

## 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](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<sup>1,2</sup>, O. Čákr<sup>3</sup>, Z. Čada<sup>1,5</sup>, O. Profant<sup>1</sup>, M. Chovanec<sup>1,5</sup>, J. Betka<sup>1</sup>, J. Jeřábek<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta a Fakultní nemocnice v Motole, Klinika otorhinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku.*

<sup>2</sup> *Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Fyziologický ústav.*

<sup>3</sup> *Univerzita Karlova v Praze, 2. lékařská fakulta a Fakultní nemocnice v Motole, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství.*

<sup>4</sup> *Univerzita Karlova v Praze, 2. lékařská fakulta a Fakultní nemocnice v Motole, Neurologická klinika.*

<sup>5</sup> *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@fl.cuni.cz](mailto:petra.kalitova@fl.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 schwannoma 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.*

*Conclusion: Our study proved importance of posturography for proper diagnostics of vestibular pathology in patients with vestibular schwannoma. Posturography should be added to electronystagmography as a standard diagnostic tool.*

**Key words:** *vestibular schwannoma, electronystagmography, posturography, postural stability.*

## Úvod

Vestibulární schwannom (VS) je intrakraniální extraxiální benigní nádor, který vyrůstá v zadní jámě lebni 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 volumetricky 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].

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

**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].

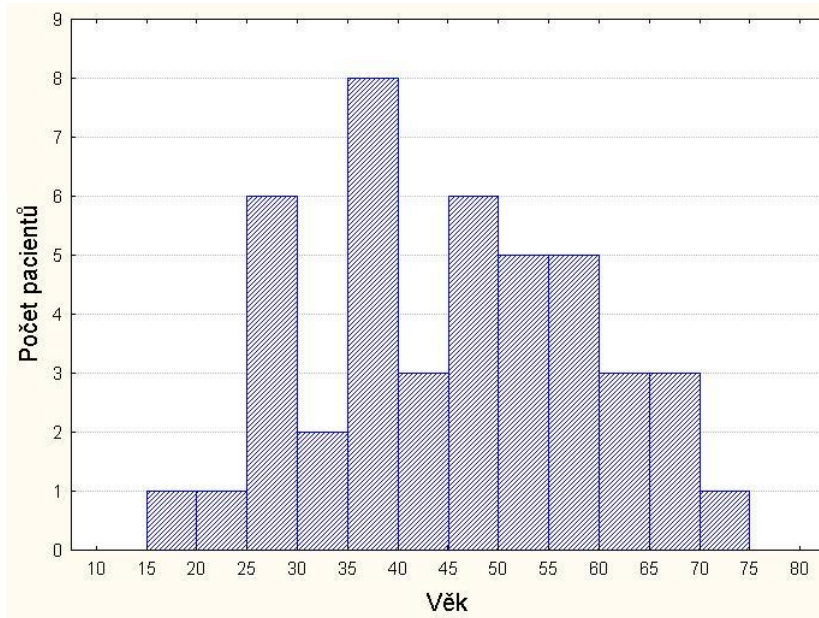
Léčba VS vychází z klinického nálezu, velikosti tumoru a jeho tendenci k růstu. V rámci léčebného postupu existují tři možnosti. U pacientů s malým tumorem, u kterých není deteriorován sluch nebo u pacientů, kde bývají ostatní řešení kontraindikována celkovým stavem pacienta, je metodou volby observace. [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 odpovídajícím 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 zdejšími 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*

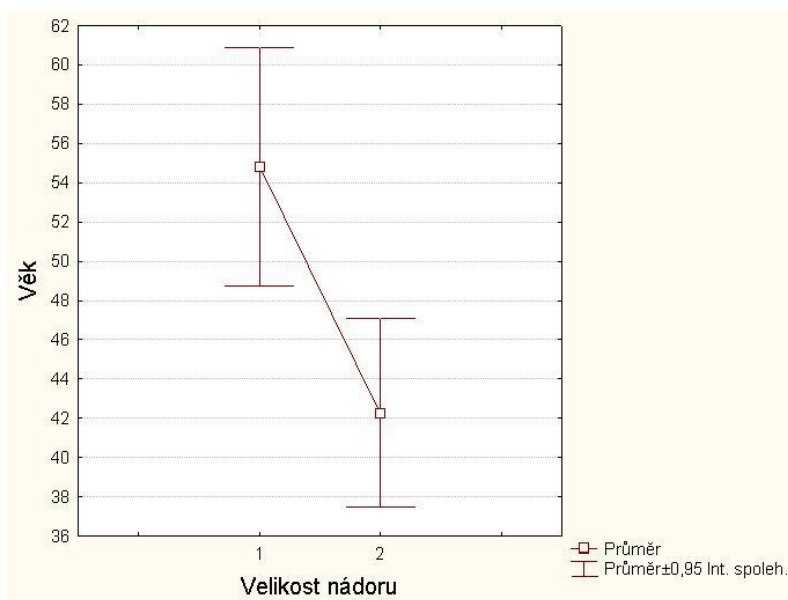
*zavřenýma očima, 2. otočku v prostoru, 3. tandemovou chůzi (chůze pata špička). Hodnoceny byly následující parametry: rychlost výchylek těžiště při stoji (°/s), rychlost otočky (s), výchylky těžiště při otočce doprava a doleva (°/s), stranová diference (%), rychlost kroku (cm/s) a jeho šířka (cm), výchylky 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
Výchyly 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
Výchyly 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
Výchyly 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 sensorů 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, elektromyografií 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. Čákrť O., Funda T., Černý R., Kolář P., Mužík J., Jeřábek J., *Diagnosticky specifické nálezy při posturografickém 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 Subcommittee of the American Academy of Neurology. Neurology* 1993; 43(6):1262-1264.
10. Čákrť 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, Klokke 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.

## Exercise with visual feedback improves postural stability after vestibular schwannoma surgery

Ondřej Čákrť · 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.

O. Čákrť (✉) · 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. Čákrť · 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

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

### 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 neuro-monitoring 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  $\pm$  standard deviation (range)

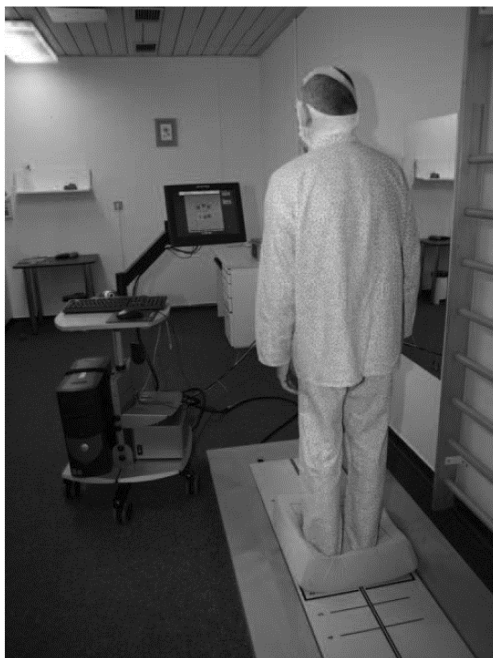
	Feedback group	Control group
Age (years)	37 $\pm$ 10 (19–56)	44 $\pm$ 12 (26–62)
Tumor size (mm)	24 $\pm$ 5 (18–35)	27 $\pm$ 6 (18–37)
Tumor grade		
2	1	2
3	2	3
4a	4	5
Male	8	5
Female	1	3

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. motor-biking, biking, skiing or climbing).

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.



**Fig. 1** Rehabilitation using visual feedback

#### 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:  $37 \pm 10$  years; control group:  $44 \pm 12$  years [mean  $\pm$  SD]) or tumor size (feedback group:  $24 \pm 5$  mm; control group:  $27 \pm 6$  mm [mean  $\pm$  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  $\pm$  standard deviation

CoP parameters	Feedback group	Control group	<i>p</i> values
$A_{AP}$ (cm)	6.2 $\pm$ 4.3	8.6 $\pm$ 6.6	0.277
$A_{ML}$ (cm)	6.2 $\pm$ 4.5	11.9 $\pm$ 4.7	0.021
$V_{AP}$ (cm s <sup>-1</sup> )	13.3 $\pm$ 4.2	19.2 $\pm$ 4.1	0.008
$V_{ML}$ (cm s <sup>-1</sup> )	5.7 $\pm$ 2.8	8.3 $\pm$ 1.4	0.059
LI (cm)	154.3 $\pm$ 56.8	224.9 $\pm$ 44.9	0.015
TA (cm <sup>2</sup> )	133.3 $\pm$ 94.7	273.4 $\pm$ 73.2	0.011
RMS (cm)	2.6 $\pm$ 1.1	4.1 $\pm$ 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 antero-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.

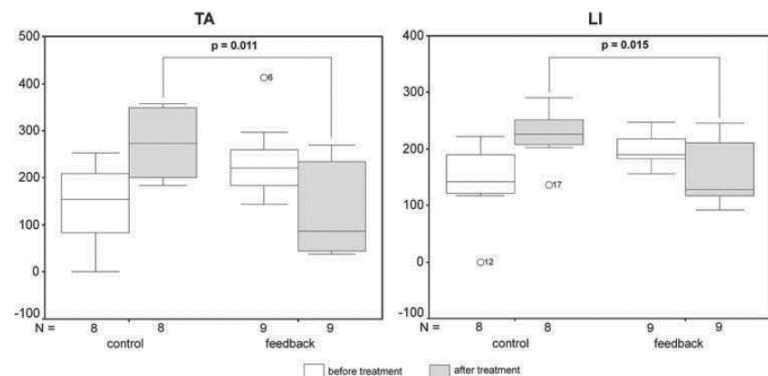
Reviewing the results, we found statistically significant improvement in 5 out of 7 CoP parameters ( $A_{ML}$ ,  $V_{AP}$ , LI, TA, RMS) during stance on foam surface with eyes closed after 10 day training period.

## Discussion

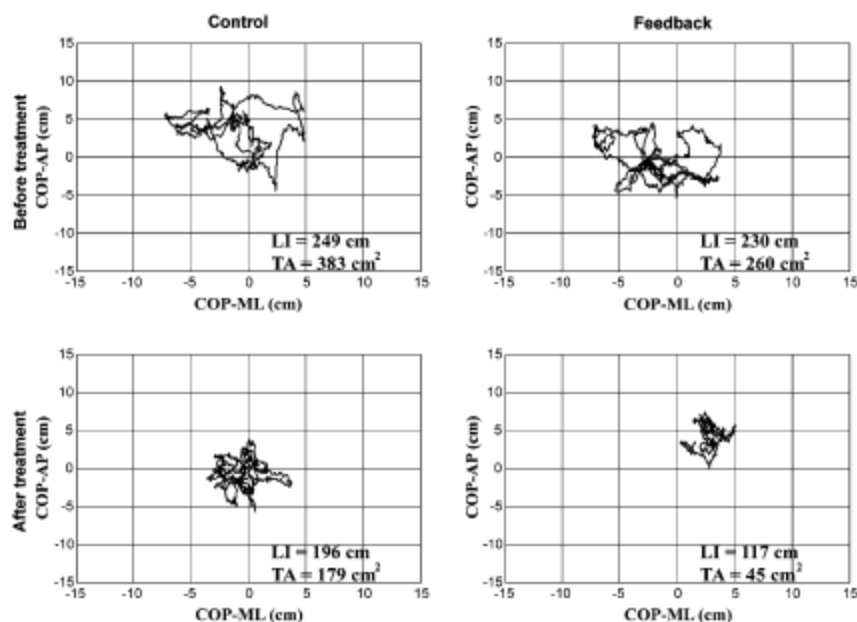
In this prospective study, we compared results of two different strategies for early vestibular rehabilitation after vestibular schwannoma surgery (visual feedback rehabilitation and standard physiotherapy rehabilitation). This study showed that after 2 weeks of exercises subjects receiving visual-based 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. NS9909-3. The authors thank Pavla Polechová for her contribution to this study.

## References

- Samii M, Gerganov V, Samii A (2008) Hearing preservation after complete microsurgical removal in vestibular schwannomas. *Prog Neurol Surg* 21:136–141
- Skrivan J, Zverina E, Beřka J, Kluh J, Kraus J (2004) Our surgical experience with large vestibular schwannomas. *Otolaryngol Pol* 58:69–72
- Lynn SG, Driscoll CL, Hamer SG, Beatty CW, Atkinson EJ (1999) Assessment of dysequilibrium after acoustic neuroma removal. *Am J Otol* 20:484–494
- Saman Y, Bamiou DE, Gleason M (2009) A contemporary review of balance dysfunction following vestibular schwannoma surgery. *Laryngoscope* 119:2085–2093
- Levo H, Blomstedt G, Pyykkö 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 trans-labyrinthine 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. **(IF: 1,314)**

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