

Vestibulární schwannom

MUDr. Lenka Peterková¹, MUDr. Zdeněk Fík, Ph.D.¹, prof. MUDr. Eduard Zvěřina, DrSc., FCMA¹, MUDr. Aleš Vlasák, Ph.D.², MUDr. Jan Lazák¹, MUDr. Vladimír Koucký¹, MUDr. Michaela Tesařová¹, MUDr. Rudolf Černý, CSc.³, MUDr. Zuzana Balatková, Ph.D.¹, prof. MUDr. Jan Betka, DrSc., FCMA¹

¹Klinika otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku 1. LF UK a FN Motol, Praha

²Neurochirurgická klinika dětí a dospělých 2. LF UK a FN Motol, Praha

³Neurologická klinika 2. LF UK a FN Motol, Praha

Vestibulární schwannom (VS) je intrakraniální benigní tumor vycházející ze Schwannových buněk vestibulární porce vestibulokochleárního nervu. Tento nádor tvoří 85 % tumorů mostomozečkového koutu. Vyrůstá v tzv. přechodové zóně vnitřního zvukovodu, odkud roste směrem k mozkovému kmeni a mozečku. Z toho lze vyvodit posloupnost příznaků, které se u pacienta rozvinou. Mezi jeho nejčastější projevy patří jednostranná porucha sluchu, ušní šelesty a poruchy rovnováhy. Ve většině případů je jeho růst pomalý. V naprosté většině případů (95 %) se jedná o sporadický typ nádoru, ve zbylých 5 % se pak jedná o dědičnou, autozomálně dominantní formu nádoru, která se vyskytuje především u neurofibromatózy 2. typu (NF2).

Klíčová slova: vestibulární schwannom, mikrochirurgie, lícní nerv, sluch, rehabilitace rovnováhy.

Vestibular schwannoma

Vestibular schwannoma (VS) is a benign intracranial tumor derived from myelinating Schwann cells of the vestibular division of the vestibulocochlear nerve. Vestibular schwannomas account for approximately 85 % of cerebellopontine angle tumors. It grows in the so-called transition zone of the internal auditory canal, from which it extends toward the brainstem and cerebellum. From this knowledge, the sequence of symptoms the patient develops can be deduced. The most common manifestations include unilateral hearing loss, tinnitus, and balance disorders.

In most cases, VS growth is slow. The vast majority of VS (95 %) occur as sporadic tumors, with the remaining 5 % occurring as part of an inherited, autosomal dominant form of VS, mainly found in patients with neurofibromatosis type 2 (NF2).

Key words: vestibular schwannoma, microsurgery, facial nerve, hearing, balance rehabilitation therapy.

Epidemiologie

Vestibulární schwannom (VS, archaicky neurinom akustiku) je benigní tumor vycházející ze Schwannových buněk vestibulární porce vestibulokochleárního nervu v místě junkce centrálního a periferního myelinu, nazývané Obersteinerova-Redlichova zóna. Přibližně 40 % VS vykazuje během následné dispenzarizace růst, vzhledem k aktuální rozlišovací

schopnosti magnetické rezonance (MRI) lze potvrdit růst při změně velikosti ≥ 2 mm/rok (Kim et al., 2021). Predikovat chování tumoru je však velmi obtížné vzhledem k jeho dosud neobjasněné patofyziologii (Reznitsky et al., 2021).

Současná incidence VS se udává 3–5 : 100 000 obyvatel/rok. Jedná se o značný nárůst oproti minulému století. Společně

DECLARATIONS:

Declaration of originality:

The manuscript is original and has not been published or submitted elsewhere.

Ethics approval and consent to participate:

The authors attest that their study is in compliance with human studies committees and animal welfare regulations of the authors' institutions as well as with the Food and Drug Administration guidelines, including patient consent where appropriate. The authors also declare that their paper is in accordance with the World Medical Association Declaration of Helsinki on Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects adopted by the 18th WMA General Assembly in Helsinki, Finland, in June 1964, with subsequent amendments, as well as with the ICMJE Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, updated in December 2018.

Conflict of interest and financial support:

Not applicable.

Consent for publication:

Not applicable.

Authors' contributions:

Not.

Cit. zkr: *Neurol. Praxi.* 2024;25(4):303-308

<https://doi.org/10.36290/neu.2024.055>

Článek přijat redakcí: 10. 4. 2023

Článek přijat k publikaci: 22. 5. 2023

MUDr. Lenka Peterková

lenkapeterkova2@gmail.com

Obr. 1. Asymetrická percepční nedoslýchavost vpravo (červeně) na tónovém audiogramu; levé ucho bez sluchové poruchy (modře)



Tab. 1. Klinické projevy VS dle četnosti výskytu

Ipsilaterální percepční nedoslýchavost	90 %
Tinitus	Doprovázející poruchu sluchu 55 % Samostatný 5 %
Poruchy rovnováhy – nestabilita či vertigo	50 %
Bolesti hlavy	15 %
Poruchy dalších hlavových nervů (n. V, n. VII)	vzácné

s incidencí vzrostl i průměrný věk v době stanovení diagnózy, ten se nyní pohybuje okolo 60 let. Naopak se snížila průměrná velikost nádoru a s ní i míra poruchy sluchu. To je dáno především zlepšujícími se diagnostickými metodami, lepší dostupností MRI či přísnější aplikací screeningových protokolů, než samotným zvýšením výskytu tohoto onemocnění. Dnes jsou již běžně diagnostikovány nádory velikosti pouhých několika milimetrů, které bývají vedlejším nálezem na MRI (Marinelli et al., 2019).

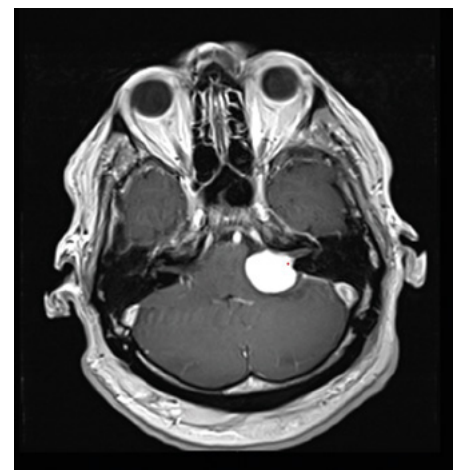
Klinické projevy

Spektrum klinických projevů vzniká útlakem sousedících hlavových nervů, ovlivněním jejich cévního zásobení, útlakem struktur mozečku a mozkomíšního moku. Nejčastějším příznakem bývá stejnostranná percepční porucha sluchu vyskytující se u více než 90 % pacientů. Ztráta sluchu bývá v počátcích nenápadná a může se poprvé projevit při telefonování či při zakrytí druhostranného ucha. Postupem času se u pacientů objevují obtíže s lokali-

zací zvuku a porozumění řeči v hlučnějším prostředí (Carlson et al., 2021). Jsou však popsány i případy náhlé ztráty sluchu jako prvního příznaku VS (Aarnisalo et al., 2004). Mezi další velmi časté příznaky patří tinnitus, poruchy rovnováhy či závratě. Tinnitus se vyskytuje až u 55 % pacientů a často doprovází sluchovou vadu (Sweeney et al., 2018). Obtíže ve smyslu vertiga či nestability udává přibližně 50 % pacientů. Tyto obtíže bývají mírného charakteru z důvodu postupné centrální vestibulární kompenzace. Při pokročilém stadiu však může dojít k závažnějším vestibulárním obtížím, které mohou mít trvalý charakter (Tab. 1) (Carlson et al., 2021).

Při postupující progresi nádoru dochází k obrně dalších hlavových nervů, mozečkovým příznakům a v poslední fázi může dojít až k syndromu nitrolební hypertenze. Ani velké nádory obvykle nevedou k patrné klinické dysfunkci lícního či trojklanného nervu. Pokud se takové nálezy vyskytnou, je vhodné zvážit alternativní diagnózu, jako jsou schwannomy vycházející z postižených hlavových nervů, meningeomy či metastázy.

Obr. 2. Zobrazení VS vpravo, dle Koose G4, MRI, T1W po podání kontrastní látky



Významnou skupinu pak tvoří asymptomatictí pacienti, u kterých byl VS náhodným nálezem na MRI (Goldbrunner et al., 2020).

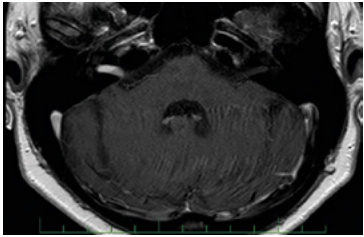
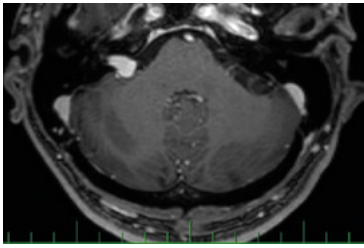
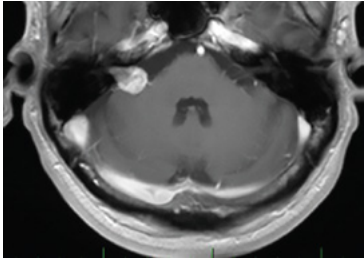
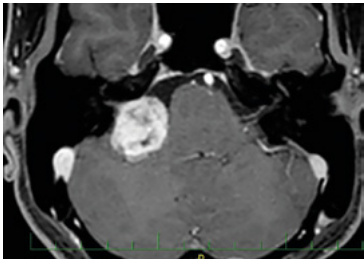
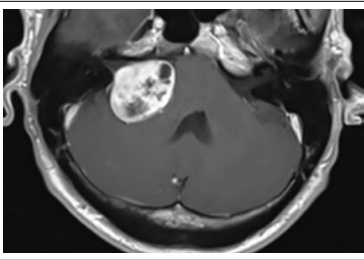
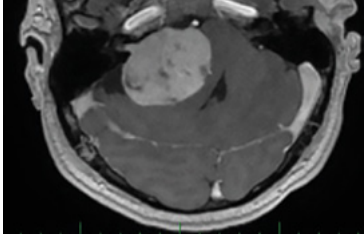
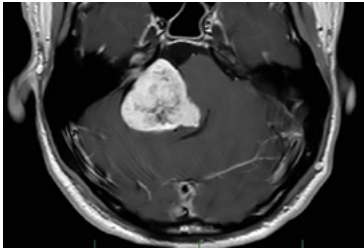
Diagnostika

Diagnostika VS se opírá především o klinické ORL vyšetření, včetně audiometrie a vyšetření kmenových evokovaných potenciálů (BERA), MRI se zaměřením na mostomozečkový kout a otoneurologické vyšetření k posouzení funkcí vestibulárního aparátu.

Prokázání asymetrické percepční nedoslýchavosti pomocí audiometrie je indikací k vyšetření BERA či MRI. Suspektním ukazatelem na tónové audiometrii je interaurální difference nad 10 dB na 2 frekvencích či více jak 15 dB na 3 kHz (Obr. 1). K potvrzení či vyloučení retrokochleární léze slouží BERA. Její senzitivita je však u nádorů pod 1 cm pouze 85 % a včasná MRI dává šanci na lepší funkční výsledky, proto je MRI metodou volby u suspektních nálezů (Koors et al., 2013). Nicméně je důležité si uvědomit, že pouze asi 3 % lidí s percepční asymetrickou poruchou sluchu má VS (Scholte et al., 2017).

MRI protokol zahrnuje standardní T1 a T2 vážené zobrazení. Na T2 obrazech se léze zobrazuje jako hypersignální k okolní mozkové tkáni, na T1 obrazech jako izosignální, se silným syčením nádoru po podání kontrastní látky (Obr. 2). MRI s kontrastní látkou je považována za zlatý standard při pravidelných dispenzárních kontrolách, je však možné ji nahradit MRI s vysokým rozlišením (HRT2) (Rosahl et al., 2017).

Tab. 2. Koos a INT klasifikace

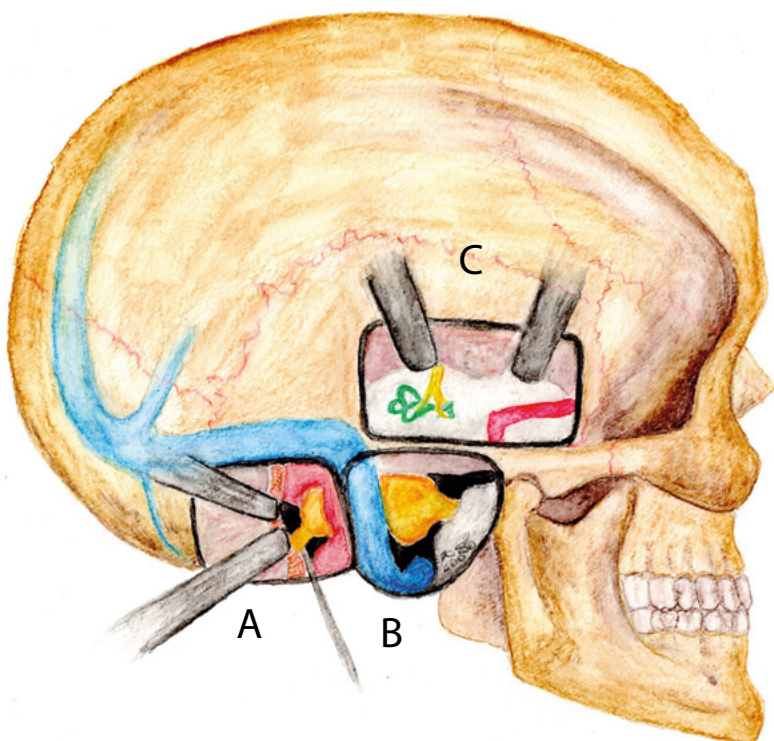
Koos klasifikace		INT klasifikace
I Intrameatální tumor		T0 Nemá extrameatální porci
II Tumor propagující se do MMK		T1 Max. extrameatální rozměr ≤ 10 mm
III Tumor vyplňující MMK		T2 Max. extrameatální rozměr 11–20 mm
IVa Tumor utlačující kmen/mozeček		T3 Max. extrameatální rozměr 21–30 mm
		T4 Max. extrameatální rozměr 31–40 mm
		T5 Max. extrameatální rozměr > 41 mm
IVb Tumor způsobuje syndrom nitrolební hypertenze		

MMK – mostomozečkový kout

Tab. 3. House-Brackmannova klasifikace, postižení funkce lícního nervu

I. st.	Normální funkce	normální funkce celé tváře
II. st.	Lehké postižení	tvář: slabost v tváři zřejmá pouze při bližším zkoumání, velmi jemná synkineze oči: oči lze s minimální snahou kompletně uzavřít ústa: lehká asymetrie úst
III. st.	Mírné postižení	tvář: zřejmá, nikoli však esteticky významná asymetrie tváří, synkineze je nápadná, ale ne těžká, v klidu možný hemifaciální spasmus nebo kontraktury oči: při vyvinutí úsilí lze oči kompletně uzavřít ústa: pouze lehká asymetrie pohybu při maximálním úsilí
IV. st.	Střední postižení	tvář: esteticky významná asymetrie, nebo zřejmé svalové oslabení v klidu oči: oči nelze kompletně uzavřít ústa: asymetrie pohybu při maximálním úsilí
V. st.	Těžké postižení	tvář: sotva znatelný pohyb tváře v klidu oči: oči nelze kompletně uzavřít ústa: možný pouze lehký pohyb
VI. st.	Úplné postižení	žádná funkce celé tváře

Obr. 3. Schéma operačních přístupů



A – retrosigmoidní subokcipitální, B – translabyrintální, C – subtemporální (Fik et al., 2020; Vestibulární schwannom Příručka pro praxi, dostupné na https://www.otorinolaryngologie.cz/content/uploads/2020/10/ppp_vestibularni_schwannom.pdf)

Spíše doplňkovou roli při diagnostice hraje počítačová tomografie (CT). Ta poskytuje užitečné předoperační informace stran anatomie skalní kosti, nicméně pro samotnou diagnostiku VS je toto vyšetření značně nespecifické a až 37 % nádorů může být přehlédnuto (Goldbrunner et al., 2020).

Pro správnou indikaci léčby a sledování vývoje VS byla navržena řada klasifikací. Nejvíce klinicky užívanou je klasifikace dle Koose, která dělí tyto nádory do čtyř skupin dle velikosti a šíření do mostomozečkového koutu (Erickson et al., 2019). Další klasifikací

je mezinárodně uznávaná INT klasifikace (Tab. 2) (Kanzaki et al., 2003).

Léčba

Léčba VS prošla za poslední dekády významným pokrokem, který vedl k zásadnímu snížení morbidit a téměř vymizení mortality. V dnešní době existují tři základní modalitely léčby pro pacienty s vestibulárním schwannomem, a to je observace („wait and scan“), mikrochirurgie či stereotaktická radioterapie. Indikační kritéria nejsou striktně dána a výsledná léčebná modalita se opírá o kombinaci

faktorů, jako je velikost tumoru, jeho biologické chování, funkční postižení, věk pacienta, jeho celkový zdravotní stav a vlastní preference. Pro pacienty s NF2 je rezervována biologická léčba protilátkou proti VEGF (vascular endothelial growth factor), Bevacizumab (Kim et al., 2020; Goldbrunner et al., 2020).

Metoda „wait and scan“ je volena u pacientů s menším nádorem a bez postižení sluchu či u polymorbidních pacientů, u nichž operace přináší příliš velká rizika, tedy u starších pacientů s nádory větších velikostí. Jedná se o metodu observace s pravidelnými dispenzárními kontrolami. První kontrolní MRI se provádí v odstupu 6 měsíců od diagnózy. Pokud v tomto intervalu nedojde k růstu nádoru, provádí se kontrolní MRI každoročně po dobu dalších 5 let, jelikož významný růst nádoru byl pozorován do 5 let od jeho diagnostikování (Hunter et al., 2016; Fik et al., 2023).

Další metodou je stereotaktická radioterapie, vyhrazená pro nádory do cca 30 mm. Preferovány jsou však nádory menší než 25 mm z důvodu minimalizace rizika způsobeného radiací (Carlson et al., 2021). Cílem této metody je zabránit růstu nádoru aplikací dostatečně vysoké dávky záření na jasně definovaný cíl za současného maximálního šetření zdravé tkáně. Jedním z nejčastěji využívaných typů u nás je Leksellův gamma nůž, případně CyberKnife – kybernetický nůž. Jejím výhodou je krátká doba léčby. Mezi nevýhody naopak patří pouhé zastavení růstu tumoru s vysoce pravděpodobnou ztrátou sluchu v následujících letech. Riziko recidivy je u této metody 3–10 % a následná záchranná chirurgie je vždy náročná (Coughlin et al., 2018; Johnson et al., 2019).

Poslední metodou volby je mikrochirurgická resekce. Cílem chirurgického řešení je radikální odstranění tumoru s minimálním poškozením okolních struktur. Výhodou mikrochirurgické resekce je, že ji lze použít u nádorů všech velikostí. Základními sledovanými parametry je funkce lícního nervu a pokus o zachování sluchu. Ve vztahu k možnému zachování sluchu rozdělujeme mikrochirurgické přístupy na sluch šetřící (retrosigmoidní, subokcipitální a subtemporální) a sluch nešetřící (translabyrintický) (Obr. 3) (Betka et al., 2014).

Kvalita života po mikrochirurgické resekci

Lícni nerv

Zachování funkce lícního nervu (n. VII) je kritickým měřítkem pro klinické výsledky léčby VS. Porucha jeho funkce představuje kromě závažných oftalmologických komplikací, které mohou vyústit až ve ztrátu zraku na postižené straně, také silný psychosociální problém. Funkce n. VII se nejčastěji klinicky hodnotí pomocí House-Brackmannovy (H-B) klasifikační stupnice (Tab. 4) (Sun et al., 2012).

Šance na zachování správné funkce n. VII záleží na volbě léčebné modalit. Pro malé a střední nádory jsou výsledky zachování funkce nervu srovnatelné (Yang et al., 2009). U mikrochirurgické resekce záleží především na velikosti tumoru, dále pak na věku pacienta, adhezii tumoru k okolním strukturám, poloze n. VII vůči tumoru a stimulačnímu prahu na konci výkonu. Zavedení peroperační monitorace nervu se stalo významným milníkem stran zachování správné funkce n. VII a nyní je již běžnou součástí při operacích VS (Gurgel et al., 2012).

Pokud už dojde k poranění n. VII, tak bychom se vždy měli pokusit o jeho rekonstrukci. N. VII jakožto periferní nerv má schopnost regenerace a rozsah jeho funkčního zotavení do značné míry závisí na místě a povaze jeho poranění. V případě viditelného přerušení n. VII během operace je snaha o rekonstrukci přímou anastomózou end to end či s využitím vmezeřeného štěpu. V momentě, kdy přímá anastomóza není možná, se využívá zkřížených anastomóz ve druhé době (např. anastomóza s n. hypoglossus). Mimo rekonstrukční chirurgie je z chirurgických přístupů možno také využít reanimace obličejové (Fík et al., 2017; Volk et al., 2010). Porucha funkce n. VII se může objevit bez ohledu na zachování anatomické kontinuity nervu. I v tomto případě je nutné zahájit podpůrnou fyzioterapii, prevenci a léčbu možných oftalmologických komplikací. Aktivní cvičení mimických svalů hraje důležitou roli při obnově funkce. Komplexní fyzioterapeutická péče zahrnuje také terapeutickou masáž, teplé obklady, lymfodrenáž či fototerapii (Flasar et al., 2017).

Sluch

Uchování sluchu je i přes veškerý pokrok v chirurgii baze lební stále velkou výzvou.

Souhrnná data ukazují, že trvalé uchování užitečného sluchu zůstává často nedosažitelným cílem a u většiny pacientů nakonec dojde ke ztrátě sluchu v důsledku onemocnění či následné léčby. Užitečný sluch ztratí do 10 let od diagnózy 50–75 % pacientů s VS, a to bez ohledu na volenou léčebnou modalitu (Carlson et al., 2018).

Ztráta binaurálního slyšení způsobuje zhoršené porozumění v hlučném prostředí a ztrátu stranové diskriminace, což je pro daného jedince silně hendikepující. Existuje několik možností rehabilitace sluchu (Drusin et al., 2019).

Mezi metody vyžadující chirurgickou intervenci patří především implantabilní korekční systémy obecně nazývané BAHD (Bone Anchored Hearing Device). BAHD se skládá ze sluchového procesoru spojeného s titanovým implantátem, který je pevně fixován v kosti. Zvuk je zachycen sluchovým procesorem a poté formou vibrací přenášen ze strany postiženého ucha na stranu ucha zdravého. Před samotnou operací se „na zkoušku“ často využívá kostní sluchadlo v podobě BAHA softband, kdy je zvukový procesor napojen na elastickou čelenku bez nutnosti chirurgické intervence (Bouček et al., 2016). Novým trendem a předmětem zkoumání je možnost kochleární implantace, je však proveditelná pouze u pacientů se zachovaným sluchovým nervem. Pro pacienty s oboustrannou hluchotou a nefunkčními/přerušenými sluchovými nervy je možné využít kmenový implantát (Wong et al., 2019).

Mezi nechirurgické metody patří konvenční sluchadla, která lze využít u pacientů s alespoň částečně zachovalým sluchem, dále již výše zmíněná BAHA softband, či tzv. CROS systémy (Contralateral Rounting of signals). Podstatou metody CROS je kompenzace sluchu pomocí kombinace dvou komunikujících sluchadel, kdy dochází k převedení zvuku ze sluchadla na postižené straně do sluchadla na straně zdravé. Mezi nevýhody této metody patří především změněná kvalita zvuku a nutnost využití sluchadla jak na postiženém, tak na zdravém uchu, což je pro mnoho pacientů neakceptovatelná překážka (Bishop et al., 2010).

Navzdory dostupnosti těchto metod nakonec využívá možnosti sluchové rehabilitace jen asi 20 % pacientů. Částečně kvůli omeze-

Obr. 4. Využití virtuální reality u pacientů po operaci vestibulárního schwannomu jako doplňku vestibulární rehabilitace



ním, které tyto technologie přinášejí, ale také proto, že se pacienti adekvátně adaptují na vzniklý sluchový deficit. Rozšířené poradenství a screening kvality života související se sluchem by mohl zvýšit využívání moderních technologií a zlepšit tak kvalitu života (Drusin et al., 2019).

Vestibulární rehabilitace

Intenzivní vestibulární rehabilitace je jedním ze základních aspektů v péči o pacienta s VS. U většiny pacientů dojde po resekci nádoru ke vzniku akutní periferní, či kombinované vestibulární léze projevující se převážně závratěmi a posturální nestabilitou, někdy doprovázená i vegetativními příznaky. Mezi významné faktory ovlivňující kompenzaci patří stav pacienta před operací, stav jeho vestibulárního aparátu a velikost tumoru. Cílem rehabilitace je pak posílení vlivu náhradních kompenzačních mechanismů, zraku a propriocepce, a tím urychlení centrální kompenzace. Důležitá je včasná rehabilitace pod vedením rehabilitačního pracovníka. V případě centrální léze nemusí dojít k plné kompenzaci. (Balatková et al., 2018).

Rehabilitace zahrnuje cviky zaměřující se na pohyby očí a posturální cvičení. Snaha je o co nejrychlejší opuštění lůžka, samostatnou chůzi a soběstačnost v běžných úkonech. Jednou z možností je využití tzv. virtuální reality (Obr. 4), která pomáhá pacientům při zvládnání dříve běžných, ale nyní problema-

tických situací, jako je jízda na eskalátorech či autem.

Při snaze o urychlení kompenzace lze před výkonem využít chemické vestibulární ablace, tzv. prehabituace. Transtympanální aplikací gentamycinu dojde k vyřazení funkce rovnovážného ústrojí na postižené straně a nastartování kompenzačních mechanismů již předoperačně (Balatkova et al., 2020).

LITERATURA

1. Aarnisalo AA, Suoranta H, Ylikoski J. Magnetic resonance imaging findings in the auditory pathway of patients with sudden deafness. *Otol Neurotol*. 2004;25(3):245-249. doi:10.1097/00129492-200405000-00008.
2. Balatková Z, Čada Z, Hrubá S, et al. Assessment of visual sensation, psychiatric profile and quality of life following vestibular schwannoma surgery in patients prehabilitated by chemical vestibular ablation. 2020;164(4):444-453. doi:10.5507/bp.2019.056.
3. Balatková Z, Černý R, Fík Z, et al. Faktory ovlivňující vestibulární kompenzaci u pacientů po operaci vestibulárního schwannomu. *Otorinolaryngologie a foniatrie*. 2018;67(4):91-94.
4. Betka J, Zvěřina E, Balogová Z, et al. Complications of microsurgery of vestibular schwannoma. *Biomed Res Int*. 2014;2014. doi:10.1155/2014/315952.
5. Bishop C, Eby T. The current status of audiological rehabilitation for profound unilateral sensorineural hearing loss. *Laryngoscope*. 2010;120(3):552-556. doi:10.1002/lary.20735.
6. Bouček J, Vokřál J, Černý L, et al. Baha jako možné řešení jednostranné hluchoty. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2016;79(3):324-330.
7. Carlson M, Link M Vestibular Schwannomas. Ingelfinger JR, ed. *New England Journal of Medicine*. 2021;384(14):1335-1348. doi:10.1056/NEJMr2020394.
8. Carlson M, Vivas E, McCracken D, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on Hearing Preservation Outcomes in Patients with Sporadic Vestibular Schwannomas. In: *Clinical Neurosurgery*. Vol 82. Oxford University Press; 2018:E35-E39. doi:10.1093/neuros/nyx511.
9. Coughlin A, Hunt A, Gubbels S. Is Hearing Preserved Following Radiotherapy for Vestibular Schwannoma? Published online 2018. doi:10.1002/lary.27421.
10. Drusin M, Lubor B, Losenegger T, Selesnick S. Trends in Hearing Rehabilitation Use Among Vestibular Schwannoma Patients. Published online 2019. doi:10.1002/lary.28316.
11. Erickson N, Schmalz P, Agee B, et al. Koos Classification of

Závěr

V posledních dekádách se diagnostika a léčba vestibulárních schwannomů značně změnila. Diagnostikujeme více menších nádorů a pozorujeme zvyšující se incidenci u starších pacientů. Mezi základní postupy patří observace, mikrochirurgie či stereotaktická radio-terapie. Léčebné algoritmy mimo radikalitu výkonu také často zohledňují lepší funkční

výsledek a preference samotného pacienta. Mezi zásadní otázky pak patří možnost zachování sluchu či poškození lícního nervu. Příčina vzniku a přesná patofyziologie na molekulární úrovni však zůstávají stále neobjasněny a ozřejnění těchto mechanismů by v budoucnu mohlo značně usnadnit rozhodování o léčebných postupech a otevřít tak dveře cílené terapii.

- Vestibular Schwannomas: A Reliability Study. *Clin Neurosurg*. 2019;85(3):409-414. doi:10.1093/neuros/nyy409.
12. Fík Z, Chovanec M, Zvěřina E, et al. Funkce lícního nervu po mikrochirurgické léčbě vestibulárního schwannomu. *Česká a slovenská Neurologie a Neurochirurgie*. 2017;80(5):545-551. doi:10.14735/amcsnn2017545.
 13. Fík Z, Vlasák A, Zvěřina E, et al. Which Epidemiological Characteristics Drive Decision Making in the Management of Patients with Vestibular Schwannoma? *Biomedicine*. 2023;11(2):340. Published 2023 Jan 25. doi:10.3390/biomedicine11020340.
 14. Flasar J, Volk G, Granitzka T, et al. Quantitative facial electromyography monitoring after hypoglossal-facial jump nerve suture. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*. 2017;2(5):325-330. doi:10.1002/liv2.95.
 15. Goldbrunner R, Weller M, Regis J, et al. Eano guideline on the diagnosis and treatment of vestibular schwannoma. *Neuro Oncol*. 2020;22(1):31-45. doi:10.1093/neuonc/noz153.
 16. Hunter J, Francis D, O'Connell B, et al. Single Institutional experience with observing 564 vestibular schwannomas: Factors associated with tumor growth. *Otology and Neurology*. 2016;37(10):1630-1636. doi:10.1097/MAO.0000000000001219.
 17. Johnson S, Kano H, Faramand A, et al. Long term results of primary radiosurgery for vestibular schwannomas. *J Neuro-oncol*. 2019;145(2):247-255. doi:10.1007/s11060-019-03290-0.
 18. Kanzaki J, Tos M, Sanna M, New and modified reporting systems from the consensus meeting on systems for reporting results in vestibular schwannoma. *Otol Neurotol*. 2003;24(4):642-649. doi:10.1097/00129492-200307000-00019.
 19. Kim G, Hullar T, Seo J. Comparison of balance outcomes according to treatment modality of vestibular schwannoma. *Laryngoscope*. 2020;130(1):178-189. doi:10.1002/lary.27830.
 20. Kim J, Cho Y. Growth of vestibular schwannoma: long-term follow-up study using survival analysis. *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163(8):2237-2245. doi:10.1007/s00701-

- 021-04870-8.
21. Koors P, Thacker L, Coelho D. ABR in the diagnosis of vestibular schwannomas: A meta-analysis. *American Journal of Otolaryngology – Head and Neck Medicine and Surgery*. 2013;34(3):195-204. doi:10.1016/j.amjoto.2012.11.011.
22. Marinelli J, Grossardt B, Lohse C, Carlson M. Prevalence of Sporadic Vestibular Schwannoma: Reconciling Temporal Bone, Radiologic, and Population-based Studies. *Otology & Neurology*. 2019;40(3):384-390. doi:10.1097/MAO.0000000000002110.
23. Profant O, Bureš Z, Balogová Z, et al. Decision making on vestibular schwannoma treatment: predictions based on machine-learning analysis. *Sci Rep*. 2021;11(1). doi:10.1038/s41598-021-97819-x.
24. Reznitsky M, Babel M, Petersen S, et al. The natural history of vestibular schwannoma growth-prospective 40-year data from an unselected national cohort. *Neuro Oncol*. 2021;23(5):827-836. doi:10.1093/neuonc/noaa230.
25. Rosahl S, Bohr C, Lell M, Hamm K, Iro H. Diagnostics and therapy of vestibular schwannomas – an interdisciplinary challenge. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. 2017;16:Doc03. doi:10.3205/cto000142.
26. Scholte M, Hentschel MA, Kunst HP, Steens SCA, Rovers MM, Grutters JPC. *Potential savings in the diagnosis of vestibular schwannoma*. Published online 2017. doi:10.1111/coa.12973.
27. Sun MZ, Oh MC, Safaei M, et al. Neuroanatomical correlation of the house-brackmann gading system in the microsurgical treatment of vestibular schwannoma. *Neurosurg Focus*. 2012;33(3). doi:10.3171/2012.6.FOCUS12198.
28. Volk GF, Pantel M, Guntinas-Lichius O. Modern concepts in facial nerve reconstruction. *Head Face Med*. 2010;6(1). doi:10.1186/1746-160X-6-25.
29. Wong K, Kozin ED, Kanumuri V, et al. Auditory brainstem implants: Recent progress and future perspectives. *Front Neurosci*. 2019;13(JAN). doi:10.3389/fnins.2019.00010.
30. Yang I, Sughrue ME, Han SJ, et al. Facial nerve preservation after vestibular schwannoma Gamma Knife radiosurgery. *J Neurooncol*. 2009;93(1):41-48. doi:10.1007/s11060-009-9842-