Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Fyziologie a patofyziologie člověka

MUDr. Petra Kalitová

Klinický obraz a diagnostika vestibulárních lézí u pacientů s vestibulárním schwannomem

Clinical findings and diagnosis of vestibular lesions in patiens with vestibular schwannoma

Disertační práce

Školitel:

Prof. MUDr. Miloš Langmeier, DrSc.

Konzultant:

Prof. MUDr. Jan Betka, DrSc., FCMA

Praha, 2013

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.
Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze 21. 4. 2013

MUDr. Petra Kalitová

Podpis

Identifikační záznam:

KALITOVÁ, Petra. Klinický obraz a diagnostika vestibulárních lézí u pacientů s vestibulárním schwannomem *[Clinical findings and diagnosis of vestibular lesions in patiens with vestibular schwannoma]*. Praha, 2013. 93 stran. Přílohu práce tvoří 2 samostatné publikace otisklé v časopisech s definovaným IF. Disertační práce, Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Fyziologický ústav, Klinika otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku. Vedoucí práce: Prof. MUDr. Miloš Langmeier, DrSc.

Poděkování:

Velice děkuji oběma svým školitelům Prof. MUDr. Miloši Langmeierovi, DrSc. a Prof. MUDr. Janu Betkovi, DrSc., FCMA za odborné vedení a podporu, kterou mi věnovali po celou dobu mého studia.

Velice děkuji Mgr. Ondřejovi Čakrtovi za rehabilitaci pacientů a odbornou pomoc po dobu celého studia. Děkuji MUDr. Zdeňku Čadovi, PhD. a MUDr. Martinu Chovancovi, PhD. za odborné rady, vstřícnost a pomoc při klinické práci. Děkuji Pavlíně Ungrové za pomoc při natáčení elektronystagmografie a RNDr. Pavle Polechové za pomoc při statistickém zpracování dat.

Dále děkuji všem spolupracovníkům z Kliniky ORL a chirurgie hlavy a krku 1. LF UK a FN v Motole za pracovní zázemí vstřícné k postgraduálnímu studiu a Doc. MUDr. Janu Plzákovi, PhD. za cenné rady při vzniku disertační práce.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala všem pacientům, kteří souhlasili s účastí ve studii.

Tato práce vznikla za finanční podpory grantového projektu IGA MZČR NT/12459-5.

Abstrakt:

Práce je věnována diagnostice a následné rehabilitaci vestibulárního postižení u pacientů s vestibulárním schwannomem. V první části jsme se soustředili na analýzu souboru pacientů před plánovanou resekcí vestibulárního schwannomu, zejména na zhodnocení přínosu posturografického vyšetření a na optimalizaci vyšetřovacího algoritmu vestibulárního postižení. Ve druhé části nás zajímalo, zda rehabilitace posturální stability po resekci vestibulárního schwannomu doplněná o vizuální zpětnou vazbu urychlí vestibulární kompenzaci.

Soubor obsahuje celkem 44 pacientů, kteří podstoupili resekci vestibulárního schwannomu. U pacientů bylo předoperačně provedeno základní vestibulární vyšetření, elektronystagmografie a posturografie. Ve druhé části práce bylo z výše zmíněného souboru vybráno 17 pacientů, kteří byli zařazeni do skupiny rehabilitace a rehabilitace s biofeedbackem. Pro zhodnocení jednotlivých parametrů souboru byl použit t-test pro dva nezávislé výběry a kontingenční tabulka. Velké množství proměnných bylo redukováno pomocí faktorové analýzy. V rámci hodnocení výsledků rehabilitace byl pro statistickou analýzu použit neparametrický Wilcoxonův jedno-výběrový test.

Z výsledků vyplývá, že nejtypičtějším parametrem pro vestibulární postižení je čas otočky, který je vyšetřován v rámci posturografie. Dále jsme prokázali, že u pacientů po resekci vestibulárního schwannomu cílená rehabilitace s biologickou zpětnou vazbou urychluje kompenzaci vestibulo-spinálního reflexu.

Naše práce potvrdila význam posturografického vyšetření pro správné hodnocení vestibulární patologie u pacientů s vestibulárním schwannomem. Dále byla prokázána rychlejší úprava stability stoje u pacientů, kteří rehabilitují v časném pooperačním období s vizuální biologickou zpětnou vazbou.

Klíčová slova: vestibulární schwannom, elektronystagmografie, posturografie, posturální stabilita, vestibulární rehabilitace, vizuální zpětná vazba

Summary:

The aim of our study was diagnosis and rehabilitation of vestibular loss in patients with vestibular schwannoma. In the first part we focused on analysis of a group of patients before resection of vestibular schwannoma, mainly on evaluation of gain of posturography and on optimalisation of diagnostic algorithm of vestibular pathology. Throughout the second experiment, we studied if rehabilitation of postural gait with visual biofeedback will speed up vestibular compensation in patients after resection of vestibular schwannoma.

The group consisted of 44 patients, who underwent surgical removal of vestibular schwannoma. Before surgery each patient underwent clinical vestibular examination, electronystagmographic recordings and posturography. In the second part of the study 17 patients from previous group were chosen. These patients underwent rehabilitation and rehabilitation with biofeedback.

For evaluation was used independent samples T-test and cross-tabulation. A great number of variables were reduced by factor analysis. For statistical analysis of the group with rehabilitation was used nonparametric Wilcoxon signed rank test.

Statistical analysis revealed that the most typical parameter for vestibular pathology is the time of the step quick turn test, which is a part of posturography. We proved that individual rehabilitation with visual biofeedback during the acute postoperative period can accelerate improvement of vestibulo-spinal reflex

Our study proved importance of posturography for proper diagnosis of vestibular pathology in patients with vestibular schwannoma. Furthermore the results showed that adaptation of postural stability is accelerated in patients, who rehabilitated with visual biofeedback in early postoperative period.

Key words: vestibular schwannoma, electronystagmography, posturography, postural stability, vestibular rehabilitation, visual feedback

Seznam zkratek:

VS	vestibulární schwannom
ENG	elektronystagmografie
BZV	biologická zpětná vazba
CoP	Centre of pressure (působiště reakční síly podložky)
VOR	vestibulookulární reflex
VSR	vestibulospinální reflex
VCR	vestibulokolický reflex
COR	cervikookulární reflex
CSR	cervikospinální reflex
CTSIB	Clinical Test for Sensory Interaction of Balance (posturografický test)

Obsah:

1. PŘEHLED SOUČASNÝCH POZNATKŮ 10

1.1. Vestibulární schwannom 11
1.1.1. Obecná charakteristika 11
1.1.2. Epidemiologie 11
1.1.3. Histopatologie 12
1.1.4. Etiologie a biologické chování 12
1.1.5. Symptomatologie 14
1.1.6. Diagnostika 15
1.1.7. Terapie 17

1.2. Vestibulární aparát 18
1.2.1. Anatomické poznámky 18
1.2.2. Funkce vestibulárního aparátu 23
1.2.3. Vestibulární postižení 26
1.2.4. Vestibulární kompenzace 27

1.3. Vestibulární vyšetření u pacientů s vestibulárním schwannomem 28

1.4. Rehabilitace po operaci vestibulárního schwannomu 34
1.4.1. Rehabilitace s biologickou zpětnou vazbou 35
1.4.2. Vizuální zpětná vazba pro nácvik posturálních funkcí 35

2. HYPOTÉZY A CÍLE PRÁCE: 37

3. METODIKA: 38

3.1. Soubor pacientů 38

3.2. Vyšetřovací metody a rehabilitace 42
3.2.1. Vestibulární vyšetření před výkonem 42
3.2.2. Vestibulární vyšetření pacientů po výkonu 44
3.2.3. Rehabilitace pacientů po výkonu 46

3.3. Statistická analýza 47

4. VÝSLEDKY 48

4.1. Analýza souboru pacientů před plánovanou resekcí vetsibulárního schwannomu 48
4.1.1. Souvislost velikosti nádoru s věkem 48
4.1.2. Elektronystagmografické nálezy 49
4.1.3. Posturografické nálezy 52

4.2. Rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou po výkonu 54

5. DISKUZE: 57

6. ZÁVĚRY: 61

7. LITERATURA: 62

8. PŘÍLOHY: 69

8.1 Publikace in extenso, které jsou podkladem disertační práce:.....69

8.2 Publikace in extenso bez vztahu k tématu disertační práce: 93

1. PŘEHLED SOUČASNÝCH POZNATKŮ

Diagnostika a terapie postižení vestibulárního systému je velice široké téma na pomezí několika klinických oborů, které vyžaduje interdisciplinární přístup a mnohdy představuje značný diagnosticko-terapeutický problém. Jednou z příčin může být široké spektrum nozologických jednotek, které mají velmi různorodou klinickou manifestaci. Pacienti s VS (vestibulárním schwannomem) tvoří z hlediska vestibulární patologie poměrně rozsáhlou skupinu, která zahrnuje širokou škálu diagnóz od fyziologických nálezů přes periferní vestibulární postižení, centrální vestibulární postižení až po kombinované léze. Dalším zásadním způsobem je funkce vestibulárního aparátu u těchto pacientů ovlivněna případnou resekcí VS, po které velice často dochází ke vzniku akutního periferního vestibulárního syndromu, který se kombinuje s lézí, která byla přítomna před výkonem. Dříve byly u pacientů s VS jednotlivé metody vestibulárního vyšetření chápány jako součást diagnostického schématu. V současné době vzhledem k rozvoji zobrazovacích metod a výraznému zlepšení jejich dostupnosti, je vestibulární vyšetření jako celek indikováno pro zpřesnění rozsahu vestibulární patologie. Konkrétní poznatky o rozsahu vestibulárního postižení nám umožňují částečně predikovat vestibulární obraz po provedeném výkonu a následně stanovit adekvátní pooperační péči, zejména ve smyslu vestibulární rehabilitace. U pacientů po resekci VS bývá v časném pooperačním období narušena schopnost udržet posturální stabilitu, která se projevuje abnormálními oscilacemi a poruchou posturálních reakcí těla. Tento stav značně ovlivňuje provádění běžných denních aktivit a zhoršuje kvalitu života. Nedílnou součástí péče o pacienty po resekci VS by měla být cílená a individualizovaná rehabilitace. Mezi moderní terapeutické metody patří biologická zpětná vazba (BZV), která používá k ovlivnění určité fyziologické funkce organismu signál měřený na těle pacienta nebo získaný přístrojem, který registruje konkrétní funkci (např. pohyb, poloha). Signál je po zpracování v reálném čase prezentován pacientovi. U osob s poruchami stability se nejčastěji jedná o snímání polohy a pohybu těla. Pacient se učí na zpětnovazebný signál reagovat

korekcí posturálních reakcí těla. Cílem je zlepšení posturální kontroly stoje a chůze nebo nácvik určité posturální strategie.

Jedním z cílů této práce bylo optimalizovat postup stanovení rozsahu vestibulární léze u pacientů s vestibulárním schwannomem. Celá práce je věnována diagnostice a následné rehabilitaci vestibulárního postižení u pacientů s vestibulárním schwannomem, který je možné chápat jako model vestibulární léze.

1.1. Vestibulární schwannom

1.1.1. Obecná charakteristika

VS je intrakraniální extraxiální benigní nádor, který vyrůstá v zadní jámě lební ze schwannových buněk VIII. hlavového nervu. Nádor postihuje nerv v místě vnitřního zvukovodu a mostomozečkového koutu. Místem vzniku nádoru bývá označována Obersteinova – Riedlichova zóna, kde dochází k přechodu centrálního a periferního myelinu. Nádor postihuje vestibulární větve nervu. Tento typ tumoru tvoří 8-10% intrakraniálních nádorů a 80-90% nádorů mostomozečkového koutu (Betka et al. 2008, Zvěřina 2010).

1.1.2. Epidemiologie

Nejčastěji se onemocnění manifestuje v průběhu čtvrté až páté dekády.(Shiffman et al. 1973) Incidence je udávána 0,7 - 1,0/100000 obyvatel/ rok (Betka et al. 2008). V České republice je léčeno až 120 pacientů s VS za 1 rok. V posledních třiceti letech byl zaznamenán signifikantní nárůst incidence VS (Fortnum H et al 2009). Tento fakt může být ovlivněn zlepšením diagnostických postupů, zejména zavedením a lepší dostupností neinvazivních technik, především MRI (Propp J. M. et al. 2006; Fortnum H. et al. 2009, Tos et al 1999). Dochází tak k časnějšímu odhalení drobných tumorů, které nebyly v minulosti diagnostikovány.

1.1.3. Histopatologie

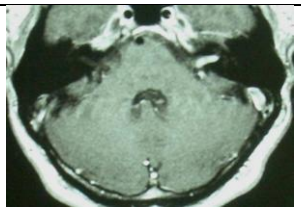
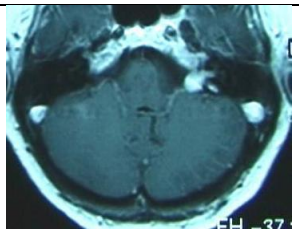
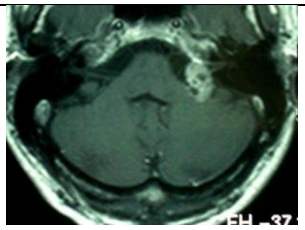
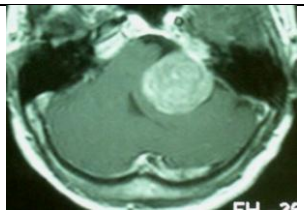
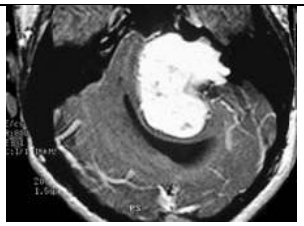
VS bývá většinou dobře ohraničený, opouzdřený tumor (Nager 1985). Barva a konsistence se mohou lišit dle množství regresivních změn. Některé tumory vykazují cystickou degeneraci. Právě v důsledku rychlého nárůstu cystické komponenty může dojít u tohoto typu VS k poměrně rychlému růstu. Tumor je tvořen pruhy vřetenovitých buněk fibrózního vzhledu, které jsou uspořádány do charakteristických palisád (Shiffman 1973) Mikroskopicky se odlišují dva typy tkáně, tvořící VS: Antoni A - denzní fibrilární struktura se sešikováním jader a Antoni B - méně buněčná, myxomatózní struktura. V rámci jednoho VS se mohou vyskytovat zároveň oba typy tkáně. Histochemicky nádorové buňky vykazují expresi proteinu S100, Leu-7, a Vimentinu. Dále je popisována pozitivita GFAP (glial fibrillary acidic protein) a EMA (epiteliální membránový antigen). Histopatologická charakteristika tumoru však nekoresponduje s biologickou aktivitou a klinickým chováním VS a průběhem onemocnění.(Lanser et al. 1992, Zvěřina

1.1.4. Etiologie a biologické chování

Etiologie vzniku vestibulárního schwannomu není přesně známa. V 95 % případů se jedná o unilaterální lézi, kdy bývá výskyt sporadický. Jiná situace je u pacientů s neurofibromatózou druhého typu, u kterých je popsán defekt v oblasti jedné kopie tumorsupresorového genu umístěného na 22. chromozomu (22q12), který kóduje protein merlin. U těchto pacientů se jedná o hereditární proces a výskyt je mnohdy bilaterální. Neurofibromatóza II. typu se dále projevuje například mnohočetnými intrakraniálními meninigeomy, gliomy, nádory páteřního kanálu a juvenilní kataraktou (Evans et al 1999).

Podle rychlosti růstu je možné dělit vestibulární schwannom do tří skupin. První skupina zahrnuje nádory, které nerostou nebo rostou velmi pomalu. Do druhé skupiny jsou řazeny tumory, které rostou pomalu (0,2 cm/rok) a do třetí skupiny jsou řazeny tumory, které rostou rychle (více než 1 cm/ rok). V praxi je velice obtížné predikovat chování tumoru. Dle literatury

má přibližně 10% vestibulárních schwannomů tendenci k rychlému růstu (Komatsuzaki 2001). Rozsah postižení je možné kvantifikovat pomocí magnetické rezonance volumometricky nebo měřením rozsahu tumoru ve třech rovinách. V klinické praxi je často užívána Koosova klasifikace. Dle velikosti a šíření vestibulárního schwannomu je možné tento typ tumoru klasifikovat na čtyři stádia (tab. 1) (Zvěřina 2010).

Stupeň VS	**Popis**	**MRI nález**
I.	intrameatální, intrakanalikulární šíření	
II.	šíření do mostomozečkového koutu	
III.	vyplňuje mostomozečkový kout	
IVa.	chová se expanzivně, tlačí na kmen, mozeček, tentorium i na postranní smíšený systém	
IVb.	chová se expanzivně a působí syndrom nitrolební hypertenze s městnáním na očním pozadí	

Tab. 1.: Klasifikace velikosti vestibulárního schwannomu dle Koose.

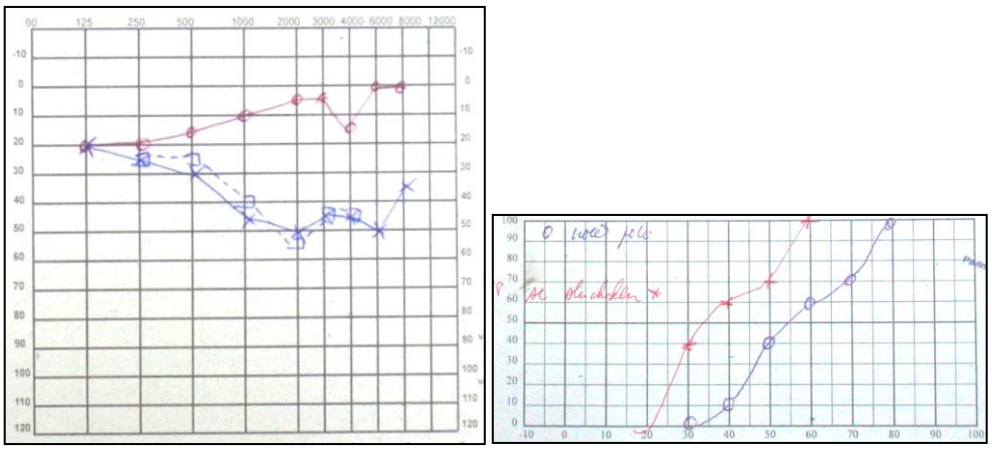
1.1.5. Symptomatologie

Velice důležitým aspektem této problematiky je symptomatologie. Příznaky vznikají útlakem sousedících mozkových nervů, struktur mozečku a mozkového kmene, ovlivněním cévního zásobení nebo porušením cirkulace mozkomíšního moku (Tos et al 1998). Nejčastěji se u pacientů vyskytuje jednostranná nedoslýchavost (Rosenberg 2000). U 50-70% pacientů s vestibulárním schwannomem bývá přítomna **porucha sluchu doprovázená tinnitem.** U 10% bývá přítomen pouze tinnitus bez poruchy sluchu. Přibližně 50% pacientů udává obtíže ve smyslu vertiga (Betka et al. 2008, Parving et al 1992)**. Vertigo** se zpravidla objevuje na počátku onemocnění, poté má tendenci k ústupu a je nahrazeno spíše pocity nestability. Obtíže bývají ve většině případů mírného charakteru. V průběhu onemocnění dochází ke kompenzaci vestibulární léze a minimalizaci subjektivních obtíží. V pokročilém stadiu onemocnění se mohou objevit závažnější vestibulární obtíže, které pacienty značně omezují a mají tendenci k setrvalému charakteru (Selesnick et al. 1993). 50-60% pacientů udává **cefaleu** (Selesnick, Jackler 1992). Mezi další symptomy patří **porucha inervace v oblasti V. hlavového nervu**. Toto postižení se vyskytuje až u 25 % pacientů. Prvním projevem této patologie bývá vymizení korneálního reflexu (Selesnick et al 1993). U 10 % pacientů je popisováno **postižení lícního nervu** (Thomsen, Tos 1990). Objemné tumory mohou působit kompresivně na mozeček, což může mít za následek **ataxii, nestabilitu a neschopnost koordinace pohybů**. Velmi vzácně dochází k **postižení IX. - X. hlavového nervu a ke kmenové lézi.**

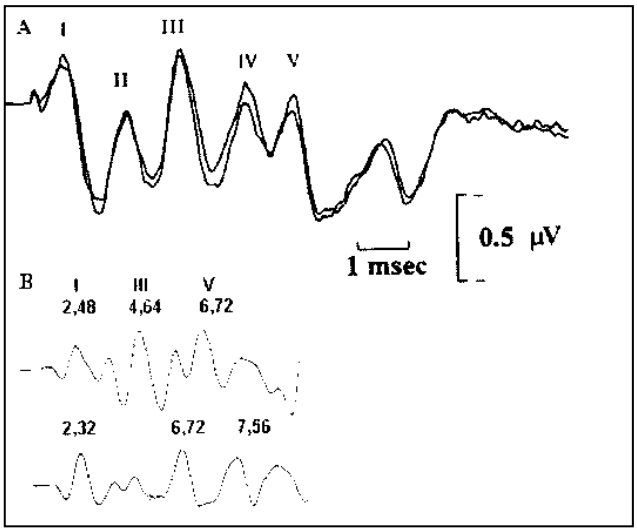
V poslední řadě je třeba zmínit skupinu pacientů, u kterých je vestibulární schwannom asymptomatický a bývá náhodným nálezem při vyšetření magnetickou rezonancí (Selesnick et al. 1999, Anderson 2000).

1.1.6. Diagnostika

Základem stanovení správné diagnózy je provedení **magnetické rezonance** se zaměřením na mostomozečkový kout a vnitřní zvukovod. Důležitou součástí je **neurologické vyšetření** zaměřené na funkci vestibulárního aparátu, na posouzení přítomnosti mozečkových příznaků a příznaků postižení hlavových nervů. Dále je prováděno **klinické ORL vyšetření**, včetně audiologických testů k objektivizaci poruchy sluchu. V první řadě je provedena tónová a slovní audiometrie. Nejčastějším nálezem u pacientů s VS je vysokofrekvenční sensorineurální porucha s narušením slovní diskriminace (obr. č. 1.) (Johnson 1977). Dále je prováděno vyšetření kmenových evokovaných potenciálů (BERA -Brainstem Evoked Responses Audiometry), které slouží k verifikaci suprakochleární léze, při které může docházet k prodloužené latenci vlny N V, prodloužení mezivlnové latence I-V, I-III a III-V, interaurální diferenci v latenci vlny N V a mezivlnových latencí, absenci pozdních vln, absenci kmenových odpovědí, abnormálně malému poměru amplitud V/I (Novák 2003, Doyle 1999, Ramsden 1995)(obr. č. 2). Výsledky audiometrických testů pouze dokreslují klinický obraz, samostatně mohou být variabilní a nespecifické. V rámci vyšetření vestibulární patologie u pacientů s vestibulárním schwannomem jsou prováděny speciální elektrofyziologické testy, kterým je níže věnována samostatná kapitola.



Obr. č. 1.: Vysokofrekvenční sensorineurální porucha s narušením slovní diskriminace u retrokochleární léze.



Obr. č. 2.: Sluchové evokované potenciály (BAEP). A. normální nález. B. vestibulární schwannom. Horní křivka ze zdravého ucha, na dolní křivce z postiženého ucha je patrno prodloužení vrcholových latencí kromě vlny I. Korespondující latence vrcholů vlny I, III a V. (*Použito z Ambler et al., Diferenciální diagnóza závratí, Triton 2008*)

1.1.7. Terapie

Léčba vestibulárního schwannomu vychází z klinického nálezu, velikosti tumoru a jeho tendenci k růstu. V rámci léčebného postupu existují tři možnosti. U pacientů s malým tumorem, u kterých není deteriorován sluch nebo u pacientů, kde bývají ostatní řešení kontraindikována celkovým stavem pacienta, je metodou volby **observace**. (Charabi et al. 1999). Dalším přístupem je **stereotaktická terapie /radiochirurgie** – Leksellův gamma nůž, X nůž, Cyber – knife. Tato léčebná modalita je využívána především u malých tumorů. Velkou výhodou je krátká doba léčby (Mac ket al. 2002, Hempel et al. 2006). Negativem tohoto postupu je například pouhé zastavení růstu tumoru, riziko zhoršení sluchu a postižení hlavových nervů. (Hayhurst et al. 2005). Třetí léčebnou možností je **chirurgická léčba**. Cílem chirurgické léčby je radikální odstranění tumoru s žádným nebo minimálním postižením okolních struktur. Mezi specifická rizika této léčebné modality patří například ztráta sluchu, porucha funkce VII. hlavového nervu, likvorea, porucha rovnováhy a poruchy dalších hlavových nervů (Wackym 2005). Pakliže se podaří odstranit tumor radikálně, riziko recidivy je minimální (1-0,1%) (Betka et al. 2008). Vzhledem k lokalizaci vestibulárního schwannomu a odlišnému terapeutickému přístupu u jednotlivých stadií tohoto onemocnění, vyžaduje řešení této problematiky interdisciplinární a individuální přístup.

1.2. Vestibulární aparát

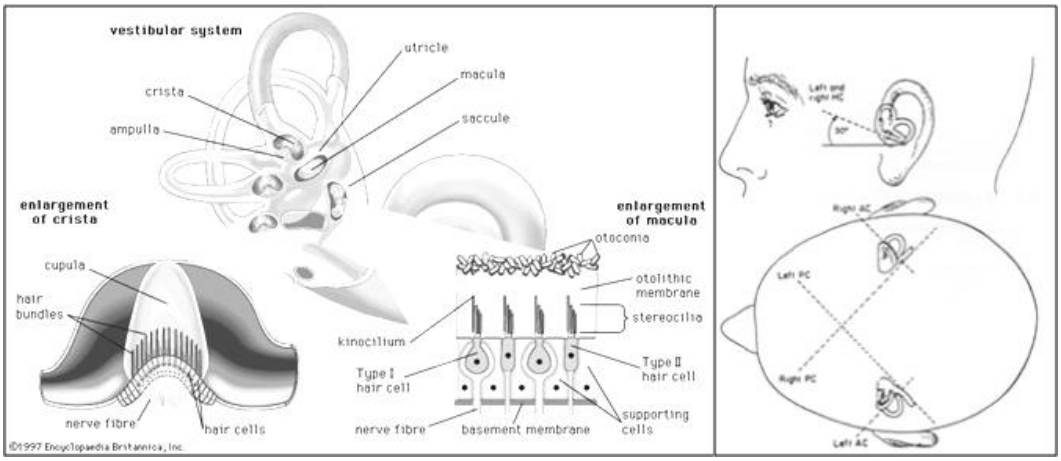
Hlavní rolí vestibulárního systému je registrace pohybu a změny polohy těla vzhledem ke gravitačnímu poli. Na základě aferentních signálů rovnovážný systém generuje odpovídající motorickou odpověď prostřednictvím pohybů hlavy a těla, které vedou k zachování optimálního vizu a k udržení rovnováhy těla.(Ambler et al. 2008, Vrabec et al. 2002)

1.2.1. Anatomické poznámky

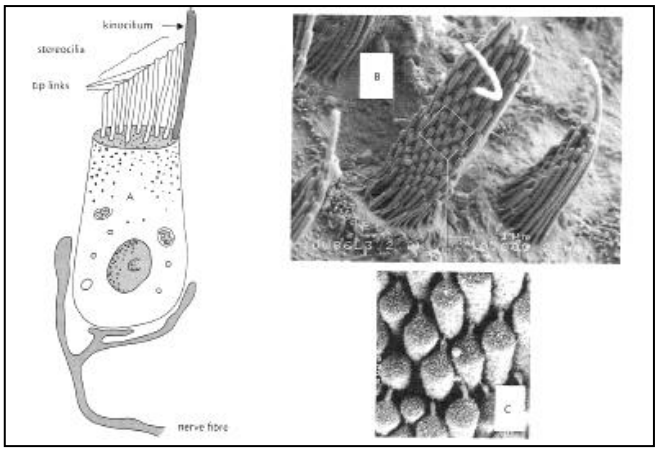
Vestibulární systém je systém multisenzorický. Mezi tři aferentní zdroje rovnováhy patří oko, propriocepce (polohocit a pohybocit) a vestibulární aparát. K **perifernímu** vestibulárnímu aparátu řadíme labyrint a vestibulární nerv. K **centrálnímu** vestibulárnímu aparátu patří vestibulární jádra a dráhy. Periferní část je tvořena řadou senzorů, které předávají informaci o úhlovém zrychlení a lineárním pohybu hlavy dále do oblasti centrálního nervového systému, především do komplexu vestibulárních jader a mozečku, kde je tato informace zpracována a opovědí jsou VOR (vestibulo-okulární reflex), VSR (vestibulo-spinální reflex) a VCR (vestibulo-kolický reflex). (Ambler et al. 2008, Vrabec et al. 2002, Molčan et al. 2002)

Vestibulární aparát, vlastní percepční složka, je umístěna v pyramidě ve vnitřním uchu. Skládá se z kostěného labyrintu, který má část vestibulární (vestibulum a polokruhovité kanálky) a část sluchovou, která je představována kochleou. Uvnitř je uložen membranózní labyrint, který je tvořený dvěma váčky (utrikulem a sakulem) a třemi blanitými polokruhovými kanálky (předním, zadním a laterálním). Prostor mezi kostěným a membranózním labyrintem je vyplněn perilymfou, která se svým složením podobá extracelulární tekutině s vysokou koncentrací natria a nízkou koncentrací kalia. Membranózní labyrint je vyplněn endolymfou, která se naopak svým složením podobá tekutině intracelulární s typicky nízkou koncentrací natria a vysokou koncentrací kalia. Dva fylogeneticky velice staré senzory uvnitř labyrintu – polokruhovité kanálky a otolitové orgány odpovídají na zrychlení a

proto reagují na pohyb a polohu hlavy. **Polokruhovité kanálky** začínají ampulami- rozšířeními, kterými jsou kanálky spojeny s utrikulem. **Receptorová část** je tvořena ampulární kristou (crista ampullaris). Receptorovým útvarem v sakulu i utrikulu jsou vyvýšeniny zvané makuly (makulae staticae). Ampulární kristy i makuly utrikulu a sakulu jsou sestaveny z podpůrných a vláskových buněk (obr. č. 4.). Z funkčního hlediska je důležité uspořádání vlásků na povrchu buňky. Na distálním povrchu receptoru jsou umístěna kinocilia. Při jejich okraji je vždy jedno větší kinocilium. Ze synapsí vláskových buněk vycházejí nervová vlákna, která tvoří vestibulární část VIII. nervu. Když se ohýbají vlásky směrem k excentricky uloženému kinociliu, vzniká depolarizační receptorový potenciál, aktivita se zvyšuje, při pohybu opačným směrem vzniká naopak hyperpolarizace a aktivita se snižuje. Kristy i makuly (cristae ampulares a maculae staticae) jsou kryty vysokým cylindrickým epitelem s vláskovými buňkami, z nichž vystupují relativně dlouhé tuhé vlásky, které spolu s želatinózní hmotou vytvářejí kupulu (cupula terminalis). Kupula se může vychylovat na obě strany cristy. Makulu pokrývá otolitová membrána - želatinózní mukopolysacharidová hmota, ve které jsou rozptýleny krystalky uhličitanu vápenatého zvané otolity. V kanálcích sahá kupula až ke stropu a dělí tak ampulu na dva oddíly. Kupula v makulách obsahuje četná vápenitá tělíska – otolity, které vlásky zatěžují. Polokruhové kanálky jsou orientovány ve třech na sebe kolmých rovinách. Rovina sagitální registruje pohyby hlavou nahoru a dolů, rovina frontální úklony hlavy směrem k rameni a rovina horizontální rotaci hlavy doleva a doprava. Utrikulus a sakulus jsou propojeny přes ductus endolymphaticus. Vlastním receptorem v sakulu i utrikulu jsou tzv. makuly (maculae staticae).



Obr. č. 3: Anatomické uspořádání vestibulárního aparátu, detail makuly a kristy, umístění vestibulárního aparátu (*převzato a upraveno z Encyclopedia Brittanica 1997*)



Obr. č. 4.: A. schéma vláskové buňky, B. A C.: vlásková buňka – fotografie z elektronového mikroskopu *(převzato z. Bronstein A. M., Vertigo and Imbalance, Oxford Universty Press 2013.)*

Vestibulární nerv se rozděluje do dvou větví – ramus superior a ramus inferior. Horní větev probíhá s lícním nervem do meatus acusticus internus a zásobuje přední a laterální polokruhovitý kanálek a utrikulus. Dolní větev probíhá s nervem kochleárním a zásobuje zadní polokruhovitý kanálek a sakulus. Axony vestibulárního nervu vedou do **vestibulárních jader, které jsou umístěny především v oblasti** mozkového kmene, ale zasahují také kaudálně do oblasti prodloužené míchy. Komplex vestibulárních jader je tvořen zejména čtyřmi hlavními jádry horní (ncl. vestibularis superior Bechterevi), mediální (ncl. vestibularis medialis Schwalbei), laterální (ncl.

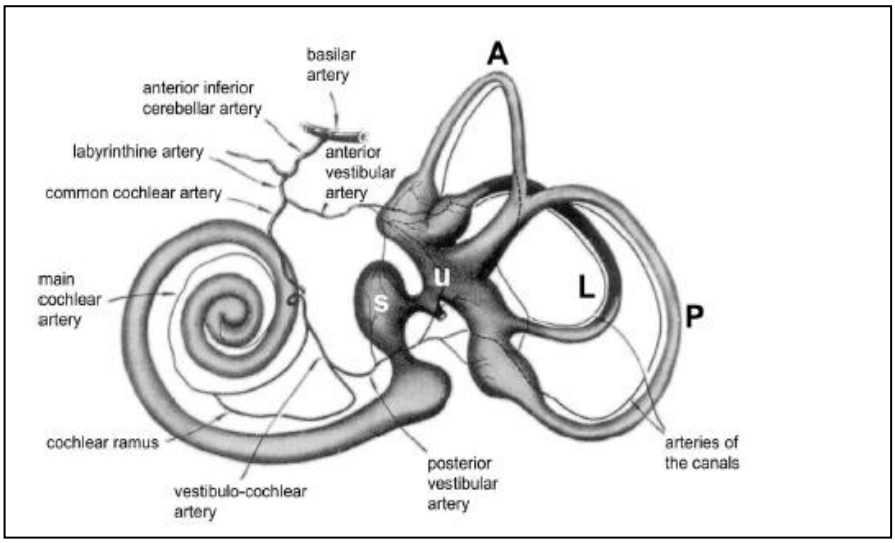
vestibularis lateralis Deitersi), dolní/descendentní, spinální (ncl. vestibularis inferior Rolleri) a dále sedmi menšími jádry (Herdman et al. 2007, Vrabec et al. 2002). Axony z polokruhových kanálků vedou zejména do rostrální části komplexu vestibulárních jader – mediální a horní vestibulární jádra, kdežto z otolitových orgánů jdou projekce především do kaudální části komplexu (laterální a dolní vestibulární jádro). Horní a mediální jádro jsou zodpovědné především za VOR, mediální jádro je zapojeno do VSR a koordinuje pohyby hlavy a očí. Hlavním jádrem pro VSR je laterální vestibulární jádro. Dolní jádro je propojeno se všemi ostatními jádry a mozečkem, ale nemá samostatnou funkci. Vestibulární jádra obou polovin mozkového kmene jsou propojena systémem komisur, které na sebe působí navzájem inhibičně. Komisury umožňují, bilaterální sdílení informace a vzájemnou koordinaci polokruhových kanálků. Z vestibulárních jader vedou četné ascendentní a descendentní dráhy do **mozečku** (zejména flokulonodulární krajiny- tzv. vestibulární mozeček). Ačkoli mozeček není zodpovědný za jednotlivé vestibulární reflexy, jeho dysfunkce se projevuje jejich nepřesností a neefektivností (Herdman et al 2007, Baloh et al 2011). V současné době je prokázáno, že oblast vermis mozečku reaguje na vestibulární stimulaci. Projekce z mozečku do vestibulárních jader naopak mají inhibiční vliv. Flocculus cerebelli přizpůsobuje a udržuje gain VOR, nodulus cerebelli přizpůsobuje délku trvání VOR. Další projekce směřují do okohybného systému, vestibulárního thalamu a cerebelárního kortexu (tractus vestibulospinalis, fasciculus longitudinalis medialis, tractus vestibulocerebellaris, tractus vestibuloreticularis a tractus vestibulocorticalis do temporoparietookcipitální krajiny).

Vestibulární dráhy slouží k reflektorickému řízení svalového tonu šíje, trupového svalstva, končetin a k řízení pohybů hlavy a očí v reakci na vestibulární podněty. Spojení mezi vestibulárními jádry a autonomním systémem vysvětlují vegetativní příznaky, které často vertigo doprovázejí (Ambler et al 2008)**.**

Cévní zásobení

V rámci problematiky vestibulární patologie u pacientů s VS může řada symptomů vznikat na podkladě ovlivnění cévního zásobení. Periferní a centrální vestibulární systém jsou zásobovány z oblasti vertebrobasilárního

povodí. Labyrint je zásobován z a. labyrinthi, která vychází z a. cerebelli anterior inferior (AICA), někdy přímo z bazilární arterie. A. labyrinthi má tři termiální větve: a. vestibularis anterior – zásobuje přední a laterální polokruhový kanálek a utriculus - a dvě větve kochleovestibulární arterie – a. vestibularis posterior zásobuje zadní polokruhový kanálek a sakulus. Kochleární větev zásobuje bazi kochley (vysokofrekvenční tóny). Struktury zásobené z oblasti přední vestibulární arterie (laterální a přední polokruhový kanálek a utrikulus) mají nejmenší kolaterální oběh, proto jsou nejvíce náchylné k ischémii. Z povodí AICA je zásoben také mozečkový flokulus a mostomozečkový kout, proximálnější větve AICA zásobují anterolaterální oblast pontu (jádra n. V, VII, VIII) a střední cerebelární pedunkl. Pro centrální část vestibulárního aparátu jsou důležité párové a. cerebelli posterior inferior (PICA), které zásobují kaudální povrch mozečkových hemisfér a dorsolaterální oblast prodloužené míchy, kam zasahuje komplex vestibulárních jader. Oblast pontu je zásobena z oblasti basilární arterie (obr. č. 5.) (Ambler et al. 2008, Herdman et al. 2007)

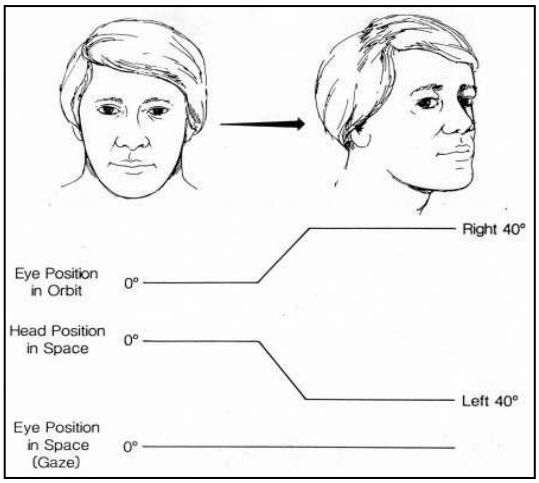


Obr. č. 5.: Cévní zásobení labyrintu (*převzato z Herdman S. J., Vestibular rehabilitation, 3rd. ed, C P R, F.A. Davis Company 2007*)

1.2.2. Funkce vestibulárního aparátu

Vestibulární aparát je párový senzorický orgán, což znamená, že pravý a levý labyrint se vzájemně doplňují a kooperují. Základním úkolem vestibulárního aparátu je udržování rovnováhy, regulace svalového tonu a koordinace pohybů hlavy a očí. Jednou ze základních funkcí je stabilizace retinálního obrazu a udržování zrakové ostrosti při pohybu hlavy. Další funkcí je udržení rovnováhy těla při stoji a chůzi. Vestibulární systém detekuje polohu a pohyb hlavy v prostoru. Ve srovnání s ostatními senzorickými orgány si signály z vestibulárního aparátu za běžných okolností méně uvědomujeme. Pouze při jeho dysfunkci si uvědomujeme vestibulární vjemy. Prostřednictvím vestibulárního aparátu vnímáme odchylky postavení hlavy vzhledem ke gravitačnímu poli, změnu rychlosti a směru pohybu celého těla v prostoru a to jak v pohybu přímočarém, tak kruhovém. Při poruše v oblasti polokruhových kanálků nebo jejich centrálních projekcí dochází k pocitu rotace. Naopak pocity naklánění těla, lateropulze, vznášení svědčí pro poruchu v otolitovém systému (Ambler 2008). Základní reflexní okruhy, na jejichž řízení se vestibulární systém podílí, jsou vestibulookulární reflex (VOR), který zajišťuje stabilitu retinálního obrázku, vestibulospinální reflex (VSR), který zajišťuje stabilitu stoje a chůze a vestibulokolický reflex (VCR), který prostřednictvím aferentací do oblasti šíjového svalstva zajišťuje stabilizaci hlavy. Dále se nepřímo na udržování rovnováhy ještě podílí celá řada reflexů, jakými například jsou cervikookulární reflex (COR), cervikospinální reflex (CSR) a cervikokolický reflex (CCR) (Herdman 2007, Eggers et al 2003). **Vestibulookulární reflex** je fylogeneticky velice starý a zajišťuje stabilitu retinálního obrazu během pohybu hlavy v rovinách jednotlivých polokruhových kanálků. Tento reflex má dvě komponenty angulární a lineární. Angulární komponenta VOR je zprostředkovaná polokruhovými kanálky a kompenzuje rotaci. Je především zodpovědná za stabilizaci pohledu. Lineární komponenta VOR zprostředkovaná otolity kompenzuje translační pohyb. (Ambler et al. 2008). Otolitové orgány rozpoznávají lineární zrychlení. Změnou polohy hlavy proti gravitaci dochází k deformaci cilií vláskových buněk

zanořených do otolitové membrány, která se posune. Za prahovou hodnotu je považován posun membrány o 0,15 mikrometrů. Dochází k podráždění vláskové buňky. Vláskové buňky krist polokruhových kanálků informují o rotaci hlavy. K nejvyšší stimulaci dochází v tom kanálku, v jehož rovině dochází k rotaci hlavy. Receptory vnímají úhlové zrychlení – na začátku a na konci otáčivého pohybu hlavy. Při změně rychlosti rotace dochází ke stimulaci ampulární kristy. Dochází k relativnímu posunutí endolymfy proti stěně kanálku, kupula se ohýbá příslušným směrem, ohýbají se sterocilie i kinocilie vláskových buněk. Většinou dochází k podráždění většího počtu ampulárních krist a ke komplexnímu vjemu vykonaného pohybu. Při déle trvajícím pohybu hlavy je endolymfa unášena stejnou rychlostí jako stěna kanálků, kupula kristy se napřimuje a intenzita dráždění klesá. Při náhlé zástavě pohybu hlavy však setrvačností pokračuje pohyb endolymfy a kupula kristy je vychýlena opačným směrem. Dochází opět k podráždění nervových zakončení. Souhrnně lze říci, že VOR zabezpečuje celkovou stabilizaci pohledu tak, že při pohybu hlavy oči vykonávají opačný pohyb nežli hlava (obr. č. 6.). Jeho podstatou je generování pohybů očí, které jsou přesně opačné k pohybu hlavy v jednotlivých rovinách. Nejprve tedy dojde k pomalému tonickému pohybu oka, pomalé fázi nystagmu, která je vlastní vestibulární reakcí, a v určitém pohledovém úhlu jsou oči centrálním sakadickým pohybem „vráceny zpět“ do střední roviny. Pokud přetrvává vestibulární dysbalance, dojde opět k pohybu očí a opakováním tohoto pohybu vznikne nystagmus. U člověka v bdělém stavu se však uplatňuje jen při velmi rychlých pohybech (běhu, skoku). Při pomalejších pohybech zajišťují stabilitu retinálního obrazu reflexní děje generované z optického systému, mezi které patří **optokinetický nystagmus** (známý z vlaku při pohledu na ubíhající krajinu) a zejména **plynulé sledovací oční pohyby**, které umožňují ostře vidět pomalu se pohybující předměty (vyšetřují se sinusové pohyby – kyvadlové). Pohybujeme-li se pomalu, jsme schopni využít výše zmíněné reflexy ke stabilizaci obrázku na sítnici. (Ambler et al 2008, Brandt et al. 2005, Vrabec 2002)



Obr. č. 6: Schéma funkce vestibulookulárního reflexu. Základní funkcí tohoto reflexu je udržení stability retinálního obrazu, čehož je dosahováno udržováním stability pohledu (spojnice fixačního bodu s odpovídajícím bodem na sítnici) při pohybu. Na horní stopě je záznam pohybu oka v orbitě, který je opačného směru, ale stejné velikosti jako je pohyb hlavy zobrazený na prostřední stopě. Při správné funkci VOR je výchylka osy pohledu nulová (spodní stopa). (*použito z Ambler et al.,Diferenciální diagnóza závratí, Triton 2001*)

Vestibulospinální reflex stabilizuje polohu těla. Pakliže je hlava nakloněna na jednu stranu, dochází k bilaterální stimulaci vestibulárního aparátu. Je aktivován vestibulární nerv a posléze vestibulární jádra. Impulzy jsou přenášeny cestou laterálního a mediálního vestibulospinálního traktu do oblasti míchy. Na straně náklonu hlavy dochází k aktivaci extensorů a na opačné straně naopak k aktivaci flexorů. (Ambler et al. 2008, Vrabec et al. 2002, Molčan et al. 2002)

1.2.3. Vestibulární postižení

Vestibulární symptomy můžeme dle topiky postižení vestibulárního systému a odpovídajících klinických projevů rozdělit na periferní a centrální vestibulární syndrom. Vestibulární symptomatologie je velice různorodá a projevuje se tak velmi široké spektrum onemocnění. U pacientů s VS mohou být dle rozsahu patologie přítomny oba typy vestibulárního postižení nebo případně jejich kombinace.

Periferní vestibulární syndrom vzniká při postižení labyrintu a vestibulárního nervu. Charakter závrati bývá rotační a intenzita ve většině případů koreluje s dynamikou patologického procesu. V akutní fázi bývá patrný spontánní nystagmus, který je horizontální případně horizontálně rotační, jednosměrný, konjugovaný, často II. -III. stupně. Typická je korelace intenzity závratě s nystagmem. Oční fixace periferní nystagmus inhibuje. Nystagmus někdy nastupuje s latencí (10-20s) bývá výčerpný a dochází u něj k habituaci. Tonické úchylky hlavy a končetin mívají jeden směr, který se shoduje se směrem pomalé složky nystagmu. Tonické úchylky směřují ke straně léze. Dle etiologie postižení může být přítomen i tinnitus a porucha sluchu, což je právě pro pacienty s VS typické (Ambler et al. 2008, Brandt et al 2005, Bronstein et al. 2013).

Centrální vestibulární syndrom vzniká při postižení vestibulárních jader a drah, především v oblasti mozkového kmene. Závratě mohou být rotační, ale často mívají charakter instability, slabosti, pocitu celkového dyskomfortu. Spontánní nystagmus může mít jakýkoli směr, může být i disociovaný. V tomto případě není korelace mezi intenzitou nystagmu a vertigem. Oční fixace nemá na spontánní nystagmus vliv. Nejsou zde známky latence, habituace ani únavy. Není žádná závislost mezi tonickými úchylkami a spontánním nystagmem. U centrálního vestibulárního postižení se může dále vyskytnout porucha pohledu nebo jiné přidružené neurologické příznaky. (Ambler et al 2008)

Dalším důležitým příznakem vestibulární léze může být i takzvaná **šikmá deviace bulbů** (skew deviation – Hertwigův-Magendiho strabismus). V některých případech je doprovázena úklonem hlavy neboli ocular tilt

reaction - principiálně se jedná o reflexní děj, kdy pozice hlavy je do patologické vertikály nastavena bez ohledu na polohu těla. Základní charakteristikou jsou úklon hlavy ve směru níže položeného oka, šikmá deviace bulbů, kde je jedno oko položeno výše a druhé níže a torzí obou očí k níže položenému oku. Tento příznak může svědčit jak pro centrální, tak pro periferní vestibulární lézi. V případě, že úklon směřuje k postižené straně, pak se jedná o lézi v oblasti labyrintu resp. otolitovou lézi nebo lézi v pontomedulární oblasti. V opačném případě, kdy náklon směřuje od strany léze, jedná se o patologii v pontomesencefalické oblasti (Baloh et al. 2011).

1.2.4. Vestibulární kompenzace

Důležitou schopností organismu je vestibulární kompenzace, kdy vestibulární aparát a nervový systém reagují na patologické děje, které způsobují vestibulární dysfunkci, kterou organismus reaguje na vzniklou lézi.

Na podkladě vestibulárního postižení dochází k rozvoji statické (symptomy jsou patrné v klidu) a dynamické dysbalance (symptomy se objevují při pohybu). Projevem statické dysbalance jev první řadě spontánní nystagmus nebo úklon hlavy a skew deviation. Projevy dynamické dysbalance pozorujeme při pohybu. Do této skupiny patří patologie patrná při head impulse testu, nystagmus z potřásání hlavy (head shaking nystagmus), patologický nález při polohových zkouškách a spontánní tonické vestibulární úchylky (Ambler et al 2008).

Na vzniklou patologickou situaci organismus reaguje třemi základními ději – spontánní úpravou funkce, vestibulární adaptací a vypracováním náhradních strategií. Při **spontánní úpravě funkce**, dochází k samovolnému odeznění příznaků akutní vestibulární léze. Další zásadním dějem je **vestibulární adaptace**, při které dochází k přizpůsobení neuronální odpovědi pohybům hlavy. Adaptaci je možné demonstrovat na zvířecím modelu. Po provedení jednostranné labyrintektomie ztrácí sekundární vestibulární neurony ipsilaterálně svoje aferentace a neodpovídají tak na ipsilaterání úhlové zrychlení. Zároveň kontralaterálně ztrácí sekundární neurony

kontralaterální inhibiční vstupy a jejich aktivita stoupá. Dochází tak k imbalanci a rozvíjí se obraz akutní periferní vestibulární léze – nystagmus, nerovnováha. S odstupem několika dní dochází k obnově aktivity sekundárních neuronů na poškozené straně a začínají reagovat na stimuly z opačné strany, ačkoli odpovědi sekundárních neuronů na postižené straně mají nižší intenzitu než ty na intaktní straně, kvalitativně jsou ale podobné (Baloh et al. 2011). Schopnost adaptačních změn s věkem klesá, ale nevyhasíná. Třetím dějem je **vypracování náhradních strategií**, na kterých se podílejí zrakové a somatosenzorické vstupy. Další podstatnou součástí je cervikookulární reflex, jehož význam při vestibulárním postižení stoupá (Ambler et al. 2008).

Projevy statické dysbalance mají ve většině případů tendenci k poměrně rychlé a kompletní kompenzaci. Naproti tomu kompenzace projevů dynamické dysbalance bývá nekompletní (Brandt et al. 2000). Stimulace nervového systému adekvátní rehabilitací podporuje rozvoj adaptačních změn a urychluje kompenzaci vestibulárního postižení.

1.3. Vestibulární vyšetření u pacientů s vestibulárním schwannomem

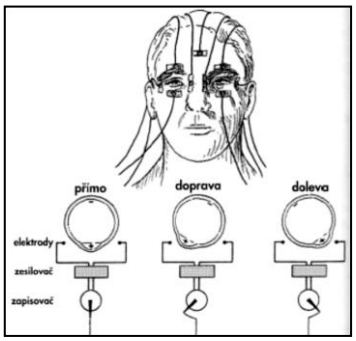
Správné vyšetření a vyhodnocení klinického nálezu u pacienta s poruchou rovnováhy vyžaduje znalosti fyziologie vestibulárního systému, mozkového kmene a mozečku. Vestibulární vyšetření u pacientů s VS hodnotí funkční stav vestibulárního aparátu a upřesňuje klinický rozsah postižení. V rámci této problematiky je nejprve provedeno **klinické ORL vyšetření, klinické neurologické vyšetření a klinické neurootologické vyšetření** zaměřené na funkci vestibulárního aparátu a na posouzení přítomnosti mozečkových příznaků. Hodnotí se přítomnost spontánního nystagmu s použitím Frenzelových brýlí, přítomnost pohledového nystagmu, a plynulé oční sledovací pohyby. Dále se vyšetřují polohové testy, tonické vestibulární úchylky, vyšetření stoje a chůze, včetně tandemové chůze a rychlé otočky při chůzi. V rámci prvního klinického vyšetření bývá vyšetřena **subjektivní zraková vertikála**. Při tomto vyšetření pacient určuje přesnou vertikální

polohu svítící lišty. Provedení tohoto testu je poměrně jednoduché a přináší cenné informace o funkci otolitového aparátu, která je zajišťována převážně z oblasti utrikulu. Dále je proveden tzv. **head shaking test (HST) a head impulse test (HIT).** HST se vyšetřuje s Frenzelovými brýlemi. Pacient má zavřené oči a hlavu předkloněnou o 30°. Poté následuje oscilace (potřásání) hlavou v horizontální rovině (20x). Přítomnost nystagmu po tomto vyšetření signalizuje vestibulární asymetrii. HIT je založen na neschopnosti udržet zrakovou fixaci při rychlých pohybech hlavou u pacientů s vestibulární lézí při absenci kompenzačních pohybů VOR. Provedení pulzního testu ve všech třech rovinách polokruhových kanálků umožňuje detailní posouzení funkce každého z polokruhových kanálků (Beynon et al 1998, Black et al 2005,Eggers et al 2003).

V rámci vyšetření vestibulární patologie u pacientů s VS jsou prováděny následující speciální elektrofyziologické testy.

Elektronystagmografie

Mezi běžně používané testy patří elektronystagmografie. Je to metoda používaná k hodnocení vestibulookulárního reflexu a okulomotoriky. Dříve patřila mezi standardní metody užívané při diagnostice VS. V současné době, kdy pro stanovení této diagnózy je zásadní provedení zobrazovacích metod, zejména MRI, slouží tato metoda k upřesnění rozsahu vestibulárního postižení VS. K registraci pohybu oka využívá záznam pohybu elektrického dipólu očního bulbu, s elektropozitivní korneou a elektronegativní retinou mezi elektrodami (Eggers et al. 2003). Pro snímání se používají mističkové stříbro-chloridové elektrody, které se lepí k zevním očním koutkům pro horizontální zapojení a pod a nad oko pro vertikální zapojení. Oční pohyby jsou elektronicky zaznamenávány a analyzovány analyzátorem nystagmu (obr. č. 7.).



Obr. č. 7.: Princip elektronystagmografického vyšetření. Povrchové elektrody snímají pohyb očního bulbu – dipólu a po zesílení je signál zaznamenáván. (*použito z Ambler et al., Diferenciální diagnóza závratí, Triton 2001*)

Odvozeným parametrem je úhlová rychlost pomalé fáze nystagmu (SPV - slow phase velocity), která je nejdůležitějším ukazatelem reaktivity vestibulárního aparátu. Analyzátor umožňuje volbu následujících parametrů: frekvence vybaveného nystagmu, amplitudu, maximální rychlosti rychlé fáze nystagmu, kumulovanou oční polohu a parametry stimulu. ENG vyšetření je prováděno v temné místnosti, pacient s přilepenými elektrodami sedí na rotačním křesle před monitorem nebo panoramatickým plátnem, kde jsou promítány vizuální stimuly. Základem je vyšetření kalibrace v rozsahu 20^{o}, Při kalibraci je hodnocena přesnost pravidelných predikovatelných sakadických pohybů očních. Po kalibraci následuje vyšetření spontánního nystagmu při otevřených,

zavřených očích a při fixaci světelného bodu. Dále je vyšetřován pohledový nystagmus, po kterém pátráme při pohledu v rozsahu 30o a při maximálních pohledech do stran. Optokinetický nystagmus (OKN) je vybavován pohybujícími se pruhy. Pruhy se pohybují rychlostmi 30 a 60o/s. k oběma stranám. Hodnotí se pravidelnost vybavené odpovědi, rychlost vybaveného nystagmu a zesílení VOR-gain, který je charakterizován poměrem rychlosti odpovědi k rychlosti stimulu. Plynulé sledovací pohyby oční (ETT-eye tracking test) jsou vybavovány sledováním sinusoidně se pohybujícího bodu. Podle pravidelnosti vybavené odpovědi se hodnotí jednotlivé nálezy jako normální nebo abnormální. K vyšetření reaktivity vestibulárního aparátu se provádí rotační testy a kalorická zkouška dle Hallpikea. Při rotačních testech se používá dvojí druh stimulace: 1. asymetrický perrotační test, při kterém pacient sedí na rotačním křesle s hlavou předkloněnou o 30^{o}, čímž se do horizontální roviny dostává laterální polokruhový kanálek, jehož reaktivita je standardně vyšetřována. Křeslo je rotováno k jednotlivým stranám se zrychlením $3^{o}/s^{2}$ po dobu 40s., čímž je dosaženo konečné rychlosti $120^{o}/s.$, kterou je pacient rotován 120s. Během této tzv. adaptační fáze dojde k odeznění vybaveného perrotačního nystagmu. Po adaptační fázi je křeslo zastaveno prakticky okamžitě úhlovou decelerací $250^{o}/s^{-2}$. Po zastavení křesla je registrován postrotační nystagmus. U obou nystagmů je hodnocena jejich úhlová rychlost a kalkulována symetričnost odpovědi. Druhou z rotačních zkoušek je sinusový rotační test. Pacient sedí s hlavou předkloněnou tak, aby byl laterální polokruhový kanálek v horizontální rovině, rotován sinusovými kmity o frekvenci 0,05 Hz. Po rotaci ve tmě je vyšetřována zraková suprese vybaveného nystagmu. Provádíme rotaci sinusovými kmity o frekvenci 0,05 Hz, při které pacient fixuje zrakově stabilní prostředí, které rotuje současně s ním. Zraková suprese je schopna u zdravého jedince zcela utlumit vybavenou vestibulární odpověď. Jako normální je považováno utlumení odpovědi o více než 80 %. Zraková suprese vypovídá o vizuo-vestibulární interakci, která je zprostředkována vestibulocerebelárními strukturami. Kalorická zkouška je prováděna bitermální kalorizací podle Hallpikea u ležícího pacienta, jehož hlava je anteflektována o 30^{o}. Pro výplach uší se používá voda o teplotě 30 ^{o}C, resp. 44 ^{o}C. Opět je hodnocena rychlost pomalé fáze vybaveného kalorického

nystagmu a je hodnocena symetričnost odpovědi. Vyšetření je prováděno po otoskopické kontrole celistvosti bubínku a průchodnosti zevního zvukovodu Po vyšetření reaktivity vestibulárního systému rotačními testy či kalorizací mohou být vyšetřeny polohové testy a cervikální test. Při polohových testech je pátráno po přítomnosti nystagmu, event. vertiga při rotaci pacientovy hlavy k pravé a levé straně a při záklonu hlavy. Při polohových testech pacient leží na zádech nebo na boku. Cervikální test je vyšetřován u sedícího pacienta, kdy křeslo sinusovým způsobem rotuje hlava pacienta je fixována rukama vyšetřujícího ve střední poloze, takže tělo rotuje pod fixovanou hlavou, čímž nedochází ke stimulaci polokruhových kanálků. Případná nystagmická odpověď je podmíněna stimulací cervikovestibulární (Ambler et al 2008, Molčan 2002).

Nověji se používá registrace pohybu oka pomocí **videonystagmografie,** kde je pohyb očí snímán infračervenými kamerami a není nutné lepit elektrody.

Posturografie

Další metodou z této skupiny testů, která však nebývá standardně součástí diagnostického algoritmu u pacientů s vestibulárním schwannomem, je **posturografie** (stabilometrie)**.** Posturografie hodnotí vestibulospinální reflexní okruh a v klinické praxi je využívána pro objektivizaci poruchy stability. (Čakrt et al. 2012). Umožňuje nám zaznamenat a kvantifikovat posturální chování stojícího člověka. První modalitou je statická posturografie, kdy se plošina nepohybuje a vyšetření je prováděno v několika tzv. senzorických situacích. Nejprve se hodnotí výchylky těžiště při otevřených a následně při zavřených očích (1 měření trvá 20s). Pro ztížení proprioceptivního vstupu je používán stoj na silné molitanové podložce, která je položena na plošinu. Posledním bodem je vyšetření záklonu. Druhou skupinou testů, které jsme v rámci našich studií neprováděli, jsou testy dynamické posturugrafie, při které se plošina pohybuje sinusově nebo pulzně kolem osy, která je vedena zhruba rovinou kotníků. Mezi základními naměřenými hodnotami je plocha, kterou opíše „těžiště“ na platformě, dále vektorová analýza, která určí směr největší výchylky a Rombergův koeficient,

porovnávající jednotlivé hodnoty při otevřených a při zavřených očích. Základní parametry jsou propočítávány a srovnávány s normativními hodnotami. Dynamická posturografie může sloužit i k vyšetření reflexů s dlouhou latencí v kombinaci se snímáním elektromyografie ze svalů DK. Přestože je posturografie senzitivní k poruchám stability stoje, vykazuje poměrně malou diagnostickou specifitu a neumožňuje odlišit jednotlivé typy vestibulárního postižení. (Ambler et al 2008)

Mezi další elektrofyziologické testy vestibulárního aparátu patří vyšetření **vestibulárních evokovaných myogenních potenciálů**. Principem je snímání zvukem a vibracemi evokovaných potenciálů s krátkou latencí z krční oblasti (m. strenocleidomastoideus) nebo periorbitálně. Tato metoda umožňuje izolované vyšetření sakulu vibračním nebo zvukovým podnětem a testuje tak převážně otolitový systém. Srovnání odpovědí na zvukové a vibrační podněty může odlišit sakulární a utrikulární lézi. U nás se tato metoda teprve zavádí a není součástí standardního vyšetřovacího schématu (Welgampola 2008).

Další vyšetření prováděná v rámci diagnostiky rozsahu postižení vestibulárního aparátu, která ale nebyla zahrnuta do našich vyšetřovacích schémat v rámci uváděných studií, jsou například **fotografie očního pozadí** u pacientů s projevy ocular tilt reaction, kde můžeme z postavení očí usuzovat na přítomnost oční torze a **vyšetření dynamické zrakové ostrosti**, kdy vyšetřovaná osoba nejprve čte klasické optotypy v klidu a následně při pohybu hlavou ze strany na stranu. Za obou podmínek se provede vyšetření zrakové ostrosti. Fyziologicky může dojít ke zhoršení zrakové ostrosti o jeden řádek, u pacientů s poruchou funkce vestibulárního systému a vestibulookulárního reflexu dochází k většímu propadu.(Eggers et al. 2003, Beynon et al. 1998, Black et al. 2005, Ambler et al 2001).

1.4. Rehabilitace po operaci vestibulárního schwannomu

Rehabilitace po operaci VS ve většině případů odpovídá postupům, které jsou aplikovány u všech ostatních případů jednostranné vestibulární léze. Úkolem rehabilitace je posílit a urychlit přirozené centrální kompenzační mechanismy, které zahrnují senzorickou substituci, zvýšenou senzorickou citlivost a nastavení alternativních posturálních strategií. (Horak 2010)
V rámci rehabilitační péče je třeba individualizovat postup u každého pacienta dle syndromologické diagnózy, klinického nálezu a dle tíže subjektivních obtíží. Obtížnost cvičení je přizpůsobena schopnostem a aktuálnímu stavu pacienta s ohledem na využití jeho maximální funkční kapacity. Dle literatury je individuální přístup přínosnější než obecně nastavená rehabilitační schémata. (Shepard 1995). Je prokázáno, že rehabilitace má jasně pozitivní efekt u pacientů s periferním vestibulárním postižením (Whitney et al. 2011). Naopak nejméně příznivou prognózu mají pacienti s kombinovanou vestibulární lézí (Brown et al. 2006, Whitney et al. 2000). Rehabilitace spočívá ve stabilizaci pohledu a adaptaci VOR, kdy v průběhu cvičení dochází k takzvané „rekalibraci" VOR. Pacienti cvičí aktivní pohyby hlavou a očima při fixaci určitého podnětu. Další část rehabilitace spočívá v nácviku posturální stability stoje, základních balančních strategií (hlezenní a kyčelní) a chůze. V průběhu terapie se postupně zvyšuje náročnost nacvičovaných pozic (zužování opěrné baze, cvičení na pěnové podložce).
V rámci rehabilitace souboru pacientů s VS byla u vybrané skupiny pacientů využita biologická zpětná vazba.

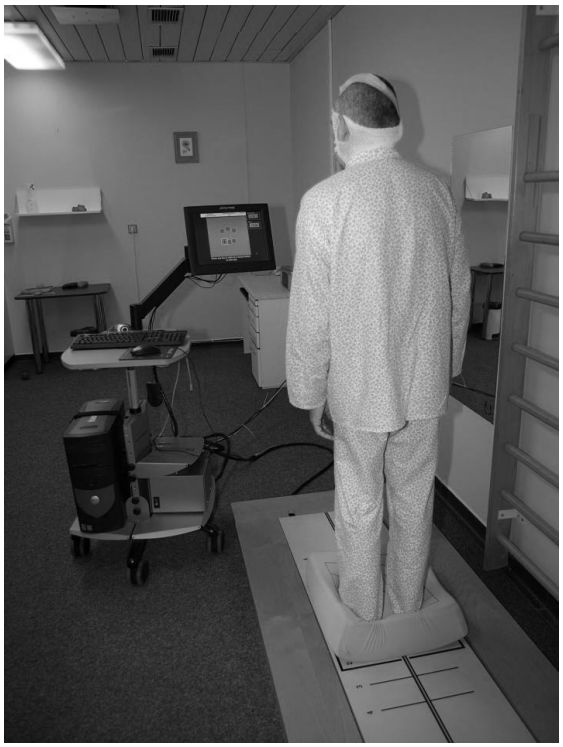
1.4.1. Rehabilitace s biologickou zpětnou vazbou

Biologická zpětná vazba (BZV) neboli biofeedback je metoda, při které na základě informací získaných snímacím zařízením se vyšetřovaná osoba snaží ovlivnit určitou funkci svého těla. Tuto informaci v podobě zpětné vazby využívá k navození požadovaných změn, které mohou přetrvávat i po ukončení terapie. Díky rozvoji technologií v oblasti biomedicíny byly vyvinuty přístroje, které mohou do jisté míry nahradit funkci určitého smyslového orgánu. Tyto „náhradní" senzory (např. kamera či akcelerometr s gyroskopem) poskytují informace, které by za normálních podmínek pacient získal ze senzorického systému. Informace jsou předávány ve formě energie, která je zpracována jinými, nepostiženými receptory (např. taktilními či sluchovými). Receptory převádějí energii do vzorce impulzů, které jsou vedeny prostřednictvím senzorických nervových drah do mozku, který je dále zpracovává. Biologická zpětná vazba nachází uplatnění zejména u pacientů s vestibulárním nebo vizuálním deficitem (Bach-y-Rita 2003; Bach-y-Rita 2004). V řadě klinických studií byl popsán pozitivní efekt BZV u pacientů s vestibulární patologií (Tyler et al. 2003; Danilov et al. 2007; Barros et al. 2010; Čakrt et al. 2010; Polat et al 2010).

1.4.2. Vizuální zpětná vazba pro nácvik posturálních funkcí

BZV poskytuje v průběhu rehabilitace informace o posturální orientaci a pohybu těla v reálném čase. Informace jsou přijímány přirozenými senzorickými systémy, které se uplatňují v posturální kontrole. V závislosti na míře postižení vestibulárního, somatosenzorického či zrakového systému, může BZV sloužit pro augmentaci nebo substituci senzorické informace (Horak 2010; Zijlstra et al. 2010). Pomocí BZV s vizuální zpětnou vazbou lze ovlivnit stabilitu stoje a zároveň dynamickou rovnováhu (Van Peppen et al. 2006). Při rehabilitaci posturálních funkcí s vizuální BZV pacient nejčastěji nacvičuje posturální kontrolu na silové (posturografické) plošině, která umožňuje

registraci polohy těla a jeho posturálních výchylek pomocí tlakových snímačů umístěných v plošině. Poloha pacientova těla se po zpracování promítá na monitor počítače. Kurzor na monitoru počítače informuje o pozici těla, o směru, rychlosti a velikosti posturálních výchylek (Barclay-Goddard et al. 2004). Pacient se v průběhu terapie snaží reagovat adekvátní posturální reakcí na zrakové podněty zobrazené na monitoru počítače a přizpůsobit svůj postoj. Jednotlivé systémy nabízejí řadu cvičebních aplikací pro trénink různých aspektů posturální kontroly (např. trénink stability stoje, nácvik přesunů těžiště při použití kyčelní nebo hlezenní strategie). V klinické praxi je v současné době nejrozšířenější systém BalanceMaster® (NeuroCom, Inc., USA). Princip cvičení u tohoto systému spočívá v přesném umístění kurzoru pohybem těla na cíl na monitoru (obr. č. 8). V průběhu rehabilitace se zvyšuje obtížnost prováděných cviků změnou úkolů od posturálně jednoduchých pozic (stoj o široké bázi) k obtížnějším (stoj pata špička). Zároveň je možné obtížnost ovlivnit například modulací aferentních senzorických vstupů (stoj na pěnové podložce).



Obr. č. 8: Nácvik stability stoje s vizuální zpětnou vazbou, přístroj BalanceMaster® (NeuroCom, Inc.).

2. HYPOTÉZY A CÍLE PRÁCE:

Práce je zaměřena na diagnostiku, optimalizaci základního diagnostického algoritmu a následnou rehabilitaci vestibulárního postižení u pacientů s vestibulárním schwannomem.

Byly stanoveny následující hypotézy:

H1: Analýzou posturografických vyšetření se podaří stanovit parametry, které jsou asociovány s vestibulární lézí u pacientů s vestibulárním schwannomem.

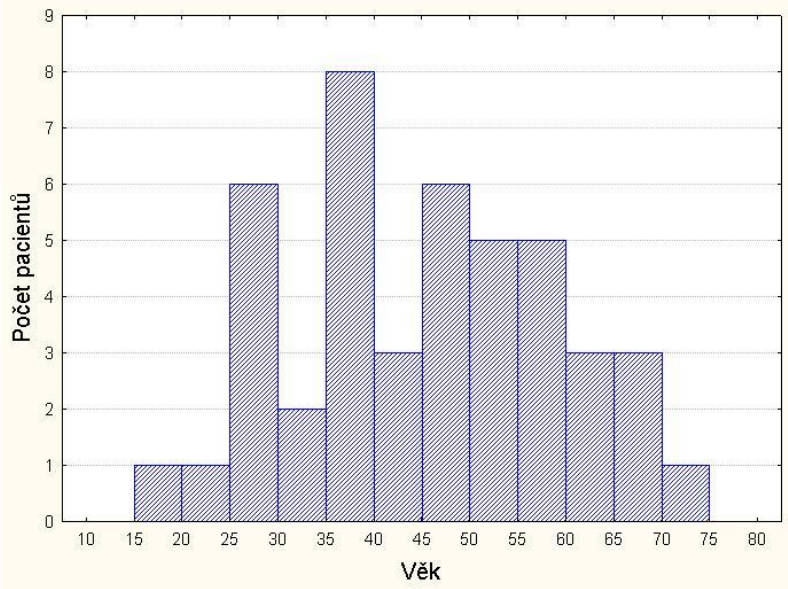
H2: Kombinace elektronystagmografie a posturografie zvyšuje citlivost diagnostického algoritmu vestibulární léze u pacientů s vestibulárním schwannomem.

H3: U pacientů po jednostranné resekci vestibulárního schwannomu dochází k rychlejší vestibulární kompenzaci při rehabilitaci, která je doplněna o biologickou zpětnou vazbu.

3. METODIKA:

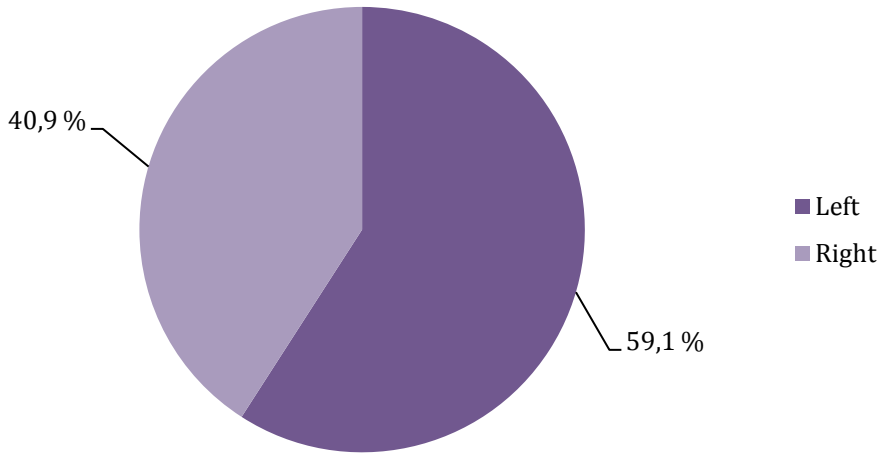
3.1. Soubor pacientů

Celkově jsme hodnotili soubor pacientů, kteří podstoupili v letech 2007-2010 chirurgické odstranění VS na Klinice otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku 1. LF UK a FN v Motole v Praze. Ve zmíněném období podstoupilo mikrochirurgickou léčbu 116 pacientů. Studovaný soubor obsahuje 44 pacientů, z toho 19 žen a 25 mužů (graf č. 3). Průměrný věk pacientů byl 45,4 let. Nejmladšímu pacientovi bylo v době vyšetření 19 let a nejstaršímu 74 let (graf č. 1.). V hodnoceném souboru se pouze v jednom případě vyskytoval VS velikosti odpovídající prvnímu stadiu. Pacientů s tumorem odpovídajícímu druhému stadiu bylo 10 a třetímu stadiu šest. Nejvíce bylo pacientů s rozsáhlým tumorem odpovídajícím čtvrtému stadiu, a to 27. Nejmenší tumor měřil v průměru 11 mm a největší 54 mm. U 26 pacientů byl tumor lokalizován vlevo a u 18 pacientů vpravo (graf č. 2.). 41 pacientů mělo prokázanou poruchu sluchu na straně léze a 37 pacientů udávalo tinnitus. 33 pacientů udávalo anamnesticky vestibulární obtíže. U čtyř pacientů byla patrná léze V. hlavového nervu a u jednoho pacienta léze VII. hlavového nervu. Rozložení souboru a malé procento drobných tumorů je dáno výběrem pacientů na zdejším pracovišti, kteří byli vzhledem ke klinickému nálezu, velikosti tumoru, případně progresi jeho růstu, indikováni k chirurgickému řešení.



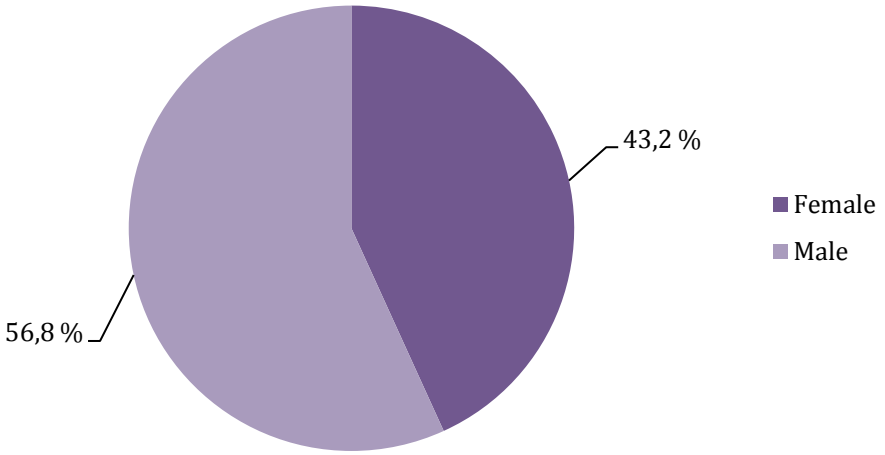
Graf č. 1.: Věkové rozložení souboru.

LATERALITY				
	Frequency	**Percent**	**Valid percent**	**Cumulative percent**
Left	26	59,1	59,1	59,1
Right	18	40,9	40,9	100
Total	44	100	100	



Graf č. 2.: Zastoupení laterality vestibulárního schwannomu v souboru

SEX				
	Frequency	**Percent**	**Valid percent**	**Cumulative percent**
Female	19	43,2	43,2	43,2
Male	25	56,8	56,8	100
Total	44	100	100	



Graf č. 3.: Zastoupení pohlaví v souboru

V rámci celého souboru jsme hodnotili vestibulární a posturografické nálezy před chirurgickým výkonem. Soustředili jsme se především na zhodnocení přínosu posturografického vyšetření u pacientů s touto diagnózou. Ve druhé části práce bylo z výše zmíněného souboru zařazeno 17 pacientů do skupiny rehabilitace a rehabilitace s biofeedbackem. Rehabilitace probíhala na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2. LF UK a FN v Motole. Charakteristiku souboru rehabilitovaných pacientů uvádí tab. č. 2. Nižší počet pacientů byl dán následujícími fakty. Do tohoto souboru byli primárně vybíráni pacienti, kteří byli v před výkonem bez jednoznačné vestibulární patologie, významné poruchy zraku, případně léze v oblasti muskuloskeletálního nebo centrálního nervového systému. U řady pacientů nemohla být rehabilitace vzhledem k pooperačnímu průběhu zahájena pátý pooperační den a u několika pacientů došlo k rozvoji sekundárních chirurgických komplikací vedoucích k přerušení rehabilitace.

	Vizuální zpětná vazba	**Kontrolní skupina**
Muži	8	5
Ženy	1	3
Věk (roky)	37 ± 10 (19-56)	44 ± 12 (26-62)
Velikost tumoru (mm)	24 ± 5 (18-35)	27 ± 6 (18-37)
Tumor grade		
2	2	1
3	3	3
4a	4	4

Tab. č. 2.: Klinická charakteristika rehabilitovaných pacientů po resekci vestibulárního schwannomu (data jsou uvedena jako průměr ± SD).

3.2. Vyšetřovací metody a rehabilitace

Jednotlivá vyšetření byla provedena standardizovaným postupem – všechna elektronystagmografická a posturografická vyšetření byla provedena a hodnocena stejnými osobami. Pacienti byli operováni stejnou skupinou lékařů vedenou Prof. MUDr. J. Betkou DrSc. a Prof. MUDr. E. Zvěřinou DrSc. Operační výkon byl proveden u všech pacientů retrosigmoidálním – transmeatálním přístupem v poloze na zádech. Před operací byli všichni pacienti podrobně neurologicky a vestibulárně vyšetřeni. Studie probíhala v souladu s etickými standardy komise (institucionální a národní) odpovědné za provádění klinických studií a Helsinskou deklarací z roku 1975, revidovanou v roce 2000. Pacienti podepsali informovaný souhlas.

3.2.1. Vestibulární vyšetření před výkonem

U všech pacientů v souboru bylo předoperačně provedeno základní klinické vestibulární vyšetření (hodnocení přítomnosti spontánního nystagmu s použitím Frenzelových brýlí, vyšetření tonických vestibulárních úchylek, vyšetření stoje a chůze, head shaking test a vyšetření subjektivní vertikály). Dále byla provedena elektronystagmografie a posturografie. Z celkového souboru pacientů jsme nemohli z důvodu klinického stavu (výrazný vegetativní doprovod, neschopnost stoje bez dopomoci, intolerance vyšetřovacích metod) kompletně provést posturografické a elektronystagmografické vyšetření u dvou pacientů. V rámci elektronystagmografie byli tři pacienti zařazeni do kategorie nehodnotitelné z důvodu výskytu artefaktů, které znemožnily počítačové zpracování signálu.

Elektronystagmografie byla provedena na čtyř kanálovém elektronystagmografu (Toennies Nystagliner, SRN). Standardizovaná metoda elektronystagmografického vyšetření zahrnovala vyšetření spontánního pohledového nystagmu (°), plynulých sledovacích pohybů očních (kvalitativní nepravidelnost - stadium I-IV), optokinetického nystagmu (gain, symetrie, pravidelnost) a provokovaných vestibulárních nystagmů (rotační testy,

kalorizace), u kterých jsme za hyporeflexii považovali stranovou odchylku >20 %. Pro posouzení stupně postižení u pacientů s VS jsme zvolili dvě kritéria charakterizující periferní a centrální vestibulární syndrom. Kritériem přítomnosti periferního vestibulárního postižení byla kalorická nebo rotační hyporeflexie. Kritériem centrálního postižení byla přítomnost abnormity plynulých sledovacích pohybů očních a poruchy visuo-vestibulární interakce. Plynulé sledovací pohyby oční byly pro účely naší studie kvantifikovány dle tíže patologie do čtyř skupin (1. skupina – nález v normě, 2. skupina drobné nepravidelnosti sledovacích očních pohybů, 3. skupina- hrubé nepravidelnosti, místy až rozpad, 4. skupina – rozpad sledovacích očních pohybů). Na základě zjištěných výsledků jsme elektronystagmografické nálezy rozdělili do syndromologických kategorií: periferní, centrální a smíšené vestibulární postižení. Vzhledem k tomu, že konkrétní stadium VS předpokládá určitý typ vestibulárního postižení, využili jsme toto rozdělení pro korelaci se stadiem tumoru.

Posturografické vyšetření bylo provedeno na plošině BalanceMaster (NeuroCom International, USA) se vzorkovací frekvencí 100Hz. U pacientů byla provedena baterie testů, která zahrnovala tři základní vyšetření: 1. stoj na pevné podložce s otevřenýma a zavřenýma očima, stoj na pěnové podložce s otevřenýma a zavřenýma očima, 2. otočku v prostoru, 3. tandemovou chůzi (chůze pata špička). Pro vyšetření stoje byl použit standardizovaný postup - Clinical Test for Sensory Interaction of Balance (CTSIB), (Shumway et al. 1986). Stabilita stoje je v rámci tohoto testu hodnocena ve čtyřech senzorických podmínkách: stoj na pevné podložce s otevřenýma a zavřenýma očima, stoj na pěnové podložce s otevřenýma a zavřenýma očima. Pacienti byli vyšetřováni bez obuvi, chodidla svírala na podložce úhel 30° ve vzdálenosti 15 cm a paže byly volně podél těla. Během testu pacient opticky fixoval cíl umístěný ve výši očí v konstantní vzdálenosti. Hodnoceny byly následující parametry: rychlost výchylek těžiště při stoji (°/s), rychlost otočky (s), výchylky těžiště při otočce doprava a doleva (°/s), stranová diference (%), rychlost kroku (cm/s) a jeho šířka (cm), výchylky při zastavení (°/s)

3.2.2. Vestibulární vyšetření pacientů po výkonu

U pacientů, kteří byli zařazeni do této části práce, bylo před výkonem provedeno vestibulární vyšetření v plném rozsahu a stejným způsobem jak je popsáno výše. Posturografie byla vyšetřována, kromě předoperačního období, při zahájení rehabilitace (5. pooperační den) a při ukončení rehabilitace, před propuštěním do domácí péče (14. pooperační den). S odstupem šesti měsíců a dále jednoho roku od operace bylo provedeno kontrolní klinické vyšetření. V rámci **posturografického vyšetření** byl pro tuto část práce použity posturografický systém BalanceMaster (NeuroCom Inc., USA) vzorkovací frekvence 100 Hz. Získaná data byla zpracována ze souboru, který byl exportován pomocí softwaru posturografického systému. Data byla načtena jako řetězec znaků a následně převedena do matice. Pro výpočet jednotlivých parametrů byl použit software MATLAB (The MathWorks, Inc., USA). Pro hodnocení posturálních výchylek byly použity následující standardizované parametry CoP (centre of foot pressure): V_{AP}, V_{ML} - Index rychlosti stabilogramu v anterio–posteriorním (AP), medio-laterálním (ML) směru, A_{AP}, A_{ML} amplituda stabilogramu v AP a ML směru, RMS (root mean square) střední kvadratická odchylka stabilogramu, LI (line integral) délka křivky stabilogramu, TA (total area) celková plocha stabilogramu, (Hlavacka et al. 1990; Rocchi et al. 2004; Krafczyk et al. 2006).

Vzorce pro výpočet jednotlivých parametrů CoP:
Index rychlosti stabilogramu v předozadním směru:

$$\bar{\quad} \quad \bar{\quad}$$

Index rychlosti stabilogramu v bočním směru:

$$\bar{\quad} \quad \bar{\quad}$$

Amplituda stabilogramu v předozadním směru:

Amplituda stabilogramu v bočním směru:

Střední kradratická odchylka stabilogramu:

Délka křivky stabilogramu:

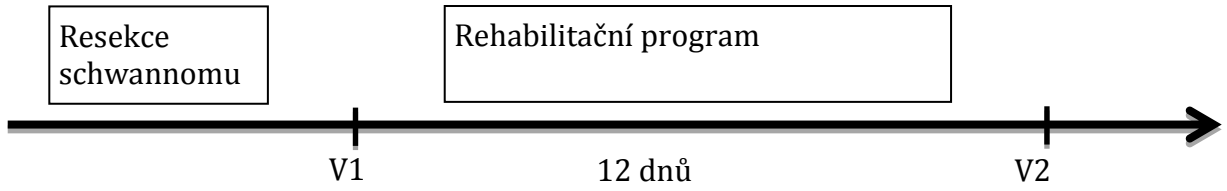
Celková plocha stabilogramu:

kde

Pozn: Vzorce jsou teoretické. V praxi se místo integrálu počítá se sumami, jelikož signál i jeho spektrum je diskrétní.

3.2.3. Rehabilitace pacientů po výkonu

Pacienti byli před operací náhodně rozděleni do dvou skupin (rehabilitace s BZV, rehabilitace bez BZV). Rehabilitační program byl zahájen pátý pooperační den. Pacienti absolvovali 10 rehabilitačních jednotek během dvou týdnů. Délka jednoho cvičení se řídila aktuálním klinickým stavem pacienta (maximální délka 40 minut). V průběhu rehabilitace se nacvičovala posturální stabilita a základní balanční (hlezenní a kyčelní) strategie na posturografické plošině. Během rehabilitace s BZV měli pacienti za úkol přesouvat těžiště (přesněji CoP), které bylo reprezentováno kurzorem na obrazovce v požadovaném směru. V průběhu terapie se postupně zvyšovala náročnost nacvičovaných pozic (zužování opěrné baze, cvičení na pěnové podložce). Obtížnost cvičení byla individuálně přizpůsobena schopnostem a aktuálnímu stavu pacienta. Pacienti v kontrolní skupině absolvovali identický rehabilitační program bez zpětné vazby. Další součástí rehabilitačního cvičení u obou skupin bylo posilování vestibulookulárního reflexu, během kterých se pacient snaží při vertikálních a horizontálních pohybech hlavou fixovat konkrétní bod, který je vzdálen na délku paže. V průběhu terapie byl vždy přítomen fyzioterapeut. (Čakrt et al. 2010). Rychlost kompenzace byla hodnocena pomocí posturografického vyšetření porovnáním parametrů CoP (vestibulospinální reflex) před začátkem rehabilitace a po jejím ukončení (obr. č. 9).



Obr. č. 9.: Časová posloupnost rehabilitace a jednotlivých vyšetření pacientů po resekci vestibulárního schwannomu

3.3. Statistická analýza

Zjištěná data byla statisticky zpracována pomocí programu SPSS Advanced Statistics (IBM, USA). Pro zhodnocení jednotlivých parametrů souboru byly využity následující statistické metody. Pro zjištění souvislosti věku s velikostí tumoru byl použit t-test pro dva nezávislé výběry. Pomocí kontingenční tabulky jsme zjišťovali, zda a případně jak mohou velikost tumoru, lateralita a výsledky elektronystagmografického vyšetření souviset s typem vestibulární patologie. Vzhledem k množství proměnných, které popisují hodnoty jednotlivých vyšetření, jsme se rozhodli pro jejich redukci pomocí faktorové analýzy. Cílem explorativní faktorové analýzy je seskupit měřené proměnné (na základě jejich korelací) tak, aby byly určeny skupiny proměnných, za kterými stojí společný faktor (latentní proměnná). Jako metodu extrakce faktorů jsme použili metodu Varimax.

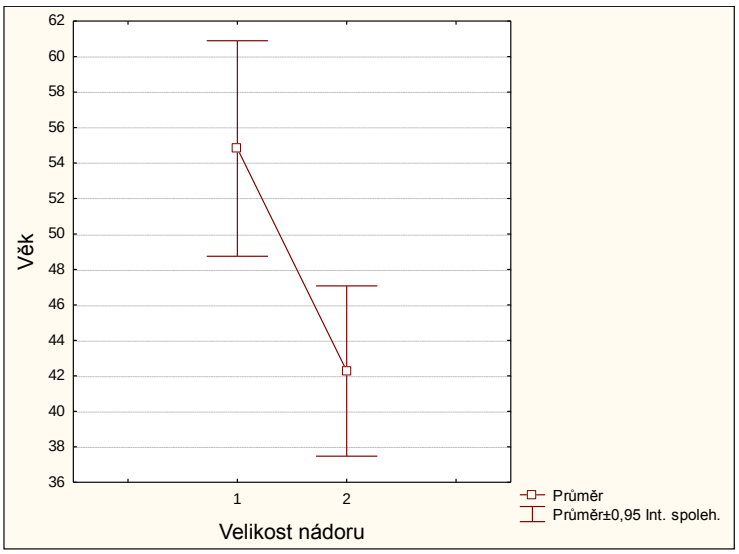
Ve druhé části práce jsme hodnocení efektu rehabilitační terapie (pacienti po resekci VS) použili následující parametry CoP získané při posturografickém vyšetření: index rychlosti stabilogramu v předozadním směru, index rychlosti stabilogramu v bočním směru, amplituda stabilogramu v předozadním směru, amplituda stabilogramu v bočním směru, střední kvadratická odchylka stabilogramu, délka křivky stabilogramu a celková plocha stabilogramu (Hlavacka et al. 1990). Vzhledem k distribuci dat byl pro statistickou analýzu použit neparametrický Wilcoxonův jedno-výběrový test. Hladina statistické významnosti byla stanovena $p \leq 0.05$

4. VÝSLEDKY

4.1. Analýza souboru pacientů před plánovanou resekcí vetsibulárního schwannomu

4.1.1. Souvislost velikosti nádoru s věkem

Pacienti byli rozděleni do dvou skupin podle velikosti nádoru (menší nádory zahrnující první a druhé stádium, větší nádory zahrnující třetí a čtvrté stádium). Porovnali jsme průměrný věk t-testem pro dva nezávislé výběry. Průměrný věk pacientů s menšími nádory (54,8 let) se statisticky významně liší od průměrného věku pacientů s většími nádory (42,3 let). P-hodnota je 0.007. Souvislost stadia s věkem tedy v našem souboru existuje (graf č. 4.)



Graf č. 4.: Souvislost stadia tumoru s věkem

4.1.2. Elektronystagmografické nálezy

Na základě elektronystagmografického vyšetření byla u každého pacienta stanovena syndromologická diagnóza (periferní, centrální, kombinovaná vestibulární léze). U pacienta s prvním stadiem tumoru nebyla přítomna mozečková symptomatika, ale nález nebylo možné vzhledem k četným artefaktům kompletně interpretovat. Vzhledem k tomu, že tato skupina čítá pouze jednoho pacienta s tímto nálezem, byly v rámci této problematiky statisticky analyzovány a porovnány pouze skupiny pacientů s druhým až čtvrtým stadiem onemocnění. Ve druhém stadiu byl jeden pacient bez vestibulární patologie a u osmi pacientů jsme popsali periferní vestibulární lézi. Ve třetím stadiu byli čtyři pacienti bez vestibulární patologie a jeden nález byl zařazen pro četné artefakty do kategorie nehodnotitelné. Ve skupině pacientů se čtvrtým stadiem tumoru byly tři nálezy v normě, u 12 ti pacientů bylo popsáno periferní vestibulární postižení, u čtyř pacientů jsme popsali centrální vestibulární lézi a u osmi kombinované vestibulární postižení.

Souvislost stadia tumoru s typem vestibulární patologie

Pomocí kontingenční tabulky jsme zjišťovali, zda, případně jak může stadium tumoru souviset s typem vestibulární patologie, která byla zachycena při elektronystagmografickém vyšetření. Porovnáváme-li obsazení kategorií stadia tumoru a typu patologie, zjišťujeme, že tyto dvě proměnné nejsou asociovány tak, jak bychom očekávali (vyšší stadium by odpovídalo rozsáhlejšímu vestibulárnímu postižení). Překvapivým nálezem bylo, že čtyři pacienti se třetím stadiem tumoru mají nález v normě (náhodě by odpovídal jediný pacient a pozitivní souvislosti tedy nejvýše jediný pacient). Oproti očekávání se nepotvrdilo, že vyšší stadium tumoru odpovídá rozsáhlejšímu vestibulárnímu postižení (tab. 3. a. 4.).

Stadium * Pathology Crosstabulation

			Pathology					
			0	1	2	3	4	Total
stadium	2	Count	1	8	0	0	0	9
		Expected Count	1.8	4.4	.9	1.8	.2	9.0
		Std. Residual	-.6	1.7	-.9	-1.3	-.5	
	3	Count	4	0	0	0	1	5
		Expected Count	1.0	2.4	.5	1.0	.1	5.0
		Std. Residual	3.1	-1.6	-.7	-1.0	2.5	
	4	Count	3	12	4	8	0	27
		Expected Count	5.3	13.2	2.6	5.3	.7	27.0
		Std. Residual	-1.0	-.3	.8	1.2	-.8	
Total		Count	8	20	4	8	1	41
		Expected Count	8.0	20.0	4.0	8.0	1.0	41.0

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	29.611[a]	8	.000
Likelihood Ratio	28.384	8	.000
Linear-by-Linear Association	3.904	1	.048
N of Valid Cases	41		

a. 12 cells (80.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .12.

Tab3. a 4.: Souvislost stadia tumoru s typem vestibulární patologie

Souvislost laterality a vestibulární patologie

Jak ukazuje vyhodnocení kontingenční tabulky pomocí chí kvadrát testu (tab. 5 a 6.), lateralita nemá v našem souboru na vestibulární abnormitu vliv.

LATERALITY * SUM Crosstabulation

			SUM					
			0	1	2	3	4	Total
LATERALITY	L	Count	5	11	3	4	1	24
		Expected Count	4.7	11.7	2.3	4.7	.6	24.0
		Std. Residual	.1	-.2	.4	-.3	.5	
	R	Count	3	9	1	4	0	17
		Expected Count	3.3	8.3	1.7	3.3	.4	17.0
		Std. Residual	-.2	.2	-.5	.4	-.6	
Total		Count	8	20	4	8	1	41
		Expected Count	8.0	20.0	4.0	8.0	1.0	41.0

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	1.550[a]	4	.818
Likelihood Ratio	1.937	4	.747
N of Valid Cases	41		

a. 8 cells (80.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .41.

Tab.: 5. a 6.: Souvislost laterality a vestibulární patologie

4.1.3. Posturografické nálezy

Vzhledem k množství získaných parametrů jsme se rozhodli pro redukci proměnných metodou faktorové analýzy. Výsledky faktorové analýzy dat jsou shrnuty v tabulce č. 7. Nejzajímavějším zjištěním jsou výsledky posturografického vyšetření. Analýza dat prokázala, že první faktor – nejvýraznější latentní proměnná ve zkoumané diagnóze - je čas otočky vpravo a čas otočky vlevo s faktorovými zátěžemi 0,976, resp. 0,873 (limitní hodnota faktorové zátěže je 1). V prvním faktoru má vysokou zátěž i výchylka těžiště při otočení doprava. Vzhledem k tomu, že zátěž výchylky při otočení doleva je v prvním faktoru málo výrazná, dalším hodnocením výchylky těžiště při otočení jsme se nezabývali.

Vyšetřovaný parametr	Faktor					
	1	2	3	4	5	6
Čas otočky vpravo	0,976	-1,330	-0,069	-0,081	0,021	-0,070
Výchylky při otočení doprava	0,898	0,364	-0,023	-0,022	0,087	0,075
Čas otočky vlevo	0,873	-0,351	-0,138	-0,260	0,094	-0,120
Věk	0,661	0,052	0,043	-0,614	-0,172	-0,149
Výchylky při zastavení	0,595	0,440	0,494	0,075	-0,427	-0,107
Stoj – průměr	-0,065	0,976	0,107	0,103	0,076	-0,088
Stoj na pěnové podložce (zavřené oči)	-0,067	0,964	-0,075	0,052	0,073	-0,198
Maximální rozměr tumoru	-0,537	0,568	0,057	-0,063	-0,146	0,558
Stoj na pěnové podložce (otevřené oči)	0,191	0,286	0,919	-0,126	-0,082	0,121
Rotační testy vpravo	-0,330	-0,117	0,708	0,282	0,338	0,329
Gain horizontální	-0,417	-0,524	0,702	-0,186	-0,035	-0,128
Gain vertikální	-0,275	-0,411	0,647	0,510	-0,270	-0,005
Rotační testy vlevo	-0,054	0,331	-0,103	0,891	-0,267	-0,036
Stoj na pevné podložce (otevřené oči)	-0,390	0,188	0,335	0,734	-0,073	0,107
Šířka kroku	-0,594	0,329	0,086	-0,690	-0,118	-0,012
Výchylky při otočení doleva	0,419	0,076	-0,074	-0,028	0,894	-0,061
Rychlost kroku	-0,440	0,187	-0,003	-0,286	0,806	0,076
Rozdíl výchylek při otočení	-0,170	-0,361	0,020	0,018	-0,114	0,906
Rozdíl časů otočky	0,120	-0,061	0,233	0,074	0,613	0,739
Stoj na pevné podložce (zavřené oči)	0,092	0,510	0,560	0,182	0,247	0,568

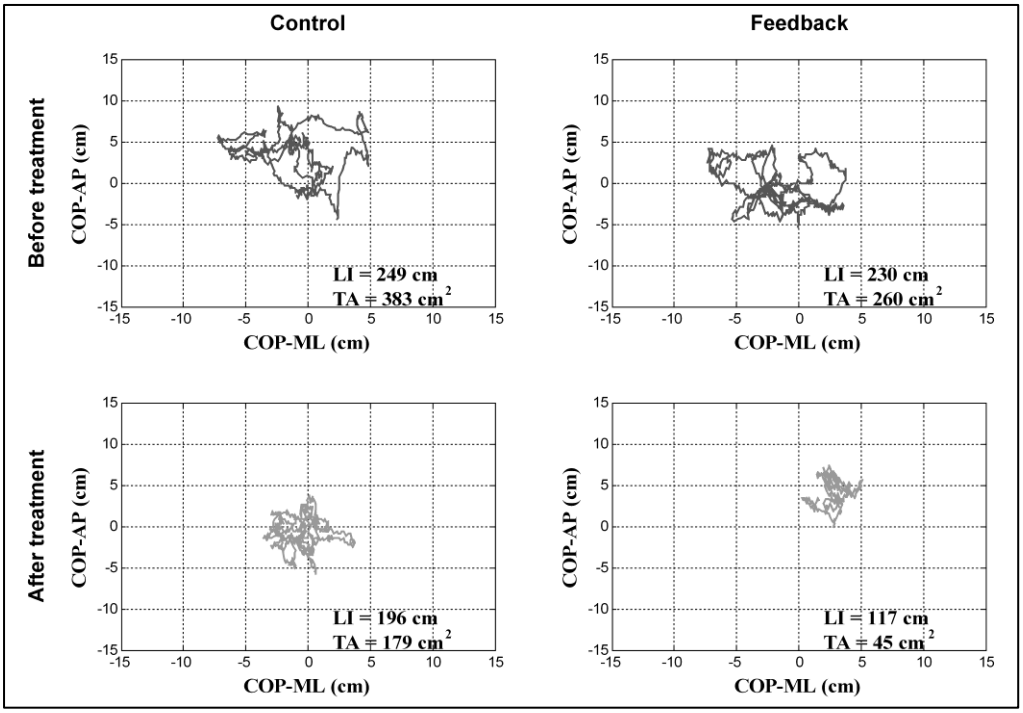
Tab.č. 7: Matice faktorových zátěží získaná rotací Varimax (faktory jsou řazeny dle významnosti do kategorií 1-6, 1. Faktor je nejvýraznější)

4.2. Rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou po výkonu

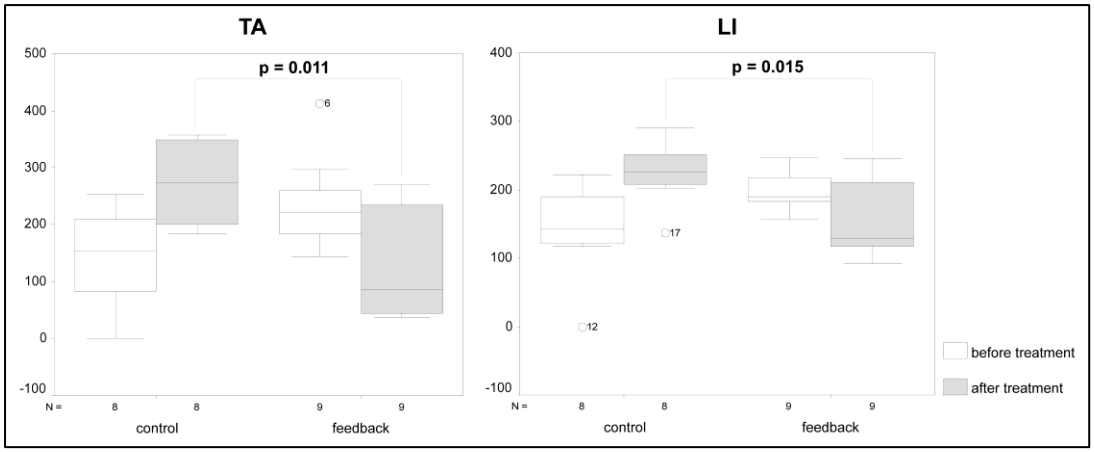
Ve druhé části práce, která se zabývala porovnáním rehabilitace bez a s vizuální zpětnou vazbou u pacientů po resekci vestibulárního schwannomu, jsme statisticky hodnotili šest standardně užívaných parametrů CoP. Obě skupiny pacientů se statisticky nelišily v průměrném věku (BZV: 37 ± 10 roky, kontrolní skupina 44 ± 12 [průměr ± SD]) a velikosti tumoru (BZV: 24 ± 5 mm, kontrolní skupina 27 ± 6 mm [průměr ± SD]). Rozdíl byl v zastoupení pohlaví ve skupinách. Při statistickém porovnání CoP parametrů na začátku rehabilitace se neprokázaly statisticky významné rozdíly. Po ukončení rehabilitace analýza prokázala mezi oběma skupinami statisticky významný rozdíl v následujících parametrech: amplituda stabilogramu v bočním směru, index rychlosti stabilogramu v předozadním směru, délka křivky stabilogramu, střední kvadratická odchylka a plocha stabilogramu. (tab. č. 8., obr. č. 10, 11.)

Parametry CoP	**BZV**	**Kontrolní skupina**	**Hodnoty p**
A_{AP} [cm]	6.2±4.3	8.6 ±6.6	0.277
A_{ML} [cm]	6.2±4.5	11.9±4.7	0.021
V_{AP} [cm.s-1]	13.3±4.2	19.2±4.1	0.008
V_{ML}[cm.s-1]	5.7±2.8	8.3±1.4	0.059
LI [cm]	154.3±56.8	224.9±44.9	0.015
TA [cm2]	133.3±94.7	273.4±73.2	0.011
RMS [cm]	2.6±1.1	4.1±0.75	0.027

Tab. č. 8: Porovnání parametrů CoP po ukončení rehabilitace u pacientů rehabilitovaných s BZV a kontrolní skupiny. Data jsou uvedena jako průměr ± SD. A = amplituda, V = rychlost, LI = délka křivky, TA = plocha stabilogramu, RMS = střední kvadratická odchylka stabilogramu.



Obr.č. 10.: Záznam trajektorie CoP u pacienta, který rehabilitoval bez BZV (Control) a s BZV.



Obr. č. 11.: Porovnání parametrů TA=plochy stabilogramu a LI=délky křivky před a po rehabilitaci.

Výsledky ukazují, že rehabilitace doplněná o vizuální BZV u pacientů v časném stádiu po resekci vestibulárního schwannomu urychluje kompenzaci vestibulární léze. Kontrolní orientační klinické vyšetření pacientů s odstupem šesti měsíců a poté jednoho roku od operace ukázalo, že pacienti nemají zásadní omezení ve většině aktivit prováděných během všedního dne. Všichni pacienti se vrátili k pracovním a volnočasovým aktivitám, které prováděli v období před výkonem.

5. DISKUZE:

Průměrný věk pacientů v našem souboru je 45,4 let, což je v souladu s daty udávanými v literatuře (Wagnet et al 2011, Day et al. 2008, Shiffman et al. 1973). Pro vyšší statistickou významnost jsme rozdělili soubor na pacienty s menším a větším tumorem. Prokázali jsme statisticky významný rozdíl mezi průměrným věkem skupiny s menším tumorem (54,8 let) a větším tumorem (42,3 let). Tento fakt je v souladu s prameny, které udávají vyšší incidenci velkých tumorů, které jsou spojeny s poměrně časnou manifestací klinických příznaků a rychlým růstem tumoru u mladší populace (Matthies et al. 1997). Vyšší výskyt drobných a intrameatálně rostoucích tumorů je popisován spíše u starší populace (Stagenstrup et al. 2004). Jako další možné vysvětlení přichází v úvahu kompenzační mechanismy, které mohou být věkem alterovány. Z tohoto důvodu může dojít u starších pacientů k časnější manifestaci symptomů, které je přivedou k lékaři.

U pacientů s VS je standardně před plánovaným chirurgickým výkonem prováděná baterie vyšetření a testů, která zahrnuje zobrazovací metody, neurologické vyšetření, vyšetření funkce lícního nervu, otorinolaryngologické vyšetření, audiometrické vyšetření včetně nadprahových testů a klinické vestibulární vyšetření doplněné o elektronystagmografii. V literatuře bývá uváděna souvislost elektronystagmografických nálezů se stádiem tumoru (Wagner et al 2011, Day et al. 2008). V hodnoceném souboru se jasná korelace neprokázala. Tato skutečnost může být způsobena tím, že hodnocený soubor obsahoval pouze vybrané pacienty, kteří byli indikováni k chirurgickému řešení. V tomto případě mohou být výsledky modifikovány cílovou skupinou pacientů, která nereprezentuje průměrný soubor tumorů se standardním rozložením charakteristik. U pacientů s touto diagnózou nebývá posturografické vyšetření standardně zařazováno do diagnostického schématu. Zajímalo nás, jaké parametry vyšetření jsou nejtypičtěji s postižením asociovány. Zajímavým nálezem, je zjištění, že se jedná o čas otočky doleva a doprava (faktorové zátěže 0,976, resp. 0,873). V doposud publikované literatuře jsou práce zabývající se u pacientů s VS dynamickou

posturografií (Borgman et al. 2011, Gouvernis et al. 2007). Nenašli jsme ale žádné odkazy na práce, které by řešily přímo problematiku vyšetření parametru času otočky. Otočka představuje komplexní pohybový děj, který zahrnuje změnu polohy hlavy v prostoru, při které dochází ke stimulaci převážně laterálních polokruhových kanálků. Tím se tento test liší od dynamické posturografie, kde je pohyb pouze translační nebo nedochází k stimulaci vestibulárních senzorů vůbec. Při horizontálním pohybu hlavou dochází u pacientů s vestibulární abnormitou k posturální nestabilitě. Vzhledem k výsledkům práce, se nabízí toto vyšetření jako možný jednoduchý klinický test, který by mohl zvýšit citlivost diagnostiky poruchy vestibulospinálního reflexu u pacientů s vestibulární lézí, zejména vyvolanou pomalu se rozvíjející patologií (tumorem). Čas otočky doprava a doleva může být vyšetřen i bez kompletního stabilometrického vyšetření. Pečlivě provedené klinické vyšetření chůze rozšířené o vyšetření otoček a měření jejich času by mohlo významným způsobem zpřesnit diagnostiku vestibulárních lézí. V rámci prospektivní studie plánujeme ověřit využití zjištěných závěrů při klinickém vyšetření vestibulospinálního reflexu.

U pacientů po resekci VS je velice často v časném pooperačním období dominantní obtíží porucha stability. Ve většině případů dochází postupem času k její úpravě. U některých pacientů však může posturální instabilita přetrvávat i několik let a tento stav výrazně ovlivňuje kvalitu jejich života (Levo H. et al. 2004). Ve druhé části práce, která se zabývala hodnocením efektu rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou u pacientů po resekci vestibulárního schwannomu jsme hodnotili, zda bude mít vliv doplnění rehabilitace o vizuální zpětnovazebné informace o pohybu a poloze těla pacienta na rychlost kompenzace. Dle literatury byl pozitivní vliv cílené rehabilitace na kompenzaci v minulosti potvrzen studiemi na zvířecím i lidském modelu (Igarashi M. et al. 1981; Strupp M. et al. 1998). U pacientů s periferní vestibulárním postižením je vestibulární rehabilitace doporučována zejména v akutní fázi, kdy podporuje vestibulární kompenzaci (Whitney et al. 2011). Rehabilitace doplněná o vizuální BZV umožňuje kontrolu posturálních výchylek během stoje a jejich redukci (Horak F. B. 2010).

Statistická analýza získaných dat potvrdila, že pacienti rehabilitovaní s BZV vykazují po terapii v časném pooperačním období lepší výsledky v hodnocených parametrech CoP při stoji oproti skupině pacientů, kde nebyla BZV využita. Statisticky významný rozdíl byl prokázán v následujících parametrech: amplituda stabilogramu v bočním směru, index rychlosti stabilogramu v předozadním směru, délka křivky stabilogramu, střední kvadratická odchylka a ploch stabilogramu. Při hodnocení stejných parametrů na začátku rehabilitační intervence se výsledky mezi jednotlivými skupinami nelišily. U pacientů s unilaterálním vestibulárním postižením můžeme tento efekt přisuzovat také tzv. centrální vestibulární kompenzaci, kterou specifická rehabilitace výrazně ovlivňuje (Igarashi M. et al. 1981; Fetter M. et al. 1988). Centrální vestibulární kompenzace je proces, při kterém je modulována neuronální aktivita v oblasti vestibulárních jader a mozečku (Curthoys I. S. a Halmagyi G. M. 1992; Brandt T. et al. 1997). Zlepšení posturální kontroly po tréninku s BZV může být výsledkem „uzavření abnormálně otevřeného okruhu“ senzomotorického systému. Při absenci některého ze senzorických vstupů dochází k nestabilitě, výsledkem které je rozpojení (otevření) okruhu. Informace ze systému BZV je využita centrálním nervovým systémem pro multisenzorickou integraci a dochází k jeho opětovnému „uzavření“ (Tyler M. et al. 2003). Limitující byl malý počet pacientů, který byl ovlivněn celou řadů faktorů. Do této skupiny nemohli být zařazeni pacienti s přidruženými chorobami, které postihují zrak nebo například somatosenzorický systém. Byli vyloučeni pacienti s patrnou vestibulární lézí, která byla přítomna již před výkonem. Dále byli ze souboru vyřazeni pacienti, u kterých nemohla být rehabilitace vzhledem k pooperačnímu průběhu zahájena pátý pooperační den a pacienti, u kterých došlo během rehabilitačního programu k rozvoji sekundárních chirurgických komplikací. Výsledky klinických pozorování dále ukazují, že existují faktory, které mají na úpravu vestibulárních funkcí výrazný vliv. Mezi tyto faktory patří věk pacienta, přítomnost centrální vestibulární symptomatiky a velikost tumoru. Výsledky této části práce jsou v souladu s empiricky ověřenou účinností včasného zahájení rehabilitace u pacientů po resekci vestibulárního schwannomu. V literatuře nejsou odkazy na práce, které by se zabývaly problematikou, zda vizuální BZV může urychlit kompenzaci u

pacientů po resekci vestibulárního schwannomu. Novým zjištěním je, že rehabilitace s vizuální zpětnou vazbou urychluje vestibulospinální kompenzaci a u pacientů po resekci VS, kteří rehabilitují s vizuální zpětnou vazbou, dochází k rychlejší úpravě poruchy stability.

6. ZÁVĚRY:

Souhrnně lze říci, že stanovené hypotézy byly ověřeny.

Analýzou výsledků provedených vestibulárních vyšetření u souboru pacientů s VS jsme prokázali, že nejtypičtěji je s postižením asociován čas otočky, který je hodnocen při posturografii. Tento dynamický parametr poruchy vestibulospinálního reflexu by měl být standardní součástí vestibulárního vyšetření.

Prováděné vestibulární vyšetření včetně elektronystagmografie a posturografie hodnotí funkční stav vestibulárního aparátu a upřesňují klinický rozsah postižení. Spolu s vyšetřením sluchu, elekromyografií lícního nervu a neurologickým vyšetřením umožňují zhodnotit funkční stav anatomických struktur, které mohou být postiženy VS. Znalost těchto nálezů je důležitá nejen pro stanovení diagnózy, ale i pro individualizaci strategie pooperační péče, zejména rehabilitace. Pečlivě provedené klinické vyšetření chůze rozšířené o vyšetření otoček a měření jejich času by mohlo významným způsobem zpřesnit diagnostiku vestibulárních lézí. V rámci prospektivní studie plánujeme ověřit využití zjištěných závěrů při klinickém vyšetření vestibulospinálního reflexu.

U pacientů po resekci vestibulárního schwannomu má cílená rehabilitace s BZV vliv na rychlost kompenzace vestibulospinálního reflexu. U pacientů, kteří rehabilitují v časném pooperačním období s vizuální BZV dochází k rychlejší úpravě stability stoje než u ostatních pacientů, kteří rehabilitují bez BZV.

7. LITERATURA:

1. Ambler Z, Jeřábek J: Diferenciální diagnóza závratí, Triton, Praha 2008.
2. Anderson TD, Loevner LA, Bigelow DC, Mirza N. Prevalence of unsuspected acoustic neuroma found by magnetic resonance imaging. Otolaryngol Head Neck Surg 2000; 122 (5): 643-6.
3. Bach-y-Rita P. Tactile sensory substitution studies. Ann N Y Acad Sci 2004; 1013: 83-91.
4. Bach-y-Rita P. Sensory substitution and the human-machine interface. Trends Cogn Sci 2003; 7 (12): 541-6.
5. Baloh RW, Kerber KA: Clinical neurohysiology of the vestibular system, 166-167s. Oxford University Press, New York 2011.
6. Barclay-Goddard R, Stevenson T, Poluha W, Moffatt ME, Taback SP. Force platform feedback for standing balance training after stroke. Cochrane Database Syst Rev 2004; (4): CD004129.
7. Barros CG, Bittar RS, Danilov Y. Effects of electrotactile vestibular substitution on rehabilitation of patients with bilateral vestibular loss. Neurosci Lett 2010; 476 (3): 123-6.
8. Betka J, Zvěřina E, Lisý J, Chovanec M, Kluh J, Kraus J. Vestibulární schwannom. Otorhinolaryng. a Foniat. 2008; 57 (4): 221-225.
9. Beynon G, Jani P, Baguley DM. A clinical evaluation of head impulse testing. Clin. Otolaryngol 1998; 23: 117-122.
10. Black RA, Halmagyi GM, Thurtell MJ. The active head impulse test in Unilateral Peripheral vestibulopathy. Arch Neurol 2005; 62: 290-293.
11. Borgmann H, Lenarz T, Lenarz M. Preoperative prediction of vestibular´schwannoma's nerve of origin with posturography and electronystagmography. ActaOtolaryngol 2011; 131(5):498-503.

12. Brandt T, Strupp M, Arbusow V, Dieringer N. Plasticity of the vestibular system: central compensation and sensory substitution for vestibular deficits. Adv Neurol 1997; 73: 297-309.

13. Brandt T. Management of vestibular disorders. J. Neurol 2000; 247: 491-499.

14. Brandt T, Dieterich M, Strupp M: Vertigo and diziness, Common complaints, Springer, London 2005.

15. Bronstein AM: Vertigo and Imbalance, Oxford University press, Oxford 2013

16. Brown KE, Whitney SL, Marchetti GF, Wrisley DM, Furman JM. Physical therapy for central vestibular dysfunction. Arch Phys Med Rehabil 2006; 87 (1): 76-81.

17. Čakrt O., Funda T., Černý R., Kolář P., Mužík J., Jeřábek J., Diagnosticky specifické nálezy při posturofrafickém vyšetření- dvě kazuistiky. Ces Slov Neurol N 2012; 75/108(1):88-9.

18. Čakrt O, Chovanec M,. Funda T, Kalitová P, Betka J, Zvěřina E, Kolář P, Jeřábek J. Exercise with visual feedback improves postural stability after vestibular schwannoma surgery. Eur Arch Otorhinolaryngol 2010; 267 (9): 1355-60.

19. Curthoys IS, Halmagyi GM. Behavioural and neural correlates of vestibular compensation. Baillieres Clin Neurol 1992; 1 (2): 345-72.

20. Danilov YP, Tyler ME., Skinner KL, Hogle RA, Bach-y-Rita P. Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with peripheral and central vestibular loss. J Vestib Res 2007;17(2-3): 119-30.

21. Day AS, Wang CT, Chen CN, Young YH. Correlating the cochleovestibular deficits with tumor size of acoustic neuroma. Acta Otolaryngol 2008; 128 (7):756-60.

22. Doyle KJ. Is there still role in auditory brain stem response audiometry in the diagnosis of acoustic neuroma? Arch otolaryngol head Neck Surg 1999; 125 (2): 232-4.

23. Eggers SD, Zee DS, Evaluating the Dizzy Patient: Bedside Examination and Laboratory Assessment of the Vestibular Systém. Seminars in neurology. 2003; 23: 47-57.

24. Evans DGR, Lye R, Neary W, Black G, Strachan T, Wallace A, Ramsden RT. Probability of bilatreal disease in people presenting with a unilateral vestibular schwannoma. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1999; 66:764-7.

25. Fetter M, Zee DS, Proctor LR. Effect of lack of vision and of occipital lobectomy upon recovery from unilateral labyrinthectomy in rhesus monkey. J Neurophysiol 1988; 59(2): 394-407.

26. Fortnum H., O'Neill C., Taylor R, Lenthall R, Nikolopoulos T, Lightfoot G, O'Donoghue G, Mason S, Baguley D, Jones H, Mulvaney C. The role of magnetic resonance imaging in the identification of suspected acoustic neuroma: a systematic review of clinical and cost effectiveness and natural history. Health Technol Assess 2009; 13 (18): 1-154.

27. Furman JM, Baloh RW, Barin K, Hain TC, Herdman S, Horst RK. Assessment: posturography. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcomittee of the American Academy of Neurology. Neurology 1993; 43(6):1262-1264.

28. Gouveris H, Helling K, Victor A, Mann W. Comparison of electronystagmography results with dynamic posturography findings in patients with vestibular schwannoma. Acta Otolaryngol 2007; 127 (8):839-42.

29. Hayhurst C, Dhir J, DiasPS. Stereotactic radiosurgery and vestibular schwannoma: Hydrocefalus associated with the development of asecondary arachnoid cyst: A report of two cases and rewiew of literature. Br J Neurosurg 2005; 19: 178-181.

30. Hempel JM, Hempel E, Wowra B, Schichor Ch, Muacevic A, Riederer A. Functional outcome after gamma knife treatment in vestibular schwannoma. Eur Arch Otorhinolaryngol 2006; 263 (8): 714-8.

31. Herdman SJ: Vestibular rehabilitation. Contemporary Perspectives In Rehabilitation, F. A. Davis Company, Philadelphia 2007.

32. Hlavacka F, Kundrát J, křížkováM, Bačová E. Physiologic range of stabilometry values obtained in the upright posture using a computer. Ceska a Slovenska Neurologie a Neurochirurgie 1990; 53(2): 107-13.

33. Horak FB. Postural compensation for vestibular loss and implications for rehabilitation. Restor Neurol Neurosci 2010; 28 (1): 57-68.

34. Charabi S, Thomsen J, Tos M, Mantoni M, Charabi B, Juhler M, Børgesen SE. Management of intrameatal vestibular schwannoma. Acta Otolaryngol 1999; 119 (7): 796-800.

35. Igarashi M, Levy JK. Further study of physical exercise and locomotor balance compensation after unilateral labyrinthectomy in squirrel monkeys. Acta Otolaryngol 1981; 92 (1-2): 101-5.

36. Johnson EW, Auditory test results in 500 cases of acoustic neuroma. Arch Otolaryngol 1977; 103: 152-8.

37. Levo H., Blomstedt G. Postural stability after vestibular schwannoma surgery. Ann Otol Rhinol Laryngol 2004; 113 (12): 994-9.

38. Komatsuzaki A. Nerve origin of the acoustic neuroma. J Laryngol. Otol. 115, 2001: 362-368.

39. Krafczyk S, Tietze S, Swoboda W, Valkovic P, Brandt T. Artificial neural network: a new diagnostic posturographic tool for disorders of stance. Clin Neurophysiol 2006; 117 (8): 1692-8.

40. Lanser MJ, Sussman SA, Frazer K. Epidemiology, pathogenesis and genetics of acoustic tumors. Otolaryngol Clin North Am 1992; 25: 499-520.

41. Mack A, Wolf R, Weltz D., Mack G, Jess A, Heck B, Czempiel H, Kreiner HJ, Wowra B, Bottcher H, Seiffert V. Experimentally determined free-dimensional dose distributions in small comlex targets. J Neurosurg 2002; 97: 551-555.

42. Matthies C, Samii M. Management of 1000 vestibular schwannomas (acoustic neuromas): clinical presentation. Neurosurgery 1997; 40 (1):1-9.

43. Molčan M: Vertigo základy diagnostiky a liečby, Elfa, Košice 2002.

44. Nager GT, Acoustis neurnomas. Acta Otolaryngol 1985; 99: 245-61.

45. Novák A: Audiologie. s173-173, Unitisk, Praha 2003

46. Parving A, Tos M, Thomsen J, Moller H, Buchwald C. Some aspects of life quality after Sumery of acoustic neuroma. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1992; 118: 1061-4.

47. Polat S, Uneri A. Vestibular substitution: comparative study. J Laryngol Otol 2010; 124 (8): 852-8.

48. Propp JM, McCarthy BJ, Davis FG, Preston-Martin S. Descriptive epidemiology of vestibular schwannomas. Neuro Oncol 2006; 8 (1): 1-11.

49. Ramsden RT. The bloody angle: 100 years of acoustic neuroma Sumery. J Royal Soc Med 1995; 88: 64-68.

50. Rocchi L, Chiari L, Cappello A. Feature selection of stabilometric parameters based on principal component analysis. Med Biol Eng Comput 2004; 42 (1): 71-9.

51. Rosenberg SI. Natural history of acoustic neuromas. Laryngoscope 2000;110:497-508.

52. Selesnick SH, Jackler RK, Pitts LW. The changing clinical presentation of acoustic tumors in the MRI era. Laryngoscope 1993;103 (4): 431-6.

53. Selesnick SH, Deora M, Drotman MB, Heier LA. Incidental discovery of acoustic neuromas. Otolaryngol Head Neck Surg 1999; 120 (6): 815-8.

54. Selesnick SH, Jackler RK. Clinical manifestion s and audiologic diagnosis of acoustic neuromas, Otolaryngol Clin N Am 1992; 25: 521-51.

55. Shepard NT, Telian SA. Programmatic vestibular rehabilitation. Otolaryngol Head Neck Surg. 1995 Jan;112(1):173-82.

56. Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. Phys Ther 1986; 66 (10): 1548-50.

57. Shiffman F, Dancer J, Rothballer AB, Berett A, Baum S. The diagnosis and evaluation of acoustic neuromas. Otolaryngol Clin North Am 1973; 6: 189-228.

58. Stangerup SE, Tos M, Caye-Thomasen P, Tos T, Klokker M, Thomsen J. Increasing annual incidence of vestibular schwannoma and age at diagnosis. J Laryngol Otol 2004; 118(8):622-7.

59. Strupp M, Arbusow V, Maag KP, Gall C, Brandt T. Vestibular exercises improve central vestibulospinal compensation after vestibular neuritis. Neurology 1998; 51 (3): 838-44.

60. Thomsen J, Tos M. Acoustic neuroma: clinical aspects, audiovestibular assessment, diagnosisi delay and growth rate. Am J Otol 1990; 11:12-9.

61. Tos M, Charabi S, Thomsen J. Incidence of vestibular schwannomas. Laryngoscope 1999; 109:736-40.

62. Tos M, Charabi S., Thomsen J. Clinical experience with vestibular schwannomas: epidemiology, symptomatology diagnosis and surgical results. Eurch Arch Otorhinolaryngol 1998; 255:1-6.

63. Tyler M, Danilov Y, Bach-Y-Rita P. Closing an open-loop control system: vestibular substitution through the tongue. J Integr Neurosci 2003; 2 (2): 159-64.

64. Van Peppen RP, Kortsmit M, Lindeman E, Kwakkel G. Effects of visual feedback therapy on postural control in bilateral standing after stroke: a systematic review. J Rehabil Med 2006; 38 (1): 3-9.

65. Visser JE, Carpenter MG, Van de Kooij H, Bloem BR. The clinical utility of posturography. Clin Neurophysiol 2008; 119 (11): 2424-36.

66. Vrabec P, Lischkeová B, Světlík M, Skřivan J: Rovnovážný systém I., Triton, Praha 2002.

67. Wackym PA. Stereotactic radiosurgery, microsurgery and expectant management of acoustic neuroma: basis for informed consent. Otolaryngol Clin North Am. 2005; 38 (4):653-70.

68. Wagner JN, Glaser M, Wowra B, Muacevic A, Goldbrunner R, Cnyrim C, Tonn JC, Strupp M. Vestibular function and quality of life in vestibular schwannoma: does size matter? Front Neurol 2011; 2: 55.

69. Welgampola MS. Evoked potential testing in neurootology. Curr Opin Neurol 2008; 21: 29–35.

70. Whitney SL, Sparto PJ. Principles of vestibular physical therapy rehabilitation. NeuroRehabilitation 2011; 29 (2): 157-66.

71. Whitney SL, Rossi MM. Efficacy of vestibular rehabilitation. Otolaryngol Clin North Am. 2000; 33 (3): 659-72.

72. Zijlstra A, Mancini M, Chiari L, Zjilstra W. Biofeedback for training balance and mobility tasks in older populations: a systematic review. J Neuroeng Rehabil 2010; 7: 58.

73. Zvěřina E. Neurinom akustiku – vestibulární schwanom – osobní pohled na nejmodernější postupy v jeho léčbě. Čas Lék Čes 2010; 149:269-276.

8. PŘÍLOHY:

8.1 Publikace in extenso, které jsou podkladem disertační práce:

1. Kalitová P, Čakrt O, Čada Z, Profant O, Chovanec M, Betka J, Jeřábek J**. Význam vestibulárního a posturografického vyšetření u pacientů s vestibulárním schwannomem.** Ces Slov Neurol N **(IF: 0,279) -** přijato do tisku, potvrzující dopis viz níže.

2. Čakrt O, Chovanec M, Funda T, Kalitová P, Betka J, Zvěřina E, Kolář P, Jeřábek J. **Exercise with visual feedback improves postural stability after vestibular schwannoma surgery**. Eur Arch Otorhinolaryngol 2010; 267 (9): 1355-60**. (IF: 1,287)**

Vážená paní,
Kalitová Petra, MUDr.

Naše zn.: 035/13

Brno 15.03.2013

Vážená kolegyně,

s potěšením Vám mohu oznámit, že Váš rukopis Význam vestibulárního a posturografického vyšetření u pacientů s vestibulárním schwannomem byl přijat k publikaci v časopise Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie.

S pozdravem

Prof. MUDr. Josef Bednařík, CSc.,
vedoucí redaktor časopisu
Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie

Redakce ČaSNN mailto:csnn@fnbrno.cz tel. 420 532 232 354
fax: 420 532 232 249 tel. 420 532 232 502

Význam vestibulárního a posturografického vyšetření u pacientů s vestibulárním schwannomem

P. Kalitová[1, 2], O. Čakrt[3], Z. Čada[1, 5], O.Profant[1], M. Chovanec[1, 5], J. Betka[1], J. Jeřábek[4]

[1.] Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta a Fakultní nemocnice v Motole, Klinika otorhinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku.

[2.] Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Fyziologický ústav.

[3.] Univerzita Karlova v Praze, 2. lékařská fakulta a Fakultní nemocnice v Motole, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství.

[4] Univerzita Karlova v Praze, 2. lékařská fakulta a Fakultní nemocnice v Motole, Neurologická klinika.

[5] Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Anatomický ústav.

Adresa ke korespondenci:
MUDr. Petra Kalitová
Klinika otorhinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku, 1. LF UK a FN v Motole
V Úvalu 84, Praha 5 150 06
e-mail: petra.kalitova@f1.cuni.cz

Práce vznikla s podporou projektů UNCE 204013 a IGA MZČR NT/12459-5.
Děkujeme RNDr. Pavle Polechové za pomoc při statistickém zpracování dat.

Souhrn:

Cíl: Záměrem naší práce bylo zhodnocení vestibulárních a stabilometrických nálezů u skupiny pacientů, kteří byli indikováni k chirurgické léčbě vestibulárního schwannomu. Soustředili jsme se především na zhodnocení přínosu posturografického vyšetření u pacientů s touto diagnózou.

Soubor a metodika: Soubor obsahuje 44 pacientů (19 žen a 25 mužů), kteří podstoupili v letech 2007-2010 chirurgické odstranění vestibulárního schwannomu na Klinice otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku 1. LF UK a FN v Motole. Vzhledem k tomu, že se jednalo o pacienty indikované k chirurgické léčbě, soubor obsahuje velký počet pacientů se čtvrtým stadiem onemocnění (27). U pacientů bylo předoperačně provedeno základní klinické vestibulární vyšetření, elektronystagmografie a posturografie. Pro zhodnocení jednotlivých parametrů souboru byl použit t-test pro dva nezávislé výběry a kontingenční tabulka. Velké množství proměnných bylo redukováno pomocí faktorové analýzy.

Výsledky: Z výsledků vyplývá, že parametrem, který je pro vestibulární postižení nejtypičtější, je čas otočky, který byl vyšetřován v rámci posturografie. Dále jsme prokázali, že u mladších pacientů se vyskytuje vyšší stadium tumoru.

Závěr: Naše práce potvrdila význam posturografického vyšetření pro správné hodnocení vestibulární patologie u pacientů s vestibulárním schwannomem. Posturografie by měla doplňovat elektronystagmografii jako součást diagnostického algoritmu

Klíčová slova: vestibulární schwannom, elektronystagmografie, posturografie, posturální stabilita.

Abstract:

Aim: The aim of our study was to evaluate vestibular and posturographic findings in patients with vestibular schwannomma before surgical removal. We aimed especially on evaluation of posturography.

Materials and methods: The group consisted of 44 patients (19 women, 25 men), who underwent surgical removal of vestibular schwannoma at the Department of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery, Faculty Hospital Motol, 1st Faculty of Medicine, Charles University, Prague between 2007-2010. Due to the fact, that all patients were indicated for surgical treatment modality, there was a greater number of patients (27) with a large-sized tumor. Before surgery each patient underwent clinical vestibular examination, electronystagmographic recordings and posturography. For evaluation was used independent samples T-test and crosstabulation. A great number of variables was reduced by factor analysis.

Results: Statistical analysis revealed, that the most typical parameter for vestibular pathology, is the time of the step quick turn test, which is a part of posturography. Furthermore we proved the presence of larger tumours in younger patients.

Conslusion: Our study proved importance of posturography for propper diagnostics of vestibular pathology in patients with vestibular schwannoma. Posturography should be added to electronystagmography as a standard dignostic tool.

Key words: vestibular schwanoma, electronystagmography, posturography, postural stability.

Úvod

Vestibulární schwannom (VS) je intrakraniální extraxiální benigní nádor, který vyrůstá v zadní jámě lební ze schwannových buněk VIII. hlavového nervu. Nádor postihuje nerv v místě vnitřního zvukovodu a mostomozečkového koutu. Místem vzniku nádoru bývá označována Obersteinova – Riedlichova zóna, kde dochází k přechodu centrálního a periferního myelinu. Nádor postihuje vestibulární větve nervu [1,2]. Tento typ tumoru tvoří 8-10% intrakraniálních nádorů. Nejčastěji se onemocnění, dle literatury, manifestuje v průběhu čtvrté až páté dekády. Incidence je udávána 0,7 - 1,0/100000 obyvatel/ rok [1]. Rozsah postižení je možné kvantifikovat pomocí magnetické rezonance volumometricky nebo měřením rozsahu tumoru ve třech rovinách. V klinické praxi je často užívána klasifikace VS vycházející z Koosova dělení. Dle velikosti a šíření VS je možné tento typ tumoru klasifikovat na čtyři stádia (tab.1.) [2].

Stupeň vestibulárního schwannomu	***Popis***
I.	*intrameatální, intrakanalikulární šíření*
II.	*šíření do mostomozečkového koutu*
III.	*vyplňuje mostomozečkový kout*
IVa.	*chová se expanzivně, tlačí na kmen, mozeček, tentorium i na postranní smíšený systém*
IVb.	*chová se expanzivně a působí syndrom nitrolební hypertenze s městnáním na očním pozadí*

Tab. 1.: *Klasifikace velikosti vestibulárního schwannomu dle Koose*

Dále je možné dělit VS dle rychlosti růstu do tří skupin. První skupina zahrnuje nádory, které nerostou nebo rostou velmi pomalu. Do druhé skupiny jsou řazeny tumory, které rostou pomalu (0,2 cm/rok) a do třetí skupiny jsou řazeny tumory, které rostou rychle (více než 1 cm/ rok). V praxi je velice obtížné predikovat chování tumoru. Dle literatury má přibližně 10% VS tendenci k rychlému růstu [3].

Dalším, velice důležitým aspektem této problematiky je symptomatologie, která pacienta často přivede k prvnímu vyšetření. Příznaky vznikají útlakem sousedících mozkových nervů, struktur mozečku a mozkového kmene, ovlivněním cévního zásobení nebo porušením cirkulace mozkomíšního moku. Nejčastěji se u

pacientů vyskytuje jednostranná nedoslýchavost. U 50-70% pacientů s VS bývá přítomna porucha sluchu doprovázená tinnitem. U 10% bývá přítomen pouze tinnitus bez poruchy sluchu. Přibližně 50% pacientů udává obtíže ve smyslu vertiga. Vertigo se zpravidla objevuje na počátku onemocnění, poté má tendenci k ústupu a je nahrazeno spíše pocity nestability. Obtíže bývají ve většině případů mírného charakteru. V průběhu onemocnění dochází ke kompenzaci vestibulární léze a minimalizaci subjektivních obtíží. V pokročilém stadiu onemocnění se mohou objevit závažnější vestibulární obtíže, které pacienty značně omezují a mají tendenci k setrvalému charakteru [4]. 50-60% pacientů udává cefaleu. Mezi další symptomy patří porucha inervace v oblasti V. hlavového nervu. Toto postižení se vyskytuje až u 25 % pacientů. Prvním projevem této patologie bývá vymizení korneálního reflexu. U 10 % pacientů je popisováno postižení VII. hlavového nervu. Objemné tumory mohou působit kompresivně na mozeček, což může mít za následek ataxii, nestabilitu a neschopnost koordinace pohybů. Velmi vzácně dochází k postižení IX. - X. hlavového nervu a ke kmenové lézi. V poslední řadě je třeba zmínit skupinu pacientů, u kterých je VS asymptomatický a bývá náhodným nálezem při vyšetření magnetickou rezonancí [5, 6].

Základem stanovení správné diagnózy je provedení magnetické rezonance se zaměřením na mostomozečkový kout a vnitřní zvukovod. Důležitou součástí je neurologické vyšetření zaměřené na funkci vestibulárního aparátu, na posouzení přítomnosti mozečkových příznaků a příznaků postižení hlavových nervů. Dále je prováděno klinické ORL vyšetření, včetně subjektivní audiometrie a vyšetření kmenových evokovaných potenciálů (BERA -Brainstem Evoked Responses Audiometry), které slouží k verifikaci suprakochleární léze.V rámci vyšetření vestibulární patologie u pacientů s VS jsou prováděny speciální elektrofyziologické testy. Mezi běžně používané testy patří elektronystagmografie . Elektronystagmografie je metoda používaná k hodnocení vestibulo-okulárního reflexu a okulomotoriky. K registraci pohybu oka využívá záznam pohybu elektrického dipólu očního bulbu, s elektropozitivní korneou a elektronegativní retinou mezi elektrodami [7]. Nověji se používá registrace pohybu oka pomocí videonystagmografie. Další metodou z této skupiny testů, která nebývá standardně součástí diagnostického algoritmu u pacientů s VS, je posturografie. Posturografie hodnotí vestibulospinální reflexní okruh a v klinické praxi je využívána pro objektivizaci poruchy stability. Přestože se jedná o metodu senzitivní k poruchám

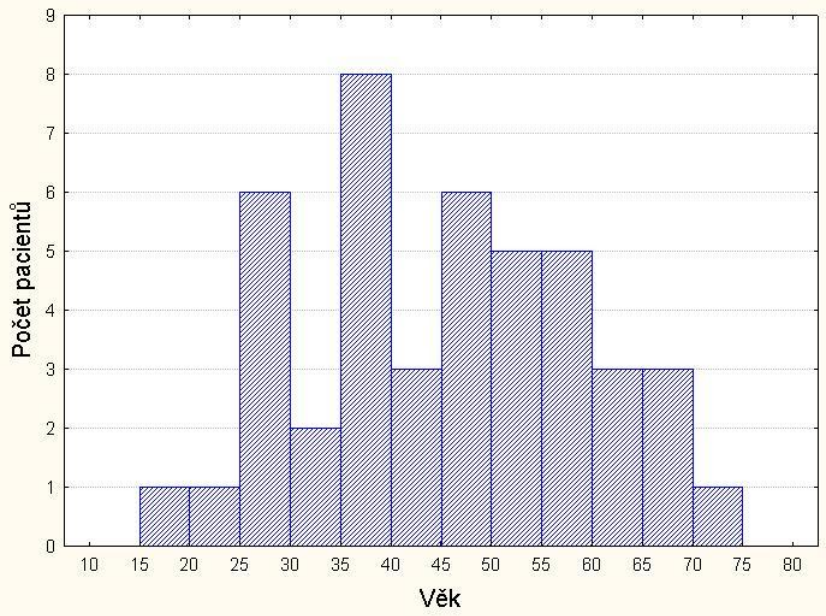
stability stoje, vykazuje poměrně malou diagnostickou specifitu a neumožňuje odlišit jednotlivé typy vestibulárního postižení [8]. V průběhu vyšetření pacient stojí na tenzometrické plošině, která měří jednotlivé složky tlakových sil a jejich momenty. Z naměřených hodnot je posturograf schopen detekovat působiště tlakových sil stojícího pacienta odpovídající vertikálnímu průmětu těžiště pacienta [9]. Tato metoda může být využita i v rehabilitaci pacientů po odstranění VS [10]. Mezi další elektrofyziologické testy vestibulárního aparátu patří vyšetření vestibulárních evokovaných myogenních potenciálů, které testují převážně otolitový systém. U nás se tato metoda teprve zavádí a není součástí standardního vyšetřovacího schématu. Další vyšetření prováděná v rámci diagnostiky rozsahu postižení vestibulárního aparátu jsou například vyšetření subjektivní zrakové vertikály, které vypovídá o funkci otolitového systému, fotografie očního pozadí a vyšetření dynamické zrakové ostrosti. [7, 11, 12].

Léčba VS vychází z klinického nálezu, velikosti tumoru a jeho tendenci k růstu. V rámci léčebného postupu existují tři možnosti. U pacientů s malým tumorem, u kterých není deteriorován sluch nebo u pacientů, kde bývají ostatní řešení kontraindikována celkovým stavem pacienta, je metodou volby observace. [13]. Dalším přístupem je stereotaktická radiochirurgie – například Leksellův gamma nůž nebo X- nůž. Tato léčebná modalita je využívána především u malých tumorů. Velkou výhodou je krátká doba léčby [14]. Negativem tohoto postupu je například pouhé zastavení růstu tumoru, riziko zhoršení sluchu a postižení hlavových nervů. Třetí léčebnou možností je chirurgická léčba. Cílem chirurgické léčby je radikální odstranění tumoru s žádným nebo minimálním postižením okolních struktur. Mezi specifická rizika této léčebné modality patří například ztráta sluchu, porucha funkce VII. hlavového nervu, likvorea, porucha rovnováhy a poruchy dalších hlavových nervů [15]. Pakliže se podaří odstranit tumor radikálně, riziko recidivy je minimální (1 - 0,1 %) [1]. Vzhledem k lokalizaci vestibulárního schwannomu a odlišnému terapeutickému přístupu u jednotlivých stadií tohoto onemocnění, vyžaduje řešení této problematiky interdisciplinární přístup.

Záměrem naší práce bylo retrospektivní hodnocení elektronystagmografických a posturografických nálezů u skupiny pacientů, kteří byli indikováni k chirurgické léčbě VS. Zajímala nás především využitelnost posturografie pro základní diagnostický algoritmus u pacientů s VS.

Soubor a metodika

Retrospektivně jsme hodnotili soubor pacientů, kteří podstoupili v letech 2007-2010 chirurgické odstranění VS na Klinice otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku 1. LF UK a FN v Motole v Praze. Ve zmíněném období podstoupilo mikrochirurgickou léčbu 116 pacientů. Studovaný soubor obsahuje 44 pacientů, z toho 19 žen a 25 mužů. Průměrný věk pacientů byl 45,4 let. Nejmladšímu pacientovi bylo v době vyšetření 19 let a nejstaršímu 74 let (graf 1.).



Graf. 1. *Věkové rozložení souboru*

V hodnoceném souboru se pouze v jednom případě vyskytoval VS velikosti odpovídající prvnímu stadiu. Pacientů s tumorem odpovídajícímu druhému stadiu bylo 10 a třetímu stadiu šest. Nejvíce bylo pacientů s rozsáhlým tumorem odpovídajícím čtvrtému stadiu, a to 27. Nejmenší tumor měřil v průměru 11 mm a největší 54 mm. U 26 pacientů byl tumor lokalizován vlevo a u 18 pacientů vpravo. 41 pacientů mělo prokázanou poruchu sluchu na straně léze a 37 pacientů udávalo tinnitus. 33 pacientů udávalo anamnesticky vestibulární obtíže. U čtyř pacientů byla patrná léze V.hlavového nervu a u jednoho léze VII. hlavového nervu. Rozložení souboru a malé procento drobných tumorů je dáno výběrem pacientů na zdejším pracovišti, kteří byli vzhledem ke klinickému nálezu, velikosti tumoru, případně progresi jeho růstu, indikováni k chirurgickému řešení.

U všech pacientů v souboru bylo předoperačně provedeno základní klinické vestibulární vyšetření (hodnocení přítomnosti spontánního nystagmu s použitím

Frenzelových brýlí, vyšetření tonických vestibulárních úchylek, vyšetření stoje a chůze, head shaking test a vyšetření subjektivní vertikály). Dále byla provedena elektronystagmografie a posturografie. Z celkového souboru pacientů jsme nemohli z důvodu klinického stavu (výrazný vegetativní doprovod, neschopnost stoje bez dopomoci, intolerance vyšetřovacích metod) kompletně provést posturografické a elektronystagmografické vyšetření u dvou pacientů. V rámci elektronystagmografie byli tři pacienti zařazeni do kategorie nehodnotitelné z důvodu výskytu artefaktů, které znemožnily počítačové zpracování signálu. Jednotlivá vyšetření byla prováděna standardizovaným postupem – všechna elektronystagmografická a posturografická vyšetření byla prováděna a hodnocena jednou vyšetřující osobou.

Elektronystagmografie byla provedena na čtyřkanálovém elektronystagmografu (Toennies Nystagliner, SRN). Standardizovaná metoda elektronystagmografického vyšetření zahrnovala vyšetření spontánního pohledového nystagmu (°), plynulých sledovacích pohybů očních (kvalitativní nepravidelnost - stadium I-IV), optokinetického nystagmu (gain, symetrie, pravidelnost) a provokovaných vestibulárních nystagmů (rotační testy, kalorizace), u kterých jsme za hyporeflexii považovali stranovou odchylku >20 %. Pro posouzení stupně postižení u pacientů s VS jsme zvolili dvě kritéria charakterizující periferní a centrální vestibulární syndrom. Kritériem přítomnosti periferního vestibulárního postižení byla kalorická nebo rotační hyporeflexie. Kritériem centrálního postižení byla přítomnost abnormity plynulých sledovacích pohybů očních a poruchy visuo-vestibulární interakce. Plynulé sledovací pohyby oční byly pro účely naší studie kvantifikovány dle tíže patologie do čtyř skupin (1. skupina – nález v normě, 2. skupina drobné nepravidelnosti sledovacích očních pohybů, 3. skupina- hrubé nepravidelnosti, místy až rozpad, 4. skupina – rozpad sledovacích očních pohybů). Na základě zjištěných výsledků jsme elektronystagmografické nálezy rozdělili do syndromologických kategorií: periferní, centrální a smíšené vestibulární postižení. Vzhledem k tomu, že konkrétní stadium VS předpokládá určitý typ vestibulárního postižení, využili jsme toto rozdělení pro korelaci se stadiem tumoru.

Posturografické vyšetření bylo provedeno na plošině BalanceMaster (NeuroCom International, USA) se vzorkovací frekvencí 100Hz. U pacientů byla provedena baterie testů, která zahrnovala tři základní vyšetření: 1. stoj na pevné podložce s otevřenýma a zavřenýma očima, stoj na pěnové podložce s otevřenýma a

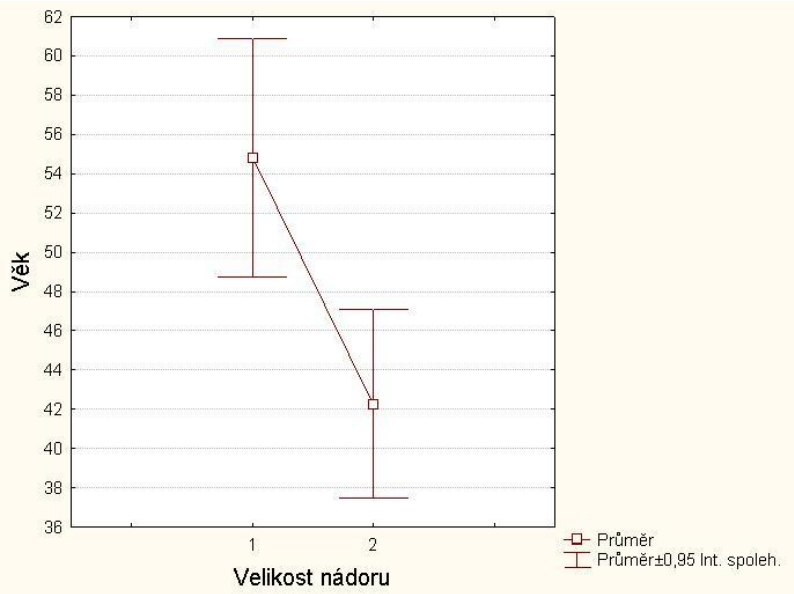
zavřenýma očima, 2. otočku v prostoru, 3. tandemovou chůzi (chůze pata špička). Hodnoceny byly následující parametry: rychlost výchylek těžiště při stoji (°/s), rychlost otočky (s), výchylky těžiště při otočce doprava a doleva (°/s), stranová diference (%), rychlost kroku (cm/s) a jeho šířka (cm), výchylky při zastavení (°/s)

Zjištěná data byla statisticky zpracována pomocí programu SPSS Advanced Statistics (IBM, USA). Pro zhodnocení jednotlivých parametrů souboru byly využity následující statistické metody. Pro zjištění souvislosti věku s velikostí tumoru byl použit t-test pro dva nezávislé výběry Pomocí kontingenční tabulky jsme zjišťovali, zda a případně jak může velikost tumoru souviset s typem vestibulární patologie. Vzhledem k množství proměnných, které popisují hodnoty jednotlivých vyšetření, jsme se rozhodli pro jejich redukci pomocí faktorové analýzy. Cílem explorativní faktorové analýzy je seskupit měřené proměnné (na základě jejich korelací) tak, aby byly určeny skupiny proměnných, za kterými stojí společný faktor (latentní proměnná). Jako metodu extrakce faktorů jsme použili metodu Varimax.

Výsledky

Souvislost velikosti nádoru s věkem

Pacienti byli rozděleni do dvou skupin podle velikosti nádoru (menší nádory zahrnující první a druhé stádium, větší nádory zahrnující třetí a čtvrté stádium). Porovnali jsme průměrný věk t-testem pro dva nezávislé výběry. Průměrný věk pacientů s menšími nádory (54,8 let) se statisticky významně liší od průměrného věku pacientů s většími nádory (42,3 let). P-hodnota je 0.007. Souvislost stadia s věkem tedy v našem souboru existuje (graf 2.)



Graf 2.: *Souvislost velikosti nádoru s věkem.*

Elektronystagmografické nálezy

Na základě elektronystagmografického vyšetření byla u každého pacienta stanovena syndromologická diagnóza (periferní, centrální, kombinovaná vestibulární léze). U pacienta s prvním stadiem tumoru nebyla přítomna mozečková symptomatika, ale nález nebylo možné vzhledem k četným artefaktům kompletně interpretovat. Vzhledem k tomu, že tato skupina čítá pouze jednoho pacienta s tímto nálezem, byly v rámci této problematiky statisticky analyzovány a porovnány pouze skupiny pacientů s druhým až čtvrtým stadiem onemocnění. Ve druhém stadiu byl jeden pacient bez vestibulární patologie a u osmi pacientů jsme popsali periferní

vestibulární lézi. Ve třetím stadiu byli čtyři pacienti bez vestibulární patologie a jeden nález byl zařazen pro četné artefakty do kategorie nehodnotitelné. Ve skupině pacientů se čtvrtým stadiem tumoru byly tři nálezy v normě, u 12 ti pacientů bylo popsáno periferní vestibulární postižení, u čtyř pacientů jsme popsali centrální vestibulární lézi a u osmi kombinované vestibulární postižení. Pomocí kontingenční tabulky jsme zjišťovali, zda, případně jak může stadium tumoru souviset s typem vestibulární patologie, která byla zachycena při elektronystagmografickém vyšetření. Porovnáváme-li obsazení kategorií stadia tumoru a typu patologie, zjišťujeme, že tyto dvě proměnné nejsou asociovány tak, jak bychom očekávali (vyšší stadium by odpovídalo rozsáhlejšímu vestibulárnímu postižení). Překvapivým nálezem bylo, že čtyři pacienti se třetím stadiem tumoru mají nález v normě (náhodě by odpovídal jediný pacient a pozitivní souvislosti tedy nejvýše jediný pacient). Oproti očekávání se nepotvrdilo, že vyšší stadium tumoru odpovídá rozsáhlejšímu vestibulárnímu postižení.

Posturografické nálezy

Vzhledem k množství získaných parametrů jsme se rozhodli pro redukci proměnných metodou faktorové analýzy. Výsledky faktorové analýzy dat jsou shrnuty v tabulce č. 2. Nejzajímavějším zjištěním jsou výsledky posturografického vyšetření. Analýza dat prokázala, že první faktor – nejvýraznější latentní proměnná ve zkoumané diagnóze - je čas otočky vpravo a čas otočky vlevo s faktorovými zátěžemi 0,976, resp. 0,873 (limitní hodnota faktorové zátěže je 1). V prvním faktoru má vysokou zátěž i výchylka těžiště při otočení doprava. Vzhledem k tomu, že zátěž výchylky při otočení doleva je v prvním faktoru málo výrazná, dalším hodnocením výchylky těžiště při otočení jsme se nezabývali.

Vyšetřovaný parametr	Faktor					
	1	2	3	4	5	6
Čas otočky vpravo	0,976	-1,330	-0,069	-0,081	0,021	-0,070
Výchylky při otočení doprava	0,898	0,364	-0,023	-0,022	0,087	0,075
Čas otočky vlevo	0,873	-0,351	-0,138	-0,260	0,094	-0,120
Věk	0,661	0,052	0,043	-0,614	-0,172	-0,149
Výchylky při zastavení	0,595	0,440	0,494	0,075	-0,427	-0,107
Stoj – průměr	-0,065	0,976	0,107	0,103	0,076	-0,088
Stoj na pěnové podložce (zavřené oči)	-0,067	0,964	-0,075	0,052	0,073	-0,198
Maximální rozměr tumoru	-0,537	0,568	0,057	-0,063	-0,146	0,558
Stoj na pěnové podložce (otevřené oči)	0,191	0,286	0,919	-0,126	-0,082	0,121
Rotační testy vpravo	-0,330	-0,117	0,708	0,282	0,338	0,329
Gain horizontální	-0,417	-0,524	0,702	-0,186	-0,035	-0,128
Gain vertikální	-0,275	-0,411	0,647	0,510	-0,270	-0,005
Rotační testy vlevo	-0,054	0,331	-0,103	0,891	-0,267	-0,036
Stoj na pevné podložce (otevřené oči)	-0,390	0,188	0,335	0,734	-0,073	0,107
Šířka kroku	-0,594	0,329	0,086	-0,690	-0,118	-0,012
Výchylky při otočení doleva	0,419	0,076	-0,074	-0,028	0,894	-0,061
Rychlost kroku	-0,440	0,187	-0,003	-0,286	0,806	0,076
Rozdíl výchylek při otočení	-0,170	-0,361	0,020	0,018	-0,114	0,906
Rozdíl časů otočky	0,120	-0,061	0,233	0,074	0,613	0,739
Stoj na pevné podložce (zavřené oči)	0,092	0,510	0,560	0,182	0,247	0,568

Tab. 2.: Matice faktorových zátěží získaná rotací varimax

Diskuze

Průměrný věk pacientů v našem souboru je 45,4 let, což je v souladu s daty udávanými v literatuře [16, 17, 18]. Pro vyšší statistickou významnost jsme rozdělili soubor na pacienty s menším a větším tumorem. Prokázali jsme statisticky významný rozdíl mezi průměrným věkem skupiny s menším tumorem (54,8 let) a větším tumorem (42,3 let). Tento fakt je v souladu s prameny, které udávají vyšší incidenci velkých tumorů, které jsou spojeny s poměrně časnou manifestací klinických příznaků a rychlým růstem tumoru u mladší populace [19]. Vyšší výskyt drobných a intrameatálně rostoucích tumorů je popisován spíše u starší populace [20]. Jako další možné vysvětlení přichází v úvahu kompenzační mechanismy, které jsou věkem alterovány. Domníváme se, že z tohoto důvodu může dojít u starších pacientů k časnější manifestaci symptomů, které je přivedou k lékaři.

U pacientů s VS je standardně před plánovaným chirurgickým výkonem prováděná baterie vyšetření a testů, která zahrnuje zobrazovací metody, neurologické vyšetření, vyšetření funkce lícního nervu, otorinolaryngologické vyšetření, audiometrické vyšetření včetně nadprahových testů a klinické vestibulární vyšetření doplněné o elektronystagmografii. V literatuře bývá uváděna souvislost elektronystagmografických nálezů se stádiem tumoru [16, 17]. V našem souboru se jasná korelace neprokázala. Tuto skutečnost si vysvětlujeme tím, že námi hodnocený soubor obsahoval pouze vybrané pacienty, kteří byli indikováni k chirurgickému řešení. V tomto případě mohou být výsledky modifikovány cílovou skupinou pacientů, která nereprezentuje průměrný soubor tumorů se standardním rozložením charakteristik.

U pacientů s touto diagnózou nebývá posturografické vyšetření standardně zařazováno do diagnostického schématu. Zajímalo nás, jaké parametry vyšetření jsou nejtypičtěji s postižením asociovány. Zajímavým nálezem, je zjištění, že se jedná o čas otočky doleva a doprava (faktorové zátěže 0,976, resp. 0,873). V doposud publikované literatuře jsou práce zabývající se u pacientů s VS dynamickou posturografií [21, 22]. Nenašli jsme ale žádné odkazy na práce, které by řešily přímo problematiku vyšetření parametru času otočky. Otočka představuje komplexní pohybový děj, který zahrnuje změnu polohy hlavy v prostoru, při které dochází ke stimulaci převážně laterálních polokruhových kanálků. Tím se tento test liší od dynamické posturografie, kde je pohyb pouze translační nebo nedochází k stimulaci vestibulárních senzorů vůbec. Při horizontálním pohybu hlavou dochází

u pacientů s vestibulární abnormitou k posturální nestabilitě. Vzhledem k výsledkům naší práce, se nabízí toto vyšetření jako možný jednoduchý klinický test, který by mohl zvýšit citlivost diagnostiky poruchy vestibulo-spinálního reflexu u pacientů s vestibulární lézí, zejména vyvolanou pomalu se rozvíjející patologií (tumorem). Čas otočky doprava a doleva může být vyšetřen i bez kompletního stabilometrického vyšetření. Pečlivě provedené klinické vyšetření chůze rozšířené o vyšetření otoček a měření jejich času by mohlo významným způsobem zpřesnit diagnostiku vestibulárních lézí. V rámci prospektivní studie plánujeme ověřit využití zjištěných závěrů při klinickém vyšetření vestibulospinálního reflexu.

Závěr

Diagnóza VS je v současnosti založena především na výsledcích zobrazovacích metod (MRI). Elektronystagmografické a posturografické vyšetření hodnotí funkční stav vestibulárního aparátu a upřesňují klinický rozsah postižení. Spolu s vyšetřením sluchu, elekromyografií lícního nervu a neurologickým vyšetřením umožňují zhodnotit funkční stav anatomických struktur, které mohou být postiženy VS. Znalost těchto nálezů je důležitá nejen pro stanovení diagnózy, ale i pro individualizaci strategie pooperační péče, zejména rehabilitace. Analýzou výsledků souboru pacientů s VS jsme prokázali, že nejtypičtěji je s postižením asociován čas otočky, který je hodnocen při posturografii. Tento dynamický parametr poruchy vestibulo-spinálního reflexu by měl být standardní součástí vestibulárního vyšetření. Dále jsme prokázali, že v našem souboru se u mladších pacientů vyskytuje vyšší stadium tumorů. Jako možné vysvětlení se nabízí rozdílná úroveň kompenzačních mechanismů, které mohou být u starších pacientů zhoršeny.

Literatura:

1. Betka J, Zvěřina E, Lisý J, Chovanec M, Kluh J, Kraus J. Vestibulární schwannom. Otorhinolaryng a Foniat 2008; 57 (4): 221-225.

2. Zvěřina E. Neurinom akustiku – vestibulární schwanom – osobní pohled na nejmodernější postupy v jeho léčbě. Čas Lék Čes 2010; 149:269-276.

3. Komatsuzaki A. Nerve origin of the acoustic neuroma. J Laryngol Otol 2001; 115: 362-368.

4. Selesnick SH, Jackler RK, Pitts LW. The changing clinical presentation of acoustic tumors in the MRI era. Laryngoscope 1993; 103(4): 431-6.

5. Selesnick SH, Deora M, Drotman MB, Heier LA. Incidental discovery of acoustic neuromas. Otolaryngol Head Neck Surg 1999;120(6): 815-8.

6. Anderson TD, Loevner LA, Bigelow DC, Mirza N. Prevalence of unsuspected acoustic neuroma found by magnetic resonance imaging. Otolaryngol Head Neck Surg

2000;122(5):643-6.

7. Eggers SD, Zee DS, Evaluating the Dizzy Patient: Bedside Examination and Laboratory Assessment of the Vestibular System. Seminars in neurology 2003; 23: 47-57.

8. Čakrt O., Funda T., Černý R., Kolář P., Mužík J., Jeřábek J., Diagnosticky specifické nálezy při posturofrafickém vyšetření- dvě kazuistiky. Ces Slov Neurol N 2012; 75/108(1):88-9.

9. Furman JM, Baloh RW, Barin K, Hain TC, Herdman S, Horst RK. Assessment: posturography. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcomittee of the American Academy of Neurology. Neurology 1993; 43(6):1262-1264.

10. Čakrt O, Chovanec M, Funda T, Kalitová P, Betka J, Zvěřina E, Kolář P, Jeřábek J. Excercise with visual feedback improves postural stability after vestibular schwannoma surgery. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2010;267(9): 1355-60.11. Beynon G, Jani P, Baguley DM. A clinical evaluation of head impulse testing. Clin Otolaryngol 1998; 23: 117-122.

12. Black RA, Halmagyi GM, Thurtell MJ. The active head impulse test in Unilateral Peripheral vestibulopathy. Arch Neurol 2005;62: 290-293.

13. Charabi S, Thomsen J, Tos M, Mantoni M, Charabi B, Juhler M, Børgesen SE. Management of intrameatal vestibular schwannoma. Acta Otolaryngol 1999; 119(7):796-800.

14. Hempel JM, Hempel E, Wowra B, Schichor Ch, Muacevic A, Riederer A. Functional outcome after gamma knife treatment in vestibular schwannoma. Eur ArchOtorhinolaryngol 2006; 263(8):714-8.

15. Wackym PA. Stereotactic radiosurgery, microsurgery and expectant management

of acoustic neuroma: basis for informed consent. Otolaryngol Clin North Am 2005; 38(4):653-70.

16. Wagner JN, Glaser M, Wowra B, Muacevic A, Goldbrunner R, Cnyrim C, Tonn JC, Strupp M. Vestibular function and quality of life in vestibular schwannoma: does

size matter? Front Neurol 2011; 2: 55.

17. Day AS, Wang CT, Chen CN, Young YH. Correlating the cochleovestibular deficits

with tumor size of acoustic neuroma. Acta Otolaryngol 2008;128(7):756-60.

18. Shiffman F, Dancer J. Rothballer AB, Berett A., Baum S. The diagnosis and evaluation of acoustic neuromas. Otolaryngol Clin North Am 1973; 6: 189-228.

19. Matthies C, Samii M. Management of 1000 vestibular schwannomas (acoustic neuromas): clinical presentation. Neurosurgery 1997; 40(1):1-9.

20. Stangerup SE, Tos M, Caye-Thomasen P, Tos T, Klokker M, Thomsen J. Increasing annual incidence of vestibular schwannoma and age at diagnosis. J Laryngol Otol 2004; 118(8):622-7.

21. Borgmann H, Lenarz T, Lenarz M. Preoperative prediction of vestibular

schwannoma's nerve of origin with posturography and electronystagmography. Acta

Otolaryngol 2011; 131(5):498-503.

22. Gouveris H, Helling K, Victor A, Mann W. Comparison of electronystagmography results with dynamic posturography findings in patients with vestibular

schwannoma. Acta Otolaryngol 2007;127 (8):839-42.

Eur Arch Otorhinolaryngol
DOI 10.1007/s00405-010-1227-x

OTOLOGY

Exercise with visual feedback improves postural stability after vestibular schwannoma surgery

Ondřej Čakrt · Martin Chovanec · Tomáš Funda · Petra Kalitová · Jan Betka · Eduard Zvěřina · Pavel Kolář · Jaroslav Jeřábek

Received: 21 December 2009 / Accepted: 26 February 2010
© Springer-Verlag 2010

Abstract We analyzed the effect of 2-week individualized visual feedback-based balance training on the postural control of patients undergoing retrosigmoid microsurgical removal of vestibular schwannoma. We performed prospective evaluation of 17 patients allocated into two groups: feedback group (9 patients, mean age 37 years) and standard physiotherapy group (8 patients, mean age 44 years). Patients in both the groups were treated once per day by intensive rehabilitation from 5th to 14th postoperative day. Rehabilitation of patients in the feedback group was performed using the visual feedback and force platform. Results were evaluated on the beginning and at the end of rehabilitation program (e.g. 5th and 14th postoperative day). Outcome measures included posturography during quiet stance under four different conditions by the modified Clinical Test for Sensory Interaction of Balance. Body sway was evaluated from center of foot pressure. Compensation of Center of pressure (CoP) parameters in stance on firm surface was similar in the control and feedback groups. However, in stance on foam surface with eyes closed the patients from the feedback group were better compensated and CoP parameters differed significantly ($p < 0.05$). This prospective clinical study suggests that specific exercises with visual feedback improve vestibulospinal compensation in patients after vestibular schwannoma surgery and thus can improve their quality of life.

Keywords Vestibular schwannoma · Vestibular rehabilitation · Visual feedback · Center of pressure · Posturography · Quality of life

O. Čakrt (✉) · P. Kolář
Department of Rehabilitation and Exercise Medicine, 2nd Faculty of Medicine, Faculty Hospital Motol, Charles University, V Úvalu 84, 150 06 Prague 5, Czech Republic
e-mail: ondrej.cakrt@lf2.cuni.cz

O. Čakrt · T. Funda · J. Jeřábek
Joint Centre for Biomedical Engineering, Faculty of Biomedical Engineering, Czech Technical University and Charles University, Prague, Czech Republic

M. Chovanec · P. Kalitová · J. Betka · E. Zvěřina
Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery, 1st Faculty of Medicine, Faculty Hospital Motol, Charles University, Prague, Czech Republic

M. Chovanec
Institute of Anatomy, 1st Faculty of Medicine, Charles University, Prague, Czech Republic

M. Chovanec
Center for Cell Therapy and Tissue Repair, 2nd Faculty of Medicine, Charles University, Prague, Czech Republic

E. Zvěřina
Department of Neurosurgery, 3rd Faculty of Medicine, Faculty Hospital Kralovske Vinohrady, Charles University, Prague, Czech Republic

J. Jeřábek
Department of Neurology, 2nd Faculty of Medicine, Faculty Hospital Motol, Charles University, Prague, Czech Republic

Published online: 30 March 2010

Introduction

Vestibular schwannomas are benign, slowly growing tumors that arise from the Schwann cells of the superior or inferior vestibular nerves. Tumor growth may result in sensorineural hearing loss, tinnitus, instability and cranial nerves lesion. Continuous expansion may eventually lead to brain stem compression, hydrocephalus with intracranial hypertension and finally to death. Management options

include observation, stereotactic radiosurgery and microsurgery.

Microsurgery is mainly indicated in large and growing tumors, tumors with annoying symptomatology (vertigo, tinnitus) and according to the patient′s preference. With improvement of microsurgical technique incidence of permanent complications decreased. Facial nerve dysfunction is rare and hearing preservation is possible in the significant proportion of cases [1, 2]. There is still risk of developing balance problems after the surgery, but most patients recover well. Vestibular compensation follows tumor removal and deafferentation. Different factors can influence speed and level of compensation as well. This process takes typically from weeks to months. In some patients it is never completed and resulting balance problems represent significant difficulties in daily activities affecting seriously their quality of life [3–5].

Human experiments have shown that central vestibular compensation of unilateral peripheral vestibular lesions can be improved by vestibular exercise [6]. Thus, evidence is available to support the use of vestibular rehabilitation after vestibular schwannoma surgery [7, 8]. Visual feedback represents a promising method of vestibular rehabilitation. However, there is a lack of data whether visual feedback-based balance training can improve the postural stability after vestibular schwannoma surgery. The aim of this study was to evaluate the effect of a 2-week individualized visual feedback rehabilitation exercise on the postural control in patients having undergone vestibular schwannoma surgical removal.

Patients and methods

In the period from January 2007 to July 2009 the 69 patients underwent vestibular schwannoma surgery at the Department of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery, Faculty Hospital Motol, 1st Faculty of Medicine, Charles University, Prague. All the patients were operated by the same team of surgeons, using the retrosigmoid-transmeatal approach in the supine position. Microsurgical-endoscopy assisted techniques with intraoperative neuromonitoring were used. Radical removal of tumors was achieved in all cases. Section of both vestibular parts of 8th cranial nerve was performed even in the cases where continuity could be preserved.

As much as 17 (24.6%) out of 69 patients entered the study. Of these there were 13 men and 4 women, their age varied from 19 to 62 (mean age 40.5 years). There were three tumors in grade 2, five tumors in grade 3 and nine tumors in grade 4a. The indication for microsurgical removal of all small tumors (grade 2) was proven growth according to the repeated magnetic resonance imaging.

All the patients underwent examination of vestibular system before the surgery. Vestibular examination consisted of (1) clinical examination, (2) electronystagmography (spontaneous nystagmus, gaze directional test, saccades, smooth pursuit, caloric test and head shaking test), (3) subjective visual vertical and (4) posturography. The body sway during posturography was quantified by displacement of the Center of foot pressure (CoP) in the anterior–posterior (AP) and medio-lateral (ML) directions. Tested subjects stood on a commercial force platform (Balancemaster, Neurocom International, Inc., Clackamas, Oregon, USA). All the subjects were tested by the modified Clinical Test for Sensory Interaction of Balance consisting of four different conditions of quiet stance: stance on firm surface with eyes open (EO), stance on firm surface with eyes closed (EC), stance on foam surface with eyes open (FEO) and stance on firm surface with eyes closed (FEC) [9, 10]. The subject′s feet were positioned 15-cm apart. If the feet moved at any time during the test, they were repositioned and the test was repeated.

Prior to the surgery the patients were randomly assigned to one of the two rehabilitation groups (9 in the feedback group and 8 in the standard physiotherapy) (Table 1). All the patients with a proven preoperative vestibular loss, with central nervous system or other musculoskeletal system deficits were excluded from the study. The study was performed in accordance with the Helsinki Declaration. The study protocol was approved by the local ethical committee, and all patients gave their informed consent.

Rehabilitation program took place at the Department of Rehabilitation and Exercise Medicine, 2nd Faculty of Medicine, Faculty Hospital Motol, Charles University, Prague. Patients in both the groups were treated once per day by intensive rehabilitation, which started on 5th post-operative day. Standardized rehabilitation protocol was performed by the same experienced physiotherapist in all the patients. Participants in feedback group were treated by

Table 1 Patient and tumor characteristics of the two different groups of patients undergoing visual feedback (feedback group) and standard physiotherapy (control group) of vestibular rehabilitation after vestibular schwannoma surgery (feedback group and control group) shown as mean ± standard deviation (range)

	Feedback group	Control group
Age (years)	37 ± 10 (19–56)	44 ± 12 (26–62)
Tumor size (mm)	24 ± 5 (18–35)	27 ± 6 (18–37)
Tumor grade		
2	1	2
3	2	3
4a	4	5
Male	8	5
Female	1	3

rehabilitation using visual feedback (Balancemaster, Neurocom Internacional, Inc., Clackamas, Oregon, USA). During the training participants stood on a force platform and were instructed to shift their CoP represented by a cursor on a monitor screen in indicated directions. Various exercises were used to target different aspects of balance function, namely steadiness, symmetry and dynamic stability (e.g. a patient stood with feet shoulder-width apart with eyes open, looking at a monitor screen and shifting the body weight to place the cursor into targets marked on the monitor—Fig. 1). Patients in the control group received rehabilitation without feedback. The design of exercises was identical to the feedback group. Moreover, the patients in both groups received vestibular adaptation exercises designed to increase vestibulo-ocular gain. During these exercises patients performed horizontal and vertical head movements while maintaining visual fixation on a target placed either within arm′s length or across the room. The duration of each treatment was increased gradually—from 5 min to 40 min on the day of discharge, which was either the 14th or 15th postoperative day. During the hospital stay the patients were monitored each day for better compliance.

All patients after the surgery have undergone regular follow-up with clinical examination 1, 3, 6 and 12 months after the surgery. The control MRI scans were scheduled 3 and 12 months after the surgery and then annually. According to the MRI all patients remain in remission. Significant postoperative changes in the region of cerebellum among all the patients were not observed in both groups. As much as 16 out of 17 patients returned to their work activities including the professions that necessitate good balance function (e.g. policeman, woodcutter or actor) the remaining 1 patient was retired. All patients returned to their previous daily activities including the sports that necessitate good balance function (e.g. motorbiking, biking, skiing or climbing).

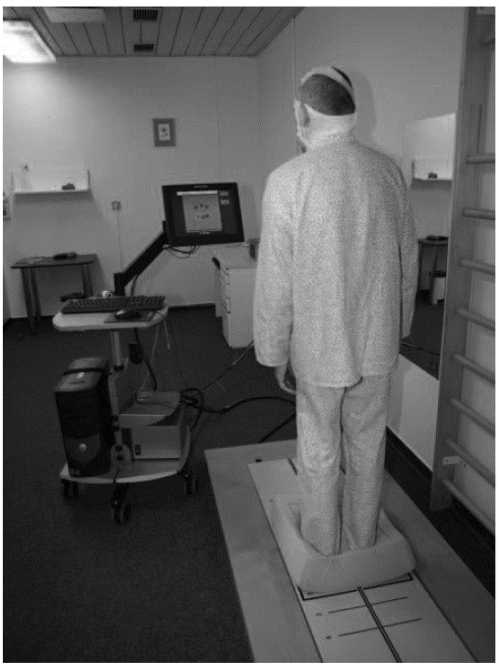


Fig. 1 Rehabilitation using visual feedback

The patients were examined before the surgery then on the beginning of the rehabilitation program (5th postoperative day) and on the day of discharge (14th postoperative day). The following CoP parameters were calculated during each trial: velocity of CoP in antero-posterior (V_{AP}) and medio-lateral (V_{ML}) directions as described by Prieto et al. [11]. Amplitudes of CoP in antero-posterior (A_{AP}) and medio-lateral (A_{ML}) directions, root mean square (RMS), line integral (LI) and total area (TA) were quantified from the CoP path as described by Hlavacka et al. [12]. Customized software MATLAB (The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, USA) was used to quantify body sway. The CoP parameters were evaluated in eyes closed to eliminate the visual contribution and while standing on a foam surface to reduce the contribution of foot–ankle proprioception.

Statistical analysis

Since the sway data did not have a normal distribution, the Wilcoxon signed rank test (a nonparametric test analogous to the paired *t* test) was used to analyze this data. The level of confidence was $p < 0.05$.

Results

We evaluated six standard [11, 12] CoP parameters in the course of postoperative rehabilitation after vestibular schwannoma removal. We compared data of standard rehabilitation with visual feedback-based training. The two groups of patients did not differ in the mean age (feedback group: 37 ± 10 years; control group: 44 ± 12 years [mean ± SD]) or tumor size (feedback group: 24 ± 5 mm; control group: 27 ± 6 mm [mean ± SD]). However, their sex varied.

The analysis of the studied parameters in both groups before the rehabilitation training did not show any significant differences as tested on firm and foam surfaces with eyes closed, measured by all CoP parameters.

After the 2-week rehabilitation exercise compensation of CoP parameters in stance on firm surface with eyes closed was similar in control and feedback groups.

Table 2 Comparison of center of foot pressure (CoP) parameters during posturography in patients undergoing visual feedback rehabilitation (feedback group) and standard rehabilitation (control group), shown as mean ± standard deviation

CoP parameters	Feedback group	Control group	*p* values
A_{AP} (cm)	6.2 ± 4.3	8.6 ± 6.6	0.277
A_{ML} (cm)	6.2 ± 4.5	11.9 ± 4.7	0.021
V_{AP} (cm s^{-1})	13.3 ± 4.2	19.2 ± 4.1	0.008
V_{ML} (cm s^{-1})	5.7 ± 2.8	8.3 ± 1.4	0.059
LI (cm)	154.3 ± 56.8	224.9 ± 44.9	0.015
TA (cm^2)	133.3 ± 94.7	273.4 ± 73.2	0.011
RMS (cm)	2.6 ± 1.1	4.1 ± 0.75	0.027

Measured CoP parameters: velocity of CoP in antero-posterior (V_{AP}) and medio-lateral (V_{ML}) directions, amplitudes of CoP in antero-posterior (A_{AP}) and medio-lateral (A_{ML}) directions, root mean square (RMS), line integral (LI) and total area (TA) quantified from the CoP path

Significant differences of the studied parameters between the feedback and control groups were observed after 2-week rehabilitation exercises. Patients in the group of visual feedback-based rehabilitation program demonstrated significant difference in amplitude of CoP in medio-lateral direction ($p = 0.021$), velocity of CoP in anterio-posterior direction ($p = 0.008$), line integral ($p = 0.015$), total area ($p = 0.011$) and root mean square ($p = 0.027$) tested on foam surface with eyes closed (Table 2).

The assessment of stance on foam surface with eyes closed had proven better compensation in patients in the feedback group too (Figs. 2 and 3) and CoP parameters differed significantly.

Reviewing the results, we found statistically significant improvement in 5 out of 7 CoP parameters (A_{ML}, V_{AP}, LI, TA, RMS) during stance on foam surface with eyes closed after 10 day training period.

Discussion

In this prospective study, we compared results of two different strategies for early vestibular rehabilitation after vestibular schwannoma surgery (visual feedback rehabilitation and standard physiotherapy rehabilitation). This study showed that after 2 weeks of exercises subjects receiving visual-based rehabilitation treatment had better postural control than those receiving only rehabilitation without feedback.

Vestibular schwannoma resection induces several common complaints, such as hearing loss, tinnitus, facial nerve dysfunction, headache and balance problems [4, 13–15]. In the literature, the frequency and impact of these symptoms vary considerably, but the growing awareness of quality of life issues has drawn more attention to these postoperative problems [3]. Balance problems are most apparent in the acute stage after vestibular schwannoma surgery and usually improve gradually over time. Despite the trend for improvement of vestibular lesion, balance problems are reported by the majority of patients after vestibular schwannoma surgery and are associated with decreased quality of life. Some factors have been identified that may contribute to a poor recovery e.g. age and sex, central vestibular dysfunction, size of tumor, progressive and intermittent vestibular pathology, physical and psychological factors including orthopedic, neurological cardiovascular disorders, impairment of vision, anxiety and depression [3]. There is evidence available to support the use of vestibular rehabilitation after surgery for vestibular schwannoma [7, 8]. Vestibular rehabilitation is recommended for these patients during the acute postoperative period to speed up vestibular compensation. Rehabilitation using visual biofeedback for postural control can reduce sway during stance and improve postural control. There is a lack of knowledge of how visual feedback can speed up

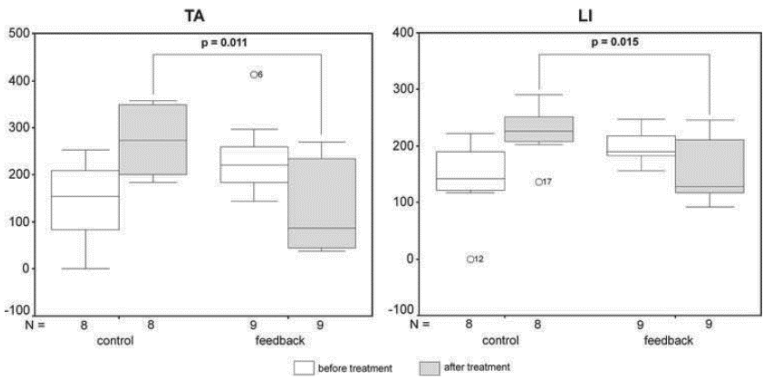


Fig. 2 Comparison of total area (TA) and line integral (LI) in patients undergoing visual feedback rehabilitation (feedback) and standard rehabilitation (control)

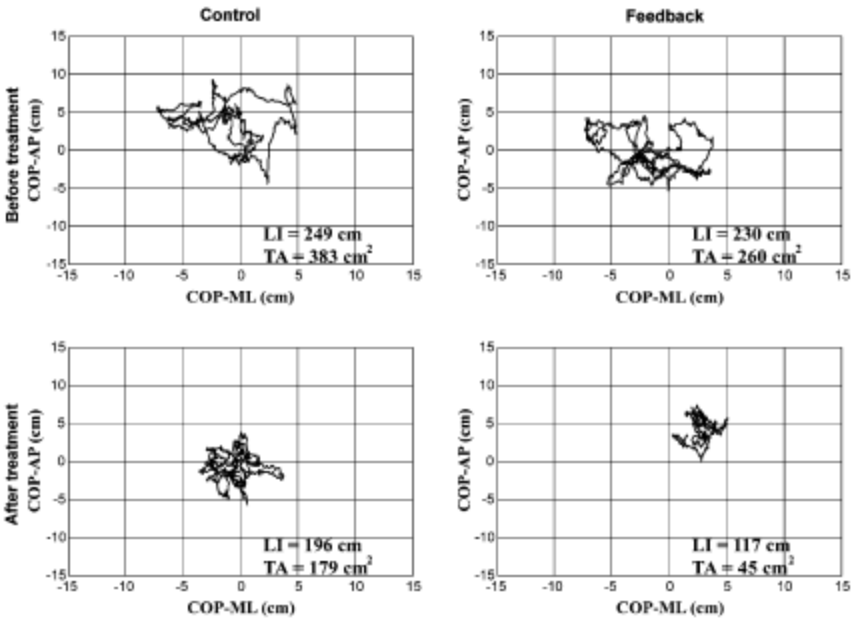


Fig. 3 Examples of typical statokinesiograms of subjects undergoing visual feedback rehabilitation (feedback) and standard rehabilitation (control)

improvement of the balance abilities of people after vestibular schwannoma surgery.

Originally, we assumed that subjects given visual feedback exercises would recover faster, as indicated by differences on the posturography measurements. Careful analyses of these data using appropriate statistical techniques provided support for that hypothesis.

As differences between the groups with respect to the degree of peripheral vestibular hypofunction resulting from the tumor, and central compensation prior to surgery would have complicated the interpretation of the results considerably only patients without proven preoperative vestibular loss enrolled the study. Other factors (e.g. central nervous system or other musculoskeletal system deficits) that could interfere with process of rehabilitation were used as an exclusion criterion, too. Thus the main limitation of our study is the relatively limited number of patients. Our two groups did not differ in the tumor size and preoperative vestibular function test. Furthermore, patients perceived the same amount of postural sway before surgery and no significant differences between preoperative posturography test results could be observed.

From the clinical point of view our findings strongly support empirical prescription of early vestibular rehabilitation after vestibular schwannoma surgery. The observed results of this study support employment of visual feedback exercises into the rehabilitation program in patients with a unilateral peripheral vestibular lesion. Based on the presented data, we recommend visual feedback for patients in acute stage after vestibular schwannoma surgery.

Conclusion

This prospective randomized clinical study suggests that specific exercises with visual biofeedback improve vestibulospinal compensation in patients after vestibular schwannoma microsurgical removal. As balance problems after surgical treatment represent significant factor affecting quality of life further studies to improve strategies for vestibular compensation in these patients are needed.

Acknowledgments This study was supported by the research project of Internal Grant Agency of the Ministry of Health of Czech Republic no. NS/9909-3. The authors thank Pavla Polechová for her contribution to this study.

References

1. Samii M, Gerganov V, Samii A (2008) Hearing preservation after complete microsurgical removal in vestibular schwannomas. Prog Neurol Surg 21:136–141
2. Skrivan J, Zverina E, Betka J, Kluh J, Kraus J (2004) Our surgical experience with large vestibular schwannomas. Otolaryngol Pol 58:69–72
3. Lynn SG, Driscoll CL, Harner SG, Beatty CW, Atkinson EJ (1999) Assessment of dysequilibrium after acoustic neuroma removal. Am J Otol 20:484–494
4. Saman Y, Bamiou DE, Gleeson M (2009) A contemporary review of balance dysfunction following vestibular schwannoma surgery. Laryngoscope 119:2085–2093
5. Levo H, Blomstedt G, Pyykko I (2004) Postural stability after vestibular schwannoma surgery. Ann Otol Rhinol Laryngol 113:994–999

6. Perez N, Santandreu E, Benitez J, Rey-Martinez J (2006) Improvement of postural control in patients with peripheral vestibulopathy. Eur Arch Otorhinolaryngol 263:414–420
7. Enticott JC, O'Leary SJ, Briggs RJ (2005) Effects of vestibulo-ocular reflex exercises on vestibular compensation after vestibular schwannoma surgery. Otol Neurotol 26:265–269
8. Herdman SJ, Clendaniel RA, Mattox DE, Holliday MJ, Niparko JK (1995) Vestibular adaptation exercises and recovery: acute stage after acoustic neuroma resection. Otolaryngol Head Neck Surg 113:77–87
9. Shumway-Cook A, Horak FB (1986) Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. Phys Ther 66:1548–1550
10. Wrisley DM, Whitney SL (2004) The effect of foot position on the modified clinical test of sensory interaction and balance. Arch Phys Med Rehabil 85:335–338
11. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, Lovett EG, Myklebust BM (1996) Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. IEEE Trans Biomed Eng 43:956–966
12. Hlavacka F, Kundrat J, Krizkova M, Bacova E (1990) Physiologic range of stabilometry values obtained in the upright posture using a computer. Cesk Neurol Neurochir 53:107–113
13. Andersson G, Ekvall L, Kinnefors A, Nyberg G, Rask-Andersen H (1997) Evaluation of quality of life and symptoms after translabyrinthine acoustic neuroma surgery. Am J Otol 18:421–426
14. Wiegand DA, Ojemann RG, Fickel V (1996) Surgical treatment of acoustic neuroma (vestibular schwannoma) in the United States: report from the Acoustic Neuroma Registry. Laryngoscope 106:58–66
15. Fahy C, Nikolopoulos TP, O'Donoghue GM (2002) Acoustic neuroma surgery and tinnitus. Eur Arch Otorhinolaryngol 259:299–301

8.2 Publikace in extenso bez vztahu k tématu disertační práce:

- kapitola v monografii:

1**.** Kalitová P. Diferenciální diagnostika bolestí v uchu**,** In: Doc. MUDr. Jan Plzák, PhD. et al., ORL pro všeobecné praktické lékaře, 128-132, Raabe, Praha 2011.

- ostatní:

1. Plzák J, Kalitová P, Urbanová M, Betka J. Subcutaneous calcification in the pectoralis major flap: a late complication of radiotherapy**.** Br J Radiol. 2011; 84 (1007): 221- 3. **(I F: 1,314)**

2**.** Kalitová P, Plzák J, Kodet R, Astl J**.** Angiosarcoma of the thyroid. Eur Arch Otorhinolaryngol 2009; 266 (6): 903- 5**. (I F: 1,287)**

3. Jeřábek J, Kalitová P. Současné možnosti léčby závratí. Neurol. Praxi 2011; 12 (5): 340–343.

4. Kalitová P. Chronická rinosinusitida a porucha očních pohybů. Kazuistiky Alergol Pneumol ORL 2007; 2 (4):9-11.

5. Plzák J, Jeřábková P, Betka J**.** Nádory dutiny nosní a vedlejších dutin nosních – přehled nových poznatků. Otorhinolaryng a Foniat 2006; 55: 39-49.

6. Jeřábková P. Poruchy polykání. Lékařské listy 2006, 3: 18-19.

7. Kuchař M, Jeřábková P, Brada J, Kašpar J, Skřivan J, Betka J, Langmeier M. Magnetic Resonance Imaging of the brain after epileptic seizures- Preliminary Results. Prague Med Rep. 2006; 107 (2): 242-50.