

Aleš Hahn

---

# Otoneurologie a tinitologie

2., doplněné vydání

---



## Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem partnerům, kteří se na financování této monografie podíleli, a umožnili tak její vydání. Další poděkování patří všem spolupracovníkům v nakladatelství Grada Publishing, kteří spojili své síly a invenci tak, že umožnili vznik této knihy.

Publikace nadále vznikla díky každodenní svědomité práci mých spolupracovníků, z jejichž výsledků jsem bohatě čerpal.

V neposlední řadě patří můj vřelý dík prim. MUDr. Evženovi Fabiánovi, CSc., s nímž jsem strávil desítky hodin při optimalizaci vzniklého díla, dále oponentům prof. Ivo Stárkovi a MUDr. Miroslavovi Procházkovi za jejich cenné připomínky.

Moje poděkování patří pochopitelně i manželce Daniele, dětem Josefíně, Barboře a Matějovi, kteří mě při práci vytvořili optimální rodinné zázemí.

Aleš Hahn

---

# Otoneurologie a tinitologie

2., doplněné vydání

---

**Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy**

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

**Doc. MUDr. Dr. med. Aleš Hahn, CSc.**

## **OTONEUROLOGIE A TINITOLOGIE**

### **2., doplněné vydání**

**Recenzenti:**

Prof. MUDr. Ivo Stárek, CSc.

MUDr. Miroslav Procházka

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2015

Cover Photo © allphoto, 2015

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 6073. publikaci

Odpovědná redaktorka PhDr. Alena Palčová

Sazba a zlom Josef Lutka

Obrázky dodal autor.

Počet stran 144 + 8 stran barevné přílohy

2. vydání, Praha 2015

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

***Autor a nakladatelství děkují společností ALFA CLASSIC, a.s., BTL zdravotnická technika, a.s., Carl Zeiss spol. s r.o., Dominik – CNC Heavy Machining s.r.o. a Schwabe Czech Republic s.r.o. za finanční podporu, která umožnila vydání publikace.***

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.*

*Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.*

ISBN 978-80-247-5890-9 (ePUB)

ISBN 978-80-247-5889-3 (pdf)

ISBN 978-80-247-4345-5 (print)

# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk</b> .....	<b>9</b>
<b>Předmluva ke 2. vydání</b> .....	<b>11</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Klinická anatomie rovnovážného ústrojí</b> .....	<b>15</b>
1.1 Vestibulární receptory .....	15
1.2 Vestibulární nerv a jádra, oční pohyby .....	16
1.3 Tractus vestibulospinalis .....	17
1.3.1 Tractus vestibulospinalis lateralis .....	18
1.3.2 Tractus vestibulospinalis medialis .....	18
1.4 Řízení očních pohybů a jejich poruchy .....	18
1.5 Neuronální spojení vestibulárního aparátu s centrálním nervovým systémem .....	19
1.6 Funkce mozečku .....	19
1.7 Projekce vestibulárního systému do mozkové kůry .....	21
<b>2 Vyšetřovací metody</b> .....	<b>23</b>
2.1 Anamnéza NODEC III .....	23
2.2 Audiometrické vyšetření .....	24
2.2.1 Tónový audiogram .....	24
2.2.2 Slovní audiogram .....	24
2.2.3 Nadprahová audiometrie .....	24
2.2.4 Impedanční audiometrie .....	25
2.2.5 Stapediální reflex .....	25
2.2.6 Objektivní kmenová audiometrie BERA .....	25
2.2.7 Otoakustické emise .....	26
2.3 Otoneurometrie .....	27
2.3.1 Elektronystagmografie .....	27
2.3.1.1 Kalibrace .....	29
2.3.1.2 Spontánní nystagmus .....	29
2.3.1.3 Kalorizace .....	30
2.3.2 Počítačové vyhodnocení elektronystagmogramu .....	34
2.3.2.1 Rotační test .....	36
2.3.2.2 Sinusový harmonický kývavý test, pendel test .....	38
2.3.3 Mapování elektrické aktivity mozku .....	38
2.3.4 Kraniokorpografie .....	41
2.3.4.1 Vyšetření chůze (Fukuda) .....	41
2.3.4.2 Vyšetření stoje (Romberg) .....	43
2.3.5 Posturografie .....	43
2.3.5.1 Metody hodnocení posturální kontroly na základě měření objektivních parametrů .....	44

2.3.5.2	Měření a parametry posturální kontroly .....	44
2.3.5.3	Určení místa těžiště .....	45
2.3.5.4	Faktory a proměnné ovlivňující posturální funkce ....	45
2.3.5.5	Vizuální vjem .....	47
2.3.5.6	Vestibulární vjem .....	47
2.3.5.7	Somatosenzorický vjem .....	48
2.3.5.8	Poloha chodidla .....	48
2.3.5.9	Vliv výšky a hmotnosti .....	48
2.3.5.10	Vyšetřování rovnováhy pomocí interaktivního balančního systému (TETRAX stabilometrie) .....	48
2.3.6	Vyšetření optokinetiky .....	65
<b>3</b>	<b>Periferní vestibulární syndrom (harmonický) .....</b>	<b>67</b>
3.1	Závratě .....	67
3.2	Nystagmus .....	67
<b>4</b>	<b>Centrální vestibulární syndrom (neharmonický) .....</b>	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>Zásadní postupy v otoneurologické léčbě .....</b>	<b>71</b>
5.1	Mobilizační a remobilizační léčba .....	72
5.2	Antivertiginóza .....	73
5.3	Vazoaktivní, reologická léčba .....	73
5.4	Neurotransmitery .....	74
5.5	Psychoterapie .....	74
5.6	Fyzioterapie .....	74
5.6.1	Vestibulární adaptace .....	74
5.6.2	Vestibulární habituace .....	75
5.6.3	Vestibulární kompenzace .....	75
5.6.4	Pohybový trénink – vestibulární habituace – vestibulární habituální trénink .....	75
5.6.5	Klasická rehabilitační léčba .....	76
5.7	Chirurgická léčba .....	76
5.7.1	Konzervativní chirurgická léčba .....	76
5.7.2	Radikální chirurgická léčba .....	77
5.8	Kompetitivní kinestetická terapie .....	77
5.9	Vizuovestibulární biofeedback .....	78
<b>6</b>	<b>Periferní poruchy rovnováhy .....</b>	<b>79</b>
6.1	Kořenové syndromy .....	79
6.1.1	Vestibulární neuritida (vestibulární schwannom) .....	79
6.1.2	Neurinom statoakustiku .....	80
6.1.2.1	Výskyt .....	80
6.1.2.2	Patofyziologické poznámky .....	80
6.1.2.3	Klinická symptomatologie .....	82
6.1.2.4	Komplikace .....	83

6.1.2.5	Diagnóza, diferenciální diagnóza .....	83
6.1.2.6	Léčba .....	84
6.2	Onemocnění labyrintu .....	84
6.2.1	Ménièreova choroba .....	84
6.2.1.1	Symptomatologie .....	84
6.2.1.2	Patofyziologie .....	84
6.1.2.3	Léčba .....	85
6.2.2	Akutní výpadek funkce labyrintu .....	87
6.2.3	Chronický výpadek funkce labyrintu – chronická kochleovestibulární nedostatečnost .....	87
6.2.4	Kraniotraumata .....	88
6.2.5	Kupulolitiáza .....	89
6.2.6	Perilymfatická píštěl .....	89
6.2.7	Labyrintová píštěl (fistula na laterálním kanálku) .....	90
6.2.8	Labyrintitida .....	91
6.2.9	Pásový opar v oblasti ucha .....	92
<b>7</b>	<b>Centrální poruchy rovnováhy .....</b>	<b>93</b>
7.1	Oční poruchy .....	93
7.2	Poruchy pontobulbární .....	95
7.2.1	Bárányho syndrom .....	95
7.2.2	Barréův-Charbonelův syndrom .....	95
7.2.3	Bruhnsův syndrom .....	96
7.3	Poruchy spinobulbární .....	96
7.3.1	Posturální deficit .....	96
7.4	Rovnovážné poruchy mezencefalické .....	96
7.4.1	Syndrom prodlouženého kmene mozkového .....	97
7.5	Rovnovážné poruchy mozečkové .....	97
7.5.1	Cerebelární ataxie .....	97
7.5.2	Akutní cerebelární ataxie .....	97
7.6	Supratentoriální rovnovážné poruchy .....	98
7.6.1	Vestibulární epilepsie .....	98
7.6.2	Supratentoriální centrální léze iritačního typu .....	98
7.7	Roztroušená skleróza mozkomíšní .....	98
7.8	Lymeská borrelióza .....	99
7.9	Vertebrobazilární insuficience .....	99
7.10	Whiplash injury .....	101
<b>8</b>	<b>Symptomatické poruchy rovnováhy .....</b>	<b>103</b>
8.1	Poruchy rovnováhy kardiovaskulárního původu .....	103
8.1.1	Synkopa .....	103
8.1.2	Ortostatická hypotenze .....	103
8.1.3	Wallenbergův syndrom .....	103
8.1.4	Syndrom AICA .....	103
8.2	Poruchy rovnováhy při diabetes mellitus .....	104

8.3	Hormonálně podmíněné vertigo .....	104
8.4	Poruchy rovnováhy a kraniotraumata .....	104
8.5	Toxická poškození CNS a poruchy rovnováhy .....	105
8.6	Poruchy rovnováhy při intoxikaci alkoholem .....	106
<b>9</b>	<b>Instabilita, závratě starých lidí .....</b>	<b>107</b>
<b>10</b>	<b>Psychogenní závratové stavy .....</b>	<b>109</b>
10.1	Agorafobie .....	109
10.2	Panický syndrom .....	109
10.3	Somatizační poruchy .....	109
10.4	Deprese .....	110
10.5	Hysterické záchvaty .....	110
10.6	Vestibulární příznaky neurotiků .....	110
10.7	Schizofrenie a poruchy rovnováhy .....	110
10.8	Hysterické záchvaty .....	110
<b>11</b>	<b>Kinetózy .....</b>	<b>113</b>
<b>12</b>	<b>Posuzování pracovní schopnosti u poruch rovnováhy .....</b>	<b>115</b>
12.1	Postup při posuzování pracovní neschopnosti .....	115
<b>13</b>	<b>Tinitus .....</b>	<b>117</b>
13.1	Objektivní a subjektivní tinitus .....	117
13.2	Diagnostika .....	119
13.3	Léčba .....	120
13.3.1	Farmakoterapie .....	120
13.3.2	Fyzikální léčba .....	121
13.3.3	Ostatní léčebné metody .....	122
13.3.4	Fyziatrická léčba a rehabilitace .....	122
13.3.5	Akustická neuromodulace .....	123
13.3.6	Vyhodnocení léčby tinitu .....	123
	<b>Přílohy .....</b>	<b>125</b>
	<b>Závěr .....</b>	<b>130</b>
	<b>Vybrané kazuistiky .....</b>	<b>131</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>137</b>
	<b>Rejstřík .....</b>	<b>143</b>
	<b>Souhrn/Summary</b>	



## Seznam použitých zkratk

aNM	akustická neuromodulace
BEAM	brain electrical activity mapping
BERA	brainstem evoked response audiometry
BPPV	benigní polohové vertigo
BTL	Beauty Line (název firmy)
CCG	kraniokorpografie
CNS	centrální nervový systém
CPG	posturografie
DSM	diagnostický a statistický manuál
EC	zavřené oči
EEG	elektroencefalografie
ENG	elektronystagmografie
EO	otevřené oči
FBLR	fyziatrie, balneologie a léčebná rehabilitace
FCP	final common pathway
FLM	fasciculus longitudinalis medialis
GABA	kyselina gama-aminomáselná
HB	retroflexe hlavy
HBO	přetlaková oxygen terapie kyslíkem
HF	předklon hlavy
HL	rotace hlavy doleva
HR	rotace hlavy doprava
IBC	interactive balance system
IEC	intra ear catheter
LLLT	low level laser therapy
NMR	nukleární magnetická rezonance
NYDIAC	počítačový program pro vyhodnocování nystagmů
OAE	otoakustické emise
ORL	otorinolaryngologie
PAN	postalkoholický nystagmus
PC	stoj na molitanovém polštáři – zavřené oči
PO	stoj na molitanovém polštáři – otevřené oči
PPRF	paramediální pontinní retikulární formace
RIDT	rotatory intensity damping test
SHA	sinusoid harmonic acceleration
SISI	short increment sensitivity index
SIT	subjektivní idiopatický tinitus
SPC	statistical process control
SPECT	single positron emission computer tomography
TDT	tone decay test
TEOAE	tranzitorní otoakustické emise
TETRAX	počítačová posturografie
TRT	tinnitus retraining therapy

TVL	tractus vestibulospinalis lateralis
TVM	tractus vestibulospinalis medialis
USCCG	ultrasonografická kraniokorpografie
WD	váhová distribuce
WDI	weight distribution index váhové rozložení
VHT	vestibulární habituační trénink

## Předmluva ke 2. vydání

Druhé, doplněné vydání vychází po více než 10 letech od vydání první monografie s názvem Otoneurologie.

Potřeba reedice byla vyvolána mj. skutečností, že monografie je již dlouhou dobu nedostupná, a rovněž i faktem, že naše současná populace vzhledem k věkovému rozložení vyžaduje stále více vyšetření a léčby závratí a přidružených problémů.

Rozvoj diagnostické techniky v oboru posuzování posturálních reflexů dal vzniknout nové kapitole zabývající se vyšetřováním stability pomocí počítačové posturografie TETRAX. Je zde prezentováno několik případů typických vzorců porušené stability poruch různých segmentů rovnovážného ústrojí a na několika případech je demonstrována dynamika porušení rovnováhy.

Některé kapitoly byly sdruženy, jiné naopak rozšířeny.

Poslední část monografie je věnována nitroušním šelestům – tinitu. Tento neblahý symptom zužuje kolem 10–15 % populace v industriálních zemích v Evropě, Asii a zámoří. Proto byl v publikaci podán rámcový přehled diagnostiky a nástin terapeutických možností.

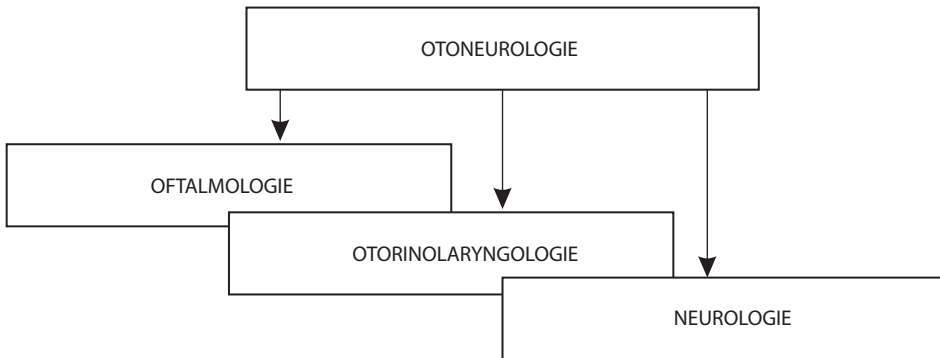
Je zdůrazněna komplexnost geneze tinitu, který nemusí být pouze projevem poškození vláskových buněk a z tohoto poznatku vyplývající potřeba multidisciplinárního přístupu k diagnostice a terapii.

Publikace je určena otorinolaryngologům, potřebné informace v ní mohou nalézt i lékaři příslušných hraničních disciplín. Může být i dobrou pomůckou pro studující medicíny, před atestační přípravou a v neposlední řadě určitým vodítkem pro práci praktického lékaře.



## Úvod

Závratové stavy jsou velmi častým steskem pacientů vyšších věkových kategorií, kteří přicházejí do našich ordinací. Příčina je velmi často komplexní a zřídka se dotýká pouze jedné lékařské disciplíny (obr. 1).



**Obr. 1** Otoneurologie jako mezioborová disciplína

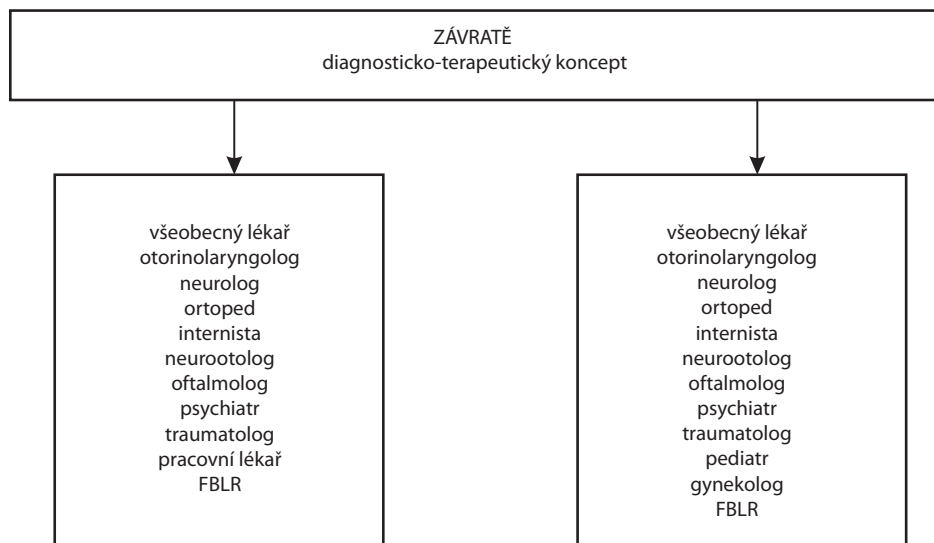
Pacient trpící závratěmi je zpravidla multimorbidní a jeho smyslové poruchy jsou ponejvíce mnohotné, nemívá tedy pouze závratě, ale i různý stupeň poruchy sluchové, zrakové, chuťové a čichové. Účelem monografie není pouze pojednání o poruchách smyslů, ale i podání stručného nástinu klinické anatomie, dále vyšetřovacích metod charakterizujících jejich diagnostiku, stanovení topika a cílené léčby tak, aby čtenář získal ucelený obraz problematiky.

V první části monografie jsou popsány zásady vyšetřovacích technik i odlišení periferních a centrálních poruch rovnováhy, na které je především předkládaná publikace zaměřena.

Další část je speciální. Jsou v ní detailněji probrány jednotlivé typy periferních vestibulárních poruch a jejich diagnostika, která se opírá o jejich symptomatologii. Závěrečná část publikace je věnována tinitu. Nedílnou součástí knihy je i doporučení léčby – jakkoli je stanovení jednotného a univerzálně platného léčebného schématu u většiny rovnovážných poruch obtížné.

O poruchách dalších smyslů oborově nahlížejících do ORL je pojednáno pouze informativně, respektive v souvislosti s jejich možným současným výskytem se závratěmi (např. poruše sluchu jako součástí Ménièreovy choroby).

Knihy je určena nejen lékařům otolaryngologům a neurologům, ale rovněž internistům, praktickým lékařům, ortopedům, rehabilitačním lékařům i dalším kolegům, kteří ve své praxi přicházejí do styku s pacienty, kteří si stěžují na závratě. Obrázek 2 znázorňuje multidisciplinární problematiku závratí.



FBLR – fyziatrie, balneologie, léčebná rehabilitace

**Obr. 2** Lékařské obory a závratě

# 1 Klinická anatomie rovnovážného ústrojí

Rovnovážné ústrojí má u člověka tři základní funkce:

- přenos informací z vestibulárního systému vnitřního ucha k těm částem centrálního nervového systému, které jsou zodpovědné za kontrolu spinálních reflexů a které zpětně nastavují muskulární aktivitu, čímž zajišťují vzpřímené držení těla;
- vedení vestibulárních informací ke kontrolním centřům očních pohybů; tím je stabilizována pozice očí během pohybu hlavy, což umožňuje redukování posunu fixovaného bodu na sítnici;
- vedení vestibulárních informací k posturálním svalům a vnímání i zpracování zpětných informací od nich.

Reakce uvedených struktur podílejících se na zajištění rovnováhy jsou zpětno-vazební. Rovnovážné ústrojí zajišťuje rovnováhu a hraje velkou roli v subjektivním prožívání pohybu a orientaci v prostoru. V této části knihy je podán stručný přehled anatomických spojení v oblasti vestibulárních receptorů.

## 1.1 Vestibulární receptory

Vestibulární receptory jsou lokalizovány v horní části blanitého labyrintu, v oblastech vestibulu a polokruhových kanálců, kde je situováno pět vlastních čivných elementů rovnovážného ústrojí: utriculus a sacculus se statickými makulami a tři polokruhové kanálky s kristami v jejich ampulární části (obr. 3, 4a a 4b v barevné příloze).

Makuly reagují na lineární zrychlení, ampuly v polokruhových kanálcích jsou stimulovány úhlovým zrychlením.

Rozeznáváme dva druhy vláskových buněk: typ I a typ II. Vláskové buňky typu I jsou citlivější než vláskové buňky typu II.

Apikální konec nese váček s asi čtyřiceti stereociliemi. Základ tohoto váčku tvoří tvrdá kutikula. Stranou od těchto stereocilií jsou ještě kinocilie. Jsou-li stereocilie ohnuty směrem ke kinociliím, jsou vláskové buňky depolarizovány, a tak stoupá jejich náboj (potenciál). Pohyb proti stereociliím pak vede k tzv. hyperpolarizaci a poklesu jejich aktivity.

Vláskové buňky makul a krist mají zkřížené a přímé spojení ve vláskových buňkách auditivních a vestibulárních receptorů.

Vestibulární vláskové buňky mají ještě řadu horizontálních spojení bezprostředně pod jejich připojením ke kutikulární destičce. Na povrchu membrán je podél stereociliární vrstvy charakteristická vrstva s větší denzitou.

Vláskové buňky v kristách jsou obaleny gelatinózní substancí. Angulární zrychlení v rovině polokruhových kanálců způsobuje, že se tekutina v duktu tlačí na kupulu, a tak jsou stimulovány aferentní dráhy.

Vláskové buňky v makulách jsou v gelatinózní otolitické membráně. Ta má na horní ploše tzv. otokonie (krystaly uhličitanu vápenatého). Otolitická membrána se pohybuje paralelně s lineárním zrychlením. Makuly utrikulu jsou horizontální a jsou stimulovány pohybem v této rovině, zatímco makuly v sakulu jsou vertikální a jsou stimulovány pohybem vertikálním.

## 1.2 Vestibulární nerv a jádra, oční pohyby

Osmý hlavový nerv tvoří aferentní dráhy od vestibulárních a kochleárních receptorů blanitého labyrintu, které začínají již ve vláskových buňkách. Tyto buňky jsou specifické, pseudosmyslové a jsou spojeny preganglionárními synaptickými fibrilami. Od těchto synapsí, umístěných okolo vnějších vláskových buněk, probíhají fibrily mediálně podél bazilární membrány. Vláškové buňky jsou elementární sensorické měniče signálů labyrintu. Vlastní signály z vestibulárního labyrintu jsou vedeny bipolárními neurony ke čtyřem párovým vestibulárním jádrům uloženým na spodině čtvrté komory (Jian et al., 2002). Tato oblast již patří k centrální části rovnovážného ústrojí (tj. čtyřem párovým vestibulárním jádrům na spodině čtvrté komory). Od této mediální nukleární oblasti pak odstupují vzestupné a sestupné dráhy do dalších anatomických struktur, které se podílejí na udržování rovnováhy. K těmto drahám patří:

- dráha okulovestibulárního (nystagmického) reflexu,
- vestibulocerebelární dráhy,
- vestibulospinální dráhy,
- vestibulokortikální dráhy,
- vestibulární část VIII. hlavového nervu,
- cerebelovestibulární spojení,
- cervikovestibulární spojení,
- kortikovestibulární spojení,
- spojení k diencefalu,
- spojení k ostatním kraniálním nervům,
- spojení s kontralaterálními homonymními vestibulárními jádry.

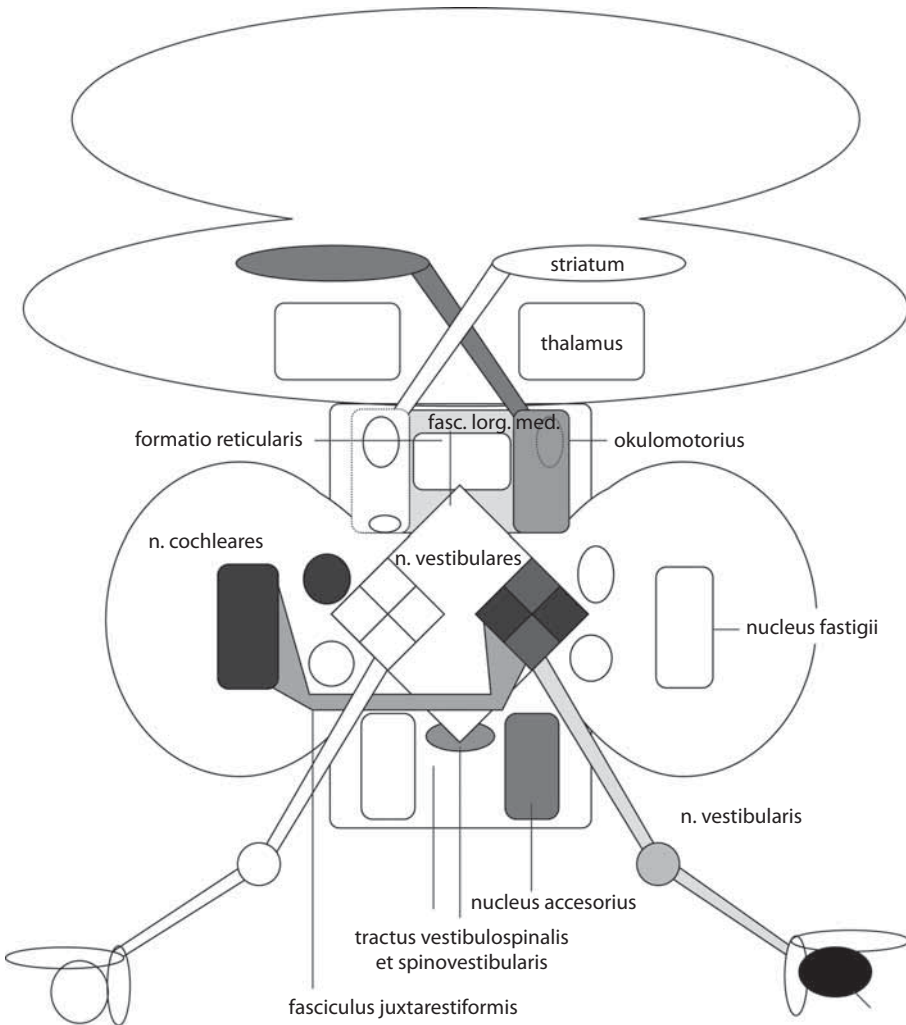
Toto jsou základní anatomická spojení. Kromě nich existují ještě mnohá další – jejich detailní popis není cílem této publikace.

Mozek člověka se skládá z velkého a malého mozku a mozkového kmene. Vestibulární systém je zastoupen ve všech těchto částech. Na různých úrovních probíhají neustálé multisenzorické interakce, pro něž jsou zásadní informace od vlastního vestibulárního end orgánu ukrytého v horní části blanitého labyrintu, od systému propioceptivního a očního. Z těchto anatomických struktur odstupují vzestupné a sestupné dráhy do dalších, které se podílejí na udržování rovnováhy.



### 1.3 Tractus vestibulospinalis

Rozeznáváme tractus vestibulospinalis lateralis a tractus vestibulospinalis medialis. Tyto nervové dráhy umožňují kontrolu svalové orientace v oblasti krku a hlavy, kontrolují a řídí tonus posturálních svalů (viz dále) a jsou důležité při regulaci rovnováhy a držení těla (obr. 5).



Obr. 5 Schematické zobrazení rovnovážného ústrojí

### 1.3.1 Tractus vestibulospinalis lateralis

Tractus vestibulospinalis lateralis (TVL) odstupuje primárně od Deitersova jádra a je somatotopicky organizován. Projekce od Deitersova jádra probíhá celou páteří a má rovněž spojení s vermis cerebelli (jak aferentními, tak eferentními fibrilami). Hlavní úloha, kterou TVL má, je kontrakce extenzorů a relaxace flexorů krku, trupu a dolních končetin. Tak je zajištěna regulace rovnováhy a kontrola držení těla.

### 1.3.2 Tractus vestibulospinalis medialis

Tractus vestibulospinalis medialis (TVM) se skládá z myelinizovaných vláken, která se nalézají ve střední části mozkového kmene a pod ním. Tato dráha zasahuje kranálně až do intersticiálního jádra. Od ní probíhá dráha středním mozkem k mostu a ke kranální části prodloužené míchy. TVM má velmi úzké vztahy k jádrům III., IV. a VI. hlavového nervu (část okulovestibulárního reflexního oblouku), dále k dorzálnímu kochleárnímu jádru a ke XII. nervu. Tak je vytvořena dráha z fibril od jednoho jádra hlavového nervu ke druhému v oblasti mozkového kmene. Kontinuita TVM s předním intersegmentálním traktem míšním umožňuje spojení těchto jader s krčními předními šedými fascikly, a to zejména s těmi, které inervují krční svalstvo. Čtyři vestibulární jádra přinášejí základní informaci k TVM, který realizuje a kontroluje koordinované pohyby očí a hlavy v relaci se stimulací vestibulárních nervů. Některé fibrily procházejí prostřednictvím TVM až do thalamu.

## 1.4 Řízení očních pohybů a jejich poruchy

V zásadě existují dva druhy očních pohybů: pomalé pohyby – sledovací a rychlé pohyby – sakády.

Má-li člověk pohybující se předměty vnímat, musí se mu zobrazit v bodě nejostřejšího vidění, tzv. fovea centralis. K tomu slouží pomalé oční pohyby. Když sledujeme nový cíl, musí se i tento cíl zobrazit v oblasti fovea centralis. K této pohledové přeorientaci slouží rychlé oční pohyby.

Koordinace obou očí, umožňující jejich pohyb s velmi přesnou a jemnou modulací, je uložena v paramediální pontinní oblasti retikulární formace (PPRF). Toto supranukleární pohledové centrum je situováno vpravo a vlevo od střední oblasti retikulární formace v oblasti Varolova mostu. K jemným horizontálním očním pohybům dostává pohledové centrum impulzy z oblasti velkého mozku. Podněty pro vyvolání sakadických pohybů se generují v premotorické oblasti frontálního zrakového pole parietofrontálního laloku.

Impulzy pro pomalé sledovací pohyby vycházejí z okcipitálního kortexu. Sakadický systém probíhá z premotorické frontální oblasti přes přední kličku capsula interna k mezimozku. Zde se pak sbíhají zkřížené dráhy ve výši n. oculomotorius a n. trochlearis a mají polysynaptické spojení se supranukleárním pohledovým centrem paramediální oblasti retikulární formace.

## 1.5 Neuronální spojení vestibulárního aparátu s centrálním nervovým systémem

Vzoroky impulzů vznikající v rovnovážném ústrojí zpracovává a upravuje fossa rhomboidea. Jádra statoakustického systému zde vstupují do zmnožených integračních neuronů retikulární formace. Systém svazků běžících retikulárních formací probíhá v síťovitém uspořádání dále rostrálně do thalamu.

Z cytoarchitektonických a funkčních důvodů je možné rozdělit retikulární formaci na tři longitudinální zóny (sloupce). V úhlu mostomozečkovém, laterálně od fossa rhomboidea jsou vestibulární části VIII. hlavového nervu. Vestibulární část VIII. nervu je rozdělena do skupiny čtyř jader, do tzv. area vestibularis, a vytváří svazečky jednak sestupné, jednak vzestupné. V těchto jádrech jsou lokalizovány převodní systémy, které spojují vestibulární informace s extrapyramidovým motorickým systémem, a podstatně tak slouží k udržení vzpřímeného držení těla. Z vestibulární nukleární oblasti odstupuje fyziologicky starý, poměrně tenký svazek k vestibulární části mozečku (tzv. přímá senzorická dráha mozečku). Z vestibulárních nervů též odstupují eferentní dráhy k míše (tractus vestibulospinalis).

Informace pocházející z labyrintů modulovaných vestibulárními jádry jsou poté zpracovávány v malém mozku, aby byla modifikována opěrná i cílová motorika a pohybové programy. Určité dráhy z nucleus vestibularis inferior a nucleus vestibularis inferior medialis probíhají k fasciculus longitudinalis medialis jako tzv. tractus vestibularis spinalis medialis směrem k horní hrudní míše. Svaly krku, horních končetin a horní části trupu reflektoricky kontroluje vestibulární aparát.

## 1.6 Funkce mozečku

Mozeček má mnoho důležitých funkcí při kontrole vzpřímené pozice, normálního tonu svalů, skeletu a udržování tělesné rovnováhy. Moduluje inervační aktivitu jednotlivých pohybů a jejich průběh, kontroluje a optimalizuje opěrnou motoriku, prostřednictvím kybernetických spojů „přepočítává“ společný účinek opěrné a cílové motoriky a slouží k jemnému nastavení rychlé cílové motoriky. Mikroskopický obraz mozečku ukazuje jeho vrstevnatou stavbu. U dospělého člověka dosahuje díky četným záhybům plochy 1000–1600 cm<sup>2</sup>. V mediálních řezech připomíná jeho sestavení tzv. arbor vitae. Povrch malého mozku dělíme na tři části:

1. zevní vrstvu, asi 1 mm silnou, tzv. molekulární (stratum moleculare),
2. zrnitou vrstvu (tzv. stratum granulosum),
3. oblast Purkyňových buněk (stratum ganglionare).

Tyto vrstvy tvoří neurony a glie. Nejbohatší na buňky je vrstva zrnitá – buněčné elementy jsou zde v těsném sousedství. Těla buněk jsou uspořádána do neuropilových struktur (demyelinizované axony, dendrity a gliové buňky tvořící synapticky hustou oblast s relativně malým počtem buněčných těl), do tzv. parenchymatózních ostrůvků, v nichž jsou propojeny jejich dendrity. Pravidelně rozdělené, stejně dlouhé Purkyňovy buňky jsou překvapivě dlouhé hruškovité elementy se šířkou 30–35  $\mu\text{m}$  a výš-

kou 50–70  $\eta$ M. Jejich báze je otočena směrem k zrnité vrstvě. Dendrity Purkyňových buněk jsou hojné a tvoří prakticky vrstvu zasahující až do povrchu malého mozku. Na podráždění, změnu polohy a zrychlení reagují Purkyňovy buňky velmi specificky. Mají klidovou frekvenci 10–80 impulzů za sekundu a mohou reagovat i na minimální podněty. Mají také velmi silnou frekvenční modulační schopnost.

Toto cytoarchitektonické uspořádání zajišťuje, že mozeček se především uplatňuje v trojdimenzionálním prostoru, tzn. jak celulární, tak neuronální vrstva mají trojrozměrné uspořádání.

Integrace a koordinace malého mozku s ostatními smyslovými orgány a motorickými centry se účastní nejen vestibulární orgány a mozeček, ale i bazální ganglia, thalamus a ostatní subkortikální centra, jejichž spojení pomocí aferentních drah teprve umožňuje provedení cílených pohybů. Cílová motorika se naopak musí na úrovni mozkového kmene úzce spojovat s opěrnou motorikou, protože každý cílený pohyb je zajištěn pouze za předpokladu nového nastavení opěrné motoriky.

Mozeček reguluje nejen rozdělení tonu všech svalů, ale rovněž ovlivňuje reflexní mechanismus centrálního nervového systému (CNS). Vzpřímená chůze člověka vede k měnícímu se působení asymetrických sil na páteř s velkým úhlovým zrychlením ve vertikální ose – to musí být vyrovnáno protipohyby paží a ramen. Eferentní tlumící mechanismy, které jsou odpovědné za řádnou činnost CNS, mohou přímo zasahovat do vestibulární jaderné oblasti. Je třeba mít na paměti, že tyto neuronální funkční mechanismy jsou zvláště citlivé na nedostatečné zásobení kyslíkem a na poškozující noxy.

Aktivní oční motorika a chtěné pohyby očí a i končetin patří k vyšším integrovaným výkonům CNS. Tzv. instinktivní pohybové šablony opticko-vestibulárního reflexu dostávají kromě výše zmíněných impulzů také impulzy z jaderné oblasti retikulární formace a rovněž doplňkovou aferentaci z míchy a malého mozku. Vestibulární jádra obou stran jsou spojena komisurálními svazky.

Morfologické základy očních pohybů popsal v roce 1950 maďarský anatom Szenta-gothai. Z těchto základů mohou být objasněny regulační mechanismy očních pohybů a jejich funkční spojení s vestibulárním ústrojím. Když se pohybujeme nebo otáčíme, dochází u nepohybujících se očí na sítnici k pohybu obrazu okolního světa, čímž se vlastně vyvolává vnímání neostrého obrazu podobného obrazu ze špatně zaostřené kamery. Centrální nervový systém působí proti tomuto jevu kompenzačně, takže dochází k fixaci očí směrem proti pohybu. Účelem kompenzace je, aby obrázek zůstal na sítnici stabilní a ostrý. Jelikož se oko libovolně neotáčí, dochází přitom k rychlému zpětnému pohybu a celý cyklus se opakuje. Tyto oční pohyby jsou označeny jako nystagmus (obr. 6).

To znamená, že nystagmus je viditelným výrazem biologického regulačního systému těla, přičemž otáčení hlavy je kompenzováno protipohybem očních bulbů. Všichni živočichové s pohyblivými očima vykazují nystagmus, který je neurofyziologický a označujeme ho jako vestibulookulární reflex. Při rotaci hlavy leží oblast primárního podráždění v polokruhových kanálcích vestibulárního aparátu. Odtud se signalizuje rotační zrychlení centrálního nervového systému. Zde se také informace o zrychlení zpracovávají a dále předávají eferentně jako regulační signály do okolních svalů (obr. 6).