

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Klára Svobodová

**Vnímání vertikality u pacientů s benigním
paroxysmálním polohovým vertigem**

Diplomová práce

Praha 2022

Autor práce: **Bc. Klára Svobodová**

Vedoucí práce: **doc. PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D.**

Oponent práce: **Mgr. Klára Kučerová**

Datum obhajoby: **2022**

Bibliografický záznam

SVOBODOVÁ, Klára. Vnímání vertikality u pacientů s benigním paroxysmálním polohovým vertigem. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2022. 77 s., přílohy. Vedoucí diplomové práce doc. PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D.

Abstrakt

Vnímání vertikality může být ovlivněno poruchou vestibulárního systému. Jednou z příčin patologie vestibulárního systému je benigní paroxysmální polohové vertigo (BPPV). Naše práce zkoumá změny ve vnímání vertikality u pacientů s BPPV ve srovnání se zdravou populací. K léčbě BPPV se využívá terapeutických polohových manévru. Pomocí polohového manévru jsou otokonie přemístěny z polokruhovitých kanálků zpět do utriculu. Práce zkoumá vliv terapeutického manévru na změnu vnímání vertikality. Teoretická část pojednává o vnímání vertikality, typech vertikály, patologii ve vnímání vertikality a možnostech jejího měření. Nejvíce se zaměřuje na popis subjektivní vizuální vertikály (SVV). Dále popisuje vestibulární systém a věnuje se problematice BPPV. V praktické části je představen soubor deseti pacientů a kontrolní skupiny. Pomocí statistického zpracování dat je výsledkem zodpovězení hypotéz, zda je rozdíl ve vnímání vertikality u pacientů s BPPV a zdravých jedinců. Věnuje se také otázce, zda terapeutický manévr ovlivní vnímání vertikality u pacientů s BPPV. V obou případech byla vertikála měřena ve statických a dynamických podmínkách. Pro získání dat bylo použito měření SVV pomocí systému Synapsis.

Klíčová slova

Benigní paroxysmální polohové vertigo, vertikality, subjektivní vizuální vertikála, vestibulární systém, repositionální manévr

Abstract

The perception of verticality may be affected by a disorder of the vestibular system. One of the causes of vestibular system pathology is benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). Our study investigates the changes in the perception of verticality in patients with BPPV compared to the healthy population. Therapeutic positional maneuvers are used to treat BPPV. Using the positional maneuver, the otoconia are relocated from the semicircular canals back to the utricle. This thesis investigates the effect of therapeutic maneuver on the change in the perception of verticality. The theoretical part discusses the perception of verticality, types of verticality, pathology in the perception of verticality and the possibilities of its measurement. Most of the focus is on the description of subjective visual verticality (SVV). It also describes the vestibular system and discusses the BPPV. In the practical part, a set of ten patients and a control group are presented. Using statistical data processing, the result is to answer the hypotheses whether there is a difference in the perception of verticality between patients with BPPV and healthy subjects. It also addresses the question of whether the therapeutic maneuver will affect the perception of verticality in patients with BPPV. Verticality was measured in both static and dynamic conditions. SVV measurements using the Synapsis system were used to obtain the data.

Keywords

Benign paroxysmal positional vertigo, verticality, subjective visual vertical, vestibular system, reposition maneuver

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením doc. PhDr. Ondřeje Čakrta, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 16. 5. 2022

Bc. Klára Svobodová

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat vedoucímu své diplomové práce doc. PhDr. Ondřeji Čákrtovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a odborné vedení při zpracování diplomové práce. Chtěla bych poděkovat samotným pacientům a účastníkům kontrolní skupiny za spolupráci a vstřícnost podílet se na této práci. V neposlední řadě děkuji rodině a svým přátelům za trpělivost a podporu při studiu.

SEZNAM ZKRATEK

BPPV - benigní paroxysmální polohové vertigo

CW – clockwise

CCW - counterclockwise

EOG – elektrookulografie

ENG – elektronystagmografie

HT-SVV – head-tilt subjective visual vertical

HU-SVV – head-upright subjective visual vertical

n. – nervus

ncl. – nucleus

OKS – optokinetická stimulace

PVC – parieto-insular vestibular cortex

SHV – subjektivní haptická vertikála

SPV – subjektivní posturální vertikála

SVV – subjektivní vizuální vertikála

VEMP – vestibulární evokované myogenní potenciály

VHIP – video head impulse test

VOG – video – okulografie

VOR – vestibulooculární reflex

VS – vestibulární systém

VSR – vestibulospinální reflex

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 PŘEHLED POZNATKŮ	10
1.1 VNÍMÁNÍ VERTIKALITY	10
1.2 PORUCHA VNÍMÁNÍ VERTIKALITY	12
1.3 MĚŘENÍ VERTIKALITY	13
1.4 VESTIBULÁRNÍ SYSTÉM.....	15
1.4.1 Anatomie	15
1.4.2 Fyziologie	18
1.4.3 Patologie	22
1.4.4 Vyšetření vestibulárního systému	26
1.5 POLOHOVÉ VERTIGO	29
1.6 BENIGNÍ PAROXYSMÁLNÍ POLOHOVÉ VERTIGO.....	30
1.6.1 Dělení BPPV.....	30
1.6.2 Výskyt.....	30
1.6.3 Etiopatogeneze.....	30
1.6.4 Diagnostika	32
1.6.5 Terapie	34
1.7 VYŠETŘENÍ SUBJEKTIVNÍ VIZUÁLNÍ VERTIKÁLY	39
1.7.1 Faktory pro vnímání vertikality	39
1.7.2 Metody měření subjektivní vizuální vertikály	39
2 CÍLE A HYPOTÉZY	42
3 METODIKA.....	43
3.1 Charakteristika výzkumného souboru	43
3.2 Metodika vyšetření pacientů.....	44
3.3 Průběh testování	46
3.4 Zpracování dat	50
3.5 Sledované parametry	50
3.6 Statistické zpracování.....	51
4 VÝSLEDKY	52
5 DISKUZE	61
6 ZÁVĚR	66
REFERENČNÍ SEZNAM	67
SEZNAM PŘÍLOH.....	73

ÚVOD

Benigní paroxysmální polohové vertigo (BPPV) je onemocnění vnitřního ucha, které prokazatelně ovlivňuje funkci polokruhovitých kanálků. Porucha vnímání vertikality u BPPV je jedním z běžných projevů tohoto onemocnění. Otolitový systém je důležitý pro vnímání vertikality. U BPPV je patrná absence otolitů v utriculu, což způsobuje změny ve vnímání vertikality.

BPPV výrazně ovlivňuje kvalitu života. Projevuje se závratí, motáním hlavy, nauzeou, možnými vegetativními příznaky. Omezuje tak pacienty v běžných denních činnostech, ve vykonávání práce, řízení motorových vozidel a dalších činnostech. Repoziční manévry jsou nedílnou součástí léčby u BPPV. Díky repozičním manévřům je pro pacienty s BPPV možný návrat do běžného života a zlepšení jeho kvality.

Vnímání vertikality ovlivňuje mimo jiné, zejména sensorický systém. My se zabýváme jejím ovlivněním z hlediska vestibulárního systému.

Existuje více metod pro testování a měření vertikality. Pomocí měření můžeme přesně ozřejmit porušené vnímání a následně jej využít jako hodnotící nástroj pro úspěšnost léčby. Po provedení repozičních manévřů je možné obtíže odstranit, ať už úplně nebo dočasně. Díky léčbě BPPV lze eliminovat obtíže spojené s onemocněním a tak upravit vnímání vertikality do normy.

Téma jsem si vybrala proto, že se dlouhodobě zajímám o vestibulární problematiku. Vestibulární rehabilitace mě velmi oslovuje a myslím si, že by se měla dostat více do povědomí širší veřejnosti. Spousta lidí z široké veřejnosti trpí příznaky spadajícími do vestibulární problematiky a netuší, že je možné je léčit pomocí rehabilitace a neinvazivních metod. Čím více pacientů se podchytí a podaří vyléčit, tím bude lepší zpětná vazba a následné šíření informací pro další možné případy.

1 PŘEHLED POZNATKŮ

1.1 Vnímání vertikality

Vestibulární systém (VS) se podílí na správném řízení orientace těla v prostoru. Jeho hlavním cílem je udržovat tělo ve správné rovnováze. Držení těla musí korespondovat s gravitací. Vestibulární systém, který dokáže detekovat směr gravitace, tak hraje velmi důležitou roli v udržení orientace celého těla ve svislé poloze (Herdman, 2014).

Vnímání vertikality vychází z graviceptivního vstupu z polokruhovitých kanálků a otolitového systému. Lidský smysl pro vnímání vertikality se vytváří a upravuje integrací vestibulárních, somatosenzorických a vizuálních vstupů (Dieterich et al., 2019; Krewer et al., 2020).

Vestibulární systém slouží jako hlavní systém, který vyrovnává tělo do vertikály. Nervový systém potom vybírá vhodné informace pro orientaci v různých prostředích. Vestibulární systém signalizuje směr gravitace (Herdman, 2014).

Vnitřní model vertikality je založen na bilaterálních graviceptivních vestibulárních signálech vedených z otolitů a hlavně z vertikálně uložených polokruhovitých kanálků. Lze říci, že vnímání vertikality je odrazem vestibulárních vstupů, které nazýváme tzv. graviceptivními vstupy. Směr náklonu subjektivní vizuální vertikály (SVV) kopíruje anatomii vzestupných vestibulárních drah. Při patologii periferní a centrální pontomedullární léze VS jsou způsobeny ipsilaterální náklony vertikály na straně léze. Při lézích pontomesencephalických a lézích mozečku (zejména postižení *ncl. dentatus*) je vertikála zpravidla nakloněna na kontralaterální straně než je léze. Nejvyšší odchylky jsou zaznamenávány u periferních, medullárních lézí a rovněž u lézí *mesencephallu*. Při lézích v oblasti thalamu jsou odchylky podstatně nižší. Hypotéza, která tvrzení potvrzuje, se opírá o fakt, že směr gravitace v periferních dráhách mozkového kmene je kódován ve směrových souřadnicích. Thalamické a kortikální neurony však vykazují kódování v různých směrech (Zwergal et al., 2019).

Testy pro vnímání vertikality se využívají zejména v akutní fázi vestibulárního onemocnění. Díky testování můžeme hodnotit postup a výsledky rehabilitace u vestibulárních poruch a poruch rovnováhy (Zwergal et al., 2019).

Odhad vertikality v neobvyklé orientaci těla s ohledem na gravitaci vede ke zkreslení, které se mění v závislosti na kódovací senzoričké modalitě a množství smyslů (Cuturi et al., 2019).

Vnímání vertikality se rozděluje na subjektivní vizuální vertikálu (SVV), subjektivní haptickou vertikálu a subjektivní posturální vertikálu (Sharpe et al., 2003).

Testování SHV a SPV se využívá méně často než testování SVV (Krewer et al., 2020).

Klinické hodnocení pomocí měření SVV je považováno za snadné a spolehlivé (Dieterich et al., 2019).

Subjektivní haptická vertikála (SHV) souvisí s uchopováním a manipulací bez vizuální kontroly. Haptické vnímání závisí zejména na somatosenzoričkých eferentních signálech a na kognici. Vnímání haptické vertikality úzce koreluje s vnímáním posturální vertikality. U zdravých jedinců nepřekračuje odchýlení od SHV $\pm 4^\circ$ ve vzpřímené poloze (Čakrt et al., 2015; Sharpe et al., 2003).

Subjektivní posturální vertikála (SPV) závisí na poloze hlavy a těla. SPV je odrazem orientace ve vzpřímené poloze těla. Poruchy SPV byly zaznamenány u pacientů po cévní mozkové příhodě nebo u pacientů s periferní a centrální lézí vestibulárního systému. Často se měří v sagitální a frontální rovině. Měření může být jak v sedě, tak ve stoji. Vnímání SPV v sedě a ve stoji může být rozdílné kvůli somatosenzoričkému vstupu pro odhad v SPV (Bergmann et al., 2014; Krewer et al., 2020; Santos et al., 2019).

Měření a vnímání vertikality má široké důsledky pro diagnostiku a léčbu pacientů s postižením vestibulárního systému a s poruchou rovnováhy. Jedná se o významný diagnostický nástroj a cenný ukazatel vestibulární rehabilitace (Zwergal et al., 2019).

1.2 Porucha vnímání vertikality

Subjektivní vizuální vertikála (SVV) slouží jako indikátor narušeného smyslu pro prostorovou orientaci u pacientů trpících centrální či periferní poruchou. Z onemocnění, které mohou narušit správné vnímání SVV patří např. vestibulární neuronitida, Wallenbergův syndrom, internukleární oftalmoplegie nebo poškození středního mozku (Celis – Aguilar et al., 2017; Cohen et al., 2012).

Porušení vnímání vertikality se potom objevuje u periferních a centrálních lézí VS, zejména v oblasti mozkového kmene a mozečku. Dále se projevuje při poruchách spojených s rovnováhou u hemisférických lézí, nejčastěji při poškození thalamu a temporoparietální kůry. Odchytky subjektivní vizuální vertikály (SVV) se většinou upraví během 2 – 4 týdnů (Zwergal et al., 2019).

Pro posouzení vnímání vertikality se užívá topografická diagnostika lézí, následně je pak stanovena vhodná rehabilitace. Vnímání vertikality v klinických podmínkách, je často testováno měřením subjektivní vizuální vertikály, subjektivní haptické vertikály a subjektivní posturální vertikály (Zwergal et al., 2019).

Dietrich et al., ve své práci uvádí neurofyziologické poznatky k úpravám SVV. Ve studii je zahrnuto matematické modelování vestibulárních buněk pro orientaci v prostoru u pacientů a laboratorních hlodavců. Pacienti ve studii měli diagnostikovanou jednostrannou vestibulární dysfunkci, jejíž léze se rozprostírala mezi labyrintem a mozkovou kůrou. Z výsledků bylo zjištěno, že vnímání SVV se může lišit při změnách polohy těla (Dietrich et al., 2019).

Vnímání vertikality se může měnit s věkem nebo v důsledku neurologických onemocnění (Krewer et al., 2020).

SVV je ovlivněna patologickými stavy jako je progresivní supranukleární obrna, *blast syndrom* nebo hydrocefalus. Vnímání vertikality je patologické u jedinců s poruchou rovnováhy. Objevuje se často po cévní mozkové příhodě (Dieterich et al., 2019; Krewer et al., 2020).

1.3 Měření vertikality

Cuturi et al., se ve své studii zabývají interakcí vizuálních a haptických smyslových informací a jejich souvislostí s vestibulárním systémem a propiocepcí napříč vývojem. Testování zahrnovalo experimentální podmínky, které se lišily pro danou testovanou modalitu. Testována byla buď modalita vizuální nebo haptická nebo obě modalita. Bylo zjištěno, že výsledná přesnost závisela na vývojovém stadiu. Z výsledků vyplývá, že zrak je klíčový pro získání vektoru ke zjištění přesnosti vnímání vertikality. Tento fakt má souvislost s vývojem hlavy a trupu, což má zásadní význam na pro dosažení úspěšné prostorové koordinace (Cuturi et al., 2019).

Ve studii podle Čakrta et al., se zaměřili na vnímání vertikality SVV a SHV mezi skupinou mladších a starších lidí. Vyšetřeno bylo celkem 27 mladších lidí a 30 starších lidí. Všichni ve skupině byli praváci. Ve vnímání SHV byl statisticky významný rozdíl ($p < 0,01$) mezi skupinou mladších a starších lidí. Rozdíl ve vnímání SHV byl způsobem výrazným rozdílem v supinačním směru (po směru hodinových ručiček). Pronační část úlohy (rotace proti směru hodinových ručiček) pro SHV se mezi skupinami statisticky významně nelišila (Čakrt et al., 2014).

Ve studii Medendorp et al., využívá testování SVV u bilaterální vestibulopatie. Opět využívá současně různých poloh pomocí náklonů těla - *subjective body tilt*. Zajímavé je, že využívá dva typy prostředí, a to ve tmě a za světla. (Medendorp et al., 2018).

Ve studii podle Bergmann et al., byla testována SPV. K měření SPV využili pozici vsedě a ve stoji. V pozici ve stoji ovšem použili speciální přístroj *Spacecurl*, který umožňuje nastavení ve třech rovinách. Skupinu tvořili zdraví jedinci různého věkového rozmezí od 20 do 71 let. Z výsledků je patrné, že vnímání SPV se liší v závislosti na věku. Výsledky prokázaly, že vnímání SPV je s rostoucím věkem horší. SPV by měla sloužit jako testování pro pacienty se zhoršeným vnímáním vertikality (Bergmann et al., 2014).

Ve studii podle Krewer et al., zjišťovali rozdíl mezi dvěma postupy pro určení SHV. Odchylka od zemské vertikality byla popsána buď jako jedna poloha nebo jako sektor vymezený dvěma polohami, který představuje ohraničení okrajů vertikality. Každý účastník studie prošel měřením v rovině sagitální a frontální. Z výsledků Krewer et al., zjistili, že nebyl statisticky významný rozdíl v chybovosti u zmíněných dvou vyšetřovacích postupů. Obě metody k vyšetření SPV vedou ke stejné chybovosti. Lze je

používat obě v rámci jedné meta-analýzy. Postup s použitím sektoru pro vnímání vertikality však byl účastníky studie hodnocen jako méně preferovaná metoda (Krewer et al., 2020).

Několik výzkumů se již zabývalo poruchou vnímání vertikality u pacientů s benigním paroxysmálním polohovým vertigem. Celkové výsledky však byly neprůkazné. Podle studie Hong et al., byly zaznamenány rozdílné výsledky ve vnímání vertikality mezi pacienty s BPPV a zdravými lidmi. Gall et al., ve svém výzkumu našel rozdíl při vnímání vertikality u pacientů před léčbou, naproti tomu von Brevern et al., rozdíly nezaznamenal. Faralli et al., prokázali statisticky významnou studii, kde zaznamenali rozdíly u pacientů s BPPV před léčbou (Gall et al., 1999; Faralli et al., 2011; Hong et al., 2008, Von Brevern et al., 2006).

1.4 Vestibulární systém

Vestibulární systém je komplexem smyslového uskupení, které umožňuje komunikaci mezi periferním vestibulárním aparátem, posturálními svaly, očním systémem, kůrou, mozkovým kmenem a mozečkem (Khan et al., 2013).

Hlavní funkce vestibulárního systému je udržovat rovnováhu, regulovat svalový tonus. Dále zajišťuje koordinaci pohybů očí a hlavy (Ambler et al., 2008).

1.4.1 Anatomie

Vestibulární systém je uložen po obou stranách hlavy v kosti spánkové. Tvoří jej vestibulární jádra, dráhy, nervy, dále *vestibulocerebellum* a vestibulární kůra. Dalšími strukturami jsou potom rovnovážné orgány, které zajišťují smyslové vstupy. Dělíme jej na centrální a periferní. Centrální vestibulární systém umožňuje spojení a interakci vstupů z labyrintů a dalších vstupů ze somatosenzorických a dalších sensorických vizuálních systémů. Centrální systém tvoří jádra a dráhy. Periferní vestibulární systém je složen z labyrintu – kostěného a blanitého, které obsahují polokruhovitě kanálky a otolitový systém (Kingma et al., 2016, Zaleski-King et al., 2019).

S vestibulárním systémem je propojen VIII. hlavový nerv – *n. vestibulocochlearis*. Z hlediska odlišné funkce jej dělíme na *n. vestibularis* a *n. cochlearis*. Výstup obou dvou nervů z pyramidy je přes *meatus acusticus internus* a následný vstup nastává v kmeni v mostomozečkovém koutu. *N. vestibularis* je v překladu rovnovážný nerv, který vede vzruchy z polokruhovitých kanálků a ze *sacculu* a *utriculu*. Mechanismus vedení spočívá v pohybech endolymfy, který je vyvoláván úhlovým zrychlením při pohybech hlavou. Dalším spouštěčem je tah či tlak statolitové membrány. *N. cochlearis* je sluchový nerv, vedoucí vzruchy z receptorů *Cortiho orgánu* (Ambler et al., 2008).

Vestibulární jádra jsou umístěna ve IV. mozkové komoře. Jsou seskupena do dvou sloupců od Varolova mostu k míše. Slouží jako primární příjemci vestibulárních vstupů a hlavními čtyřmi jádry jsou *nucleus vestibularis superior*, *inferior*, *medialis* a *lateralis*. Funkcí jader je zpracovat vstupní informaci před dalším přenosem do mozkových center. V každém uchu jsou spojena ipsilaterální vestibulární jádra pomocí vestibulárního nervu. Zároveň jsou pak spojena s kontralaterální stranou prostřednictvím několika neuronů. Další komunikace vestibulárních jader probíhá se strukturami jako je mozeček, retikulární formace, mícha a cervikální spoje. Tyto struktury přinášejí do vestibulárních jader

aferentní informace a zároveň jsou pak zpětně z jader posílány informace eferentně (Zaleski-King et al., 2019).

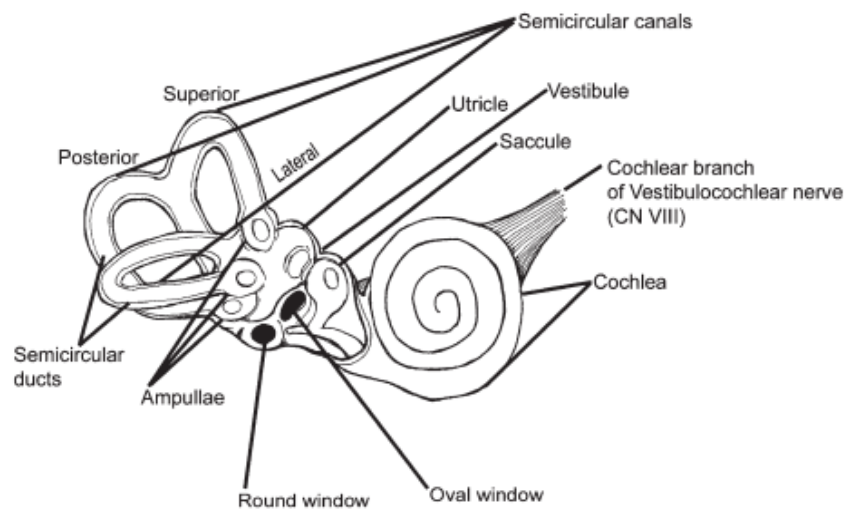
Vestibulocerebellum, jinak nazýváno *lobulus flocculonodularis*, je složen z *flocculu* a *nodulu*. Je jednou ze tří částí mozečku, která funguje jako adaptivní procesor. V podstatě monitoruje výkon vestibulárního systému a upravuje vestibulární vstup podle potřeby pomocí inhibice. Ipsilaterální mozeček posílá informace do bilaterálních vestibulárních jader. Obsahuje projekční vlákna, která míří přímo do ipsilaterálních *ncl. vestibulares* a do ipsilaterálního *ncl. fastigii*. Axony z *ncl. fastigii* míří do kontralaterálních vestibulárních jader před *corpus juxtarestiforme*. Vestibulocerebellární rolí je, díky posílání informací přes uvedené spoje, podpora adaptivního procesu. Vestibulocerebellum se podílí na vzniku a trvání vestibulooculárního reflexu (VOR) při zpracovávání aferentní aktivity z makuly. Dále zpracovává vestibulární a proprioceptivní vstupy a reguluje tak vestibulospinální reflex (Khan et al., 2013, Zaleski-King et al., 2019).

Vestibulární signály jsou všudypřítomné v celém centrálním nervovém systému. Nejvýznamnější oblastí je *parieto-insular vestibular cortex* (PIVC).

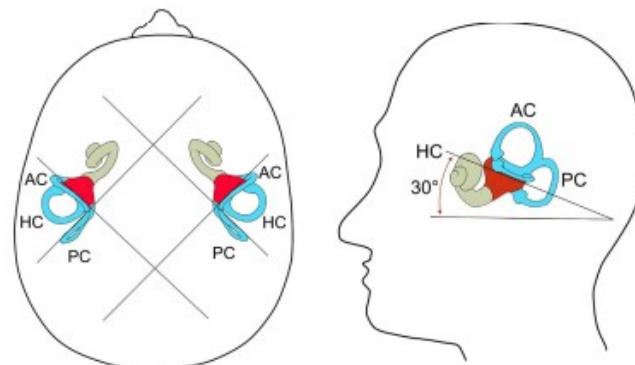
Poprvé byl zkoumán ve studiích mozků primátů (makaků) a PIVC byl shledán jako hlavní kortikální oblast, přijímající vestibulární podněty. Nachází se v *area 2a* v *sulcus intraparietalis* a v *area 3a* v *sulcus centralis*. Podle studií člověka je hlavní kortikální oblast největšího vestibulárního zpracování blízko parietálního nebo insulárního kortexu. Kahane et al., ve své studii zjistil, že elektricky stimulovaná oblast, při které byly vyvolány vestibulární příznaky, je *area temporoparietalis lateralis*. Tato oblast, nazývána jako *temporo-perisylvian-vestibular cortex* odpovídá PIVC u primátů. Podle další studie dle Eulenburga et al., bylo prokázáno, že nejvíce vestibulárních podnětů nachází odpověď v parietální oblasti pravé hemisféry. Vestibulární spojení je také předpokládáno mezi *thalamem* a *hypocampem* (Eulenburg et al., 2012; Kahane et al., 2003; Shinder et al., 2014; Zaleski et al., 2019).

Periferní vestibulární systém je umístěn ve vnitřním uchu a je složen z kostěného a blanitého labyrintu ve spánkové kosti (*Obrázek 1*). Kostěný labyrint se skládá z hlemýždě, vestibula a polokruhovitých kanálků. Polokruhovité kanálky tvoří kanálek přední, zadní a horizontální – *canalis semicircularis anterior*, *canalis semicircularis posterior* a *canalis semicircularis lateralis*. Jsou párové – pravý a levý zadní, pravý a levý přední, pravý a levý horizontální. Polokruhovité kanálky jsou na obou stranách hlavy orientovány v určitých úhlech (*Obrázek 2*). Součástí hlemýždě je *Cortiho orgán*, který

slouží jako sluchový receptor. Cortiho orgán je uložen na *lamina basilaris* v *ductus cochlearis*. Obsahuje smyslové vláskové buňky. V blanitém labyrintu, ve vestibulu, je umístěn otolitový systém, který tvoří *utricle* a *sacculus*. Blanitý labyrint je v určité poloze udržován uvnitř kostěného labyrintu pomocí soustavy pojivových vláken (Hybášek et al., 2006; Khan et al. 2013, Kingma et al., 2016).



Obrázek 1: Kostěný a blanitý labyrint (Khan et al., 2013)



Obrázek 2: Orientace polokruhovitých kanálků (Kingma et al., 2016)

Struktury kostěného labyrintu vyplňuje tekutina - perilymfa, která má podobné složení jako mozková mícha. Perilymfa je přes *ductus perilymphaticus* odváděna do sousedního subarachnoidálního prostoru. Oproti tomu endolymfa proudí skrz blanitý labyrint. Složení endolymfy se podobá svým složením intracelulární tekutině. Endolymfa je produkována ve *stria vascularis* ve stěně *ductus cochlearis* a je absorbována endolymfatickým vakem (Kingma et al., 2016).

1.4.2 Fyziologie

Vestibulární systém, jak už bylo řečeno v předchozí kapitole, je využíván k orientaci v prostoru. V běžných denních činnostech jsou zde více zapojovány jiné systémy jako je zrak a propriocepce. V ojedinělých situacích, kdy se jiné systémy nemohou dostatečně zapojit – jako například u potápěčů v hluboké, temné vodě nebo u lyžařů zasypaných pod lavinou – je potom pro orientaci zapojen primárně právě vestibulární systém (Kingma et al., 2016).

Informace o pohybu hlavy a těla se přenáší přes centrální nervový systém do motorických center, jako jsou okulomotorická jádra a mícha. Výstupy z těchto systémů umožňují schopnost chůze a dosažení stabilního obrazu na sítnici prostřednictvím VOR. Vestibulospinální reflex (VSR) slouží ke generování posturálních reakcí vzhledem k vnějšímu prostředí (Zaleski - King et al., 2019).

VOR vzniká přes aktivaci periferních orgánů před přímým spojením vestibulárních jader přes *fasciculus longitudinalis medialis*, který zajišťuje přenos z *ncl. abducens* do kontralaterálního okulomotorického jádra. Proces zahrnuje reflexní oblouk tří neuronů z polokruhovitých kanálků do vestibulárních jader a očních svalů, který způsobují pohyb očí ve směru opačném od směru otáčení hlavy. Pro uvedení příkladu, když se hlava otáčí doprava, tok endolymfy v *ampulle* polokruhovitých kanálků vychýlí *cupulu* doprava. Díky tomuto jevu nastává depolarizace vláskových buněk vpravo a hyperpolarizace vláskových buněk vlevo. Zvýší se rychlost vedení aferentních vláken vestibulárního nervu a impulsy jsou posílány do ipsilaterálního *ncl. vestibularis superior* a *medialis* a do mozečku. Vzrušivé impulsy jsou přenášeny přes *fasciculus longitudinalis medialis* do pravého *ncl. oculomotorius* a dále vzestupně do levého *ncl. ascendens*. Nastává kontrakce ipsilaterálního *m. rectus medialis* a kontralaterálního *m. rectus lateralis*, což vyvolá pohyb očí doleva, tzn. proti otáčení hlavy. Latence VOR je kolem

20 sekund, což umožňuje rychlou a přesnou stabilizaci pohledu bez známek rozmazaného vidění, při rychlých pohybech hlavou. Nedostatkem VOR jsou horší reakce na konstantní rychlost a není dostatečně citlivý na pomalé rotace. Stabilizaci obrazu potom zajišťují spolu s VOR vizuální dráhy. Na zachování obrazu na sítnici se podílí celkem šest okulomotorických svalů přes tři jádra – *ncl. oculomotorius*, *ncl. trochlearis*, *ncl. abducens*. V případě, že neodpovídá rychlost očí rychlosti pohybu hlavou, jsou informace z mozečku – *lobulus flocculonodularis* poslány do vestibulárních jader, a zde dochází k úpravě nesrovnalosti a správné rychlosti. VOR se podrobuje vysoké plasticitě a lze zlepšovat tréninkem (Khan et al., 2013; Mahfuz et al., 2018; Zaleski - King et al., 2019).

VSR umožňují spojení, které integrují vstupy z makuly, *crista ampullaris*, vizuálního systému a trupových a končetinových svalů. Informace z VSR jsou tak integrovány s vizuálními a proprioceptivními vstupy a napomáhají tak k udržení stability těla vzhledem k vnějšímu prostředí. Prostřednictvím mozkového kmene a mozečku, přes *tractus vestibulospinalis medialis a lateralis*, je zajištěno stabilní držení těla a rovnováhy. M. *vestibulospinalis lateralis* je hlavní cestou, která vzniká v *ncl. vestibularis lateralis*. Eferentní vestibulární signály jsou z makuly otolitových orgánů poslány do *ncl. vestibularis lateralis*. Nastává aktivace ipsilaterálních extenzorů trupu a proximálních svalů končetin, zatímco kontralaterální svaly jsou inhibovány. Úhlová rotace hlavy, kterou snímají polokruhovitě kanálky, je přenášena přes *tractus vestibulospinalis medialis* do *ncl. vestibularis medialis*. *Tractus vestibulospinalis medialis* vede bilaterálně do motoneuronů v krční míše. Aktivují se tak krční axiální svaly, které slouží ke koordinaci pohybů hlavy a krku (Khan et al., 2013; Zaleski - King et al., 2019).

Dalším reflexem, který souvisí s VSR je vestibulocolický reflex. Při tomto reflexu nastává aktivace krčních svalů, které slouží ke stabilizaci hlavy a jejímu udržení v prostoru (Khan et al., 2013).

Vestibulární systém využívá specializovaných sensorů pro detekci úhlových a lineárních zrychlení při pohybech hlavy v prostoru. Během pohybů hlavou působí na tyto senzory současně velké množství sil. Pohyby hlavou jsou, díky zemskému gravitačnímu poli, možné do rotací a translací (Kingma et al., 2016).

Primárními pohybovými senzory v labyrintu jsou vláskové buňky. Jsou to mechanoreceptorové buňky, které převádějí mechanickou energii na elektrický signál. Z hlediska fylogeneze jsou vláskové buňky velmi podobné jak ve vestibulárních,

tak ve sluchových orgánech. Z hlediska struktury se vlásková buňka skládá z jednoho velkého kinocilia a přibližně ze 70-100 stereocilií na apikálním konci. Stereocilie jsou uspořádány v řadách od nejvyšších, které jsou nejbližší kinociliu a postupně se zvyšující se vzdáleností od kinocilia se zmenšují. Kinocilium připomíná pravé cilium, je však nepohyblivé a má uspořádání double mikrotubulů ve schématu 9 + 2, což znamená, že centrální pár je vždy obklopen devíti páry. Stereocilie jsou naopak tvořeny paralelními vlákny, která obsahují *aktin* a různé formy *myosinu*. Citlivost na náklony, otáčení a zvuky nezávisí ani tak na typu vláskové buňky, jako na jejím umístění a na tom, jakým způsobem jsou vláskové buňky poskládány v daných strukturách. Nachází se v *cupule* v kanálcích, v *macule* ve vestibulu a v *Cortiho* orgánu v hlemýždi. Tzv. *Tip Links* jsou extracelulární filamenta, která spojují kratší stereocilie k tělu vyšších stereocilií. Když nastává pohyb hlavou, stereocilie se nakloní směrem ke kinociliu a způsobí posunutí *tip links* k mechanickému otevření kanálů s přílivem K^+ . Následuje depolarizace vláskové buňky a otevírají se kanály Ca^{2+} . Přílivem Ca^{2+} dochází ke stimulaci neurotransmiteru a jeho uvolnění do synapsí. Zvyšuje se rychlost vedení aferentních vláken vestibulárního nervu. Následné ohnutí stereocilia směrem od kinocilie snižuje napětí a následuje mechanické uzavření kanálu. Dochází k hyperpolarizaci vláskové buňky, uzavření Ca^{2+} kanálů, sníží se uvolňování neurotransmiteru a sníží se tak rychlost vedení vláken vestibulárního nervu (Brady et al., 2012; Khan et al, 2013; Kingma et al., 2016).

Polokruhové kanálky mají odlišnou velikost. Zpravidla je největší přední kanálek – 3,2 mm, potom zadní kanálek – 3,1 mm a nejmenší laterální kanálek – 2,3 mm. Vnitřní průměr kanálků se pohybuje mezi 0,2 - 0,3 mm. Vláskové buňky jsou umístěny v bazální části gelatinózní hmoty, v *cupule*, kam zasahují řasinky. Vláskové buňky mají nejvyšší míru citlivosti na vychýlení kinocilia. V *cupule* jsou všechny vláskové buňky uspořádány pomocí stejného směru polarizace. Díky tomu receptorový potenciál všech vláskových buněk synchronně klesá nebo se zvyšuje při vychýlení *cupuly*. Protože je maximální citlivost ve směru polarizace, je proto daný preferovaný směr vychýlení *cupuly*, což vysvětluje rozdílnou citlivost kanálků do různých směrů. Každý kanálek má nejvyšší citlivost na rotaci ve směru toho daného kanálku. Díky této orientaci má dvojice kanálků komplementární a protikladnou optimální citlivost. Tyto dvojice jsou levý a pravý horizontální kanálek, levý přední a pravý zadní kanálek, pravý přední a levý zadní kanálek. Citlivost kanálku je taková, že generuje 1 otočku ve $^{\circ}/s$ při 0,5 Hz v aferentních nervových vláknech. Když se hlava otáčí, endolymfa zaostává vzadu v důsledku

setrvačnosti hmoty a působí silou proti *cupule*. V okamžiku, kdy je dosaženo konstantní rychlosti otáčení a zrychlení je nulové, stane se hnací silou setrvačnosti také síla nulová (podle 2. Newtonova zákona). Následně se *cupula*, díky své pružnosti, vrací zpět do původní polohy. Nejvýznamnější je pohyb endolymfy, když je osa otáčení kolmá k rovině, ve které je kanálek orientován. Endolymfa a *cupula* se nebudou pohybovat, pokud je osa otáčení rovnoběžná s rovinou kanálku (podle 1. Ewaldova zákona). Odstředivá složka síly související s rotací závisí na umístění labyrintu vzhledem k ose otáčení. Mozek přijímá opačné signály ze dvou labyrintů a detekuje rozdíl mezi nimi. Vyhodnocuje tak, který je považován za diferenciální zesilovač (Kingma et al., 2016).

Utriculus a *sacculus* obsahují senzorický epitel a makulu. Když držíme hlavu ve svislé poloze, je povrch makuly *utriculu* orientován v horizontální rovině a je mírně zakřiven směrem dopředu a nahoru asi o 20-30°. Makula *sacculu* je orientována rovnoběžně se sagitální rovinou proti středu stěny *sacculu*, kolmo k makule *utriculu*. Stereocilie vláskových buněk zasahují do gelatinózní elastické hmoty. Otokonie - krystaly uhličitanu vápenatého, jsou upevněny na vrcholu této gelatinózní hmoty pomocí jemných kolagenních pojivových vláken. Krystaly uhličitanu vápenatého, které jsou převážně šestiúhelníkového tvaru, mají specifickou hmotnost přibližně 2,95 g/cm³ a jejich průměr se pohybuje od 3-30 mm. Vlásokové buňky v *utriculu* jsou orientovány do středu povrchu směrem k imaginární linii – *striole*. *Striola* je pomyslná přímka, kde vláskové buňky mění svou polarizaci. Na úrovni *strioly utriculu* je membrána velmi tenká a vláskové buňky mají krátké řasinky. Vlásokové buňky v *sacculu* jsou orientovány naopak směrem od *strioly*. Na úrovni *strioly sacculu* je membrána relativně silná a vláskové buňky zde mají dlouhé řasinky (Dimiccoli et al., 2013; Kingma et al, 2016).

Pro vysvětlení mechanismu fungování otolitového systému se využívá model, kdy analogem otokoniální membrány je auto s anténou, na které je nabodnutý pomeranč. Tření vzduchu je zanedbatelné. Kvůli setrvačnosti hmoty se “pomeranč“ bude ohýbat dozadu, jakmile “auto“ zrychlí. “Anténa“ se ohne dozadu a zůstane odkloněna v úhlu, úměrnému zrychlení vozu. Díky pružnosti se začne “anténa“ vracet do svislé polohy, jakmile “auto“ dosáhne konstantní rychlosti (Kingma et al, 2016).

1.4.3 *Patologie*

Ztráta senzorů pro detekci pohybu a náklonu vede nevyhnutelně ke ztrátě funkčnosti. Tento stav nemůže být kompenzován jinými smyslovými systémy, protože nemají dostatečnou citlivost pro vyšší frekvence. Trvalá jednostranná nebo oboustranná periferní ztráta vede k trvalé redukci automatické stabilizace obrazu při pohybu hlavy (oscilopsie, porucha dynamické zrakové ostrosti), trvalé ztrátě kontroly rovnováhy (neschopnost dual taskingu při chůzi) a trvalé ztrátě automatické orientace v prostoru. Poslední jmenované se projevuje jako nejistota v situacích se silnými optokinetickými podněty a to zejména v rušných prostorech, jako jsou supermarkety či při provozu na silnicích. Souvislá a intenzivní kognitivní zátěž pak vede k rychlé únavě, což je zásadním problémem u pacientů s vestibulárním deficitem (Kingma et al., 2016).

Jednostranné vestibulární léze vedou k náklonu a těla směrem ke straně léze. Typicky lze tuto poruchu otestovat ve Fukudově testu. Při přešlapování na místě se pacienti s unilaterální lézí otáčejí směrem ke straně léze. Asymetrické držení těla postupem času ustupuje a vrací se do optimální pozice. Vyrovnání postury je pak považováno za známku vestibulární kompenzace. Oboustranná porucha vestibulárního systému se většinou projevuje v klinickém obrazu s náklonem hlavy směrem dopředu. Změna postury bývá spojena s bolestí, zvýšeným svalovým napětím zejména v oblasti krku a u pacientů s vestibulárními obtížemi je typickým dysfunkčním příznakem (Herdman et al., 2014)

Snížení vestibulární citlivosti a presbyopie souvisí se stárnutím. Tyto jevy jsou hlavní příčinou poruchy dynamické zrakové ostrosti, zhoršené rovnováhy a vysokého výskytu pádů u starších lidí. Mimo degeneraci vláskových buněk, ovlivňuje také procesy stárnutí tuhost a hydratace tkáně, čímž je ovlivněna fyzikální kvalita polokruhovitých kanálků a otolitového systému. Optimální rozsah vnímání receptorů polokruhovitých se posouvá na vyšší frekvence. S věkem se pak pohyby zpomalují kvůli tužší mechanice těla (Kingma et al., 2016).

Dalším příznakem poruchy vestibulárního aparátu je nystagmus. Jedná se o rychlý, rytmický pohyb očních bulbů. Střídají se pomalé a rychlé fáze, nystagmus má obvykle rychlou a pomalou složku.

Existuje mnoho příčin, ale většinou je příčinou patologie v oblasti periferního vestibulárního aparátu, mozkového kmene, mozečku a také zrakové dráhy.

Nystagmus se objevuje buď kontinuálně, nebo v určitých epizodách. Epizody se mohou objevit spontánně, v určitých polohách nebo při jistých podmínkách sledování objektu či je mohou spouštět konkrétní manévry. Typicky se nystagmus vyznačuje určitými patologickými atributy, které jsou spojeny s patologickými mechanismy (Eggers et al., 2019).

Vzniku předchází porucha asymetrie obou vestibulárních aparátů a tak se stane, že silnější aparát přetlačí oční bulby na stranu slabšího. Směr nystagmu se určuje podle rychlé složky. Dělení je pojmenováno podle směru na horizontální, rotační, vertikální a diagonální. Nystagmus může být nahoru bijící tzv. upbeating nebo dolů bijící tzv. downbeating. U postižení horizontálního kanálku rozlišujeme ještě nystagmus geotropní, bijící směrem do země a apogeotropní, který bije opačným směrem (Ambler, 2011; Kim et al., 2018, Vyhnálek et al., 2007).

Do diferenciální diagnostiky nystagmu řadíme akutní intoxikace, neurodegenerativní poruchy a cerebrovaskulární příčiny (Tarnutzer et al., 2017).

Při lézi vestibulárního systému je nejčastější patologií vertigo neboli závrať. Jedná se o vnímání porušené rovnováhy a rovněž poruchu orientace v prostoru. Dále je s vertigem spojený pocit rotace nebo nejistoty. Vertigo bývá spojeno s vegetativními příznaky jako nauzea, zvracení či pocení. Přidružené je potom zamlžené vidění, nejistá chůze, stavy slabosti až kolaps. Závratě dělíme na rotační a poziční. Rotační závrať se vyznačuje pocitem, kdy se okolí točí okolo nás. Vertigo poziční je označováno jako pocit nejistoty nebo houpání v prostoru – pocit je obdobný jako při opilosti. Závratě patří mezi deset nejčastějších důvodů návštěv u specialistů neurologů. Při vyšetření je potom nezbytné odebrat podrobnou anamnézu, zejména zjistit frekvenci záchvatů závratí (Ambler, 2011; Neuhauser, 2007).

Nystagmus může také měnit směr a je pak označen za alternativní. Dále se dělí na rychlý a pomalý, podle toho, jaká je jeho frekvence. Amplituda potom určuje, zda je jemný či hrubý. Pokud se střídá větší amplituda s menší, jedná se o nystagmus dysrytmický, ke kterému dochází často u poruch mozečku. Nystagmus se rozděluje podle intenzity do tří stupňů. První stupeň je při krajním pohledu a kopíruje směr rychlé složky. Druhý stupeň je i v pohledu přímém. Při třetím stupni se nystagmus objevuje i při pohledu směrem opačným, než je rychlá složka (Ambler, 2011).

Mezi významné poruchy vestibulárního systému patří poruchy sluchu. Vznik poruchy sluchu může být zapříčiněn v kterémkoliv místě vestibulocochleárního nervu nebo centrálních vzestupných drah. *Hypakusis* značí pojem pro nedoslýchavost.

Pro úplnou hluchotu se používá pojmenování *surditas*. Naproti tomu *tinnitus* označuje subjektivní vnímání zvuku, který neexistuje. Pacienti tento stav popisují jako šumění či hučení v uchu. *Tinnitus* zapříčiňuje léze v Cortiho orgánu nebo *n. cochlearis*. Poruchou sluchu se dále zabývají specialisté otorinolaryngologové (Ambler, 2011).

V diferenciální diagnostice můžeme narazit na Méniérovu chorobu. Méniérová choroba je nemoc vnitřního ucha, která způsobuje záchvaty vertiga, ztráty sluchu a tinnitus. Může být doprovázena problémy s chůzí, pády a posturální nestabilitou. Tím se liší od BPPV, u kterého se problémy s rovnováhou neobjevují. Chorobu poprvé popsal na počátku 19. století francouzský lékař Ménière, který pracoval v pařížském ústavu pro hluchoněmé. Etiologie onemocnění je multifaktoriální (Harcourt et al., 2014; Magnan et al., 2018; Nakashima et al., 2016).

Studie z roku 2010 uvádí, že prevalence ve Spojených státech je 190/100 000. Ženy bývají touto nemocí postiženy častěji než muži (Bruderer et al., 2017; Harcourt et al., 2014).

Jedná se o komplexní heterogenní poruchu, ve které je v interakci řada základních faktorů, jako je genetika, anatomie kosti spánkové, autoimunita, migrény. Roli hrají také buněčné a molekulární mechanismy (Nakashima et al., 2016).

Pro potvrzení diagnózy je charakteristický endolymfatický hydrops. Jedná se o patologii, při které se nadměrně hromadí endolymfa ve vnitřním uchu, konkrétně v blanitém labyrintu. Následkem tohoto stavu dochází k poškození gangliových buněk. Vysvětlení této příčiny je nejspíš zvýšená sekrece endolymfy nebo porucha její resorpce do subarachnoideálního prostoru nebo obojí. U většiny pacientů se potom příznaky projeví následně po zmnožení endolymfy (Harcourt et al., 2014; Nakashima et al., 2016).

Pacienti s tímto onemocněním nejvíce trpí zejména epizodickým výskytem vertiga a nevolností. Díky nepředvídatelnosti tak má horší dopad na kvalitu života, než tinnitus a přechodné zhoršení sluchu. Několik studií poukázalo, že nemoc je benigního charakteru. Záchvaty se buď snižují, nebo zmizí. Podle jiných studií však u pacientů s Méniérovou chorobou, u kterých trvá 20 let, stále záchvaty přetrvávají, a to s frekvencí až 4krát během měsíce. Záchvaty se zhoršují s dobou trvání nemoci (Huppert et al., 2010).

Terapie je zacílena zejména na zmírnění záchvatů vertiga a na prevenci jejich možného opakování. Podle jedné studie se osvědčila změna stravy. Zvýšený příjem soli totiž u pacientů s Méniérovou chorobou zvyšuje četnost záchvatů. Někteří lékaři doporučují omezení příjmu kofeinu, alkoholu a kouření. Tyto faktory jsou totiž obecně spouštěče migrény. V případě, že nezabírá konzervativní léčba, využívá se medikace

v podobě gentamicinu. Pokud ani medikace nepomáhá, zvažuje se chirurgická dekomprese (Harcourt et al. 2014; Nakashima et al., 2016).

Dalším onemocněním, které by se mohlo zaměnit s BPPV je vestibulární neuronitida. Jedná se o onemocnění, při kterém akutně dochází k jednostranné ztrátě vestibulární funkce. Je považována za nejčastější příčinu akutního vertiga. Vzniká v důsledku reaktivace viru *herpes simplex*, který přežívá v latentní formě ve vestibulárním gangliu. Postihuje především horní část vestibulárního labyrintu a jeho okolí. Díky tomu bývá funkce zadního polokruhovitěho kanálku a sacculu neporušena (Jeong et al., 2013; Tokle et al., 2019).

Incidence onemocnění je 12-16/100000 za rok. Vestibulární neuronitidou typicky nejvíce trpí osoby ve věku 30-60 let. Muži i ženy jsou postiženy v obdobném zastoupení (Tokle et al. 2019).

K základním diagnostickým znakům patří horizontálně-torzni nystagmus, který bije od strany postižení, tzn. směrem ke zdravé straně. Pozitivní je *head impuls test* pro postižené polokruhovitě kanálky. Při stimulaci postiženého ucha jsou snižené reakce myogenních evokovaných potenciálů. Dále je patrná nestabilita, s možností pádu směrem ke straně léze (Jeong et al. 2013).

Na počátku si pacienti nejvíce stěžují zejména na pocit točení. Objevují se závratě mírnějšího charakteru, v kombinaci s posturální nestabilitou. Symptomy jsou doplněny o vegetativní příznaky jako nevolnost se zvracením, či bez něj, které trvají 1-3 dny. Trvání akutní fáze je zpravidla 2 týdny. Poté následuje subakutní fáze, která trvá obvykle 3 měsíce. U 30 – 50 % pacientů jsou zaznamenávány příznaky, které přetrvávají nadále měsíce nebo roky (Tokle et al., 2019).

V terapii se zaměřuje na vestibulární rehabilitaci, která má za cíl zmírnit závratě, zlepšit rovnováhu a zlepšit celkový fyzický stav. Konzultace ohledně vestibulární rehabilitace jsou základním prvkem, který pomáhá porozumění onemocnění a dále pomáhá pacientům snížit úzkost. V rámci vestibulární rehabilitace probíhá trénink stability těla při pohybu. Je důležité také cvičit stabilitu obrazu za pomoci cvičení pohybu očí a hlavy. Dále se zdokonaluje rovnováha a provádějí se cviky na výdrž. Vestibulární rehabilitace je první volbou pro pacienty s vestibulární neuritidou. Není však dost spolehlivých důkazů o stoprocentní úspěšnosti k uzdravení. Předpokládá se, že návrat do původního stavu nastává v důsledku změny centrálního nervového systému a vývoje nových behaviorálních strategií (Tokle et al., 2019).

Existuje také vaskulárně podmíněné vertigo. Je-li periferního charakteru, jedná se o patologii v povodí *a. labyrinthi*. Dále při postižení *a. cerebelli inferior posterior* (PICA) nebo *a. cerebelli inferior anterior* (AICA) se vyznačuje v klinickém obrazu závratí. Je zde současně charakteristická neurologická symptomatologie. V diferenciální diagnostice u akutního vertiga je důležité se na tuto problematiku zaměřit (Jeřábek et al., 2007).

1.4.4 Vyšetření vestibulárního systému

Vestibulární systém zajišťuje stabilitu obrazu na *fovea centralis* na sítnici během pohybů hlavy. Při neporušené funkci VS poskytují vestibulární receptory přesné zobrazení. Informace jsou nesené pomocí centrálních vestibulárních drah ke kontrole reflexů a vjemů, zprostředkovaných vestibulárním systémem. Pokud jsou vestibulární funkce porušeny, dochází k výstupu a interpretaci chybných informací. Vestibulární systém se nejlépe vyšetřuje pomocí funkčních testů (Herdman et al., 2014.)

Pro vyšetření patologie v oblasti vnitřního ucha se využívá audiometrie, testování vestibulárních evokovaných myogenních potenciálů (VEMP), kalorické testování a elektrokochleografie (Nakashima et al., 2016).

Audiometrie se vyšetřuje pomocí audiometru, který určuje úroveň sluchu (Nakashima et al., 2016).

Hodnocení vestibulárních evokovaných myogenních potenciálů je zahrnuto do neurofyziologického vyšetření. Je prováděno za účelem hodnocení funkce svalu a utriculu. Sestává se z měření potenciálů pomocí akustické nebo mechanického podnětu za pomoci povrchových elektrod, které jsou umístěny na m. sternocleidomastoideus (cVEMP) nebo na m. obliquus inferior (oVEMP). VEMP je však stále obtížné standardizovat. Variabilita VEMP amplitudy je široká. Protože se VEMP snižují s věkem nebo mohou vymizet úplně, zůstává otázkou, zda vůbec existuje spodní hranice normy (Nakashima et al., 2016; Van de Berg et al., 2018).

Dalším laboratorním vyšetřením, které je vhodné k ověření správné funkce vestibulárního systému, vzhledem k očním pohybům, je video – okulografie (VOG). Metoda se využívá pro detekci a kvantifikaci očních pohybů. Tato technika se tak používá k doplnění vestibulárních testů. Je aplikována ve speciálních zařízeních, které jsou určeny pro video head impulse test (VHIP). Je výhodnější využívat video - okulografii místo klasické elektro – okulografie. VOG systémy jsou schopny snímat horizontální

a vertikální pohyby očí v reálném čase s vzorkovací frekvencí pod 300 Hz (Van de Berg et al., 2018).

Kalorické testování posuzuje vestibulooculární reflex (VOR). Provádí se pomocí zavlažování zevního zvukovodu horkou nebo studenou vodou. Pokud je mozkový kmen neporušený, je následně vyvolán nystagmus (Nakashima et al., 2016).

Při elektrokochleografii jsou elektrody umístěné ve zvukovodu nebo ve středním uchu. Diagnostické testování je většinou prováděno pomocí transtympanické jehlové elektrody a monopolární elektrody. Následně jsou zaznamenány elektrické potenciály, které vznikají jako reakce na zvukovou stimulaci. Elektrokochleografie umožňuje odhadnout práh sluchu. Využívá se rovněž během operací, kdy je potřeba monitorovat kochleární funkce (Gibson et al., 2017; Nakashima et al., 2016).

Z konkrétních testů se hojně využívá *head impulse test*, v dnešní době jako konkrétně *video head impulse test*. Test slouží k hodnocení funkce polokruhovitých kanálků. Vyšetřovaný člověk je instruován, aby fixoval očima určitý bod, zatímco vyšetřující ho drží z obou stran za hlavu a provádí s ní sérii rychlých pohybů (De Waele et al., 2017).

Pro vyšetření stability a rovnováhy se využívá Fukudův test, v originále *Fukuda Stepping test*. Jedná se o přešlapování na místě při zavřených očích, po dobu jedné minuty. Tento test poskytuje informace o rovnováze těla a případných výchylných. Z důvodu vyloučení vizuální kontroly, je zásadní správná funkce vestibulospinálního a proprioceptivního systému (Belluscio et al., 2018).

K vyšetření vestibulárních jevů je určena Hautantova zkouška. Vyšetřovaný vsedě drží natažené ruce před sebou po dobu 30 - ti sekund. V obdobné pozici se vyšetřuje zkouška podle Barányho. Vyšetřovaný má ale paže připažené a je vyzván, aby se plynulým pomalým pohybem dotkl svým ukazovákem ukazováku vyšetřujícího, který stojí těsně před ním (Novotný et al., 2007).

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, přítomnost nystagmu vyšetřujeme pomocí Frenzelových brýlí, které umožňují lepší rozlišení. Pro přesnější vyšetření nystagmu však můžeme využít metodu elektronystagmografie (ENG). Dříve se užívala pro záznam pohybů očí elektrookulografie (EOG). K vyšetření EOG jsou zapotřebí povrchové elektrody, umístěné vertikálně a horizontálně. Pomocí elektrod je detekován tzv. corneo – retinální potenciál, a to když se polarita oka otáčí směrem k elektrodám nebo od nich. Protože torzní rotace očí probíhá čistě ve směru nebo proti směru hodinových ručiček a nedochází tak k žádnému vertikálnímu nebo horizontálnímu

vychýlení, elektrody nemohou detekovat změny v corneo – retinálním potenciálu. Proto nemohou být torzní změny pohybu oka detekovány pomocí EOG a využívá se video elektronystagmografie, která nám poskytne přesný záznam patologie (Herdman et al., 2014; Lejska et al., 2017).

1.5 Polohové vertigo

Diagnostika a léčba u polohových závratí je často obtížná. Důvodem je široké spektrum manifestací, a proto je těžké odlišit, o jaký typ polohové závratě se jedná. Hlavním typem je benigní paroxysmální polohové vertigo (Jeřábek et al., 2011).

Rozlišení typu závratě záleží na vyvolávací příčině. V případě polohového vertiga se vždy závrat' objevuje v závislosti na poloze. U BPPV nejčastěji při změně polohy vleže na bok postiženého labyrintu. Okolo 30% pacientů udává při BPPV obtíže spojené s pohyby ve vertikále, jako jsou předklony a záklony. Akutní závrativé stavy se zhoršují při určité poloze a v klidu naopak obtíže mizí (Jeřábek et al., 2007).

Při diagnostice je důležité závratě rozlišovat podle doby trvání. Závrat', doznívající do jedné minuty, většinou značí benigní paroxysmální polohové vertigo, případně vestibulární paroxysmii. Pokud závrat' trvá minuty nebo dokonce hodiny, může se jednat o Méniérovu chorobu či migrénu. Naopak vestibulární neuronitida nebo jiné onemocnění periferního typu se vyznačuje typicky doznívající závratí až do jednoho týdne. Jakmile závrat' přetrvává po dobu více než tři týdnů, jedná se zpravidla o postižení centrálního charakteru. Konkrétně jde o primární centrální léze nebo mozečková léze vlivem nedostatečné kompenzace. Samostatnou kapitolou je potom postižení senzoričné v pokročilém věku (Jeřábek et al., 2007).

V diferenciální diagnostice je potom důležité se zaměřit na charakter závratě, jaký typ závratě subjektivně udává sám pacient. Závrat', která má příčinu v postižení polokruhovitých kanálků, je nejčastěji popisována jako točení na kolotoči. Pokud jsou se závratí přidružené presynkopální stavy, je pravděpodobné postižení spojené s kardiovaskulárním systémem. Dále pacienti mohou popisovat v klidu oscilopsii, což je rozmazaný visus, který je spojen se spontánním nystagmem. Pokud se oscilopsie projevuje pouze při pohybu, jedná se o oboustrannou vestibulární lézi a je patrný patologický vestibulo-okulární reflex (Jeřábek et al., 2007).

1.6 Benigní paroxysmální polohové vertigo

Benigní paroxysmální polohové vertigo (BPPV) patří mezi polohová vertiga, závisí na změně polohy hlavy a těla. Po změně polohy má vertigo rychlý nástup. Jedná se nejen o nejčastější polohové vertigo, ale nejčastější z oblasti závratí vůbec. Tento typ závratě se řadí mezi nejčastěji diagnostikované u specialistů neurologů a otorinolaryngologů (Balatsouras et al., 2018; Vyhnálek et al., 2007).

1.6.1 Dělení BPPV

BPPV má různé varianty podle toho, který kanálek ve středním uchu je postižen. Nejčastější je postižení zadního polokruhovitého kanálku a to přibližně v 85-95% případů. Méně případů je při postižení horizontálního laterálního kanálku. Ojediněle může být postižen i přední kanálek (Vyhnálek et al., 2007).

1.6.2 Výskyt

Patogeneze, diagnostika a léčba BPPV se u starší populace významně neliší od mladší. Prevalence je u starší populace vyšší. U starších pacientů byla také zaznamenána menší efektivita v reakci na léčbu a u těchto pacientů dochází často k recidivě (Balatsouras et al., 2018).

Pacientů s BPPV je 10-100/100000 za rok. Vyskytuje se zejména u pacientů po 40. roku života, více u žen. Prevalence se zvyšuje s narůstajícím věkem. V geriatrické populaci se vyskytuje až 9%. U postmenopauzálních žen je incidence až u 31% žen (Vyhnálek et al. 2007).

1.6.3 Etiopatogeneze

Většina případů BPPV je idiopatická, primární. Může se ale vyvinout i sekundárně, po vzniklých patologických procesech, které poškozují vnitřní ucho a mohou vést až k odtržení otokoní od utriculu. Příčinou může být uzavřené poranění hlavy, chirurgický zákrok nebo jakýkoliv mechanický náraz do hlavy. Trauma je tak nejčastější sekundární příčinou BPPV. Vertigo se po traumatu může objevit hned, ale častěji je to s odstupem uplynulých dnů či týdnů. Při traumatu se většinou poškodí membrána a k uvolnění otokoní dojde až během následujících dnů až týdnů. Často jsou následkem traumatu postižené současně oba labyrinty. Dalšími sekundárními příčinami jsou již primárně vzniklá onemocnění vnitřního ucha jako vestibulární neuronitida

nebo Méniérova choroba. Při těchto onemocněních dochází až k úplné ztrátě sluchu (Instrum et al, 2019, Vyhnálek et al., 2007).

Patogenezi BPPV lze vysvětlit dvěma teoriemi – *kanalolithiáza* a *kupulolithiáza*. Příčinou BPPV, která nastává nejčastěji právě v zadním polokruhovitém kanálku, je *kanalolithiáza*. Jedná se o patologický proces, kdy jsou otokonie přemístěny a vykazují volný pohyb v endolymfě polokruhových kanálků. Druhou příčinou BPPV, která nastává opět nejvíce právě v zadním polokruhovitém kanálku, je *kupulolithiáza*. Otokonie ze sacculu a utriculu mohou být odděleny a následně přilnou ke kupuli zadního polokruhového kanálku. Ve studii z r. 1992 Parnes a McClure et al., poprvé předvedli model in vivo, kde je patrné, že díky gravitaci jsou volně plovoucí částice unášeny endolymfou. Otokonie mají přibližně třikrát vyšší hustotu než endolymfa, a proto jsou citlivější na gravitaci. Vzhledem k viskozitě endolymfy a hydrodynamickému odporu, tak vytvářejí pohybující se částice v endolymfě proud a následně tak způsobí kupulární posun. Následkem je potom přítomný výskyt nystagmu a vertigo. U kupulolithiázy se jedná o nevyčerpatelný nystagmus a u vertiga jsou potom horší výsledky při použití léčebných manévřů (Balatsouras et al., 2018; Bhattacharyya et al., 2017; Instrum et al, 2019; Vyhnálek et al., 2007).

Vzhledem k výskytu onemocnění ve vyšším věku, se předpokládá, že vlivem stáří nastává degenerace gelové matrix a s ní spojovacích fibril. Nastává tak oddělování otokonií a rozvoj idiopatického BPPV (Instrum et al., 2019).

Podle některých studií bylo dokázáno, že BPPV souvisí s poruchou metabolismu vápníku a vyskytuje se tak v souvislosti s osteoporózou. Spolu s nízkou hladinou estrogenu se tak BPPV vyskytuje často postmenopauzálně (Instrum et al., 2019; Vyhnálek et al. 2007).

BPPV označujeme správně jako vertigo polohovací tzn., že ho provokují změny polohy hlavy a těla. Polohovací vertigo je potom většinou přítomno u centrálních poruch. Polohové závratě jsou naopak vázány na určitou polohu hlavy a těla (Vyhnálek et al., 2007).

BPPV je onemocnění, které spontánně ustupuje, avšak často dochází k recidivě. (Lejska et al. 2017).

1.6.4 Diagnostika

Při diagnostice je nutné odebrat podrobnou anamnézu. V případě BPPV pacienti udávají závrat' rotačního charakteru, která má prudký nástup a přetrvává několik sekund. Proces se běžně opakuje po dobu několika hodin během dne. Závrat' je vyvolávána změnou polohy hlavy. Pacienti často udávají první nástup při ranním vstávání z postele. Závratě se objevují při poloze na jednom boku, na straně, kde je právě postižen labyrint. Typické spouštěče jsou posazení z lehu či postavení ze sedu, ulehnutí naznak, předklony a narovnání se z předklonu, přetočení se na bok. Dále závrat' nastává při záklonu hlavy nebo při otáčení hlavou do stran, rovněž vleže. Pacienti dále udávají nejistotu při chůzi až pocit opilsti. Dále bývá rozmazaný visus v důsledku nystagmu. Zejména při začátku se může objevovat nauzea, ke zvracení dochází pouze v ojedinělých případech. Poruchy rovnováhy a další neurologické symptomy se u samotného BPPV bez dalších přidružených onemocnění vnitřního ucha nevyskytují (Vyhnálek et al., 2007).

Významnou složkou u BPPV je poziční nystagmus. V některých případech má nystagmus kombinaci vertikální a rotační komponenty. V jiných případech může být buď čistě rotační, nebo čistě vertikální. Ve zbytku případů se jedná o čistě horizontální typ nystagmu, který se dále dělí na geotropní a ageotropní. V závislosti podle směru, latence a doby trvání se účastní nystagmu jiné oční svaly. Zejména při rychlé složce se účastní *m. obliquus inferior* a to směrem ven, a *m. rectus superior* směrem nahoru. Při pomalé složce je to *m. obliquus superior* směrem dovnitř a *m. rectus inferior* směrem dolů. Pomocí Frenzelových brýlí je možné vzniklý nystagmus lépe zachytit. Směr nystagmu se liší v závislosti na postižení konkrétního kanálku (Lopez-Escamez et al., 2005; Solomon et al., 2000; Von Brevern, 2017 et al; Vyhnálek et al. 2007).

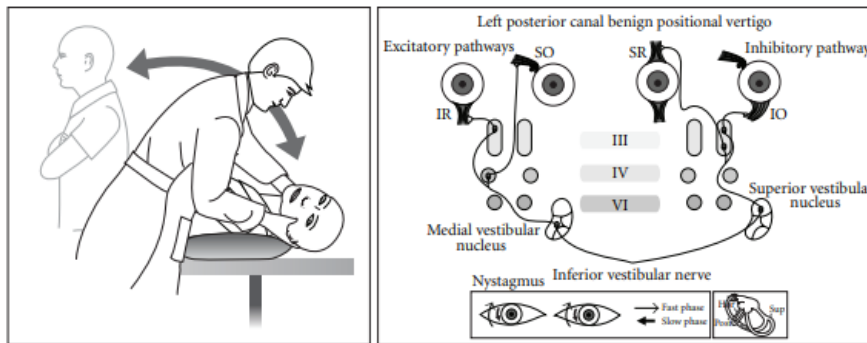
Nejčastěji bývá postižen zadní polokruhovitý kanálek. U zadního kanálku je přítomen rotační nystagmus s vertikální složkou bijící nahoru tzv. *upbeating*. Typický je pro něj *crescendo-decrescendový* charakter.

Postižení laterálního kanálku se manifestuje horizontálním nystagmem, který bije k zemi či ke stropu. Jeho nástup je častěji bez latence a na rozdíl od zadního kanálku nemá *crescendo-decrescendový* charakter. Jeho trvání je delší než u zadního kanálu až do jedné minuty. Je možné nystagmus zaznamenat při poloze na obou bocích, výraznější je vždy na straně postiženého labyrintu. Pro přesnou diagnostiku se využívá *Head roll test*.

Vzácně se objevuje postižení předního polokruhovitého kanálku, cca u 1-2%. Tento stav může nastat po provedení *Dix-Hallpike* manévru pro terapii zadního

kanálku, kdy se následně část otokonií přesune do předního kanálku. BPPV při postižení předního kanálku má však často rychlou a spontánní úpravu. Vyznačuje se rotačním nystagmem s vertikální složkou bijícím dolů tzv. *downbeating*. Opět se k určení používá *Dix-Hallpikův* test (Ling et al., 2020; Vyhnálek et al. 2007).

K diagnostice BPPV využíváme diagnostických manévrů. Nejčastěji se používá *Dix-Hallpikův* manévr (Obrázek 3). Výchozí polohou je sed na lehátku s nohama položenými a nataženými před sebou. Hlava je zrotována o 45° nejprve k jedné straně. Vyšetřující uchopí pacienta za hlavu a rychlým pohybem ho položí na záda, kdy mu hlava přesahuje okraj lehátka. Manévr poté můžeme provést s otočením hlavy na druhou stranu, abychom si ozřejmili správnou diagnostiku postiženého labyrintu (Lejska et al, 2017).



Obrázek 3: *Dix- Hallpikův* manévr (Hornibrook et al., 2011)

Head roll test se využívá, jak již bylo zmíněno, k diagnostice postižení laterálního kanálku. Pacient je položen na záda a následně je mu otočena hlava o 180° (Martellucci et al., 2020).

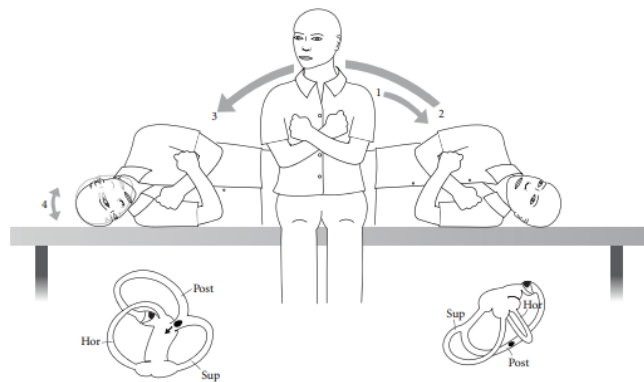
V případě, že je již přítomna jiná porucha v oblasti vnitřního ucha jako je vestibulární neuronitida, Méniérová choroba, můžeme využít dalších vestibulárních a sluchových testů. U těchto onemocnění bývá v klinickém nálezů tinnitus, hypakuze a vestibulární areflexie (Von Brevern, 2017 et al., Vyhnálek et al., 2017).

1.6.5 Terapie

Při léčbě BPPV jsou účinné terapeutické manévry. Výběr terapeutických manévrů závisí na postiženém kanálku. Pomocí reпозиčního manévru dochází k návratu otolitů na správné místo (Richard et al., 2005).

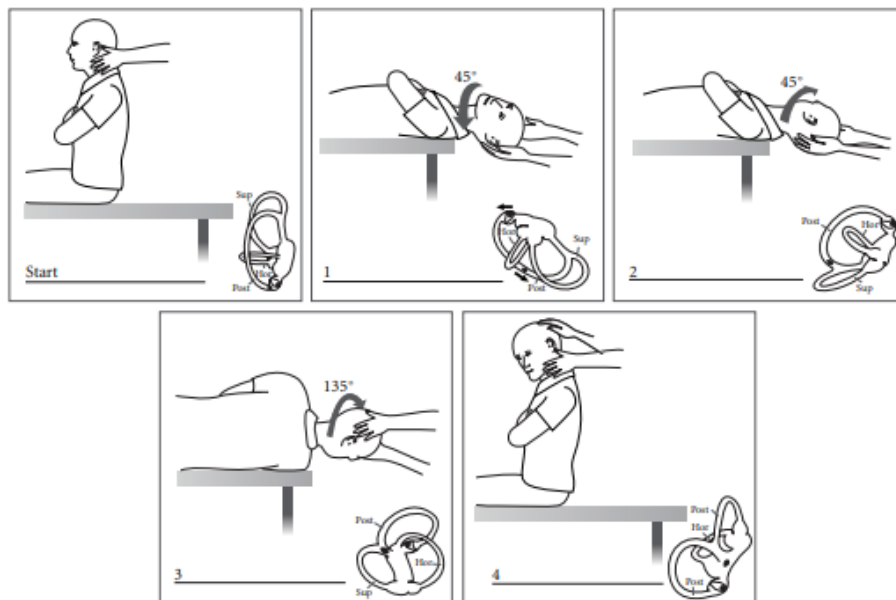
Na zadní kanálek se využívá Sémontův nebo Epleyův manévr.

Sémontův manévr (*Obrázek 4*) je jednodušší na provedení. Začíná se z pozice, kdy pacient sedí na lehátku s nohama dolů. Hlava je pootočená o 45° směrem ke zdravé straně. Následně terapeut uchopí hlavu pacienta a pokládá ho plynule na postižený bok, následně dochází k poklesu hlavy o 30° pod horizontální roviny. V této pozici může často nastat nepříjemný pocit velmi intenzivní závratí, což není důvod k přerušení terapie. Poté je pacient opět plynulým pohybem přes pozici v sedě přesunut na druhý, tentokrát zdravý bok. Rotace hlavy je stále stejná jako ve výchozí pozici a opět je napolohována o 30° pod horizontálu. Končí se opět ve vzpřímeném sedu.



Obrázek 4: Sémontův manévr (Hornibrook et al., 2011)

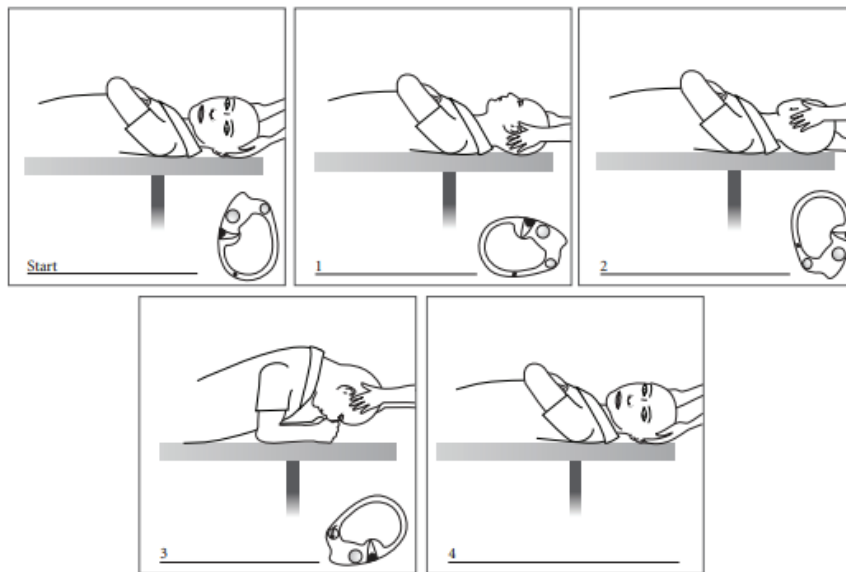
Epleyův manévr má celkem 5 poloh (Obrázek 5). Výchozí pozice je stejná jako u diagnostického Dix-Hallpikova manévru, a to vsedě na lehátku s nohama volně nataženými před sebou. Hlava v tomto případě není rotována a pacient se dívá před sebe. Terapeut pokládá pacienta na záda, hlava přesahuje přes okraj lehátka a o 30° pod horizontálu. Hlava je v této poloze následně zrotována o 45° na stranu postiženého labyrintu. Několik sekund je v této poloze nutno setrvat a následně je hlava přetočena o 90° na druhou stranu. Je stále ve stejném záklonu a nyní je otočena o 45° k druhé straně. Poté vyzveme pacienta, aby se přetočil na bok směrem za otočenou hlavou, na zdravou stranu. Na závěr je pacient zvedán do sedu, kde opět chvíli setrvá. (Lejska et al., 2017).



Obrázek 5: Epleyův manévr (Hornibrook et al., 2011)

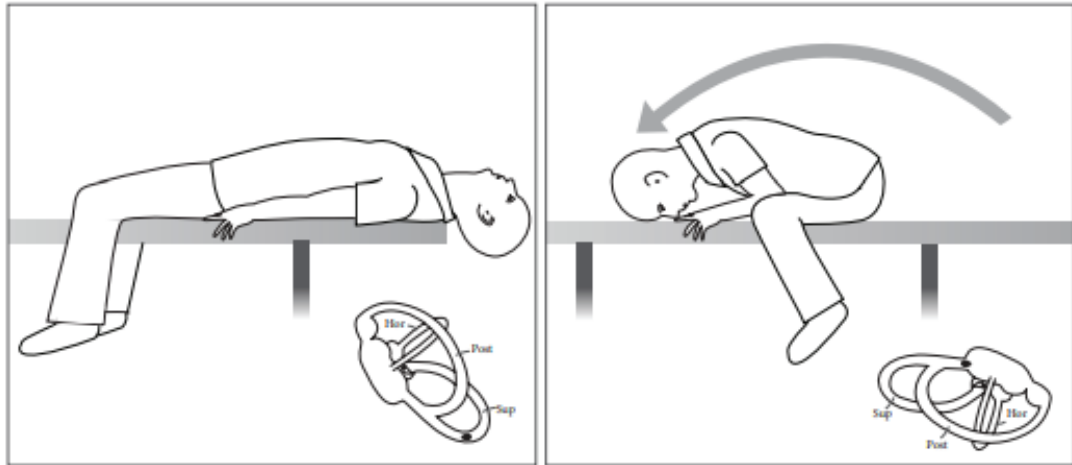
Při postižení laterálního kanálku se využívá tzv. *barbecue repositioning* manévr (Obrázek 6). Pacient leží na zádech a je vyzván o otáčí hlavy ve čtyřech fázích postupně

o 360°. Hlavu mu z obou stran jistí terapeut. Během třetí pozice by měl pacient v pozici na loktech s flektovaným krkem, takže je v této chvíli horizontální (laterální) kanálek v pozici vertikální. Díky tomu otokonie opustí kanálek a jsou úspěšně přesunuty zpět. Po terapeutickém manévru je proveden diagnostický *Head roll test*, a pokud je negativní, léčba byla úspěšná (Hornibrook et al. 2011).



Obrázek 6: Barbecue repositioning manévr (Hornibrook et al., 2011)

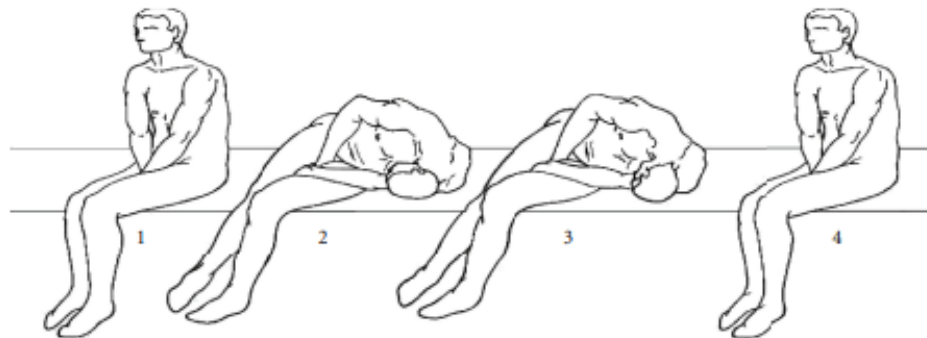
U horního kanálku se využívá opět Epleyův manévr, kdy se začíná otáčet na zdravé ucho a postižený labyrint je tak nahoře. Druhým manévrem je pak Li manévr (Obrázek 7), kdy je pacient rychle přesunut z polohy na zádech obloukovitým pohybem směrem dopředu na čelo (Hornibrook et al., 2011).



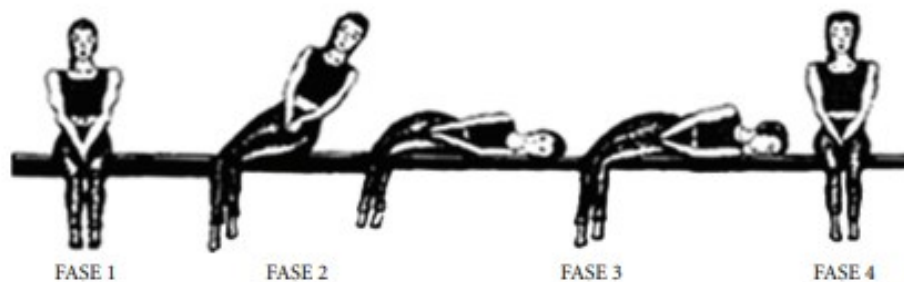
Obrázek 7: Li manévr (Hornibrook et al., 2011)

Dále existují ještě manévry podle Guffoniho (Obrázek 8) a modifikovaný manévr podle Guffoniho (Obrázek 9). Pacient je rychlým pohybem z polohy v sedě položen úklonem na zdravou stranu a hlava je v této pozici následně pootočená o 45° směrem dolů a v této pozici setrvá pacient 3 minuty. Poté je opět pacient posazen do sedu. Modifikovaný Guffoniho manévr je rozdělen na čtyři fáze. Začíná opět z pozice v sedu. Pohyb do lehu je rozdělen na dva kroky. Nejprve je proveden rychlý pohyb s pootočením hlavy o 45°, ve které pacient setrvá 15 sekund. Poté je opět hlava pootočená tentokrát pomalým pohybem o dalších 45°. Následně je hlava otočena směrem dolů o dalších 45° a v této poloze setrvá 2-3 minuty. Konečná fáze je opět zakončena položením zpět sedu (Testa et al., 2012).

Nejvíce využívané jsou v praxi manévry Sémontův a Epleyův z důvodu, že nejčastěji bývá postižen právě zadní kanálek (Testa et al., 2012).



Obrázek 8: Guffoniho manévr (Testa et al., 2012)



Obrázek 9: Modifikovaný Guffoniho manévr (Testa et al., 2012)

Účinky léčebných manévrů prokázaly, že výrazně přispívají ke zlepšení kvality života u pacientů s BPPV (Bhattacharyya et al., 2017).

Jako domácí cvičení je možno využít sérii Brandt-Daroffových habituačních cviků. Jedná se o čtyři polohy. Cvičení je doporučeno vykonávat 1-2krát za den. Cviky jsou podobné léčebným manévrům. Začíná se vsedě s hlavou rotovanou o 45°. Následuje leh na stranu, kam není otočena hlava. Hlava tak poklesne o 30° pod horizontálu a obličej je namířen vzhůru. Poloha je tak srovnatelná s první pozicí dle Sémontova manévru. Opět následuje přemístění do sedu, kdy je hlava stočena k opačnému rameni. A následně opět přichází leh na opačné rameno, hlava stejně jako při předchozí pozici poklesne a obličej míří vzhůru (Lejska et al., 2017).

1.7 Vyšetření subjektivní vizuální vertikály

1.7.1 Faktory pro vnímání vertikality

Důležitým faktorem je pozice těla. Studie se shodují, že pacienti by měli být měřeni vsedě. Hlava má být ve vzpřímené poloze. Ideální je bradu podložit podpěrkou, pro korekci sklonu hlavy. Podpěra hlavy je důležitá zejména u pacientů, pro které je nemožné sedět dlouhodobě ve vzpřímené pozici např. po cévní mozkové příhodě. Náklon hlavy totiž ovlivňuje vnímání SVV. V další řadě je nezbytná korekce osy těla pro umožnění standardizovaných výsledků a možných kontrol při opakovaných měřeních SVV (Zwergal et al., 2019).

Při testování je nutné, aby měl vizuální terč, který pacient sleduje, vhodný kontrast a testovaný na něj pak mohl plně zaměřit svou pozornost. Vhodné podněty jsou luminiscenční tyčinky, svítící svody nebo světelné přímky umístěné na obrazovce televize nebo počítače. Délka sledovaného objektu nemá podle studií vliv na výsledky měření. Objekty jsou v rozmezí od 10 – 100 cm. Vizuální cíl by měl být v dostatečné vzdálenosti od hlavy, většinou více než 30 cm (Zwergal et al., 2019).

Doporučený počet opakování se u měření v jednotlivých studiích značně liší. Většinou se používá kolem deseti pokusů. Čím vyšší počet pokusů, tím jsou validnější výsledky z průměru pokusů. Díky tomu je nižší pravděpodobnost zkreslením kvůli počátečnímu náklonu. Na druhou stranu může vysoký počet opakování přispět k variabilitě výsledků kvůli únavnosti a omezené pozornosti u některých pacientů. Optimální počet opakování je 6 -10 pokusů (Zwergal et al., 2019).

1.7.2 Metody měření subjektivní vizuální vertikály

Možností, jak měřit SVV je mnoho. Využívají se světelné tyče, LED obrazovky, nebo bucket method. Je možné popřípadě využití mobilní aplikace jako je Visual Vertical (Gnanasegaram et al., 2016; Hong et al., 2008)

Při výzkumu podle Sakagami et al., byl použit *head - tilt subjective visual vertical test* HT- SVV test. Pacienti seděli přibližně 60 cm od displeje se světelnou tyčí. Na obličej si nasadili brýle pro vyloučení vizuálních podnětů, s výjimkou pruhu, který odpovídal obrazu na obrazovce. Na začátku měření byl každý pacient požádán, aby pomalu naklonil hlavu buď doprava nebo doleva, přibližně o 30°. Dále následovaly instrukce držet trup vzpřímený se zavřenými očima. Poté co byla hlava v náklonu ve statické pozici,

byl pacient vyzván k otevření očí a následně vyzván, aby s pomocí klávesnice vyrovnal přímku, kterou viděl před sebou, do vertikální polohy. Současně s měřením byl monitorován úhel náklonu hlavy pomocí lineárního akcelerometru, který byl připojen na speciální čepici, kterou si každý pacient nasadil (Sakagami et al., 2021).

Ve studii podle Faralliho et al., využili k měření SVV osvětlenou fluorescenční lištu – konkrétně 40 cm dlouhou a 1 cm širokou. Lišta byla připevněna na zeď pomocí centrální tyče, která ji umožňovala se otáčet v obou směrech. Na horním konci byl umístěn ukazatel se stupnicí, kde dané číslo znamenalo dokonalé zarovnání přímkou s vertikálou. Otočení ukazatele doprava odpovídalo kladným úhlům a otočení doleva záporným úhlům. Jednotlivé hodnoty byly zaznamenávány pomocí displeje. Vyšetřovaní měli za úkol aktivovat a otáčet tyč do vertikály pomocí dálkového ovládání (Faralli et al., 2011).

Ve studii podle Hong et al., využili otočnou židli, spojenou se zařízením pro vnímání SVV. LED zařízení obsahovalo červeně označenou lištu, bylo připevněno k přední straně židle, a to v úrovni očí pacienta. Pro testované pacienty tak byla umožněna snadná manipulace. Manipulace byla možná po a proti směru hodinových ručiček. Měření probíhalo před rotací s židlí a poté po rotaci. Vyšetřovaní byli požádáni, aby nastavili tyč do vertikální pozice. Odchylka SVV od skutečné vertikály směrem k postižené straně byla v kladné hodnotě. Byla-li odchylka zaznamenána na druhou stranu, jednalo se o hodnotu zápornou (Hong et al., 2008).

K měření SVV slouží také zařízení Synapsis. Při vyšetření je opět využita obrazovka, ve které je zobrazena černá úsečka v bílém poli. Pro vyloučení vizuální stimulace má pacient nasazené speciální brýle, které mu umožňují vidět pouze obrazovku. Umožňuje měření ve statických a dynamických podmínkách. Je možné nastavit dynamickou rychlost podle stupňů, nejčastěji se měří za situace $\pm 2^\circ$ nebo $\pm 4^\circ$. Znaménko minus slouží pro značení proti směru hodinových ručiček a znaménko plus je označení po směru hodinových ručiček (Catanzariti et al. 2015).

Při *bucket method* se využívá čistý, neprůhledný, bílý plastový kbelík. Rozměry se mohou lišit, např. ve studii podle Cohen et al., byl využit plastový koš o průměru 23 cm a hloubce 38 cm. Uvnitř je uprostřed koše je černá úsečka se středem. Z vnější strany je vyznačena stejná úsečka, dále je zde úhломěr a olovnice, aby bylo možné zaznamenat stupně, jimiž se úsečka odchyluje od pravé vertikály. Vnitřní svislá úsečka musí dokonale odpovídat přímkou označující nulu na úhломěru. Vyšetřovaný sedí ve vzpřímené poloze a položí obličej dovnitř kbelíku. Test je prováděn s absencí okolních vizuálních podnětů.

Před každým pokusem vyšetřující náhodně otočí kbelík po směru či proti směru hodinových ručiček. Následně se vyšetřovaný, pomocí otáčení kbelíku, pokusí srovnat svislou čáru, aby odpovídala skutečné vertikále. Pokus je optimálně prováděn 3-5 krát vždy po směru a proti směru hodinových ručiček, celkem 6-10 krát. Hodnotitel zaznamená stupně odchylky pro každý pokus. Odečítání na úhломěru je zaznamenáno do plusu v případě, že je měřeno po směru hodinových ručiček, naopak do mínusu v případě proti směru hodinových ručiček. Zwergal et al., označil *bucket method* jako levnou a spolehlivou metodu pro screening pacientů s poruchou vnímání SVV. Vybavení pro metodu je levné, snadno sestavitelné a lehce se obsluhuje (Celis – Aguilar et al., 2017; Cohen et al., 2012).

Testování pomocí mobilní aplikace *Visual Vertical* probíhá obdobně jako *bucket method*. Místo úhломěru je zde na spodní část kbelíku připevněn telefon, na kterém se objevuje daná přímka, označená červenou barvou, kterou má pacient za úkol srovnat do vertikální pozice. Testování opět probíhá při absenci vizuální kontroly ve tmě. Aplikace je schopna vypočítat rozdíl stupňů vnímané vertikály pacientem a skutečné vertikály (Gnanasegaram et al., 2016).

2 CÍLE A HYPOTÉZY

Cílem této práce je seznámit s problematikou BPPV a s abnormalitami ve vnímání vertikality u pacientů s BPPV. V práci chceme zjistit, jaký bude mít následek změna funkce otolitového systému na vnímání vertikality. Jedním ze způsobů, jak funkci otolitového systému ověřit, je změřit vnímání SVV.

U BPPV, kde je otolitový systém porušený, předpokládáme změnu ve vnímání vertikality oproti zdravé populaci.

V práci je poukázáno na možnosti léčby BPPV pomocí cílené rehabilitace ve smyslu repositionálních manévrů. Dalším cílem je prokázat, že po provedení repositionálního manévru, určeným pro léčbu BPPV, se vnímání vertikality zlepši.

H₁: U pacientů s BPPV budou statisticky významné rozdíly hodnot ve vnímání vertikality za statických podmínek v porovnání se zdravou populací.

H₂: U pacientů s BPPV budou statisticky významné rozdíly hodnot ve vnímání vertikality za dynamických podmínek v porovnání se zdravou populací.

H₃: Po provedení terapeutického manévru bude statisticky významný rozdíl ve vnímání vertikality za statických podmínek u BPPV.

H₄: Po provedení terapeutického manévru bude statisticky významný rozdíl ve vnímání vertikality za dynamických podmínek u BPPV.

3 METODIKA

3.1 Charakteristika výzkumného souboru

Testovanou skupinu tvořilo celkem 10 pacientů s BPPV. Kontrolní skupinu tvořilo 10 zdravých jedinců. Vyšetření a testování proběhlo v neurootologické laboratoři na Neurologické klinice 2 LF UK a FN Motol.

Skupina pacientů s BPPV se skládá celkem z devíti žen a jednoho muže. Věk pacientů se pohyboval v průměru 55.0 ± 10.1 let. Nejnižší věk byl 41 let a nejvyšší 67 let.

Kontrolní skupina se skládá ze zdravých jedinců bez známek poruchy otolitového systému. Skupina se skládá opět z devíti žen a jednoho muže. Věk kontrolní skupiny se pohyboval v rozmezí 25.0 ± 0.8 let. Testování výzkumného souboru probíhalo od září 2021 do dubna 2022.

U kontrolní skupiny bylo pomocí fyzioterapeutického vyšetření potvrzeno, že se jedná o zdravé jedince. Nejprve byla odebrána anamnéza se zaměřením na vestibulární systém. Podle odběru anamnézy jsme zjistili, že žádný z probandů netrpěl v posledních letech závratí ani stavy s ní spojené. Vyšetřena byla stabilita stoje a chůze. Při vyšetření nebyla u žádného jedince shledána nestabilita jak ve stoji, tak při chůzi. Stoj byl vyšetřen testem podle Romberga. Kromě klasické chůze byla vyšetřena i modifikovaná chůze v tandemu. Dále byl vyšetřen nystagmus s použitím Frenzelových brýlí. U žádného jedince z kontrolní skupiny nebyla zjištěna přítomnost nystagmu.

3.2 Metodika vyšetření pacientů

Každý pacient prošel před samotným měřením SVV celkovým vyšetřením se zaměřením na vestibulární systém.

U každého pacienta byla nejprve odebrána podrobnější anamnéza. Celkem osm z deseti pacientů již udávalo obtíže delší dobu v rozmezí jednoho až tří let. Jednalo se o recidivující BPPV. Dva pacienti přišli s obtížemi závrativého charakteru, které u nich trvaly do pěti měsíců. U sedmi pacientů bylo podle odebrané anamnézy BPPV označeno jako idiopatické. Tři pacienti udávali v anamnéze úraz hlavy. Čtyři z osmi zmíněných pacientů byli již dříve v péči u doc. Čakrta.

Všichni pacienti udávali subjektivně obtíže jako pocity závratí, plavání v prostoru a nauzeu. Intenzita závrativých stavů potom odpovídala intenzitě pozorovaného nystagmu.

Po odběru anamnézy proběhlo následně vyšetření nystagmu s použitím Frenzelových brýlí.

U všech pacientů byl před prvním měřením zjištěn nystagmus. Jednalo se o rotační nystagmus s vertikální složkou bijící nahoru (up – beating) s typickou latencí a crescendo – decrescendovým průběhem (Tabulka 1).

	Postižený kanálek	Nystagmus
Pacient 1	Pravý	Rotační up – beating
Pacient 2	Pravý	Rotační up – beating
Pacient 3	Pravý i levý (více P)	Rotační up – beating
Pacient 4	Pravý	Rotační up – beating
Pacient 5	Pravý	Rotační up – beating
Pacient 6	Pravý	Rotační up – beating
Pacient 7	Pravý	Rotační up – beating
Pacient 8	Pravý	Rotační up – beating
Pacient 9	Pravý	Rotační up – beating
Pacient 10	Pravý	Rotační up – beating

Tabulka 1: Vyšetření skupiny pacientů

Všech deset pacientů mělo postižený pravý zadní polokruhovitý kanálek. Pouze jedna pacientka měla postižené oba zadní polokruhovité kanálky, ale výraznější obtíže způsoboval kanálek pravý.

Součástí vyšetření bylo vyšetření stability stoje a vyšetření chůze. Vyšetření proběhlo shodně jako u vyšetření kontrolní skupiny. Při vyšetření stoje podle Romberga nebyla u žádného z pacientů zaznamenána pozitivita testu. Při vyšetření chůze a jejích modifikacích nebyla opět u žádného pacienta zaznamenána patologie.

Dvě pacientky se nám podařilo vyšetřit s týdenním odstupem.

První pacientka zaznamenala obtíže související s BPPV v roce 2020. V srpnu 2021 došlo k výraznému zhoršení obtíží, kdy následovalo několik atak během měsíce. Po docházení na terapii, po provedení opakovaných terapeutických manévru udávala výrazné zlepšení stavu, subjektivně o 80%. Pacientka měla postižený pravý zadní kanálek. Při prvním měření byl zjištěn up - beating nystagmus. Po týdenním odstupem již byla pacientka vyšetřena a přítomnost nystagmu jsme nezaznamenali.

Druhé pacientce byla diagnóza BPPV diagnostikována před pěti lety. Od loňského roku dochází cca jednou za týden/čtrnáct dní k doc. Čakrtovi a díky terapeutické intervenci se její stav vždy zlepší. Pacientka měla postižené oba dva zadní kanálky, výraznější postižení bylo pravostranné. Nystagmus byl také přítomen při testování obou kanálků, výraznější při diagnostickém manévru na pravý kanálek. S týdenním odstupem byl nystagmus opět přítomen při testování obou kanálků, opět výraznější při diagnostikování pravé strany.

3.3 Průběh testování

U každého pacienta byl před samotným testováním proveden diagnostický Dix – Hallpikův manévr. Vyšetřování proběhlo v sedě s nataženými nohama na lehátku. Pro následné měření pacient s BPPV musel vykazovat přítomnost nystagmu. Pro lepší pozorování nystagmu jsme využili Frenzelových brýlí (*Obrázek 10*).

Subjektivní zraková vertikála byla testována pomocí zařízení Synapsis. Testování trvalo zhruba 15 minut. Testovaný byl usazen na židli, tak aby měl dolní končetiny v pravém úhlu a jeho špičky se dotýkaly podložky před ním (*Obrázek 11*).

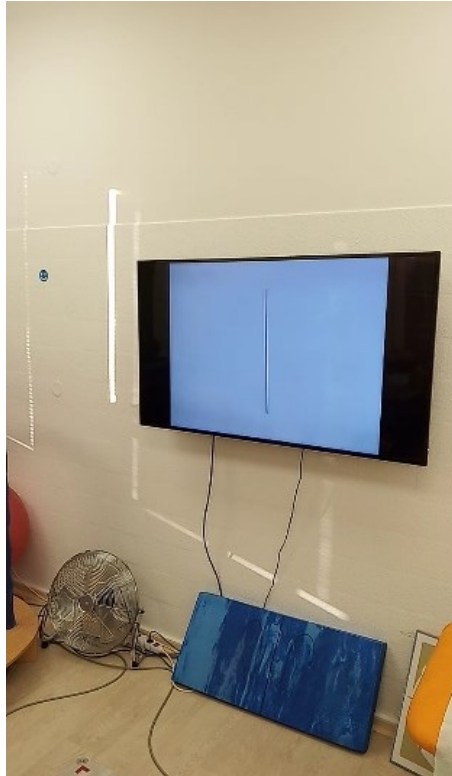


Obrázek 10: Vyšetření nystagmu pomocí Frenzelových brýlí

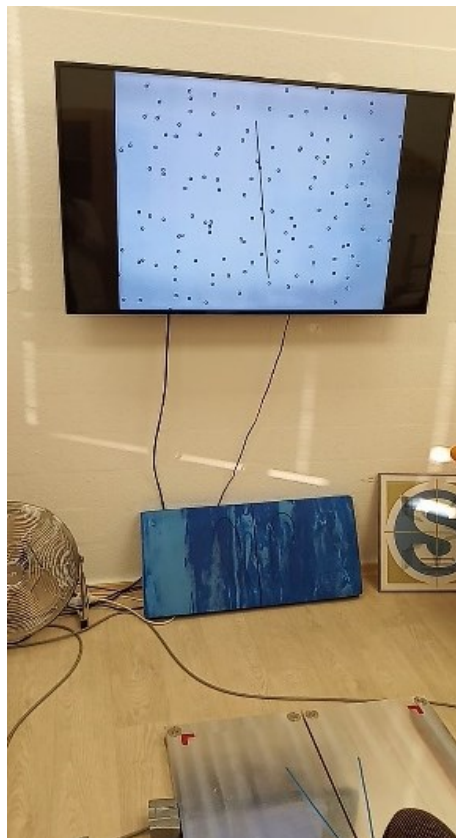


Obrázek 11: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály

Židle byla umístěna 2 metry od obrazovky. Na oči měl testovaný nasazen brýle, díky kterým viděl výřez pouze plochu obrazovky bez jejích okrajů. Na obrazovce byla promítnuta svislá černá přímka na bílém pozadí. Před začátkem testování byla přímka nahodile vychýlena od vertikály buď po směru, nebo proti směru hodinových ručiček. Testovaný měl za úkol pomocí ovladače orientovat přímku podle subjektivního pocitu do vertikální pozice. Stisknutí tlačítek na ovladači znamená otočení přímky o jeden stupeň. Hodnota 0 značí srovnání vertikály do vertikální pozice bez odchylek. Tlačítko doprava znamená posun přímky o jeden stupeň po směru hodinových ručiček a doleva potom posun o jeden stupeň proti směru hodinových ručiček. Pomocí propojení systému Synapsis s počítačem lze nastavit kromě pouhé přímky na bílém pozadí, ještě pohyblivé pozadí, které slouží jako optokinetická stimulace. Pozadí se pohybuje opět ve dvou směrech a to po nebo proti směru hodinových ručiček. Díky tomu měření proběhlo ve statických (Obrázek 12) i dynamických podmínkách (Obrázek 13). V dynamických podmínkách je možné nastavit rychlost pohyblivého pozadí. My jsme použili nastavení pohyblivého pozadí s rychlostí $\pm 40^\circ/\text{s}$.



Obrázek 12: Vyšetření ve statických podmínkách



Obrázek 13: Vyšetření při optokinetické stimulaci v dynamických podmínkách

První proběhlo testování bez jakékoliv předchozí intervence. Testování bylo změřeno ve třech podmínkách – staticky, dynamicky po směru hodinových ručiček (CW) a dynamicky proti směru hodinových ručiček (CCW). Poté byl následně proveden terapeutický Epleyův manévr zacílený na postižený kanálek. Manévr byl vždy zopakován a proveden celkem třikrát po sobě. Po provedení manévrů proběhlo následně měření opět při třech výše zmíněných nastavených podmínkách.

3.4 Zpracování dat

Během jednoho měření bylo zaznamenáno celkem 15 hodnot, vypovídajících o vnímání vertikality. Konkrétně bylo naměřeno 5 hodnot ve statických podmínkách, 5 hodnot při optokinetické stimulaci (OKS) v dynamických podmínkách s nastavenou rychlostí $+40^\circ/\text{s}$ (ve směru hodinových ručiček) a 5 hodnot s nastavenou rychlostí $-40^\circ/\text{s}$ (proti směru hodinových ručiček). Každý testovaný byl touto sérií měřen dvakrát, před provedením repositionálního manévru a po provedení repositionálního manévru. Celkem jsme u každého pacienta zaznamenali 30 hodnot.

U kontrolní skupiny jsme testovali vnímání vertikality bez terapeutické intervence. Opět jsme měřili stejným způsobem ve statických a dynamických podmínkách v obou směrech. U každé kontroly jsme tak získali celkem 15 hodnot.

3.5 Sledované parametry

Pro vyhodnocování výsledků jsme zvolili jako sledovaný parametr průměrnou hodnotu a směrodatnou odchylku.

Průměrná hodnota byla hodnocena u každého pacienta zvlášť postupně u všech tří výše uvedených podmínek měření a to před provedením manévru a po něm.

Stejně tak byl zaznamenán průměr a směrodatná odchylka u kontrolní skupiny. Zde byly u každého pacienta tyto hodnoty vyznačeny pouze před manévrem. Dané hodnoty slouží jako porovnání, zda se liší vnímání vertikality u pacientů oproti zdravým jedincům.

Následně byl porovnán celý soubor deseti pacientů před provedeným manévrem a následně po provedení manévru. Sledovali jsme tak, jestli se po provedení manévru hodnoty zlepšily.

Poté byl porovnán soubor deseti pacientů s deseti kontrolami a to před manévrem, abychom mohli prokázat, zda se u těchto dvou skupin liší hodnota ve vnímání vertikality.

Dalším sledovaným parametrem, u pacientů i u kontrolní skupiny, je fyziologická norma. Hodnoty, které zapadají do fyziologické normy, jsme stanovili v rozptylu $\pm 2^\circ$ ve statických podmínkách a od $\pm 4^\circ$ v dynamických podmínkách. Hodnoty, které nespádají do fyziologické normy, byly vyznačeny červeně.

3.6 Statistické zpracování

Naměřená data byla zpracována v programu MS Excel. Pro statistické zpracování byl použit Studentův dvouvýběrový T – test s jednostranným rozdělením a s různým rozptylem. Hladina statistické významnosti byla stanovena pro $p \leq 0,05$.

4 VÝSLEDKY

Nejprve byli vyhodnoceni pacienti jednotlivě s vypočtenou průměrnou hodnotou se směrodatnou odchylkou ve statických podmínkách, (*Tabulka 2*), v dynamických podmínkách po směru hodinových ručiček (*Tabulka 3*) a v dynamických podmínkách proti směru hodinových ručiček (*Tabulka 4*). V jednotlivých tabulkách jsou červeně vyznačeny hodnoty, které nespádají do fyziologické normy. Při zpracování výsledků jsme uvažovali naměřené hodnoty v absolutních hodnotách, protože nás zajímá odchylka od 0 a neřešili jsme její směr do + nebo -.

	Před	Po
Pacient 1	0.66 ± 0.61	1.00 ± 0.00
Pacient 2	2.00 ± 1.58	2.00 ± 1.22
Pacient 3	1.40 ± 1.14	1.00 ± 0.00
Pacient 4	4.40 ± 1.52	4.40 ± 2.07
Pacient 5	1.00 ± 1.22	0.60 ± 0.55
Pacient 6	1.20 ± 0.84	1.40 ± 0.89
Pacient 7	1.00 ± 1.00	0.60 ± 0.55
Pacient 8	1.00 ± 0.71	0.80 ± 0.45
Pacient 9	2.60 ± 0.89	2.00 ± 0.71
Pacient 10	1.00 ± 0.71	1.40 ± 0.89

Tabulka 2: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály u pacientů před a po manévru staticky

	Před	Po
Pacient 1	1.00 ± 0.71	0.40 ± 0.55
Pacient 2	2.20 ± 1.64	2.60 ± 1.34
Pacient 3	2.20 ± 0.84	0.00 ± 0.00
Pacient 4	5.80 ± 1.48	6.80 ± 0.84
Pacient 5	1.20 ± 1.10	0.80 ± 0.84
Pacient 6	2.40 ± 1.67	0.80 ± 0.84
Pacient 7	1.40 ± 0.55	0.20 ± 0.45
Pacient 8	2.20 ± 0.84	1.20 ± 0.84
Pacient 9	1.80 ± 0.84	1.20 ± 0.84
Pacient 10	1.60 ± 1.14	1.40 ± 0.89

Tabulka 3: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály u pacientů před a po manévru dynamicky (CW)

	Před	Po
Pacient 1	3.40 ± 0.89	0.40 ± 0.55
Pacient 2	6.60 ± 1.67	2.40 ± 0.55
Pacient 3	3.60 ± 1.14	2.60 ± 0.55
Pacient 4	1.40 ± 0.89	3.20 ± 0.84
Pacient 5	2.60 ± 0.55	1.00 ± 0.71
Pacient 6	1.40 ± 0.89	1.00 ± 0.71
Pacient 7	2.80 ± 1.10	0.20 ± 0.45
Pacient 8	1.60 ± 0.55	1.20 ± 0.45
Pacient 9	2.20 ± 0.84	1.40 ± 0.55
Pacient 10	2.00 ± 0.71	1.40 ± 0.55

Tabulka 4: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály u pacientů před a po manévru dynamicky (CCW)

Z výsledků vyplývá, že od fyziologické normy se liší ve statických podmínkách 7 pacientů před provedením manévru a 5 pacientů po provedení manévru. Ve čtyřech případech se jedná o stejné pacienty. V dynamických podmínkách ve směru hodinových ručiček se liší pouze 1 pacient před a 1 tentýž pacient po provedení manévru. V dynamických podmínkách se liší 3 pacienti před a 1 pacient po provedení manévru. Za těchto podmínek se jedná o 4 různé pacienty.

Dále byl vypočten průměr a směrodatná odchylka u kontrolní skupiny (Tabulka 5). Zde jsou opět vyznačeny červeně hodnoty, které se liší od fyziologické normy.

	Staticky	Dynamicky (CW)	Dynamicky (CCW)
Kontrola 1	2.60 ± 0.89	1.60 ± 0.89	0.80 ± 0.84
Kontrola 2	2.38 ± 0.52	2.40 ± 0.89	1.40 ± 0.55
Kontrola 3	0.60 ± 0.55	0.80 ± 0.45	1.40 ± 0.89
Kontrola 4	0.60 ± 0.55	0.40 ± 0.55	0.60 ± 0.55
Kontrola 5	0.60 ± 0.89	0.80 ± 0.45	1.40 ± 0.55
Kontrola 6	0.60 ± 0.55	2.20 ± 0.45	0.60 ± 0.55
Kontrola 7	0.40 ± 0.55	1.20 ± 1.30	0.20 ± 0.45
Kontrola 8	1.00 ± 0.70	1.40 ± 0.50	1.20 ± 0.45
Kontrola 9	1.40 ± 0.50	1.20 ± 0.80	1.60 ± 0.55
Kontrola 10	1.40 ± 0.55	1.00 ± 0.71	1.40 ± 0.55

Tabulka 5: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály u kontrolní skupiny

Pouze u dvou kontrol byla zaznamenáno odchýlení od fyziologické normy, a to ve statistických podmínkách.

Hlavním statisticky zpracovaným souborem, pro zodpovězení hypotézy H_1 a H_2 , bylo porovnání skupiny deseti pacientů a deseti kontrol před manévrem (*Tabulka 6*).

	Staticky		Staticky	p
Pacienti	1.63 ± 1.44	Kontroly	1.16 ± 0.94	0.06

	Dynamicky CW		Dynamicky CW	p
Pacienti	2.18 ± 1.65	Kontroly	1.28 ± 0.87	<0.05

	Dynamicky CCW		Dynamicky CCW	p
Pacienti	2.76 ± 1.72	Kontroly	1.06 ± 0.70	<0.01

Tabulka 6: Porovnání skupiny pacientů a kontrolní skupiny

Při testování ve statistických podmínkách nebyl statisticky významný rozdíl prokázán ($p = 0.06$). V případě statických podmínek nemůžeme hypotézu H_1 potvrdit. Z výsledků vyplývá, že v obou případech dynamických podmínek byl prokázán statisticky významný rozdíl, v případě po směru hodinových ručiček $p < 0.05$. V případě dynamického měření proti směru hodinových ručiček je $p < 0.01$. Hypotéza H_2 byla potvrzena.

Poslední částí pro statistické zpracování bylo porovnání skupiny deseti pacientů před manévrem a následně po manévru (*Tabulka 7*), abychom mohli prokázat jeho účinnost na vnímání vertikality.

	Staticky		Staticky	p
Před	1.63 ± 1.44	Po	1.52 ± 1.36	0.35

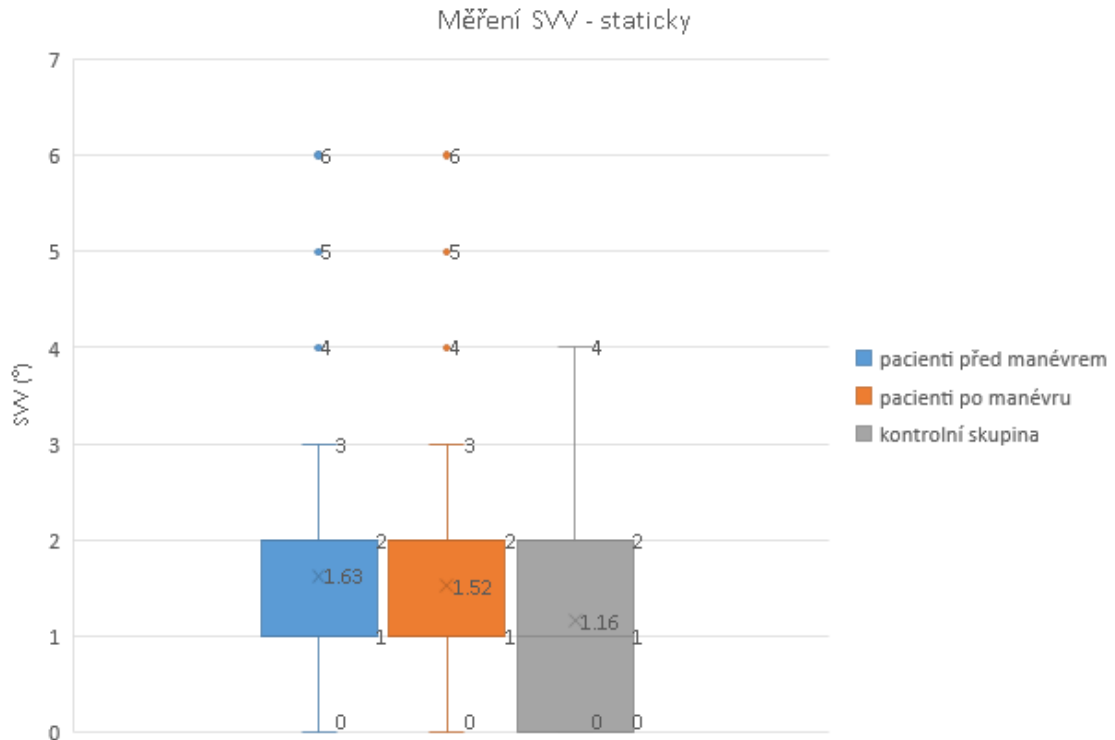
	Dynamicky CW		Dynamicky CW	p
Před	2.18 ± 1.65	Po	1.54 ± 2.02	<0.05

	Dynamicky CCW		Dynamicky CCW	P
Před	2.76 ± 1.72	Po	1.48 ± 1.06	<0.01

Tabulka 7: Porovnání skupiny pacientů před a po manévru

Ve statických podmínkách byl zjištěn rozdíl statisticky nevýznamný ($p = 0.35$). V případě statických podmínek hypotézu H_3 potvrdit nemůžeme. Z výsledků je patrné, že byl opět prokázán statisticky významný rozdíl při dynamických podmínkách, jak po směru, kdy $p < 0.05$, tak proti směru hodinových ručiček, kdy $p < 0.01$. Hypotézu H_4 potvrzujeme.

V grafech byly zaznamenány průměrné odchylky u skupiny deseti pacientů před manévrem, po manévru a u deseti kontrol před manévrem. Grafy jsou rozděleny podle podmínek měření na měření za statických podmínek, při OKS za dynamických po směru hodinových ručiček (CW) a proti směru hodinových ručiček (CCW). V grafech nás opět zajímají odchylky od vertikály, nikoliv jejich směr. Grafy byly vytvořeny pro tři měřené podmínky – statické (*Graf 1*), dynamické po směru hodinových ručiček (*Graf 2*), dynamické proti směru hodinových ručiček (*Graf 3*).

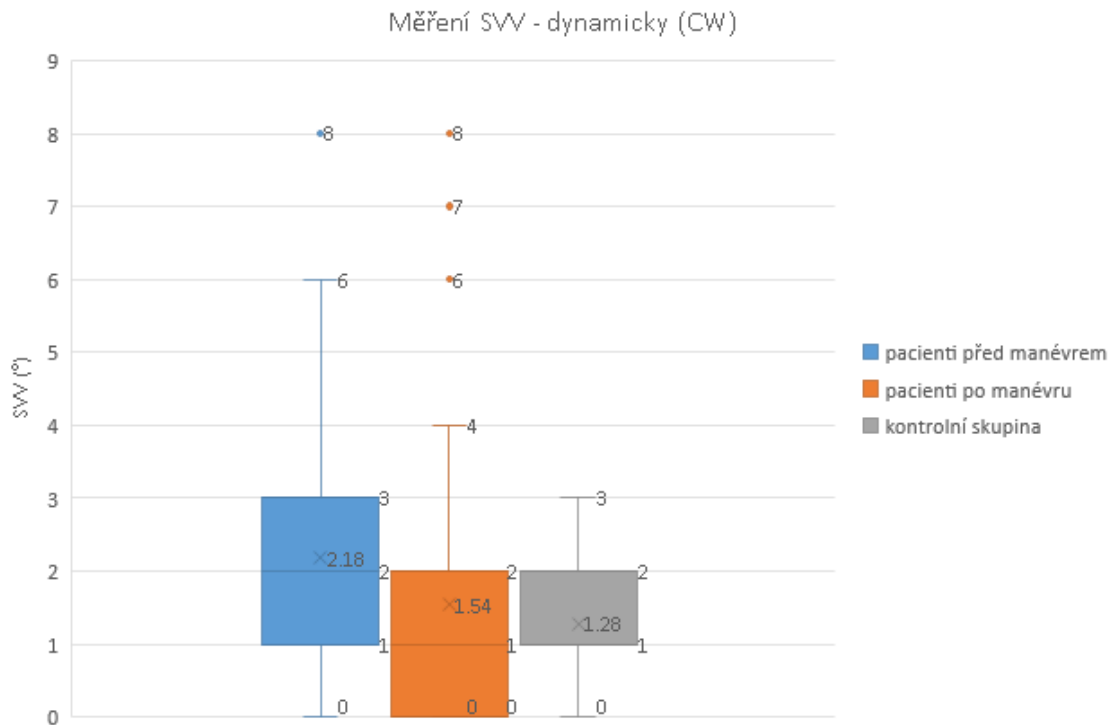


Graf 1: Porovnání pacientů před a po manévru s kontrolní skupinou (staticky)

Ve statických podmínkách byla zjištěna průměrná hodnota odchylky od vertikály skupiny pacientů před manévrem 1.63°. Minimální odchylka byla zachycena jako 0° a maximální 3° s horním kvartilem ve 2° a dolním kvartilem v 1°. Odlehlé hodnoty pozorování sahají až do 6°.

U skupiny pacientů po manévru jsme zaznamenali průměrnou hodnotu 1.52°. Maximum ani minimum se nezměnilo a zůstalo stejné jako před manévrem, tedy 0° a 3°. Odlehlé hodnoty pozorování zůstaly totožné.

U kontrolní skupiny byla průměrná hodnota 1.16°. Minimální naměřená odchylka byla 0° a maximální odchylka 4°.

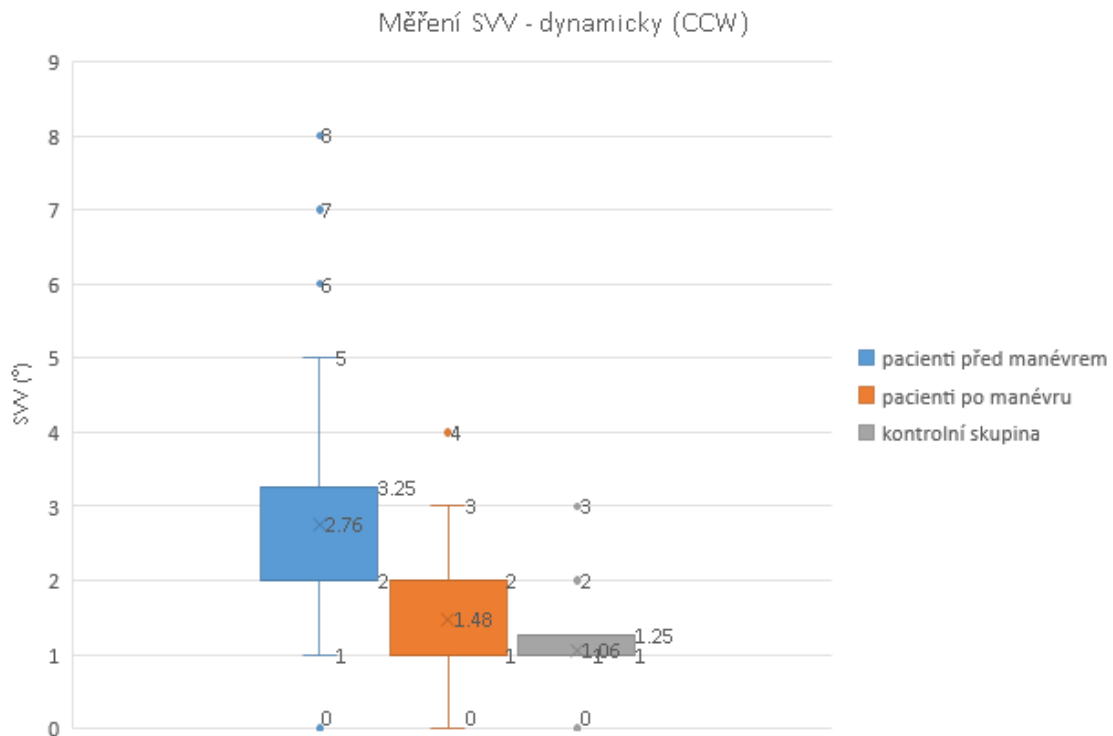


Graf 2: Porovnání pacientů před a po manévru s kontrolní skupinou při optokinetické stimulaci po směru hodinových ručiček (CW)

Za dynamických podmínek (CW) nabyla odchylka od vertikály u skupiny pacientů před manévrem vyšší průměrnou hodnotu než u statických a to 2.18°. Minimum zůstalo i v dynamických podmínkách v 0° odchýlení a maximum nabylo hodnoty o 3° vyšší než ve statických podmínkách, nyní tedy 6°. V odlehlém pozorování se objevila i hodnota 8°.

Po provedení manévru se u skupiny pacientů odchylka zvýšila a to v průměru na 1.54°. Minimum zůstalo na 0° a maximum se zvýšilo o 1° na rozdíl od statických podmínek, v CW podmínkách nabývá hodnoty 4°. V odlehlém pozorování se stejně jako před manévrem objevila hodnota 8°.

U kontrolní skupiny byla zaznamenána hodnota 1.28°. Minimum zůstalo na 0° a maximum se v případě dynamických podmínek snížilo o 1° od podmínek statických, na 3°.



Graf 3: Porovnání pacientů před a po manévru s kontrolní skupinou při optokinetické stimulaci proti směru hodinových ručiček (CCW)

V dynamických podmínkách CCW byla u skupiny pacientů před manévrem zjištěna průměrná hodnota 2.76°. Průměrná hodnota byla vyšší než u předchozích podmínek (CW). Minimum se zvedlo o 1° oproti CW, v CCW bylo právě 1°. Maximum se naopak snížilo na 5°. Hodnoty odlehlého pozorování spadaly od 0° do 8°, stejně jako v předchozím grafu při dynamických podmínkách CW.

Po provedeném manévru byla zpozorována průměrná hodnota 1.48°. Průměrná hodnota po manévru je naopak nižší než u předchozích podmínek (CW). Po provedení manévru za těchto podmínek zůstalo minimum opět na 0° a maximální hodnota byla stejná jako za podmínek statických, tedy 3°. Odchylka z odlehlého pozorování byla 4°.

U kontrolní skupiny se průměrná hodnota snížila na 1.06°. Rozsah minima a maxima se také zúžil, minimum nyní bylo 1° a maximum 1.25°. V odlehlých hodnotách jsme pozorovali odchylku od vertikály 0° a 3°.

Jak bylo výše zmíněno v metodice, u dvou pacientek jsme zaznamenali vyšetření SVV s týdenním odstupem. Pro porovnání hodnot jsou přiloženy tabulky s naměřenými hodnotami při prvním setkáním po provedení manévru (Tabulka 8, Tabulka 9).

Staticky	Dynamicky CW	Dynamicky CCW
1	0	-1
1	0	-1
1	0	-2
1	1	-1
1	1	-2

Tabulka 8: Druhé měření u pacientky 1

Staticky	Dynamicky CW	Dynamicky CCW
2	4	-3
0	4	-2
3	1	-3
2	2	-2
-3	2	-2

Tabulka 9: Druhé měření u pacientky 2

Pro porovnání jsme opět uvažovali hodnoty odchylek od vertikály v absolutních hodnotách, zajímala nás opět odchylka od vertikály, nikoliv její směr. Z měření s týdenním odstupem u pacientky 1 (Tabulka 10) je patrné, že při statických a dynamických podmínkách (CW) se hodnoty pro vnímání vertikality výrazně nezměnily. V měření z dynamických podmínek (CCW) se průměrná hodnota po týdnu zvýšila. Při druhém měření (Tabulka 8) byla 1.4 ± 0.56 a s týdenním odstupem potom 2.2 ± 0.87 .

Staticky	Dynamicky CW	Dynamicky CCW
1	0	-1
0	0	-2
0	1	-3
-1	2	-2
-1	1	-3

Tabulka 10: Měření s týdenním odstupem u pacientky 1

U pacientky 2 (*Tabulka 11*) se naopak zvýšily průměrné hodnoty při statických a dynamických (CW) podmínkách s týdenním odstupem. Po 2. měření byla průměrná hodnota z měření za statických podmínek 2 ± 1.22 a za dynamických podmínek 2.6 ± 1.34 . S týdenním odstupem se potom průměrná hodnota zvýšila na 2.4 ± 1.52 statických podmínek a na 3.4 ± 1.52 za dynamických podmínek (CW). V dynamických podmínkách (CCW) se hodnota výrazněji nelišila.

Staticky	Dynamicky CW	Dynamicky CCW
4	5	-1
3	5	-2
3	3	-3
2	2	-2
0	2	-2

Tabulka 11: Měření s týdenním odstupem u pacientky 2

5 DISKUZE

Naše výsledky ukázaly, že pacienti s BPPV mají zhoršené vnímání vertikality oproti zdravým jedincům. Ve statických podmínkách jsme statisticky významný rozdíl nenalezli. Zjistili jsme statisticky významný rozdíl ve vnímání vertikality mezi pacienty s BPPV a kontrolní skupinou v dynamických podmínkách.

Naše práce se zabývala výzkumem ovlivnění subjektivní zrakové vertikály pomocí repositionálního manévru. Zjistili jsme, že Epleyův repositionální manévr ve statických podmínkách vnímání vertikality nezlepší. Podle našich výsledků však ovlivní terapeutický manévr SVV za dynamických podmínek (CW i CCW).

V práci podle Faralliho et al., realizovali podobný výzkum. Do výzkumu zařadili 30 pacientů s BPPV. Oproti naší práci měli pacienty rozdělené podle pravostranného a levostranného postižení zadních polokruhovitých kanálků. Měření proběhlo celkem třikrát, pouze ve statických podmínkách. První měření proběhlo před repositionálním manévrem. Průměrná hodnota z prvního měření byla u pravostranně postižených pacientů nižší (0.88 ± 0.50) než v naší práci (1.63 ± 1.44). Pacienti v jejich práci vykazovali menší odchýlení od nuly. V porovnání s kontrolní skupinou zde byl prokázán ve vnímání SVV statisticky významný rozdíl ($p < 0.05$). Po provedení manévru byl statisticky významný rozdíl ve vnímání SVV u poloviny pacientů ($p < 0.05$). V práci podle Faralliho uvažovali i směr odchylky. Skupina pacientů s levostranným postižením měla naměřenou průměrnou hodnotu -0.62 ± 0.47 . Při druhém měření, po provedení terapeutického manévru, byla u 16ti ze 30ti zaznamenána odchylka kontralaterálně (CCW). Trend se však netýkal jen jedné postižené strany. Jednalo se o 9 pacientů s pravostranným postižením a 7 pacientů s levostranným postižením. Z druhého měření byl zaznamenán signifikantní rozdíl u 72.2% pacientů s pravostranným postižením a u 58.3% s levostranným postižením. S týdenním odstupem se u pacientů průměrná hodnota snížila na 0.25 ± 0.78 . Opět byl prokázán statisticky významný rozdíl v porovnání s kontrolní skupinou (Faralli et al., 2011).

Ve studii podle Sachdeva et al., se zabývají prokázáním vlivu terapie u vestibulárních pacientů na léčbu BPPV. Pro hodnocení vestibulární patologie bylo mimo jiné použito měření SVV a subjektivní vizuální horizontály (SVH). U 68% pacientů byl test pro měření SVV a SVH shledán jako pozitivní a byly zaznamenány patologické odchylky. Zajímavé je, že u pacientů s akutními příznaky BPPV bylo při měření SVV

zaznamenáno, že při orientaci přímky do vertikály, vykazovali odchylky směrem ke straně léze. Za terapeutický manévr byl zvolen Epleyův manévr se zdůvodněním, že patří mezi nejefektivnější manévry v léčbě pacientů s vestibulární problematikou. V práci zhodnotili celkem 132 pacientů. Každý pacient byl zpolohován pomocí Epleyova manévru při prvním setkání, s týdenním odstupem a s šesti měsíčním odstupem. Po prvním terapeutickém zásahu se zlepšilo 37.89% pacientů s BPPV. Bylo shledáno, že rozdílné výsledky u pacientů s BPPV souvisí s faktory jako je postižení jednoho či obou zadních polokruhovitých kanálků. Dále záleží na počtu opakování cyklů terapeutického manévru během jedné terapie. Z výsledků je patrné, že 37.69 % bylo po jednom týdnu asymptomatických a nevykazovali tak již příznaky BPPV. Po šesti měsících bylo potom přetrvávající BPPV shledáno pouze u 0.76 % pacientů (Sachdeva et al., 2020).

El-Minawi et al., se ve studii zabývá vlivem terapeutických manévru na zlepšení stavu u pacientů s postižením zadního kanálku u BPPV. Probandy ve studii tvořilo 20 pacientů s BPPV a 20 zdravých jedinců jako kontrolní skupina. U dvaceti pacientů bylo diagnostikováno BPPV s pravostranným nebo levostranným postižením zadního kanálku. Pro diagnostiku byl použit, stejně jako v naší práci, Dix-Hallpikeův manévr. Kontrolní skupina se skládala z jedinců podobného věku a ve stejném poměru pohlaví jako skupina pacientů s BPPV. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pacienty s BPPV a kontrolní skupinou ve věkovém průměru ani v pohlaví. Kontrolní skupina byla vyšetřena ve smyslu vestibulárních funkcí a s odběrem podrobné anamnézy. Na rozdíl od naší práce bylo do vyšetření kontrolní skupiny zahrnuto vyšetření sluchu a video - nystagmografie. Měření probíhalo stejně jako v naší práci před terapeutickým zásahem a poté po provedení terapeutického manévru. Navíc proběhlo ještě s týdenním odstupem. Kontrolní skupina byla měřena ve stejném schématu. V práci byl rozlišen posun ve vnímání vertikály v dynamice po směru (CW) a proti směru hodinových ručiček (CCW). Rozdíl ve vnímání CW a CCW u kontrolní skupiny nebyl statisticky významný. Byl shledán statisticky významný rozdíl mezi kontrolami a pacienty s BPPV v náklonu vertikály, kdy většina kontrolní skupiny měla nakloněnou vertikálu směrem doprava. Nebyl shledán statisticky významný rozdíl v měření CW a CCW a při prvním měření SVV. El-Minawi et al., rozdělili pacienty na pravostranné a levostranné, jak je výše zmíněno, a na rozdíl od naší práce zkoumali vliv stran na vnímání vertikality. U pravostranných a levostranných postižení nebyl statisticky významný rozdíl při měření na obě strany. Všechny odchylky od normy při měření CW byly zaznamenány i CCW.

Závěrem lze říci, že nebyl statisticky významný rozdíl mezi pacienty s BPPV ve směru CW a CCW směru stejně jako v naší práci. Stejně tak nebyl statisticky významný rozdíl u kontrolní skupiny ve směru CW a CCW. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v průměrných hodnotách u pacientů s BPPV s oboustranným postižením. Podle průměrné hodnoty v absolutní hodnotě byly odchylky SVV významně vyšší u pacientů s BPPV než u kontrolní skupiny. Průměrná hodnota odchylky od vertikály byla po vymizení BPPV významně nižší než při setrvávající diagnóze BPPV. Cílem práce bylo prokázat, zda terapeutický manévr ovlivní vnímání SVV. Podle výsledků byla potvrzena hypotéza, že terapeutický manévr zlepšil vnímání vertikality u pacientů v BPPV (El - Minawi et al., 2019).

Vnímání SVV nemusí být zkoumáno pouze u BPPV pacientů. Batuetas - Caletrio et al., se zabývá měřením SVV ve své práci u pacientů po resekcii vestibulárního schwannomu. Pro zhodnocení vnímání SVV byl kromě měření použit dotazník *The Dizziness Handicap Inventory*, který autoři uvádí jako vhodný indikátor k subjektivnímu posouzení závrativých stavů a koreluje s vnímáním SVV. V práci bylo sledováno celkem 24 pacientů, u kterých bylo zaznamenáno vnímání SVV před chirurgickým zákrokem. Následně proběhlo měření s odstupem 1, 3 a 6 ti měsíců po operaci. Z výsledků byl shledán statisticky významný rozdíl pro hypotézu, že pacientům s vyšším stupněm vestibulárního schwannomu trvalo delší dobu dosáhnout lepších výsledků ve vnímání SVV než u pacientů s nižším stupněm vestibulárního schwannomu. Tento rozdíl byl smazán při vyšetření s odstupem šesti měsíců, kdy byly u pacientů zaznamenány stejné výsledky, nehledě na stupeň postižení vestibulárního schwannomu (Batuetas – Caletrio et al., 2013).

V naší práci jsme zvolili měření SVV pro objektivizaci vnímání vertikality.

Měření SVV je objektivizovanou metodou jako měřítko pro úspěšnost léčby BPPV. Horinaka et al., ve studii pro léčbu BPPV využívá k objektivizaci úspěšnosti léčby měření SVV. Do studie bylo zahrnuto celkem 88 pacientů s diagnostikovaným BPPV. Ve studii byli pacienti rozděleni podle typu léčby – jedna skupina spala s hlavou podloženou ve 45° od podložky - *head-up sleep* a druhá skupina spala s hlavou bez podložení v prodloužení těla - *head-down sleep*. Podle výsledků porovnávali vnímání SVV u zmíněných dvou skupin. Na rozdíl od naší studie se zajímali o směr odchylky od SVV. Ve výsledcích byla porovnány dvě skupiny podle toho, jakým směrem vnímali odchylku vertikály před zahájením léčby (SVV+ a SVV-). S odstupem tří měsíců nebyl mezi oběma skupinami statisticky významný rozdíl.

Skupina pacientů SVV- měla po šesti měsících signifikantně nižší skóre ve vnímání vertikality než skupina SVV+ (Horinaka et al., 2019).

Alberts et al., ve své práci zkoumali vestibulární a somatosenzorické vlivy na prostorovou orientaci. Pro testování zvolili měření SVV. Při měření využili různých poloh probandů pomocí přístroje, kde bylo možné rotovat celé tělo o 90° na obě strany. V jednotlivých polohách byl upraven i náklon hlavy o 30° na obě strany. Testování proběhlo celkem v sedmi různých polohách, vždy s posunem o 30°. Ve speciálním přístroji byla před testovanými umístěna svítící přímka, kterou měli pomocí ovladače srovnat do vertikální pozice. Testování proběhlo pouze u deseti zdravých jedinců. Byl zjištěn významný rozdíl u vnímání SVV při různých polohách mimo vertikální pozici probandů. Při jiné pozici než vertikální byly zjištěny dynamické posuny od vertikály. Statisticky významný rozdíl v odchýlení od SVV byl zjištěn v pozicích +30° a -30° oproti nulovému postavení hlavy. SVV nabyla nejnižších hodnot, když byla v neutrální pozici a její odchylky se zvyšovaly s většími náklony těla (>60°). Stejně tak byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi větším a menším náklonem těla u všech měřených jedinců (Alberts et al., 2016).

Michelson et al., využil ve své práci pro hodnocení SVV, kromě virtuálního měření SVV, metodu *Bucket test*. Studie byla vyhotovena ke zhodnocení spolehlivosti a porovnání těchto dvou metod. Účastníky studie bylo 15 zdravých jedinců, kteří nevykazovali poruchy sluchu, patologii v oblasti středního ucha a měli normální funkci otolitového systému. Každý z účastníků prošel oběma testovacími metodami celkem dvakrát pro porovnání spolehlivosti testů. Měření bylo navíc zaznamenáno ve třech pozicích a to s hlavou v neutrální pozici tzn. 0°, s 45° náklonem CW a s 45° náklonem CCW. Podle výsledků byla zaznamenána průměrná odchylka ve vnímání SVV, podle virtuálního měření systémem *Interacoustics*, o 1° – 2° od nuly s hlavou v neutrální pozici, což koreluje s jinými studiemi, které taky označili tento test jako spolehlivý při testování subjektů s hlavou v neutrální 0° pozici. *Bucket test* byl v porovnání s virtuálním měřením SVV označen jako méně spolehlivý ve všech pozicích nastavení hlavy (Michelson et al., 2018).

Ve studii podle Riera - Tur et al., se zabývali hodnocením efektivnosti mobilní aplikace, která slouží k měření SVV a následné detekci vestibulární patologie. Jedná se o aplikaci k měření SVV vyvinutou pro systém Android. Stejně jako ve studii podle Michelson et al., použili k porovnání *Bucket test*. Ve studii bylo zahrnuto 62 pacientů s vestibulární patologií. V testování senzitivity mobilní aplikace oproti

Bucket method byl shledán statisticky významný rozdíl. Mobilní aplikace tak dosáhla lepších výsledků, konkrétně 86.95% senzitivity a 93.75% reliability (Riera – Tur et al., 2021).

Sakagami et al., ve své práci zkoumali výsledky měření SVV opět u dvou typů testů u pacientů s vertigem. K měření využili Head-Tilt SVV (HT-SVV) test a Head - upright SVV (HU-SVV) test. Studie obsahovala celkem 357 pacientů, z nichž 76 pacientů mělo BPPV. Další pacienti byli diagnostikováni s Méniérovou chorobou, unilaterální i bilaterální vestibulární neuritidou, vestibulární migrénou, vestibulárním schwannomem a ortostatickou dysfunkcí. Při testování pomocí HT-SVV test a HU-SVV byl shledán statisticky významný rozdíl. HU-SVV test měl lepší výsledky pro měření SVV (Sakagami et al., 2021).

Limitem naší práce byl relativně malý soubor pacientů. V našem souboru byl u všech pacientů postižený pravý zadní polokruhovitý kanálek. Pouze u jedné pacientky bylo postižení zadních kanálků oboustranné, ale žádný z pacientů neměl postižený pouze levý zadní kanálek. V naší práci nás zajímala pouze odchylka SVV, pro hodnocení výsledků jsme použili čísla v absolutních hodnotách. Zajímavé by dále bylo sledovat směr odchylky SVV. Proto by bylo dobré mít větší soubor pacientů z důvodu různého postižení kanálků. Zajímavé by bylo sledovat, zda se směr odchylky od SVV chová v závislosti na straně postižení.

Pro naši práci je také limitní, že nebylo provedeno kalorimetrické vyšetření labyrintu. Neměli jsme informace o reaktivitě labyrintu u pacientů, kteří byli vyšetřeni v rámci naší práce. Proto nemůžeme tvrdit, zda patologické vnímání SVV a výraznější odchylky jsou způsobeny BPPV nebo labyrintopatií.

Věk skupiny pacientů a věk kontrolní skupiny se neblíží stejnému průměru. Pro jinou práci by bylo vhodné věk skupiny pacientů a kontrolní skupiny sjednotit.

Tématika, zabývající se vnímáním vertikality, nebyla dosud podrobena mnoha studiím, proto nelze příliš diskutovat o faktorech, které by problematiku mohly ovlivňovat. Podle studií, které byly na toto téma sepsány, nebyla dosud zjištěna příčina, proč někteří jedinci vnímají vertikálu více na jednu nebo druhou stranu. Pro budoucí studie je potřebné vzít větší soubor pacientů a zahrnout pacienty s pravostranným i levostranným postižením polokruhovitých kanálků. Bylo by zajímavé sledovat vliv konkrétní strany postižení kanálku na směr vnímání vertikality. Naše práce se zaměřila na to, jak rozdílně vnímají SVV pacienti s BPPV. Pro další výzkum by bylo vhodné sledovat směr odchylky a příčinu jeho změny.

6 ZÁVĚR

V práci jsme si dali za cíl zjistit, jestli bude rozdíl ve vnímání SVV u pacientů s BPPV oproti zdravé populaci. Při vyšetření ve statických podmínkách jsme statisticky významný rozdíl nezaznamenali. Tudíž hypotézu H_1 nepotvrzujeme.

Naše výsledky prokázaly statisticky významný rozdíl ve vyšetření SVV za dynamických podmínek. Tím jsme potvrdili naši hypotézu H_2 : U pacientů s BPPV budou statisticky významné rozdílné hodnoty ve vnímání vertikality za dynamických podmínek v porovnání se zdravou populací.

Sledovali jsme také odchylku od fyziologické normy, která byla nejvýraznější u pacientů s BPPV ve statických podmínkách před provedením manévru.

Dalším cílem bylo prokázat vliv terapie v podobě reпозиčního manévru a její úspěšnost na změnu vnímání vertikality. Ve statických podmínkách jsme při porovnání hodnot nezaznamenali statisticky významný rozdíl. Hypotéza H_3 nebyla prokázána. Zjistili jsme statisticky významný rozdíl při vnímání vertikality před a po terapeutickém Epleyově manévru za dynamických podmínek (CW i CCW). Byla tak prokázána hypotéza H_4 : Po provedení terapeutického manévru bude statisticky významný rozdíl ve vnímání vertikality za dynamických podmínek u BPPV.

V této práci měli všichni pacienti postižený pravý zadní kanálek. Pouze jedna pacientka měla oboustranné postižení. Pacientka s oboustranným postižením nevykazovala výraznější odchylky ve vnímání SVV na rozdíl od pacientů s jednostranným postižením.

Pro využití do praxe je důležitou informací, že léčebný manévr, v případě této práce Epleyův manévr, zlepšuje vnímání vertikality a současně tak dochází k úpravě BPPV.

Naše výsledky se shodují s autory jiných studií, kde byla také prokázána hypotéza, že pacienti s BPPV mají horší vnímání vertikality než zdravá populace. V naší práci došlo ke shodě pouze za dynamických podmínek. U jiných studií došlo ke zlepšení vnímání vertikality za statických podmínek, v naší práci nikoliv. Shodneme se ale, že terapeutický manévrlepší vnímání vertikality za dynamických podmínek. Shoda v dynamických podmínkách může být zapříčiněna malým vzorkem pacientů v naší práci.

REFERENČNÍ SEZNAM

ALBERTS, Bart BGT, et al. Dissociating vestibular and somatosensory contributions to spatial orientation. *Journal of Neurophysiology*, 2016, 116.1: 30-40.

DOI: 10.1152/jn.00056.2016

AMBLER, Z. Základy neurologie – Učebnice pro lékařské fakulty. 7. vyd., Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-794-3.

BALATSOURAS, D. G., et al. Benign paroxysmal positional vertigo in the elderly: current insights. *Clinical interventions in aging*, 2018, 13: 2251.

DOI: 10.2147/CIA.S144134

BATUECAS-CALETRIO, Angel, et al. Vestibular compensation after vestibular schwannoma surgery: normalization of the subjective visual vertical and disability. *Acta Oto-Laryngologica*, 2013, 133.5: 475-480. DOI: 10.3109/00016489.2012.757798

BELLUSCIO, Valeria, et al. The iFST: An instrumented version of the Fukuda Stepping Test for balance assessment. *Gait & posture*, 2018, 60: 203-208.

DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.12.010

BERGMANN, Jeannine, et al. "The subjective postural vertical in standing: reliability and normative data for healthy subjects." *Attention, Perception, & Psychophysics* 77.3 (2015): 953-960. DOI: 10.3758/s13414-014-0815-z

BHATTACHARYYA, Neil, et al. Clinical practice guideline: benign paroxysmal positional vertigo (update). *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 2017, 156(3) 1- 47.

DOI: 10.1177/0194599816689667

BRADY Scott; SIEGEL J. George et al. *Basic Neurochemistry: Principles of Molecular, Cellular and Medical Neurobiology.*: Academic Press, 2012. Dostupné online.

ISBN 978-0-12-374947-5. s. 920.

BRUDERER, Saskia G., et al. Population-based study on the epidemiology of Ménière's disease. *Audiology and Neurotology*, 2017, 22.2: 74-82. DOI: 10.1159/000475875

CATANZARITI, J.-F., et al., Subjective Visual Vertical and Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS). *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2015, 58: e111.

DOI: 10.1016/j.rehab.2015.07.270

CELIS-AGUILAR, Erika; CASTRO-URQUIZO, Angel et al. Evaluation and interpretation of the bucket test in healthy individuals. *Acta oto-laryngologica*, 2018, 138.5: 458-462. DOI: 10.1080/00016489.2017.1410289

COHEN, Helen S.; SANGI-HAGHPEYKAR, Haleh. Subjective visual vertical in vestibular disorders measured with the bucket test. *Acta oto-laryngologica*, 2012, 132.8: 850-854. DOI: 10.3109/00016489.2012.668710

CUTURI, Luigi F.; GORI, Monica. Biases in the visual and haptic subjective vertical reveal the role of proprioceptive/vestibular priors in child development. *Frontiers in neurology*, 2019, 9: 1151. DOI: 10.3389/fneur.2018.01151/full

ČAKRT, Ondřej, et al. Subjective visual and haptic vertical in young and elderly. *Journal of Vestibular Research*, 2015, 25.5-6: 195-199. DOI: 10.3233/VES-150562

DE WAELE, Catherine, et al. A novel saccadic strategy revealed by suppression head impulse testing of patients with bilateral vestibular loss. *Frontiers in neurology*, 2017, 8: 419. DOI: 10.3389/fneur.2017.00419

DIETERICH, Marianne; BRANDT, Thomas. Perception of verticality and vestibular disorders of balance and falls. *Frontiers in neurology*, 2019, 10: 172. DOI: 10.3389/fneur.2019.00172

DIMICCOLI, Mariella, et al. Striola magica. A functional explanation of otolith geometry. *Journal of computational neuroscience*, 2013, 35.2: 125-154. DOI: 10.1007/s10827-013-0444-x

EGGERS, Scott DZ, et al. Classification of vestibular signs and examination techniques: nystagmus and nystagmus-like movements. *Journal of Vestibular Research*, 2019, 29.2-3: 57-87. DOI: 10.3233/VES-190658

EL-MINAWI, Mohamed Sherif, et al. Subjective visual vertical in posterior canal benign paroxysmal positional vertigo patients before and after Canalith repositioning maneuvers. *Hearing, Balance and Communication*, 2019, 17.1: 69-82. DOI: 10.1080/21695717.2018.1524663

EULENBURG ZU, Peter, et al. Meta-analytical definition and functional connectivity of the human vestibular cortex. *Neuroimage*, 2012, 60.1: 162-169. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.12.032

FARALLI, Mario, et al. Subjective visual vertical before and after treatment of a BPPV episode. *Auris Nasus Larynx*, 2011, 38.3: 307-311. DOI: 10.1016/j.anl.2010.10.005

GALL, Richard M.; IRELAND, Desmond J. et al., Subjective visual vertical in patients with benign paroxysmal positional vertigo. *Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 1999, 28.3: 162.
Dostupné z: <https://www.proquest.com/openview/e691ae4f86ee8b6eb45ff09480b4625e/1?pq-origsite=gscholar&cbl=6501>

GIBSON, William P. The clinical uses of electrocochleography. *Frontiers in neuroscience*, 2017, 11: 274. DOI: 10.3389/fnins.2017.00274

GNANASEGARAM, J., Parkes, W., CUSHING, S. et al., Stimulation from Cochlear Implant Electrodes Assists with Recovery from Asymmetric Perceptual Tilt: Evidence from the Subjective Visual Vertical Test. *Frontiers in integrative neuroscience*, 2016, 10(32), 1-12. DOI:10.3389/fnint.2016.00032

HARCOURT, Jonny; BARRACLOUGH, Kevin et al., Meniere's disease. *Bmj*, 2014, 349. DOI: 10.1136/bmj.g6544

HERDMAN, J. Susan; CLENADIEL A. Richard. Vestibular rehabilitation. 4th edition. Philadelphia, 2014. 657 s. ISBN: 978-0—8036-3970-6/140

HONG, Seok Min, et al. Subjective visual vertical during eccentric rotation in patients with benign paroxysmal positional vertigo. *Otology & Neurotology*, 2008, 29.8: 1167-1170. DOI: 10.1097/MAO.0b013e31818a0f3c

HORINAKA, Akira, et al. Head-Up Sleep May Cure Patients With Intractable Benign Paroxysmal Positional Vertigo: A six-Month Randomized Trial. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 2019, 4.3: 353-358. DOI: 10.1002/lio2.270

HORNIBROOK, Jeremy. Benign paroxysmal positional vertigo (BPPV): history, pathophysiology, office treatment and future directions. *International journal of otolaryngology*, 2011, 2011. DOI: 10.1155/2011/835671

HUPPERT, Doreen; STRUPP, Michael; BRANDT, Thomas. Long-term course of Meniere's disease revisited. *Acta oto-laryngologica*, 2010, 130.6: 644-651. DOI: 10.3109/00016480903382808

HYBÁŠEK, Ivan; VOKURKA Jan. *Otorinolaryngologie*. 2. vydání. Praha: Karolinum, 2006. 426 s. ISBN 80-246-1019-1.

INSTRUM, Ryan S.; PARNES, Lorne S. Benign paroxysmal positional vertigo. *Vestibular Disorders*, 2019, 82: 67-76. DOI: 10.1159/000490273

JEONG, Seong-Hae; KIM, Hyo-Jung; KIM, Ji-Soo. Vestibular neuritis. In: *Seminars in neurology*. Thieme Medical Publishers, 2013. p. 185-194. DOI: 10.1055/s-0033-1354598

JEŘÁBEK, Jaroslav et al. Diagnostika a terapie závrativých stavů. *Neurologie pro praxi*, 2007, 8(4), 231-234.

Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2007/04/11.pdf>

JEŘÁBEK, Jaroslav; KALITOVÁ, Petra. Současné možnosti léčby závratí. *Neurologie pro praxi*, 2011, 12 (5), 340-343.

Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2011/05/10.pdf>

KAHANE, Philippe, et al. Reappraisal of the human vestibular cortex by cortical electrical stimulation study. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 2003, 54.5: 615-624. DOI: 10.1002/ana.10726

KHAN, Sarah; CHANG, Richard. Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*, 2013, 32.3: 437-443. DOI: 10.3233/NRE-130866

KIM, Chang-Hee; HONG, Seok Min. Is the modified cupulolith repositioning maneuver effective for treatment of persistent geotropic direction-changing positional nystagmus?. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2018, 275.7: 1731-1736. DOI: 10.1007/s00405-018-5006-4

KINGMA, H.; VAN DE BERG, R. Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. *Handbook of clinical neurology*, 2016, 137: 1-16. DOI: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00001-7

KREWER, Carmen, et al. Comparison of two methods based on one psychophysical paradigm to measure the subjective postural vertical in standing. *Neuroscience Letters*, 2021, 742: 135541. DOI: 10.1016/j.neulet.2020.135541

LEJSKA, Mojmír; KADAŇKOVÁ, Eva. Příručka pro praxi: Benigní paroxysmální polohové vertigo 1. vydání, Praha, 2017, 8 s.
Dostupné z: [https://www.otorinolaryngologie.cz/content/uploads/2020/02/ppp-bppv.pdf](https://www otorinolaryngologie.cz/content/uploads/2020/02/ppp-bppv.pdf)

LING, Xia, et al. Clinical characteristics of patients with benign paroxysmal positional vertigo diagnosed based on the diagnostic criteria of the Bárány Society. *Frontiers in Neurology*, 2020, 11: 602. DOI: 10.3389/fneur.2020.00602

LOPEZ-ESCAMEZ, Jose A., et al. Multiple positional nystagmus suggests multiple canal involvement in benign paroxysmal positional vertigo. *Acta oto-laryngologica*, 2005, 125(9) 954-961. DOI: 10.1080/00016480510040146

MAGNAN, Jacques, et al. European position statement on diagnosis, and treatment of Meniere's disease. *The journal of international advanced otology*, 2018, 14.2: 317. DOI: 10.5152/iao.2018.140818

MAHFUZ, M. Muntaseer, et al. Human vestibulo-ocular reflex adaptation training: time beats quantity. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 2018, 19.6: 729-739. DOI: 10.1007/s10162-018-00689-w

MARTELLUCCI, Salvatore, et al. Upright BPPV Protocol: Feasibility of a New Diagnostic Paradigm for Lateral Semicircular Canal Benign Paroxysmal Positional Vertigo Compared to Standard Diagnostic Maneuvers. *Frontiers in Neurology*, 2020, 11. DOI: 10.3389/fneur.2020.578305

MEDENDORP, W. Pieter, et al. Psychophysical evaluation of sensory reweighting in bilateral vestibulopathy. *Frontiers in Neurology*, 2018, 9: 377. DOI: 10.3389/fneur.2018.00377

MICHELSON, Patricia L., et al. Assessment of subjective visual vertical (SVV) using the "bucket test" and the virtual SVV system. *American journal of audiology*, 2018, 27.3: 249-259. DOI: 10.1044/2018_AJA-17-0019

NAKASHIMA, Tsutomu, et al. Meniere's disease. *Nature reviews Disease primers*, 2016, 2.1: 1-18. DOI: 10.1038/nrdp.2016.28

NEUHAUSER, Hannelore K. Epidemiology of vertigo. *Current opinion in neurology*, 2007, 20.1: 40-46. DOI: 10.1097/WCO.0b013e328013f432

NOVOTNÝ Miroslav; Kostřica Rom, *Vertigo. Med. pro praxi*, 2007, 4(10): 483-486. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2007/11/11.pdf>

PARNES LS, MCCLURE JA: Historical classics from the Laryngoscope. Free-floating endolymph particles: a new operative finding during posterior semicircular canal occlusion. 1992. *Laryngoscope* 2015;125:1033–1038. DOI:10.1288/00005537-199209000-00006

RIERA-TUR, Laura, et al. Efficacy of the subjective visual vertical test performed using a mobile application to detect vestibular pathology. *Journal of Vestibular Research*, 2021, Preprint: 1-7. DOI: 10.3233/VES-201526

RICHARD, Wietske, et al. Efficacy of the Epley maneuver for posterior canal BPPV: a long-term, controlled study of 81 patients. *Ear, nose & throat journal*, 2005, 84(1) 22-25. DOI: 10.1177/014556130508400110

SAKAGAMI, Masaharu, et al. Results of subjective visual vertical tests in patients with vertigo/dizziness. *Auris Nasus Larynx*, 2021. DOI: 10.1016/j.anl.2021.08.010

SANTOS, T. E.; EDWARDS, D. Non-invasive brain stimulation to treat disorders of human verticality. *Neurol. Rehabil*, 2019, 25: 50-53. DOI: 10.14624/NR1904011

SACHDEVA, Kavita; SAO, Tulsi. The Clinical Response time of Epley maneuvers for treatment of BPPV: a hospital based study. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 2020, 72.4: 503-507. DOI: 10.1007/s12070-020-02038-x

SAKAGAMI, Masaharu, et al. Results of subjective visual vertical tests in patients with vertigo/dizziness. *Auris Nasus Larynx*, 2021. DOI: 10.1016/j.anl.2021.08.010

SHARPE, James A. What's up, doc? Altered perception of the haptic, postural, and visual vertical. 2003. DOI: 10.1212/WNL.61.9.1172

SHINDER, Michael E.; NEWLANDS, Shawn D. Sensory convergence in the parieto-insular vestibular cortex. *Journal of neurophysiology*, 2014, 111.12: 2445-2464. DOI: 10.1152/jn.00731.2013

SOLOMON, David. Benign paroxysmal positional vertigo. *Current treatment options in neurology*, 2000, 2(5) 417-427. DOI: 10.1007/s11940-000-0040-z

TARNUTZER, Alexander A.; STRAUMANN, Dominik. Nystagmus. *Current opinion in neurology*, 2018, 31.1: 74-80. DOI: 10.1097/WCO.0000000000000517

TESTA, Domenico, et al. Treatment of horizontal canal benign paroxysmal positional vertigo: a new rehabilitation technique. *The Scientific World Journal*, 2012, 1-4. DOI: 10.1100/2012/160475

TOKLE, Guri, et al. Efficacy of vestibular rehabilitation following acute vestibular neuritis: A randomized controlled trial. *Otology & Neurotology*, 2020, 41.1: 78-85.
DOI: 10.1097/MAO.0000000000002443

VAN DE BERG, Raymond; ROSENGREN, Sally et al., Laboratory examinations for the vestibular system. *Current opinion in neurology*, 2018, 31.1: 111-116.
DOI: 10.1097/WCO.0000000000000526

VON BREVERN, Michael, et al. Utricular dysfunction in patients with benign paroxysmal positional vertigo. *Otology & Neurotology*, 2006, 27.1: 92-96.
DOI: 10.1097/01.mao.0000187238.56583.9b

VON BREVERN, Michael, et al. Benign paroxysmal positional vertigo: Diagnostic criteria Consensus document of the Committee for the Classification of Vestibular Disorders of the Bárány Society. *Acta otorinolaringologica espanola*, 2017, 68.6: 349-360. DOI: 10.1016/j.otorri.2017.02.007

VYHNÁLEK, Martin et al. Benigní paroxysmální polohové vertigo – nejčastější závratě v lékařské ordinaci. *Neurologie pro praxi*, 2007, 8(6): 348-350.
Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2007/06/05.pdf>

ZALESKI-KING, Ashley C.; LAI, Wanda et al., Anatomy and physiology of the vestibular system. In: *Diagnosis and Treatment of Vestibular Disorders*. Springer, Cham, 2019. p. 3-16. DOI: 10.1007/978-3-319-97858-1_1

ZWERGAL, A.; BRANDT, T. et al., Assessment of verticality perception–tools and clinical application. *NEUROLOGIE & REHABILITATION*, 2019, 9: 18.
DOI: 10.14624/NR1904003

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Informovaný souhlas	77
--------------------------------------	----

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Kostěný a blanitý labyrint (Khan et al., 2013)	17
Obrázek 2: Orientace polokruhovitých kanálek (Kingma et al., 2016)	17
Obrázek 3: Dix- Hallpikeův manévr (Hornibrook et al., 2011)	33
Obrázek 4: Sémontův manévr (Hornibrook et al., 2011).....	34
Obrázek 5: Epleyův manévr (Hornibrook et al., 2011)	35
Obrázek 6: Barbecue repositioning manévr (Hornibrook et al., 2011).....	36
Obrázek 7: Li manévr (Hornibrook et al., 2011)	37
Obrázek 8: Guffoniho manévr (Testa et al., 2012)	38
Obrázek 9: Modifikovaný Guffoniho manévr (Testa et al., 2012)	38
Obrázek 10: Vyšetření nystagmu pomocí Frenzelových brýlí	46
Obrázek 11: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály	47
Obrázek 12: Vyšetření ve statických podmínkách.....	48
Obrázek 13: Vyšetření při optokinetické stimulaci v dynamických podmínkách	48

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Porovnání pacientů před a po manévru s kontrolní skupinou (staticky)	56
Graf 2: Porovnání pacientů před a po manévru s kontrolní skupinou při optokinetické stimulaci po směru hodinových ručiček (CW)	57
Graf 3: Porovnání pacientů před a po manévru s kontrolní skupinou při optokinetické stimulaci proti směru hodinových ručiček (CCW)	58

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vyšetření skupiny pacientů.....	44
Tabulka 2: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály u pacientů před a po manévru staticky	52
Tabulka 3: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály u pacientů před a po manévru dynamicky (CW).....	52
Tabulka 4: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály u pacientů před a po manévru dynamicky (CCW)	53
Tabulka 5: Vyšetření subjektivní vizuální vertikály u kontrolní skupiny.....	53
Tabulka 6: Porovnání skupiny pacientů a kontrolní skupiny.....	54
Tabulka 7: Porovnání skupiny pacientů před a po manévru.....	55
Tabulka 8: Druhé měření u pacientky 1	59
Tabulka 9: Druhé měření u pacientky 2.....	59
Tabulka 10: Měření s týdenním odstupem u pacientky 1	59
Tabulka 11: Měření s týdenním odstupem u pacientky 2	60

Informovaný souhlas pacienta

Souhlasím s poskytnutím informací Bc. Kláře Svobodové a doc. PhDr. Ondřeji Čákrtovi, PhD., pro účely diplomové práce: Vnímání vertikality u pacientů s benigním paroxysmálním polohovým vertigem.

Práce se zaměřuje na vyšetření subjektivní zrakové vertikály pomocí systému Synapsis. Vyšetření proběhne dvakrát a to před a po provedení léčebného manévru benigního paroxysmálního polohového vertiga. Měření je bezpečné a neinvazivní.

Během procedury měření je možné klást jakékoli otázky, které budou následně zodpovězeny a můžete ze studie kdykoli odstoupit.

Souhlasím s použitím písemných záznamů. Veškerá získaná data jsou anonymizována a zpracována výhradně v souvislosti s diplomovou prací.

Jméno a kontakt vyšetřujícího: Bc. Klára Svobodová, email: svobodovak@volny.cz

Jméno:

Datum nar.:

V Praze

Dne

Podpis

Příloha 1: Informovaný souhlas