



Příručka pro praxi:

TYMPANOMETRIE

MUDr. Michal Homoláč^{1,2} | doc. MUDr. Martin Chovanec, Ph.D., MHA³ | MUDr. Dominik Tichý⁴ | Ing. Pavla Krejzlová¹ | Ing. Silvie Kovalová¹

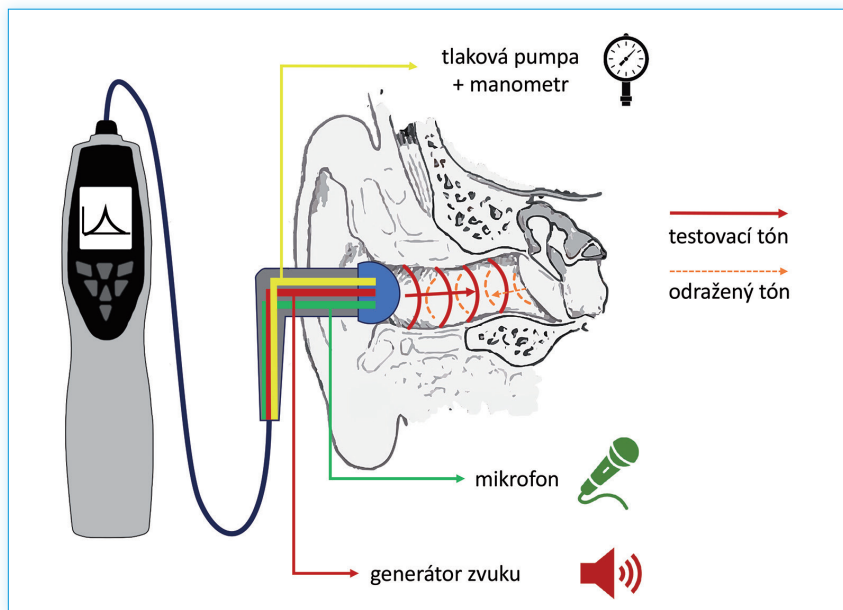
¹Klinika otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku, Fakultní nemocnice Hradec Králové | ²Univerzita Karlova, Lékařská fakulta v Hradci Králové | ³Otorinolaryngologická klinika, Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Univerzita Karlova, 3. lékařská fakulta | ⁴Klinika otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku, FN Ostrava, Katedra kraniofaciálních oborů, Lékařská fakulta, Ostravská Univerzita

Definice, základní pojmy

- tympanometrie (TM) = impedanční audiometrie
- podstatou je měření akustického odporu (impedance) převodního systému ucha (bubínku a řetěz kůstek)
- objektivní audiologická metoda

Princip měření

- zavedení sondy do zevního zvukovodu a hermetické uzavření zvukovodu (obr. 1)
- generování testovacího tónu (např. 226 Hz, intenzita 85 dB)
- zachycení zvukových vln odražených od bubínku mikrofonom (výpočet compliance = poddajnosti*)
- regulace tlaku v zevním zvukovodu (obvykle v rozmezí -600 daPa až +300 daPa)
 - při vyrovnání tlaku středouší a tlaku v zevním zvukovodu je převodní systém (zejména bubínek) nejvíce pohyblivý
- výsledek měření
 - tympanogram = graf závislosti poddajnosti (osa y) na tlaku (osa x) (obr. 2)
 - kvantitativní měřené hodnoty (tab. 1)



Obr. 1: Princip tympanometrického vyšetření

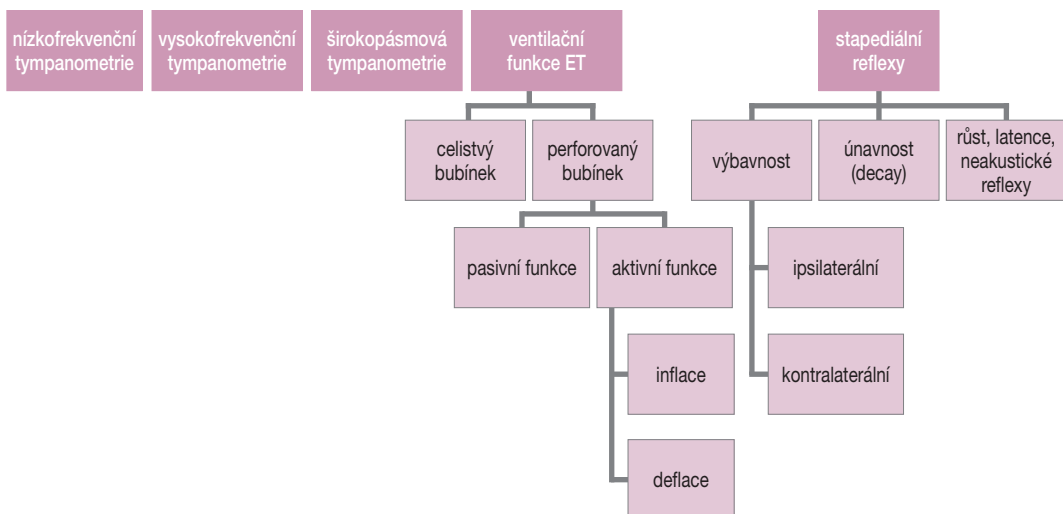
Indikace a limitace tympanometrie

Indikace	Limitace
zhodnocení tlakových poměrů ve středouší a obsahu středouší (např. vzduch, tekutina)	nepodává přesnou informaci o sluchovém prahu ani etiologii onemocnění
vyšetření ventilační funkce Eustachovy trubice	nehodná u bolestivých onemocnění ucha a zlomenin spánkové kosti
zhodnocení dráhy stapediálního reflexu	nižší senzitivita a specifická nízkofrekvenční TM u dětí do 7 měsíců
ostatní (zhodnocení stavu bubínku a řetězu kůstek, ...)	technické faktory (např. špatné nasměrování sondy, nedostatečné utěsnění zvukovodu, pláč, pohyb)

Před vyšetřením je nutné vyloučit

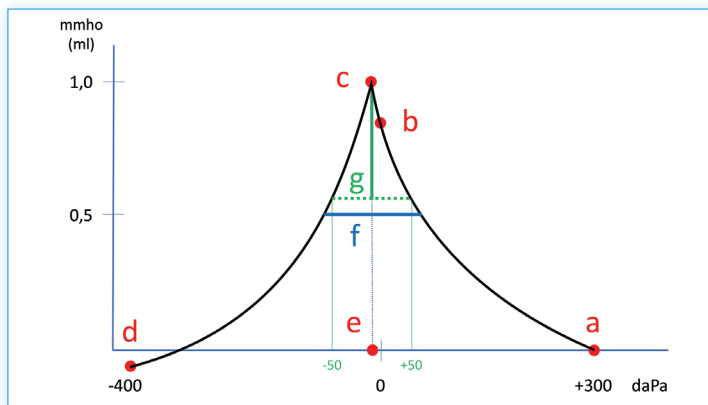
- obstrukci zevního zvukovodu (cerumen, cizí těleso, zánět, ...)
- výtok v zevním zvukovodu (hrozí ucpání sondy)
- perforaci bubínku (kromě vyšetření funkce sluchové trubice při perforaci)
- stav po nedávné tympanoplastice, zlomeninu laterální baze lební

Rozdělení tympanometrických metod



Nízkofrekvenční tympanometrie

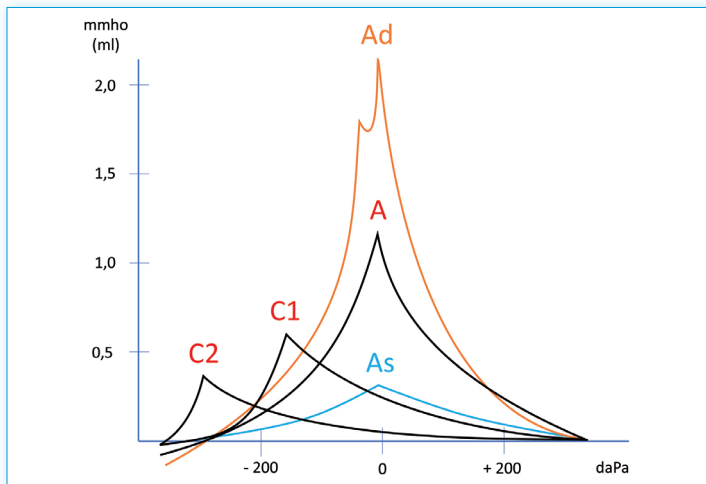
- testovací tón o frekvenci 226 Hz (220 Hz)*
- v současnosti nejčastěji využívaná
- univerzálně vhodná pro pacienty od 7 měsíců věku
- možnost snadné kvalitativní interpretace křivek např. dle Jergerovy klasifikace (tab. 1 a obr. 3, 4)
- snadnější kalibrace



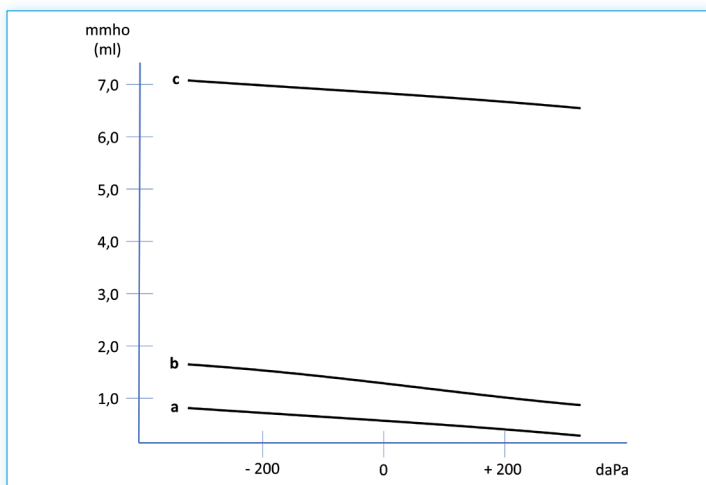
Obr. 2: Fyziologická tympanometrická křivka. Zvýrazněné hodnoty: a – pozitivní konec, b – poddajnost při atmosférickém tlaku, c – vrcholová poddajnost, d – negativní konec, e – vrcholový tlak, f – šířka tympanometrické křivky, g – gradient.

Tab. 1: Klasifikace tympanometrických křivek (dle Jergera)

Typ	Vrcholová poddajnost	Vrcholový tlak	Objem zevního zvukovodu	Charakteristika
A	děti: 0,2 až 1,0 ml dospělí: 0,3 až 1,5 ml	děti: +30 až -75 daPa dospělí: +5 až -99 daPa	děti 3–10 let: 0,6 až 1,2 ml dospělí: 0,8 až 2,2 ml	fyzilogický nález
C1	normální/snížená	> -200 daPa	normální	podtlak ve středouší (vzduch)
C2	normální/snížená	< -200 daPa	normální	podtlak (tekutina ± vzduch) ve středouší
B	není měřitelná (plochá křivka)	není měřitelný	a – abnormálně malý	a – cerumen obturans
			b – normální	b – výpotek
			c – abnormálně velký (viz obr. 4)	c – perforace bubínku nebo špatně těsnící sonda
As	< 0,3 mmho	normální	normální	suspektní otoskleróza, tympanoskleróza, fixace kůstek
Ad	> 1,6 mmho (často více vrcholová)	normální	normální	suspektní přerušení řetězce kůstek, atrofie bubínku



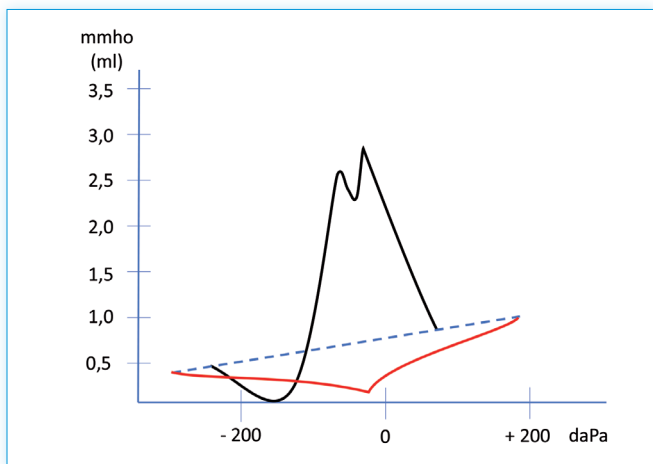
Obr. 3: Kvalitativní hodnocení tympanometrických křivek dle Jergera.



Obr. 4: Bezvrcholová tympanometrická křivka (typ B dle Jergera). Možné varianty (viz tab. 1).

Vysokofrekvenční tympanometrie

- testovací tón o frekvenci 1 000 Hz
- vyšší senzitivita a specifita vyšetření převodní nedoslýchavosti u dětí do 7 měsíců věku z důvodu rozdílných anatomických a fyziologických parametrů zevního a středního ucha
- složitější interpretace výsledných tympanometrických křivek
 - může být více vrcholová křivka
 - standardní kvalitativní hodnocení často nedostatečné
 - velké rozmezí normálních hodnot
 - alternativní hodnocení vhodnější (obr. 5)
- doporučena v rámci baterie screeningového vyšetření sluchu novorozenců



Obr. 5: Příklad typanometrické křivky vysokofrekvenční typanometrie (hodnocení dle Marchanta). Modře proložen negativní a pozitivní konec křivky. Černě fyziologická křivka – alespoň jeden vrchol zasahuje nad proloženou linii. Červeně patologická křivka.

Širokopásmová typanometrie

- klik o frekvenčním rozsahu 226 až 8 000 Hz
- výstup
 - 3D typanogram, jehož součástí je křivka pohltivosti (akustické absorbance)
 - 2D typanogram na volitelné frekvenci, ev. širokopásmový (průměrný)
 - rezonanční frekvence (dospělý: 800–1 200 Hz, kojenci: 250–600 Hz)
- komplexní pohled na chování středního ucha při různých frekvencích
- možnost vyšetření pohltivosti a stapediálních reflexů bez tlakování zevního zvukovodu
- rozsáhlejší diagnostický potenciál, složitější interpretace dat

Vyšetření ventilační funkce Eustachovy trubice (ET)

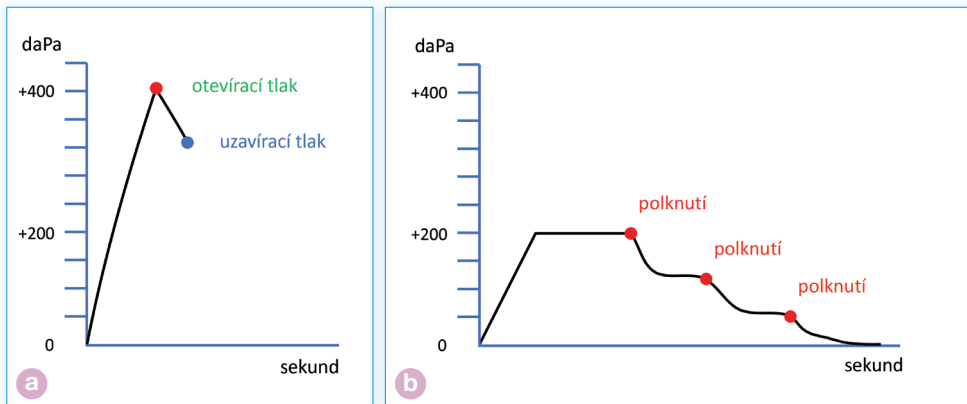
- měření změny tlaku (osa y) v závislosti na čase (osa x) (obr. 6)

Vyšetření s celistvým bubínkem

- Valsalvův manévr, Toynbeeho manévr před typanometrickým vyšetřením
- 9stupňový typanpanometrický test (inflačně-deflační)

Vyšetření s perforovaným bubínkem

- test pasivní funkce Eustachovy trubice
 - měření za postupného zvyšování tlaku
 - otevírací tlak – hodnota úniku stlačeného vzduchu přes ET
 - uzavírací tlak – hodnota znovu uzavření ET (reziduální tlak)



Obr. 6: a – test pasivní funkce ET, b – test aktivní funkce ET (inflační).

- test aktivní funkce Eustachovy trubice
 - inflační
 - tlak na přednastavenou hodnotu (např. +200 daPa)
 - pacient vyzván k polknutí (Toynbee) několikrát za sebou
 - očekáváme návrat tlaku k 0 daPa
 - deflační
 - stejný princip jako inflační, podtlak (např. -200 daPa)

Vyšetření stapediálního reflexu

Stapediální reflex

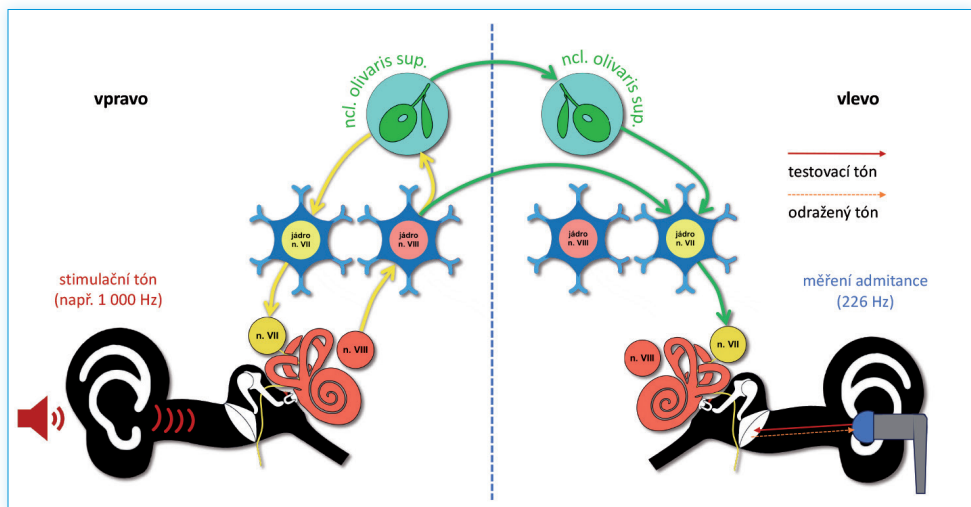
- akusticko-faciální reflex (n. VIII – n. VII)
- nepodmíněný, vrozený, oboustranný
- ochrana vnitřního ucha – kontrakce svalu zpevní řetěz kůstek (↓ poddajnosti)

Princip měření

- měření změny poddajnosti převodního systému (osa y) v čase (osa x) v závislosti na působení stimulačního tónu o dané frekvenci (ev. pásmového šumu) a dané intenzitě

Indikace

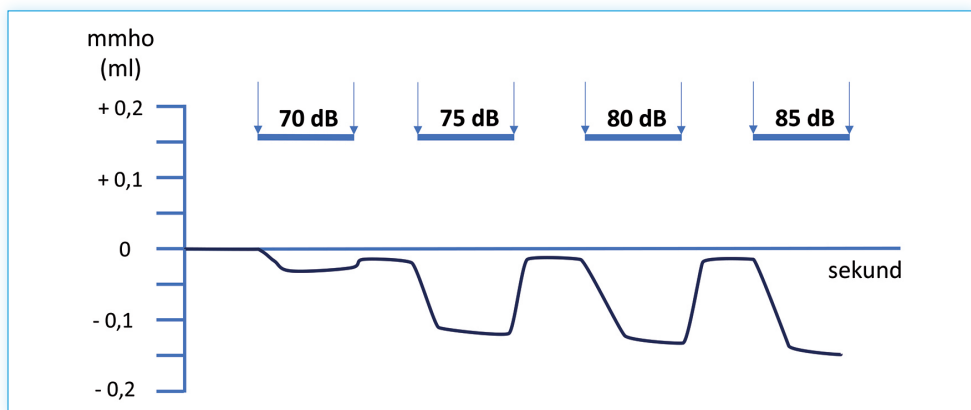
- vyloučení závažné senzorineurální sluchové poruchy
- dif. dg. kochleární a retrokochleární vady
- topodiagnostika a dynamika parézy n. VII



Obr. 7: Schéma dráhy stapediálního reflexu. Žlutá šipka – ipsilaterální dráha, zelená šipka – kontralaterální dráha. Příklad vyšetření kontralaterálního SR na pravé straně.

Práh akustického reflexu (SRT)

- nejmenší měřitelná změna podajnosti časově asociovaná se zvukovým stimulem, která je přítomna i po zvýšení intenzity stimulu
 - hodnoceno vizuálně nebo automaticky – změna min. o 0,02–0,03 ml (obr. 8)
- reflexy jsou obvykle měřeny na frekvencích: 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz
- délka trvání tónu obvykle 2–3 sekundy
- fyziologický práh SRT při užití čistého tónu ≤ 95 dB
 - kroky po 5 dB (např. 75–100 dB)



Obr. 8: Příklad fyziologické křivky výbavného stapediálního reflexu (SRT = 75 dB).

- v případě použití širokopásmového šumu je fyziologický SRT asi o 20 dB nižší (75 dB)
 - kroky po 1 dB (např. 55–80 dB)
- zvýšený SRT může svědčit pro retrokochleární vadu

Ipsilaterální SR = nezkřížený

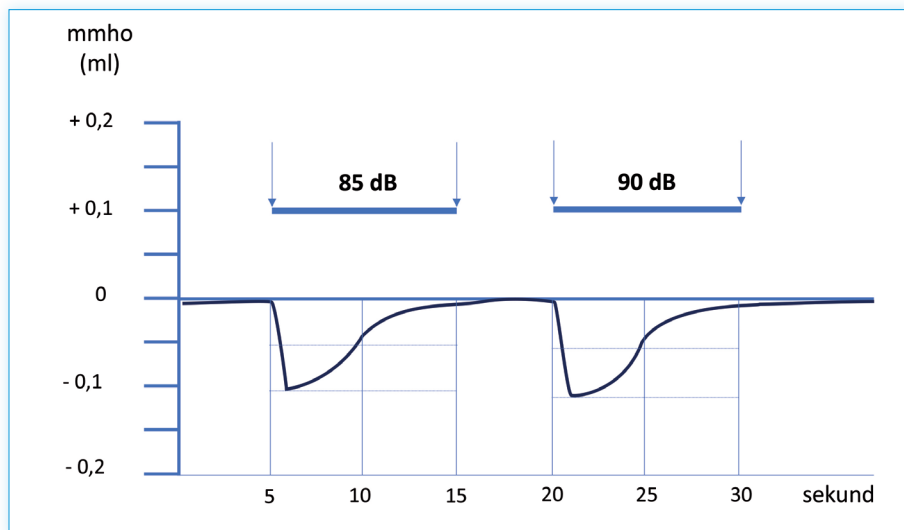
- sonda je ve stejném uchu, do kterého je vysílán stimulační tón
- nesmí být patologie zevního ani středního ucha na testované straně
- u percepční (kochleární) vady je reflex výbavný maximálně do cca 70 dB ztrát

Kontralaterální = zkřížený

- asi o 5 dB vyšší práh SR než ipsilaterální
- u převodní vady výbavné maximálně do cca 40 dB ztrát
- úzus: označuje se strana stimulačního tónu (obr. 7)

Možnosti výsledku výbavnosti SR

- výbavný / částečně výbavný (nevýbavný na některých frekvencích) / nevýbavný / inverzní / prodloužená latence



Obr. 9: Příklad pozitivního testu únavnosti (decay) stapediálního reflexu.

Vyšetření únavnosti stapediálního reflexu

- měří se kontralaterálně
- stimulační tón o 10 dB nad SRT, trvání 10 sekund
- negativní test únavnosti SR
 - pokles poddajnosti konstantní po dobu stimulace
 - nebo pokles poddajnosti o < 50 % po dobu stimulace
- pozitivní test únavnosti SR
 - pokles poddajnosti o > 50 % za 5 sekund (obr. 9)
 - abnormální adaptace n. VIII – může svědčit pro retrokochleární vadu

Nejčastější chyby při tympanometrii

- neprovedení kontroly zvukovodu (otoskopie) před umístěním sondy
- volba špatné velikosti ušní koncovky
- vyšetření v hluku
- chybná kalibrace přístroje
- pohyb pacienta během vyšetření
 - možnost využití speciálních testů pro zrychlené měření (u nespolupracujících)
- nedostatečné seznámení s nastavením přístroje
 - pozor na nastavení vertikální osy u měření stapediálních reflexů (riziko záměny za inverzní SR)

*Technické pojmy

- akustická admittance = akustická vodivost (obrácená hodnota impedance) [mho]
 - při 226 Hz je dominantní složkou poddajnost (compliance)
 - při 226 Hz 1 mmho = 1 ml (vzduchu)
 - proto jsou v případě nízkofrekvenční TM v klinické praxi užívány častěji pojmy poddajnost (compliance) s jednotkou ml

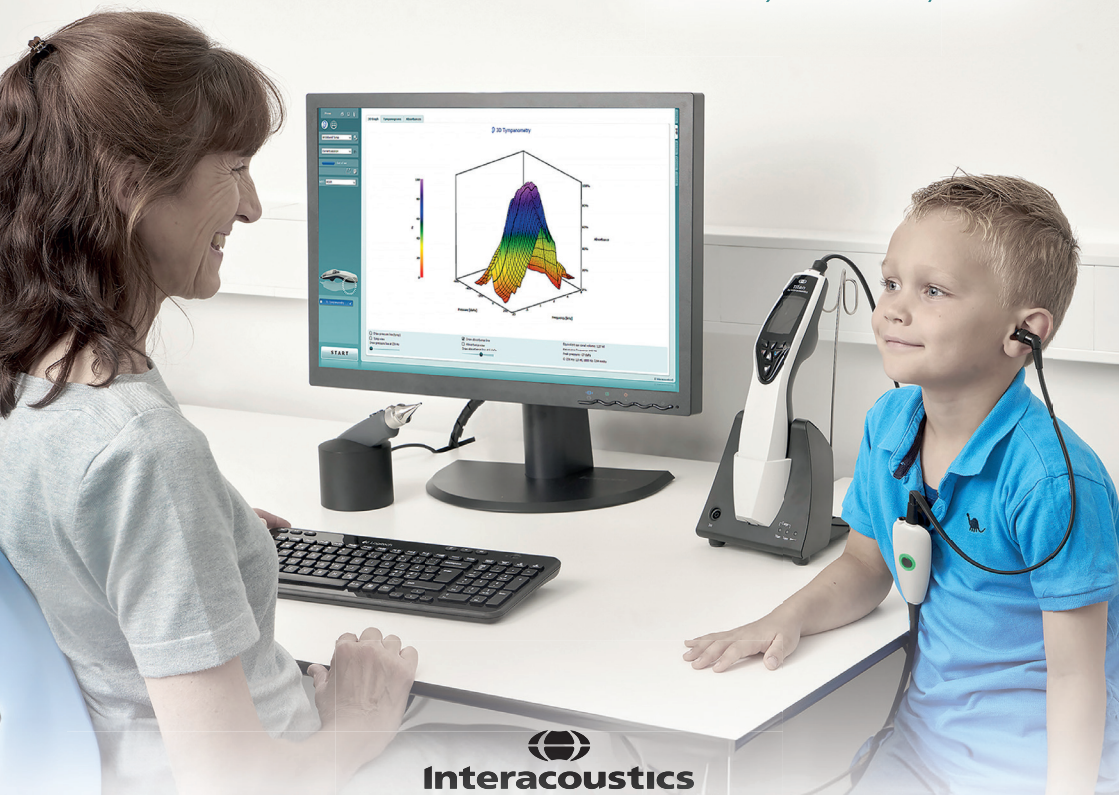
Literatura

1. Dršata J, Havlík R, ed. Foniatrie – hlas. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2011.
2. Školoudík L, Formánek M, ed. Sluchová trubice. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2019.
3. Kramer SJ, Brown DK, Jerger J, Mueller HG. Audiology: Science to practice. Plural Publishing Inc., 2019.
4. Gelfand SA. Essentials of audiology. Thieme, 2016.
5. Bess FH, Humes L. Audiology: The fundamentals. Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
6. Madell JR, Flexer C, Wolfe J, Schafer EC. Pediatric audiology: Diagnosis, technology, and management. Thieme, 2019.
7. Katz J, Chasin M, English KM, Hood LJ, Tillery KL. Handbook of Clinical Audiology. Wolters Kluwer Health, 2015. ISBN 978-14-5119-163-9.
8. Marchant CD, McMillan PM, Shurin PA, Johnson CE, Turczyk VA, Feinstein JC, Panek DM. Objective diagnosis of otitis media in early infancy by tympanometry and ipsilateral acoustic reflex thresholds. J Pediatr. 1986;109(4): 590-595. doi:10.1016/s0022-3476(86)80218-9.

Interacoustics Titan

Přenosná modulární platforma pro komplexní objektivní screening sluchu a následnou diagnostiku. Přístroj umožňuje, podle typu instalovaných SW modulů, diagnostická/klinická tympanometrická vyšetření, včetně přelomové širokopásmové tympanometrie a screeningová a/nebo klinická vyšetření otoakustických emisí TEOAE/DPOAE. Přístroj může pracovat zcela samostatně nebo být ovládán z PC.

- Jeden modulární přístroj - univerzální platforma pro instalaci různých vyšetřovacích modulů
- screeningová/diagnostická/klinická tympanometrická vyšetření, ipsilaterální a kontralaterální stapediální reflexy, Decay test, latence reflexů, až tři testy pro zjištění funkčnosti Eustachovy trubky, vysokofrekvenční tympanometrie (678, 800 a 1000 Hz)
- širokopásmová tympanometrie v rozsahu 226 až 8000 Hz
- screeningová a/nebo klinická vyšetření otoakustických emisí TEOAE/DPOAE




Interacoustics

Audiometri

Tympanometri

ABR/OAE

Vyšetření rovnováhy

Analýzátory sluchadel

Společnost **Interacoustics** je jedním z nejvýznamnějších světových dodavatelů diagnostických řešení v oboru vyšetřování sluchového a rovnovážného ústrojí. Již od roku 1967 vyvíjí a vyrábí inovativní diagnostické přístroje pro audiologii a její prioritou je poskytovat zákazníkům kvalitní a spolehlivé výrobky.



Příručka pro praxi:
TYMPANOMETRIE



Příručky pro praxi
ČSORLCHHK ČLS JEP
<https://www.otorinolaryngologie.cz/vzdelavani/prirucky-pro-praxi/>

Schváleno výbory České společnosti otorinolaryngologie a chirurgie hlavy a krku a České společnosti biomedicínského inženýrství a lékařské informatiky ČLS JEP 2024.

Editoři: prof. MUDr. Viktor Chrobok, CSc., Ph.D.; prof. MUDr. Pavel Komínek, Ph.D., MBA.

Příručku pro praxi nelze považovat za jediný univerzální doporučený postup.

V diagnostice a léčbě je třeba zvážit konkrétní situaci, stav a potíže daného pacienta.

Grafický design: Johana Kobzová, Praha.

Firemní partner:



Procter & Gamble Czech Republic s.r.o.
Karolinská 654/2, 186 00 Praha 8
www.pg.com

Za finanční podpory:



WIDEX LINE spol. s r.o.
Bohušovická 230/12, 190 00 Praha 9
orl.widex.cz