

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

**Irena Holá**

**Vliv cílené rehabilitace na vestibulární  
kompenzaci u pacientů po resekci  
vestibulárního schwannomu**

**Diplomová práce**

Praha 2016

Autor práce: Bc. Irena Holá

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

Oponent práce:

Datum obhajoby: 2016

## **Bibliografický záznam**

HOLÁ, Irena. *Vliv cílené rehabilitace na vestibulární kompenzaci u pacientů po resekcii vestibulárního schwannomu*. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2016. 77 s. Vedoucí diplomové práce PhDr. Ondřej Čakrt, Ph.D.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá hodnocením vlivu předoperační aplikace gentamicinu na vestibulární kompenzaci pacientů po operaci vestibulárního schwannomu. Studie se zúčastnilo 32 pacientů s vestibulárním schwannomem hospitalizovaných ve FN Motol, indikovaných k neurochirurgické resekcii. U deseti pacientů byl dva měsíce před operací transtympanicky aplikován ototoxický gentamicin. Po operaci pacienti absolvovali rehabilitační program na principu vizuální zpětné vazby s využitím systému Homebalance. Ke zhodnocení průběhu vestibulární kompenzace bylo použito vyšetření subjektivní zrakové vertikály a standardizovaný test chůze Dynamic Gait Index. U každého pacienta byla provedena celkem tři vyšetření: před operací, po operaci a před ukončením hospitalizace. Statistická analýza naměřených dat prokázala statisticky významné zvýšení náklonu subjektivní zrakové vertikály a snížení celkového skóre Dynamic Gait Indexu po operaci. Snížení náklonu subjektivní zrakové vertikály a zvýšení celkového skóre Dynamic Gait Indexu po rehabilitaci jako statisticky významné zjištěno nebylo. Mezi skupinami pacientů s gentamicinem a bez gentamicinu nebyl shledán statisticky významný rozdíl. Vliv aplikace gentamicinu na vestibulární kompenzaci v raném pooperačním období se nepodařilo prokázat.

## **Klíčová slova**

Vestibulární schwannom, vestibulární kompenzace, biologická zpětná vazba, subjektivní zraková vertikála, Dynamic Gait Index, gentamicin

## **Bibliographic identification**

HOLÁ, Irena. *The effect of targeted rehabilitation on vestibular compensation in patients after vestibular schwannoma resection*. Prague: Charles University in Prague, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2016. 77 pages. Supervisor: PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D.

## **Abstract**

The thesis deals with the evaluation of the impact of preoperative application of gentamicin on vestibular compensations of patient after vestibular schwannoma surgery. The trial involved 32 patients with diagnosed vestibular schwannoma and hospitalized with the indicated for neurosurgical resection at the University Hospital Motol. Ototoxic gentamicin was transtympanically applied to ten of these patients two months before their surgery. After the surgery the patients underwent a rehabilitation program based on the visual biofeedback using the Homebalance system. To evaluate the vestibular compensation the subjective visual vertical measurement and the Dynamic Gait Index standardized walking test were used. In total, each patient performed three examinations: before the surgery, after the surgery and before the end of hospitalization. Statistical analysis of the measured data showed the statistically significant increase tilt of subjective visual vertical and the decrease in the overall score of Dynamic Gait Index after surgery. Reduction in the subjective visual vertical tilt and the overall score of Dynamic Gait Index after rehabilitation has not been proven to be statistically significant. Any statistically significant difference was found between the group of patients treated by gentamicin and the untreated group of patients. The significant effect of gentamicin application on the vestibular compensation in the early postoperative period has not been proven.

## **Keywords**

Vestibular schwannoma, vestibular compensation, biofeedback, subjective visual vertical, Dynamic Gait Index, gentamicin

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením 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: 28. 4. 2016

Bc. Irena Holá

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce, PhDr. Ondřeji Čákrtovi, Ph.D., za vedení, cenné poznámky, odborné připomínky, podněty a náměty. Dále bych chtěla poděkovat přednostovi Kliniky otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku 1. LF UK a FN Motol prof. MUDr. Janu Betkovi, DrSc. za umožnění vyšetřování pacientů, dále doc. MUDr. Martinu Chovancovi, Ph.D., MUDr. Silvii Hrubé a Mgr. Kristýně Trávníčkové za spolupráci při organizaci. MUDr. Kryštofu Slabému děkuji za pomoc při statistickém zpracování výsledků. Mé poděkování patří také všem pacientům, kteří poskytli souhlas a zúčastnili se studie.

## SEZNAM ZKRATEK

ABC	Activities-Specific Balance Confidence
BERA	Brainstem Evoked Response Audiometry
BBS	Berg Balance Scale
CNS	centrální nervový systém
COP	Center of Pressure (působíště reakční síly)
CT	computed tomography
DGI	Dynamic Gait Index
FGA	Functional Gait Assesment
FN	fakultní nemocnice
GABA	kyselina $\gamma$ -aminomáselná
Gy	Gray
HKK	horní končetiny
JIP	jednotka intenzivní péče
LF UK	Lékařská fakulta Univerzity Karlovy
MRI	magnetická rezonance
n.	nerv
ncl.	nukleus (jádro)
SD	směrodatná odchylka
SVV	subjektivní zraková vertikála
V1	vyšetření před operací
V2	vyšetření po operaci
V3	vyšetření po rehabilitaci
VCR	vestibulokolický reflex
VOR	vestibulookulární reflex
VSR	vestibulospinální reflex
VS	vestibulární schwannom

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 PŘEHLED POZNATKŮ</b> .....	<b>10</b>
1.1 VESTIBULÁRNÍ SYSTÉM .....	10
1.1.1 Periferní část vestibulárního systému .....	10
1.1.2 Centrální část vestibulárního systému .....	12
1.1.3 Vestibulární reflexy .....	13
1.2 VNÍMÁNÍ VERTIKÁLY .....	14
1.2.1 Možnosti vyšetření vertikality .....	14
1.2.2 Vliv vestibulární léze na vnímání vertikály .....	17
1.3 VESTIBULÁRNÍ SCHWANNOM .....	18
1.3.1 Etiologie .....	18
1.3.2 Symptomatologie .....	19
1.3.3 Klasifikace .....	19
1.3.4 Diagnostika .....	20
1.3.5 Léčba .....	20
1.3.6 Komplikace .....	23
1.4 SYNDROM JEDNOSTRANNÉ VESTIBULÁRNÍ DEAFERENTACE.....	23
1.4.1 Statické symptomy .....	24
1.4.2 Dynamické symptomy .....	26
1.5 VESTIBULÁRNÍ KOMPENZACE.....	28
1.5.1 Mechanismy kompenzace .....	29
1.5.2 Faktory ovlivňující vestibulární kompenzaci.....	30
1.6 VESTIBULÁRNÍ REHABILITACE .....	31
1.6.1 Využití biofeedbacku ve vestibulární rehabilitaci .....	32
1.7 GENTAMICIN .....	35
1.7.1 Využití gentamicinu při léčbě závratí .....	35
1.7.2 Využití gentamicinu u pacientů s vestibulárním schwannomem.....	36
<b>2 CÍLE A HYPOTÉZY</b> .....	<b>38</b>
2.1 CÍLE .....	38
2.2 HYPOTÉZY.....	39
<b>3 METODIKA</b> .....	<b>40</b>
3.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU PACIENTŮ .....	40
3.2 VYŠETŘENÍ.....	41
3.2.1 Vyšetření subjektivní zrakové vertikály .....	41
3.2.2 Vyšetření chůze pomocí Dynamic Gait Indexu (DGI) .....	42
3.2.3 Posturografické vyšetření.....	43
3.2.4 Activities – Specific Balance Confidence scale (ABC).....	43
3.3 TERAPIE S VIZUÁLNÍ ZPĚTNOU VAZBOU .....	44
3.4 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT .....	46
<b>4 VÝSLEDKY</b> .....	<b>47</b>
4.1 SUBJEKTIVNÍ ZRAKOVÁ VERTIKÁLA .....	47
4.2 DYNAMIC GAIT INDEX .....	51
<b>DISKUZE</b> .....	<b>54</b>



<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENČNÍ SEZNAM.....</b>	<b>61</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>70</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>71</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>72</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>73</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>74</b>

## ÚVOD

Vestibulární systém je jeden z nejdůležitějších smyslů. Umožňuje stát vzpřímeně, udržovat rovnováhu, pohybovat se a orientovat se v prostoru. Význam tohoto systému v každodenním životě si mnoho lidí neuvědomuje, protože tyto schopnosti jsou považovány za samozřejmé. Důležitost vestibulárního systému se plně projeví až při jeho poruše, kdy dojde k narušení jeho funkce.

Jedním z takových stavů je syndrom akutní jednostranné vestibulární deaferentace, při kterém dochází k vyřazení vestibulární funkce na jedné straně. Syndrom má za následek řadu nepříjemných symptomů, kterými jsou vertigo, nystagmus, poruchy stability stoje a chůze. Jednostranná ztráta vestibulární funkce může mít různé příčiny. Jednou z nich je přerušení vestibulárního nervu během operace vestibulárního schwannomu.

V průběhu týdnů až měsíců dochází k postupnému zmírňování nepříjemných symptomů a navrácení pacientů do běžného života. Tento proces se nazývá vestibulární kompenzace. Řada autorů je přesvědčena o důležitosti vestibulární rehabilitace, která může vestibulární kompenzaci podpořit. Rehabilitace pacientů po operaci vestibulárního schwannomu může mít různé formy. Kromě klasické vestibulární rehabilitace se v poslední době pozornost zaměřuje na moderní přístupy s využitím biologické zpětné vazby. Nejčastěji využívanou metodou je rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou, která umožňuje pacientům lepší vnímání svého pohybu.

Dalším novým přístupem v léčbě pacientů s vestibulárním schwannomem je předoperační aplikace gentamicinu, který způsobí jednostrannou vestibulární deaferentaci a proces vestibulární kompenzace je nastartován již před chirurgickým zákrokem. Následný průběh pooperačního zotavení by měl být tímto mechanismem urychlen. Vliv gentamicinu na vestibulární kompenzaci není ještě zcela podrobně prozkoumán a ověřen.

Přinést základní přehled o této problematice je cílem teoretické části práce. Experimentální část práce se zaměřuje na hodnocení vlivu předoperační aplikace ototoxického gentamicinu u pacientů po resekci vestibulárního schwannomu a na sledování průběhu vestibulární kompenzace prostřednictvím hodnot náklonu subjektivní zrakové vertikály a vyšetření chůze testem Dynamic Gait Index.

# 1 PŘEHLED POZNATKŮ

## 1.1 Vestibulární systém

Vestibulární systém zajišťuje udržování rovnováhy, regulaci svalového tonu a koordinaci pohybů hlavy a očí. Kromě vestibulárního systému se na udržování rovnováhy a orientaci v prostoru podílí také zrak, propiocepce a mozeček (Ambler, Bednařík & Růžička, 2012, s. 348).

Aferentní vstupy zahrnující signály z vnitřního ucha, propiocepci, zrakové podněty a úmyslné pohyby jsou integrovány komplexem vestibulárních jader. Na základě těchto informací jsou v CNS vytvářeny příkazy pro pohyby očí a těla. Vestibulární systém sám o sobě je velmi přesný. Aby byla zajištěna ještě větší přesnost, je kontrolován mozečkem (Shumway – Cook & Woollacott, 2012).

### *1.1.1 Periferní část vestibulárního systému*

Tato část vestibulárního systému se nachází v labyrintu uvnitř vnitřního ucha. Je ohraničena kostí spánkovou, kochleou a středoušní dutinou. Labyrint se skládá z labyrintu kostěného, uvnitř kterého je uložen labyrint membranózní. Zahrnuje pět sensorických orgánů. Tři polokruhovitě kanálky a dva otolitové orgány - utrikulus a sakulus.

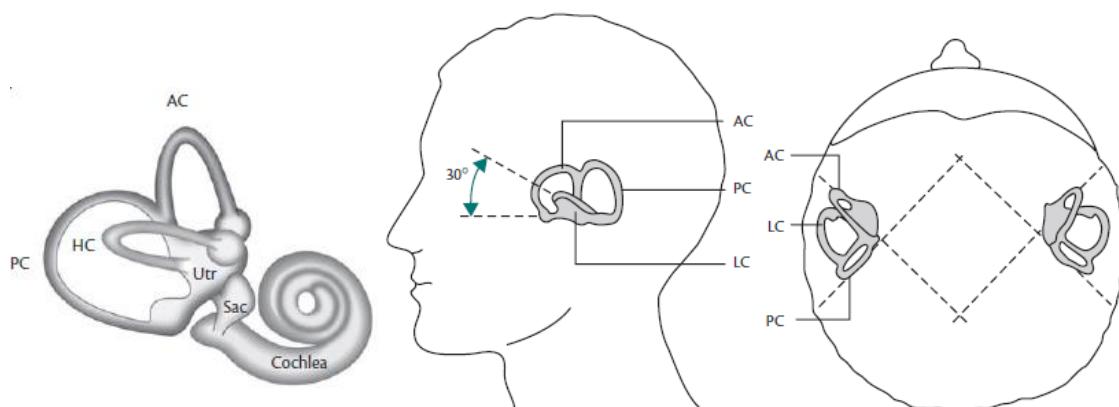
#### **Polokruhovitě kanálky**

Polokruhovitě kanálky - přední, zadní a laterální, jsou umístěny ve třech na sebe kolmých rovinách. Při kterémkoliv pohybu tedy musí dojít k podráždění receptorů.

Každý polokruhovitě kanálek je spojen s utrikulem rozšířením, které se nazývá ampula. Každá ampula má ampulární kristu a ta obsahuje vláskové buňky. Na kristě leží pružná membrána – kupula. Tlak endolymfy při pohybech hlavy způsobuje vychylování kupuly na obě strany, čímž dochází ke stimulaci vláskových buněk (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 3).

#### **Otolitové orgány**

Sakulus a utrikulus jsou spojeny přes ductus endolymphaticus. Obsahují makuly s vláskovými buňkami. Struktura makuly je velmi podobná kupule. Je navíc pokryta otolitovou membránou a jsou v ní rozptýleny krystalky uhličitanu vápenatého zvané otoconia (Bronstein, 2013, s. 8).



**Obrázek 1** Labyrint. Orientace polokruhovitých kanálků. AC – přední kanálek, PC – zadní kanálek, LC(HC) – laterální kanálek, Sac – sakulus, Utr – utrikulus (Bronstein, 2013).

Vláskové buňky kanálků a otolitů převádějí mechanickou energii spojenou s pohyby hlavy na nervové impulzy směřující do specifických oblastí mozku kmene a mozečku. Polokruhovitě kanálky a otolity jsou schopné selektivně reagovat na pohyby hlavy v různých směrech. Kanálky vnímají úhlové zrychlení a rozpoznávají tak rotaci hlavy (Bronstein, 2013 s. 80). Horizontální kanálky jsou citlivé na pohyby v rovině horizontální. Rotační pohyby v sagitální a frontální rovině jsou detekovány vertikálními kanálky (přední a zadní). Nejčastější jsou pohyby hlavy v sagitální rovině při klidném stoji, chůzi nebo běhu. K pohybům ve frontální a horizontální rovině dochází méně často. Informace ze všech tří sad polokruhovitých kanálků přímo přispívá k vnímání samotného pohybu. Na rozdíl od polokruhovitých kanálků, které vnímají rotační pohyby, otolitové orgány rozpoznávají zrychlení lineární a jsou tudíž schopné detekovat pohyb a pozici hlavy v prostoru. Vertikální lineární zrychlení hlavy je snímáno otolity sakulu a horizontální lineární zrychlení otolity utrikulu. Tyto otolitové orgány rovněž poskytují informaci o směru gravitace (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 33).

### **Vestibulární nerv**

Inervaci vestibulárního systému zajišťuje n. vestibularis, který společně s n. cochlearis tvoří VIII. hlavový nerv. Vzhledem k tomu, že je vestibulární nerv umístěn mezi labyrintem a mozkovým kmenem, může být řazen jak k periferním tak i k centrálním strukturám. Většina autorů ale upřednostňuje zařazení mezi struktury periferního vestibulárního systému.

N. vestibularis má dvě větve. Ramus superior zásobuje přední a laterální polokruhovitý kanálek a utrikulus. Ramus inferior inervuje zadní polokruhovitý kanálek a sakulus. Díky tomuto větvení může dojít k selektivnímu postižení pouze některých struktur a zachování jiných při poškození pouze jedné z větví (Ambler, Bednařík & Růžička, 2012, s. 354).

### **1.1.2 Centrální část vestibulárního systému**

Centrální zpracování vestibulárních vstupů zajišťuje komplex vestibulárních jader. Prostřednictvím ascendentních a descendentních drah je umožněno spojení s vestibulárním mozečkem, thalamem, mozkovou kůrou, míchou a okohybnými svaly.

#### **Vestibulární jádra**

Komplex vestibulárních jader zahrnuje čtyři hlavní jádra (ncl. superior, ncl. medialis, ncl. lateralis a ncl. inferior) a sedm malých jader. Nachází se v mozkovém kmeni, ale zasahují až do oblasti prodloužené míchy. Axony z polokruhových kanálků vedou zejména do horní a mediální části komplexu vestibulárních jader. Projekce z otolitových orgánů jdou především do kaudální oblasti. Ncl. superior a ncl. medialis jsou zodpovědné především za vestibulookulární reflex. Ncl. medialis je dále také zapojen do vestibulospinálního reflexu a koordinuje pohyby hlavy a očí. Hlavním jádrem pro vestibulospinální reflex je ncl. lateralis. Ncl. inferior zajišťuje spojení s ostatními jádry a spojení s mozečkem. Vestibulární jádra obou polovin mozkového kmene jsou propojena systémem komisur, které umožňují vzájemnou koordinaci mezi vestibulárními aparáty na obou stranách těla (Shumway – Cook & Woollacott, 2012, s. 69-70).

#### **Mozeček**

Z vestibulárních jader vedou četné ascendentní a descendentní dráhy do mozečku a to především do jeho flokulonodulární části. Flokulonodulární lalok, často také označován jako vestibulární mozeček, je fylogeneticky nejstarší částí mozečku. Přijímá informace jednak prostřednictvím vestibulárních jader a také přímou vestibulární dráhou z labyrintů (Shumway – Cook & Woollacott, 2012, s. 76).

Úloha mozečku v zajištění rovnovážných funkcí spočívá v regulaci vestibulární, ale i extravestibulární aferentace a modulaci motorické odpovědi (Ambler, Bednařík & Růžička, 2012, s. 148). Mozeček moduluje inervační aktivitu jednotlivých pohybů

a jejich průběh, kontroluje a optimalizuje opěrnou motoriku a slouží k jemnému nastavení cílové motoriky (Hahn, 2015, s. 19).

### ***1.1.3 Vestibulární reflexy***

#### **Vestibulookulární reflex (VOR)**

VOR zajišťuje stabilitu retinálního obrazu během pohybu hlavy. Má dvě komponenty. Úhlový VOR zprostředkovaný polokruhovitými kanálky a reagující tedy na rotační pohyby je primárně zodpovědný za stabilizaci pohledu. Naproti tomu lineární VOR, který mají na starost otolity, reaguje na translační pohyb. Více se uplatňuje v situacích, kdy se hlava pohybuje relativně rychle.

VOR generuje pohyby očí, které jsou opačné ke směru pohybu hlavy. Při pohybu hlavy směrem doprava je kupula endolymfou vychýlena doleva. Rychlost impulzů z vláskových buněk pravé kristy vzroste oproti rychlosti pohybu hlavy, zatímco rychlost impulzů z vláskových buněk levé kristy se sníží. Prostřednictvím vestibulárního nervu jsou vzruchy převedeny do vestibulárních jader. Přes okulomotorická jádra je aktivován pravý mediální rektus a levý laterální rektus a zároveň inhibován levý mediální rektus a pravý laterální rektus. Tato současná aktivace okohybných svalů a relaxace jejich antagonistů má za následek kompenzační pohyb očí doleva (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 11-12).

#### **Vestibulospinální reflex (VSR)**

VSR zahrnuje více různých reflexů, které mají za úkol koordinovat pohyby hlavy a trupu, stabilizovat tělo během stoje a chůze a udržovat hlavu ve vzpřímené pozici (Hain, 2014). Vestibulospinální reflex je zprostředkován vestibulospinálními dráhami, které spojují vestibulární jádra s motoneurony předních rohů míšních (Bronstein, 2013, s. 35). Rozeznáváme tractus vestibulospinalis lateralis a medialis. Tractus vestibularis lateralis, který vychází z Deitersova jádra, probíhá v předním míšním provazci ipsilaterálně až do bederní oblasti míchy. Pomáhá udržet vzpřímené držení těla tím, že stimuluje motoneurony extenzorů v dolních končetinách. Rovněž inervuje svaly trupu, čímž dále napomáhá kontrole držení těla. Tractus vestibularis medialis vychází z mediálních vestibulárních jader a vede k motoneuronům krční a horní hrudní oblasti míchy. Realizuje a kontroluje koordinované pohyby hlavy a očí (Hahn, 2015, s. 18).

## **Vestibulokolický reflex (VCR)**

VCR působí na šíjové svalstvo a stabilizuje hlavu při náhlém pohybu trupu. Pohyb hlavy probíhá v opačném směru, než je pohyb těla. Na jeho řízení se podílejí signály z polokruhovitých kanálků nebo otolitů v závislosti na rychlosti pohybu (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 12).

## **1.2 Vnímání vertikály**

Vertikála je směr daný gravitačním vektorem, který má zásadní význam v každodenním životě. Pomáhá nám při orientaci v prostoru a určuje pohybové chování. Díky vnímání vertikality a antigravitačním mechanismům může mozek organizovat správný vzpřímený postoj, který je rovnoběžný se směrem působení gravitace (Lopez et al., 2007; Tarnutzer et al., 2012).

Udržet tělo správně vyrovnané rovnoběžně s vertikálou, tedy v jedné rovině nad chodidly, je jedním z nejdůležitějších úkolů posturálního systému. Velmi důležitou roli v udržování těla ve vertikální rovině má vestibulární aparát, jehož struktury jsou schopné detekovat směr gravitace. Tuto informaci poskytují otolitové orgány, registrující lineární zrychlení, které vytváří otolitový signál, jenž se systematicky mění při náklonu hlavy. CNS používá tento signál k určení pozice hlavy vzhledem ke směru gravitace.

Vestibulární informace samotná však nestačí. Vestibulární systém může poskytnout informace pouze o poloze a pohybu hlavy, ale ne o poloze a pohybu dalších tělesných segmentů. Signál z vertikálních kanálků značí rotací pohyby hlavy vpřed může vznikat flexí hlavy, ale také flexí trupu. Vestibulární systém sám o sobě nedokáže mezi těmito dvěma pohyby rozlišit. Proto se CNS opírá o informace ze všech dostupných sensorických systémů. Celkový vjem vzniká integrací vestibulárních, zrakových a somatosenzorických podnětů. Každý systém přispívá do CNS jiným druhem důležité informace o poloze a pohybu těla, a každý je citlivý na určité typy pohybu (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 34).

### ***1.2.1 Možnosti vyšetření vertikality***

Existují tři možnosti vnímání subjektivní vertikály: zraková, haptická a posturální. U každé se v různé míře uplatňují jednotlivé sensorické vstupy, ať už je to zrak, proprioceptory nebo vestibulární systém (Tarnutzer et al., 2012). Měření subjektivní

vertikály je validním klinickým testem. Odchylka od geofyzikální vertikály je měřena ve stupních (Pavan et al., 2012).

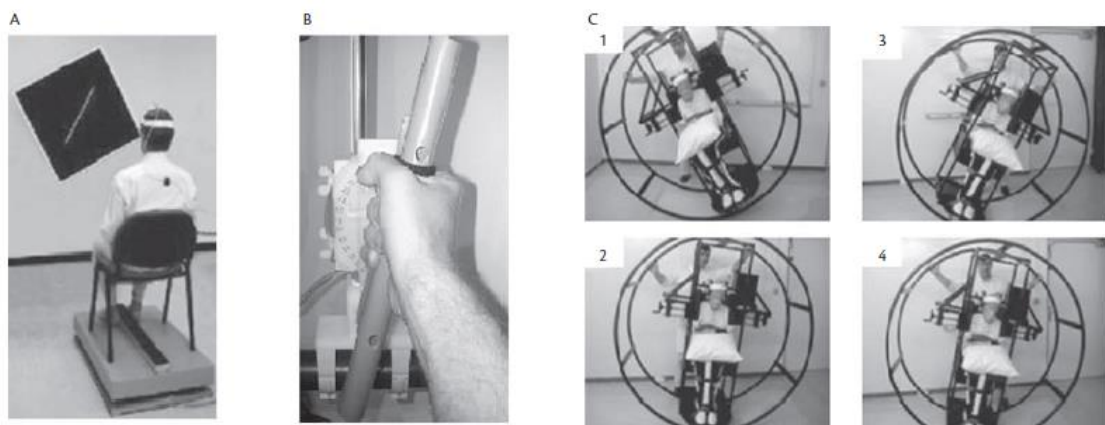
### **Haptická vertikála**

Subjektivní haptická vertikála umožňuje držení předmětu ve svislé ose. Využívá především hmatových a kinestetických vstupů. Vyšetřuje se bez zrakové kontroly pomocí tyče, kterou vyšetřovaný uchopí rukou a z náhodné polohy ji nastavuje do svislého směru (Pavan et al., 2012, s. 52). Tarnutzer et al. (2012) udává jako normu pro subjektivní haptickou vertikálu odchylku  $\pm 4.5^\circ$  od geofyzikální vertikály.

### **Posturální vertikála**

Subjektivní posturální vertikála umožňuje určit, kdy se hlava a tělo nachází ve svislé pozici ve vztahu ke směru působení gravitace. Informace o posturální vertikále pocházejí z graviceptorů trupu, ale také z receptorů v oblasti hlavy a krku (Pavan et al., 2012, s. 52). Vyšetřuje se se zavřenýma očima na křesle, které se naklání různými směry a pacient udává, ve kterém okamžiku se cítí být ve vertikální poloze (Bronstein, 2013, s. 182).

Pro hodnocení náklonu hlavy použil Hirvonen et al. (2011) novou techniku, která je součástí videookulografie. Kromě záznamu očních pohybů lze také s tímto zařízením sledovat pohyb hlavy a to pomocí speciálního senzoru zabudovaného do masky (Hirvonen, Jutila & Aalto, 2011).



**Obrázek 2** Tři typy subjektivní vertikály a jejich vyšetření. A - zraková, B - haptická, C - posturální (Bronstein, 2013).



## **Zraková vertikála**

Subjektivní zraková vertikála je schopnost subjektu posoudit, zda je vizuální objekt správně umístěn ve svislé ose (Batuecas-Caletrio et al., 2013). Tuto schopnost lze vyšetřovat různými způsoby.

Nejčastěji používanou metodou je „Hemispheric dome method“. Pacient sedí s bradou opřenou o pevnou podložku čelem k polokruhové kopuli o průměru 60 cm, která zcela vyplňuje jeho zorné pole. Povrch kopule je pokryt vzorem náhodně rozestých různě velikých teček, aby neposkytoval žádné pomocné linie. Třicet centimetrů před pacientem se nachází úsečka, jejíž střed je upevněn na hřídeli tak, aby se mohla otáčet ve frontální rovině vůči pacientovi. Během testu je úsečka náhodně otáčena a pacient je instruován, aby jí ovladačem nastavil do vertikální polohy. Pomocí počítačového systému jsou vypočítány rozdíly mezi pacientem nastavenou vertikálou a vertikálou skutečnou (Zwergal et al., 2009).

Další využívanou metodou je „Light bar method“. Test se provádí ve zcela zatemněné místnosti. Pacient sedí vzpřímeně s fixovanou hlavou ve vzdálenosti 1,5 metrů před zdí, na které se nachází nástěnná světelná tyč. Ta se otáčí, dokud pacient neurčí vertikální polohu tyče (Böhmer & Rickenmann, 1995). Je také možné setkat se se zařízením, které pacient ovládá pomocí joysticku a sám nastavuje světelnou tyč do vertikální polohy (Lopez et al., 2007; Sainoo et al., 2012).

Nejméně finančně náročnou, avšak přesnou metodou je „The bucket method“, kterou poprvé popsal v roce 2009 Zwergal. Pacient sedí ve vzpřímené poloze a dívá se do plastového válce tak, aby neviděl žádné okolní linie. Na vnitřní straně dna válce je rovná osa. Na vnější straně dna válce kolmo na tuto osu se nachází úhломěr pro odečítání stupňů náklonu. Geofyzikální vertikálu označuje stupeň 0. Při měření vyšetřující otáčí válec střídavě z obou stran a pacient hlásí okamžik, kdy vnímá osu vertikálně. Měření lze provádět s oběma očima otevřenými (binokulárně) nebo vždy s jedním okem zavřeným (monokulárně) (Zwergal et al., 2009). Touto problematikou se ve své studii zabývali Sainoo et al. (2012), kteří se snažili prokázat, že není žádný rozdíl mezi těmito dvěma způsoby měření. Výsledky neukázaly žádné významné rozdíly mezi binokulárním a monokulárním měřením subjektivní zrakové vertikály a na základě toho autoři doporučují provádění pouze binokulárního vyšetření, a to zejména z důvodu časové úspory (Sainoo et al., 2012, s. 57-60).

S rozvojem nových technologií se objevily snahy stále zlepšovat a zjednodušovat způsob vyšetření subjektivní zrakové vertikály tak, aby byla co nejvíce finančně a technicky přístupná. Příkladem může být vývoj nového systému skupinou brazilských autorů. Jedná se o speciální počítačový software umožňující jak statické tak dynamické vyšetření subjektivní zrakové vertikály. Vertikální linie je zobrazovaná na monitoru počítače a k jejímu nastavování slouží počítačová myš. K oddělení vyšetřovaného od okolního prostředí je využit tmavý válec, který spojuje obrazovku s hlavou vyšetřovaného (Pavana et al., 2012).

Lze provádět také dynamické vyšetření subjektivní zrakové vertikály, které probíhá téměř stejně jako statické, ale s rotujícím vizuálním stimulem v pozadí (Pavan et al., 2012).

Vnímání subjektivní zrakové vertikály je také ovlivněno polohou hlavy a těla vzhledem k vertikále. Pokud je tělo nakloněno, objevuje se odchylka od vertikální osy a to buď ve stejném směru jako je náklon nebo ve směru opačném. Směr odchylky závisí částečně na míře náklonu. Vychýlení ve směru náklonu je vysvětlováno tendencí vrátit tělo do vzpřímené osy (tento fenomén je nazýván A – efekt podle jeho objevitele Auberta), zatímco vychylování na opačnou stranu (tzv. E – efekt) může být způsobeno neschopností plně kompenzovat torzi očních bulbů v protisměru otočení hlavy (Fraser, Maccoie & Harris, 2015).

### ***1.2.2 Vliv vestibulární léze na vnímání vertikály***

Zdravé osoby mají velmi dobrou schopnost vnímat vertikálu. Poškození otolitů nebo vestibulárního nervu však může způsobit změny ve vnímání subjektivní vertikály. Vestibulární systém udává nesprávnou informaci o náklonu hlavy, zatímco zrakový a somatosenzorický systém naznačují, že se člověk nachází ve vzpřímené poloze a tím vzniká senzorický konflikt (Chetana & Jayesh, 2015).

Mnohé studie dokazují, že subjektivní zraková vertikála může být ukazatelem vestibulární funkce u vestibulárních poruch (Böhmer & Rickenmann, 1995; Lopez et al., 2007; Hirvonen, Jutila & Aalto, 2011; Batuecas-Caletrio et al., 2013; Hafstrom et al., 2006; Herdman & Clendaniel, 2014).

Při postižení vestibulárního systému dochází k vychýlení vertikály nad normální mez. Odchylka od geofyzikální vertikály, považovaná za normální, je nejčastěji udávána jako  $\pm 2^\circ$  (Böhmer & Rickenmann, 1995; Batuecas-Caletrio et al., 2013; Fraser, Maccoie & Harris, 2015).

Náklon subjektivní vertikály u jednostranných vestibulárních poruch je orientován téměř vždy ke straně léze. Průměrná časná deviace vertikály u akutních lézí se pohybuje v řádech 8-12°, výjimečně až 30° (Vrabec & Brzezny, 2008). Batuecas-Caletrio et al. (2013) udává, že po operaci vestibulárního schwannomu se objevuje náklon subjektivní vertikály k operované straně. Následně se vychýlení vrací k normálu a může se dokonce vychýlit na opačnou, tedy zdravou stranu (Batuecas-Caletrio et al., 2013).

Herdman & Clendaniel (2014) popisují obraz pacientů s náhlou vestibulární ztrátou takto: Během akutní fáze převažuje u pacientů s jednostrannou lézí lateroflexe k postižené straně. Kromě náklonu hlavy dochází také k dočasnému vychýlení celého těla ke straně léze a nerovnoměrnému zatěžování. Oboustranná vestibulární ztráta bývá spojena s předsunutím hlavy a posunem těžiště dopředu nebo dozadu. V průběhu šesti měsíců až jednoho roku dochází ke kompenzaci a posturální kontrola a pozice hlavy se vrací k normálu.

### **1.3 Vestibulární schwannom**

Vestibulární schwannom (VS) je benigní nádor vycházející z buněk Schwannovy pochvy vestibulární části VIII. hlavového nervu. Většina VS se vyvíjí ze Schwannových buněk dolního vestibulárního nervu ve vnitřním zvukovodu v oblasti Obersteiner-Redlichovy zóny, která označuje přechod centrálního a periferního nervového myelinu. Je možné setkat se také s VS vycházejícími z horního vestibulárního nervu (Farid, 2014). Pouze velmi zřídka schwannomy pochází z kochleární větve n. VIII (Pinna, Bento & Neto, 2012).

VS je nejčastějším nádorem mostomozečkového koutu a tvoří přibližně 85% všech nádorů v této oblasti (Farid, 2014). Zároveň zaujímá 8-10% všech intrakraniálních nádorů a je tak třetím nejčastějším intrakraniálním nádorem (Zvěřina, 2010, s. 271).

#### **1.3.1 Etiologie**

Etiologie vestibulárních schwannomů není známa. Zjištění, že během těhotenství dochází ke zhoršení příznaků, vyvolalo hypotézu, že do vzniku nebo progresu těchto nádorů mohou být zapojeny hormonální mechanismy. Dědičná složka je poměrně nepravděpodobná, s výjimkou zděděných případů, kdy je schwannom přítomen jako součást komplexu neurofibromatózy 2. typu. Nepotvrdila se ani souvislost mezi

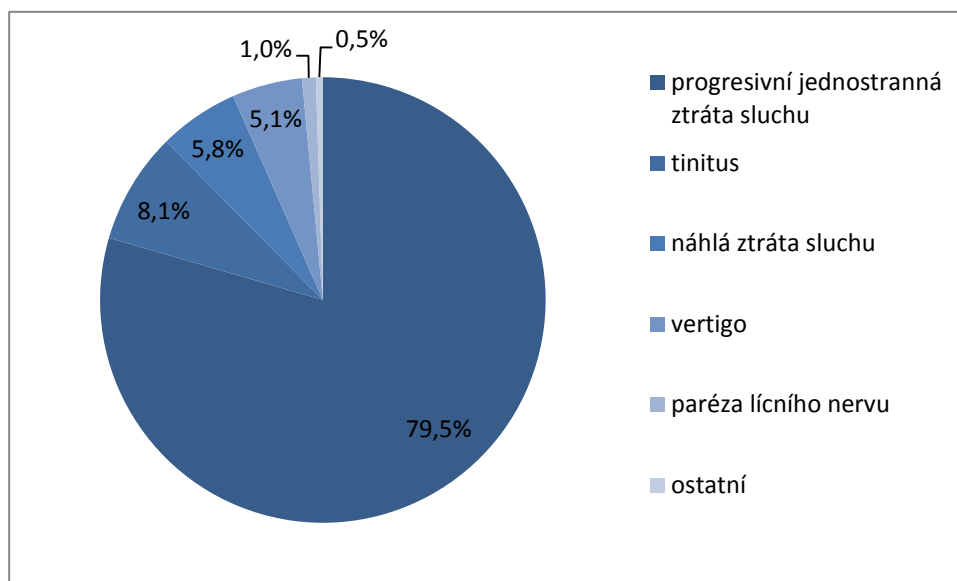
používáním mobilních telefonů a výskytem vestibulárních schwannomů (Pinna, Bento & Neto, 2012).

### 1.3.2 Symptomatologie

Hlavním a nejčastějším příznakem je ztráta sluchu, často spojená s tinitem, v důsledku stlačení kochleárního nervu a poruchy kochleární vaskularizace.

Mohou se objevit také jiné symptomy, které se ale nevyskytují tak často a nebývají dominantním symptomem. Mezi tyto symptomy lze zařadit vertigo, poruchy rovnováhy, bolesti hlavy, dysfunkce trigeminálního a faciálního nervu nebo velmi výjimečně diplopii (Stucken, Brown & Selesnick, 2012, s. 272-274).

Vestibulární schwannom by měl být vyloučen u všech pacientů, u kterých se projeví jakákoli nevysvětlená percepční ztráta sluchu, zvláště pokud je asymetrická (Pinna, Bento & Neto, 2012).



**Obrázek 3** Nejčastější symptomy vestibulárního schwannomu (upraveno podle Pinna, Bento & Neto, 2012).

### 1.3.3 Klasifikace

Podle velikosti nádoru, jeho lokalizace a šíření lze vestibulární schwannomy rozdělit do několika stupňů, nejčastěji se používá klasifikace dle Koose:

- Stupeň I: nádor nacházející se výhradně ve vnitřním zvukovodu
- Stupeň II: nádor se začíná šířit do oblasti mostomozečkového koutu
- Stupeň III: nádor vyplňuje většinu mostomozečkového koutu

- Stupeň IVa: nádor se chová expanzivně, tlačí na mozkový kmen a mozeček
- Stupeň IVb: nádor se chová expanzivně a působí syndrom nitrolební hypertenze s městnáním na očním pozadí, může vést ke smrti (Zvěřina, 2010, s. 270)

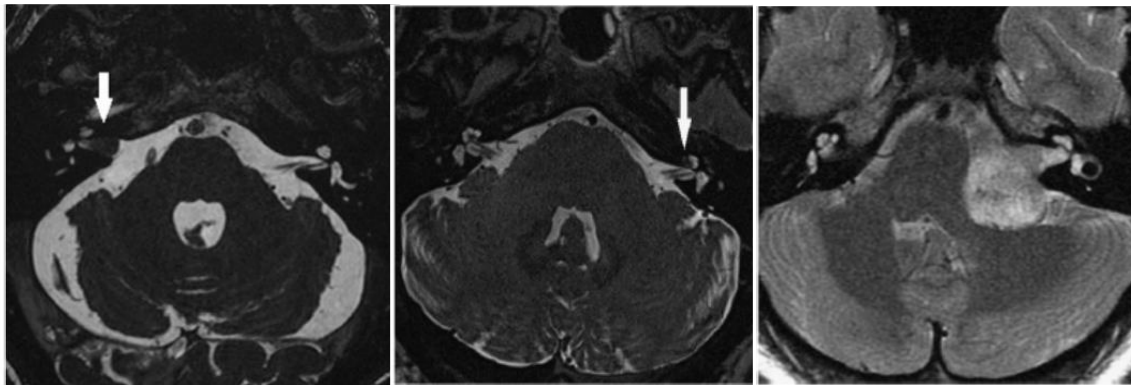
Vestibulární schwannom lze klasifikovat také podle rychlosti růstu na nádory stacionární, na pomalu rostoucí nádory a na rychle rostoucí nádory. Rychlost růstu se může měnit s časem a je na místě pravidelné sledování pomocí magnetické rezonance (Krejčí & Mercelová, 2012, s. 223).

### **1.3.4 Diagnostika**

Z hlediska prognózy je velmi důležitá včasná diagnostika. Zlatým standardem pro diagnostiku těchto nádorů se stala MRI se zaměřením na oblast mostomozečkového koutu a zevního zvukovodu. Na MRI jsou VS typicky T1 isointenzivní a T2 hyperintenzivní (Farid, 2014).

Neméně důležité je také neurologické vyšetření zaměřené na funkci vestibulárního aparátu, mozečku a hlavových nervů.

Při diagnostice VS se také provádí vyšetření sluchu, nejčastěji tónová a řečová audiometrie a vyšetření BERA (brainstem evoked response audiometry). Jedná se o vyšetření rychlosti vedení zvuku nervovou drahou (Zvěřina, 2010).



**Obrázek 4** Vestibulární schwannom na MRI (Farid, 2014).

### **1.3.5 Léčba**

Jakmile je VS diagnostikován, je potřeba zvolit vhodnou strategii léčby. Existují tři hlavní možnosti, které se však mohou i kombinovat. Jsou to observace, mikrochirurgická resekce a stereotaktická radiochirurgie.

## **Observace**

Observace je indikována pouze u pacientů s malými intrakraniálními nádory, u kterých je diagnóza neprůkazná a u pacientů, kteří jsou starší nebo ve špatném zdravotním stavu. Tito pacienti docházejí na pravidelné kontroly a jejich stav je monitorován pomocí MRI a audiometrického vyšetření, dále jsou sledovány vestibulární a ostatní neurologické funkce (Pinna, Bento & Neto, 2012).

## **Chirurgická léčba**

Chirurgická resekce nádoru je metodou volby již od roku 1917. Pro odstranění vestibulárních schwannomů se používají tři základní přístupy. Subtemporální kraniotomie, translabyrinthální přístup a suboccipitální kraniotomie (retrosigmoideální přístup). Volba přístupu je závislá na velikosti a umístění nádoru a na tom, zda je usilováno o zachování sluchu (Herdman & Clendaniel, 2014).

Subtemporální přístup se obvykle používá pro malé nádory omezené na oblast vnitřního zvukovodu a pro pacienty se zachovalým sluchem, protože je to jediná metoda, která umožňuje úplný přístup do oblasti vnitřního zvukovodu bez porušení struktur vnitřního ucha. Nevýhodou je omezený přístup k mostomozečkovému koutu a není tedy vhodný pro nádory, které zasahují do cerebellopontinní oblasti o více než 1 cm (Farid, 2014, s. 92). Je třeba postupovat opatrně, aby nedošlo k poškození lícního nervu, který je zde uložen povrchově.

Translabyrinthální přístup je metodou volby u malých a středních nádorů o velikosti do 3 cm v průměru a tam, kde není uvažováno o zachování sluchové funkce. Tento přístup je nedostatečný u větších nádorů přesahujících 3 cm a u nádorů těsně přiléhajících k mozkovému kmeni. V ideálním případě by na CT nebo MRI mělo být jasně vidět oddělení mezi nádorem a mozkovým kmenem. Nevýhodou tohoto přístupu je automaticky porušená sluchová funkce (Herdman & Clendaniel, 2014). S translabyrinthálním přístupem je spojena úplná mastoidektomie a labyrintektomie. Umožňuje širokou expozici mostomozečkového koutu, přístup ke kochlee a vestibulu a vykazuje nejnižší recidivu nádoru (Farid, 2014, str. 92).

Retrosigmoideální přístup, některými autory nazýván též suboccipitální, je určen pro střední a velké nádory a zároveň nevyklučuje možnost zachování sluchové funkce. Sluch je možné ušetřit u jedné třetiny až jedné poloviny pacientů. Hlavní nevýhodou je obtížný přístup k laterální části vnitřního zvukovodu a zvýšené riziko neúplného odstranění nádoru, pokud zabírá více než dvě třetiny vnitřního zvukovodu (Farid, 2014).

Doba zotavení po suboccipitální kraniotomii je delší než u ostatních dvou přístupů, vzhledem k rozsáhlosti postupu, nicméně pacienti jsou obvykle připraveni k propuštění do týdne od provedení zákroku (Herdman & Clendaniel, 2014).

### **Stereotaktická radiochirurgie**

Dalším přístupem v léčbě VS je stereotaktická radiochirurgie. Tato metoda umožňuje léčbu mozkových nádorů aplikací dostatečně vysoké dávky ionizujícího záření. Výhodou je přesné zacílení záření do definované cílové oblasti a současně maximální šetření okolní zdravé tkáně. Lokalizace cílové tkáně, zacílení a aplikace záření se provádí pomocí stereotaktického rámu fixovaného k lebce pacienta, za současného monitoringu MRI nebo CT (Šimonová & Liščák, 2011, s. 77-78).

Stereotaktické metody jsou prováděny na gama nožích, stereotaktických urychlovačích nebo kybernetických nožích. Jedním z nejrozšířenějších zařízení pro stereotaktickou radiochirurgii je Leksellův gama nůž (Šimonová & Liščák, 2012, s. 77).

Tato léčebná metoda je využívána především u malých nádorů s maximální velikostí 3 cm v průměru. Minimální jednorázová dávka je 12 - 14 Gy. Vyšší dávky zvyšují riziko incidence postradiačních komplikací např. neuropatie lícního a trojklaného nervu, poškození sluchu, poruchy rovnováhy, tinitus, bolesti hlavy nebo hydrocefalus (Llópez Carratalá et al., 2014).

Ve srovnání s mikrochirurgickými resekce je stereotaktická radiochirurgie méně invazivní metodou. Na rozdíl od mikrochirurgie však neodstraňuje nádor. Jejím cílem je zastavit růst nádoru tím, že způsobí avaskulární nekrózu s následným ukládáním kolagenu. Z tohoto důvodu je nutné pacienty po radiochirurgii pravidelně dále sledovat (Llópez Carratalá et al., 2014).

Na základě studií hodnotících dlouhodobé výsledky léčby vestibulárních schwannomů pomocí stereotaktické radiochirurgie se tato metoda ukázala jako vhodná alternativa mikrochirurgické resekce zejména pro starší pacienty s malými velikostmi nádorů, pacienty s komorbiditami a pacienty s percepční ztrátou sluchu (Llópez Carratalá et al., 2014; Bir et al., 2014).

### **1.3.6 Komplikace**

Hlavními faktory ovlivňujícími výskyt pooperačních komplikací jsou velikost nádoru a typ operačního přístupu.

Jednou z nejčastějších komplikací bývá prosak mozkomíšního moku, který může mít mediální nebo laterální variantu. Dále se mohou objevit bolesti hlavy, obzvláště u pacientů operovaných retrosigmoideálním přístupem. Devastující následky mohou mít intrakraniální vaskulární komplikace, mezi které se řadí nitrolební krvácení (subdurální nebo epidurální hematom) nebo ischemie. Velmi častou komplikací bývá poškození lícního nervu. Riziko dysfunkce n. VII však nelze zcela eliminovat. Přechodná paréza lícního nervu po odstranění VS je velmi častá. Pokud nedojde k navrácení funkce lícního nervu po několika měsících a spontánní náprava již není neočekávána, lze provést reanimaci lícního nervu zkříženou anastomózou. Může se také vyskytnout poškození ostatních hlavových nervů např. paréza n. trigeminus nebo dysfunkce n. abducens. Během odstraňování velkých nádorů, které se dotýkají foramen jugulare, může dojít k poškození dolních hlavových nervů n. IX, X a XI s následkem dysfagie a aspirace.

Častou doprovodnou komplikací VS před i po operaci jsou problémy s rovnováhou. Pooperační vertigo je způsobeno akutní deaferentací v důsledku přetěti vestibulárního nervu, nicméně má tendenci k postupnému zlepšování v průběhu času. Prodlouženou pooperační závrať nebo dysbalanci lze přičíst různým faktorům, například poranění mozečku a mozkového kmene, nedostatečné nebo špatné rehabilitaci, zhoršení zraku, úzkosti či depresím (Betka et al., 2014, s. 5-8).

## **1.4 Syndrom jednostranné vestibulární deaferentace**

U pacientů s vestibulárním schwannomem během operace dochází k přerušení vestibulárního nervu a následně ke vzniku jednostranné vestibulární deaferentace. Jedná se o úplnou ztrátu vestibulární funkce, která způsobuje řadu příznaků, mezi které patří vertigo, nystagmus, tonické výchylky končetin a celého těla, poruchy rovnováhy při stoji a při chůzi nebo oscilopsie. Symptomy jednostranné vestibulární deaferentace lze rozdělit na statické, které jsou přítomny nepřetržitě, i když je osoba v klidu a dynamické, manifestující se při pohybu.



### **1.4.1 Statické symptomy**

#### **Nystagmus**

Bezprostředně po jednostranné vestibulární deaferentaci se objevuje spontánní horizontální oční nystagmus směřující k postižené straně. Tento spontánní nystagmus může být snížen nebo zcela potlačen vizuální fixací. Vyřazením zraku můžeme identifikovat, zda je nystagmus periferního nebo centrálního původu. Toho lze dosáhnout buď vyšetřením Frenzelovými brýlemi nebo videookulografií v naprosté tmě při nasvícení očí infračerveným zářením.

Týden po výskytu jednostranné vestibulární deaferentace síla spontánního nystagmu ve tmě klesá, ale u některých pacientů zůstane malý spontánní nystagmus přítomen jako pozůstatek po syndromu vestibulární deaferentace (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 124).

#### **Vertigo**

Jedná se o velmi subjektivní příznak a pro pacienta bývá často těžké jej popsat (Bronstein, 2013, s. 65). Charakter vertiga je většinou rotační. Bývá velice prudké a postižený často není schopen samostatného stoje. Doprovodným symptomem je vegetativní symptomatologie jako nevolnost, zvracení, tachykardie, pocení (Hahn, 2015, s. 67).

#### **Otolitové symptomy**

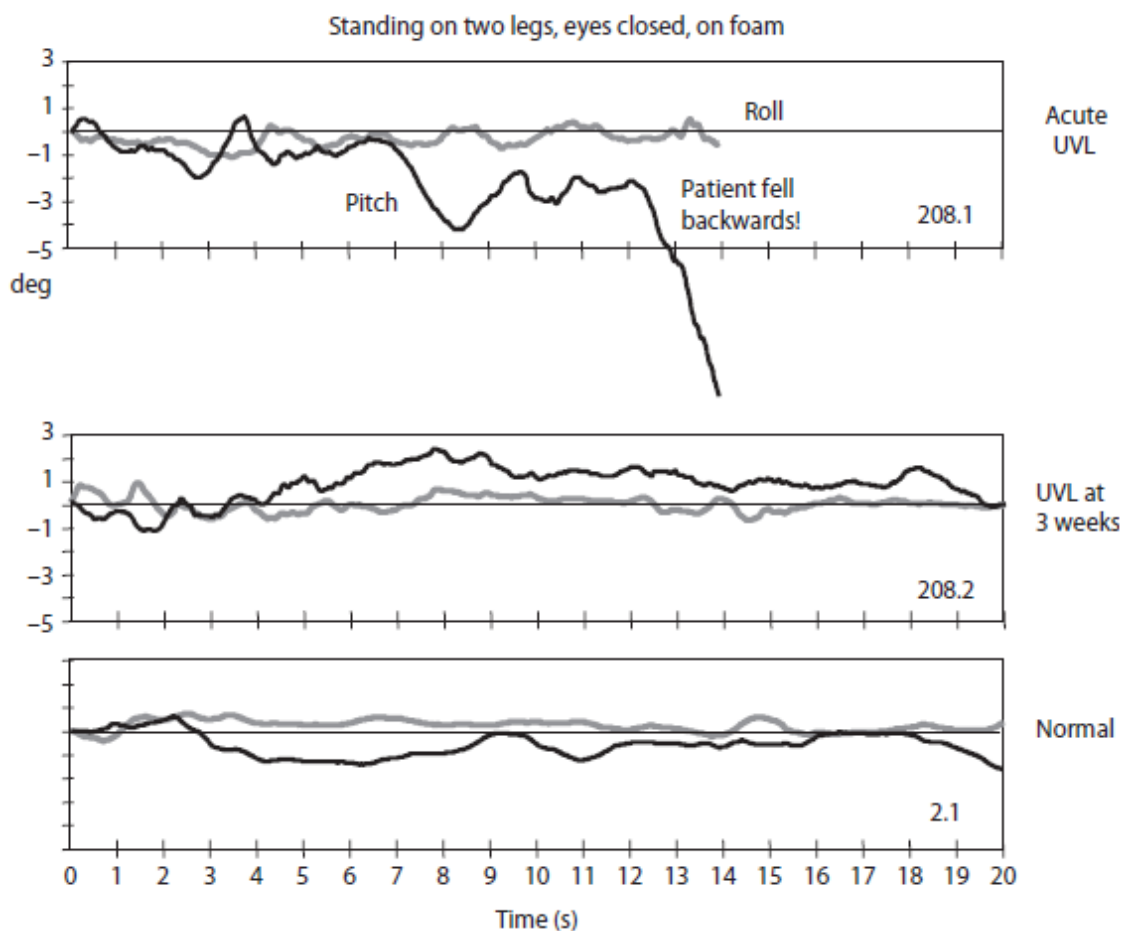
Postižení otolitového systému se projevuje triádou příznaků, kterými jsou šikmá deviace bulbů, náklon hlavy a rotace očí ve směru náklonu. Šikmá deviace očí způsobuje, že oko na straně léze je níže než oko na straně opačné. Tato asymetrie může mít za následek dvojitě vidění. Deviace však většinou nebývá veliká a má tendenci k rychlé úpravě. V souvislosti s náklonem hlavy a oční rotací dochází ke změnám ve vnímání zrakové horizontály a vertikály (Bronstein, 2013, str. 64). Vnímání subjektivní vertikály u pacientů s vestibulární lézí bylo detailněji popsáno již v kapitole 1.2.2.

#### **Posturální symptomy**

U pacientů po jednostranné vestibulární deaferentaci se vyskytují také poruchy postury. Držení těla je ovlivněno směrem ke straně léze. Tato poloha se nazývá lateropulze. Pacienti mají tendence k pádu na stranu k postiženému uchu. Směr pádu tedy závisí na tom, v jaké poloze se nachází hlava. Většina pacientů dále udává

výraznou nestabilitu a pocit, jako by stáli na houpající se lodi (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 126; Bronstein, 2013, s. 65).

Kromě výchylek trupu jsou přítomné také výchylky končetin, opět směrem k postižené straně. K vyšetření těchto výchylek se používá Hautantova zkouška, při které pacient sedí se zavřenýma očima a předpaženými horními končetinami a vyšetřující sleduje odchýlení končetin do strany během 30 s. Citlivějším testem je Unterbergova zkouška, při níž pacient se zavřenýma očima a předpaženými horními končetinami pochoduje na místě (Jeřábek, 2015).



**Obrázek 5** Pacient s jednostrannou periferní vestibulární ztrátou. Stoj se zavřenýma očima na pěnové podložce. Nahoře akutní fáze (do 5 dnů), uprostřed po 3 týdnech, dole zdravý subjekt stejného věku a pohlaví (Bronstein, 2013).

## **1.4.2 Dynamické symptomy**

### **Asymetrie VOR**

Gain VOR je indikátorem dynamické funkce polokruhovitých kanálků a je definován jako poměr rychlosti kompenzačního pohybu očí k úhlové rychlosti pohybu hlavy. V ideálním případě by se rychlost pohybu očí měla přesně rovnat rychlosti pohybu hlavy a gain VOR by měl být roven 1. V případě, že gain není 1, pohyb očí nekompensuje pohyb hlavy a pacienti vnímají rozmazané vidění, pocit houpání a nevolnost (Bronstein, 2013, s. 66). Po jednostranné vestibulární deafferentaci dochází ke snížení úhlového VOR. Gain klesá až o 75% při pohybu k postižené straně a o 50% při pohybu hlavy na stranu opačnou (Herdman & Clendaniel, 2014).

Aby bylo možné měřit dynamické vestibulární funkce, je nutno použít vysokých zrychlení. Jedním z testů je head impulse test, který používá krátké pasivní nepředvídatelné úhlové zrychlení. Jednoduchá verze tohoto testu může být provedena kdekoliv (MacDougall & Curthoys, 2012, s. 3). Pacient při vyšetření fixuje bod a vyšetřující provede rychlý pohyb hlavou v rovině testovaného polokruhového kanálku. Pokud je funkce porušena, pak při pohybu ke straně léze oči uhýbají spolu s hlavou a po zastavení se vrátí zpět k fixovanému bodu korekční sakádou (Jeřábek, 2015).

### **Poruchy chůze**

Chůze je klíčovou funkcí každodenního lidského života. Vzhledem k tomu, že k zajištění rovnováhy člověka je obvykle nutná správná integrace vestibulárních, vizuálních a proprioceptivních vstupů v mozgovém kmeni, léze vestibulárního systému může vést k abnormalitám vestibulospinálního reflexu, mezi které patří i nerovnováha při chůzi (Yin et al., 2011). Ztráta vestibulární funkce může způsobit také špatnou orientaci v prostoru a ovlivnit krokový vzor při chůzi. Proto mají pacienti s poruchami vestibulárního systému větší riziko pádu (Angusri et al., 2011).

Osoby s vestibulárními deficity mohou mít také problém se stabilizací hlavy při chůzi, zejména při chůzi ve tmě. Zatímco při sezení nebo stání se schopnost stabilizace pohledu u osob s vestibulárním deficitem oproti zdravým jedincům téměř neliší, při chůzi je u pacientů tato schopnost narušena a udávají zhoršené vidění a oscillopsii. Kromě toho pohyby očí kompenzují pohyby hlavy efektivněji během aktivního otáčení hlavy než při podobné činnosti prováděné při chůzi. Existují dva způsoby řízení

rovnováhy během pohybu – reaktivní a proaktivní. První způsob používá reaktivní mód, dojde-li k neočekávanému narušení rovnováhy, například při uklouznutí nebo klopýtnutí. Druhým způsobem je proaktivní režim, který případné narušení předvídá, a je schopen chůzi včas přizpůsobit (Shumway-Cook & Woollacott s. 312). Předpokládá se, že rozdíl v kompenzaci očních pohybů je způsoben právě díky předvídatelné povaze volných aktivních pohybů hlavy oproti nepředvídatelným pasivním pohybům hlavy způsobovaným chůzí (Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

Ztráta vestibulární funkce se dále může projevit zpomalením chůze, prodlouženou fází dvojí opory a delším trváním krokového cyklu a to až o 6,5% oproti zdravým jedincům. Může se objevit také nestejná délka kroku, stáčení trupu k jedné straně, rozšířená opěrná база, snížená rotace trupu, snížený souhyb HKK a pohyb, který je prováděn „en bloc“. Pacientům dělá často také problém změna rychlosti chůze a otočky v prostoru (Shumway-Cook & Woollacott, 2012; Herdman & Clendaniel, 2014).

Zdá se, že funkční důsledek ztráty vestibulárních vstupů závisí také na věku jedince v době ztráty. Ti, kteří přišli o vestibulární funkce jako děti mají téměř normální držení těla a chůzi. Avšak ztráta vestibulární funkce v dospělosti může mít za následek ataxii chůze a obtíže při stabilizaci hlavy v prostoru (Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

### **Vyšetření chůze**

Vyšetřením chůze lze získat informace o dynamice a funkci posturálních mechanismů. Chůzi lze posuzovat klinickým pozorováním s případným využitím videonahrávek. Vyhodnocení parametrů chůze pomocí přístrojů se nazývá analýza chůze.

Videonahrávka pacientovy chůze je jednoduchý nástroj, který je velmi užitečný pro dokumentaci i pro edukaci pacienta.

Kompletní vyhodnocení pacientovi chůze by mělo zahrnovat provádění rozličných úkolů při chůzi. Chůze pacienta by měla být posuzována v tolika situacích, které jsou pro terapeuta reálně přístupné. Během vyšetřování chůze fyzioterapeut dokumentuje pohybové strategie, přítomnost odchylek a také to, jak pacient chůzi vnímá (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 374-378).

Měření chůze pomocí klinických testů u osob s poruchami rovnováhy je běžně používáno ke kvantifikaci změn v průběhu času. Parametry, které lze hodnotit jsou rychlost chůze, schopnost pohybovat hlavou při chůzi, otáčení nebo změny rychlosti

chůze. Tyto parametry mohou často poskytnout dodatečné informace o pacientově dysfunkci. Mezi běžně používané nástroje pro vyhodnocování chůze u pacientů s vestibulárními poruchami patří Dynamic Gait Index (DGI) a Functional Gait Assessment (FGA). Oba tyto testy jsou snadno použitelné a spolehlivé (Marchetti et al., 2014).

DGI byl vyvinut Shumway-Cook a spolupracovníky k vyhodnocování a dokumentování nejen běžné chůze, ale také schopnosti pacientů modifikovat chůzi během náročnějších úkolů. Používá se jako měřítko mobility u starších osob a indikuje zvýšené riziko pádu (Shumway-Cook & Woollacott, 2012, str. 309). DGI je velmi užitečný nástroj také pro kvantifikaci chůze u pacientů s vestibulárními dysfunkcemi. Tento osmipoložkový test trvá méně než 10 minut a nevyžaduje mnoho pomůcek pro provedení, pouze krabici od bot, dva kužely a schodiště.

FGA je modifikací DGI, který byl vyvinut pro zvýšení jeho spolehlivosti. Obsahuje 10 položek, z toho 7 je převzato z původního DGI a 3 jsou přidané navíc (chůze o úzké bazi, chůze pozpátku a chůze se zavřenýma očima) (Leddy, Crowner & Earhart, 2011).

Dalším nástrojem, který je možné použít u pacientů s poruchami rovnováhy je Berg balance scale (BBS). Tato škála se skládá ze 14 položek, zahrnujících různé statické a dynamické činnosti. Bodování určuje schopnost vykonávat posuzovanou činnost v rozmezí 0-4 bodů. Maximální počet bodů je 56 (Whitney, Wrisley & Furman, 2003).

Velice jednoduchým testem hodnotícím především rychlost chůze, ale i rovnováhu je Timed Up and Go test. Test trvá méně než jednu minutu a spočívá v měření času, během kterého subjekt vstane ze židle, ujde tři metry, otočí se, vrátí se zpět a posadí se na židli. U pacientů s vestibulárními dysfunkcemi je užitečné provést test s otočkou na obě strany pro zjištění případné asymetrie (Mancini & Horak 2010).

## **1.5 Vestibulární kompenzace**

Náhlá úplná jednostranná ztráta vestibulární funkce se projevuje řadou příznaků, jak bylo popsáno v předchozí kapitole. U většiny pacientů však tyto příznaky během několika týdnů mizí a dochází k postupnému návratu do běžného života. K popisu tohoto navrácení se používá termín vestibulární kompenzace. Navenek se může zdát, že dochází k návratu poškozené funkce, ve skutečnosti je však u většiny pacientů ztráta funkce polokruhovitých kanálků a otolitů trvalá. Přesto může být většina těchto pacientů

velmi dobře kompenzována tak, že nepociťují žádné nepříjemné příznaky (Horak, 2010).

### ***1.5.1 Mechanismy kompenzace***

Herdman a Clendaniel (2014) uvádějí, že proces postupné obnovy vestibulární funkce je pravděpodobně centrálního původu a podílí se na něm mnoho struktur, mezi které patří například vestibulární jádra, mícha, mozeček, oliva, vizuální systém a mnohé další.

V průběhu kompenzace probíhá více různých procesů, které se mohou vzájemně doplňovat. V literatuře se lze setkat s různými mechanismy, na jejichž základě je postaven koncept vestibulární rehabilitace.

Jednou z teorií návratu poškozené vestibulární funkce, je teorie buněčné obnovy. Nejedná se však o kompenzaci. Tento proces spočívá v obnově periferní senzorycké vestibulární funkce pomocí původních konstrukčních prvků na úroveň před poškozením. Příkladem může být regenerace periferních vláskových buněk (Lacour & Bernard-Demanze, 2015, s. 6). Až do nedávné doby nebylo možné tuto obnovu funkce přesvědčivě prokázat, ale s novými selektivními testy funkcí kanálků a otolitů může být tato vestibulární obnova jednoznačně identifikována (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 124).

Mechanismus adaptace spočívá ve schopnosti navození změn v neurálních odpovědích na prováděné pohyby hlavy. Při výpadku jednoho labyrintu dochází k postupné adaptaci druhého zdravého tím způsobem, že při jeho podráždění nastává útlum jeho činnosti (Hahn, 2015, s. 74). Adaptace ovlivňuje především úpravu funkcí VOR. Porucha dynamické fáze VOR je charakterizována poklesem gainu VOR. Při akutní vestibulární lézi dochází k poklesu gainu především při pohybu hlavy k postižené straně. V průběhu kompenzace postupně dochází opět k úpravě gainu (Herdman & Clendaniel, 2014, 361). Existuje také teorie, že za obnovu vyrovnaní činností obou vestibulárních jader je částečně zodpovědné snížení citlivosti neurotransmiterových receptorů na straně léze. Největší pozornost je zaměřena na neurotransmitter GABA (Bronstein, 2013).

Dalším mechanismem je substituce. V tomto případě nedochází k obnově funkce, ale k jejímu nahrazení jinými mechanismy, jak uvádí Horak (2010), proces vestibulární kompenzace zahrnuje větší spoléhání se na informace z nepostižených senzoryckých systémů. Senzorycká substituce nahrazuje vestibulární funkci ostatními senzoryckými

vstupy (zrakovými, somatosenzorickými). Behaviorální substituce využívá změny chování (Lacour & Bernard-Demanze, 2015).

Posledním z uváděných mechanismů obnovy vestibulární funkce je proces habituace. Jedná se o kompenzační reakci na podkladě přirozené plasticity centrálního nervového systému. Systematickým opakováním podnětů dochází ke snížení reakce na tyto podněty a k vymizení symptomů (McDonnell & Hillier, 2015).

### ***1.5.2 Faktory ovlivňující vestibulární kompenzaci***

Vestibulární kompenzace neprobíhá u každého pacienta stejně, ale jedná se o proces velmi individuální, který může být ovlivněn různými vlivy.

Jedním z faktorů, které mohou mít na kompenzaci vliv, je předchozí pohybová aktivita. Gauchard et al. (2013) se ve své studii zabývali vlivem pohybové aktivity před chirurgickou resekci vestibulárního schwannomu na kompenzační mechanismy po operaci. Autoři došli k závěru, že předoperační pohybová aktivita jakéhokoliv typu podporuje neuroplasticitu neuronové sítě zapojené do procesu motorického učení, což umožňuje využívat následnou rehabilitaci rychleji a účinněji.

V jiné své studii se stejný tým autorů zaměřil na posouzení role věku v procesu vestibulární kompenzace opět u pacientů po operaci vestibulárního schwannomu. Ukázalo se, že i u starších osob umožňuje neuroplasticita nejen obnovení, ale i zlepšování rovnováhy po chirurgickém odstranění vestibulárního schwannomu a to i přes pokles posturální kontroly a kognitivních procesů souvisejících s věkem (Gauchard et al., 2012). Vlivem věku na kompenzaci u pacientů s akutní jednostrannou periferní ztrátou se zabývali také Scheltinga et al. (2016). Zjistili, že normalizace VOR probíhala stejně u mladých i u starších pacientů, avšak k normalizaci v udržování rovnováhy dochází u starších lidí později než u mladších.

Předmětem zkoumání jsou také psychologické faktory a jejich souvislost s vestibulární kompenzací. Zvýšené hladiny stresových hormonů často doprovázejí vestibulární dysfunkce a naopak u pacientů s panickými a úzkostnými poruchami se objevují závratě a poruchy rovnováhy. Pokusy na zvířecích modelech ukazují, že akutní stresová reakce je důležitá v podpoře procesu plasticity vestibulárního systému a mozečku. U lidí je však úloha stresu u vestibulárních poruch složitější a jednoznačné důkazy chybí. Zdá se, že akutní stresová reakce by mohla být důležitou složkou vestibulární rehabilitace a kompenzace. Nicméně opakovaná a dlouhodobá expozice stresovým podnětům může vést naopak k inhibici plasticity mozku a trvalému

poškození hipokampu, amygdaly a prefrontální kůry. Úloha stresu v procesu vestibulární kompenzace není ještě zcela objasněna a je třeba dalšího výzkumu (Saman et al., 2012).

Vzhledem k tomu, že při ztrátě funkce jednoho senzorického systému nahrazuje člověk ztracenou funkci zbylými systémy, hraje v procesu kompenzace důležitou roli také funkční stav kontralaterálního vestibulárního aparátu a stav pacientova zraku.

Dalším důležitým faktorem, který může velmi přispět k urychlení vestibulární kompenzace, je rehabilitace, které se věnuje následující kapitola.

## **1.6 Vestibulární rehabilitace**

Vestibulární rehabilitační programy využívají přirozené plasticity rovnovážného systému a urychlují tak proces kompenzace (Han, Song & Kim, 2011). Brodovsky & Vnenchak, (2013) tvrdí, že vestibulární rehabilitace pozitivně ovlivňuje závratě, stabilizaci pohledu, rovnováhu, chůzi a běžné denní aktivity. Nalezení optimálního rehabilitačního vzoru nejen urychlí časový průběh zotavení, ale také umožní dosáhnout nejlepšího výběru strategií pro získání lepší kvality života (Lacour & Bernard-Demanze, 2015).

Han, Song & Kim (2011) uvádějí jako čtyři hlavní cíle vestibulární rehabilitace zlepšování stabilizace pohledu, zlepšování posturální stability, snižování závratí a zlepšování zvládnutí běžných denních aktivit.

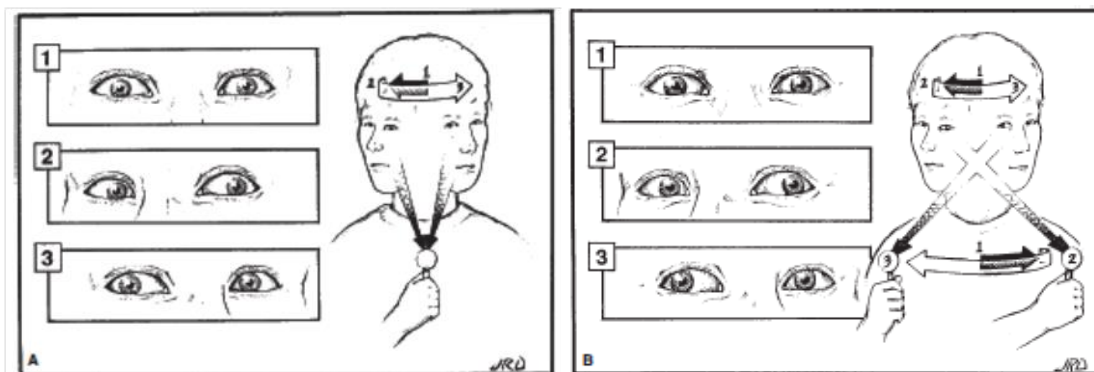
Rehabilitace kombinuje cvičení a edukaci pacienta ve zvládnutí příznaků vestibulární deaferentace. Zahrnuje cvičení podporující adaptaci a habituaci a strategie motorické a senzorické substituce (Brodovsky & Vnenchak, 2013).

Habituální cvičení snižuje symptomy systematickým provokováním těchto symptomů (Herdman, 2013, s. 96). První, kdo zavedl cvičení na principu habituace, byly Cawthorne a Cooksey již v roce 1940. Tento přístup však není vhodný pro všechny. Někteří pacienti tyto cviky špatně snášejí, protože během cvičení dochází ke zhoršení příznaků a k jejich snížení je potřeba delší doby. Cvičení nejsou vhodná především pro seniory a pacienty s ortostatickou hypotenzí (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 401).

Adaptační cvičení se skládají z opakovaných pohybů hlavy během optické fixace předmětu. Zlepšují stabilizaci pohledu prostřednictvím adaptace VOR a rozvojem kompenzačních sakadických očních pohybů. Pacient sleduje malý stacionární předmět nebo předmět pohybující se opačným směrem než je pohyb hlavy. Efektivitu adaptace



lze zvýšit prováděním pohybů v různých frekvencích. Frekvence by však neměla být měněna náhle, ale měla by být postupně zvyšována. Pohyby by také měly být prováděny ve všech možných směrech. Cvičení by měla být prováděna 5x denně, vždy po dobu několika minut (Han, Song & Kim, 2011, s. 186).



**Obrázek 6** Cviky na zlepšení stabilizace pohledu (Herdman & Clendaniel, 2014).

Cvičení založená na principu sensorické substituce využívají ostatních sensorických systémů k nahrazení poškozené vestibulární funkce. První možností je cvičení rovnováhy s omezeným vizuálním vstupem (zavřené oči) a zároveň dobrými somatosenzorickými vstupy (stoj naboso). Druhou možností je cvičení v těžších somatosenzorických podmínkách (stoj na měkké podložce, nakloněné ploše) (Han, Song & Kim, 2011, s. 188-189).

Nedílnou součástí vestibulární rehabilitace jsou také cvičení zlepšující posturální stabilitu a chůzi. Jedná se zejména o balanční cvičení a nácvik různých modifikací chůze a trénink chůze s plněním dalších úkolů (Herdman, 2013).

### **1.6.1 Využití biofeedbacku ve vestibulární rehabilitaci**

Při běžné rehabilitaci je pro pacienty při provádění cviků obtížné získat zpětnou vazbu a tato cvičení mohou být opakující se a nezáživná. Proto byly vyvinuty způsoby cvičení, které pacientům tuto zpětnou vazbu poskytují (Herdman & Clendaniel, 2014).

Biofeedback neboli biologická zpětná vazba je metoda, která se v rehabilitaci využívá ke zlepšení účinnosti terapie, protože umožňuje pacientovi získat lepší kontrolu nad svým tělem. Prostřednictvím různých zařízení dostává pacient v reálném čase aditivní informace, které by přirozeně k dispozici neměl (Giggins, 2013). Tyto informace jsou přijímány sensorickými systémy, které se uplatňují v posturální kontrole, nejčastěji se jedná o zrakové, sluchové či taktilní informace. V závislosti na

míře postižení konkrétního senzoričského systému může biologická zpětná vazba sloužit pro augmentaci nebo substituci senzoričské informace (Horak, 2010, s. 4).

Systémy využívající senzoričskou zpětnou vazbu se obvykle skládají ze tří částí. Inerciální měřící jednotka pro měření pohybu, procesor analyzující tento pohyb a zpětnovazebné zařízení, které prezentuje informaci o pohybu uživateli

U pacientů s vestibulárními poruchami se využívají různé typy biologické zpětné vazby. Lze se setkat například s elektrotaktilní stimulací jazyka přístojem Brain Port, auditorním biofeedbackem využívajícím akcelerometry, vibrotaktilním biofeedbackem, vizuálním biofeedbackem v kombinaci se silovými plošinami či vestibulární elektrickou stimulací pro rehabilitaci okulomotoriky, která je však zatím předmětem výzkumu a není připravena pro klinické využití (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 546-548).

### **Rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou**

Jedná se o nejčastěji využívanou metodu zpětné vazby. Princip spočívá ve vizualizaci záznamu ze silové plošiny. Plošina pomocí tlakových senzorů zaznamenává posun COP a tuto informaci v reálném čase zobrazuje na monitoru. Na tyto zrakové podněty se jedinec snaží během terapie reagovat vhodnými posturálními reakcemi.

Efektem terapie s vizuální zpětnou vazbou u pacientů s poruchami funkce vestibulárního systému se zabývalo již několik autorů.

Čakrt et al. (2010) sledovali vliv tréninku s vizuální zpětnou vazbou na posturální stabilitu u pacientů po operaci vestibulárního schwannomu. Studie se účastnilo 17 pacientů indikovaných k retrosigmoideální mikrochirurgické resekci nádoru. 9 pacientů po operaci absolvovalo intenzivní rehabilitaci s vizuální zpětnou vazbou pomocí přístroje Balance Master®. Zbýlých 8 pacientů mělo standardní vestibulární rehabilitaci. Rehabilitace u obou skupin probíhala 1x denně po dobu dvou týdnů během hospitalizace pacientů. Efekt byl hodnocen pomocí posturografického vyšetření podle modifikovaného Clinical Test for Sensory Interaction of Balance. Výsledky prokázaly statisticky významné rozdíly mezi oběma skupinami ve stoji na měkké podložce, přičemž lépe kompenzováni byli pacienti, kteří absolvovali terapii s vizuální zpětnou vazbou. Tato studie tedy prokázala, že rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou má pozitivní vliv na kompenzaci pacientů s vestibulární poruchou.

Konvenční vestibulární rehabilitaci a rehabilitaci založenou na virtuální realitě porovnává pilotní studie Meldrum et al. (2012). Studie sledovala 26 účastníků s jednostrannou vestibulární poruchou. Pacienti byli rozděleni na dvě skupiny

v závislosti na typu rehabilitace, která trvala 6 týdnů. Pro terapii s vizuální zpětnou vazbou byl použit komerční systém Nintendo Wii<sup>®</sup> Fit Plus. Autoři hodnotí použitý systém jako vhodný pro vestibulární pacienty. Stejní autoři v roce 2015 publikovali studii, která se snaží prokázat pozitivní vliv terapie s Nintendem Wii na větším souboru pacientů. Studie se účastnilo celkem 71 pacientů s jednostrannou vestibulární deaferentací. Výsledky porovnávající obě skupiny se statisticky významně neliší. Skupina pacientů trénující s využitím Nintenda však vykazovala větší adherenci ke cvičení, větší potěšení z terapie a menší únavu. Ze studie vyplývá, že vestibulární rehabilitace založená na virtuální realitě nedosahuje lepších výsledků než běžná vestibulární rehabilitace, ale může poskytovat pro pacienty zábavnější a příjemnější způsob obnovy rovnovážných funkcí po jednostranné vestibulární ztrátě (Meldrum et al., 2012; 2015).

Využitím virtuální reality u pacientů s vestibulárními poruchami se zabýval také Alahmari et al. (2013). Pacienti byli opět rozděleni do dvou skupin. První skupina čítající 18 pacientů měla běžnou vestibulární fyzioterapii, druhá skupina 20 pacientů měla terapii na principu virtuální reality. Trénink těchto pacientů spočíval v chůzi na treadmillu ve virtuálním prostředí imitující obchod s potravinami. Před a po každé terapii pacienti hlásili případné příznaky nevolnosti, bolesti hlavy, závratě či rozmazané vidění. Výsledky ukázaly, že u obou skupin došlo ke snížení symptomů, rozdíl mezi skupinami potvrzen nebyl.

V roce 2015 publikovali Bergeron, Lortie & Guitton přehledový článek, ve kterém hodnotí rozsáhlou analýzu studií zabývajících se využitím virtuální reality v rehabilitaci vestibulárních poruch. Analýza potvrdila, že tento přístup je velice užitečný. Ve všech přezkoumaných studiích bylo dokumentováno zlepšení symptomů po rehabilitaci využívající virtuální realitu. Tyto nové nástroje by tedy neměly být při práci s pacienty trpícími vestibulárními poruchami opomíjeny. Navzdory výsledkům však autoři dodávají, že je třeba ještě dalšího výzkumu v této oblasti (Bergeron, Lortie & Guitton, 2015).

## 1.7 Gentamicin

Gentamicin je antibiotikum patřící do skupiny aminoglykosidů. Používá se pro terapii závažných infekcí způsobených gramnegativními bakteriemi (Moulds, 2010, s. 134). Podobně jako ostatní aminoglykosidy není při perorálním podání systémově aktivní. Podává se proto parenterálně (intravenózně, intramuskulárně nebo topicky).

Mezi hlavní nežádoucí účinky gentamicinu patří nefrotoxicita a ototoxicita (Hain, 2012).

Ototoxicita má za následek poškození vnitřního ucha nebo vestibulokochleárního nervu. Vnitřní ucho se podílí na udržování rovnováhy a zajišťuje sluchové funkce. Vestibulokochleární nerv vede informace z vnitřního ucha do mozku. Působením toxické látky může dojít k poškození obou těchto funkcí (Haybach, 2012). Při poškození kochleární části vnitřního ucha nebo n. VIII mluvíme o kochleotoxicitě. Ta se projevuje úplnou nebo částečnou ztrátou sluchu nebo tinitem. Při poškození rovnovážných orgánů vnitřního ucha nebo vestibulární části n. VIII se jedná o vestibulotoxicitu. Jejími projevy jsou poruchy rovnováhy, vertigo a nystagmus. Při oboustranném poškození se objevuje oscilopsie, bolesti hlavy, pocit zalehlého ucha, chůze o široké bázi a zhoršená chůze ve tmě nebo se zavřenýma očima (Haybach, 2002).

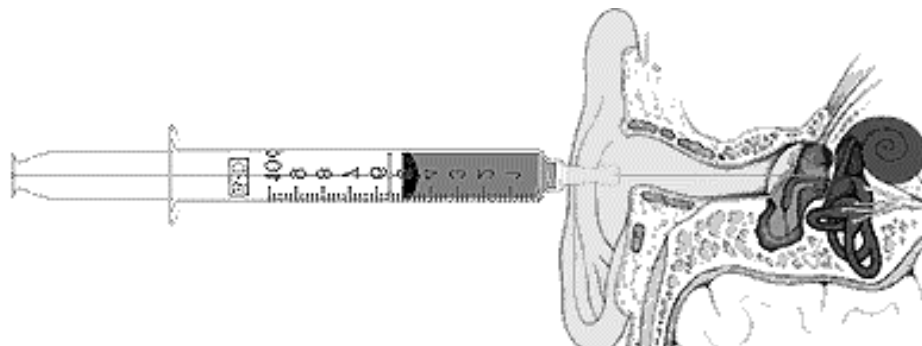
Zatímco některá aminoglykosidická antibiotika jako kanamicin, tobramicin, neomycin a dihydrostreptomycin jsou více kochleotoxická, gentamicin a streptomycin způsobují mnohem více vestibulární poškození než sluchové (Herdman & Clendaniel, 2014, s. 243).

Aminoglykosidová antibiotika se do vnitřního ucha dostávají prostřednictvím krve nebo difuzí ze středního ucha (Haybach, 2002). Ototoxicita se projevuje během dnů nebo týdnů po podání aminoglykosidů (Zilberstein, Liberman & Corfas, 2012).

### 1.7.1 Využití gentamicinu při léčbě závratí

Přestože je ototoxicita vedlejším a spíše nežádoucím účinkem gentamicinu, lze ji využít i léčebně. Tohoto účinku je využíváno např. při terapii závratí. Výhodami oproti chirurgickým postupům, kterými jsou sekce vestibulárního nervu nebo labyrintektomie jsou nižší cena, menší zátěž a menší riziko pro pacienta, není třeba celkové anestezie. Zákrok se provádí injekčním podáním gentamicinu transtympanickým neboli intratympanickým přístupem pomocí malé jehly. Roztok ototoxického antibiotika je skrz bubínek aplikován do středoušní dutiny, odkud difunduje přes kulaté a oválné

okénko do vnitřního ucha a selektivně napadá vláskové buňky. Zákrok nebývá příliš bolestivý. Ke znecitlivění ušního bubínku se používá lokální anestetikum (Bronstein, 2013, s. 64; Hain, 2012).



**Obrázek 7** Transtympanická aplikace gentamicinu (<http://www.dizziness-and-balance.com/treatment/ttg.html>)

Gentamicinu se efektivně využívá při léčbě Meniérovy choroby, jak dokládá mnoho studií z posledních let. Jako příklad lze uvést studii Bremera et al. (2014), studii Syeda et al. (2015) nebo studii Milera & Agrawala (2014), které se intratympanickou léčbou Meniérovy choroby zabývaly.

### ***1.7.2 Využití gentamicinu u pacientů s vestibulárním schwannomem***

Intratympanický gentamicin se také používá jako premedikace před operací vestibulárního schwannomu. Aplikací gentamicinu před chirurgickou operací je dosaženo celkové vestibulární deafferentace ještě před chirurgickým zákrokem a dává pacientovi čas, aby se postupně adaptoval na změněnou senzoryckou aferentaci (Tjernstrom et al., 2009). Pacienti s významnou vestibulární nedostatečností již před operací vykazují menší postižení v bezprostředním pooperačním období. Podáním intratympanického gentamicinu před zákrokem tak lze usnadnit pooperační rehabilitaci (Batuecas-Caletrio et al., 2013).

Využití gentamicinu u pacientů s vestibulárním schwannomem hodnotí ve své studii Magnusson et al. (2007). Do studie bylo zahrnuto 12 pacientů s vestibulárním schwannomem, podmínkou byla zachovaná normální vestibulární funkce. Cílem bylo zhodnotit vliv předoperačně aplikovaného gentamicinu v kombinaci s vestibulární prehabilitací na pooperační stav pacienta a následné zotavení. Pacienti nejprve absolvovali domácí vestibulární tréninkový program po dobu 14 dnů, poté obdrželi

1.2 ml 30mg/ml pufrovaného gentamicinu. Následovalo dokončení tréninku po dobu 6 týdnů až do termínu operace. Během této doby měla proběhnout vestibulární kompenzace. Ke zhodnocení bylo použito testování vestibulárních video impulzů, subjektivní zrakové vertikály a horizontály, posturografické vyšetření a audiometrie. U dvou pacientů došlo ke zhoršení sluchu, u jednoho naopak ke zlepšení. U všech testovaných pacientů došlo před operací k vestibulární kompenzaci a nikdo z pacientů netrpěl po operaci nevolností nebo závratí.

Studie Tjernstroma et al. (2009) zjišťovala, zda předoperační deaferentace pomocí gentamicinu může ovlivnit pooperační posturální kontrolu také v dlouhodobé perspektivě (6 měsíců). Studie se zúčastnilo celkem 41 pacientů indikovaných k resekci vestibulárního schwannomu. Pacienti byli rozděleni do čtyř skupin podle vestibulární aktivity před operací. Ti, kteří měli zachovanou vestibulární funkci, byli ošetřeni gentamicinem s cílem vytvořit jednostrannou vestibulární deaferentaci před chirurgickým zákrokem. K porovnání výsledků byla použita vibrační posturografie. Byly porovnány výsledky před operací a 6 měsíců po operaci. Pacienti, kteří byli před operací ošetřeni gentamicinem, měli podstatně méně posturálních výchylek a to jak v porovnání s předoperačním testováním, tak v porovnání s ostatními skupinami. Výsledky ukázaly, že u pacientů, kteří mají před operací zachovanou funkci vestibulárního systému, lze pomocí gentamicinu a vestibulární prehabituace zredukovat nepříznivé pooperační symptomy, a to nejen bezprostředně po operaci, ale i v dlouhodobějším časovém období 6 měsíců po operaci.

Intratympanický gentamicin lze u pacientů s vestibulárním schwannomem využít i podobně jako u Meniérový choroby jako terapii závratí. Jedná se o nádory s průměrem menším než 1 cm, které dále nerostou, ale pacientům způsobují závratě. Aplikací intratympanického gentamicinu lze pacienty zbavit závratí a výrazně jim tak zlepšit kvalitu života. U některých pacientů však může dojít k současné ztrátě sluchové funkce (Giannuzzi, Merkus, & Falcioni, 2013).

## **2 CÍLE A HYPOTÉZY**

### **2.1 Cíle**

Hlavním cílem této diplomové práce je zhodnotit průběh vestibulární kompenzace u pacientů po chirurgické resekci vestibulárního schwannomu. Teoretická část práce má poskytnout základní informace o problematice vestibulárního schwannomu, základních principech fungování vestibulárního systému, vnímání zrakové vertikály, mechanismech vestibulární kompenzace a vestibulární rehabilitaci, včetně rehabilitace s využitím vizuální zpětné vazby.

Cílem experimentální části práce je zhodnotit zda předoperační aplikace gentamicinu, která způsobí vestibulární deaferentaci, má dopad na průběh vestibulární kompenzace. Vliv této intervence bude hodnocen porovnáním dvou skupin pacientů - s předoperační aplikací gentamicinu a bez aplikace gentamicinu. Kompenzace bude hodnocena v čase prostřednictvím náklonu subjektivní zrakové vertikály a při vyšetření Dynamic Gait Index. Chtěli bychom zjistit, zda dojde ke změnám těchto parametrů při měření před operací, po operaci a po rehabilitaci s vizuální zpětnou vazbou a pokud ano, jakým způsobem.

## **2.2 Hypotézy**

Na základě poznatků z odborné literatury jsme stanovili následující hypotézy.

### **Hypotéza 1**

Mezi skupinami pacientů s aplikací gentamicinu a bez aplikace gentamicinu bude statisticky významný rozdíl v hodnotách náklonu subjektivní zrakové vertikály.

### **Hypotéza 2**

U pacientů po operaci vestibulárního schwannomu dojde ke statisticky významnému zvýšení náklonu subjektivní zrakové vertikály.

### **Hypotéza 3**

Po ukončení rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou dojde u pacientů ke statisticky významnému snížení náklonu subjektivní zrakové vertikály.

### **Hypotéza 4**

U pacientů po operaci vestibulárního schwannomu dojde ke statisticky významnému snížení celkového skóre Dynamic Gait Index.

### **Hypotéza 5**

Po ukončení rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou dojde u pacientů ke statisticky významnému zvýšení celkového skóre Dynamic Gait Index.



### 3 METODIKA

#### 3.1 Charakteristika souboru pacientů

Do souboru bylo zařazeno 32 pacientů s vestibulárním schwannomem, kteří byli v období od ledna 2014 do prosince 2015 operováni na Klinice otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku 1. LF UK a Fakultní nemocnice v Motole. Všichni pacienti byli operováni týmem lékařů vedeným Prof. MUDr. J. Betkou, DrSc. a Prof. MUDr. E. Zvěřinou, DrSc. Pro odstranění nádoru byl u 29 pacientů využit retrosigmoidální operační přístup a u 3 pacientů přístup translabyrinthální.

Soubor zahrnuje 20 žen a 12 mužů ve věku 28 - 73 let, věkový průměr vyšetřovaných činí  $47.56 \pm 10.89$  SD let. 19 pacientů mělo levostranný nádor a 13 pravostranný.

Pacienti byli rozděleni do dvou skupin v závislosti na tom, zda před operací podstoupili aplikaci gentamicinu či nikoliv. Kritériem pro aplikaci byla neúčinná úroveň sluchu. Gentamicin byl aplikován transtympanicky, dva měsíce před plánovanou operací. Aplikace proběhla ve třech dávkách tři po sobě jdoucí dny.

Charakteristiku souboru stručně shrnuje tabulka 1. Podrobnější informace o jednotlivých pacientech jsou uvedeny v příloze 1.

	<b>Celkem</b>	<b>S gentamicinem</b>	<b>Bez gentamicinu</b>
<b>Počet</b>	32	10	22
<b>Věk (roky)</b>	28-73 (47.6±10.9)	28-73 (47.8±14.7)	29-60 (47.5±9.1)
<b>Velikost nádoru (mm)</b>	22.2±10.8	17.2±7.5	24.5±11.4
<b>Pohlaví</b>			
<b>Muži</b>	12	5	7
<b>Ženy</b>	20	5	15
<b>Strana léze</b>			
<b>Pravá</b>	19	6	13
<b>Levá</b>	13	4	9

**Tabulka 1** Charakteristika souboru pacientů.

Všichni pacienti byli seznámeni s účelem a průběhem studie a podepsali informovaný souhlas. Studie byla odsouhlasena etickou komisí v souladu s Helsinskou deklarací.

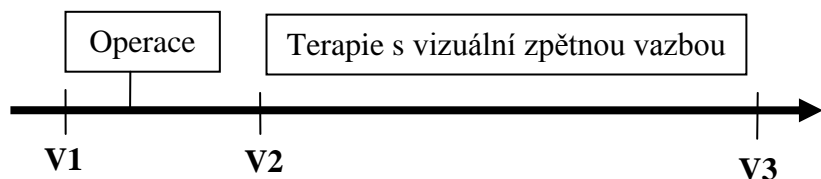
## 3.2 Vyšetření

Vyšetřování pacientů bylo prováděno v Neurootologickém centru 1. a 2. LF a FN Motol.

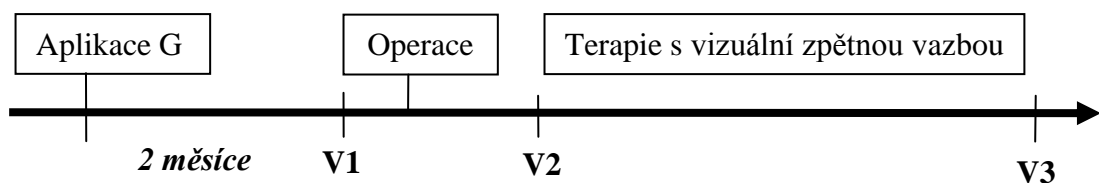
Každý pacient absolvoval celkem tři vyšetření. První vyšetření (V1) proběhlo před operací v den příjmu pacienta k plánované operaci tj. dva dny před zákrokem. Druhé vyšetření (V2) následovalo po operaci v době, kdy již byl pacient schopen samostatného stoje a chůze, zpravidla pátý pooperační den. Závěrečné třetí vyšetření (V3) bylo provedeno po terapii s vizuální zpětnou vazbou, těsně před propuštěním pacienta do domácího prostředí. Čas propuštění závisel na stavu pacienta a míře komplikací.

Všechna tři vyšetřování zahrnovala vyšetření subjektivní zrakové vertikály pomocí metody „The bucket method“, posturografické vyšetření na přístroji Synapsis Posturography system, dotazník Activities-Specific Balance Confidence Scale a část pacientů absolvovala navíc vyšetření chůze pomocí testu Dynamic Gait Index.

Doba vyšetření nepřesahovala 30 minut.



**Obrázek 8** Časová osa metodiky vyšetření - pacienti bez gentamicinu (zdroj vlastní).



**Obrázek 9** Časová osa metodiky vyšetření - pacienti s gentamicinem (zdroj vlastní).

### 3.2.1 Vyšetření subjektivní zrakové vertikály

Subjektivní zraková vertikála byla vyšetřována metodou „The bucket method“. Měření touto metodou se provádí pomocí speciálního neprůhledného válce, který je vybaven měřicím zařízením pro odečítání odchylky. Zařízení je umístěno na vnějším dně válce a skládá se z úhloměru a lanka se závažím vycházejícím ze středu dna válce.

Závaží ukazuje směr působení zemské gravitace, odpovídající geofyzikální vertikále. Úhломěr je umístěn tak, že této geofyzikální vertikále odpovídá stupeň 0. Z vnitřní strany dna válce je narýsována kontrastní přímka, která prochází středem a tvoří kolmici s úhломěrem.

Vyšetření probíhá tak, že vyšetřovaný sedí ve vzpřímené poloze, jeho pohled směřuje dovnitř válce a sleduje tmavou přímku. Stěny válce zakrývají okolí a je tak znemožněna zraková orientace. Vyšetřující otočí válec tak, aby byla přímka vychýlena z osy geofyzikální vertikály. Následně otáčí pomalu zpět, dokud vyšetřovaný neudává, že se přímka z jeho pohledu nachází ve vertikální poloze. Ze stupnice úhломěru je odečtena hodnota odchylky.

Byla prováděna vždy tři binokulární měření na každou stranu (po směru a proti směru hodinových ručiček), celkem tedy šest měření.



**Obrázek 10** Vyšetření subjektivní zrakové vertikály "The bucket method" (Bronstein, 2013).

### 3.2.2 *Vyšetření chůze pomocí Dynamic Gait Index (DGI)*

DGI byl vyvinut jako klinický nástroj k posouzení chůze, rovnováhy a rizika pádu. Posuzuje a dokumentuje schopnost pacienta reagovat na měnící se podmínky během chůze. Zahrnuje 8 položek.

1. chůze po vodorovném povrchu
2. chůze se změnou rychlosti
3. chůze s horizontálním otáčením hlavy
4. chůze s vertikálním otáčením hlavy

5. chůze s otočkou v prostoru
6. chůze s překročením překážky
7. chůze okolo překážek
8. chůze po schodech

Pokyny pro jednotlivé položky a přesný popis pro hodnocení položek jsou uvedeny na skórovacím formuláři (příloha 2).

Každá z osmi položek je bodově ohodnocena počtem 0 - 3 bodů. (3 – norma, 2 - mírné zhoršení, 1 – střední zhoršení, 0 – těžká porucha). Nejvyšší možný výsledek je 24 bodů. Vyhodnocení testu: 21-24 bodů – minimální nebo žádné riziko pádu, méně než 20 bodů – zvýšené riziko pádu.

Potřebné vybavení: skórovací formulář, alespoň 6 metrů dlouhý prostor s rovným povrchem, stopky, krabice od bot, 2 kužely a schody se zábradlím.

### **3.2.3 Posturografické vyšetření**

Posturografické vyšetření slouží k hodnocení posturální stability. Vyšetřování probíhalo na přístroji Synapsis Posturography System. Pomocí tlakových senzorů zabudovaných do stabilometrické plošiny je zaznamenáváno působíště reakční síly - COP (center of pressure). K zaznamenání byla použita vzorkovací frekvence 40 Hz. Vyšetření zahrnovalo měření limitů stability a měření stoje ve čtyřech modifikacích. Stoj s otevřenýma očima na pevné podložce, stoj se zavřenýma očima na pevné podložce, stoj s otevřenýma očima na pěnové podložce a stoj se zavřenýma očima na pěnové podložce. Při vyšetření stál pacient na podložce bez obuvi s chodidly v úhlu 30°. Horní končetiny byly volně podél těla. Pacient pohledem fixoval bod umístěný na stěně. Každé jednotlivé měření trvalo 51 s.

### **3.2.4 Activities – Specific Balance Confidence scale (ABC)**

Tento dotazník měří subjektivní míru důvěry v oblasti rovnováhy při vykonávání různých činností. 16 položek (chůze okolo domu, chůze po schodech, zvednutí předmětu z podlahy, uchopení předmětu v úrovni očí, uchopení předmětu při stoji na špičkách, uchopení při stoji na židli, zametání podlahy, chůze venku k zaparkovanému autu, nastupování a vystupování do/z auta, chůze přes parkoviště, chůze po šikmé ploše, chůze v přeplněném supermarketu, chůze v supermarketu při srážce s jiným člověkem, jízda po eskalátoru s držením, jízda po eskalátoru bez držení, chůze po zledovatělé ploše), ve kterých pacient hodnotí svůj subjektivní pocit jistoty při provádění dané

činnosti. Položky jsou hodnoceny na procentuální škále 0-100%, kdy 0% znamená žádná jistota a 100% úplná jistota. Celkové skóre se vypočítá součtem skóre jednotlivých položek a tento součet se následně vydělí celkovým počtem položek tedy 16.

Výsledky posturografického vyšetření a ABC dotazníku nejsou v této práci dále podrobně rozváděny. Tyto parametry ve své diplomové práci zhodnotila Markéta Zárubová.

### **3.3 Terapie s vizuální zpětnou vazbou**

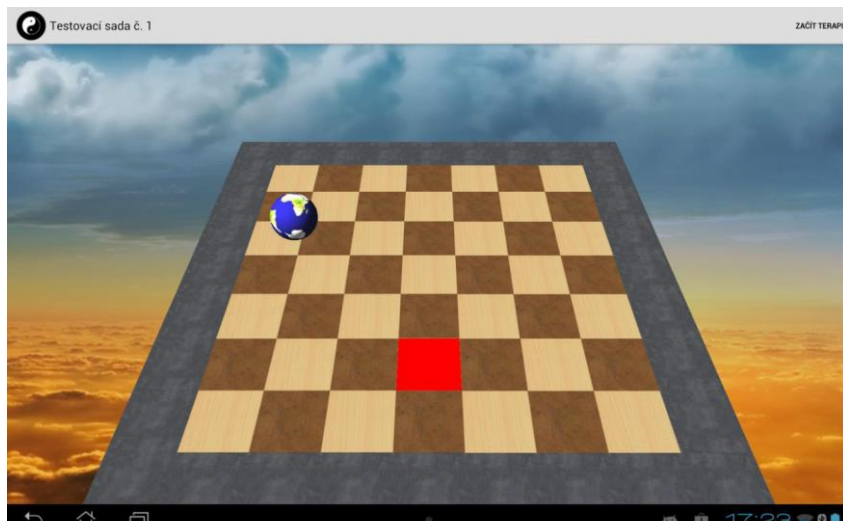
Terapie započala po druhém vyšetření zpravidla 6. pooperační den. Pacienti byli během této doby hospitalizováni na Klinice otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku, 1. LF UK a Fakultní nemocnice v Motole na JIP nebo již na standardním oddělení. K ukončení terapie docházelo těsně před třetím vyšetřením a propuštěním pacienta domů. Terapeutická jednotka probíhala na pokoji pacienta 1x denně a její délka se pohybovala od 10 do 20 min dle únavy pacienta. Kromě terapie s vizuální zpětnou vazbou měli pacienti každý den také běžnou fyzioterapii.

K terapii s vizuální zpětnou vazbou byl využit interaktivní systém Homebalance, vyvinutý interdisciplinárním týmem v Centru podpory aplikačních výstupů a spin-off firem na 1. LF UK v Kladně. Tento systém byl vyvinut pro pacienty s poruchami rovnováhy různého původu. Využívá stabilometrickou plošinu Nintendo Wii Balance Board, která je bezdrátově pomocí bluetooth připojena k tabletu. V tabletu je nahrán software s tréninkovými scénami. Plošina pomocí čtyř tenzometrů snímá rozložení tlakových sil stojícího člověka a reaguje tak na pohyb jeho těžiště ([www.homebalance.eu](http://www.homebalance.eu)).

Samotná terapeutická jednotka probíhá tak, že pacient stojí na plošině v korigovaném postoji. Na displeji tabletu se zobrazuje tréninková scéna – šachovnice 7x7 polí. Cílem je měnit polohu těžiště a tím umisťovat zeměkouli do rozsvícených polí a určitou dobu na nich setrvat, než se rozsvítí jiné pole. Scéna nabízí různé možnosti nastavení, kterými lze upravovat obtížnost cvičení. Nastavit lze varianty sekvencí, které určují, která pole a v jakém pořadí se rozsvítí (diagonály, střídání pata-špička, spirály, kříž, levá/pravá špička, levá/ pravá pata, malé výchylky, náhodná cesta). Dále citlivost plošiny a čas nutný pro výdrž na polí. Náročnost cvičení byla volena dle možností pacienta a postupně zvyšována.



**Obrázek 11** Terapie s využitím systému Homebalance (zdroj vlastní).



**Obrázek 12** Terapeutická scéna šachovnice (zdroj vlastní).

### 3.4 Statistické zpracování dat

Výsledky náklonu subjektivní zrakové vertikály a skóre Dynamic Gait Index byly zpracovány v programu Microsoft Office Excel a v programu Statistica 13.

Náklon subjektivní zrakové vertikály byl měřen ve stupních. Pro každého pacienta byla z celkem šesti měření vypočítána hodnota průměrné pozice, která byla korigována ke straně léze. Do statistického zpracování pro hodnocení subjektivní zrakové vertikály byl použit parametr „korigovaná průměrná pozice“. Data byla zpracována pomocí analýzy rozptylu ANOVA. K posouzení hypotéz byl nejprve použit F test. Předpoklady analýzy byly poté ověřeny pomocí post-hoc testů. Vzhledem k nenormálnímu rozložení dat byly pro statistiku vybrány neparametrické testy. Výsledky byly hodnoceny na hladině statistické významnosti  $p \leq 0.05$ . Statistická významnost byla zjišťována porovnáním hodnot jednotlivých měření u pacientů bez gentamicinu a srovnáním pacientů bez gentamicinu a s gentamicinem.

Skóre DGI bylo získáno sečtením jednotlivých položek testu. Statistická významnost byla zjištěna porovnáním hodnot jednotlivých měření. Pro statistické zpracování byly použity neparametrické testy. K posouzení statistické významnosti byl použit F test a neparametrická analýza rozptylu ANOVA. Výsledky byly hodnoceny na hladině statistické významnosti  $p \leq 0.05$ .

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Subjektivní zraková vertikála

Hodnoty náklonu subjektivní zrakové vertikály byly porovnávány mezi skupinami pacientů s gentamicinem a bez gentamicinu a v průběhu času mezi jednotlivými vyšetřeními – před operací, po operaci a po rehabilitaci. Hodnoceným parametrem byla „průměrná korigovaná pozice“.

Průměr tohoto parametru před operací u pacientů bez gentamicinu činí  $-0.9^\circ \pm 2.5^\circ$  SD. Po operaci se průměrná hodnota náklonu subjektivní zrakové vertikály zvýšila na hodnotu  $-5.1^\circ \pm 3.9^\circ$  SD a po rehabilitaci s vizuální zpětnou vazbou došlo opět ke snížení průměrného vychýlení subjektivní zrakové vertikály na hodnotu  $-3.9^\circ \pm 3.6^\circ$  SD, nikoliv však na původní hodnotu před operací.

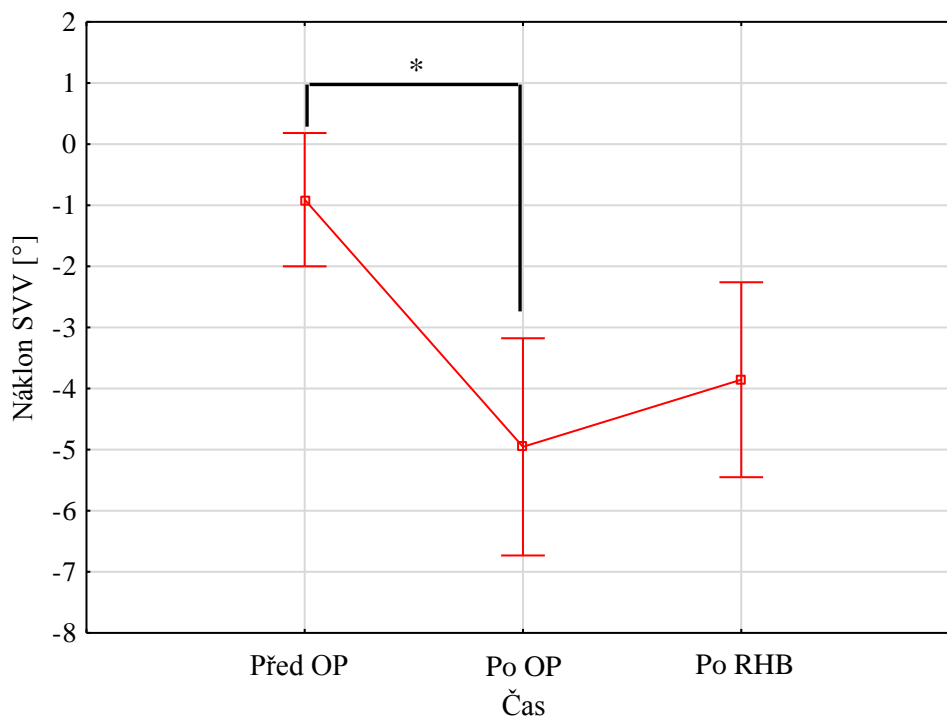
Přehled základních statistických parametrů subjektivní zrakové vertikály u pacientů bez gentamicinu poskytuje tabulka 2. Znázornění vývoje hodnot v čase u této skupiny pacientů lze vidět v grafu 1.

	Počet	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	SD
<b>Před operací</b>	22	$-0.9^\circ$	$-1.3^\circ$	$-5.7^\circ$	$6.5^\circ$	2.5°
<b>Po operaci</b>	22	$-5.1^\circ$	$-5.0^\circ$	$-12.0^\circ$	$0.5^\circ$	3.9°
<b>Po rehabilitaci</b>	22	$-3.9^\circ$	$-4.4^\circ$	$-10.8^\circ$	$4.7^\circ$	3.6°

**Tabulka 2** Hodnoty subjektivní zrakové vertikály u pacientů bez gentamicinu.

Při stanovené hladině významnosti byl prokázán statisticky významný rozdíl hodnot u skupiny pacientů bez gentamicinu mezi vyšetřením před operací a po operaci ( $p < 0.05$ ). Mezi vyšetřeními po operaci a po rehabilitaci podle grafu lze určitý rozdíl vidět, tento rozdíl však není statisticky významný. Rozdíl mezi hodnotami vyšetření před operací a po rehabilitaci také nebyl prokázán jako statisticky významný.





**Graf 1** Subjektivní zrková vertikála u pacientů bez gentamicinu. Červené body označují průměr, vertikální úsečky značí intervaly spolehlivosti na hladině 95%. \* $p < 0.05$ .

U skupiny pacientů s gentamicinem byl zjištěn velmi podobný vývoj hodnot v čase mezi jednotlivými měřeními. Průměrná hodnota náklonu subjektivní zrkové vertikály před operací činí  $-2.9^\circ \pm 1.2^\circ$  SD. Po operaci se náklon zvýšil na průměrnou hodnotu  $-6.0^\circ \pm 4.5^\circ$  SD. Následně po rehabilitaci s vizuální zpětnou vazbou došlo ke snížení náklonu na průměrnou hodnotu  $-3.9^\circ \pm 2.7^\circ$  SD. Stejně jako u skupiny pacientů bez gentamicinu ani zde nedošlo ke snížení náklonu subjektivní zrkové vertikály na hodnoty před operací. U této skupiny lze vidět veliký rozptyl naměřených hodnot a to zejména u pooperačního vyšetření.

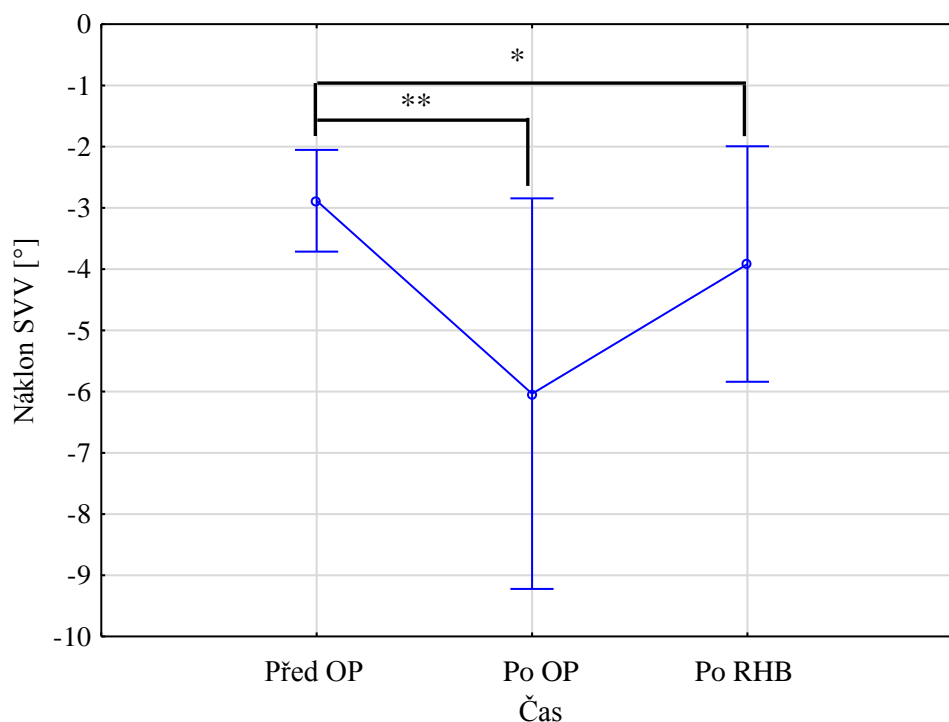
Následující tabulka obsahuje přehled základních statistických parametrů subjektivní zrkové vertikály u skupiny pacientů s gentamicinem.

	Počet	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	SD
<b>Před operací</b>	10	-2.9°	-2.7°	-5.5°	-1.5°	1.2°
<b>Po operaci</b>	10	-6.0°	-5.2°	-14.7°	-0.7°	4.5°
<b>Po rehabilitaci</b>	10	-3.9°	-4.6°	-7.7°	-0.3°	2.7°

**Tabulka 3** Hodnoty subjektivní zrakové vertikály u pacientů s gentamicinem.

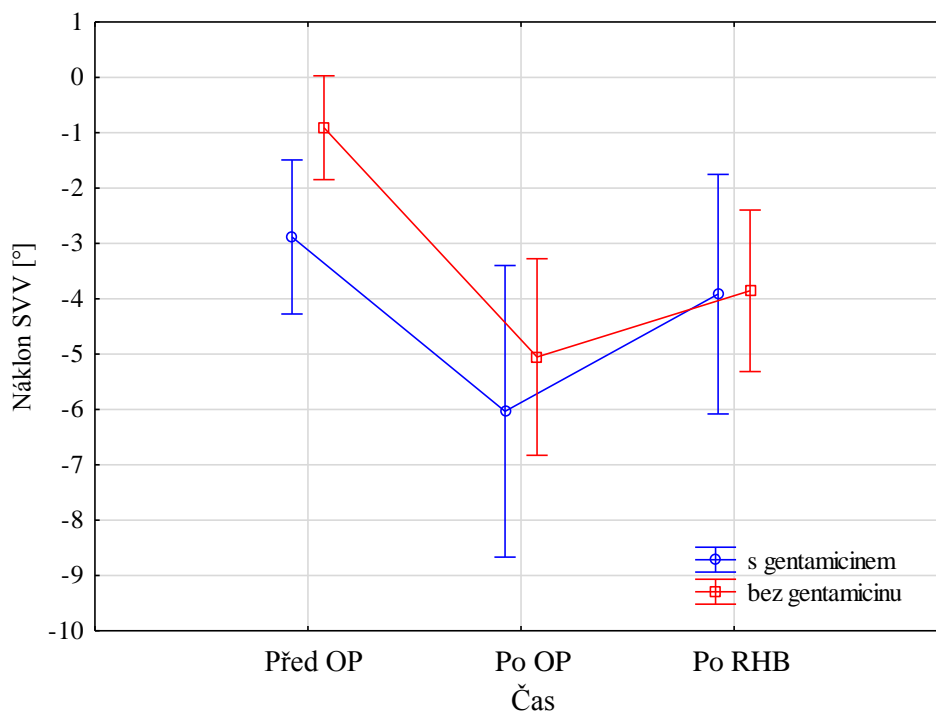
Skupina pacientů s gentamicinem vykazuje statisticky významné rozdíly v naměřených hodnotách mezi vyšetřením před operací a po operaci ( $p < 0.01$ ) a dále mezi vyšetřeními před operací a po rehabilitaci ( $p < 0.05$ ). Mezi vyšetřením po operaci a po rehabilitaci nebylo dosaženo stanovené hladiny významnosti.

Grafické znázornění vývoje hodnot v čase u této skupiny pacientů a statistickou analýzu poskytuje graf 2.



**Graf 2** Subjektivní zraková vertikála u pacientů s gentamicinem. Modré body znázorňují průměr, vertikální úsečky značí intervaly spolehlivosti na hladině 95%. \*  $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .

Porovnání skupin pacientů bez gentamicinu a s gentamicinem neukázalo signifikantní rozdíl mezi těmito skupinami. Vliv předoperační aplikace gentamicinu na vývoj hodnot náklonu subjektivní zrakové vertikály se tedy nepotvrdil. Obě skupiny vykazují téměř stejný vývoj hodnot v čase. Jediné v čem se obě skupiny liší, jsou naměřené hodnoty náklonu subjektivní zrakové vertikály při prvním vyšetření. U pacientů s gentamicinem byly předoperačně naměřeny vyšší hodnoty náklonu zrakové vertikály než u pacientů bez aplikace gentamicinu. Průměrná hodnota u pacientů bez gentamicinu byla při prvním vyšetření  $-0.9^\circ$ , u pacientů s gentamicinem  $-2.9^\circ$ . Grafické srovnání obou skupin pacientů znázorňuje následující graf.



**Graf 3** Porovnání subjektivní zrakové vertikály mezi skupinami pacientů s gentamicinem a bez gentamicinu. V grafu je znázorněn průměr a interval spolehlivosti na hladině 95%.

## 4.2 Dynamic Gait Index

Skóre Dynamic Gait Index bylo hodnoceno pouze u části pacientů bez aplikace gentamicinu. Celkové skóre testu, získané sečtením bodového hodnocení všech osmi položek, bylo porovnáváno během tří vyšetření před operací, po operaci a po rehabilitaci s vizuální zpětnou vazbou.

Průměrné celkové skóre před operací bylo  $22.8 \pm 1.6$  SD. Po operaci došlo k poklesu celkového skóre na průměrnou hodnotu  $12.2 \pm 7.6$  SD. Po rehabilitaci s vizuální zpětnou vazbou došlo opět ke zvýšení celkového skóre na průměrnou hodnotu  $18.4 \pm 4.4$  SD. Nedošlo tedy k návratu na původní hodnoty před operací.

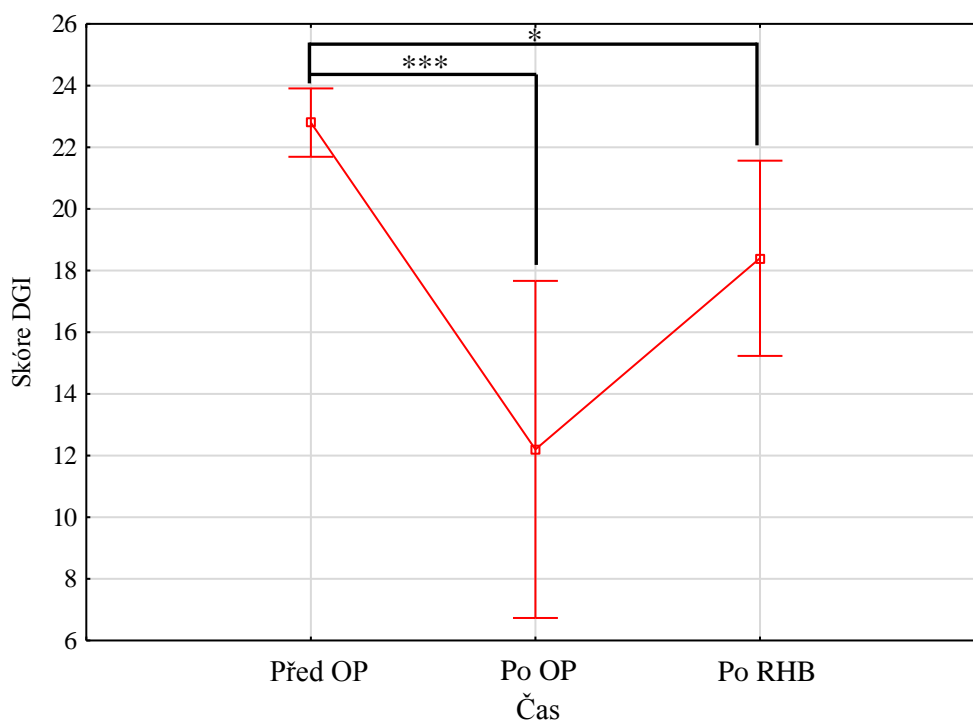
Základní statistické parametry ukazuje tabulka 4.

	Počet	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	SD
<b>Před operací</b>	10	22.8	23.0	19.0	24.0	1.6
<b>Po operaci</b>	10	12.2	10.5	3.0	22.0	7.6
<b>Po rehabilitaci</b>	10	18.4	19.5	10.0	23.0	4.4

**Tabulka 4** Hodnoty DGI.

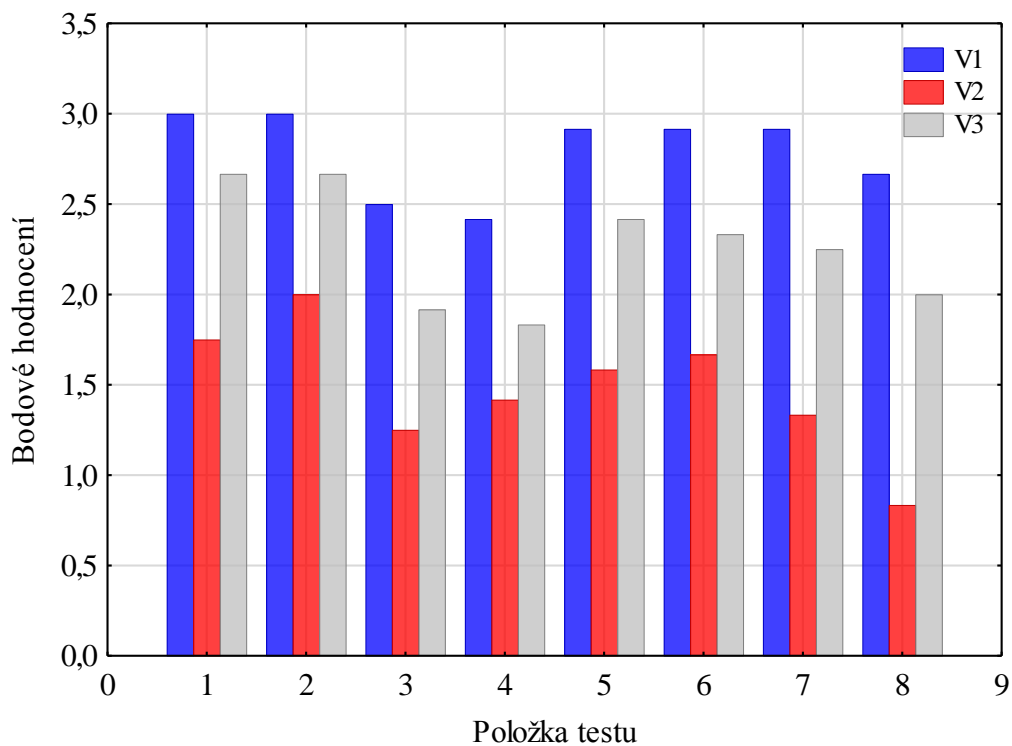
Statisticky významný rozdíl byl prokázán mezi vyšetřeními před operací a po operaci ( $p < 0.001$ ). Statisticky významný rozdíl byl nalezen také mezi vyšetřením před operací a po rehabilitaci ( $p < 0.05$ ). Rozdíl mezi vyšetřením po operaci a po rehabilitaci není statisticky významný.

Grafické znázornění vývoje skóre DGI v čase lze vidět v grafu 4.



**Graf 4** Dynamic Gait Index v čase, mezi jednotlivými vyšetřeními. Červené body znázorňují průměr, vertikální úsečky značí interval spolehlivosti na hladině významnosti 95%. \*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

Při porovnání jednotlivých položek se ukázalo, že před operací dělaly pacientům největší problém položky č. 3 (chůze s horizontálním otáčením hlavy) a č. 4 (chůze s vertikálním otáčením hlavy). V ostatních položkách skóre dosahovalo maxima nebo se mu hodně přibližovalo. Při pooperačním vyšetření dosahovali pacienti nejnižšího počtu bodů v položce č. 8 (chůze po schodech). Nižší počet bodů byl zaznamenán také u položek č. 3, č. 7 (chůze okolo překážek) a č. 4. Naopak nejvyššího počtu bodů dosahovali pacienti u položky č. 2 (změna rychlosti chůze). Po dokončení rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou se k původním hodnotám nejvíce přiblížily položky č. 1 (běžná chůze po vodorovném povrchu) a č. 2. Nejtěžšími položkami zůstaly opět položky č. 3 a č. 4 (viz. Graf 5).



**Graf 5** Porovnání jednotlivých položek DGI. 1. chůze po vodorovném povrchu, 2. chůze se změnou rychlosti, 3. chůze s horizontálním otáčením hlavy, 4. chůze s vertikálním otáčením hlavy, 5. chůze s otočkou v prostoru, 6. chůze s překročením překážky, 7. chůze okolo překážek, 8. chůze po schodech

## DISKUZE

V experimentální části práce jsme sledovali dopad aplikace gentamicinu v předoperačním období na vestibulární kompenzaci u pacientů po operaci vestibulárního schwannomu. Průběh vestibulární kompenzace byl hodnocen prostřednictvím náklonu subjektivní zrakové vertikály a standardizovaného testu chůze Dynamic Gait Index.

Vyšetření subjektivní zrakové vertikály poskytuje hodnotné diagnostické informace o vestibulární funkci, především o funkci otolitových orgánů. Významná odchylka značí vestibulární hypofunkci na straně, ke které směřuje náklon (Böhmer & Rickeman, 1995; Herdman & Clendaniel, 2014). Existují různé způsoby měření subjektivní zrakové vertikály. Jejich přehled byl uveden v teoretické části. Pro tuto práci byla zvolena „The bucket method“ z důvodu její dostupnosti. V porovnání s ostatními metodami je tato metoda velmi levná a jednoduchá, přesto však přesná a spolehlivá, jak dokazují studie prováděné na zdravých osobách i na pacientech s jednostrannou vestibulární lézí (Zwergal et al., 2009, Ferreira et al., 2015, Cohen, 2012).

Sainoo et al. (2012) se zabývali rozdíly mezi monokulárním a binokulárním měřením subjektivní zrakové vertikály u pacientů s vestibulárním schwannomem a u zdravých jedinců. Autoři studie dospěli k závěru, že tyto dva způsoby měření se statisticky významně neliší a je tedy možné z důvodu úspory času provádět pouze měření binokulární. Stejně závěry učinili ve svých studiích Vrabec & Brzezny (2008) a Zwergal et al. (2009). Na základě těchto zjištění jsme vyšetřovali subjektivní zrakovou vertikálu pouze binokulárně.

Náš předpoklad, že po operaci dojde ke zvýšení náklonu SVV a po nějaké době ke kompenzaci a navracení k původním hodnotám vycházel z poznatků z literatury.

Za normu u zdravých lidí většina autorů považuje odchylku  $\pm 2^\circ$  od geofyzikální vertikály (Böhmer & Rickenmann, 1995; Batuecas-Caletrio et al., 2013; Fraser, Maccoie & Harris, 2015). Při předoperačním vyšetření jsme naměřili u pacientů bez gentamicinu průměrnou hodnotu náklonu  $-0.9^\circ$ , kterou lze zahrnout do této normy. U skupiny pacientů s gentamicinem byla průměrná hodnota náklonu naměřená před operací  $-2.9^\circ$  a tuto odchylku již hodnotíme jako abnormální. Výsledky jiných autorů týkající se hodnot naměřených před operací jsou poněkud různorodé. Například

Batuecas-Caletrio et al. (2012) ve své studii naměřili u většiny pacientů předoperačně hodnoty spadající do normy. Naopak předoperační hodnoty naměřené ve studii Vrabce a Brzezneho (2008) jsou vyhodnoceny jako abnormální.

Námi stanovená hypotéza, že po operaci vestibulárního schwannomu dojde ke zvýšení náklonu subjektivní zrakové vertikály, se potvrdila. Po operaci bylo u obou skupin zaznamenáno statisticky významné zvýšení náklonu subjektivní vertikály. U pacientů bez gentamicinu se náklon zvýšil na průměrnou hodnotu  $-5.1^\circ$  a u pacientů s gentamicinem na průměrnou hodnotu  $-6.0^\circ$ . Největší naměřená hodnota náklonu činila  $-14.7^\circ$ . V literatuře se opět můžeme setkat s velmi variabilními hodnotami náklonu subjektivní zrakové vertikály krátce po jednostranné vestibulární deaferentaci. Průměrná odchylka se pohybuje v řádech  $8-12^\circ$ , výjimečně se však lze setkat i s náklonem až  $30^\circ$  od geofyzikální vertikály (Vrabec & Brzezny, 2008).

Po absolvování rehabilitačního programu s vizuální zpětnou vazbou došlo ke snížení hodnot náklonu subjektivní zrakové vertikály. Námi naměřené průměrné hodnoty po rehabilitaci činí  $-3.9^\circ$  u pacientů bez gentamicinu a  $-3.9^\circ$  u pacientů s gentamicinem. Je patrné, že hodnoty se opět navracejí směrem k původním hodnotám, jak jsme předpokládali, ale rozdíly mezi vyšetřením po operaci a po rehabilitaci se ukázaly v obou případech jako statisticky nevýznamné. Hypotéza se tedy nepotvrdila. Nicméně očekáváme další zlepšování hodnot v následujících týdnech, jelikož literatura uvádí, že kompenzace probíhá během týdnů až měsíců po vestibulární deaferentaci (Peterka, 2011; Horak, 2010). Peterka (2011) dále tvrdí, že proces kompenzace není nikdy zcela dokončen a část pacientů proto vykazuje i po delší době určitou míru postižení. Podle Lopeze (2007) se náklon navrátí k původním hodnotám v průběhu jednoho roku. Tento návrat pooperační deviace subjektivní zrakové vertikály k původním předoperačním hodnotám během jednoho roku prokázala i studie Vrabce a Brzezneho (2008). Autoři však upozorňují, že předoperační hodnoty jsou stále odlišné od normálních hodnot zdravé populace.

V naší studii jsme změnu hodnot náklonu subjektivní zrakové vertikály v čase sledovali v relativně krátkém časovém období v průběhu hospitalizace pacienta. Tato doba obvykle činila dva týdny. Bylo by jistě zajímavé sledovat vývoj kompenzace v delším časovém období např. s odstupem několika měsíců od operace, avšak bylo by to časově a organizačně velmi náročné.



Skupina švédských autorů Magnussona, Tjernstroma et al. se zabývala vlivem gentamicinu na vestibulární kompenzaci pacientů po operaci vestibulárního schwannomu. Na základě jejich studií jsme stanovili hypotézu, že průběh kompenzace mezi skupinami pacientů s gentamicinem a bez gentamicinu se bude statisticky významně lišit. Tito autoři prokázali, že předoperační aplikace intratympanického gentamicinu způsobí vestibulární deaferentaci a vestibulární kompenzace tak může proběhnout ještě před chirurgickým zákrokem. Samotný zákrok pro pacienta není již tolik traumatizující a je urychleno pooperační zotavení (Tjernstrom et al., 2009).

V naší studii jsme hodnotili vliv gentamicinu porovnáním dvou skupin pacientů po operaci vestibulárního schwannomu. První skupina pacientů neměla aplikovaný gentamicin, druhá skupina tuto aplikaci podstoupila dva měsíce před resekcí. Předpokládali jsme, že nalezneme statisticky významné rozdíly mezi oběma skupinami. Statisticky významný rozdíl v naměřených hodnotách byl zaznamenán pouze u vyšetření před operací. U pacientů s gentamicinem byly naměřeny vyšší hodnoty náklonu subjektivní zrakové vertikály než u pacientů bez gentamicinu, přičemž bychom očekávali již proběhlou kompenzaci a tudíž hodnoty náklonu v normě. Mezi vyšetřeními po operaci není mezi skupinami statisticky významný rozdíl, stejně tak mezi vyšetřeními po rehabilitaci. Skupiny vykazují i velice podobný vývoj v čase. Z výše uvedeného tedy vyplývá, že hypotézu se nepodařilo potvrdit.

Koncept Magnussona et al. (2007) zahrnuje speciální vestibulární domácí tréninkový program, jehož cílem je urychlit vestibulární kompenzaci. Již 14 dní před aplikací gentamicinu pacienti prováděli 3x denně sérii cviků. Po aplikaci pokračovali ve cvičení po dobu dalších 6 týdnů (Magnusson, 2007; Tjernstrom, 2009). Je zde tedy určitý rozdíl mezi průběhem naší studie a studie zmíněných autorů. Pacienti z našeho souboru neabsolvovali žádné specifické cvičení před aplikací gentamicinu a po aplikaci pouze obdrželi brožuru s vhodnými cviky. Dle některých autorů však k nastartování procesu kompenzace není třeba specifických cvičení a postačují běžné denní aktivity (Mruzek et al., 1995).

Dalším faktorem, který se mohl podílet na výsledcích našich měření je způsob, kterým bylo hodnoceno, zda po aplikaci gentamicinu skutečně došlo k vestibulární deaferentaci. U pacientů účastnících se naší studie byl stav vestibulárního systému ověřován pomocí pulzního testu. Beynon, Jani & Baquley (1998) uvádějí, že tento test nedetekuje mírné a střední vestibulární nedostatky. Pokud je tento test pozitivní, potvrzuje ztrátu minimálně 70% vestibulárních funkcí. To znamená, že existuje

možnost, že určitá část vestibulárních funkcí byla u pacientů před operací stále zachována.

Limitací naší práce může být také počet pacientů, především těch, kteří absolvovali předoperační aplikaci gentamicinu. Náš soubor pacientů zahrnuje celkem 32 pacientů z toho 22 bez aplikace gentamicinu a 10 s aplikací gentamicinu. Statistická analýza by byla průkaznější, pokud by počty pacientů v obou skupinách byly více vyrovnané. Počet námi vyšetřovaných pacientů byl původně vyšší. Někteří pacienti však nemohli být do studie zařazeni, buď z důvodu pooperačních komplikací či chybějících vyšetření.

Mezi projevy jednostranné vestibulární deaferentace patří mimo jiné i poruchy chůze. Podle Herdman & Clendaniel (2014) by kompletní vyhodnocení pacientovy chůze mělo zahrnovat provádění rozličných úkolů při chůzi. Proto jsme vývoj vestibulární kompenzace sledovali také pomocí vyšetření Dynamic Gait Indexu. DGI je jednoduchým, spolehlivým a validním nástrojem pro hodnocení chůze, který reaguje na změny v průběhu času u osob s vestibulárními dysfunkcemi (Marchetti et al., 2014). Spolehlivost DGI u pacientů s periferními vestibulárními poruchami potvrdili také Hall a Herdman (2006). Existuje také zkrácená verze DGI pro osoby s vestibulárními poruchami, která obsahuje pouze čtyři položky (chůze s horizontálním otáčením hlavy, s vertikálním otáčením hlavy, chůze po rovném povrchu, změna rychlosti chůze) (Marchetti & Whitney, 2006). Pro účel našeho vyšetření byla použita klasická osmipoložková verze.

Test byl proveden pouze u části pacientů, a protože tato část pacientů zahrnovala pouze dva pacienty s gentamicinem, nemohlo být provedeno statistické srovnání vlivu gentamicinu na vývoj chůze u pacientů po operaci vestibulárního schwannomu. Výsledky Dynamic Gait Index byly tedy hodnoceny pouze u pacientů bez gentamicinu a u této skupiny jsme analyzovali průběh jednotlivých vyšetření v čase.

Porovnání jednotlivých vyšetření ukázalo statisticky významné rozdíly mezi vyšetřeními před operací a po operaci. Můžeme tedy potvrdit hypotézu, že po operaci dojde ke snížení hodnot celkového skóre DGI. Mezi vyšetřeními po operaci a po rehabilitaci došlo ke zlepšení celkového skóre, rozdíl však není statisticky významný. Tyto výsledky si vysvětlujeme skutečností, že proces kompenzace nebyl ještě ukončen a podobně jako u náklonu subjektivní zrakové vertikály i zde očekáváme během následujících týdnů další zlepšování, které jsme již v této studii nevyhodnocovali. Dle

Bronsteina (2013) ke kompenzaci stoje dochází dříve než ke kompenzaci chůze. Udává, že jednodušší úkoly při chůzi vykazují normální hodnoty do tří měsíců po vestibulární deaferentaci a návrat k normálním hodnotám u těžších úkolů, např. chůze po schodech, trvá ještě déle.

Průběh vestibulární kompenzace u pacientů po operaci vestibulárního schwannomu prostřednictvím DGI sledovali ve své studii také Vereeck et al. (2008). Na rozdíl od naší studie však neprováděli vyšetření chůze před operací, ale celkem sedm vyšetření po operaci v odstupech vždy několika týdnů. Jejich výsledky ukázaly, že při současné vestibulární rehabilitaci největší zlepšení nastává do šesti týdnů po operaci. Poté dochází k postupnému zpomalování obnovy rovnovážných funkcí a od 12. týdne po operaci nastalo již pouze malé zvýšení a to jen u skupiny pacientů mladších 50 let. Přesto, že jsme nesledovali vývoj skóre DGI v tak dlouhém časovém období, jako autoři zmíněné studie, můžeme porovnat alespoň hodnoty při vyšetření před ukončením hospitalizace pacientů. Při tomto vyšetření u pacientů mladších 50 let zjistili Vereeck et al. (2008) průměrné skóre DGI 18.8 a u pacientů starších 50 let 19.3. Námi zjištěné průměrné skóre přibližně ve stejnou dobu od operace činí 18.4. Zjištěné hodnoty jsou tedy velice podobné.

Otázkou také je, do jaké míry jsou změny skóre v raném pooperačním období zapříčiněny vestibulární deaferentací a jakou roli má samotný operační zákrok, který je velkým zásahem do organismu a může mít tedy vliv na celkový pacientův stav. Domníváme se, že pravděpodobně se jedná o kombinaci obou těchto faktorů.

Zajímavé je také vyhodnocení jednotlivých položek testu. Ukazuje, které položky dělaly pacientům největší problémy a naopak, které pacienti zvládali bez větších obtíží. Před operací měli pacienti nejnižší počet bodů u položek chůze s vertikálním a horizontálním otáčením hlavy. Toto zjištění je v souladu s výsledky studie Wrisley et al. (2003), v níž pacienti s vestibulárními poruchami dosahovali nejnižšího počtu bodů právě v těchto dvou položkách. Po operaci byl nejnižší počet bodů zaznamenán u položky chůze po schodech. Podle Shumway-Cook & Woollacott (2012) dělá pacientům s vestibulárními poruchami často problém změna rychlosti chůze a otočky v prostoru, což se v našem testování nepotvrdilo, naopak pacienti v těchto položkách dosahovali spíše vyššího počtu bodů.

Bylo by zajímavé provést stejné pozorování na větším počtu pacientů a dále také zhodnotit vliv gentamicinu na vývoj chůze těchto pacientů po operaci.

Vestibulární kompenzace je proces velmi individuální a na průběhu a konečném výsledku se podílí více různých faktorů. Dle některých autorů může být proces kompenzace urychlen vestibulární rehabilitací (Han, Song & Kim, 2011; Lacour & Bernard-Demanze, 2015; McDonnell & Hillier, 2015). Brodovsky & Vnenchak (2013) tvrdí, že vestibulární rehabilitace se podílí na snižování závratí, zlepšování stabilizace pohledu, pozitivně ovlivňuje také rovnováhu, chůzi a běžné denní aktivity. Proto jsme se snažili kompenzaci u našich pacientů podpořit právě cílenou rehabilitací. Běžná fyzioterapie byla u všech pacientů doplněna o terapii s vizuální zpětnou vazbou. Efekt této terapie u pacientů po resekci vestibulárního schwannomu byl potvrzen Čakrtem et al. (2010), kteří v průběhu 14 denního pooperačního období porovnávali skupinu pacientů rehabilitujících s vizuálním biofeedbackem se skupinou pacientů, kteří podstoupili klasickou rehabilitaci. Ve studii Čakrta et al. (2010) byl pro terapii s vizuální zpětnou vazbou využíván systém Balancemaster. V naší studii byl použit systém Homebalance, který se skládá z tabletu a stabilometrické plošiny. Výhodou tohoto systému je jeho snadná přenositelnost, a tak mohla být terapie prováděna přímo na pokoji pacienta, ať už na JIP nebo na standardním oddělení.

Meldrum et al. (2012, 2015) se domnívají, že terapie využívající zpětné vazby je oproti konvenční terapii pro pacienty více zábavná a umožňuje lepší adherenci ke cvičení. S tímto názorem souhlasím, avšak nemyslím si, že by měla běžnou vestibulární rehabilitaci nahradit, ale oba přístupy by se měly vzájemně doplňovat. Většina pacientů z naší studie na cvičení s využitím tabletu a stabilometrické plošiny reagovala pozitivně a cvičení jim nečinilo větší problémy. Stupeň obtížnosti byl nastaven vždy podle aktuálního stavu pacienta, tak aby nedošlo k jeho přetížení, ale zároveň aby pacienta motivovalo ke zlepšování.

Pacienti zvládali velmi dobře také jednotlivá vyšetřování. Obzvláště vyšetření po operaci bylo pro pacienty velice náročné, jelikož se potýkali se symptomy vestibulární deaferentace a následky chirurgického zákroku. Na druhé vyšetření byli ve většině případů převáženi na kolečkovém křesle a během vyšetření, kdykoliv to bylo potřeba, mohli odpočívat. Během vyšetřování a rehabilitace jsme nezaznamenali žádný pád pacienta.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit průběh vestibulární kompenzace u pacientů po chirurgické resekci vestibulárního schwannomu. V teoretické části byly shrnuty základní informace o problematice vestibulárních schwannomů, principech fungování vestibulárního systému, vnímání vertikály, mechanismech vestibulární kompenzace a vestibulární rehabilitace. V experimentální části práce jsme hodnotili vliv předoperační aplikace gentamicinu na vestibulární kompenzaci u pacientů po operaci vestibulárního schwannomu a sledovali její průběh v čase prostřednictvím hodnot náklonu subjektivní zrakové vertikály a vyšetření chůze Dynamic Gait Index.

Při vyšetření SVV byly průměrné hodnoty  $-0.9^\circ \pm 2.5^\circ$  SD před operací,  $-5.1^\circ \pm 3.9^\circ$  SD po operaci a  $-3.9^\circ \pm 3.6^\circ$  po rehabilitaci u skupiny pacientů bez gentamicinu. U skupiny pacientů s gentamicinem byly průměrné hodnoty náklonu  $-2.9^\circ \pm 1.2^\circ$  SD před operací,  $-6.0^\circ \pm 4.5^\circ$  SD po operaci a  $-3.9^\circ \pm 2.7^\circ$  SD po rehabilitaci. Při vyšetření DGI bylo průměrné celkové skóre  $22.8 \pm 1.6$  SD před operací,  $12.2 \pm 7.6$  SD po operaci a  $18.4 \pm 4.4$  SD po rehabilitaci.

Námi naměřené výsledky ukazují, že po operaci vestibulárního schwannomu dochází ke statisticky významnému zvýšení náklonu subjektivní zrakové vertikály ( $p < 0.05$ ). Obdobně se potvrdil předpoklad, že po operaci vestibulárního schwannomu dochází ke statisticky významnému snížení celkového skóre Dynamic Gait Index a tedy ke zhoršení chůze ( $p < 0.001$ ). Potvrdily se tedy dvě námi stanovené hypotézy. Naproti tomu hypotézu, že po rehabilitaci s vizuální zpětnou vazbou dojde u pacientů po operaci vestibulárního schwannomu ke statisticky významnému snížení náklonu subjektivní zrakové vertikály, se nepodařilo prokázat. Stejně tak zvýšení celkového skóre Dynamic Gait Index po rehabilitaci se nepotvrdilo jako statisticky významné, ale hladině významnosti se blíží. Z těchto výsledků vyplývá, že k navrácení sledovaných parametrů k původním hodnotám před operací je potřeba delšího času než námi sledované rané pooperační období. Porovnání dvou skupin pacientů bez aplikace gentamicinu a s aplikací gentamicinu neprokázalo statisticky významný rozdíl mezi těmito skupinami.

Podle námi naměřených výsledků se předoperační aplikace gentamicinu nejeví jako metoda, která by zlepšila klinický stav pacientů v případě námi sledovaných testů.

## REFERENČNÍ SEZNAM

ALAHMARI, K. A., P. J. SPARTO, G. F. MARCHETTI, M. S. REDFERN, J. M. FURMAN a S. L. WHITNEY. 2013. Comparison of Virtual Reality Based Therapy With Customized Vestibular Physical Therapy for the Treatment of Vestibular Disorders. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 22(2), 389 - 399. DOI: 10.1109/TNSRE.2013.2294904. ISSN 1534-4320.

AMBLER, Z., J. BEDNAŘÍK a E. RŮŽIČKA. 2012. *Klinická neurologie: I. Část obecná*. Vyd. 2. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-157-4.

ANGUNSRI, N., K. ISHIKAWA, M. YIN, E. OMI, Y. SHIBATA, T. SAITO a Y. ITASAKA. 2011. Gait instability caused by vestibular disorders — Analysis by tactile sensor. *Auris Nasus Larynx* [online]. 38(4), 462-468 [cit. 2016-04-02]. DOI: 10.1016/j.anl.2011.01.016. ISSN 03858146.

BATUECAS-CALETRIO, A., S. SANTACRUZ-RUIZ, A. MUÑOZ-HERRERA, P. SOUSA, A. OTERO a N. PEREZ-FERNANDEZ. 2013. Vestibular compensation after vestibular schwannoma surgery: normalization of the subjective visual vertical and disability. *Acta Oto-Laryngologica*. 133(5), 475-480. DOI: 10.3109/00016489.2012.757798. ISBN 10.3109/00016489.2012.757798. ISSN 0001-6489.

BERGERON, M., C. L. LORTIE a M. J. GUITTON. 2015. Use of Virtual Reality Tools for Vestibular Disorders Rehabilitation: A Comprehensive Analysis. *Advances in Medicine*. 2015, 1-9. DOI: 10.1155/2015/916735. ISSN 2314-758X.

BETKA, J., E. ZVĚŘINA, Z. BALOGOVÁ, O. PROFANT, J. SKŘIVAN, J. KRAUS, J. LISÝ, J. SYKA a M. CHOVANEC. 2014. Complications of Microsurgery of Vestibular Schwannoma. *BioMed Research International*. 2014 (3), 1-10. DOI: 10.1155/2014/315952. ISSN 2314-6141.

BEYNON, G. J., P. JANI a D. M. BAGULEY. 1998. A clinical evaluation of head impulse testing. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences*. 23(2), 117–122. DOI: 10.1046/j.1365-2273.1998.00112.x. ISSN 1749-4486.

BIR, S., S. AMBEKAR, P. BOLLAM a A. NANDA. 2014. Long-Term Outcome of Gamma Knife Radiosurgery for Vestibular Schwannoma. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*. 75(04), 273-278. DOI: 10.1055/s-0034-1371525. ISSN 2193-6331.

BÖHMER, A. a J. RICKENMANN. 1995. The subjective visual vertical as a clinical parameter of vestibular function in peripheral vestibular diseases. *Journal of vestibular research: equilibrium & orientation*. 5(1), 35-45. ISSN 0957-4271.

BREMER, H. G, I. VAN ROOY, B. PULLENS, et al. 2014. Intratympanic gentamicin treatment for Ménière's disease: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial on dose efficacy - results of a prematurely ended study. *Trials*. 15(328), 1-6. DOI: 10.1186/1745-6215-15-328. ISSN 1745-6215.

BRODOVSKY, J. R. a M. J. VNENCHAK. 2013. Vestibular Rehabilitation for Unilateral Peripheral Vestibular Dysfunction. *Physical Therapy*. 93(3), 293-298. DOI: 10.2522/ptj.20120057. ISSN 0031-9023.

BRONSTEIN, A. M. 2013. *Oxford textbook of vertigo and imbalance*. Oxford, U.K: Oxford University Press. ISBN 01-996-0899-7.

COHEN, H. S. a H. SANGI-HAGHPEYKAR. 2012. Subjective visual vertical in vestibular disorders measured with the bucket test. *Acta Oto-Laryngologica*. 132(8), 850–854. DOI: 10.3109/00016489.2012.668710. ISSN 0001-6489

ČAKRT, O., M. CHOVANEC, T. FUNDA, P. KALITOVÁ, J. BETKA, E. ZVĚŘINA, P. KOLÁŘ a J. JEŘÁBEK. 2010. Exercise with visual feedback improves postural stability after vestibular schwannoma surgery. *European Archives Of Oto-Rhino-Laryngology*. 267(9), 1355-1360. DOI: 10.1007/s00405-010-1227-x. ISSN 1434-4726.

FARID, N. 2014. Imaging of vestibular schwannoma and other cerebellopontine angle tumors. *Operative Techniques in Otolaryngology*. 25(1), 87-95. DOI: 10.1016/j.otot.2013.11.011. ISSN 1043-1810.

- FERREIRA, M. M., F. CUNHA, C. F. GANANÇA, M. M. GANANÇA a H. H. CAOVIŁLA. 2016. Subjective visual vertical with the bucket method in Brazilian healthy individuals. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 1-5. DOI: 10.1016/j.bjorl.2015.08.027. ISSN ISSN 1808-8694.
- FRASER, L. E., B. MAKOOIE, L. R. HARRIS. 2015. The Subjective Visual Vertical and the Subjective Haptic Vertical Access Different Gravity Estimates. *PLOS ONE*. 10(12), 1-20. DOI: 10.1371/journal.pone.0145528. ISSN 1932-6203.
- GAUCHARD, G. C., A. LION, P. P. PERRIN a C. PARIETTI-WINKLER. 2012. Influence of age on postural compensation after unilateral deafferentation due to vestibular schwannoma surgery. *The Laryngoscope*. 122(10), 2285–2290. DOI: 10.1002/lary.23497. ISSN 1531-4995.
- GAUCHARD, G. C., C. PARIETTI-WINKLER, A. LION, C. SIMON a P. P. PERRIN. 2013. Impact of pre-operative regular physical activity on balance control compensation after vestibular schwannoma surgery. *Gait & Posture*. 37(1), 82–87. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.06.011. ISSN 0966-6362.
- GIANNUZZI, A. L., P. MERKUS a M. FALCIONI. 2013. The Use of Intratympanic Gentamicin in Patients With Vestibular Schwannoma and Disabling Vertigo. *Otology & Neurotology*. 34(6), 1096-1098. DOI: 10.1097/MAO.0b013e3182804c41. ISSN 1531-7129.
- GIGGINS, O. M., U. PERSSON a B. CAULFIELD. 2013. Biofeedback in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 10(60), 1-11. DOI: 10.1186/1743-0003-10-60. ISSN 1743-0003.
- HAFSTROM, A., P. A. FRANSSON, M. KARLBERG a M. MAGNUSSON. 2006. Subjective visual tilt and lateral instability after vestibular deafferentation. *Acta Oto-Laryngologica*. 126(11), 1176-1181. DOI: 10.1080/00016480600684423. ISBN 10.1080/00016480600684423. ISSN 0001-6489.
- HAHN, A. 2015. *Otoneurologie a tinitologie*. 2., doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4345-5.



- HAIN, T. C. 2012. Gentamicin Toxicity. *American Hearing Research Foundation* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://american-hearing.org/disorders/gentamicin-toxicity/>.
- HAIN, T. C. 2014. Postural, Vestibulospinal and Vestibulocollic Reflexes. *Dizziness-and-balance.com* [online]. Chicago [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.dizziness-and-balance.com/anatomy/vspine.htm>.
- HALL, C. D. a S. J. HERDMAN. 2006. Reliability of clinical measures used to assess patients with peripheral vestibular disorders. *Journal of neurologic physical therapy*. 30(2), 74-81. ISSN 1557-0576.
- HAN, B. I., H. S. SONG a J. S. KIM. 2011. Vestibular Rehabilitation Therapy: Review of Indications, Mechanisms, and Key Exercises. *Journal of Clinical Neurology*. 7(4), 184-196. DOI: 10.3988/jcn.2011.7.4.184. ISSN 1738-6586.
- HAYBACH, P.J. 2002. Ototoxicity. *Vestibular Disorders Association* [online]. Portland [cit. 2015-09-21]. Dostupné z: <http://vestibular.org/ototoxicity>.
- HERDMAN, S. J. 2013. Vestibular rehabilitation. *Current opinion in neurology*. 26(1), 96-101. DOI: 10.1097/WCO.0b013e32835c5ec4. ISSN 1473-6551. Dostupné také z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>.
- HERDMAN, S. J. a R. A. CLENDANIEL. 2014. *Vestibular rehabilitation*. Fourth edition. Philadelphia, Pennsylvania: F. A. Davis Company. ISBN 978-0-8036-4081-8.
- HIRVONEN, T. P., T. JUTILA a H. AALTO. 2011. Subjective head vertical test reveals subtle head tilt in unilateral peripheral vestibular loss. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 268(10), 1523-1526. DOI: 10.1007/s00405-011-1560-8. ISBN 10.1007/s00405-011-1560-8. ISSN 1434-4726.
- Homebalance: Interaktivní rehabilitační systém pro trénink rovnováhy [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.homebalance.cz/en.html>
- HORAK, F. B. 2010. Postural Compensation for Vestibular Loss. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 28(1), 57-68. ISSN 0922-6028. DOI:10.3233/RNN-2010-0515.

CHETANA, N. a R. JAYESH. 2015. Subjective Visual Vertical in Various Vestibular Disorders by Using a Simple Bucket Test. *Indian Journal of Otolaryngology and Head and Neck Surgery*. 67(2), 180-1884. DOI: 10.1007/s12070-014-0760-0. ISSN 0019-5421.

JEŘÁBEK, J. 2015. Diagnostic in Patient with Acute Vertigo. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 78/111(5), 503-509. DOI: 10.14735/amcsnn2015503. ISSN 1210-7859.

KREJČÍ, H. a J. MERCELOVÁ. 2012. Komplexní péče o pacientku po operaci vestibulárního schwannomu. *Otorinolaryngologie a foniatrie*. 61(4), 223-226. ISSN 1803-6597.

LACOUR, M. a L. BERNARD-DEMANZE. 2015. Interaction between Vestibular Compensation Mechanisms and Vestibular Rehabilitation Therapy: 10 Recommendations for Optimal Functional Recovery. *Frontiers in Neurology*. 5(285), 1-14. DOI: 10.3389/fneur.2014.00285. ISSN 1664-2295.

LEDDY, A. L., B. E. CROWNER a G. M. EARHART. 2011. Functional Gait Assessment and Balance Evaluation System Test: Reliability, Validity, Sensitivity, and Specificity for Identifying Individuals With Parkinson Disease Who Fall. *Physical Therapy*. 91(1), 102-113. DOI: 10.2522/ptj.20100113. ISSN 1538-6724.

LLÓPEZ CARRATALÁ, I., V. ESCORIHUELA GARCÍA, M. ORTS ALBORCH, C. DE PAULA VERNETTA a J. MARCO ALGARRA. 2014. Radiosurgery as treatment for acoustic neuroma. Ten years experience. *Acta Otorrinolaringologica Espanola*. 65(6), 327-331. DOI: 10.1016/j.otorri.2014.03.003. ISSN 0001-6519.

LOPEZ, Ch., M. LACOUR, A. E. AHMADI, J. MAGNAN a L. BOREL. 2007. Changes of visual vertical perception: A long-term sign of unilateral and bilateral vestibular loss. *Neuropsychologia*. 45 (9), 2025-2037. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.02.004. ISSN 00283932.

MACDOUGALL, H. G. a I. S. CURTHOYS. 2012. Plasticity during Vestibular Compensation: The Role of Saccades. *Frontiers in Neurology*. 3(21), 1-9. DOI: 10.3389/fneur.2012.00021. ISSN 1664-2295.

MAGNUSSON, M., B. KAHLON, M. KARLBERG, S. LINDBERG a P. SIESJÖ. 2007. Preoperative vestibular ablation with gentamicin and vestibular ‘prehab’ enhance postoperative recovery after surgery for pontine angle tumours – first report. *Acta Oto-Laryngologica*. 127(12), 1236-1240. DOI: 10.1080/00016480701663433. ISSN 0001-6489.

MANCINI, M. a HORAK, F. B. 2010. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European journal of physical and rehabilitation medicine.*, 46(2), 239–248. ISSN 0014-2573.

MARCHETTI, G. F a S. L WHITNEY. 2006. Construction and Validation of the 4-Item Dynamic Gait Index. *Physical Therapy*. 86(12), 1651-1660. DOI: 10.2522/ptj.20050402. ISSN 1538-6724.

MARCHETTI, G. F., Ch. LIN, A. ALGHADIR a S. L. WHITNEY. 2014. Responsiveness and Minimal Detectable Change of the Dynamic Gait Index and Functional Gait Index in Persons With Balance and Vestibular Disorders. *Journal of Neurologic Physical Therapy*. 38(2), 119-124. DOI: 10.1097/NPT.0000000000000015. ISSN 1557-0576.

MCDONNELL M. N. a S. L. HILLIER. 2015. Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley, 2015(1), 1-112. DOI: 10.1002/14651858.CD005397. ISSN 1469-493X.

MELDRUM, D., S. HERDMAN, R. MOLONEY, et al. 2012. Effectiveness of conventional versus virtual reality based vestibular rehabilitation in the treatment of dizziness, gait and balance impairment in adults with unilateral peripheral vestibular loss: a randomised controlled trial. *BMC Ear, Nose and Throat Disorders*. 12(3), 1-8. DOI: 10.1186/1472-6815-12-3. ISSN 1472-6815.

MELDRUM, D., S. HERDMAN, R. VANCE, D. MURRAY, K. MALONE, D. DUFFY, A. GLENNON a R. MCCONN-WALSH. 2015. Effectiveness of Conventional Versus Virtual Reality–Based Balance Exercises in Vestibular Rehabilitation for Unilateral Peripheral Vestibular Loss: Results of a Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 96(7), 1319–1328. DOI: 10.1016/j.apmr.2015.02.032. ISSN 0003-9993.

MILLER, M. W. a Y. AGRAWAL. 2014. Intratympanic Therapies for Menière’s Disease. *Current Otorhinolaryngology Reports*. 2(3), 137-143. DOI: 10.1007/s40136-014-0055-8. ISSN 2167-583X.

MOULDS, R. 2010. Gentamicin: a great way to start. *Australian Prescriber*. 33(5), 134-135. ISSN 0312-8008.

MRUZEK, M., K. BARIN, D. S. NICHOLS, C. N. BURNETT a D. B. WELLING. 1995. Effects of vestibular rehabilitation and social reinforcement on recovery following ablative vestibular surgery. *The Laryngoscope*. 105(7), 686-692. DOI: 10.1288/00005537-199507000-00004. ISSN 0023852x.

PAVAN, T. Z., M. FUNABASHI, J. A. OLIVEIRA CARNEIRO, T. E. G. DOS SANTOS PONTELLI, W. TEDESCHI, J. F. COLAFÊMINA a A. A. OLIVERA CARNEIRO. 2012. Software for subjective visual vertical assessment: an observational cross-sectional study. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 78(5), 51-58. DOI: 10.5935/1808-8694.20120008. ISSN 1808-8694.

PETERKA, Robert J., Kennyn D. STATLER, Diane M. WRISLEY a Fay B. HORAK. 2011. Postural Compensation for Unilateral Vestibular Loss. *Frontiers in Neurology*. 2(57), 1-13. DOI: 10.3389/fneur.2011.00057. ISSN 1664-2295.

PINNA, M., R. BENTO a R. NETO. 2012. Vestibular schwannoma: 825 cases from a 25-year experience. *International Archives of Otorhinolaryngology*. 16(4), 466-475. DOI: 10.7162/S1809-97772012000400007. ISSN 1809-4864.

SAINOO, Y., M. TERAOKADO, D. FUJIYAMA, H. KUMAGAMI a H. TAKAHASHI. 2012. Binocular and monocular measurements of subjective visual vertical in vestibular loss. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 269(1), 57-60. DOI: 10.1007/s00405-011-1589-8. ISBN 10.1007/s00405-011-1589-8. ISSN 1434-4726.

SAMAN, Y., D. E. BAMIOU, M. GLEESON a M. B. DUTIA. Interactions between Stress and Vestibular Compensation – A Review. *Frontiers in Neurology*. 2012, 3(116), 1-8. DOI: 10.3389/fneur.2012.00116. ISSN: 1664-2295.

SCHELTINGA, A., F. HONEGGER, D. P. H. TIMMERMANS a J. H. J. ALLUM. The Effect of Age on Improvements in Vestibulo-Ocular Reflexes and Balance Control after Acute Unilateral Peripheral Vestibular Loss. *Frontiers in Neurology*. 2016, 7(18), 1-10. DOI: 10.3389/fneur.2016.00018. ISSN 1664-2295.

STUCKEN, E. Z., K. BROWN a S. H. SELESNICK. 2012. Clinical and Diagnostic Evaluation of Acoustic Neuromas. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 45(2), 269-284. DOI: 10.1016/j.otc.2011.12.001. ISSN 0030-6665.

SHUMWAY - COOK, A. a M. H. WOOLLACOTT. 2012. *Motor control: translating research into clinical practice*. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams. 641 s. ISBN 14-511-1710-8.

SYED, M.I., O. ILAN, J. NASSAR a J.A. RUTKA. 2015. Intratympanic therapy in Meniere's syndrome or disease: up to date evidence for clinical practice. *Clinical Otolaryngology*. 40(6), 682–690. DOI: 10.1111/coa.12449. ISSN 1749-4486.

ŠIMONOVÁ, G. a R. LIŠČÁK. Stereotaktická radiochirurgie a radioterapie gama nožem. *Onkologie*. 2011, 5(2), 77-82. ISSN 1803-5345.

TARNUTZER, A. A., J. R. SCHULER, Ch. J. BOCKISCH a D. STRAUMANN. 2012. Hysteresis of haptic vertical and straight ahead in healthy human subjects. *BMC Neuroscience*. 13(114), 9-12. DOI: 10.1186/1471-2202-13-114. ISBN 10.1186/1471-2202-13-114. ISSN 1471-2202.

TJERNSTROM, F., P. A. Fransson, B. Kahlon, M. Karlberg, S. Lindberg, a P. Siesjö. 2009. Vestibular PREHAB and gentamicin before schwannoma surgery may improve long-term postural function. *Journal of Neurology, Neurosurgery*, 80 (11), 1254-1260. DOI: 10.1136/jnnp.2008.170878. ISSN 1468-330X.

- VEREECK, L., F. L. WUYTS, S. TRUIJEN, C. DE VALCK a P. H. VAN DE HEYNING. 2008. The effect of early customized vestibular rehabilitation on balance after acoustic neuroma resection. *Clinical Rehabilitation*. 22(8), 698–713. DOI: 10.1177/0269215508089066. ISSN 0269-2155.
- VRABEC, P. a R. BRZEZNY. 2008. Vývoj adaptace rovnovážného systému po operacích vestibulárního schwannomu. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 104(4), 453-457. ISSN 1802-4041.
- WHITNEY, S., D. WRISLEY a J. FURMAN. 2003. Concurrent validity of the Berg Balance Scale and the Dynamic Gait Index in people with vestibular dysfunction. *Physiotherapy Research International*. 8(4), 178-186. DOI: 10.1002/pri.288. ISSN 1358-2267.
- WRISLEY, D. M., M. L. WALKER, J. L. ECHTERNACH a B. STRASNICK. 2003. Reliability of the dynamic gait index in people with vestibular disorders. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 84(10), 1528-1533. DOI: 10.1016/S0003-9993(03)00274-0. ISSN 1532-821X.
- YIN, M., K. ISHIKAWA, E. OMI, T. SAITO, Y. ITASAKA a N. ANGUNSURI. 2011. Small vestibular schwannomas can cause gait instability. *Gait & Posture*. 34(1), 25-28. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.02.026. ISSN 0966-6362.
- ZILBERSTEIN, Y., M. C. LIBERMAN a G. CORFAS. 2012. Inner Hair Cells Are Not Required for Survival of Spiral Ganglion Neurons in the Adult Cochlea. *Journal of Neuroscience*. 32(2), 405-410. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.4678-11.2012. ISSN 0270-6474.
- ZVĚŘINA, E. 2010. Neurinom akustiku - Vestibulární schwannom - Osobní pohled na nejmodernější postupy v jeho léčbě. *Časopis lékařů českých*. 149(6), 269-276. ISSN 00087335.
- ZWERGAL, A., N. RETTINGER, C. FRENZEL, M. DIETERICH, T. BRANDT, a M. STRUPP. 2009. A bucket of static vestibular function. *Neurology*. 72(19), 1689-1692. DOI: 10.1212/wnl.0b013e3181a55ecf.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b> Labyrint. Orientace polokruhovitých kanálků. ....	11
<b>Obrázek 2</b> Tři typy subjektivní vertikály a jejich vyšetření. ....	15
<b>Obrázek 3</b> Nejčastější symptomy vestibulárního schwannomu .....	19
<b>Obrázek 4</b> Vestibulární schwannom na MRI. ....	20
<b>Obrázek 5</b> Pacient s jednostrannou periferní vestibulární ztrátou. ....	25
<b>Obrázek 6</b> Cviky na zlepšení stabilizace pohledu . ....	32
<b>Obrázek 7</b> Transtympanická aplikace gentamicinu .....	36
<b>Obrázek 8</b> Časová osa metodiky vyšetření - pacienti bez gentamicinu. ....	41
<b>Obrázek 9</b> Časová osa metodiky vyšetření - pacienti s gentamicinem.....	41
<b>Obrázek 10</b> Vyšetření subjektivní zrakové vertikály "The bucket method" .....	42
<b>Obrázek 11</b> Terapie s využitím systému Homebalance.....	45
<b>Obrázek 12</b> Terapeutická scéna šachovnice. ....	45

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1</b> Charakteristika souboru pacientů .....	40
<b>Tabulka 2</b> Hodnoty subjektivní zrkové vertikály u pacientů bez gentamicinu.....	47
<b>Tabulka 3</b> Hodnoty subjektivní zrkové vertikály u pacientů s gentamicinem.....	49
<b>Tabulka 4</b> Hodnoty DGI.....	51



## SEZNAM GRAFŮ

<b>Graf 1</b> Subjektivní zrková vertikála u pacientů bez gentamicinu. ....	48
<b>Graf 2</b> Subjektivní zrková vertikála u pacientů s gentamicinem. ....	49
<b>Graf 3</b> Porovnání subjektivní zrkové vertikály mezi skupinami pacientů s gentamicinem a bez gentamicinu. ....	50
<b>Graf 4</b> Dynamic Gait Index v čase, mezi jednotlivými vyšetřeními.....	52
<b>Graf 5</b> Porovnání jednotlivých položek DGI. ....	53

## **SEZNAM PŘÍLOH**

<b>Příloha č. 1</b> Charakteristika souboru pacientů (tabulka).....	74
<b>Příloha č. 2</b> Skórovací formulář DGI.....	75

## PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Charakteristika souboru pacientů (tabulka)

Pacient	Pohlaví	Strana léze	Věk	Gentamicin	Velikost nádoru	Operační přístup
1	Ž	L	37	ANO	15x7x6	TLB
2	Ž	P	44	NE	12x9x7	RSA
3	M	P	47	ANO	13x10x10	TLB
4	Ž	L	54	NE	28x22x23	RSA
5	Ž	L	57	NE	26x17x19	RSA
6	Ž	P	43	NE	19x16x21	RSA
7	Ž	L	58	NE	33x21x25	RSA
8	Ž	P	35	NE	41x34x31	RSA
9	M	P	46	NE	20x15x15	RSA
10	Ž	L	55	NE	16x13x11	RSA
11	Ž	P	60	NE	44x31x31	RSA
12	M	P	43	ANO	13x9x8	RSA
13	M	P	31	NE	50x50	RSA
14	M	P	53	NE	37x36x31	RSA
15	Ž	L	55	NE	20x17x11	RSA
16	M	P	37	NE	17x11x16	RSA
17	Ž	L	51	ANO	33x31x30	RSA
18	M	P	29	ANO	28x28x27	RSA
19	M	L	48	NE	15x8x8	RSA
20	Ž	P	48	NE		RSA
21	M	P	48	NE	20x15x15	RSA
22	Ž	P	63	ANO	10x8x6	RSA
23	Ž	L	41	NE	31x29x31	RSA
24	M	P	73	ANO	20x15x15	RSA
25	Ž	P	57	NE	11x6x3	RSA
26	M	L	61	ANO	14x7x7	TLB
27	Ž	P	28	ANO	13x5x7	RSA
28	Ž	L	39	NE	15x15x14	RSA
29	Ž	P	56	NE	10x5x5	RSA
30	Ž	L	46	ANO	13x8x8	RSA
31	Ž	L	50	NE	18x10x8	RSA
32	M	P	29	NE	30x20x30	RSA

## **Příloha č. 2: Dynamic Gait Index**

### **1. Chůze po rovině \_\_\_\_\_**

*Instrukce:* Jděte přirozenou rychlostí ke značce (6 m)

*Hodnocení:*

(3) Normální stav: Chůze 6 m, bez kompenzačních pomůcek, normální rychlost, bez ztráty rovnováhy, normální chůzový vzor.

(2) Mírné zhoršení: Chůze 6 m, používání kompenzačních pomůcek, zpomalení rychlosti chůze, mírné odchylky v chůzi.

(1) Střední zhoršení: Chůze 6 m, pomalá rychlost chůze, abnormální chůzový vzor, ztráta rovnováhy.

(0) Těžká porucha: Nelze ujit 6 m bez pomoci, vážná porucha chůze a nerovnováha.

### **2. Změna rychlosti chůze \_\_\_\_\_**

*Instrukce:* Jděte vaším přirozeným tempem, na můj pokyn co nejvíce zrychlete, na další pokyn co nejvíce zpomalte.

*Hodnocení:*

(3) Normální stav: Schopnost plynule měnit rychlost chůze bez ztráty rovnováhy nebo odchylek v chůzi. Zjevný rozdíl mezi normální, rychlou a pomalou chůzí.

(2) Mírné zhoršení: Je možné změnit rychlost, ale dochází k mírným odchylkám v chůzi, nebo nedochází k úchylkám, ale pacient není schopen dosáhnout významné změny v rychlosti, nebo používá pomůcky.

(1) Střední zhoršení: Zvládá pouze drobné změny rychlosti chůze, nebo dosáhne změny v rychlosti, ale s významnými odchylkami či ztrátou rovnováhy, ale je schopen srovnat a pokračovat v chůzi.

(0) Těžká porucha: Nelze změnit rychlost chůze, nebo ztrácí rovnováhu a musí se chytit nebo být zachycen vyšetřujícím.

### **3. Chůze s horizontálním otáčením hlavy \_\_\_\_\_**

*Instrukce:* Jděte přirozenou rychlostí, na povel otočte hlavu vpravo, dívejte se vpravo a udržujte přímý směr chůze. Na další povel otočte hlavu vlevo, dívejte se vlevo a jděte stále rovně. Na další povel otočte hlavu rovně a pokračujte ve stejném směru pohybu.

*Hodnocení:*

(3) Normální stav: Schopný otáčení hlavou plynule, bez změn chůze.

(2) Mírné zhoršení: Schopen otáčet hlavu plynule s mírnými změnami v rychlosti chůze (tj. mírné poruchy plynulosti chůze nebo nutnost použít pomůcky).

(1) Střední zhoršení: Schopný otáčet hlavou se středně velkými změnami rychlosti chůze, zpomalením, zakolísáním, ale dokáže se srovnat a pokračovat v chůzi.

(0) Těžká porucha: Provede úkol s výraznými poruchami chůze, tj. ztrácí rovnováhu, jde mimo dráhu asi 30 cm, zastavuje, chytá se stěny.

#### **4. Chůze s vertikálním otáčením hlavy \_\_\_\_\_**

*Instrukce:* Jděte přirozeným tempem, na povel otočte hlavu vzhůru, dívejte se vzhůru a udržujte přímý směr chůze. Na další povel otočte hlavu dolů, dívejte se dolů a jděte stále rovně. Na další povel vráťte hlavu do normální pozice, dívejte se rovně a pokračujte ve stejném směru pohybu.

*Hodnocení:*

(3) Normální stav: Zvládá otáčet hlavu beze změny chůze.

(2) Mírné zhoršení: Provede úkol s mírnou změnou v rychlosti chůze, tj. mírné poruchy plynulosti chůze nebo používá pomůcky.

(1) Střední zhoršení: Provede úkol se středně velkými změnami v rychlosti chůze, zpomalením, zakolísáním, které je schopen vyrovnat a pokračovat v chůzi.

(0) Těžká porucha: Provede úkol s těžkým narušením chůze (tj. zakolísání, ztráta rovnováhy, zastavení, zachycení stěny).

#### **5. Chůze s otočkou \_\_\_\_\_**

*Instrukce:* Jděte přirozeným tempem, na povel se otočte tak rychle, jak můžete do protisměru a zůstaňte stát.

*Hodnocení:*

(3) Normální stav: Otočí se bezpečně do tří vteřin a zastaví se rychle bez ztráty rovnováhy.

(2) Mírné zhoršení: Otočí se bezpečně za více jak tři vteřiny a zastaví se bez ztráty rovnováhy.

(1) Střední zhoršení: Otáčí se pomalu, vyžaduje verbální vedení, k otočení a zastavení potřebuje několik malých kroků.

(0) Těžká porucha: Nevládne se bezpečně otočit, potřebuje pomoc druhé osoby při otočení a zastavení.

#### **6. Překročení překážky \_\_\_\_\_**

*Instrukce:* Jděte přirozenou rychlostí. Až dojdete k překážce, překročte ji, nikoliv obejděte a pokračujte v chůzi.

*Hodnocení:*

(3) Normální stav: Je schopen překročit překážku beze změny rychlosti chůze, bez ztráty rovnováhy.

(2) Mírné zhoršení: Je schopen překročit překážku, ale musí zpomalit a přizpůsobit krok bezpečnému překročení.

(1) Střední zhoršení: Je schopen překročit překážku, ale musí zastavit a pak překážku překročí, nutnost verbálního vedení.

(0) Těžká porucha: Neschopný provést úkol bez pomoci.

## **7. Chůze okolo překážek \_\_\_\_\_**

*Instrukce:* Jděte svou normální rychlostí, až přijдете k prvnímu kuželu, obejděte ho zprava, až přijдете k druhému kuželu, obejděte ho zleva.

*Hodnocení:*

(3) Normální stav: Je schopen obejít kužely bezpečně bez změny rychlosti chůze, bez ztráty rovnováhy.

(2) Mírné zhoršení: Je schopen obejít kužely, ale musí zpomalit a přizpůsobit krok tak, aby kužely neporazil.

(1) Střední zhoršení: Je schopen obejít kužely, ale musí výrazně zpomalit nebo vyžaduje slovní vedení.

(0) Těžká porucha: Nevládne obejít kužely, pacient porazí jeden či oba kužely nebo vyžaduje fyzickou pomoc.

## **8. Chůze po schodech \_\_\_\_\_**

*Instrukce:* Běžte po schodech tak, jako jste zvyklí doma, pokud je potřeba použijte zábradlí. Nahoře se otočte a jděte dolů.

*Hodnocení:*

(3) Normální stav: Střídání dolních končetin, bez použití zábradlí.

(2) Mírné zhoršení: Střídání dolních končetin, musí používat zábradlí.

(1) Střední zhoršení: Chybí střídání nohou, na každý schod vystoupí oběma nohama, musí používat zábradlí.

(0) Těžká porucha: Nevládne bezpečně provést úkol.

**CELKOVÝ VÝSLEDEK: \_\_\_\_\_ / 24**

Přeloženo podle:

1. Herdman SJ. *Vestibular Rehabilitation*. 2nd ed. Philadelphia, PA: F.A.Davis Co; 2000.

2. Shumway-Cook A, Woollacott M. *Motor Control Theory and Applications*, Williams and Wilkins Baltimore, 1995: 323-324