.3 Vyhodnocení dat z FNHK dle diagnóz

V této části práce bude popsáno vyhodnocení dat, které bylo provedeno ve Fakultní nemocnici Hradec Králové (FNHK) pod vedením zkušeného vyšetřujícího lékaře.

Jak bylo uvedeno v kapitole 4, byl opět nejprve připraven expertní systém, který vycházel z dat naměřených v FNHK. Tato naměřená data obsahovala diagnózy vyšetřujícího lékaře, které byly pro vytvoření expertního systému nepostradatelné. Vytvořený expertní systém byl aplikován do softwarové aplikace VAnalyza, která vyhodnocuje parametry vypočítané aplikací Wii Posturografie z dat naměřených na plošině Wii.

V průběhu provádění praktických experimentů v FNHK však VAnalyza nebyla součástí aplikace Wii Posturografie z toho důvodu byla data zpětně vyhodnocována aplikací VAnalyza.

Testovaný hardware:

- Wii Balance Board od firmy Nintendo

Testovaný software:

- Wii Posturografie

Proces měření:

- pacient je opakovaně měřen na plošině STP-03 (program Posturografie)
- vyšetřující lékař stanoví diagnózu na základě anamnézy a výsledků měření
- pacient je opakovaně měřen na plošině Wii (program Wii Posturografie)
- VAnalyza navrhne možnou diagnózu na základě dat naměřených na plošině Wii
- lékař vyhodnotí, zdali s navrženou diagnózou souhlasí v případě, že ne zapíše správnou diagnózu

6.3.1 Porovnání diagnóz – STP-03(Posturografie)

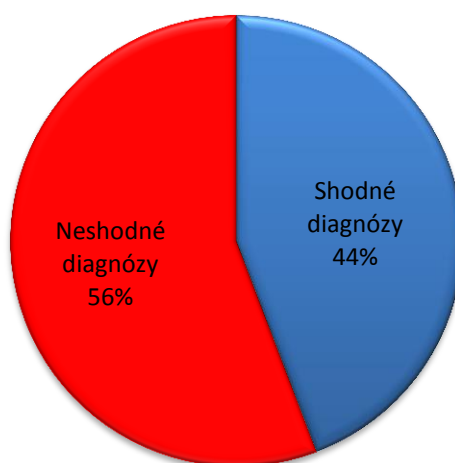
Pacienti naměřeni na posturografické plošině STP-03 byli zdiagnostikováni vyšetřujícím lékařem (Dršata). Data získaná z měření byla vyhodnocena aplikací VAnalyza, která navrhla na základě dat každému pacientovi diagnózu. Cílem experimentu bylo tuto navrženou diagnózu porovnat s diagnózou stanovenou vyšetřujícím lékařem. Výsledky porovnání jsou vyobrazeny na (Obr. 6.8 a Obr. 6.9) a rozpis hodnot je vidět v tabulkách 6.7 a 6.8.

Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – bez poruchy, periferní, centrální

Tabulka 6.7 zobrazuje rozložení výskytu jednotlivých diagnóz provedených vyšetření. Celkový počet vyšetření byl 52 a počet vyšetřených pacientů byl 42. První sloupec obsahuje seznam všech vyskytujících se diagnóz. Druhý sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem. Třetí sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených aplikací VAnalyza. Sloupce čtyři a pět ukazují kolikrát se aplikace VAnalyza shodovala se stanovenými výsledky a kolikrát se od stanovených výsledků lišila.

Tabulka 6.7 Porovnání diagnóz STP-03 (bez poruchy, periferní, centrální) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Dršata)	Vyšetření (VAnalyza)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy	4	17	4	13
Periferní	37	19	15	4
Centrální	11	16	4	12
Celkem	52	52	23	29



Obr. 6.8: Porovnání diagnóz STP-03 (Dršata) – bez poruchy, periferní, centrální

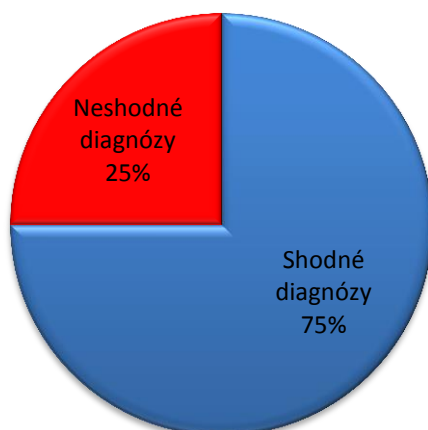
Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navržených aplikací VAnalyza vyplývá, že 44% z celkově hodnocených 52 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbýlých 56% vyšetření se v diagnóze lišila.

Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – bez poruchy, s poruchou

Tabulka 6.8 zobrazuje rozložení výskytu jednotlivých diagnóz provedených vyšetření. Celkový počet vyšetření byl 52 a počet vyšetřených pacientů byl 42. První sloupec obsahuje seznam všech vyskytujících se diagnóz. Druhý sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem. Třetí sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených aplikací VAnalyza. Sloupce čtyři a pět ukazují kolikrát se aplikace VAnalyza shodovala se stanovenými výsledky a kolikrát se od stanovených výsledků lišila.

Tabulka 6.8 Porovnání diagnóz STP-03 (bez poruchy, s poruchou) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Dršata)	Vyšetření (VAnalyza)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy rovnováhy	4	17	4	13
S poruchou rovnováhy	48	35	35	0
Celkem	52	52	39	13



Obr. 6.9: Porovnání diagnóz STP-03 (Dršata) – bez poruchy, s poruchou

Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navržených aplikací VAnalyza vyplývá, že 25% z celkově hodnocených 52 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbylých 75% vyšetření se v diagnóze lišila.

6.3.2 Porovnání diagnóz – Wii Balance Board(Wii Posturografie)

Pacienti naměřeni na Wii Balance Board byli zdiagnostikováni vyšetřujícím lékařem (Dršata). Data získaná z měření byla vyhodnocena aplikací VAnalyza, která navrhla na základě dat každému pacientovi diagnózu. Cílem experimentu bylo tuto navrženou diagnózu porovnat s diagnózou stanovenou vyšetřujícím lékařem. Výsledky porovnání jsou vyobrazeny na (Obr. 6.10 a Obr. 6.11) a rozpis hodnot je vidět v tabulkách 6.9 a 6.10.

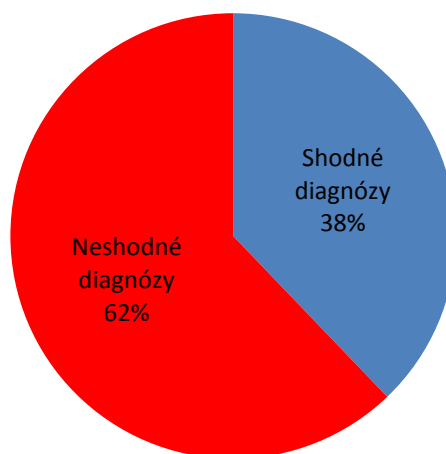
Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – bez poruchy, periferní, centrální

Tabulka 6.9 zobrazuje rozložení výskytu jednotlivých diagnóz provedených vyšetření. Celkový počet vyšetření byl 37 a počet vyšetřených pacientů byl 33. První sloupec obsahuje seznam všech vyskytujících se diagnóz. Druhý sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených

vyšetřujícím lékařem. Třetí sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených aplikací VAnalyze. Sloupce čtyři a pět ukazují kolikrát se aplikace VAnalyze shodovala se stanovenými výsledky a kolikrát se od stanovených výsledků lišila.

Tabulka 6.9 Porovnání diagnóz Wii (bez poruchy, periferní, centrální) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Dršata)	Vyšetření (VAnalyze)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy	20	7	3	4
Periferní	15	26	9	17
Centrální	2	4	2	2
Celkem	37	37	14	23



Obr. 6.10: Porovnání diagnóz Wii (Dršata) – bez poruchy, periferní, centrální

Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navržených aplikací VAnalyze vyplývá, že 38% z celkově hodnocených 33 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbýlých 62% vyšetření se v diagnóze lišila.

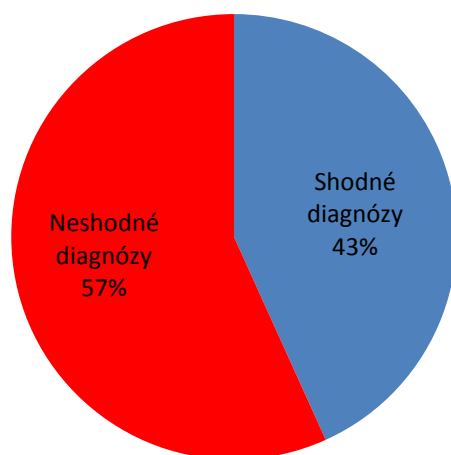
Porovnání diagnózy lékaře s diagnózou expertního systému – bez poruchy, s poruchou

Tabulka 6.10 zobrazuje rozložení výskytu jednotlivých diagnóz provedených vyšetření. Celkový počet vyšetření byl 37 a počet vyšetřených pacientů byl 33. První sloupec obsahuje seznam všech vyskytujících se diagnóz. Druhý sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených

vyšetřujícím lékařem. Třetí sloupec obsahuje rozložení počtu vyšetření jednotlivých diagnóz stanovených aplikací VAnalyza. Sloupce čtyři a pět ukazují kolikrát se aplikace VAnalyza shodovala se stanovenými výsledky a kolikrát se od stanovených výsledků lišila.

Tabulka 6.10 Porovnání diagnóz Wii (bez poruchy, s poruchou) – rozložení výskytu jednotlivých diagnóz

Porovnávané diagnózy	Vyšetření (Dršata)	Vyšetření (VAnalyza)	Shodné diagnózy	Neshodné diagnózy
Bez poruchy rovnováhy	20	7	3	4
S poruchou rovnováhy	17	30	13	17
Celkem	37	37	16	21



Obr. 6.11: Porovnání diagnóz Wii (Dršata) – bez poruchy, s poruchou

Z porovnání diagnóz stanovených vyšetřujícím lékařem a diagnóz navržených aplikací VAnalyza vyplývá, že 43% z celkově hodnocených 33 vyšetření se diagnózou shodovalo. Zbýlých 57% vyšetření se v diagnóze lišila.

6.4 Závěrečné zhodnocení

Kapitoly 6.2 a 6.3 se zabývaly vyhodnocením úspěšnosti navržené metody (viz kapitola 4) na základě porovnání konečné diagnózy stanovené vyšetřujícím lékařem s diagnózou, ke které dospěl softwarový nástroj VAnalyza, implementující danou metodu.

Jak vyplývá s výsledků, úspěšnost systému není velká.

Hlavní příčinou jistého neúspěchu byl zřejmě rozsah vstupních dat, se kterými metoda v tomto experimentu pracovala. Na rozdíl od lékaře, který má

řadu dalších vstupních údajů v podobě anamnézy, audiologických vyšetření, metoda pracovala pouze s výsledky základního posturografického měření (otevřené/zavřené oči). Toto omezení je nutné brát na zřetel a metodu stále chápat jako dílčí vstup do celého komplexu hodnotících kritérií. Současně je důležité uvažovat reálný postup diagnostiky (obzvláště vestibulologie), kdy většinou jedno vyšetření nepřináší jednoznačnou odpověď, a tedy hodnocení prezentované v 6.2 a 6.3 bylo spíše laboratorním experimentem. Výstup metody nebude nejpravděpodobnější diagnóza, jak právě ukazovala předchozí porovnání, ale procentuální příslušnost ke skupině potenciálních diagnóz.

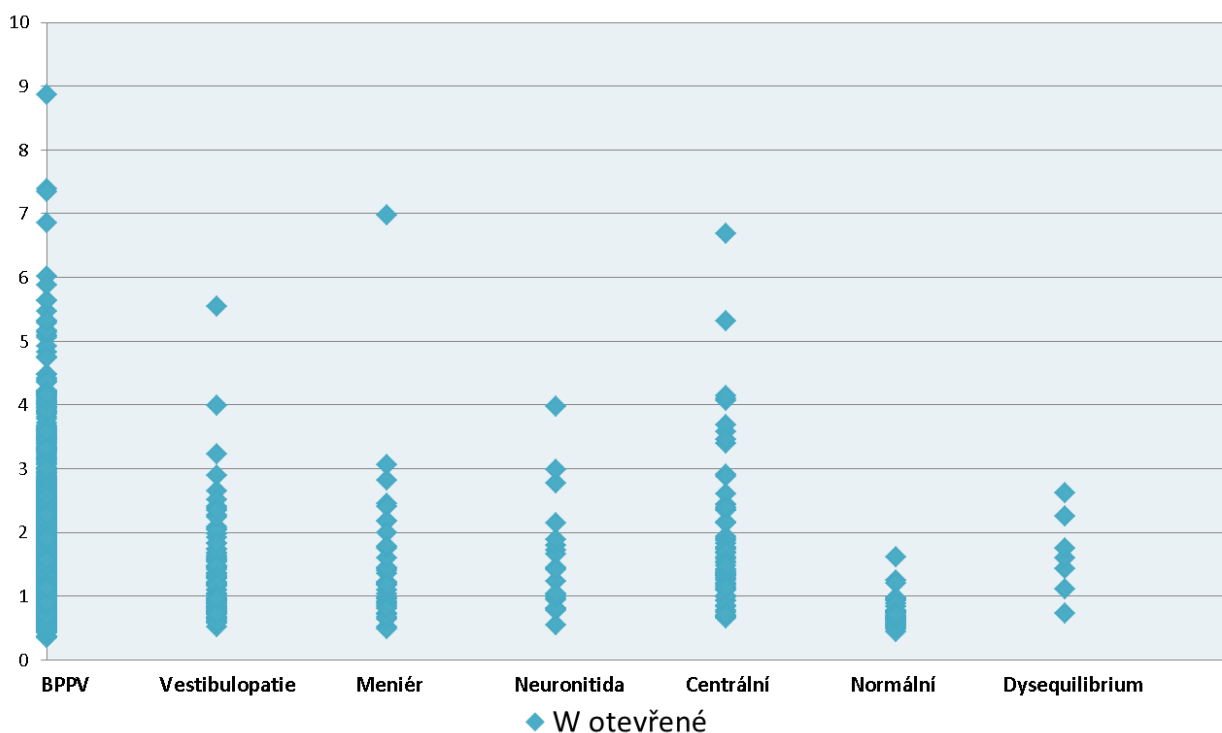
Dalším rozbořením výsledků vyhodnocení naměřených dat navrženou metodu se bude zabývat také následující kapitola. V jednotlivých obrázcích a tabulkách bude ukázáno, jak malé rozdíly naměřených hodnot jsou mezi jednotlivými diagnózami a jak tenká je tedy hranice pro jednoznačné závěry.

7. ROZBOR PARAMETRŮ Z PRAKTICKÝCH EXPERIMENTŮ

Na základě neuspokojivých výsledků vyhodnocení praktických experimentů (viz předchozí kapitola) byl proveden podrobnější rozbor dat vstupující do algoritmu stanovujících parametry hodnotících kritérií. Rozbor byl proveden na datech naměřených na posturografické plošině ST-02. Cílem této kapitoly bude podrobněji vysvětlit a analyzovat výsledky vyhodnocení navrženým algoritmem (implementováno v aplikaci VAnalyza).

7.1 Rozmezí naměřených dat jednotlivých diagnóz pro hodnocené parametry

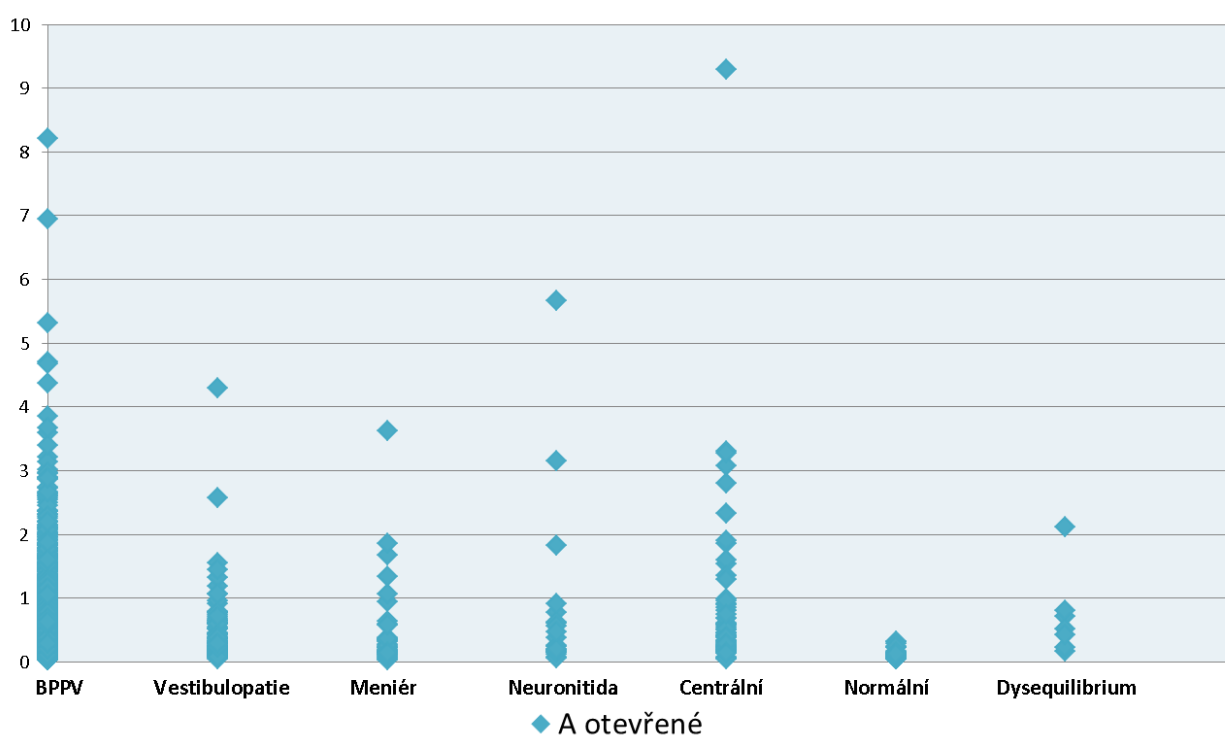
Jak je vidět v grafech 7.1 až 7.12, tak pro každý hodnotící parametr u každé diagnózy byla do grafů vykreslena naměřená data, která znázorňují, v jakém rozmezí se u daného parametru v jednotlivých diagnózách hodnoty pohybovaly. Tabulky 7.1 až 7.12 pak obsahují minimální a maximální hodnoty rozmezí a medián pro každý měřený parametr. Tyto hodnoty se shodují s hodnotami, které ukazuje aplikace VAnalyza viz kapitola 7.2 (Obr. 7.13).



Obr. 7.1: Rozmezí naměřených dat u parametru W otevřené

Tabulka 7.1 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr W otevřené

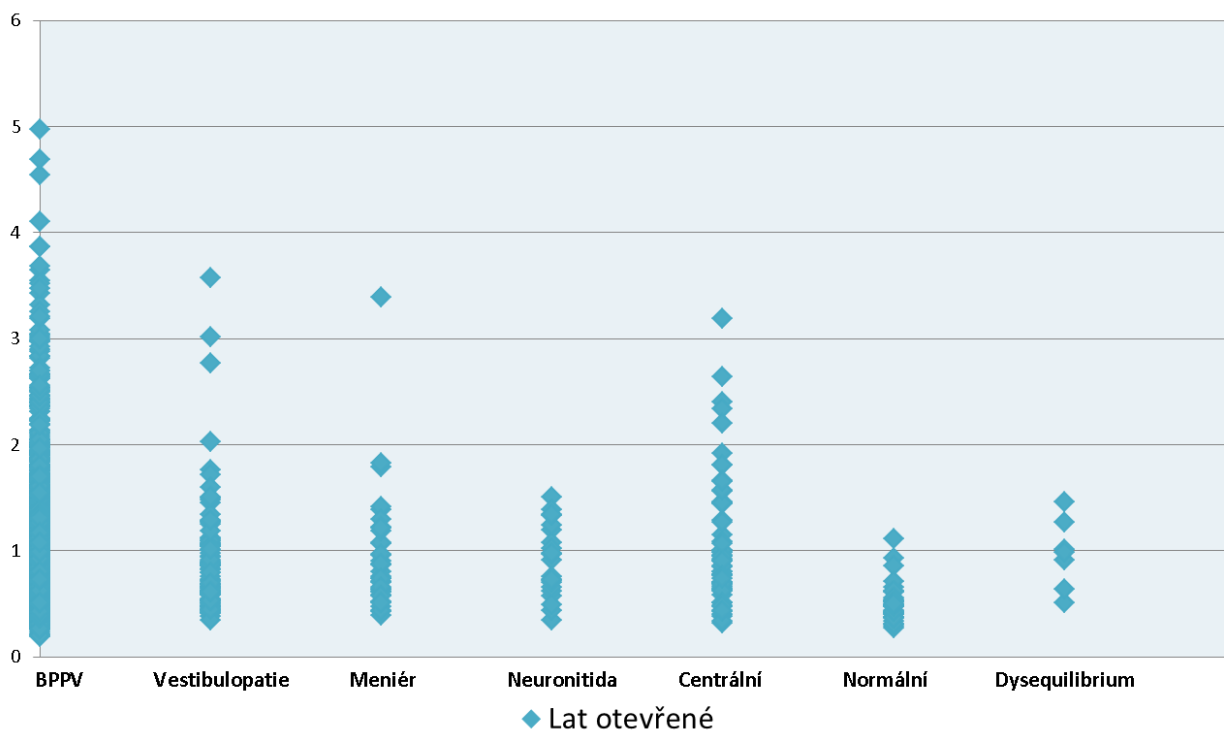
W otevřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,34	1,23	8,87
Vestibulopatie	0,52	1,09	5,55
Menier	0,49	1,18	6,97
Neuritida	0,54	1,42	3,97
Centralni	0,65	1,48	6,69
Normalni	0,44	0,695	0,44
Dysequilibrium	0,73	1,59	2,62



Obr. 7.2: Rozmezí naměřených dat u parametru A otevřené

Tabulka 7.2 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr A otevřené

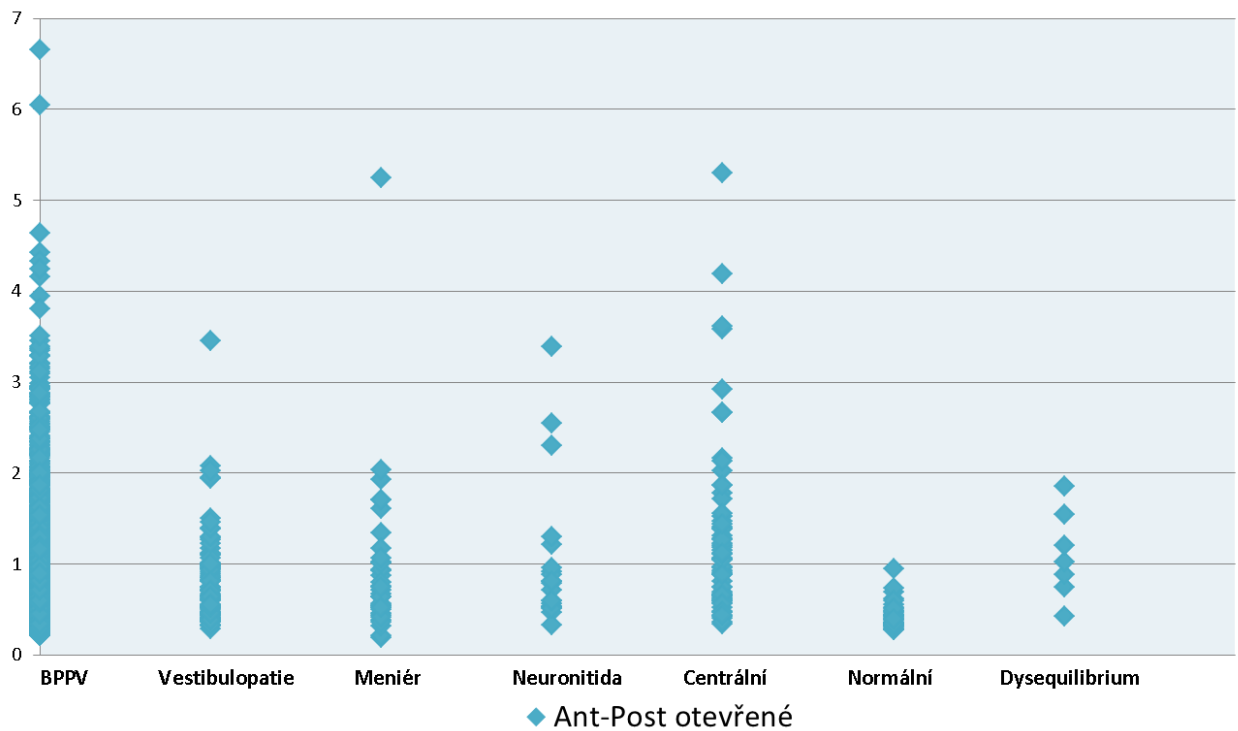
A otevřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,02	0,29	8,21
Vestibulopatie	0,04	0,205	4,3
Menier	0,03	0,23	3,63
Neuritida	0,06	0,25	5,67
Centralni	0,05	0,4	9,3
Normalni	0,04	0,09	0,04
Dysequilibrium	0,17	0,51	2,12



Obr. 7.3: Rozmezí naměřených dat u parametru Lat otevřené

Tabulka 7.3 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr Lat otevřené

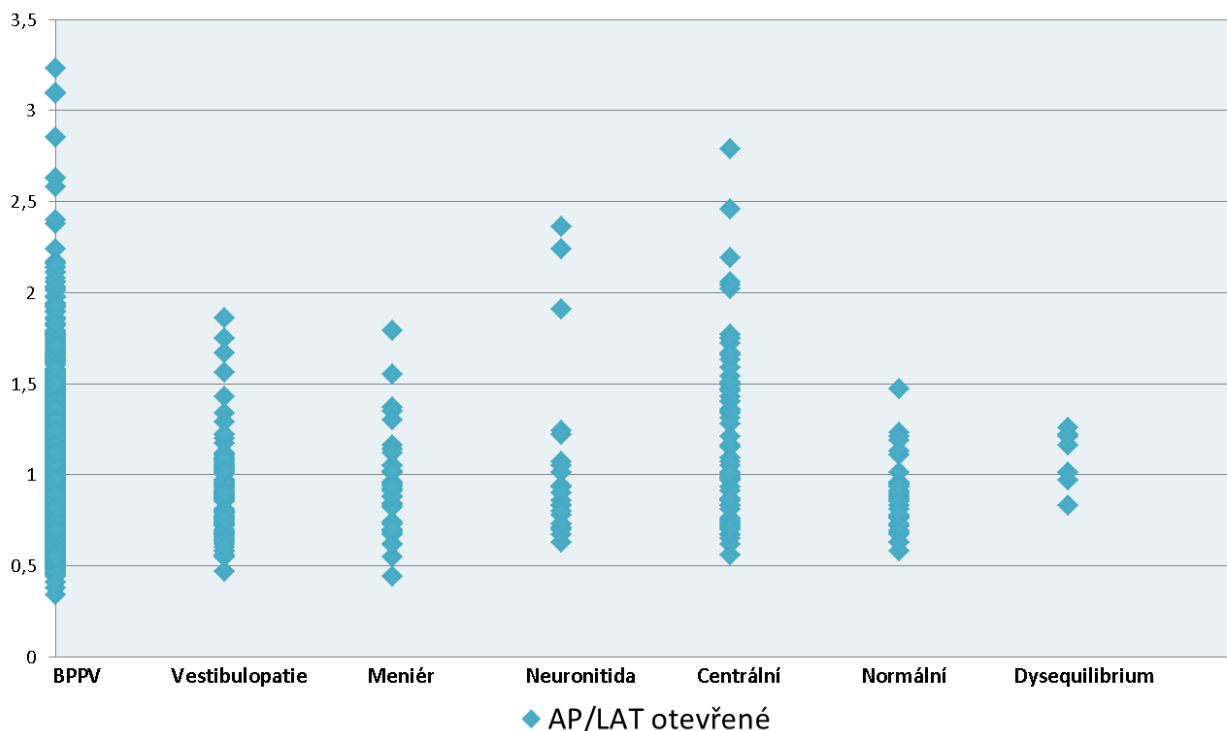
Lat otevřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,19	0,81	4,97
Vestibulopatie	0,35	0,685	3,57
Menier	0,39	0,75	3,39
Neuritida	0,35	0,91	1,51
Centralni	0,32	0,9	3,19
Normalni	0,27	0,475	0,27
Dysequilibrium	0,51	0,99	1,46



Obr. 7.4: Rozmezí naměřených dat u parametru Ant-Post otevřené

Tabulka 7.4 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr Ant-post otevřené

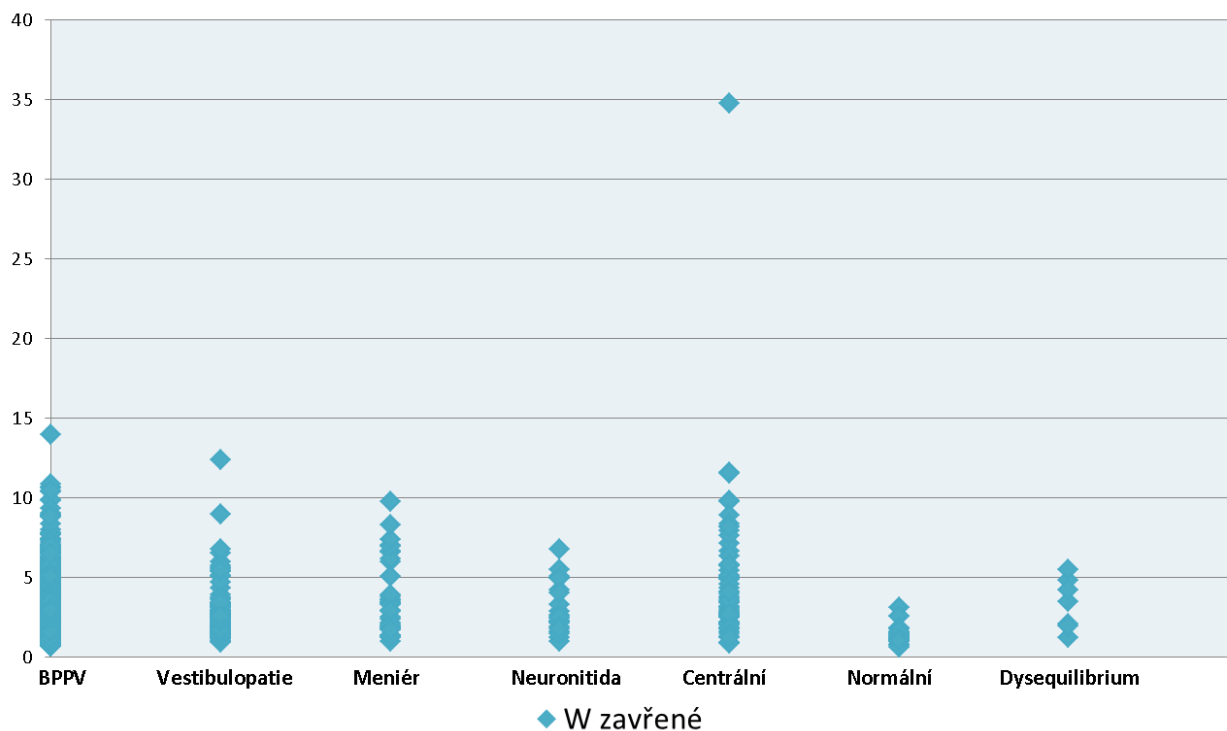
Ant-post otevřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,21	0,73	6,66
Vestibulopatie	0,29	0,635	5,25
Menier	0,19	0,69	5,25
Neuritida	0,33	0,79	3,39
Centralni	0,34	1,05	5,3
Normalni	0,27	0,39	0,27
Dysequilibrium	0,42	1,02	1,85



Obr. 7.5: Rozmezí naměřených dat u parametru AP/LAT otevřené

Tabulka 7.5 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr AP/LAT otevřené

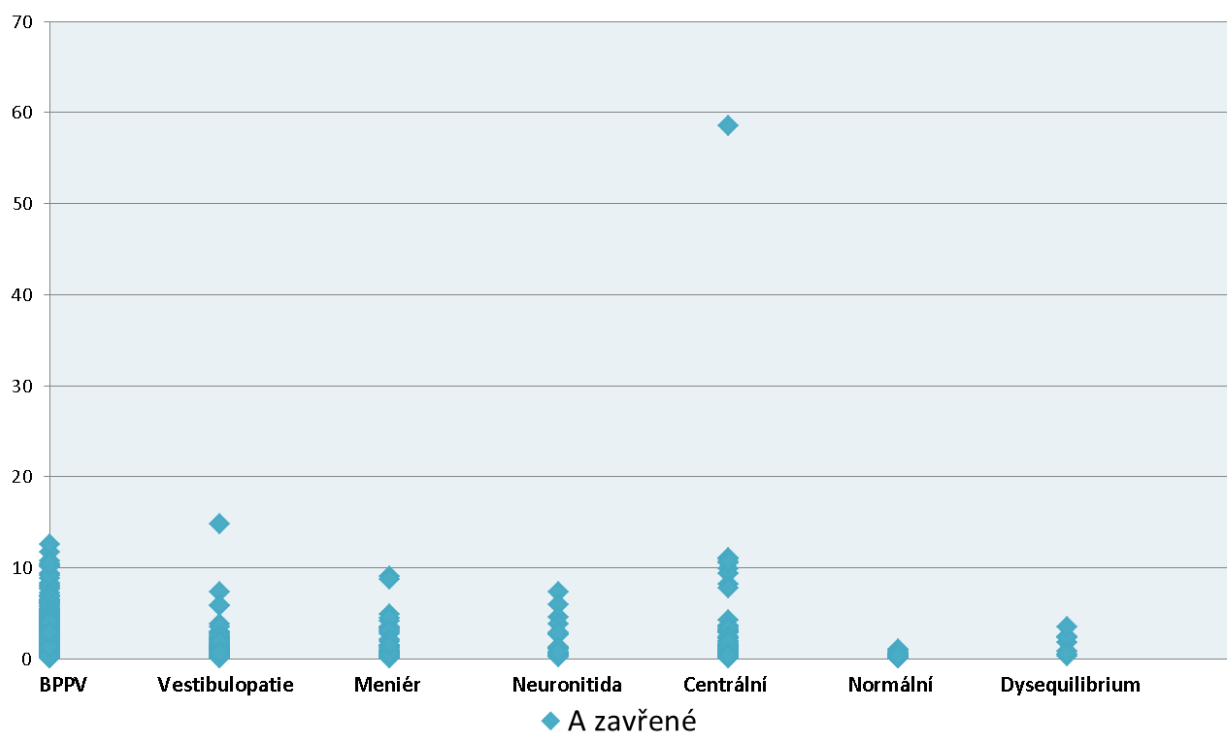
AP/LAT otevřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,34	0,91	3,23
Vestibulopatie	0,47	0,885	2,36
Menier	0,44	0,91	1,79
Neuritida	0,63	0,9	2,36
Centralni	0,56	1,15	2,79
Normalni	0,58	0,865	0,58
Dysequilibrium	0,83	1,16	1,26



Obr. 7.6: Rozmezí naměřených dat u parametru W zavřené

Tabulka 7.6 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr W zavřené

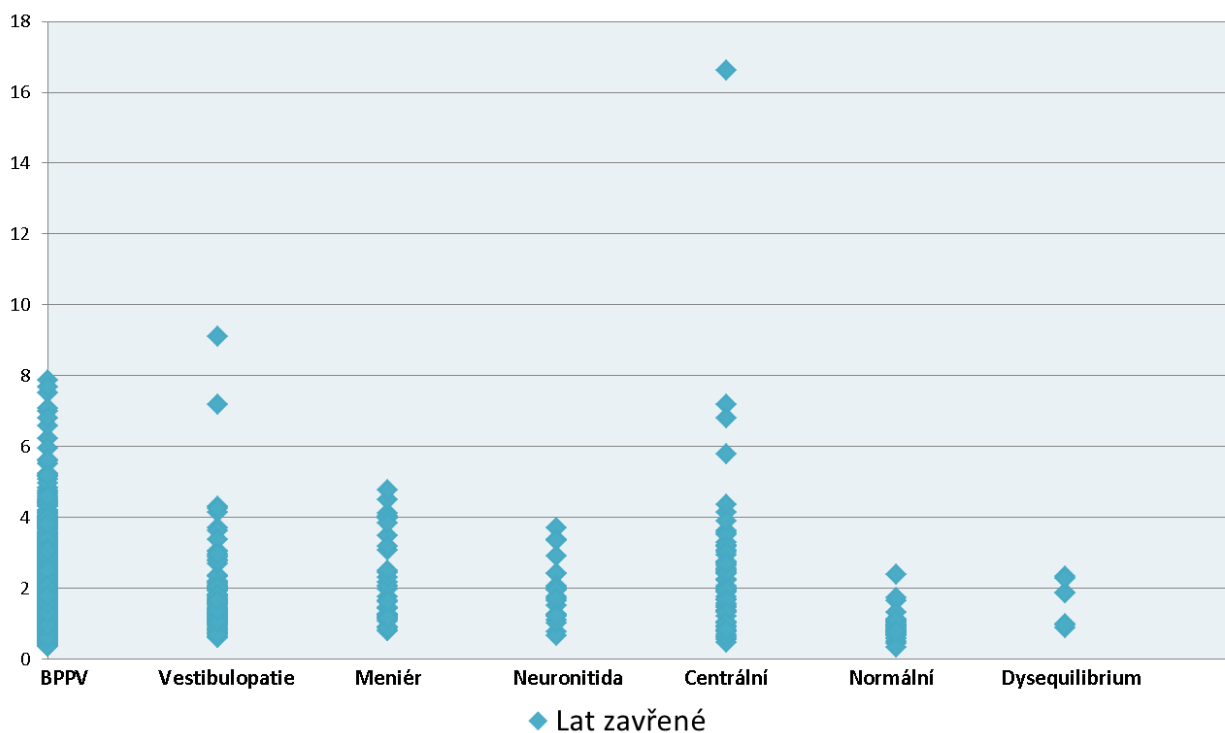
W zavřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,65	2,45	13,97
Vestibulopatie	0,89	2,385	12,36
Meniér	0,98	3,095	9,77
Neuritida	0,96	2,41	6,74
Centralni	0,87	3,51	34,75
Normalni	0,58	1,21	0,58
Dysequilibrium	1,2	3,44	5,46



Obr. 7.7: Rozmezí naměřených dat u parametru A zavřené

Tabulka 7.7 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr A zavřené

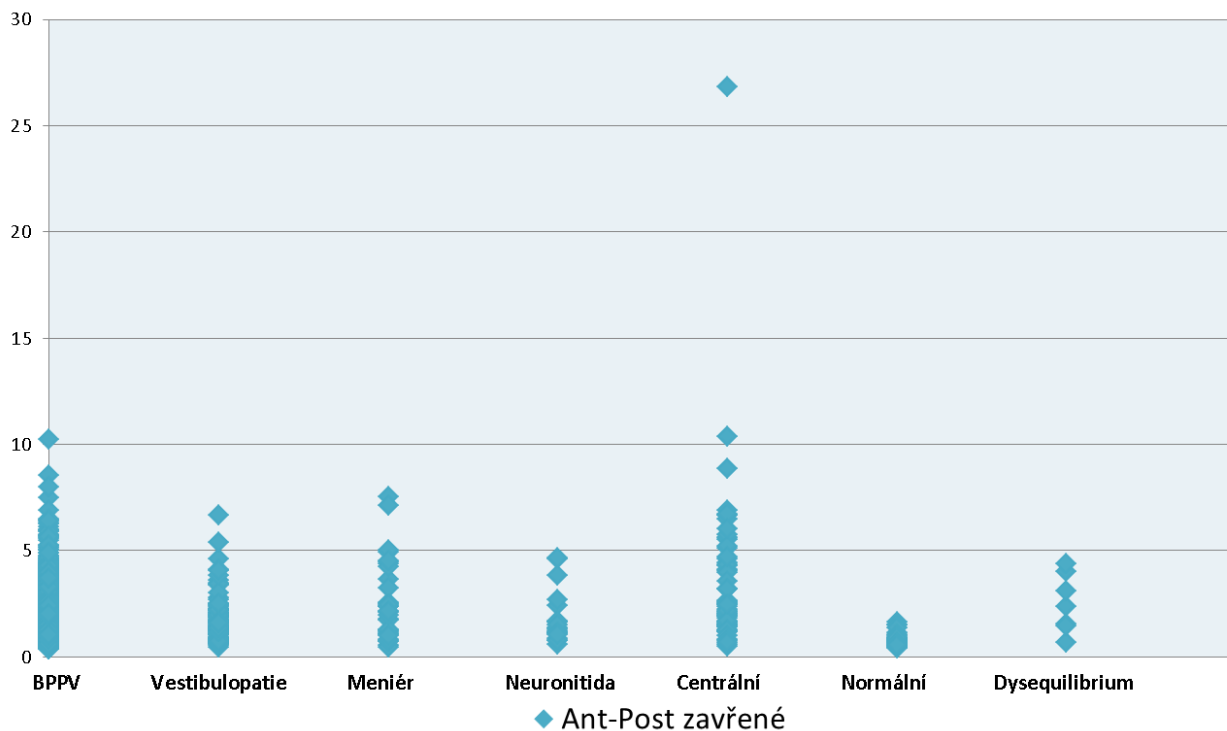
A zavřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,05	0,83	12,61
Vestibulopatie	0,09	0,785	14,81
Menier	0,11	1	9,08
Neuritida	0,15	1,1	7,35
Centralni	0,11	1,25	58,51
Normalni	0,08	0,24	0,08
Dysequilibrium	0,25	1,84	3,51



Obr. 7.8: Rozmezí naměřených dat u parametru Lat zavřené

Tabulka 7.8 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr Lat zavřené

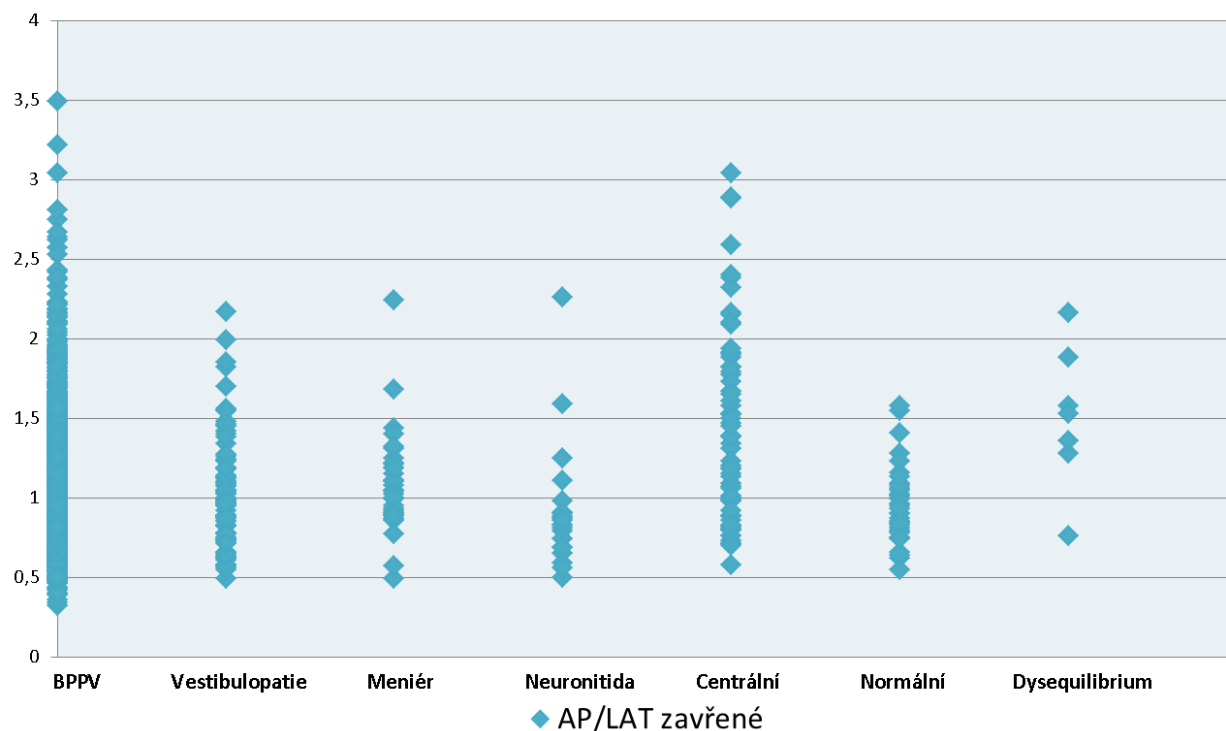
Lat zavřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,35	1,53	7,86
Vestibulopatie	0,59	1,415	9,1
Menier	0,78	1,69	4,78
Neuritida	0,64	1,74	3,71
Centralni	0,46	2	16,61
Normalni	0,33	0,795	0,33
Dysequilibrium	0,87	1,85	2,32



Obr. 7.9: Rozmezí naměřených dat u parametru Ant-Post zavřené

Tabulka 7.9 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr Ant-post zavřené

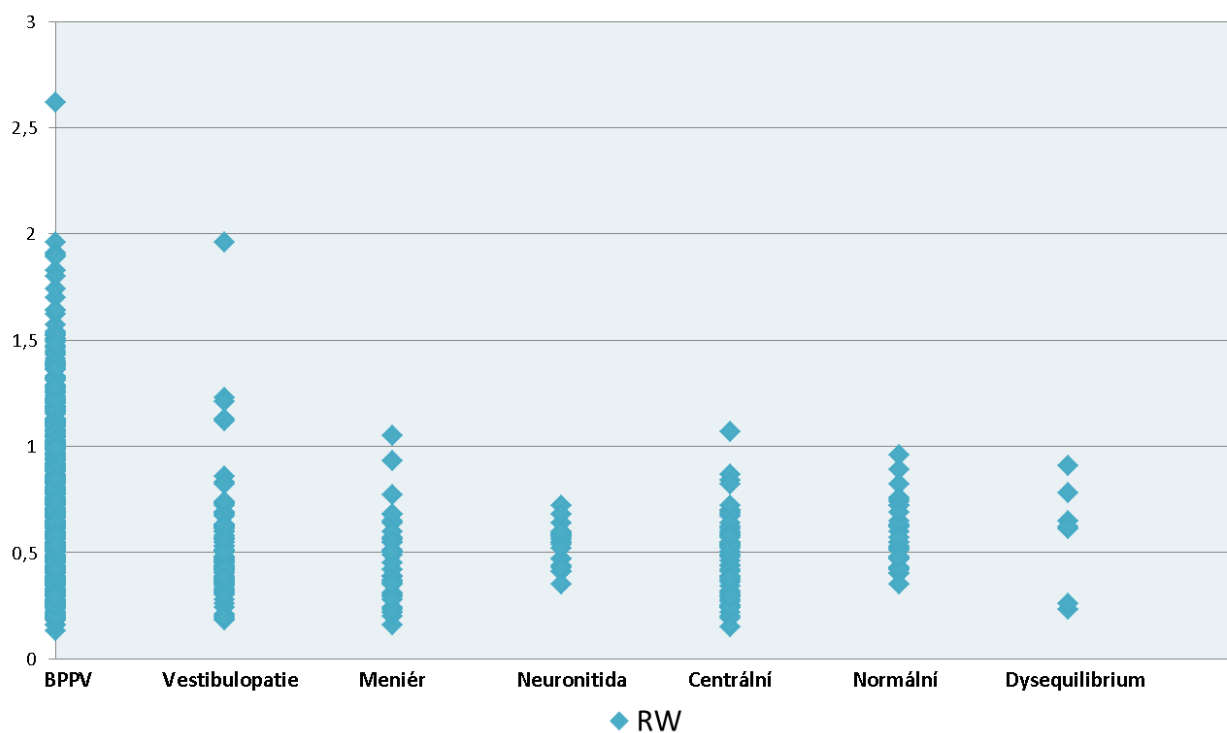
Ant-post zavřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,34	1,53	10,21
Vestibulopatie	0,43	1,435	6,68
Menier	0,44	2,105	7,54
Neuritida	0,58	1,31	4,64
Centralni	0,48	2,38	26,81
Normalni	0,4	0,77	0,4
Dysequilibrium	0,66	2,38	4,37



Obr. 7.10: Rozmezí naměřených dat u parametru AP/LAT zavřené

Tabulka 7.10 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr AP/LAT zavřené

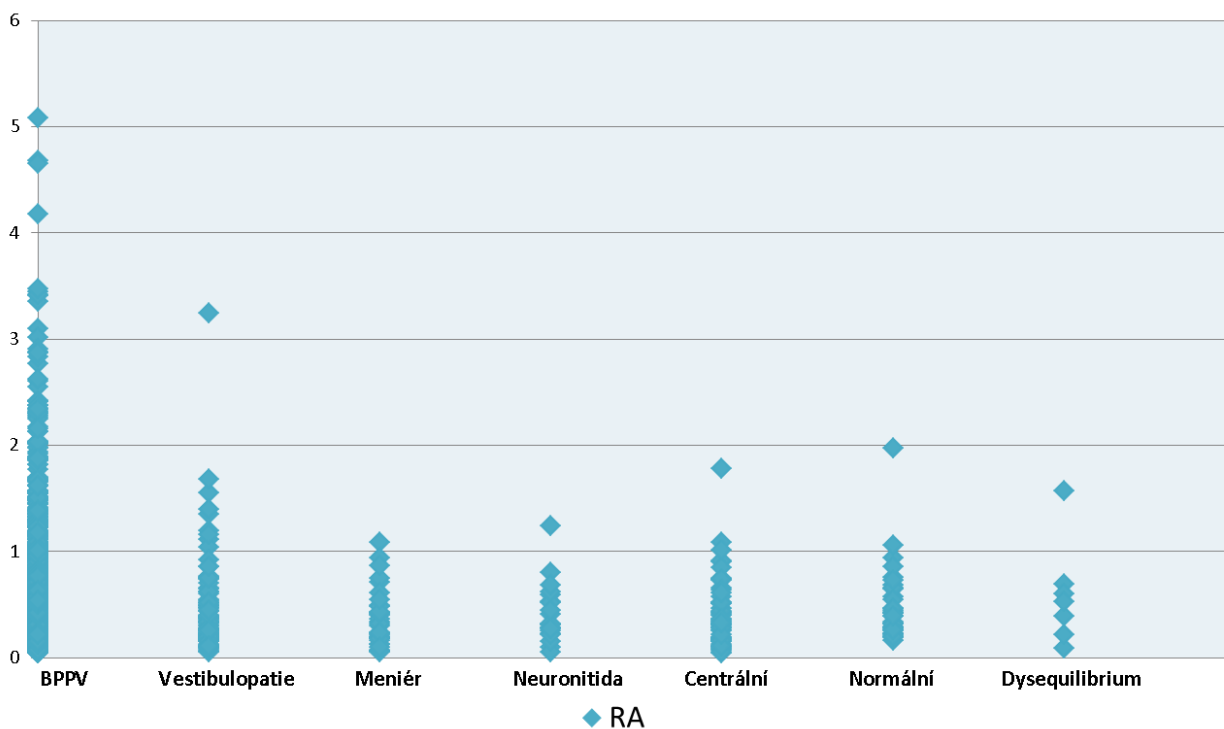
AP/LAT zavřené			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,32	1	3,49
Vestibulopatie	0,49	0,965	2,17
Menier	0,49	1,04	2,24
Neuritida	0,5	0,83	2,26
Centralni	0,58	1,31	3,04
Normalni	0,55	0,915	0,55
Dysequilibrium	0,76	1,53	2,16



Obr. 7.11: Rozmezí naměřených dat u parametru RW zavřené

Tabulka 7.11 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr RW

RW			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,13	0,52	2,62
Vestibulopatie	0,18	0,48	1,96
Menier	0,16	0,435	1,05
Neuritida	0,35	0,55	0,72
Centralni	0,15	0,49	1,07
Normalni	0,35	0,55	0,35
Dysequilibrium	0,23	0,62	0,91



Obr. 7.12: Rozmezí naměřených dat u parametru RA zavřené

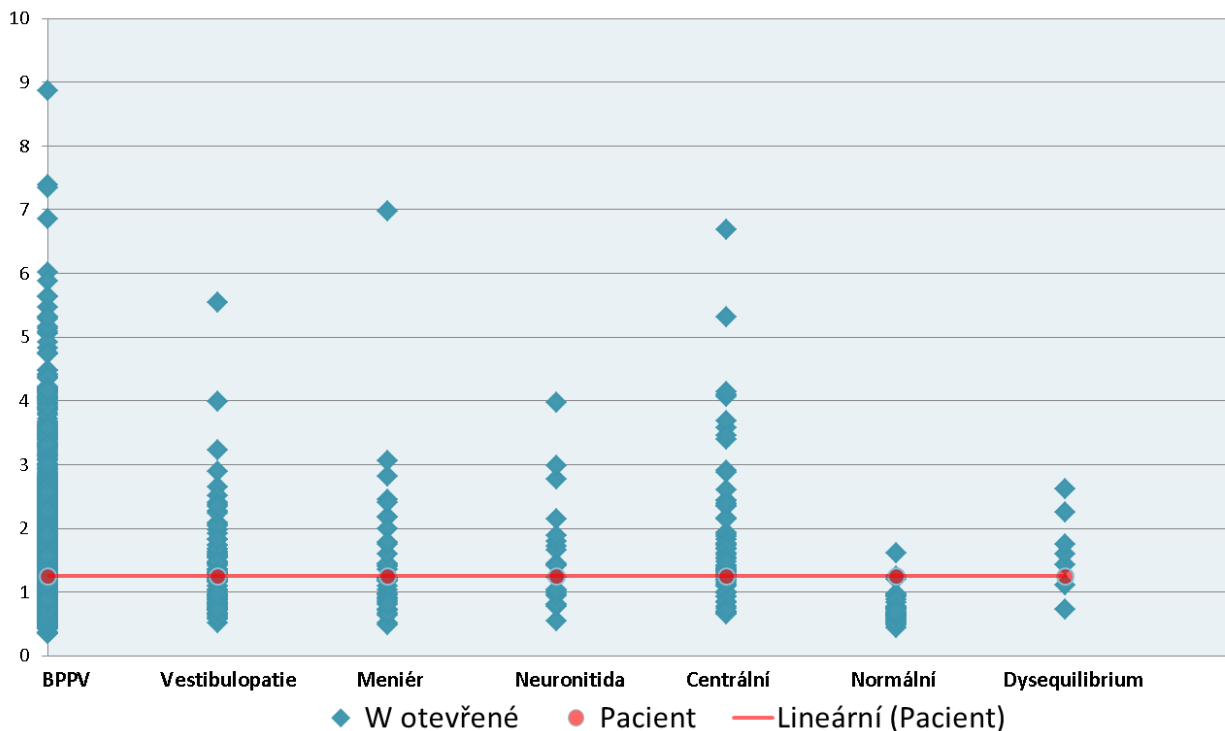
Tabulka 7.12 Rozmezí naměřených dat u diagnóz pro parametr RA

RA			
Diagnóza	Min	Medián	Max
BPPV	0,04	0,37	5,08
Vestibulopatie	0,05	0,305	3,24
Meniér	0,05	0,27	1,09
Neuritida	0,05	0,32	1,24
Centralni	0,04	0,32	1,78
Normalni	0,16	0,39	0,16
Dysequilibrium	0,09	0,53	1,57

7.1.1 Závěrečné zhodnocení

Z tabulek je patrné, že rozmezí, ve kterém se naměřené hodnoty sledovaných parametrů pohybují, jsou pro jednotlivé diagnózy velmi podobné. To znamená, že velké množství hodnot naměřených pacientů prochází všemi diagnózami. Například vezmeme-li pacienta, u kterého byl z naměřených dat vypočten parametr $W_{\text{otevřené}} = 1.37$, tak na obrázku 7.13 je vidět, že daná hodnota se může vyskytovat v libovolné z diagnóz. VAnalyza tuto situaci řeší na základě hustoty výskytu naměřených hodnot, viz kapitola 4.1.2. Procentuální příslušnost k jednotlivým diagnózám určeným VAnalyzou pro hodnotu parametru $W_{\text{otevřené}} = 1.37$ je patrný na obrázku 7.15, kdy pro všechny diagnózy byla

pravděpodobnost určena na 100% s výjimkou diagnózy Normální (bez poruchy rovnováhy).



Obr. 7.13: Příklad výskytu naměřené hodnoty v jednotlivých diagnózách

7.2 Rozbor vyhodnocení aplikací VAnalyza

Jak již bylo popsáno v kapitole 5.3, aplikace VAnalyza vyhodnocuje naměřené pacienty na základě dat získaných z předchozích měření, která byla ověřena a použita do souboru učení.

Naměřené hodnoty pacienta:

Tabulka 7.13 Naměřené hodnoty na plošině Wii

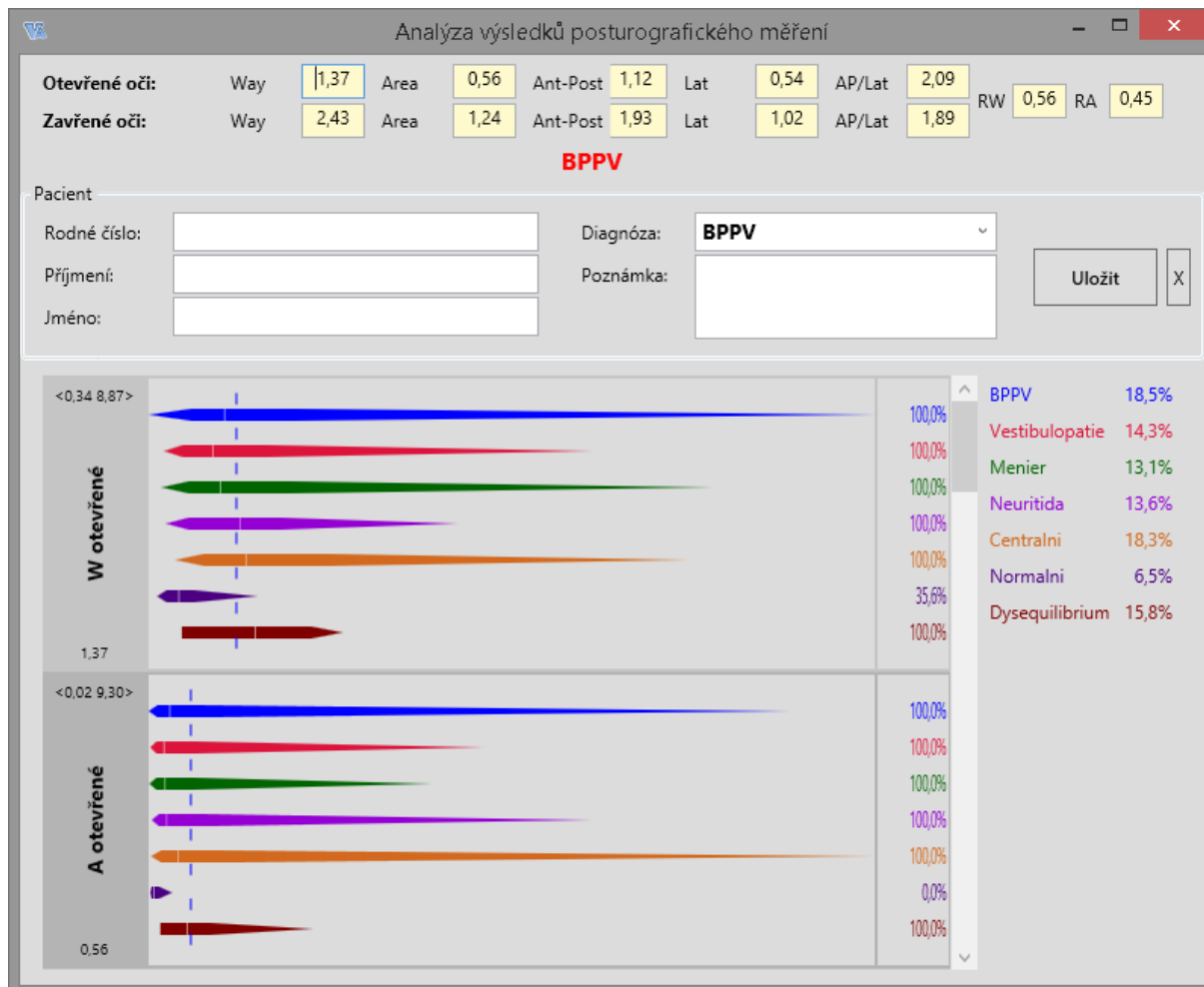
	Way	Area	Ant-Post	Lat	AP/Lat	RW	RA
Otevřené oči	1,37	0,56	1,12	0,54	2,09	0,56	0,45
Zavřené oči	2,43	1,24	1,93	1,02	1,89		

Diagnóza stanovená vyšetřujícím lékařem: Centrální

Navržená diagnóza aplikací VAnalyza: BPPV

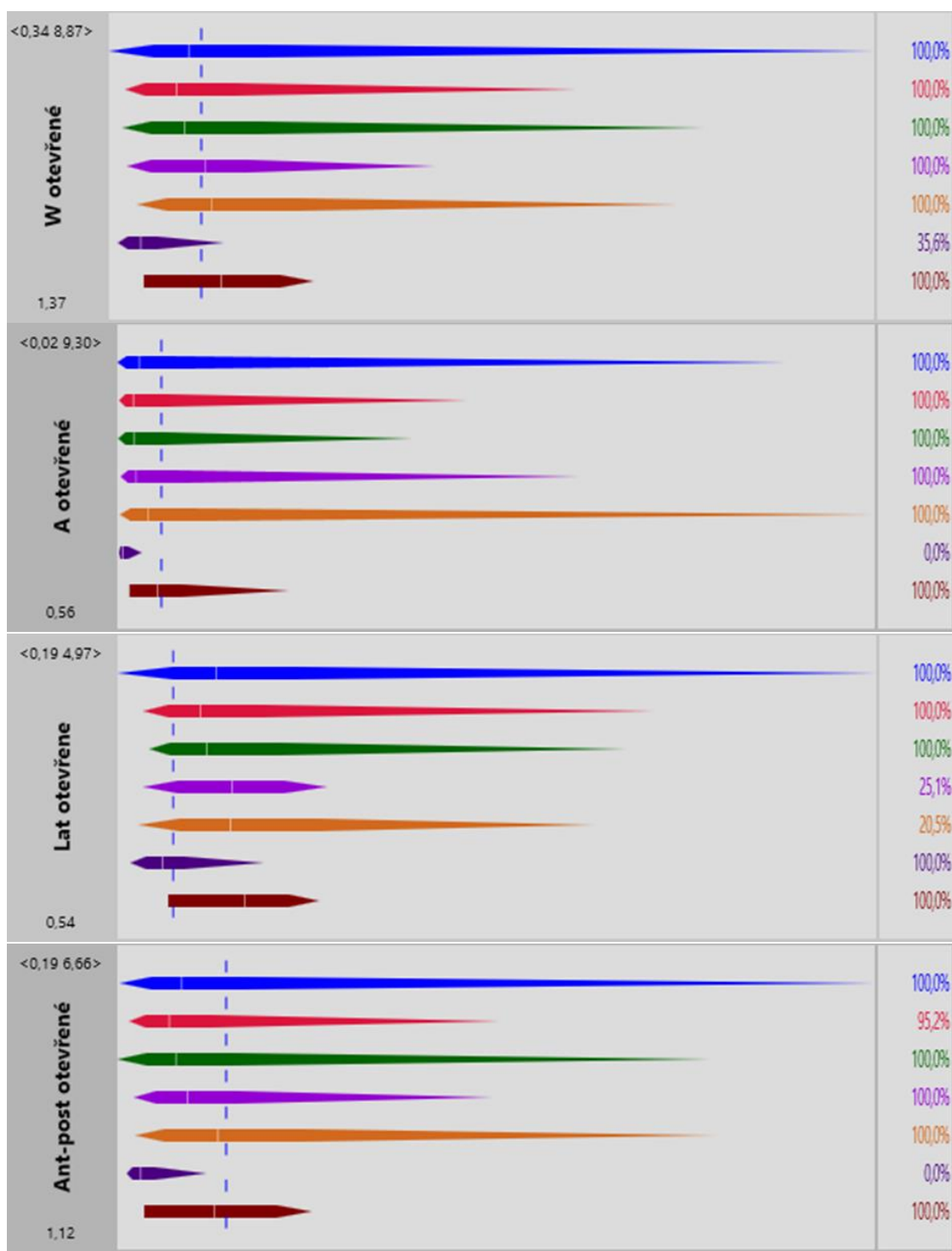
Na obrázku 7.14 je vidět vyhodnocení naměřených dat aplikací VAnalyza, který využívá navržený algoritmus popsáný v kapitole 4. Zatímco aplikace VAnalyza navrhla z možných diagnóz vycházející ze souboru učení

nejpravděpodobnější diagnózu „BPPV“, vyšetřující lékař stanovil diagnózu „Centrální“. Důvodem proč se diagnózy liší, je dáno výskytem a rozmezím měřených hodnot u každé diagnózy všech hodnotících parametrů, kterým se věnuje kapitola 7.1.

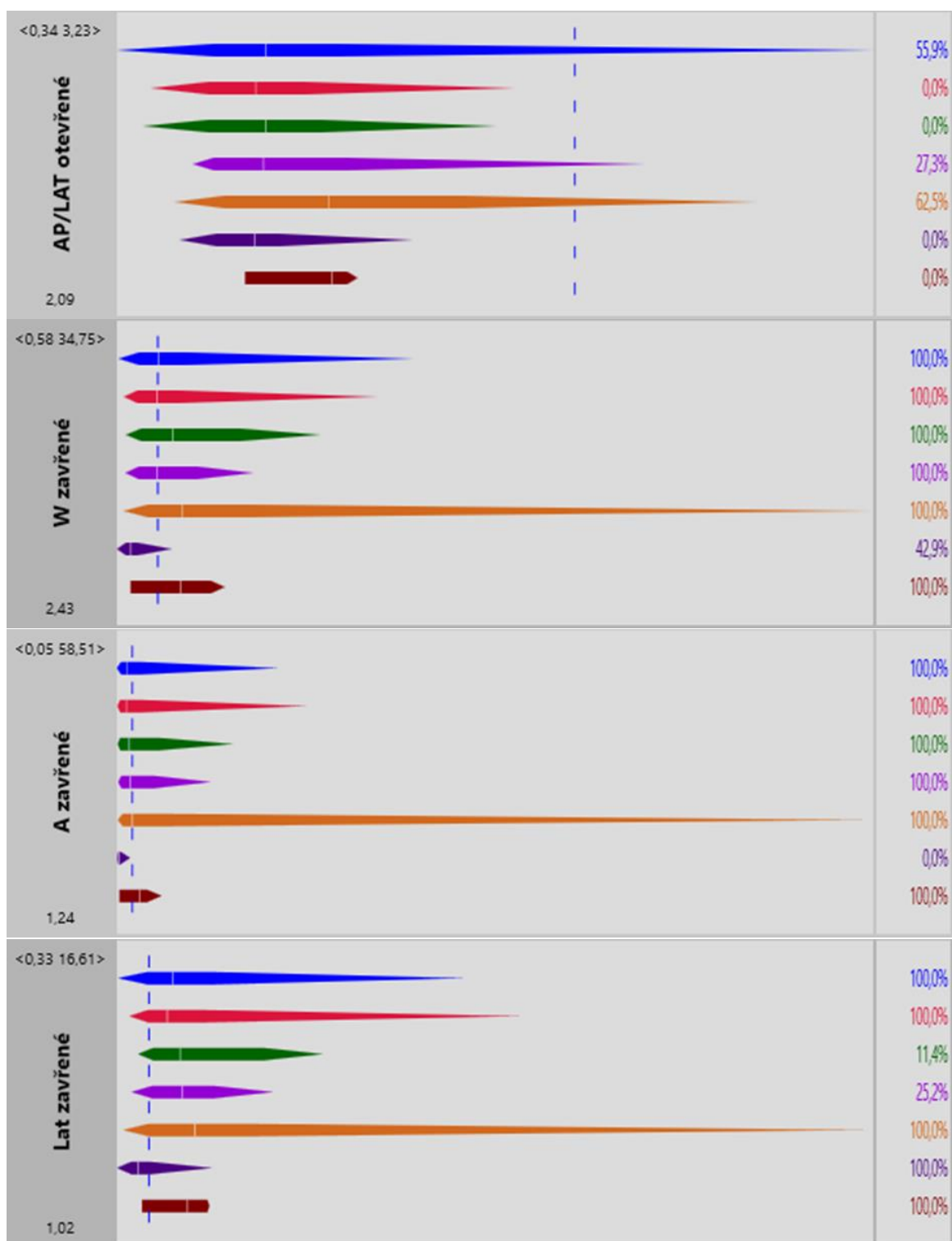


Obr. 7.14: Vyhodnocení naměřeného pacienta aplikací VAnalyza

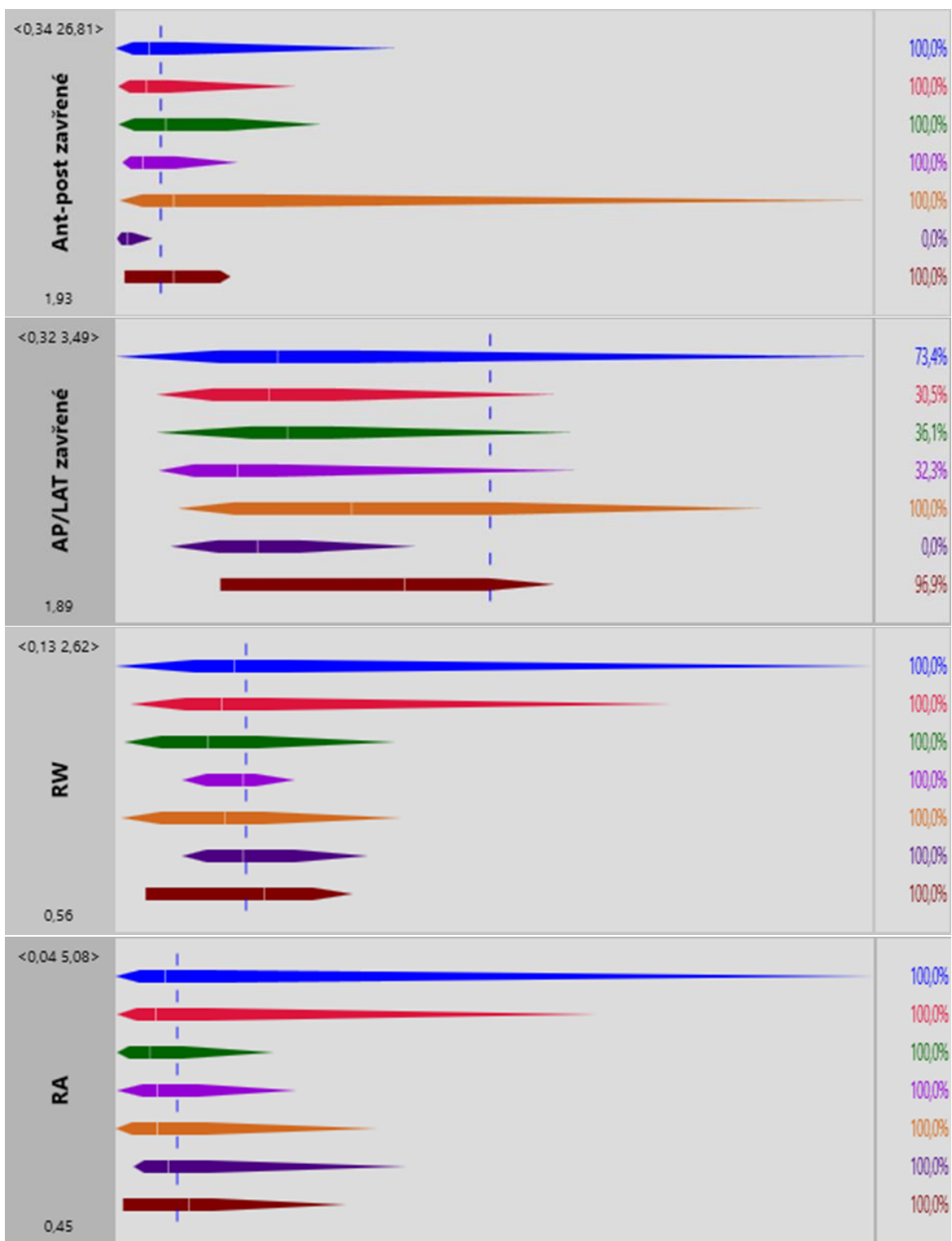
Pro každou diagnózu každého parametru VAnalyza vyobrazuje linii, která je dána minimální a maximální naměřenou hodnotou a mediánem. Na obrázku 7.14 je vidět, že linie se rozšiřují a zužují to je způsobeno výpočtem hranic pomocí zlatého řezu, který určuje, jak moc daná hodnota parametru patří do dané diagnózy, vyjádřeno procentuálně. Modrá čerchovaná čára označuje naměřenou hodnotu pro daný parametr. Každá naměřená hodnota parametru je vyhodnocena pro danou diagnózu samostatně. Takto vyhodnocené hodnoty jsou pak vyhodnoceny celkově pro jednotlivé diagnózy, jak je vidět na obrázku 7.15.



Obr. 7.15a: VAnalyza - mezní linie hodnotících parametrů u jednotlivých diagnóz



Obr. 7. 15b: VAnalyza - mezní linie hodnotících parametrů u jednotlivých diagnóz



Obr. 7. 15c: VAnalyza - mezní linie hodnoticích parametrů u jednotlivých diagnóz

BPPV	18,5%
Vestibulopatie	14,3%
Menier	13,1%
Neuritida	13,6%
Centralni	18,3%
Normalni	6,5%
Dysequilibrium	15,8%

Obr. 7. 16: VAnalyza – celkové vyhodnocení jednotlivých diagnóz

7.2.1 Závěrečné zhodnocení

Závěrem je nutné upozornit, že ačkoliv aplikace VAnalyza zvýrazní návrh jedné možné diagnózy, VAnalyza ve skutečnosti pracuje, tak že každé diagnóze vypočítá procentuální pravděpodobnost, což se v součtu rovná 100%. Jak je vidět v obrázku 7.16 naměřený pacient je s pravděpodobností 18,5% diagnostikován jako „BPPV“ a z 18,3% diagnostikován jako „Centrální“. Z toho je patrné, že se od diagnózy stanovené vyšetřujícím lékařem výrazně neliší. Následující diagnózy až na diagnózu „Normální“ (pacient bez poruchy rovnováhy) se procentuálně výrazně neliší.

Navrženou metodu je možné využívat jako vodítko pro stanovení diagnózy avšak pro lepší a přesnější určení by bylo dobré metodu doplnit o další vstupy například anamnézu, audiologická vyšetření popřípadě další posturografické vyšetření atd.

ZÁVĚR

Disertační práce je příspěvkem pro vytvoření komplexního systému vyšetření rovnováhy člověka. Systém je cílen na podporu ambulantním ORL lékařům a ambulantním otoneurologům při diagnostice pacientů s vestibulárními problémy. Za klíčové části práce lze označit:

- přípravu podpůrného nástroje diagnostiky (expertního systému), vycházejícího z anamnézy a dat posturografických měření,
- vytvoření softwarového nástroje pro posturografická měření využívající herní plošinu Wii Balance Board
- testování a verifikování obou nástrojů v reálných podmínkách specializovaných pracovišť FNHK a AudioFon Brno.

Podpůrný nástroj diagnostiky vznikl za přispění obou výše zmiňovaných pracovišť, která vedle odborných konzultací také poskytla historická data ze svých měření včetně diagnóz stanovených jejich odbornými lékaři, a také se podíleli na testování systému měření s Wii Balance Board.

Pro běžnou praxi ambulantních ORL nejsou na trhu cenově dostupná zařízení ke kvantifikaci a objektivizaci výsledků klasických testů vyšetřování rovnováhy. Pro řešení tohoto nedostatku bylo třeba lékařům nabídnout levné řešení s vysokou mírou spolehlivosti, které nejen umožní objektivizovat dané testy, ale bude nápomocno při diagnostice. Takovýmto řešením by mohl být právě v této práci prezentovaný expertní systém v kombinaci s levným herním zařízením Wii Balance Board.

Wii plošina včetně připravené softwarové aplikace Wii Posturografie byla testována na dvou pracovištích a to v již zmiňované Fakultní nemocnici Hradec Králové pod vedením MUDr. Jakubem Dršatou, Ph.D. a v AUDIO-Fon centru Brno pod vedením doc. MUDr. Mojmírem Lejskou, CSc., MBA, který zároveň testoval základní verzi expertního systému.

Expertní systém byl tedy podroben testům jak na základě dat z profesionálních posturografických plošin, tak z alternativy v podobě herní plošiny Wii. Tyto testy ukázaly, že pro potřeby základních vyšetření v ORL ambulancích je herní zařízení dostatečně kvalitní alternativou a stejně tak použití dat získaných při posturografických měřeních, ať už z jakékoli plošiny, může napomoci při diagnostice. Zároveň však bylo potvrzeno stanovisko odborných lékařů, kteří samotné měření na plošinách nepovažují za dostatečně určující, ale v kombinaci s vhodným souborem otázek z oblasti anamnézy pacienta ho chápou jako významný prvek objektivizující celý proces vyšetření, což obzvláště pro ambulantní praxi může znamenat výrazné zkvalitnění procesu vyšetření a monitorování závrativých stavů. Tímto směrem by také měly probíhat další úpravy a rozšiřování expertního systému.

POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] M. Lejska, Léčba závrativých stavů vestibulární rehabilitací, 1 editor, Brno: AUDIO-Fon centr Brno, 2010, p. 30.
- [2] J. Dršata, Počítačová posturografie v diagnostice a rehabilitaci závrativých stavů, Hradec Králové, 2007.
- [3] V. Dolinay, „Systém pro vyšetření sluchové funkce,“ Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky, Zlín, 2010.
- [4] L. A. Zadeh, K.-S. Fu, K. Tanaka a M. Shimura, Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes, Academic Press Inc., 1975.
- [5] V. Novák, Fuzzy množiny a jejich aplikace, Praha: SNTL, 1990.
- [6] V. Novák, Základy fuzzy modelování, 1 editor, Praha: BEN - technická literatura, 2000, p. 175.
- [7] s. Caretta, „Komplexní řešení závrativých stavů funkčními metodami,“ 1998. [Online].
- [8] M. Lejska, „Komplexní řešení závrativých stavů funkčními metodami. Posturografie a vestibulární rehabilitace,“ *Otorinolaryng. a Foniatic.*, č. 4, pp. 212-221, 1998.
- [9] J. Jeřábek, „POHLED NEUROLOGA NA PROBLEMATIKU ZÁVRATÍ A PORUCH ROVNOVÁHY,“ *Neurol. pro praxi*, p. 338, 2007.
- [10] B. Mcmillan, Velký ilustrovaný atlas lidského těla, 1 editor, Praha: Svojtka, 2009, p. 288.
- [11] A. Hahn, Otoneurologie - Diagnostika a léčba závratí, Praha: Grada Publishing, a. s., 2011.
- [12] Hahn, Aleš, „Diagnostika a terapie závratí,“ Praha, 2013.

- [13] A. Hahn, „Závratě z pohledu otorhinolaryngologa,“ *Medicina pro praxi*, pp. 284-286, 2010.
- [14] J. Jeřábek, „PERIFERNÍ VESTIBULÁRNÍ SYNDROMY,“ *Neurol. pro praxi*, pp. 344-346, 2007.
- [15] „Interní propedeutika,“ 2014. [Online]. Available: <http://www.propedeutika.cz/anamneza.html>.
- [16] „Wikipedie - Otevřená encyklopedie,“ [Online]. Available: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronystagmografie>. [Přístup získán 2014].
- [17] F. O. Black, „Clinical status of computerized dynamic posturography,“ *Curr Opin Otolaryngol*, č. 9, pp. 314 - 318, 2001.
- [18] „Tetrax - Whiplash Injury,“ 2014. [Online]. Available: <http://www.whiplash.cz/cs/tetrax/>.
- [19] „Tetrax - Balance Assessment,“ 2014. [Online]. Available: <http://www.sunlightnet.com/international/html/producttetrax.html>.
- [20] R. Clark, A. Bryant, Y. Pua, P. McCrory a K. Bennell, „Validity and reliability of the nintendo wii balance board for assessment of standing balance,“ *Gait & Posture*, č. 31 (3), pp. 307 - 310, 2010.
- [21] I. Zelinka, Umělá inteligence I., Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 1997.
- [22] „Automa::Úvod do neuronových sítí,“ 2014. [Online]. Available: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30255.
- [23] Zelinka, Ivan, Umělá inteligence: hrozba nebo naděje, 1 editor, Praha: BEN - technická literatura, 2003, p. 142.

PUBLIKAČNÍ AKTIVITY

Publikace:

- [1] PIVNIČKOVÁ, Lucie, DOLINAY, Viliam, VAŠEK, Vladimír. Application of fuzzy logic in the evaluation of postural stability. In Proceedings of the 4th International Conference on Bioscience and Bioinformatics (ICBB'13). Montreux: WSEAS Press, 2013, s. 144-148. ISSN 1790-5125. ISBN 978-960-474-326-1.
- [2] PIVNIČKOVÁ, Lucie, DOLINAY, Viliam, VAŠEK, Vladimír. Processing of the balance examination results. In Proceeding of the 13th International Carpathian Control Conference. High Tatras : IEEE, 2012, s. 559-563. ISBN 978-1-4577-1867-0.
- [3] PIVNIČKOVÁ, Lucie, DOLINAY, Viliam, VAŠEK, Vladimír. Multilayer neural network in differential diagnosis of balance disorders. In Proceedings of the 16th WSEAS International Conference on Systems. Kos : WSEAS Press (GR), 2012, s. 356-361. ISBN 978-1-61804-108-1.
- [4] PIVNIČKOVÁ, Lucie, DOLINAY, Viliam, VAŠEK, Vladimír. Verification of the examination results by digital signature. In Proceedings of the 4th International Conference on Bioscience and Bioinformatics (ICBB'13). Montreux : WSEAS Press, 2013, s. 152-156. ISSN 1790-5125. ISBN 978-960-474-326-1.
- [5] PIVNIČKOVÁ, Lucie, VAŠEK, Vladimír, DOLINAY, Viliam. Numerical methods of the examination of the postural stability. In Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity". Vienna : DAAAM International Vienna, 2011, s. 1213-1214. ISSN 1726-9679. ISBN 978-3-901509-83-4.
- [6] PIVNIČKOVÁ, Lucie, VAŠEK, Vladimír, DOLINAY, Viliam. Examinations and algorithms to help find a cause of vertigo. International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Science, 2011, roč. 2011, č. 5, s. 1273-1280. ISSN 1998-0140.
- [7] PIVNIČKOVÁ, Lucie, VAŠEK, Vladimír, DOLINAY, Viliam. Algorithms in the examination of the postural stability. In Recent

- Researches in Automatic Control. Montreux : WSEAS Press, 2011, s. 374-376. ISBN 978-1-61804-004-6.
- [8] DOLINAY, Viliam, VAŠEK, Vladimír, PIVNIČKOVÁ, Lucie. The Evaluation of Audiometric Result. In Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity". Vienna : DAAAM International Vienna, 2011, s. 177-178. ISSN 1726-9679. ISBN 978-3-901509-83-4.
- [9] DOLINAY, Viliam, VAŠEK, Lubomír, PIVNIČKOVÁ, Lucie, PÁLKA, Jiří, DOLINAY, Jan. Sunny Days And Consumed Energy. In Proceedings of the 12th Carpathian Control Conference. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2011, s. 1-6. ISBN 978-1-61284-359-9.
- [10] DOLINAY, Viliam, PIVNIČKOVÁ, Lucie, VAŠEK, Vladimír. Computer System for Processing the ENT Examinations. INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMS APPLICATIONS, ENGINEERING & DEVELOPMENT, 2014, roč. 6,
- [11] DOLINAY, Viliam, PIVNIČKOVÁ, Lucie, VAŠEK, Vladimír. Computerization of audiometric examination. In Proceedings of the 4th International Conference on Bioscience and Bioinformatics (ICBB'13). Montreux : WSEAS Press, 2013, s. 140-143. ISSN 1790-5125. ISBN 978-960-474-326-1.
- [12] DOLINAY, Viliam, PIVNIČKOVÁ, Lucie, VAŠEK, Vladimír. Methods for evaluating and improving audiometric examinations - ORL system Fowler. In Proceeding of the 13th International Carpathian Control Conference. Vienna : IEEE, 2012, s. 115-118. ISBN 978-1-4577-1867-0.
- [13] DOLINAY, Viliam, PÁLKA, Jiří, VAŠEK, Lubomír, PIVNIČKOVÁ, Lucie. Importance of sunny days for the determination of heat consumption. International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Science, 2010, roč. 4, č. 4, s. 257-264. ISSN 1998-0140.

Software a funkční vzorky:

- [14] PIVNIČKOVÁ, Lucie, DOLINAY, Viliam. PosturoDatabase. 2012,
- [15] PIVNIČKOVÁ, Lucie, DOLINAY, Viliam. VAnalyza. 2012,
- [16] PIVNIČKOVÁ, Lucie, JAŠEK, Roman. PDFSign. 2012,
- [17] DOLINAY, Viliam, DOLINAY, Jan, PIVNIČKOVÁ, Lucie. Snímač náklonu pacienta při vyšetření závratí. 2012,
- [18] DOLINAY, Viliam, DOLINAY, Jan, PIVNIČKOVÁ, Lucie. Snímač náklonu a natočení pacienta při vyšetření závratí. 2012,
- [19] DOLINAY, Viliam, DOLINAY, Jan, PIVNIČKOVÁ, Lucie. Tilt. 2012,
- [20] DOLINAY, Viliam, PIVNIČKOVÁ, Lucie. Závratě v ORL ambulanci - VAnamneza. 2011,
- [21] DOLINAY, Viliam, PIVNIČKOVÁ, Lucie. Analýza posturografických vyšetření - PosturoPlus. 2011,
- [22] DOLINAY, Viliam, PIVNIČKOVÁ, Lucie. IaBase to Fowler. 2011,

ODBORNÝ ŽIVOTOPIS

Osobní informace

Jméno: Lucie
Příjmení: Pivnicková
Titul: Ing.
E-mail: pivnickova@fai.utb.cz
Datum narození: 19. 3. 1985
Stav: svobodná

Vzdělání

2010 - dosud UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Ústav automatizace a řídicí techniky, doktorské studium, obor: Informační technologie.

2005 - 2010 UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Inženýrská informatika, magisterské studium - dosažený titul Ing., obor: Informační technologie.

Odborná činnost během studia

2014 - 2015 Řešitel výzkumného projektu IGA/FAI/2014/046 Aplikace moderních herních zařízení v diagnostice poruch rovnováhy

2013 - 2014 Řešitel výzkumného projektu IGA/FAI/2013/043 Diagnostika pacientů pomocí statické počítačové posturografie zohledňující anamnézu pacienta

2012 - 2013 Řešitel výzkumného projektu IGA/FAI/2012/043 Moderní teorie informatiky v oblasti hodnocení statické posturografie

2010 - 2011 Řešitel výzkumného projektu IGA/47/FAI/11/D Metodiky užívané ke kvantifikaci a kvalitativnímu posouzení posturální rovnováhy

Jazyk

Aktivně: angličtina
Pasivně: italština

Další schopnosti a dovednosti

Zkušenosti s vývojem software v jazyce C# v prostředí Microsoft Visual Studio se zaměřením na OCR systémy, medicínské desktopové aplikace a utility pro NX (dříve Unigraphics). Řidičská oprávnění skupiny A, B.

PŘÍLOHA I

4734, ORL por. foniatrie, tel:
Fakultní nemocnice, Sokolská tř. 581, 50005 Hradec Králové

ODB.:702 IČP :61004587
IČO :00179906

KOPIE ŽÁDANKY NA AMBULANCI

MUDr. DRŠATA JAKUB 700119/3045

Kód amb. prac. : 4734	ORL por. foniatrie
Diagnóza vyšetření: D696	Trombocytopenie NS
Diagnóza hlavní : D696	Trombocytopenie NS
Pojišťovna : 205	Česká průmyslová ZP
Nároky : R	

Text žádanky

Dotazník závratí

Kolik závratí bylo v posledních 3 měsících?: 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-víc-X
Upadl/a jste v posledním měsíci v důsledku Vašich potíží? 0-1-2-3-4-5...víckrát
Jak obtížnou hodnotíte na stupnici Vaše potíže v posledním měsíci?
bez potíží...0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10...maximální potíže

Následující dotazník VDADLS prosím vyplnit dle návodu: uvedený úkon

- 1: vykonávám zcela bez obtíží, beze změny ve srovnání s dobou před onemocněním.
 - 2: vykonávám s pocitem nepříjemnosti, mohu jej ale provádět bez omezení.
 - 3: neprovádím stejně snadno jako před onemocněním, nemusím jej ale měnit.
 - 4: provádím změněným způsobem (pomaleji, opatrněji ap) než před onemocněním.
 - 5: provádím pokud možnost s využitím předmětů z okolí, ale nejsem na ně odkázán.
 - 6: provádím jedině s pomocí předmětů z okolí, ale nepotřebuji speciální pomůcku.
 - 7: provádím jedině se speciální pomůckou (hůl, podavač, výtah, chodítko ap).
 - 8: můžu provést jedině s pomocí druhé osoby.
 - 9: můžu provést jedině v úplné závislosti na druhé osobě.
 - 10: Nemožu vykonávat uvedenou činnost pro závratě a poruchu rovnováhy.
- X:-zaškrtněte, pokud uvedený úkon nevykonáváte nebo nechcete na otázku odpovědět
Můžete přidat komentář, např. čím se úkon zhoršuje nebo zlepšuje ap.

Úkon

hodnocení

F/1: Posazení z lehu.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/2) Postavení ze sedu na posteli (židli).....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/3) Oblékání horní poloviny těla (košile, nátělník)..	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/4) Oblékání dolní poloviny těla (spodky, kalhoty)..	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/5) Oblékání ponožek, punčoch.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/6) Obouvání se.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/7) Vlézání a vylézání z vany, sprchy.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/8) Mytí se ve vaně nebo sprše.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/9) Sundávání věcí shora (z police, příborníku)....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/10) Sbíráání věcí z podlahy, vyndávání věcí zdola....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/11) Vaření (příprava jídla).....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
F/12) Intimní život (sexuální aktivity).....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
A/13) Chůze po rovině.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
A/14) Chůze po nerovném povrchu.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
A/15) Chůze po schodech nahoru.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
A/16) Chůze po schodech dolů.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
A/17) Chůze v úzkých prostorech (chodby).....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
A/18) Chůze v otevřených prostranstvích.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
A/19) Chůze v davu.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
A/20) Používání výtahu.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
A/21) Používání jezdících schodů.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
I/22) Jízda autem.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
I/23) Nošení předmětů při chůzi (baliček, odpadk.košě)	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
I/24) Lehké domácí práce (uklizení, utírání prachu)...	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
I/25) Těžké domácí práce (luxování, stěhování nábytku)	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
I/26) Rekreační činnosti (sport, práce na zahradě)....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
I/27) Zaměstnání (vč. péče o děti, studia atp.).....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X
I/28) Cestování na kratší vzdálenosti (auto, autobus).	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-X

Vyšetření

Datum: 04.06.13 16:03

Podpis: MUDr. Jakub Dršata, Ph.D.

PŘÍLOHA II

The Dizziness Handicap Inventory (DHI)

P1. Does looking up increase your problem ?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
E2. Because of your problem, do you feel frustrated?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
F3. Because of your problem, do you restrict your travel for business or recreation?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
P4. Does walking down the aisle of a supermarket increase your problems?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
F5. Because of your problem, do you have difficulty getting into or out of bed?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
F6. Does your problem significantly restrict your participation in social activities, such as going out to dinner, going to the movies, dancing, or going to parties?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
F7. Because of your problem, do you have difficulty reading?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
P8. Does performing more ambitious activities such as sports, dancing, household chores (sweeping or putting dishes away) increase your problems?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
E9. Because of your problem, are you afraid to leave your home without having someone accompany you?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
E10. Because of your problem have you been embarrassed in front of others?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
P11. Do quick movements of your head increase your problem?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
F12. Because of your problem, do you avoid heights?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
P13. Does turning over in bed increase your problem?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
F14. Because of your problem, is it difficult for you to do strenuous homework or yard work?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
E15. Because of your problem, are you afraid people may think you are intoxicated?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
F16. Because of your problem, is it difficult for you to go for a walk by yourself?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
P17. Does walking down a sidewalk increase your problem?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
E18. Because of your problem, is it difficult for you to concentrate	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
F19. Because of your problem, is it difficult for you to walk around your house in the dark?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No

E20. Because of your problem, are you afraid to stay home alone?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
E21. Because of your problem, do you feel handicapped?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
E22. Has the problem placed stress on your relationships with members of your family or friends?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
E23. Because of your problem, are you depressed?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
F24. Does your problem interfere with your job or household responsibilities?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No
P25. Does bending over increase your problem?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> Sometimes <input type="radio"/> No

Used with permission from GP Jacobson.
 Jacobson GP, Newman CW: The development of the Dizziness Handicap Inventory. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990;116: 424-427

DHI Scoring Instructions

The patient is asked to answer each question as it pertains to dizziness or unsteadiness problems, specifically considering their condition during the last month. Questions are designed to incorporate functional (F), physical (P), and emotional (E) impacts on disability.

To each item, the following scores can be assigned:
 No=0 Sometimes=2 Yes=4

Scores:
 Scores greater than 10 points should be referred to balance specialists for further evaluation.

16-34 Points (mild handicap)
 36-52 Points (moderate handicap)
 54+ Points (severe handicap)