

Alergický nos: aerodynamika a hodnotenie jej zmien v praxi

Lisý, M., Kafková, M., Hajtman, A.

Klinika otorinolaryngológie a chirurgie hlavy a krku Jesseniovej lekárskej fakulty v Martine
Univerzity Komenského v Bratislave a Univerzitná nemocnica Martin

korešpondencia: miloslisy@yahoo.com

Súhrn

Nosová dutina je dôležitým homeostatickým faktorom. Je vystlaná bohato vaskularizovanou sliznicou, ktorá plní klimatizačnú, čistiacu, imunologickú, olfaktorickú, rezonančnú, reflexnú a fyziognomickú funkciu. Poškodenie funkcie nosovej dutiny je multifaktoriálne – môže ísť o postihnutie pevných a/alebo mäkkých štruktúr či funkcie. Na posúdenie subjektívnych symptómov obštrukcie možno využiť vizuálne analógové stupnice, alebo dotazníkové hodnotenie. Objektívne vyšetrenie prúdenia vzduchu nosovou dutinou by malo byť všestranne výhodné, spoľahlivé, jednoduché, malo by dobre dokumentovať miesto blokády.

Predkladáme prehľad metodík, ktoré spĺňajú tieto kritériá a našli uplatnenie v dennej klinickej praxi alebo pri experimentálnom využití.

Kľúčové slová: obštrukcia nosovej dutiny, odpor nosovej dutiny, rinomanometria, akustická rinometria, vizuálna analógová škála, alergia, nosový provokačný test

Abstract

The nasal cavity is an important homeostatic factor. It is lined with richly vascularized mucosa, which performs air conditioning, cleaning, immunological, olfactory, resonance, reflex and physiognomic functions. The damage of the nasal cavity is multifactorial – it can affect hard and/or soft structures or function. To assess subjective symptoms of obstruction visual analog scale or questionnaire evaluation could be used. Objective investigation of air flow through the nasal cavity should be universally beneficial, reliable, simple and should well document the place of the blockade.

We present an overview of the methodologies that meet these criteria and have found application in daily clinical practice or experimental use.

Key words: obstruction of the nasal cavity, nasal resistance, rhinomanometry, acoustic rhinometry, visual analogue scale, allergy, nasal provocation test

Úvod

Nosová dutina hrá dôležitú úlohu v udržiavaní homeostázy celého tela. Pri pokojovom dýchaní nosom približne polovicu odporu dýchacích orgánov tvorí nosová dutina. Preto aj malé zmeny v odpore nosovej dutiny vo veľkej miere ovplyvňujú celkový odpor dýchacích orgánov a vplývajú na celú funkciu výmeny dýchacích plynov [1]. Už od prelomu 19. a 20. storočia vznikla v odborných kruhoch potreba objektívne merať funkciu nosa a ventiláciu. Objektívne možno nosovú dutinu skúmať na základe jej prierezu získaného pomocou zobrazovacích metód (CT, MRI), endoskopie, akustickej rinometrie a pod. a tiež posudzovaním vlastností prúdenia vzduchu pomocou vyšetrení merajúcich prietok vzduchu nosovou dutinou či jej celkový odpor [2].

Nosová dutina pozostáva z kostry (kostené steny, chrupavčité časti, kostené základy nosových mušlí); taktiež sa tam nachádza bohato vaskularizované slizničné tkanivo, ktoré tvorí prvý kontakt respiračného systému s inšpirovaným vzduchom. Funkcia nosovej sliznice je rôznorodá (klimatizačná, čistiaca, olfaktorická, rezonančná). Poškodenie funkcie nosovej jednotky môže byť zapríčinené zmenami životného prostredia, teploty, vlhkosti, polohy tela a patologickými vplyvmi, ako napríklad štrukturálne (ireverzibilné) abnormality (deformity kosteného alebo

chrupkového skeletu nosovej priehradky, nosových mušlí, chronická hypertrofia nosových mušlí), slizničné (reverzibilné) zmeny (alergia, hyperreaktivita, infekcie, nealergická rinitída), polypy, novotvary, endokrinné a metabolické ochorenia, farmakologicky indukované zmeny a systémové zápalové či granulomatózne ochorenia [3]. V článku podávame prehľad o súčasných dostupných metódach hodnotenia nosovej aerodynamiky, o ich anatomických a fyziologických súvislostiach, ich historickom vývoji a hodnotíme ich využiteľnosť a aplikácie v bežnej klinickej alebo experimentálnej praxi.

Historický prehľad

Prvé pokusy objektívne hodnotiť prietok vzduchu nosovou dutinou urobil Holanďan Zwaardemaker v roku 1889. Meral kondenzačné stopy na zrkadle umiestnenom pod nosom [4]. Metodiku zdokonalil Glatzel v roku 1901 použitím leštenej kovovej platne namiesto zrkadla. Neskôr sa vyvinuli metódy charakterizujúce tok vzduchu nosovou dutinou na základe fyzikálnych princípov všeobecnej dynamiky tekutín a parametrov ako sú prietok, tlak. Prvé rinomanometrické vyšetrenia sa objavili v roku 1958, realizované Seebohom a Hamiltonom. Aktívna rinomanometria bola prvýkrát

použitá na výskumné účely v roku 1958 Aschanom a neskôr sa zaradila do rutínnej klinickej praxe [5]. V roku 1982 Juto a Lundberg predstavili rinostereometriu, optickú metódu na presné meranie zmien opuchu nosovej sliznice [6]. Väčšina vtedajších rinológov mala svoje vlastné vybavenie, metódy a protokoly vyšetrovania, preto vznikla naliehavá potreba štandardizácie, ktorú v roku 1977 začal Kern. V roku 1984 Medzinárodná štandardizačná komisia pre rinomanometriu (International Standardization Committee of Rhinomanometry – ISCR) štandardizovala postupy pri aktívnej prednej rinomanometrii [7]. V prvej polovici 90-tych rokov 20. storočia bola predstavená akustická rinometria [8] a v roku 2004 optická rinometria. V roku 2005 sa ISCR pokúšala dosiahnuť vzájomné porozumenie praktických lekárov, chirurgov, vedcov a výrobcov vyšetrovacej techniky [9] (Tabuľka č.1).

Tabuľka č. 1

Všeobecný konsenzus Medzinárodnej štandardizačnej komisie o objektívnom hodnotení priechodnosti
Podmienky pre štandardizáciu akustickej rinometrie a štvorfázovej rinomanometrie
<ul style="list-style-type: none"> • denná kalibrácia • tlak v Pa, prietok v cm³/sec (jednotky SI) • izbová teplota a vlhkosť • adaptácia pacienta • vyšetrenie v sede • vyšetrenie pred a po použití dekonjestíva • dekonjescia alfa-mimetikom lokálne • spriemerovanie po 3 - 5 dychových cykloch • vzduchotesná maska • fixácia vyšetrovacích trubičiek • napojenie masky na pneumotachograf • synchronne zaznamenávanie zmien tlaku a prietoku • grafická reprezentácia • algoritmus spracovania získaných dát • odpor podľa vzťahu $R = \Delta p / V_0$ alebo podľa Bromsovhovho modelu R2 (odpor na polomere 2) [10]

Funkčná anatómia a fyziológia nosa a prinosových dutín

Vonkajší nos, nosová dutina a prinosové dutiny slúžia ako vstupná brána do dýchacích orgánov. U človeka a cicavcov je nosová dutina rozdelená do dvoch anatomicky odlišných chodiieb, z ktorých každá má vlastné cievne zásobenie a inerváciu [10]. Vonkajší nos, nosová dutina a prinosové dutiny tvoria súčasť horných dýchacích orgánov, sú súčasťou rezonančných priestorov a artikulačného ústrojenstva. Vonkajší nos je dôležitý fyziognomický prvok tváre. Horná časť klenby nosovej dutiny je sídlom čuchového orgánu. Pri dýchaní sa efektívnou plochou asi 160 cm² podieľajú na klimatizačnej, očišťovacej, imunologickej a reflexnej funkcii [11].

Z pohľadu prietoku vzduchu a celkového odporu nosovej dutiny možno dutinu nosa rozdeliť na tri časti:

1. nosová predsieň – prispieva k celkovému odporu nosovej dutiny asi jednou tretinou a funguje ako obmedzovač prietoku pri inspiriu. V prípade dosiahnutia hraničného prietoku približne 30 l/min (= 500 cm³/sec) pri úsilnom inspiriu kolabuje;
2. nosová chlopňa – tvorí skoro dve tretiny celkového odporu nosovej dutiny. Pri nádychu funguje ako difúzor, a tým umožňuje kontakt inspirovaného vzduchu s čo najväčšou plochou nosovej sliznice a čuchového epitelu. Pri výdychu sa správa ako dýza smerovaním prúdu vzduchu čo najrýchlejšie von z nosovej dutiny [10]. Pri námahe a zvýšených požiadavkách na prietok vzduchu nosovou dutinou sa reflexne rozšíri limen nasi, poklesne celkový odpor nosovej dutiny a zvýši sa prietok. Ak to nepostačuje, nastupuje reflexné dýchanie cez ústa, ktoré vyradí odporový prvok tvorený nosovou dutinou [11];
3. erektilné tkanivo nosovej priehradky, nosových mušlí a laterálnej steny nosovej dutiny – bohato vaskularizovaná sliznica obsahuje početné arterioly, arteriovenózne anastomózy a venózne sinusoidy, ktoré majú na niektorých miestach až charakter erektilného tkaniva. Za normálnych anatomických podmienok je opuch nosovej sliznice spôsobený naplnením venózných sinusoidov – zdurením venózneho erektilného tkaniva, ktoré je najhustejšie v oblasti dolných a stredných mušlí. Kapacitu týchto ciev kontroluje autonómny nervový systém. Vplyvať na ich funkciu môžu aj humorálne faktory [12]. Najzložitejšia a klinicky najvýznamnejšia laterálna stena nosovej dutiny prispieva k tvorbe celkového odporu nosovej dutiny len minimálne [10].

Prúdenie vzduchu nosovou dutinou

Vzduch prechádza nosovou dutinou na základe práce hlavných a pomocných dýchacích svalov v smere tlakového gradientu z miesta s vyšším tlakom (vonkajšie prostredie) na miesto s nižším tlakom (pľúca). Pri expiriu sa dýchacie svaly uvoľňujú a elasticita pľúc a okolitých tkanív vytláča vzduch smerom z pľúc v smere opačného tlakového gradientu [10]. Väčšina dospelých dýcha nosom a iba pri potrebe zvýšeného nároku na kyslík (námaha, cvičenie) sa dýchanie uskutočňuje orálnou, eventuálne oronazálnou cestou [13]. Pri pokojovom dýchaní v kľude je prúdenie laminárne a v najužšom mieste – nosovej chlopne – dosahuje rýchlosť 12 – 18 m/s. Laminárne prúdenie sa ďalej v závislosti od prietoku vo variabilnom pomere rozbíja, čo je dôležité pre čistenie nosovej dutiny a jej klimatizačnú funkciu. V expiriu prúd vzduchu prechádza zväčša dolným nosovým priechodom a jeho prúdenie je turbulentnejšie [14].

Odpor nosovej dutiny a jeho regulácia

Poiseuilleov zákon opisuje laminárne prúdenie plynu alebo tekutiny cez trubicu na základe jej priečného prierezu [15]. Po aplikovaní tejto rovnice na nosovú dutinu ako na trubicu, ktorou preteká plyn (vzduch) je zrejmé, že aj malá zmena priečného prierezu má veľký vplyv na nárast rezistencie nosovej dutiny. Prietok vzduchu cez nosovú dutinu nie je úplne turbulentný, ani laminárny. Preto sa vzťah medzi tlakom a prietokom mení v závislosti od miery prietoku [7, 9, 16]. Zmeny odporu nosovej dutiny sú primárne výsledkom cievej odpovede. Mediátorom je sympatikový systém, ktorý ovplyvňuje stav prekrvenia kapacitných ciev a venózneho erektilného tkaniva v oblasti septa, dolnej a strednej mušle. Stimulácia adrenergického sympatikového systému vyvolá vazokonstrikciu a zníženie objemu krvi. Parasympatikus inervuje najmä slizničné žliazky a jeho stimulácia zvýši produkciu vodnatého sekrétu. Jeho vplyv na venózne erektilné tkanivo nosovej dutiny je malý. Odpor sa nepriamo úmerne mení s telesnou výškou, vekom; pohlavie nemá nijaký vplyv [17, 18]. Telesná aktivita a cvičenie znižujú celkový odpor nosa pravdepodobne zvýšením tonusu sympatiku v erektilnom tkanive. Zmena nastupuje rýchlo, zvyčajne do 30 sekúnd, a vyšetrovaný subjekt si túto skutočnosť ani neuvedomuje [19]. Zmeny nosového odporu pri zmene polohy tela súvisia pravdepodobne s reflexnými zmenami sympatikového tonusu. Odpor nosa stúpa pri polohe v ľahu na chrbte. V ľahu na boku stúpa odpor na gravitačne nižšej strane a recipročne klesá na náprotivnej strane [20, 21]. Zmenu odporu nosovej sliznice ovplyvňujú aj nazokorporálne reflexy (tepelná stimulácia kože niektorých miest vedie k zmene odporu nosa) [22]. Sexuálne vzrušenie, predohra a koitus zvyšujú tonus sympatiku, a tým vedú k dekongescii nosovej sliznice, postkoitálne prevládne kongescia [23, 24]. Obdobne emočné vypätie znižuje celkový odpor nosa [25]. Prietok vzduchu nosovou dutinou ovplyvňujú rôzne odoranty. Výpary mentolu, kamforu, eukalyptu alebo vanilky pocitovo zvyšujú priechodnosť dutiny nosa, ale celkový odpor sa nemení [26, 27, 28].

Nazálny cyklus – spontánna recipročná nosová kongescia a dekongescia je potvrdená teória. Vyskytuje sa u 20 – 80% populácie. Je výsledkom zmien sympatikového tonusu pravdepodobne kontrolovaných dýchacími areami v oblasti mozgového kmeňa, ktoré úzko súvisia s respiračnou aktivitou. Trvanie cyklu kolíše od 2 do 7 hodín, normálne trvá asi 3 – 5 hodín [29, 30, 31]. Celkový odpor nosa ostáva za normálnych okolností konštantný. Dočasne možno nazálny cyklus vyradiť vazoaktívnymi liekmi, hyperventiláciou a telesným cvičením.

Subjektívne hodnotenie nosovej priechodnosti

Nosová obštrukcia je subjektívny vnem dyskomfortu. Na zaznamenanie stupňa subjektívnych ťažkostí *zo strany vyšetrovaného (pacienta)* sa najčastejšie používajú vizuálne analógové stupnice (VAS). Medzi najrozšírenejšie patrí VAS nosovej obštrukcie tvorená horizontálnou líniou dlhou 100 mm. Bodové hodnotenie je od 0 do 100, kde 0 znamená

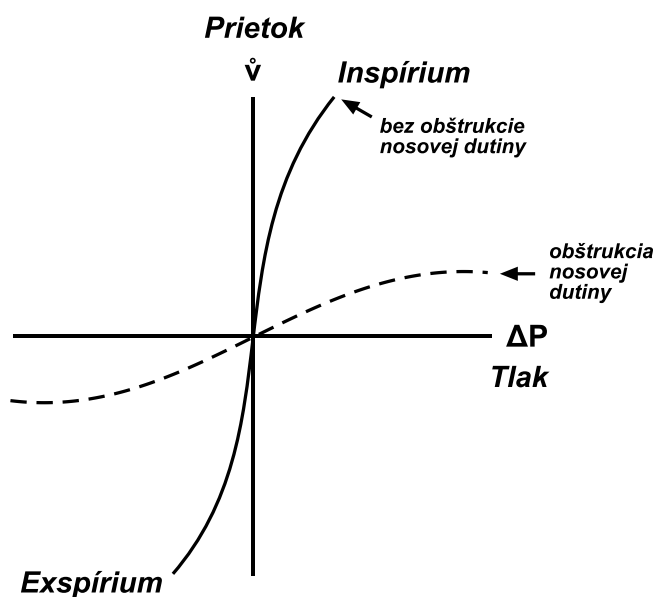
žiadnu obštrukciu a 100 znamená úplnú obštrukciu. Túto stupnicu rozpracoval Ciprandi v roku 2009 [32]. Ďalej sa využíva dotazníkové hodnotenie symptómov nosovej obštrukcie. V klinickej praxi je to často tzv. dotazník NOSE (Nasal Obstruction Symptom Evaluation). Obsahuje 5 otázok o nosovej obštrukcii. Pacient skóruje od 0 do 4 v závislosti od stupňa subjektívnych ťažkostí [33]. Sino-nasal Outcome Test alebo SNOT-22 je dotazník týkajúci sa kvality života (Health Related Quality of life – HRQoL). Pacienti hodnotia 8 symptómov v súvislosti s nosovou dutinou a 14 so všeobecnými zdravotnými ťažkosťami (skóre je 0 až 5) [34]. V štúdiách zameraných na priechodnosť nosovej dutiny a jej celkový odpor v súvislosti s alergickým ochorením alebo s ochorením dolných dýchacích orgánov sa často používa tzv. Hull cough sensitivity questionnaire – Hulský dotazník zvýšenej citlivosti na kašeľ [35]. Na subjektívne hodnotenie priechodnosti nosovej dutiny *zo strany vyšetrojúceho (lekára)* možno využiť prednú rinoskopiu, rigidnú alebo flexibilnú rinoendoskopiu [36]. V klinickej praxi sa používajú rozličné škály. Trojbodová škála podľa Boycea a Ecclesa najlepšie korelovala s objektívnym meraním pomocou rinospirometrie [37].

Objektívne hodnotenie nosovej priechodnosti by malo byť všestranne výhodné, spoľahlivé, jednoduché, malo by dobre dokumentovať miesto blokády a pri dodržaní štandardizovaných podmienok by malo byť kdekoľvek opakovateľné.

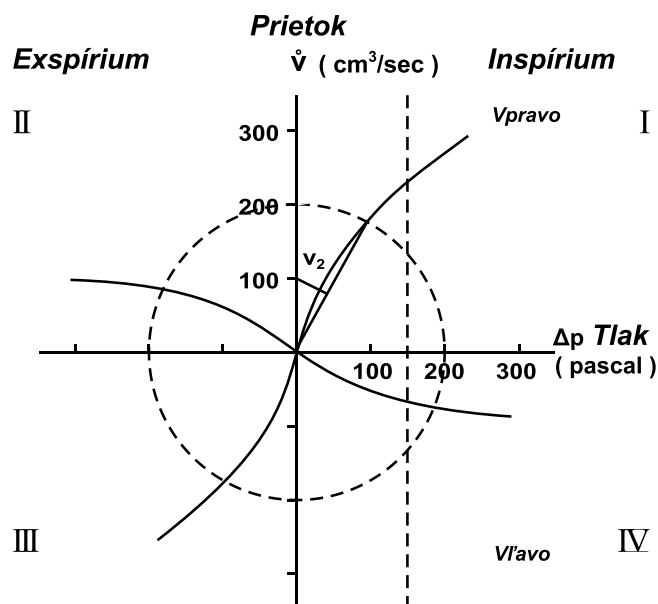
Akustická rinometria je metodika zameraná na hodnotenie geometrie nosovej dutiny a nosohltana. Slúži na presné určenie miesta obštrukcie [38]. Využíva zvukové vlny odrazené od intranazálnych štruktúr. Po analýze dát poskytuje topografickú mapu nosovej dutiny s hodnotami plochy a vzdialenosti [39]. Jej validita bola preukázaná porovnávaním s údajmi získanými pri endoskopii nosovej dutiny alebo pri zobrazovacích technikách, ako sú CT a MRI [40]. Najväčšou výhodou akustickej rinometrie je jednoduchosť prevedenia a nutnosť minimálnej spolupráce pacienta. Hlavným parametrom získaným pri tomto vyšetrení je minimálna prierezová plocha (minimal Cross-Sectional Area – mCSA) [41]. Slúži na objektívne posúdenie charakteru obštrukcie (štruktúrna, slizničná-alergická, zmiešaná). Využitie nachádza pri plánovaní chirurgie nosa a nosovej dutiny, pri monitorovaní jej efektivity. Slúži ako pomôcka pri diagnostike a liečebnom monitoringu obštrukčného spánkového apnoe [42].

Rinomanometria sa používa na meranie prietoku vzduchu nosovou dutinou a tlaku potrebného na zabezpečenie tohto toku. Získajú sa objektívne, citlivé a funkčné údaje o nosovej priechodnosti. Rinomanometria meria transnazálny tlak a prietok. Výsledkom je hodnota odporu nosovej dutiny a grafické zobrazenie vzťahu týchto veličín [43]. Merať možno tromi rozličnými technikami. "Predná" metóda predpokladá

umiestnenie meracej trubičky v oblasti nosovej predsiene na jednej strane, zatiaľ čo pacient dýcha druhou stranou nosovej dutiny. Pri "zadnej" metóde sa zavádza sonda cez zatvorené pery do orofaryngu. Takzvaná "postnazálna" metóda spočíva v zavedení meracej trubičky cez nozdru po spodine nosovej dutiny až do nosohltana. Namerané dáta analyzuje počítač na základe rôznych algoritmov. Podľa ISCR sa používa vyjadrenie odporu pri konštantnom tlaku 150 Pa (Obr.1) a Bromsov algoritmus (tlakovo prietoková krivka v tzv. polárnom súradnicovom systéme pri polomere $r=2$) [16, 44], (Obr. 2). Rinomanometriu možno realizovať pasívnou (meria sa tlak potrebný na vŕhanie konštantného objemu vzduchu do nosovej dutiny) [10] a aktívnou (pacient pokojne dýcha hodnotenou stranou nosovej dutiny a meria sa transnazálny tlak na strane druhej) technikou. Predná aktívna rinomanometria je najrozšírenejšia metóda v klinickej aj experimentálnej praxi. Zrkadlovo usporiadaný štvorkvadrantový graf je všeobecne akceptovaný ako štandardná grafická reprezentácia prednej aktívnej rinomanometrie (os Y prietok, os X tlak, vpravo inšpirium, vľavo expirium, pravá časť nosovej dutiny nad osou X, ľavá pod osou X) (Obr. 1). Čím je celkový odpor nosa väčší, alebo čím je nos „upchatejší“, tým je krivka plochšia, teda bližšie k osi X. Štvorfázová rinomanometria umožňuje študovať oddelene vzostupné a zostupné časti kriviek počas oboch fáz dychového cyklu [9]. Rinomanometria je vynikajúci výskumný nástroj na hodnotenie zmien odporu pri chorobných stavoch súvisiacich s alergickou a nealergickou rinitídou, na sledovanie účinku medikamentózneho liečby intranazálnymi kortikosteroidmi, či antihistaminikami. Služi aj pri sledovaní odporu nosovej dutiny pri syndróme spánkového apnoe, pri vplyve nosových dilatátorov, alebo pri hodnotení účinnosti chirurgickej liečby nosovej chlopne alebo deformity priehradky [45].



Obr. 1 • Grafické znázornenie rinomanometrického merania (prevzaté z <http://www.rborl.org.br/conteudo/acervo/Images/03-figura1-61-2.gif>)



Obr. 2 • Grafické znázornenie Bromsovho matematického modelu (obrázok prevzatý z Thulesius H. L., Rhinomanometry in clinical use, A tool in the septoplasty decision making process, Lund, Švédsko, 2012, str. 26)

Maximálny nosový prietok (Peak nasal flow – PNF) je jednoduchý, finančne nenáročný, spoľahlivý a objektívny spôsob získania informácií o nosovej obštrukcii.

V rinológii, pneumológii a alergológii možno využiť maximálny úsilný nosový prietok na zhodnotenie funkcie horných dýchacích orgánov. Vyšetrenie má vysokú senzitivitu a variabilne koreluje s inými metodikami vyšetrenia nosovej priechodnosti [46]. Maximálny prietok nosovou dutinou možno merať počas inšpiria (NPIF) alebo expíria (NPEF). Najväčšia nevýhoda NPIF je kolaps nosovej predsiene pri dosiahnutí hraničného prietoku pri úsilnom inšpiriu. Pomocou vyšetrenia NPIF/NPEF nemožno získať informácie o štruktúre nosovej dutiny alebo o lokalizácii prekážky (čo napríklad akustická rinometria umožňuje) [47, 48]. Túto metodiku možno použiť u detí za predpokladu dobrej spolupráce. Využitie nachádza pri hodnotení farmakologickej liečby sezónnej alergickej rinitídy, pri hodnotení rinitídy ako choroby z povolania, pri odhade efektu chirurgickej liečby septálnych a alárnych deformít, alebo pri výstupných hodnoteniach reaktivity nosovej sliznice [49, 50].

Rinostereometria je neinvazívna optická metóda, ktorá pomocou modifikovaného operačného mikroskopu s mikrometrickým systémom zisťuje hrúbku nosovej sliznice a zmeny kongescie najmä v oblasti dolnej nosovej mušle (s presnosťou na 0,10 až 0,18 mm) [51]. Využitie nachádza predovšetkým pri hodnotení zmien nosovej sliznice po aplikácii rôznych liečiv alebo pri štúdiu medikamentózneho rinitídy. Často sa používa pri meraní reaktivity sliznice pri provokačných testoch [52]. Rinostereometria silne koreluje so subjektívnymi skórovacími systémami a to najmä u pacientov s vazomotorickou rinitídou [53]. Limitujúce je dosiahnutie správnej vyšetrovacej polohy pacienta

a posúdenie zmien sliznice operátorom, preto je to relatívne zdĺhavé a niekedy komplikované vyšetrenie. Táto technika si doposiaľ nenašla cestu do každodennej klinickej praxe, preto zostáva predovšetkým experimentálnym nástrojom.

Princípom optickej rinometrie je hodnotenie nosovej priechodnosti pomocou kvantifikácie zoslabenia svetla prechádzajúceho cez nosovú dutinu v závislosti od objemu krvi v intranazálnych štruktúrach [54]. Využíva svetelný emitor a fotodetektor, ktoré sú umiestnené na protiláhlých stranách nosovej dutiny. Zmeny kongescie nosovej sliznice sa hodnotia na základe zmien v absorpcii červeného a blízkeho infračerveného spektra hemoglobínom [55]. Určí sa obsah hemoglobínu v krvi bez ohľadu na stav jeho oxygenácie. Čím väčšia je kongescia sliznice, tým viac krvi, a teda aj hemoglobínu sa nachádza v lokálnom cievnom riečisku, a tým väčšia je detekovaná zmena emitovaného svetla [38]. Optická rinometria našla svoje uplatnenie predovšetkým v experimentálnej sfére a to najmä pri skúmaní zmien nosovej priechodnosti vo vzťahu k alergickým ochoreniam horných dýchacích orgánov, pri overovaní výsledkov nosových provokačných testov alebo pri hodnotení výsledkov chirurgie nosového septa a chlopne [56].

Rinospirometria meria objem exspirovaného vzduchu cez nosovú dutinu. Vypočíta sa pomer exspirovaného vzduchu pre obe strany nosovej dutiny – Nasal partitioning ratio (NPR), ktorý varíruje v hodnotách od -1 do +1 (-1 = kompletná obštrukcia ľavej časti nosovej dutiny; +1 = kompletná obštrukcia pravej časti nosovej dutiny; 0 = úplne symetrické prúdenie oboma stranami nosovej dutiny) [57, 58]. Rinospirometria disponuje veľkým potenciálom na efektívne a objektívne hodnotenie prietoku nosovou dutinou [59].

Laserová Dopplerová prietokometria je neinvazívna technológia využívajúca Dopplerov posun spektra laserového lúča prechádzajúceho priehľadnou alebo polopriehľadnou tekúcou kvapalinou na meranie jej rýchlosti. Odrazené svetlo má zmenenú intenzitu, pričom jeho frekvencia zodpovedá Dopplerovmu posunu medzi dopadajúcim a odrazeným svetlom [60, 61]. Využitie nachádza predovšetkým vo výskumných aplikáciách, kde je potrebné hodnotiť stupeň nosovej kongescie na podklade naplnenia podslizničného cievneho systému, obdobne, ako je to uvedené u predchádzajúcich metodík.

Laserová stereometria využíva princíp priameho skenovania trojrozmerného objektu pomocou lasera. Získa sa presná anatomická informácia o vyšetrovanom orgáne alebo telesnej dutine. Rozlišovacia schopnosť dosahuje desatiny, pri zložitejších prístrojoch stotiny milimetra [62]. Dáta možno analyzovať vizuálne alebo extrahovať metrické informácie (rozмеры, prierez). Týmto spôsobom možno sledovať aj minimálne zmeny v priebehu ochorenia a jeho liečby,

prípadne hodnotiť stav pred a po chirurgickom zákroku. Ide o sofistikovanú technológiu, takže jej rozšírenie do širokej výskumnej praxe (chýbajú relevantné literárne údaje) je zatiaľ málo pravdepodobné, aj keď vo vedeckých kruhoch boli predstavené možné prekurzory týchto technologických riešení [63, 64].

Vybavenie na **videoendoskopickú resp. fotoendoskopickú dokumentáciu** je v klinickej praxi široko dostupné. Zaznamenať možno celé rinoendoskopické vyšetrenie, prípadne ho možno ďalej spracovať (digitálna analýza obrazu). Pri opakovaných vyšetreniach u toho istého pacienta možno porovnávať aktuálny nález s archívnym [65]. Nálezy možno vhodne porovnávať s inými objektívnymi vyšetreniami nosovej priechodnosti.

Zobrazovacie metodiky ako klasickú RTG snímku, počítačovú tomografiu (CT) a magnetickú rezonanciu (MRI) možno taktiež považovať za objektívne metódy vizualizácie nosovej dutiny (3D rekonštrukcia). Zobrazujú však iba holú anatomickú informáciu, takže pri zisťovaní príčin z pohľadu dynamiky zmien nosovej priechodnosti nemajú praktický klinický alebo experimentálny význam [10].

Záver

Obštrukcia nosovej dutiny a s tým spojené problémy patria k najčastejším sťažnostiam, ktorým je špecialista vo svojej praxi vystavený. Najčastejšou príčinou sú ochorenia ako hyperplázia dolných mušlí, adenoidná hyperplázia, nosová polypóza, alebo choroby funkcie nosovej sliznice, napríklad alergická rinitída. Subjektívne príznaky možno vo všeobecnosti ťažko kvantifikovať. Perspektívne by bolo vhodné uvažovať o zaradení niektorého z dotazníkov – VAS, NOSE, SNOT-22 – do vyšetrovacieho algoritmu alergológa, pneumológa, rinológa. Na zhodnotenie objektívnej miery obštrukcie nosovej dutiny je k dispozícii viacero metodík. Niektoré sa etablovali do bežnej klinickej praxe (AR, RMM, PNF, endoskopia), iné, zložitejšie a technicky náročnejšie, sú zase bežne využívané vo výskumnej sfére. Stále prebieha zdokonaľovanie aktuálne používaných metodík (štandardizácia, aplikácia výsledkov veľkosúborových štúdií, rozvoj digitálnych technológií, miniaturizácia).

Na záver treba podotknúť, že spoľahlivé určenie hlavnej príčiny obštrukcie je veľkou výzvou pre klinickú prax, pretože od tohto zistenia sa ďalej odvíja ďalšia starostlivosť o pacienta – ambulantná alebo ústavná, medikamentózna alebo chirurgická, s čím v dnešnej dobe nevyhnutne súvisia aj ekonomické faktory. Primárnou snahou v klinickej praxi by teda malo byť “*primum non nocere*” z pohľadu rozlíšenia indikácie lokálnej medikamentózne alebo chirurgickej liečby najmä u pacientov, u ktorých síce dominujú subjektívne príznaky nosovej obštrukcie, ale objektívne zmeny v nosovej dutine nie sú výrazné.

Literatúra

1. Hilberg, O.: Objective measurement of nasal airway dimensions using acoustic rhinometry: Methodological and clinical aspects, *Allergy*, 2002;57: s. 5 – 390.
2. Lobo, Ch.: Clinical Aspects of Rhinomanometry, Proceedings of the 18th Symposium of the Comparative Respiratory Society, Edinburgh, 20010.
3. Corey, J.P., Houser, S.M., Ng, B.A.: Nasal congestion: A review of its etiology, evaluation and treatment, *Ear Nose Throat J.*, 2000;79: s. 690 – 702.
4. Zwaardemaker, H.: Ademaanslag al diagnosticum der nasal stenoe. *Nederlands Tijdschrift Voor Greneskunde*, 1889, 25; s. 297 – 300.
5. Ingelstedt, S.: Studies on the conditioning of air in the respiratory tract. *Acta Otolaryngol Suppl.*, 1956, 131; s. 1 – 80.
6. Juto, J.E., Lundberg, C.: An optical method for determining changes in mucosal congestion in the nose in man. *Acta Otolaryngol*, 1982, 94; s. 149 – 156.
7. Clement, P.A.: Committee report on standardization of rhinomanometry, *Rhinology*, 1984, 22;3: s. 151 – 155.
8. Hilberg, O., Pedersen, O.F.: Acoustic rhinometry: recommendations for technical specifications and standard operating procedures. *Rhinol Suppl.*, 2000, 16; s. 3 – 17.
9. Clement, P.A. and Gordts, F.: Consensus report on acoustic rhinometry and rhinomanometry, *Rhinology*, 2005, 43;3: s. 169 – 179.
10. Thulesius, H.L.: Rhinomanometry in clinical use, A tool in the septoplasty decision making process, Lund, Švédsko, 2012.
11. Javorka, K., a kol.: *Lekárska fyziológia*, Osveta, 2009, ISBN: 9788080632915, s. 255 – 273.
12. Patou, J. a kol.: Patophysiology of nasal obstruction and meta-analysis of early and late effects of levocetirizine, *Clin Exp Allergy*, 2006;36: s. 972 – 981.
13. Niinimaa, V. a kol.: The switching point from nasal to oronasal breathing, *Respir Physiol*, 1980, 42;1: s. 61 – 71.
14. Berg, V.D. a kol.: The resistance and the Bernoulli effect of the glottis. *Acta Physiol Pharmacol Neerl.*, 1956, 5;2: s. 239 – 240.
15. Roos, A.: Poiseuille's law and its limitations in vascular systems, *Med Thorac*, 1962, 19; s. 224 – 238.
16. Broms, P., Jonson, B. and Lamm, C.J.: Rhinomanometry. II. A system for numerical description of nasal airway resistance, *Acta Otolaryngol*, 1982b, 94;1-2: s. 157 – 168.
17. Thulesius, H.L., Thulesius, H.O., and Jessen, M.: What happens to patients with nasal stuffiness and pathological rhinomanometry left without surgery? *Rhinology*, 2009, 47;1: s. 24 – 27.
18. Zapletal, A. and Chalupova, J.: Nasal airflow and resistance measured by active anterior rhinomanometry in healthy children and adolescent. *Pediatr Pulmonol*, 2002, 33;3: s. 174 – 180.
19. Olson, L.G. and Strohl, K.P.: The response of the nasal airway to exercise. *Am Rev Respir Dis*, 1987, 135;2: 356 – 359.
20. Haight, J.J. and Cole, P.: Reciprocating nasal airflow resistances. *Acta Otolaryngol*, 1984, 97;1-2: s. 93 – 98.
21. Singh, V., Chowdhary, R. and Chowdhary, N.: Does nasal breathing cause frictional trauma in allergic rhinitis? *J Assoc Physicians India*, 2000, 48;5: s. 501 – 504.
22. Preece, M. and Eccles, R.: The effect of pressure and warmth applied to the axilla on unilateral nasal airway resistance and facial skin temperature. *Acta Otolaryngol*, 1993, 113;6: s. 777 – 781.
23. Mackenzie: Irritation of the sexual apparatus as an etiological factor in the production of nasal disease. *Am J Med Sci*, 1884, 88; s. 360 – 365.
24. Shah, A. and Sircar, M.: Postcoital asthma and rhinitis. *Chest*, 1991, 100;4: s. 1039 – 1041.
25. Malcolmson: The vasomotor activities of the nasal mucous membrane. *J Laryngol Otol*, 1959, 37; s. 73 – 98.
26. Burrow, A., Eccles, R. and Jones, A.S.: The effects of camphor, eucalyptus and menthol vapour on nasal resistance to airflow and nasal sensation. *Acta Otolaryngol*, 1983, 96;1-2: 157 – 161.
27. Eccles, R. and Jones, A.S.: The effect of menthol on nasal resistance to air flow. *J Laryngol Otol*, 1983, 97;8: s. 705 – 709.
28. Lindemann, J., a kol.: Impact of menthol inhalation on nasal mucosal temperature and nasal patency. *Am J Rhinol*, 2008, 22;4: s. 402 – 405.
29. Hasegawa, M. and Kern, E.B.: The human nasal cycle. *Mayo. Clin Proceed.*, 1997, 52; s. 28 – 34.
30. Eccles, R.: A role for the nasal cycle in respiratory defence. *Eur Respir J*, 1996, 9;2: s. 371 – 376.
31. Hanif, J., Jawad, S.S. and Eccles, R.: The nasal cycle in health and disease. *Clin Otolaryngol* (2000), 25; s. 461 – 467.
32. Ciprandi, G. a kol.: Visual analog scale (VAS) and nasal obstruction in persistent allergic rhinitis. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2009, 141;4: s. 527 – 529.
33. Stewart, M.G. a kol.: Development and validation of the Nasal Obstruction Symptom Evaluation (NOSE) scale. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2004, 130;2: s. 157 – 163.
34. Buckland, J.R. a kol.: Can the Sino-nasal Outcome Test (SNOT-22) be used as a reliable outcome measure for successful septal surgery? *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 2003, 28;1: s. 43 – 47.
35. Morice, A.H.: Hull cough sensitivity questionnaire, version 5, 2009

36. Tompos, T. a kol.: Sensation of nasal patency compared to rhinomanometric results after septoplasty. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2010, 267;12: s. 1887 – 1891.
37. Boyce, J.M., Eccles, R.: Assessment of subjective scales for selection of patients for nasal septal surgery. *Clin Otolaryngol*, 2006, 31;4: s. 297 – 302.
38. Medical Policy: Rhinomanometry and Acoustic / Optical Rhinometry, Current Procedural Terminology, American Medical Association, 2008, <http://www.bcbsks.com>
39. Hilberg, O. a kol.: Evaluation of nasal cavity geometry by acoustic reflection. *J Appl Physiol*, 1989, 66; s. 259 – 303.
40. Corey, J.P. a kol.: A comparison of the nasal cross-sectional areas and volumes obtained with acoustic rhinometry a MRI. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 1997, 117; s. 349 – 354.
41. Corey, J.P.: Acoustic rhinometry: Should we be using it? *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2006, 14; 29 – 34.
42. Morris, L.G. a kol.: Acoustic rhinomanometry predicts tolerance of nasal continuous positive airway pressure: A pilot study. *Am J Rhinol*, 2006, 20; s. 133 – 137.
43. Kelly, J.T. a kol.: Detailed flow patterns in the nasal cavity. *J Appl Physiol*, 2000, 89; s. 323 – 337.
44. Cole, P.: Biophysics of nasal airflow: a review, *Am J Rhinol*, 2000, 14;4: s. 245 – 249.
45. Peltonen, L.I., a kol.: Effects of the nasal strip and dilator on nasal breathing - A study with healthy subjects. *Rhinology*, 2004, 42; s. 122 –125.
46. Jose, J., Ell, S.R.: The association of subjective nasal patency with peak inspiratory nasal flow in a large healthy population. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 1993, 18; s. 19 – 22.
47. Miralles, J.C. a kol.: Occupational rhinitis and bronchial asthma due to TBTU and HBTU sensitisation. *J Investig Allergol Clin Immunol*, 2003, 13; s. 133 – 134.
48. David, S.S., Eccles, R.: Nasal congestion: mechanisms, measurements and medications. Core information for the clinicians. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 2004, 29; s. 659 – 666.
49. Prescott, C.A., Prescott, K.E.: Peak nasal inspiratory flow measurement: An investigation in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 1995, 32; s. 137 – 141.
50. Terrien, M.H. a kol.: Comparison of the effect of terfenadine with fexofenadine on nasal provocation tests with allergen. *J Allergy Clin Immunol*, 1999, 103; s. 1025 –1030.
51. Ellegård, E.: Short-time variation in nasal mucosal swelling: a rhinostereometry study. *Rhinology*, 2003, 41; s. 7 –10.
52. Hallen, H., Juto, J.E.: A test for objective diagnosis of nasal hyperactivity. *Rhinology* 1993b, 31; s. 23 – 25.
53. Hallen, H., Graf, P.: Evaluation of rhinostereometry compared with acoustic rhinometry. *Acta Otolaryngol*, 1999, 119; s. 921 – 924.
54. Clinical Policy Bulletin: Rhinometry and Rhinomanometry, 2013, http://www.aetna.com/cpb/medical/data/700_799/0700.html
55. McNaught, A.D., Wilkinson, A.: *Isosbestic point. IUPAC. Compendium of Chemical Terminology*, 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1997, update 2012, ISBN 0-9678550-9-8.
56. Basic science research: Optical Rhinometry and Nasal Provocation Testing, <https://med.uth.edu/orl/research/optical-rhinometry>.
57. Cuddihy, P.J., Eccles, R.: The use of nasal spirometry as an objective measure of nasal septal deviation and the effectiveness of septal surgery. *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 2003, 28;4: s. 325 – 330.
58. Roblin, D.G. and Eccles, R.: Normal range for nasal partitioning of airflow determined by nasal spirometry in 100 healthy subjects. *Am J Rhinol*, 2003, 17;4: s. 179 – 183.
59. Owens, D., a kol.: The accuracy and reproducibility of rhinospirometry in detecting flow asymmetry in a nasal cavity model. *Eur Arch Oto Rhino Laryngol*, 2011, 268;10: 1469.
60. Drain, L.E.: *The Laser Doppler Technique*, John Wiley & Sons, 1980, ISBN 0-471-27627-8.
61. Moir, Ch.I.: Miniature laser doppler velocimetry systems in: *Optical Sensors 2009*, 2009.
62. Caulfield, H.J.: Laser stereometry, *Proceedings of the IEEE*, 1977, 65;1: s. 84 – 88, ISSN:0018-9219.
63. Sasaki, Y.: Fundamental imaging properties of transillumination laser CT using optical fiber applicable to bio-medical sensing. *Sensors Journal, IEEE*, 2003, 3;5: s. 658 – 667, ISSN:1530-437X.
64. Do-Hyun, K.: Fiberoptic Confocal Microscopy Using a 1.55- μ m Fiber Laser for Multimodal Biophotonics Applications, *Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE Journal*, 2008, 14;1: s. 82 – 87, ISSN:1077-260X.
65. Bellussi, L. a kol.: A new method for endoscopic evaluation in rhinology: Videocapture. *Rhinology*, 2000, 38; s. 13 – 16.