

УДК 616.214.8-008.1:612.2:616-073.175

Н.О. Шушляпина

Харьковский национальный медицинский университет

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОСОВОГО ДЫХАНИЯ ПРИ НАРУШЕНИИ ОБОНЯТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ

Рассматриваются возможности диагностики обонятельных нарушений на основе оценки энергетических характеристик носового дыхания при восприятии запахов. Благодаря объединению риноманометрии и ольфактометрии можно судить не только о качественном или количественном нарушении обоняния с учетом измерения силы обоняния, но и провести оценку затрат энергии, расходуемых пациентом на дыхание. При этом важным аспектом является изучение влияния на изменение обонятельной чувствительности различных хронических заболеваний носа и параназальных синусов.

Ключевые слова: энергетические характеристики носового дыхания, обонятельные нарушения, дыхательные нарушения.

Вступление

Наиболее важным фактором, определяющим нормальное функциональное состояние слизистой оболочки полости носа, является проходящий через нее при вдохе и выдохе воздушный поток, который, поступая в полость носа, вследствие активного расширения грудной клетки испытывает сопротивление со стороны окружающих структур. На этот фактор влияет такой показатель, как сопротивление воздушному потоку, причем 54% от общей резистентности дыхательной системы приходится на верхние дыхательные пути, в том числе 47% – на сопротивление полости носа [1]. В регуляции воздушного потока в полости носа принимает участие ряд физиологических сопротивлений, одним из которых является носовой, турбинальный (пещеристая ткань носовых раковин) и септальный клапаны (перегородки носа). Около 30% всего сопротивления приходится на подвижную часть преддверия носа и до 70% – на область носового клапана – самого узкого места верхних дыхательных путей, располагающегося на уровне переднего конца нижней носовой раковины [2]. Носовой клапан ограничен медиально-каудальным краем верхнего латерального хряща и прилегающими отделами перегородки носа. Латерально область носового клапана ограничена костным краем грушевидного отверстия и расположенной здесь рыхлой фиброзно-жировой тканью;

снизу – дном полости носа, сзади – передним концом нижней носовой раковины. Носовой клапан напоминает острый угол, равный 10–15°. Именно здесь возникает наибольшее сопротивление воздушному потоку. Возникающие после прохождения носового клапана излишние завихрения (повышенная турбулентность) воздушного потока непосредственно ведут к нарушению аэродинамики носа, а кроме того, к оседанию на слизистой оболочке переднего отдела полости носа чужеродных частиц и микроорганизмов. Изменение формы носового клапана (треугольная, округлая или овальная) создает условия для прямолинейного движения воздушного потока. В этом случае отсутствие или малая кривизна траектории при прохождении воздушного потока через носовой клапан не создает условий для центробежного ускорения, следовательно, приведет к нарушению аэродинамических законов и функциональным нарушениям слизистой оболочки полости носа, в том числе к респираторно-обонятельным расстройствам [3].

Кроме того, неоспоримым является соблюдение аэродинамических законов, играющих ведущую роль в регуляции степени носовой резистентности. На носовую резистентность могут повлиять различные внешние воздействия и патологические процессы в слизистой полости носа: вдыхание холодного воздуха, гипервентиляция, аллергия и воспа-

© Н.О. Шушляпина, 2017

ление, прием алкоголя. В положении лежа на спине резистентность повышается, а при атрофических процессах в полости носа, применении сосудосуживающих препаратов, физической нагрузке, вдыхании кислорода – снижается [1]. Так, кровенаполнение в пещеристых венозных сплетениях способствует набуханию носовых раковин, увеличению их размеров, сужению просвета носового клапана, вплоть до полной обструкции полости носа, тем самым обуславливая нарушение не только дыхательных, но и обонятельных свойств [4]. Подобные сопротивления воздушного потока однозначно требуют затрат энергии на его преодоление.

В этой связи объективная оценка крайне затруднена и требует создания дополнительных диагностических критериев, а также проведения комплекса диагностических мероприятий, таких как компьютерная томография, эндоскопия, риноманометрия, ольфактометрия. Если компьютерная томография и эндоскопия призваны визуализировать только топографо-анатомическую картину носовой полости, то риноманометрия и ольфактометрия предоставляют информацию о функциональных характеристиках дыхательной и обонятельной систем. При этом диагностика функциональных нарушений носовой полости проводится изолированно друг от друга. Такой подход, наряду с проблемами сравнительно низкой достоверности и повторяемости результатов функциональных исследований, не способствует достаточной эффективности распознавания сочетанной патологии. При исследовании респираторно-обонятельных нарушений недостаточно только учитывать риноманометрические характеристики носового дыхания, связанные с расходом воздуха и соответствующим перепадом давления в носовой полости при дыхании, а следует искать взаимосвязь этих показателей с временными интервалами, прошедшими от начала исследования и до момента начала ощущения одоривектора. Поэтому целесообразной представляется разработка универсального диагностического метода, позволяющего объединить риноманометрию и ольфактометрию, который был бы необходим для оценки энергетических характеристик носового дыхания при использовании характерных одоривекторов для выявления чувствительности каждого нерва, участвующего в цепи распознавания пахучих веществ.

Так, для исследования обонятельного анализатора используют три вещества: настойку валерианы, уксусную кислоту и нашатырный спирт. Использование именно этих трех веществ позволяет определять ольфактивную чувствительность [5], обуславливаемую тремя черепно-мозговыми нервами: настойка валерианы позволяет исследовать обонятельную чувствительность, обусловленную обонятельным нервом (*n. olfactorius* – первая пара черепно-мозговых нервов), уксусная кислота – обусловленную тройничным нервом (*n. trigeminis* – V пара черепно-мозговых нервов), нашатырный спирт – обонятельную чувствительность, обусловленную языкоглоточным нервом (*n. glossopharyngeus* – IX пара черепно-мозговых нервов).

Применение соответствующих пахучих веществ, оказывающих дифференцированное действие на обонятельный, тройничный и языкоглоточный нервы, имеет важное диагностическое значение, так как при полностью выключенном обонятельном нерве больной все же будет ощущать запахи, действующие на V и IX нервы, но в значительно ослабленном и искаженном виде [6]. Следовательно, использование ольфактивных веществ в такой последовательности позволяет определить вначале обонятельную чувствительность, обусловленную обонятельным нервом и выявляемую с помощью растворов настойки валерианы. Последующее за этим через несколько секунд определение обонятельной чувствительности, выявляемой с помощью растворов уксусной кислоты, позволяет установить обонятельную чувствительность, обусловленную именно тройничным нервом. Последующее за этим через несколько секунд определение обонятельной чувствительности, выявляемой с помощью растворов нашатырного спирта, позволяет установить обонятельную чувствительность, обусловленную именно языкоглоточным нервом. Выполнение пороговой ольфактометрии в последовательности настойка валерианы → уксусная кислота → нашатырный спирт является принципиальным моментом и заключается в том, что осуществление способа по предлагаемой методике позволяет определять истинную обонятельную чувствительность, обусловленную соответствующей парой черепно-мозговых нервов. Такое объединение риноманометрии и ольфактометрии позволяет судить не только о качественном или количественном нарушении

обоняния с учетом измерения силы обоняния, но и позволяет провести оценку затрат энергии, расходуемых пациентом на дыхание. Эта методика получила название «исследования энергетических характеристик при восприятии запаха». При этом важным аспектом является изучение влияния на изменение обонятельной чувствительности различных хронических заболеваний носа и параназальных синусов.

Как известно, метод риноманометрии позволяет по отношению измеренных значений перепада давления и расхода воздуха в полости носа определить величину назального сопротивления [7–9]. При этом пневматическая мощность дыхания, затраченная на ощущение одоривектора, определяются как произведение перепада давления p на расход воздуха Q согласно формуле

$$N = p \cdot Q. \quad (1)$$

Энергия дыхания определяется произведением пневматической мощности, достигнутой при ощущении одоривектора, на временной интервал исследования и выражается формулой

$$E = \int_{t_s}^{t_e} N(t) dt, \quad (2)$$

где $N(t)$ – мощность дыхания; t_e и t_s – начальный и конечный интервалы времени соответственно.

Объекты и методы исследования

Под нашим наблюдением находилось 43 больных с хроническим продуктивным риносинуситом. Возраст больных – от 44 до 57 лет, давность заболевания – от 5 месяцев до 4 лет. В анамнезе все больные отмечали обострение хронического заболевания с затяжным течением. Контрольную группу составили 11 здоровых добровольцев без патологии полости носа и параназальных синусов.

Методика объективной ольфактометрии заключается в применении риноманометра с ольфактометрической насадкой, в которой находится ароматическое вещество – одоривектор. Исследуется пневматическая мощность дыхания с идентификацией порогов ощущения и распознавания при восприятии характерных одоривекторов.

Перед проведением ольфактометрии осматривают верхние отделы полости носа и при необходимости смазывают их слизистую оболочку раствором адреналина хлорида 1:1000. Через 5 мин проводят повторное обследование. Появление или улучшение обоня-

ния после этой процедуры указывает на наличие «механической» гипосмии [10].

Одоривекторами являются вещества, способные раздражать черепно-мозговые нервы, отвечающие за восприятия запаха. Следовательно, для исследования обонятельной чувствительности, обусловленной *n. olfactorius*, используют настойку валерианы; уксусная кислота применима для оценки обонятельной чувствительности *n. trigeminis*, нашатырный спирт – *n. glossopharyngeus*. Методика заключается в измерении риноманометрических показателей с использованием задней динамической риноманометрии (рис. 1).



Рис. 1. Проведение ольфактометрического исследования

Затем измеряются риноманометрические показатели перепада давления и расхода воздуха и их произведения (мощность дыхания) при надетой на входное сопло риноманометра насадке с помещенным в нее одоривектором. Исследуемый выполняет дыхательные маневры от наименьшей интенсивности до максимально форсированного вдоха и при этом отмечает момент времени, при котором у него наступили порог ощущения и порог распознавания, нажатием на кнопку датчика. После этого фиксируется пневматическая мощность дыхания. Чем больше мощность дыхания, зафиксированная у обследуемого, тем хуже обоняние.

Результаты и их обсуждение

По результатам проведенной компьютерной ольфактометрии было выяснено, что порог ощущения в норме существенно ниже при ощущении любых одоривекторов и составляет соответственно $(14 \pm 1,1)$, $(8 \pm 0,5)$ и $(2 \pm 0,1)$ Вт для валерианы, уксуса и нашатырного спирта, что от трех до семи раз ниже при нарушении носового дыхания кондуктивного характера, связанного с хроническим продуктивным риносинуситом (рис. 2).

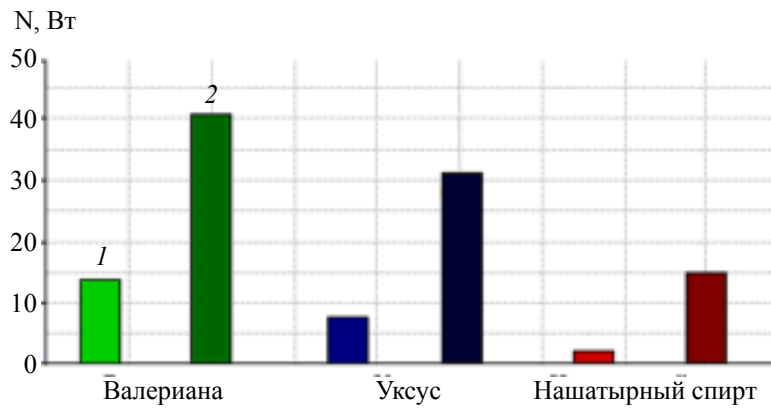


Рис. 2. Результаты ольфактометрического тестирования в норме (1) и при патологии (2) при определении порогов ощущения соответственно валерианы, уксуса и нашатырного спирта

При использовании различных одоривекторов было выяснено, что в контрольной группе усредненная величина энергии дыхания при распознавании запаха валерианы составила $(2 \pm 0,05)$ Дж, что соответствует в среднем $(0,5 \pm 0,03)$ кал при мощности дыхания $(1,5 \pm 0,37)$ Вт (рис. 3, а).

Для больных с хроническим продуктивным риносинуситом эти показатели существенно возросли, в среднем до $(24,0 \pm 3,1)$ Дж, что соответствует $(6,0 \pm 0,4)$ кал при максима-

льной мощности дыхания около $(10,0 \pm 1,5)$ Вт (рис.3, б).

Стандартные отклонения этих показателей не превышают 20%, что статистически достоверно позволяет использовать результаты комбинированных исследований при дифференциальной диагностике обонятельных нарушений респираторного генеза и оценить функциональные возможности обонятельного анализатора при воздействии различных одоривекторов (валериана, уксус, на-

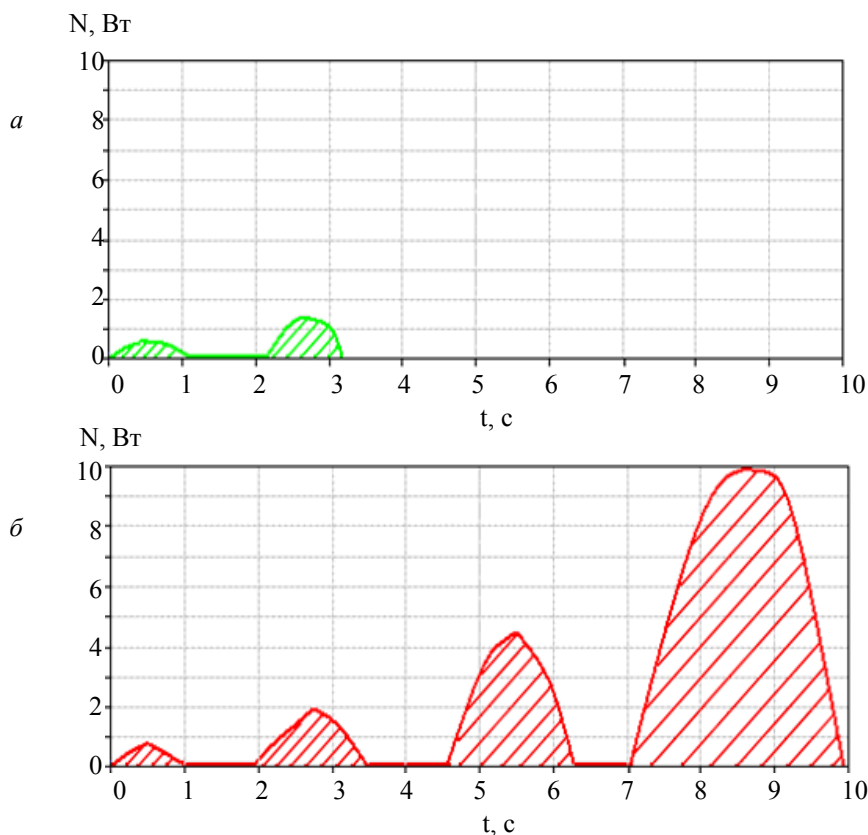


Рис. 3. Результаты ольфактометрического тестирования порога ощущения валерианы в норме (а) и при хроническом продуктивном риносинусите (б)

шатырь). При этом пневматическая мощность дыхания, затраченная на ощущение одоривектора, определяются как произведение перепада давления на расход воздуха согласно формуле (1). Энергия дыхания определяется интегралом от затраченной пневматической мощности дыхания по времени согласно формуле (2), достигаемой при ощущении одоривектора при исследовании. Результаты ольфактометрического тестирования в зависимости от действия одоривектора позволяют определить пороги ощущения и мощности дыхания. Таким образом, наибольшая мощность дыхания требовалась для ощущения запаха валерианы, меньшая для уксуса и минимальная для нашатырного спирта.

Отдельным вопросом является возможная методическая погрешность метода, свойственная в той или иной мере всем функциональным методам диагностики и связанная с выполнением испытуемым дыхательных циклов со строго нарастающей интенсивностью дыхания и последующим их автоматизированным анализом. Сложность соблюдения такого протокола исследования приводит к необходимости изучения динамических характеристик сигналов расхода воздуха и перепада давления в дыхательных циклах и анализу изменений циклограммы дыхания при ощущении одоривектора, что также будет способствовать повышению объективизации ольфактометрической диагностики.

Список литературы

1. Григорьев В.П., Железнова В.В. Состояние некоторых физиологических функций слизистой оболочки полости носа до и после воздействия постоянным электрическим током малой силы // Российск. ринология. 2005. № 2. С. 18.
2. Морозова С.В., Митюк А.М. Физиологические и клинические аспекты носового дыхания // РМЖ. 2011. № 23. С. 14–15.
3. Пискунов В.С. Исследование аэродинамики воздушного потока в полости носа // Российск. ринология. 2000. № 2. С. 12–13.
4. Есинов А.Л. О природе кавернозных тел носовых раковин // Архив анатомии. 1982. № 8. С. 68–71.
5. Домрачев А.А., Афонькин В.Ю. Об исследовании обонятельного анализатора // Вестник оториноларингологии. 2002. № 2. С. 45–47.
6. Благовещенская Н.С. Отоневрологические симптомы и синдромы. М.: Медицина, 1990. 432 с.
7. Аврунин О.Г., Бых А.И., Семенец В.В. Обоснование основных медико-технических требований для проектирования многофункционального риноманометра // Сб. научн. тр. 3-й Международ. научн. конф. «Функциональная компонентная база микро-опто- и нанoeлектроники». Харьков: Национальный университет радиоэлектроники, 2010. С. 280–281.
8. Бых А.И., Силантьева Т.Г., Аврунин О.Г. Диагностические возможности современной риноманометрии // Сб. научн. тр. научн.-метод. семинара «Наука и образование». Хмельницкий – Рим: ХНУРЭ, 2011. С. 88–89.

Выводы

Современные методы диагностики респираторно-обонятельных нарушений должны обеспечивать объективную постановку диагноза на основе точных числовых критериев в рамках концепции доказательной медицины. Так, исследование энергетического показателя дыхания при восприятии запахов представляет собой сложную задачу, объяснение которой лежит в особенностях строения полости носа ввиду высокой сложности ее конфигурации, наличия околоносовых пазух, слизистой оболочки с особенностями ее шероховатости, требующих затрат энергии, расходуемых пациентом на дыхание и преодоление сопротивления воздушному потоку.

Метод, разработанный на основе полученного интегрального показателя, характеризующего энергетические затраты дыхания при ощущении различных одоривекторов, позволяет получить объективную численную информацию о расстройстве обоняния респираторного типа. Установлено, что пороги ощущения при исследовании кондуктивного нарушения носового дыхания существенно (до шести раз) увеличиваются по сравнению с показателями нормы.

Перспективой работы является повышение объективности обследования путем автоматизированного определения значений порогов ощущения на основе анализа дыхательных циклов.

9. Пат. № 91762 Україна, МПК А61В 5/08. Пристрій для тестування носового дихання / Аврунін О. Г., Журавльов А. С., Калашник М. В. та ін.; заявник та патентовласник Харківський нац. ун-т радіоелектроніки. – № а200814356; заявл. 15.12.08; опубл. 25.08.10. Бюл. № 16.

10. *Смбатян А.С., Вахрушев С.Г.* Диагностика обонятельного анализатора у пациентов с атрофическим ринитом // Российск. оториноларингология. 2016. № 1. С. 88–93.

References

1. Grigor'ev V.P., Zheleznova V.V. (2005). Sostoyanie nekotoryh fiziologicheskikh funkciy slizistoj obolochki polosti nosa do i posle vozdejstviya postoyannym ehlektricheskim tokom maloj sily. Rossijsk. rinologiya. 2. 8 [in Russian].

2. Morozova S.V., Mityuk A.M. (2011). Fiziologicheskie i klinicheskie aspekty nosovogo dyhaniya. RMZH. 23. 145.

3. Piskunov V.S. (2000). Issledovanie aehrodinamiki vozdušnogo potoka v polosti nosa. Rossisk. rinologiya. 2. 12–13 [in Russian].

4. Esipov A.L. (1982). O prirode kavernozyh tel nosovyh rakovin. Arhiv. anatomii. 8. 68–71.

5. Domrachev A.A., Afon'kin V.Y. (2002). Ob issledovanii obonyatel'nogo analizatora. Vestnik otorinolaringologii. 2. 45–47 [in Russian].

6. Blagoveshchenskaya N.S. (1990). Otonevrologicheskie simptomy i sindromy. M.: Medicina. 432 s. [in Russian].

7. Avrunin O.G., Byh A.I., Semenev V.V. (2010). Obosnovanie osnovnyh mediko-tehnicheskikh trebovanij dlya proektirovaniya mnogofunkcional'nogo rinomanometra. Sb. nauchn. tr. 3-j Mezhdunar. nauchnoj konf. «Funkcional'naya komponentnaya baza mikro-opto- i nano-ehlektroniki». Har'kov, HNURE. 280–281 [in Russian].

8. Byh A.I., Silanteva T.G., Avrunin O.G. (2011). Diagnosticheskie vozmozhnosti sovremennoj rinomanometrii. Sb. nauchn. tr. nauchno-metodicheskogo seminaru «Nauka i obrazovanie». Hmelnic-kij – Rim: HNU. 88–89.

9. Avrunin O.G., Zhuravl'ov A.S., Kalashnik M.V., Yashchenko M.I., Semenev V.V. Pat. № 91762 Україна, МПК А61В 5/08. Пристрій для тестування носового дихання заявник та патентовласник Харківський нац. ун-т радіоелектроніки. – № а200814356; заявл. 15.12.08; опубл. 25.08.10. Бюл. № 16.

10. *Smbatyan A.S., Vahrushev S.G.* (2016). Diagnostika obonyatel'nogo analizatora u pacientov s atroficheskim rinitom. Rossijsk. otorinolaringologiya. 1. 88–93 [in Russian].

Н.О. Шушляпіна

ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОСОВОГО ДИХАННЯ ПРИ ПОРУШЕННІ НЮХОВОЇ ФУНКЦІЇ

Розглядаються можливості діагностики нюхових порушень на основі оцінки енергетичних характеристик носового дихання при сприйнятті запахів. Завдяки об'єднанню риноманометрії та ольфактометрії можна судити не лише про якісне або кількісне порушення нюху з урахуванням виміру сили нюху, але й оцінити витрати енергії, що витрачаються пацієнтом на дихання. При цьому важливим аспектом є вивчення впливу на зміну нюхової чутливості різних хронічних захворювань носа і параназальних синусів.

Ключові слова: енергетичні характеристики носового дихання, нюхові порушення, дихальні порушення.

N.O. Shushlyapina

ENERGY CHARACTERISTICS OF NASAL BREATHING WITH OLFACTORY FUNCTION DISTURBANCE

The research involves analysis of possibilities diagnostics of olfactory disturbances basing on evaluation of energy characteristics of nasal breathing in olfactory perception. Owing to combination of rhinomanometry and olfactometry it is possible to estimate not only qualitative or quantitative disturbances of olfaction taking into account measurement of olfaction power but also to evaluate the consumption of energy used by a patient for breathing. However, the main aspect is the study of the influence on the change of olfactory sensitivity of various chronic diseases of nose and paranasal sinuses.

Keywords: energy characteristics of nasal breathing, olfactory disturbances, respiratory disturbances.

Надійшла до редакції 04.07.17