

Анализ влияния аэродинамических показателей носового дыхания при диагностике респираторно-обонятельных нарушений

Н. О. Шушляпина

Харьковский национальный медицинский университет, Украина

Резюме

Введение. Для диагностирования респираторно-обонятельных нарушений целесообразно использовать количественную оценку энергетических характеристик носового дыхания при действии соответствующих одоривекторов а также микрохарактеристики воздушного потока в носовой полости.

Цель работы. Анализ влияния аэродинамических показателей носового дыхания при диагностике респираторно-обонятельных нарушений.

Объем и методы исследования. Под наблюдением находилось 45 пациентов с искривлением носовой перегородки. Контрольную группу составляли 40 лиц без нарушения функции носового дыхания. Средний возраст пациентов находился в диапазоне 25–60 лет. Для исследования применялись методы конусно-лучевой компьютерной томографии полости носа и параназальных синусов, задняя активная риноманометрия и компьютерная ольфактометрия с регистрацией энергетических показателей носового дыхания при действии соответствующих одоривекторов.

Результаты. При определении респираторно-обонятельных нарушений на основе анализа линейной модели дискриминации выявлено, что добавление аэродинамических показателей, таких как расход воздуха, перепад давления, времени появления ольфакторной чувствительности и толщины ламинарного пограничного слоя у стенок носовой полости снижает вероятность ошибки диагностики в 3 раза (с 0,35 до 0,11). При этом наибольший вклад в уменьшение вероятности ошибки оказывают расход воздуха, время появления обонятельной чувствительности на одоривектор и величина толщины ламинарного пограничного слоя у стенок носовой полости.

Выводы. Показана эффективность проведения компьютерной ольфактометрии и исследования аэродинамических показателей носового дыхания на микроуровне при диагностике респираторно-обонятельных нарушений.

Ключевые слова: ольфактометрия; риноманометрия; носовое дыхание; ламинарный пограничный слой.

ISSN 1812-7231 Клін. інформат. і Телемед. 2018, т. 13, вип. 14, сс. 74–80. <https://doi.org/10.31071/kit2018.14.09>

Введение

По данным европейских согласительных документов по риносинуситу и назальному полипозу (European Position Paper in Rhinosinusitis and Nasal Polyposis), нарушение обоняния наряду с затруднением носового дыхания, патологическими выделениями из носовых ходов входит в перечень наиболее частых субъективных признаков риносинусита. Согласно оценкам экспертов, частота обонятельной дисфункции у таких больных достигает 14–30% [1].

Более 80% больных синуситом указывают на сопутствующее расстройство обоняния [2]. Дизосмия у пациентов данной группы не сопровождается деструкцией обонятельного эпителия, а связана с отеком слизистой оболочки и гиперсекрецией слизи, что приводит к закрытию просвета узкой обонятельной щели. При вдохе через нос воздух вместе с молекулами пахучего вещества (называемого обонятельным стимулом или одорантом) проходит в каждой из двух носовых полостей по щелевидному каналу сложной конфигурации, который образован продольной носовой перегородкой и тремя носовыми раковинами. Затем часть воздуха поступает в расположенную в верхней задней зоне канала обонятельную область, имеющую вид щели, покрытой обонятельным эпителием. Общая поверхность, занимаемая эпителием в обеих половинках носа взрослого человека, невелика — 2–4 см²,

толщина которого составляет приблизительно 150–300 мкм. Увлекаемые воздушным потоком молекулы пахучих веществ, проникают в носовую полость и переносятся над поверхностью эпителия. При нормальном спокойном дыхании вблизи обонятельного эпителия проходит 7–10% вдыхаемого воздуха. При этом молекуле одоранта необходимо преодолеть слой слизи, покрывающий эпителий (10–50 мкм), для осуществления взаимодействия с обонятельными рецепторами.

В литературе приводятся данные в пользу того, что самый частый вид дизосмии — респираторная, или кондуктивная гипо- и anosmia, которая вызвана риногенными причинами, т. е. изменениями в полости носа, механически затрудняющими или препятствующими доступу пахучих веществ в обонятельную область [3].

В результате клинических наблюдений, проведенных в последнее десятилетие, было доказано, что по частоте встречаемости расстройство обоняния, вызванное заболеваниями верхних дыхательных путей, составляют до 72% всех дизосмий [4].

Коллектив авторов во главе с профессором Ph. Rombaix, изучая причины нарушения обоняния, отметили, что при заболеваниях носа и околоносовых пазух, практически всегда, возникает гипосмия или anosmia [5]. Эти данные совпадают с исследованиями, посвященными диагностике обоняния при хроническом полипозном и остром риносинуситах,

искривлении перегородки носа, булле средней носовой раковины [6, 7]. Нарушение обоняния при вышеперечисленных заболеваниях имеет кондуктивный тип расстройств. Кондуктивная форма обонятельных нарушений, по данным зарубежной литературы, составляет до 90% дизосмий, а по данным отечественных авторов – 35,7% [8].

Приведенные цифры свидетельствуют об исключительной актуальности данной проблемы, особенно в аспекте ранней диагностики респираторно-обонятельных нарушений. В настоящее время также представляют интерес методы диагностики обонятельной функции, основанные на изучении энергетических характеристик дыхания при действии соответствующих одоривекторов [9–11]. Эти методы, объединяющие информацию функциональных и топографических исследований, развиваются на протяжении последних 5-ти лет и специалисту необходимо выяснить их диагностические возможности для формирования методических рекомендаций для их клинического применения [9–11]. Поэтому, учитывая комплексность проблемы диагностики респираторно-обонятельных патологий и объединение функциональных и топографических методов исследования, целесообразным является изучить влияние энергетических показателей носового дыхания по данным компьютерной ольфактометрии и микрохарактеристики воздушного потока в носовой полости при определении нарушений обоняния респираторного генеза.

Таким образом, целью работы является анализ влияния аэродинамических показателей носового дыхания при диагностике респираторно-обонятельных нарушений.

Материалы и методы

Под наблюдением находилось 45 пациентов с искривлением носовой перегородки. Контрольную группу составляли 40 лиц без нарушения функции носового дыхания. Средний возраст пациентов находился в диапазоне 25–60 лет. Диагноз был поставлен на основании жалоб, анамнеза, данных клинического обследования, эндоскопии полости носа, компьютерной томографии и исследования дыхательной обонятельной функции. Учитывались возраст, пол, наличие патологии полости носа, длительность заболевания, приводящего к нарушению обоняния. Первоначально проводилось деление пациентов на группы с искривлением носовой перегородки без структурных изменений со стороны латеральной стенки носа, и с искривлением носовой перегородки и хроническим гипертрофическим ринитом. На основании результатов комплексного обследования, включающего оценку жалоб больных, анамнестические данные, а также данные объективного исследования, разделенные первоначально на группы, все больные были объединены в одну группу с нарушением обоняния респираторного генеза. Это позволило сформировать робастную оценку диагностических показателей метода без учета дифференциального диагноза и провести анализ контроля состояний между респираторно-обонятельной патологией и условной нормой. Всем больным проводилась конусно-лучевая компьютерная томография (КТ) полости носа и параназальных синусов с получением срезов в двух проекциях (аксиальной и коронарной) с последующей обработкой и сегментацией и фото- видео-регистрацией изображения при прямом и боковом углах зрения [12, 13]. Всем больным проводилась задняя активная риноманометрия при форсированном дыхании, а также компьютерная ольфактометрия, регистрирующая энергетические показатели носового дыхания (перепад давления, расход воздуха и время наступления порога ощущения) при действии соответствующих одоривекторов. Так, для исследования обонятельной чувствительности использовали ольфакторный набор рас-

твора валерианы в концентрации 0,5%. Тригеминальную чувствительность определяли с учетом 0,2% раствора уксусной кислоты. Далее, по комплексной аэродинамической модели носовой полости, получаемой на основе КТ-исследования и ввода риноманометрических данных проводилось определение ширины ламинарного пограничного слоя воздуха, проходящего вблизи стенок носовой полости, и характеризующей аэродинамические процессы на микроуровне, а именно, расположение микронеровностей верхнего слоя слизистой оболочки носа по отношению к ширине δ пристеночного течения воздушного потока [14, 15].

Анализ статистических данных аэродинамических показателей выполнялся на основе метода построения нормированного Евклидова расстояния, позволяющего проводить оценку влияния данных различной природы за счет учета среднеквадратических отклонений. Оценка диагностической значимости метода анализа данных форсированной задней активной риноманометрии с учетом дополнительных параметров, учитывающих время и мощность дыхания при наступлении порога ощущения одоривектора (значений Q_s и $\Delta p_s \equiv p_s$), а также толщины ламинарного пограничного слоя δ_s .

Рассматривая модель линейной дискриминации для 2-х состояний объекта (Θ_0 – условная норма, Θ_1 – состояние при дыхательно-обонятельных нарушениях) можно ввести нормированное Евклидово расстояние между контролируемыми состояниями Θ_0 и Θ_1 при взаимной независимости n признаков, которое вычисляется по формуле [11, 14]

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i^{(0)} - m_i^{(1)}}{\sigma_i} \right)^2}, \quad (1)$$

где $m_i^{(0)}$, $m_i^{(1)}$ – средние значения i -го признака величины X для условий $\Theta \in \Theta_0$ (условная норма), и $\Theta \in \Theta_1$ (нарушение носового дыхания) соответственно,

n – количество признаков (в данной модели $n = 6$).

σ_i – среднеквадратические отклонения i -го признака, определяемые согласно выражению

$$\sigma_i = \max(\sigma_i^{(0)}, \sigma_i^{(1)}) \text{ при } \sigma^{(0)2} \neq \sigma^{(1)2},$$

где $\sigma_i^{(0)}$, $\sigma_i^{(1)}$ – среднеквадратические отклонения i -го признака для условий $\Theta \in \Theta_0$ (условная норма), и $\Theta \in \Theta_1$ (дыхательно-обонятельное нарушение).

При нормальном распределении значений измеряемой величины вероятность ошибки второго рода при принятии решений о состоянии объекта определяется через интеграл вероятности Лапласа $\Phi(\cdot)$ [11, 14] и оценивается неравенством

$$P_{out} \leq 1 - \Phi(\delta/2), \quad (2)$$

где δ определяется по формуле (1).

Из формул (1) и (2) очевидно, что вероятность ошибки тем меньше, чем больше нормированный по дисперсии квадрат Евклидова расстояния δ между векторами средних значений признаков.

В предложенном методе компьютерной ольфактометрии учитывается время и мощность дыхания при наступлении порога ощущения одоривектора и присутствуют следующие измеряемые физические величины (при количестве измеряемых параметров $n = 6$):

X_1 – максимальный расход воздуха Q ;

X_2 – перепад давления $\Delta p \equiv p$ при максимальном расходе воздуха;

X_3 – расход воздуха Q_s при появлении обонятельной чувствительности;

X_4 – перепад давления $\Delta p_s \equiv p_s$ при появлении обонятельной чувствительности;

t_s – время появления обонятельной чувствительности;
 δ_b – толщина ламинарного пограничного слоя у поверхности носовой полости.

Состояния условной нормы и нарушения носового дыхания обозначаются, соответственно, как Θ_0 и Θ_1 . Как было показано выше, всего было обследовано 85 пациентов, разделенных на две группы: 45 человек с нарушениями носового дыхания, объединенных в одну общую группу, и 40 человек без нарушений носового дыхания (контрольная группа). При этом определялись максимальные значения расхода воздуха Q и перепада давления Δp в носовой полости (стандартный метод форсированной задней активной риноманометрии [9–11]), а также при проведении компьютерной ольфактометрии значения расхода воздуха Q_s и перепада давления Δp_s при появлении обонятельной чувствительности при подаче соответствующего одоривектора. Далее к риноманометрическим и ольфактометрическим показателям добавлялся параметр – толщина δ_b ламинарного пограничного слоя у поверхности носовой полости, позволяющий учитывать и анатомическую конфигурацию за счет вычисления гидравлического диаметра, и режим течения воздуха в носовой полости. Затем для каждой группы пациентов находились статистические показатели: средние значения и среднеквадратические отклонения соответствующих измеряемых величин в норме и при дыхательно-обонятельных нарушениях.

Результаты и обсуждение

Расчетные значения нормированного Эвклидова расстояния для оцениваемых показателей отображаются по графику на рис. 1. Снижение вероятности ошибки диагностического решения по мере добавления изучаемых параметров в модель дискриминации приведено на рис. 2. Численные значения

этих величин, значений показателей в норме и при нарушении носового дыхания, а также их соответствующих среднеквадратических отклонений приводятся в табл. 1. Исходными значениями для форсированной задней активной риноманометрии являются показатели максимального расхода воздуха и перепада давления, которые в сумме увеличивают нормированное Эвклидово расстояние до 1,9 и вероятность ошибки до 0,35. Далее в модель добавляются три энергетических показателя дыхания при появлении обонятельной чувствительности: расход воздуха Q_s , перепад давления $\Delta p_s \equiv p_s$ при появлении обонятельной чувствительности и время t_s появления обонятельной чувствительности. Из них наиболее существенную роль играет временной показатель (под индексом 5), затем расход воздуха и соответствующий перепад давления, позволяющие повысить нормированное Эвклидово расстояние до 2,2 и снизить вероятность ошибки диагностики до 0,17. Учет шестого показателя (ширины пограничного слоя δ_b) позволяет увеличить нормированное Эвклидово расстояние до 3,1 и снизить вероятность ошибки диагностики до 0,11 (почти на 30%).

Выводы

При анализе линейной модели дискриминации выяснено, что добавление аэродинамических показателей Q_s (расхода воздуха), Δp_s (перепада давления) и времени появления обонятельной чувствительности, а также толщины ламинарного пограничного слоя у стенок носовой полости увеличивает нормированное Эвклидово расстояние по сравнению со стандартным методом форсированной задней активной риноманометрии на величину 1,2 (в 1,5 раза) и, соответственно, снижает вероятность ошибки диагностики в 3 раза (с 0,35 до 0,11). Причем, можно заметить, что наибольший вклад в уменьшение вероятности ошибки оказывают расходы

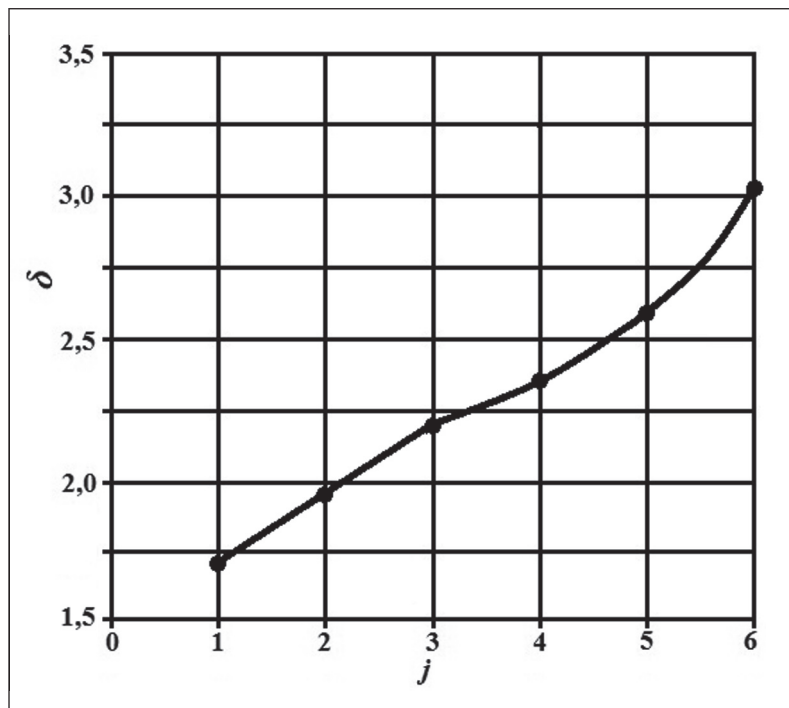


Рис. 1. Зависимости увеличения нормированного Эвклидова расстояния по мере добавления признаков в модель. (Обозначения: 1 – для сигнала расхода воздуха; 2 – для сигнала перепада давления; 3 – расход воздуха при появлении обонятельной чувствительности, 4 – перепад давления при появлении обонятельной чувствительности, 5 – время появления обонятельной чувствительности, 6 – толщина ламинарного пограничного слоя у стенок носовой полости).

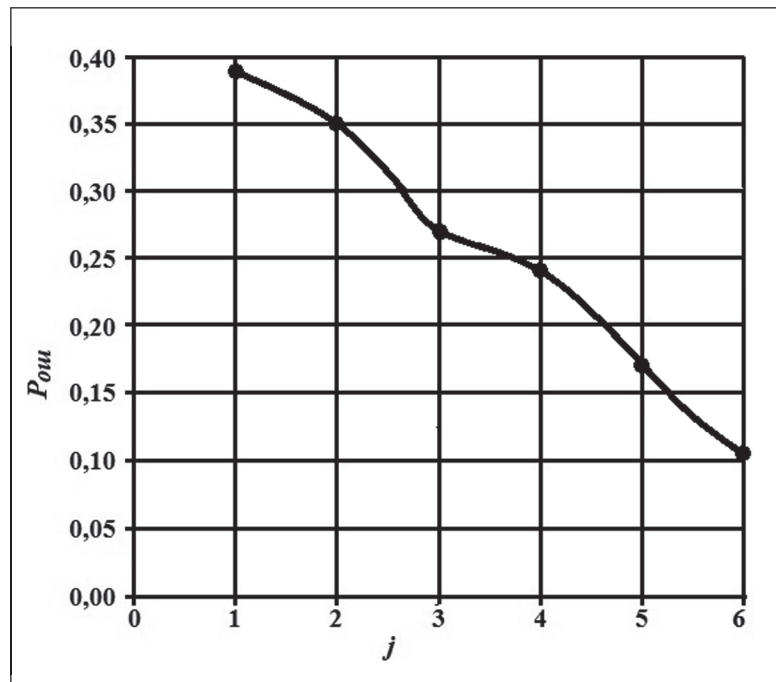


Рис. 2. Уменьшение вероятности ошибки принятия решения ($P_{ош}$) по мере добавления признаков в модель. (Обозначения: 1 — для сигнала расхода воздуха; 2 — для сигнала перепада давления; 3 — расход воздуха при появлении обонятельной чувствительности, 4 — перепад давления при появлении обонятельной чувствительности, 5 — время появления обонятельной чувствительности, 6 — толщина ламинарного пограничного слоя у стенок носовой полости).

Табл. 1. Результаты дискриминантного анализа для метода компьютерной ольфактометрии с дополнительными параметрами, учитывающими время и мощность дыхания при наступлении порога ощущения одоривектора, а также толщину пограничного слоя в носовой полости.

Параметр		Состояния		Номированное Евклидово расстояние δ_{Σ}	Вероятность ошибки $P_{\delta_{\Sigma}}$
		Норма	Наруш.		
		Θ_0	Θ_1		
X_1	Q , л/с	2,64	1,07	1,71	$\leq 0,39$
	σ_Q	0,92	0,46		
X_2	Δp , кПа	3,75	2,44	1,94	$\leq 0,35$
	$\sigma_{\Delta p}$, кПа	1,41	0,97		
X_3	Q_s , л/с	0,32	2,40	2,22	$\leq 0,27$
	σ_{Q_s}	0,11	1,89		
X_4	$\Delta p_{s'}$, кПа	1,55	4,61	2,36	$\leq 0,24$
	$\sigma_{\Delta p_{s'}}$, кПа	0,72	3,86		
X_5	$t_{s'}$, кПа	1,43	8,52	2,62	$\leq 0,17$
	$\sigma_{t_{s'}}$, кПа	0,35	6,19		
X_6	$\delta_{b'}$, кПа	0,47	0,14	3,01	$\leq 0,11$
	$\sigma_{\delta_{b'}}$, кПа	0,22	0,08		

воздуха, как при стандартной форсированной риноманометрии, так и при ольфактометрии, а также время появления обонятельной чувствительности на одоривектор и величина

толщины ламинарного пограничного слоя у стенок носовой полости. Перепады давлений не оказывают существенного влияния на модель дискриминации (пациент может за счет

кратковременного создания повышенного перепада давления обеспечить необходимый расход воздуха).

Проведена независимая статистическая обработка результатов диагностики в оториноларингологическом отделении Харьковской областной клинической больницы (КЗ ЦЕМД та МК). Результаты подтверждают адекватность модели принятия диагностического решения, что позволяет использовать данный метод для определения дыхательно-обонятельных нарушений и тестирования респираторно-обонятельной чувствительности.

Перспективой работы является разработка методов дифференциальной диагностики различных патологических состояний, связанных с нарушениями респираторно-обонятельной функции.

Исследования проводились с соблюдением национальных норм биоэтики и положений Хельсинкской декларации (в редакции 2013 г.). Автор статьи Н. О. Шушляпина подтверждает, что у нее нет конфликта интересов.

Литература

1. Fokkens W. J., Lund V. J., Mullol J., Bachert C., Alobid I., Baroody F., Cohen N., Cervin A. A summary for otorhinolaryngologists. EPOS 2012: European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2012. *Rhinology*, 2012, vol. 50, no. 1, pp. 1–12. doi: 10.4193/Rhino50E2.
2. Nosova Ya., Avrunin O. G., Semenets V. V. Biotechnical system for integrated olfactometry diagnostics. *Innovative technol. and scientific solutions for industries*. 2017, vol. 1, iss. 1, pp. 64–68. doi: 10.30837/2522-9818.2017.1.064.
3. Морозова С. В., Савватеева Д. М., Лопатин А. С. Расстройства обоняния и их коррекция. *Вестник оториноларингологии*, 2007, № 5, сс. 66–70.
4. Förster G., Damm M., Gudziol H., Hummel T., Hüttenbrink K.-B., Just T., Muttray A., Seeber H., Temmel A., Welge-Lüssen A. Olfactory dysfunction. Epidemiology, pathophysiological classification, diagnosis and therapy. *HNO. Springer Medizin Verlag*. 2004, vol. 52, no. 8, pp. 679–684. doi: 10.1007/s00106-004-1117-x.
5. Fonteyn S., Huart C., Deggouj N., Collet S, Eloy P., Rombaux P. Non-sinonasal-related olfactory dysfunction: A cohort of 496 patients. *Eur. Ann. Otorhinolaryngol., Head. Neck Dis.*, 2014, vol. 131, no. 2, pp. 87–91. doi: 10.1016/j.anorl.2013.03.006
6. Ismail H. F., Osman E., AL-Omari A. K., Avrunin O. G.. The Role of Paranasal Sinuses in the Aerodynamics of the Nasal Cavities. *Intern. J. of Life Science and Medical Res.*, 2012, vol. 2, iss. 3, pp. 52–55. doi: 10.5963/LSMR0203004.
7. Смирнов И. В., Вишняков В. В. Обонятельная функция пациентов с полипозным риносинуситом после эндоскопических операций на околоносовых пазухах. *Вестник оториноларингологии*, 2011, № 5, сс. 19–21.
8. Болезни уха, горла, носа в детском возрасте. *Нац. руководство: крат. изд. Под ред. М. Р. Богомильского, В. Р. Чистяковой. М., ГЭОТАР-Медиа*, 2015, 544 с.
9. Аврунін О. Г., Бодяньський Є. В., Калашник М. В., Семенець В. В., Філатов В. О. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики. Харків, ХНУРЕ, 2018, 236 с.
10. Аврунін О. Г., Безшапочний С. Б., Бодяньський Є. В., Семенець В. В., Філатов В. О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. Харків, ХНУРЕ, 2018, 224 с.
11. Аврунін О. Г., Томашевський Р. С., Фарук Х. И. Методы и средства функциональной диагностики внешнего дыхания. Харьков: ХНАДУ, 2015, 208 с.
12. Avrunin O. G., Nosova Y. V., Shuhlyapina N. O., Zlepko S. M., Tymchyk S. V., Hotra O., Imanbek B., Kalizhanova A., Mussabekova A. Principles of computer planning in the functional nasal surgery. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2017, no. 3, pp. 140–143. doi: 10.15199/48.2017.03.32
13. Безшапочний С. Б., Лобурець А. В., Аврунін О. Г. Досвід застосування методу комп'ютерного планування хірургічного втручання у пацієнтів з хронічним фронтитом. *Світ медицини та біології*, 2017, №3, сс. 27–32.
14. Аврунін О. Г., Бодяньський Є. В., Семенець В. В., Філатов В. О., Шушляпіна Н. О. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання. Харків: ХНУРЕ, 2018, 132 с.
15. Носова Я. В., Аврунін О. Г., Фарук Х. И. Определение микрохарактеристик воздушного потока в носовой полости при дыхании. *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях*, Харьков, НТУ «ХПИ», 2018, №16 (1292), сс.122–127. doi:10.20998/2413-4295.2018.16.19

Аналіз впливу аеродинамічних показників носового дихання при діагностиці респираторно-нюхових порушень

Н. О. Шушляпіна

Харківський національний медичний університет, Україна

Резюме

Вступ. Для діагностування респираторно-нюхових порушень доцільно використовувати кількісну оцінку енергетичних характеристик носового дихання при дії відповідних одорівекторів а також мікрохарактеристики повітряного потоку в носовій порожнині.

Мета роботи. Аналіз впливу аеродинамічних показників носового дихання при діагностиці респираторно-нюхових порушень.

Обсяг і методи дослідження. Під наглядом перебувало 45 пацієнтів з викривленням носової перегородки. Контрольну групу становили 40 осіб без порушення функції носового дихання. Середній вік пацієнтів знаходився в діапазоні 25–60 років. Для дослідження застосовувалися методи конусно-променевої комп'ютерної томографії порожнини носа і параназальних синусів, задня активна риноманометрія і комп'ютерна ольфактометрія з реєстрацією енергетичних показників носового дихання при дії відповідних одорівекторів.

Результати. При визначенні респираторно-нюхових порушень на основі аналізу лінійної моделі дискримінації з'ясовано, що додавання аеродинамічних показників, таких як витрата повітря, перепад тиску, часу появи ольфакторної чутливості і товщини ламінарного прикордонного шару під стінами носової порожнини знижує ймовірність помилки діагностики в 3 рази (з 0,35 до 0,11). При цьому найбільший внесок у зменшення ймовірності помилки роблять витрата повітря, час появи нюхової чутливості на одорівектор і величина товщини ламінарного прикордонного шару під стінами носової порожнини.

Висновок. Показана ефективність проведення комп'ютерної ольфактометрії і дослідження аеродинамічних показників носового дихання на мікрорівні при діагностиці респираторно-нюхових порушень.

Ключові слова: ольфактометрія; риноманометрія; носове дихання; ламінарний прикордонний шар.

Analysis of the aerodynamic parameters influence of nosebreasing for diagnostics of respiratory-olfactory disorders

N. O. Shushliapina

Kharkiv National Medical University, Ukraine

e-mail: schusha75@ukr.net

Abstract

Introduction. For the diagnosis of respiratory and olfactory disorders can be advisable to use a quantitative assessment of the energy characteristics of nasal breathing under the action of the corresponding odorants and the microcharacteristics of the air flow in the nasal cavity.

Objective of the study. Analysis of the influence of aerodynamic parameters of nasal breathing in the diagnosis of respiratory and olfactory disorders.

Materials and methods. A total of 45 patients with nasal septum curvature were observed. The control group consisted of 40 individuals without disturbing the function of nasal breathing. The average age of patients was in the range of 25–60 years. For the study, the methods of cone-beam computed tomography of the nasal cavity and paranasal sinuses, posterior active rhinomanometry and computed olfactometry with recording of the energy indices of nasal breathing under the action of the corresponding odor vectors were used.

Results. In determining respiratory olfactory disorders this method is based on an analysis of the linear discrimination model, it was found that adding aerodynamic parameters such as air flow, pressure drop, time of appearance of olfactory sensitivity and thickness of the laminar boundary layer at the walls of the nasal cavity reduces the probability of diagnostic error by 3 times (from 0,35 to 0,11). In this case, the greatest contribution to reducing the likelihood of error is made by air flow, the time of appearance of the olfactory sensitivity to the odorant and the thickness of the laminar boundary layer near the walls of the nasal cavity.

Conclusion. The efficiency of computer olfactometry and the study of aerodynamic characteristics of nasal breathing at the micro level for the diagnosis of respiratory and olfactory disorders are proposed.

Key words: Olfactometry; Rhinomanometry; Nasal breathing; Laminar boundary layer.

©2018 Institute Medical Informatics and Telemedicine Ltd, ©2018 Ukrainian Association of Computer Medicine, ©2018 Kharkiv medical Academy of Postgraduate Education. Published by Institute of Medical Informatics and Telemedicine Ltd. All rights reserved.

ISSN 1812-7231 *Klin. inform. telemed.* 2018, vol. 13, iss. 14, pp. 74–80. <https://doi.org/10.31071/kit2018.14.09>
http://kit-journal.com.ua/en/index_en.html

References (15)

Reference

1. Fokkens W. J., Lund V. J., Mullol J., Bachert C., Alobid I., Baroody F., Cohen N., Cervin A. A summary for otorhinolaryngologists. EPOS 2012: European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2012. *Rhinology*, 2012, vol. 50, no. 1, pp. 1–12. doi: 10.4193/Rhino50E2.
2. Nosova Ya., Avrunin O. G., Semenets V. V. Biotechnical system for integrated olfactometry diagnostics. *Innovative technol. and scientific solutions for industries*. 2017, vol. 1, iss. 1, pp. 64–68. doi: 10.30837/2522-9818.2017.1.064.
3. Morozova C. B., Savvateeva D. M., Lopatin A. S. [Smell disorders and their correction]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2007, no. 5, pp. 66–70. (In Russ.).
4. Förster G., Damm M., Gudziol H., Hummel T., Hüttenbrink K.-B., Just T., Muttray A., Seeber H., Temmel A., Welge-Lüssen A. Olfactory dysfunction. Epidemiology, pathophysiological classification, diagnosis and therapy. *HNO. Springer Medizin Verlag*. 2004, vol. 52, no. 8, pp. 679–684. doi: 10.1007/s00106-004-1117-x.
5. Fonteyn S., Huart C., Deggouj N., Collet S., Eloy P., Rombaux P. Non-sinonasal-related olfactory dysfunction: A cohort of 496 patients. *Eur. Ann. Otorhinolaryngol., Head. Neck Dis.*, 2014, vol. 131, no. 2, pp. 87–91. doi: 10.1016/j.anorl.2013.03.006
6. Ismail H. F., Osman E., AL-Omari A. K., Avrunin O. G.. The Role of Paranasal Sinuses in the Aerodynamics of the Nasal Cavities. *Intern. J. of Life Science and Medical Res.*, 2012, vol. 2, iss. 3, pp. 52–55. doi: 10.5963/LSMR0203004.
7. Smirnov I. V., Vishnyakov V. V. [Olfactory function of patients with polypous rhinosinusitis after endoscopic operations on the paranasal sinuses]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2011, no. 5, pp. 19–21 (In Russ.).
8. Bogomilsky M. R., Chistyakova V. R. *Bolezni uha, gorla, nosa v detskom vozraste. Nac. rukovodstvo: krat. izd.* [Diseases of the ear, nose and throat in childhood: national guide]. Ed by Bogomilsky M. R., Chistyakova V. R., GEOTAR-Media Publ., 2105. 544 p. (In Russ.).
9. Avrunin O. G., Bodiatsky Ye. V., Kalashnikov M. V., Semenets V. V., Filatov V. O. *Suchasni intelektual'ni tehnologii funkcional'noi medichnoi diagnostiki* [Modern intellectual technologies of functional medical diagnostics]. KNURE Publ., 2018, 236 p. (In Ukr.).
10. Avrunin O. G., Bezshapochnyj S. B., Bodiatsky E. V., Semenets V. V., Filatov V. O. *Intelektual'ni tehnologii modelyuvannya xirurhichnyx vtruchan* [Intelligent technologies for modeling surgical interventions]. KNURE Publ., 2018, 224 p. (In Ukr.).
11. Avrunin O. G., Tomashevsky R. S., Faruk H. I. *Metody i sredstva funkcional'noj diagnostiki vneshnego dyhanija* [Methods and devices of functional diagnostics of external respiration]. HNADU Publ., 2015, 208 p. (In Russ.).
12. Avrunin O. G., Nosova Y. V., Shuhlyapina N. O., Zlepko S. M., Tymchyk S. V., Hotra O., Imanbek B., Kalizhanova A., Mussabekova A. Principles of computer planning in the functional nasal surgery. *Przeglad Elektrotechniczny*. 2017, no. 3, pp. 140–143. doi: 10.15199/48.2017.03.32

13. Bezshapochny S. B., Loburets A. V., Avrunin O. G. [Experience of application of the method of computer planning of surgical intervention in patients with chronic frontitis]. *Svit medytsyny ta biologii* [World of Medicine and Biology], 2017, no. 3, pp. 27–32. (In Ukr.).
14. Avrunin O. G., Bodiatsky E. V., Semenets V. V., Filatov V. O., Shushlyapina N. O. *Informacijni tehnologiyi pidtrymky pryjnyattya rishen «pry vyznachenni porushen» nosovho dyxannya* [Information technology support decision-making in determining the disturbances of the nasal breathing]. KNURE Publ., 2018, 132 p. (In Ukr.).
15. Nosova Ya., Avrunin O., Farouk H. [Determination of microcharacteristics of air flow in the nasal cavity during breathing]. *Vestnik NTU «HPI», Serija: Novye reshenija v sovremennyh tehnologijah* [Herald, Series: New solutions in modern technologies], NTU «KhPI» Publ., 2018, vol. 16 (1292), pp. 122–127, doi:10.20998/2413-4295.2018.16.19. (In Russ.).

Переписка

к.мед.н., доцент, **Н. О. Шушляпина**
ул. Академика Павлова, 313 А, 76
Харьков, 61168, Украина
тел.: +38 (0572) 65 26 65
эл.почта: schusha75@ukr.net