

АЕРОДИНАМІКА ПОРОЖНИНИ НОСА ТА НАВКОЛОНОСОВИХ ПАЗУХ

Українська медична стоматологічна академія (м. Полтава)

anjeyloburets@gmail.com

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами. Робота виконана в рамках планової науково-дослідної роботи «Розробка нових медичних технологій в діагностиці та лікуванні патології верхніх дихальних шляхів» (№ держреєстрації 0111U006761).

Вступ. Порожнина носа разом з навколоносовими синусами є початковим відділом дихальних шляхів і в структурно-функціональному відношенні є єдиною системою повітроносних ходів і порожнин [1,2]. Цей складний біокондиціонер постійно очищає повітря, що вдихається, від пилових частинок, знешкоджує мікроорганізми, проводить його терморегуляцію і зволоження. Пройшовши через нього, повітря набуває найбільш оптимальної кондиції для подальшого проходження в нижні відділи дихальної системи і подальшого газообміну в легенях.

Ключова роль у виконанні зазначених функцій порожнини носа належить слизовій оболонці. Остання є складно організованою системою, що складається з епітелію, строми, залоз, судинних елементів, а також нервового апарату і функціонує в результаті їх найскладніших міжтканинних інтеграційних взаємодій. Втім, маючи в загальних рисах однотипну будову, слизова оболонка в різних відділах порожнини носа і навколоносових пазух в структурно-функціональному відношенні дещо відрізняється [1,3,4].

Пройшовши через переддвер'я носа, повітряний потік розділяється на три потоки: через нижній носовий хід проходить 20% вдихуваного повітря, через середній – 70%, і через верхній – 10%. Аеродинаміку носа визначають її внутрішньоносові структури. Вони ж при різних патологічних змінах можуть істотно її порушувати.

Чим менше опір повітряному потоку в порожнині носа, тим більша кількість повітря проходить через неї при однаковому перепаді тиску між носоглоткою і зовнішнім простором. Носове дихання поділяють на фази, причому одні автори виділяють – 4 (К. Vogt і співавтори) [5], інші – 6 фаз (О.Г. Гарюк і співавт.) [6].

До сих пір немає єдиної думки про те, де рух повітряного потоку носить ламінарний характер, а де – турбулентний. Крім того, в літературі недостатньо висвітлено питання про взаємовідносини вхідного повітряного потоку, з повітрям, що надійшло в навколоносові пазухи і виходить з них під час вдиху. Чому співустья пазух прикриті різними анатомічними утвореннями? Чи треба їх зберігати при хірургічних втручаннях або ними можна знехтувати? Як впливає стан переділки носа на напрямки повітряного потоку? Тому дослідження в даному напрямку є актуальними і перспективними [7].

Мета дослідження. Метою даного дослідження стало вивчення аеродинаміки порожнини носа і навколоносових пазух.

Об'єкт дослідження: аеродинаміка порожнини носа людини.

Методи дослідження: вивчення характеру потоку повітря, підфарбованого штучним димом, в різних відділах порожнини носа в окремі фази дихання із застосуванням відеоендоскопії.

Водогліцеринава суміш самопливом подається з резервуару в трубку, що його нагнітає, звідки, випаровуючись, виходить через інший кінець трубки у вигляді густої пароповітряної суміші, яка не конденсується і не осідає протягом тривалого часу. Присутність являє собою електричний нагрівач, через який проходить трубка від ємності з гліцеринавої сумішшю. Одержуваний дим з води і гліцерину в пропорції 2 до 1 відповідно. При використанні водогліцеринавої суміші шкідливі фактори, які подразнюють незахищені ділянки шкірних покривів, слизові оболонки носоглотки і очей, відсутні. Досліджуваний виконує носом вдих водогліцеринавої газової суміші, під час чого з різних ракурсів проводиться дослідження цього процесу з відеодокументуванням.

Повітряний потік, проходячи через порожнину носа, переміщується в просторі між певними анатомічними структурами (перегородкою, носовими раковинами, стінками носових ходів, сполученням навколоносових пазух), які і визначають особливості його пересування. Незважаючи на свою уявну простоту, аеродинаміка порожнини носа до сьогоднішнього дня практично не вивчена. Також не з'ясовано питання про те, чи впливають особливості аеродинаміки на стан слизової оболонки порожнини носа і навколоносових пазух.

У порожнині носа існує декілька клапанів, які можуть регулювати інтенсивність повітряного потоку: турбінальний, представлений печеристою тканиною носових раковин і септальний – переділка носа.

Експериментальні дослідження про вивчення аеродинаміки порожнини носа на вдиху і видиху були розпочаті ще в кінці XIX століття і не припиняються до сьогоднішнього дня. Ендоскопічний контроль за повітрям, підфарбованим деревним димом, дозволив з'ясувати такі особливості руху повітряного потоку в порожнині носа [3].

Потрапивши в порожнину носа, повітряний потік проходить через саме його вузьке місце – носовий клапан. Ділянка носового клапану медіально обмежена каудальним краєм верхнього латерального хряща і протилежними відділами переділки носа. Латерально його обмежує кістковий край грушовидного отвору і розташована тут пухка фіброзно-жирова тканина, знизу – дно порожнини носа, а ззаду – передній кінець нижньої носової раковини [8].

Результати дослідження та їх обговорення. Проведені дослідження свідчать, що носовий клапан в верхньому і нижньому відділах має різний перетин і нагадує кут, рівний 10-15°, який відкритий донизу. Таким чином, він представляє трикутний щілиноподібний простір між каудальним краєм верхнього латерального хряща і перегородкою носа, який і

утворює кут носового клапану, що в нормі становить 5-10° (рис. 1).

Фізіологічна роль носового клапану вивчена недостатньо. Можливо, що ця ділянка є первинним регулятором об'єму повітря, що проходить через порожнину носа. Цілком ймовірно, що завдяки йому циліндричний потік повітря змінюється на пластинчастий. При цьому одночасно змінюється не тільки його форма аеродинаміки, а також швидкість, напрямки і опір в носовій порожнині.

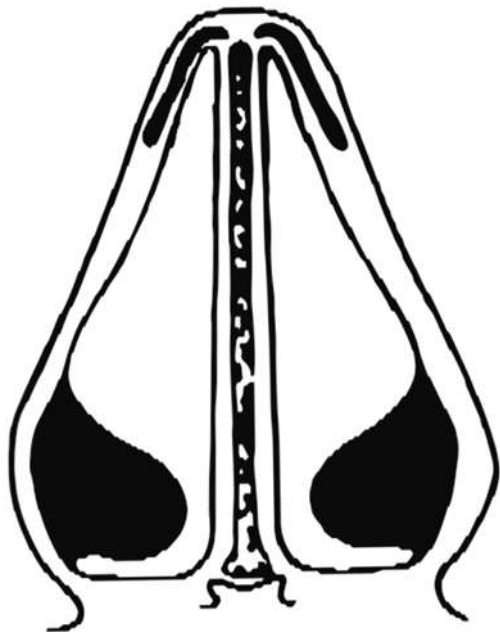


Рис. 1. Схематичне зображення носового клапану.

При проходженні повітря через носовий клапан розвивається різниця швидкості і різниця тиску потоку відповідно до закону Д. Бернуллі (1738): «при збільшенні швидкості потоку рідини або газу тиск зменшується, а при зменшенні швидкості виникає навпаки його збільшення».

У порожнині носа негативний тиск при вдиху передається з носоглотки на носовий клапан. Ступінь зниження тиску залежить як мінімум від трьох чин-



Рис. 2. Турбулентний рух повітря через носовий клапан.



Рис. 3. Ламінарний потік повітря, що розділяється перед середньою носовою раковиною на дві частини.

ників: від різниці між внутрішньоносовим і атмосферним тиском, від рухливості структур носового клапану і його розмірів.

Ендоскопічний моніторинг за повітряними потоками показує, що відразу ж за носовим клапаном струмінь підфарбованого димом повітря закручується в спіраль, а рух повітря носить вихровий, турбулентний характер (рис. 2).

Надалі турбулентний рух повітряного потоку в порожнині носа змінюється на прямолінійний, тобто ламінарний. Основні струмені повітряного потоку направляються далі по загальному носовому ходу уздовж середньої носової раковини (рис. 3).

Ламінарний характер руху струменя повітря пояснюється ще і уповільненням швидкості повітряного потоку після проходження в значно ширшу носову порожнину. По мірі проходження повітряного потоку в порожнині носа концентрація диму в повітрі, що вдихається, знижується. Очевидно, що внаслідок негативного тиску при вдиху, повітря з носових ходів і навколоносових пазух пасивно додається до основного повітряного потоку.

Ширина активного повітряного потоку приблизно дорівнює поздовжньому перетину носового клапану – 1,3-1,5 см. Розмір порожнини носа від решітчастієї пластинки до його дна дорівнює 4,5-5,0 см. Таким чином, активний повітряний потік займає приблизно 1/3 або 1/4 частину просвіту порожнини носа.

У пацієнтів, що мають овальну форму носового клапану, вираженість турбулентності повітряного потоку значно менше. При серединному розташуванні хрящового відділу перегородки носа повітряний потік не відхиляється в сторону бокової стінки порожнини носа і не відходить в середній носовий хід.

З фізіологічної точки зору надходження потоку в середній носовий хід недоцільно, тому що проникнення вдихуваного повітря в цю зону буде перешкоджати виходу повітря з навколоносових пазух і сприяти порушенню аеродинаміки. Кількість повітря, що надходить з навколоносових пазух в загальний повітряний потік в момент вдиху, досить значна. Вона становить 1/8 частину від всього вдихуваного обсягу.



Рис. 4. Повітряний потік в порожнині носа під час видиху.

Попадання некондиціонованого повітря в середній носовий хід викликає постійне подразнення та інфікування слизової оболонки, що тягне, як мінімум, до збільшення навантаження на мукоциліарну транспортну систему в ділянці остіомеатального комплексу, а потім – до застою продуктів секреції передньої групи навколоносових пазух. Таким чином, будь-які гребені носової перегородки, які за формою нагадують крило літака і хоча б краєм заходять в середній хід, цілком ймовірно можуть бути провокуючим фактором для регулярних рецидивів хронічного риносинуситу в передній групі навколоносових пазух.

При видиху повітряний потік входить в порожнину носа через хоани, які мають овальну форму, а тому на виході завихрення мінімальні і основний повітряний потік дифузно поширюється по загальному, нижньому, середньому, верхньому носових ходах. Однак щільність вмісту диму максимальна саме в загальному носовому ході на рівні нижньої носової ра-



Рис. 5. Повітряний потік, що відбивається від викривленої ділянки перегородки носа і направляється до остіомеатальному комплексу.

ковини, що свідчить про проходження основної маси повітряного потоку в цій ділянці (рис. 4).

З огляду на те, що просвіт хоани в 3-4 рази більше отвору носового клапану, який формує опір повітрю, що видихається, в порожнині носа створюється підвищений тиск і повітря заповнює навколоносові пазухи, які частково звільнились від нього при вдиху. Більш вільному попаданню повітря в середній носовий хід, куди відкривається верхньощелепна, лобова пазухи і передні комірочки решітчастої кістки, сприяє певна анатомічна особливість: задній кінець середньої носової раковини в 2-3 рази більше її переднього кінця, який часто буває трохи розгорнутим в сторону переділки носа. Крім того, гачкоподібний відросток, який виступає з боку латеральної стінки в середній носовий хід, перешкоджає виходу повітря із середнього носового ходу і сприяє підвищенню в ньому тиску. При цьому в передню групу пазух потрапляє остання порція кондиціонованого повітря з високим вмістом кисню, яка пройшла лише через порожнину носа і ніколи не потрапляла в легені.

Таким чином, остіомеатальний комплекс виконує роль своєрідного клапану, який регулює повітряний обмін між передньою групою навколоносових пазух і порожниною носа, а тому може бути названий «синусовий клапан». Так, що завдяки гачкоподібному відростку, який в більшій чи меншій мірі виступає в середній носовий хід, на видиху частина повітряного потоку, яка проходить через нього, завертається і надходить в передню групу навколоносових пазух. Очевидно, що існує прямий кореляційний зв'язок між ступенем розвитку гачкоподібного відростку і обсягом аерації лобової і верхньощелепної пазух. Це підтверджується тим, що їх гіпоплазія дуже часто поєднується з недорозвиненням останнього [9].

Задня група навколоносових пазух також заповнюється повітрям лише на видиху. Як відомо, перед співустьям сфеноїдального синусу розташований задній кінець верхньої носової раковини. Саме він є тією перешкодою, яка запобігає безпосередньому попаданню повітря в пазуху при вдиху. На видиху – все навпаки, задній кінець верхньої носової раковини частину повітряного потоку, який проходить через верхній носовий хід, завертає у напрямку до її сполучення. Крім того, підвищений тиск на видиху в цьому обмеженому просторі сприяє витісненню повітря із задніх решіток і його заміщення.

Викривлення перегородки носа на видиху істотно впливає на напрямок руху повітря. У тих випадках, коли викривлення розташовується перед переднім кінцем середньої носової раковини, частина повітряного потоку відбивається від нього і постійно спрямовується в сторону остіомеатального комплексу, що згодом неминуче призведе до гіпертрофії переднього кінця середньої носової раковини (рис. 5).

В інших ділянках, де є викривлення переділки носа, її шипи або гребені, внаслідок звуження просвіту носового ходу, швидкість повітряного потоку зростає, а тому одночасно зменшується динамічний тиск повітря. Висока швидкість повітряного потоку і низький тиск на видиху призводять до збільшення навантаження на мукоциліарний транспорт остіомеатального комплексу, а потім до застою продуктів секреції передньої групи навколоносових пазух. При нормальній частоті дихання (18 подихів на хвилину)

таке подразнення цих ділянок слизової оболонки буде регулярно повторюватися близько 25000 разів на добу. Слизова оболонка порожнини носа, завдяки мукоциліарному транспорту є тканиною, яка в фізіологічних умовах здатна самоочищатися. Але, в результаті постійної гіпераерації згодом її механізми порушуються. А тому вона реагує гіпертрофією нижньої носової раковини або поліпоподібною гіпертрофією слизової структур остіомеатального комплексу.

З огляду на останні тенденції малоінвазивної хірургії поширення набувають методи комп'ютерного конфігураційного планування хірургічних втручань у функціональній ринології [10], що призначені для прогнозування функціональних результатів операції за даними віртуального моделювання зміни архітектоніки порожнини носа, базуючись на даних риноманометричних досліджень та комп'ютерної томографії. Ці методи засновані на комп'ютерному моделюванні аеродинамічних процесів при русі повітря в порожнині носу в процесі дихання, а також аналізу взаємозв'язку геометричних і фізіологічних характеристик верхніх дихальних шляхів [11], що дає можливість обґрунтувати оптимальний об'єм втручання для забезпечення аерації порожнини носа і достатньої вентиляції навколоносових пазух.

Висновок. Таким чином, при нормальній будові носового клапану і нормальному положенні перегородки носа і носових раковин основний об'єм вдихуваного повітря проходить через загальний носовий хід уздовж середньої носової раковини. Причому спочатку повітряний потік має вихровий або турбулентний характер і лише після проходження носового клапану, стає прямолинійним або ламінарним.

Всі ендоназальні структури створені таким чином, щоб виключити пряме попадання струменя вдихуваного повітря в середній носовий хід і створити оптимальні умови для адекватного повітряного обміну між порожниною носа і навколоносовими пазухами. Очевидно, що підвищена аерація некондиціонованого повітря середнього носового ходу викликає регулярне подразнення та інфікування слизової оболонки, що тягне, як мінімум, до збільшення навантаження на мукоциліарний транспорт остіомеатального комплексу, а потім до застою продуктів секреції передньої групи навколоносових пазух.

У аеродинаміці порожнини носа носовий клапан грає первинну роль. Він має різний проміжок в верхньому і нижньому відділах, внаслідок чого потоки повітря набувають турбулентного характеру, а тому відцентрова сила призводить до осідання на слизовій оболонці передніх відділів порожнини носа осно-

вної маси чужорідних частинок і мікроорганізмів. Ось чому в передніх відділах носової порожнини всі рухи війок і переміщення секрету спрямовані назовні. Це стосується лише переднього респіраторного епітелію, який вистилає тільки перший сантиметр порожнини носа. Очевидно, що витрати на таке «транспортування» через носову порожнину всіх вхідних антигенів занадто великі. Тому їх виведення здійснюється зовсім недалеко від їх первинного контакту зі слизовою.

Якщо носовий клапан мав би не трикутну, а округлу або овальну форму, то рух повітряного потоку був би більш прямолинійним. В цьому випадку, завдяки відсутності або зовсім малій кривизні траєкторії, при проходженні повітряного потоку через носовий клапан не виникало б відцентрове прискорення, а чужорідні частинки в повітрі і мікроорганізми могли б більш глибоко проникати в порожнину носа та в розташовані нижче дихальні шляхи.

Різні види викривлення перегородки носа істотно впливають не тільки на аеродинаміку порожнини носа, але також і на аерацію навколоносових пазух. Зокрема гребені по типу крила реактивного літака як при вдиху, так і при видиху можуть сприяти гіпервентиляції ділянки середнього носового ходу, що призводить до збільшення навантаження на мукоциліарний транспорт остіомеатального комплексу і до застою продуктів секреції передньої групи навколоносових пазух. У таких випадках з часом виникає поліпоподібна гіпертрофія слизової оболонки структур остіомеатального комплексу.

З огляду на проведений аналіз літератури, а також власні дослідження, можна прийти до висновку, що ендоскопічна корекція ендоназальних структур здатна істотно змінити аеродинаміку не тільки носової порожнини, але й навколоносових пазух. Основним принципом і найбільш оптимальним її результатом є усунення будь-яких перешкод на шляху повітряного потоку в порожнині носа. У той же час, необхідно розуміти, що надмірне видалення фізіологічних структур порожнини носа, особливо коли вони покриті зміненою слизовою, неминуче призведе до порушення аеродинаміки навколоносових пазух. Таким чином, під час планування чи вже по ходу самої операції ринохірург в кожному окремому випадку повинен усунути тільки конкретну причину опору повітряному потоку, але при цьому зберегти аеродинаміку навколоносових пазух.

Перспективи подальших досліджень. Дослідження повітряних потоків порожнини носа в різних його ділянках при різних захворюваннях порожнини носа та навколоносових пазух.

Література

1. Piskunov GZ, Piskunov SZ. Klinicheskaya rinologiya. M.: Miklosh; 2002. 390 s. [in Russian].
2. Piskunov SZ, Piskunov GZ, Harchenko VV, Dolzhikov AA. Funktsional'naya anatomiya i hirurgiya nosa i okolonosovykh pazuh. Kursk: Kurskij gosudarstvennyj medicinskij universitet; 2004. 116 s. [in Russian].
3. Bezshapochnyj SB, Gasyuk YuA, Loburec VV, Vahnina AB. Mekhanizmy mestnoj zashchity slizistoj obolochki polosti nosa i okolonosovykh pazuh. Vestnik otorinolaringologii. 2013;4:44-7. [in Russian].
4. Pluzhnikov MS, Shanturov AG, Lavrenova GV, Nosulya EV. Slizistaya obolochka nosa, mekhanizmy gomeostaza i gomeokineza. Sankt-Peterburg; 1995. 104 s. [in Russian].
5. Vogt K, Jalowayski AA, Althaus W, Cao C, Han D, Hasse W, et al. 4-Phase-Rhinomanometry (4PR)-basics and practice. Rhinology. Supplement. 2010;21:1-50.
6. Nechiporenko AS, Garyuk OG, Chmovzh VV. Kriterij identifikacii faz nosovogo dyhatel'nogo cikla. Vestnik Nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta Har'kovskij politekhnicheskij institut. Seriya: Informatika i modelirovanie. 2013;19(992):106-12. [in Russian].
7. Bezshapochnyj SB, Gasyuk YuA, Loburec' VV. Propedevtika endomikrorinohirurgii. K.: TOV «Vistka»; 2018. 112 s. [in Ukrainian].
8. Kern EB. Standardization of rhinomanometry. Rhinology. 1977;15(3):115-9.

9. Lund VJ, Stammberger H, Fokkens WJ, Beale T, Bernal-Sprekelsen M, Eloy P, et al. European position paper on the anatomical terminology of the internal nose and paranasal sinuses. *Rhinology*. 2014;24:1-34.
10. Avrunin OG. Principy komp'yuternogo planirovaniya funktsional'nyh operativnyh vmeshatel'stv. *Tekhnichna elektrodinamika*. 2011;2:293-8. [in Russian].
11. Loburec AV, Bezshapochnij SB, Avrunin OG. Dosvid zastosuvannya metodu kompyuternogo planuvannya hirurghichnogo vtruchannya u pacientiv z hronichnim frontitom. *Mir medicyny i biologii*. 2017;3(61):27-32. [in Ukrainian].

АЕРОДИНАМІКА ПОРОЖНИНИ НОСА ТА НАВКОЛОНОСОВИХ ПАЗУХ

Безшапочний С. Б., Гасюк Ю. А., Лобурець В. В., Лобурець А. В.

Резюме. У статті представлені оригінальні дослідження присвячені аеродинаміці носової порожнини і навколоносових пазух. Встановлено, що при нормальній будові носового клапана і нормальному положенні перегородки носа і носових раковин основний обсяг вдихуваного повітря проходить через загальний носовий хід уздовж середньої носової раковини. Повітряний потік спочатку має турбулентний характер, а після проходження носового клапана набуває ламінарний плин. У аеродинаміці порожнини носа носовий клапан грає первинну роль, а відцентрова сила, яка виникає в ньому, призводить до осідання на слизовій оболонці передніх відділів основної маси чужорідних частинок і мікроорганізмів.

Різні види викривлення перегородки носа також істотно впливають на аерацію навколоносових пазух. З огляду на проведений аналіз літератури, а також власні дослідження, можна прийти до висновку, що ендоскопічна корекція ендоназальних структур здатна істотно змінити аеродинаміку не тільки носової порожнини, а й навколоносових пазух. Таким чином, під час планування чи вже по ходу самої операції ринохірург в кожному окремому випадку повинен усунути причину опору повітряному потоку, але при цьому зберегти аеродинаміку навколоносових пазух.

Ключові слова: аеродинаміка, носова порожнина, навколоносові пазухи, ендоназальні структури.

АЭРОДИНАМИКА НОСОВОЙ ПОЛОСТИ И ОКОЛОНОСОВЫХ ПАЗУХ

Безшапочный С. Б., Гасюк Ю. А., Лобурец В. В., Лобурец А. В.

Резюме. В статье представлены оригинальные исследования посвященные аэродинамике носовой полости и околоносовых пазух. Установлено, что при нормальном строении носового клапана и нормальном положении перегородки носа и носовых раковин основной объем вдыхаемого воздуха проходит через общий носовой ход вдоль средней носовой раковины. Воздушный поток сначала имеет турбулентный характер, а после прохождения носового клапана приобретает ламинарное течение. В аэродинамике полости носа носовой клапан играет первоначальную роль, а центробежная сила, которая возникает в нем, приводит к оседанию на слизистой оболочке передних отделов основной массы чужеродных частиц и микроорганизмов.

Разные виды искривления перегородки носа также существенно влияют не только на аэродинамику носовой полости, но также и на аэрацию околоносовых пазух. Учитывая, проведенный анализ литературы, а также собственные исследования, можно прийти к выводу, что эндоскопическая коррекция эндоназальных структур способна существенно изменить аэродинамику не только носовой полости, но и околоносовых пазух. Таким образом, во время планирования или уже по ходу самой операции ринохирург в каждом отдельном случае должен устранить причину сопротивления воздушному потоку, но при этом сохранить аэродинамику околоносовых пазух.

Ключевые слова: аэродинамика, носовая полость, околоносовые пазухи, эндоназальные структуры.

AERODYNAMICS OF NASAL CAVITY AND ACCESSORY SINUSES OF THE NOSE

Bezshapochniy S. B., Gasiuk Iu. A., Loburets V. V., Loburets A. V.

Abstract. The aim of the investigation is to study aerodynamics of nasal cavity and accessory sinuses of the nose.

The article is concerned with original researches, which are devoted to aerodynamics of nasal cavity and accessory sinuses of the nose. It has been determined that at normal structure of nasal valve and normal position of nasal septum and nasal concha the main volume of inspired air passes through the general nasal passage along the middle nasal cavity. Firstly, airflow has turbulent character and, after nasal valve passing has laminar flow.

Nasal valve plays an important role in aerodynamics of nasal cavity, and centrifugal force which occurs in it and leads to sedimentation of foreign particles and microorganisms on the mucous membrane of anterior regions.

Different types of deflected nasal septum also affect both aerodynamics of nasal cavity and aeration of accessory sinuses of the nose. In particular, rugae, like airplane wing both during expiration and inspiration can lead to hyperventilation of the middle nasal passage and it causes increased load of respiratory epithelial clearance of ostiomeatal complex and also congestion of secretion of anterior group of accessory sinuses of the nose. In such cases, polypoid hypertrophy of mucous membrane of ostiomeatal structures can occur.

Considering literature analysis and own researches, it can be concluded that endoscopic correction of endonasal structures can change aerodynamics of nasal cavity and also accessory sinuses of the nose. The main principle and the most optimal result of this procedure contain elimination of any obstructions of air flow in the nasal cavity. At same time, it is necessary to consider that excessive removal of physiological structures of the nasal cavity, especially when they are covered with permanent mucous membrane, causes the destruction of aerodynamics of accessory sinuses of the nose. So, during surgery or surgical planning, a rhinosurgeon must eliminate the cause of airflow resistance and also preserve aerodynamics of accessory sinuses of the nose.

Key words: aerodynamics, nasal cavity, accessory sinuses of the nose, endonasal structures.

Рецензент – проф. Проніна О. М.

Стаття надійшла 23.09.2018 року