

РАСШИРЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА РИНОМАНОМЕТРИИ

Аврунин О.Г., Шушляпина Н.О., Иванченко Ж.Б.***

Харьковский национальный университет радиотехники

**Харьковский национальный медицинский университет*

****** Институт микробиологии и иммунологии имени И.И. Мечникова

НАМН Украины

EXTENDED OF DIAGNOSTIC CAPABILITIES FOR THE RHINOMANOMETRY METHOD

Avrunin O.G., Shuhliapina N. O., Ivanchenko Z.B.

Annotation – Extended of diagnostic capabilities for the Rhinomanometry method are described in this paper. The theoretical base and possibilities of computer rhinomanometry for functional diagnostic of nasal breathing are proposed. The developed method of dynamic posterior rhinomanometry allows to determine the value of the aerodynamic resistance of physiological nasal breathing in rest and in forced mode, which is especially important to determine the maximum air conduction of the nasal cavity. The estimation of phase difference about 9° between the signals of the air flow and pressure in the nasal cavity is calculated. A method for evaluating the functional state of the nasal valve, which allows by waveform analysis of air flow are proposed. The definition of statistical significance of the above parameters in the diagnosis of respiratory diseases require further research and medical studies.

Keywords – Evidence Based Medicine, Functional Diagnostic, Rhinomanometry, Pressure, Airflow, Nasal Resistance, Nasal Airways.

Введение. К современным доказательным методам функциональной диагностики предъявляются требования высокой достоверности и повторяемости результатов измерений физиологических показателей. Основной проблемой при этом является отсутствие эталонов измеряемых величин, что связано с высокой индивидуальной анатомической и физиологической вариабельностью пациентов. В тоже время при неопределенности свойств объекта исследования существенно усложняется задача выбора информативных диагностических показателей [1]. Поэтому актуальными на данном этапе являются вопросы, связанные с

расширением возможностей и повышением достоверности результатов функциональной диагностики.

Актуальность темы. В последние десятилетия во всех развитых странах мира отмечен существенный рост распространенности заболеваний верхних дыхательных путей, при которых наиболее часто нарушается дыхательная функция носа, что приводит к снижению качества жизни пациента и, в последствии, к расстройствам центральной нервной системы, сердечно-сосудистым патологиям и т.д. [2]. Эффективность терапии при этом существенно зависит от качества диагностики, исходя из результатов которой, проводится выбор адекватной лечебной тактики [2-3]. Поэтому в современной ринологии на первый план выходит проблема разработки доказательных инструментальных методов тестирования носового дыхания и расширение их диагностических возможностей.

Анализ литературы. В настоящее время наиболее распространенным инструментальным методом оценки функции носового дыхания является риноманометрия, при проведении которой выполняются измерения внутриносового перепада давления Δp и соответствующего расхода воздуха Q через нос [4, 5]. Основным диагностическим показателем при риноманометрии является величина аэродинамического носового сопротивления, выражаемая отношением внутриносового давления к величине объемного расхода воздуха в различных фазах одного дыхательного цикла. Современные компьютерные риноманометры представляют собой сложные электронные устройства на основе использования миниатюрных преобразователей давления и скорости воздушного потока, и позволяющие за счет специализированного программного обеспечения получить графические зависимости параметров воздушного потока в полости носа.

По расположению датчиков методы риноманометрии разделяются на, так называемые, передние и задние [4, 5]. Различие данных методов заключается в том, что в соответствии с законом Паскаля при передней

риноманометрии измеряется дифференциальное давление на уровне хоан, а при задней – в носоглотке. В случае ПАРМ измерение перепада хоанального давления проводится с помощью воздуховодной трубки с obtюратором, герметично устанавливаемом в противоположной исследуемой половине носа (p_1 , см. рис. 1,а). Недостатком метода ПАРМ является нефизиологичность дыхания, осуществляемого поочередно через каждую половину носа и, как следствие, искажение результатов измерений, из-за рефлекторного изменения объема слизистой оболочки носовой полости. Задняя активная риноманометрия (ЗАРМ) [139, 148] предусматривает измерение давления в носоглотке с помощью воздуховодной трубки, дистальная оконечность которой располагается во рту при плотно зажатых губах (p_2 , см. рис. 1,б). Для осуществления этого способа от пациента требуется некоторое привыкание к осуществлению дыхательных маневров и отсутствие рвотного рефлекса, что особенно важно при обследовании детей.

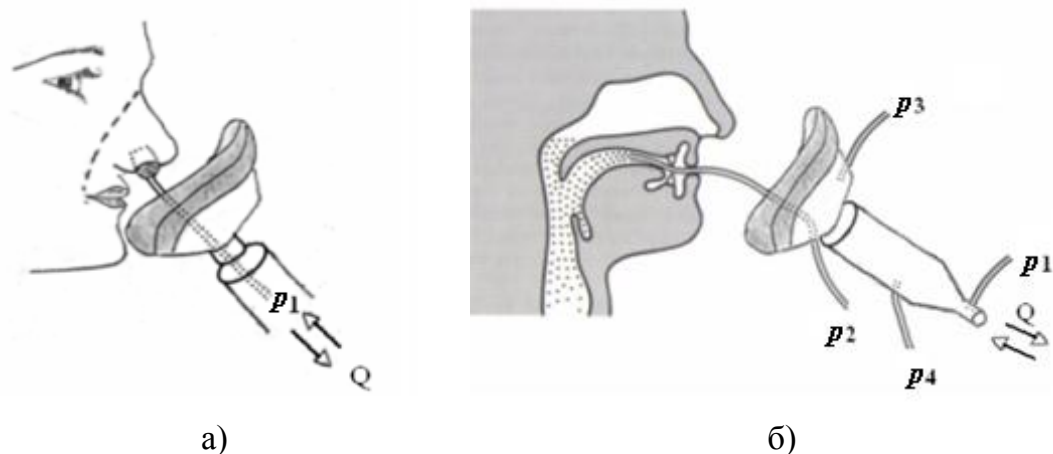


Рис. 1. Схемы размещения датчиков давления p и расхода воздуха Q при проведении передней (а) и задней (б) активной риноманометрии

Наиболее известными серийно выпускаемыми риноманометрами являются ATMOS 200 и ATMOS 300 (ATMOS Medical system GMB, ФРГ) [6] и их аналоги – риноманометр Rhinoscreen и компьютерная риноманометрическая система MasterScope Rhino [7] фирмы Erich Jaeger (США, ФРГ), риноманометры RhinoStream фирмы Heinemann Medizin-

technik (ФРГ) [8] и Ринолан [9] фирмы Мицар (РФ.). Все указанные риноманометры основаны на методе передней активной риноманометрии, которая, по мнению разработчиков, является наименее дискомфортной для пациента.

Постановка задачи исследования. На протяжении последних десятилетий было предложено множество устройств для проведения объективной риноманометрии с регистрацией различных показателей воздушного потока, проходящего через носовые ходы. Однако в клинической практике стандартизированный метод ПАРМ, заключающийся в определении носовых сопротивлений в статическом режиме при перепадах давлений 150 и 300 Па, не получил широкого распространения из-за низкой достоверности и повторяемости результатов [1, 4, 5]. Основной рабочей гипотезой при этом является то, что метод ЗАРМ обладает большей физиологичностью, а при форсированном дыхании можно изучить максимальные потенциальные возможности носовой полости.

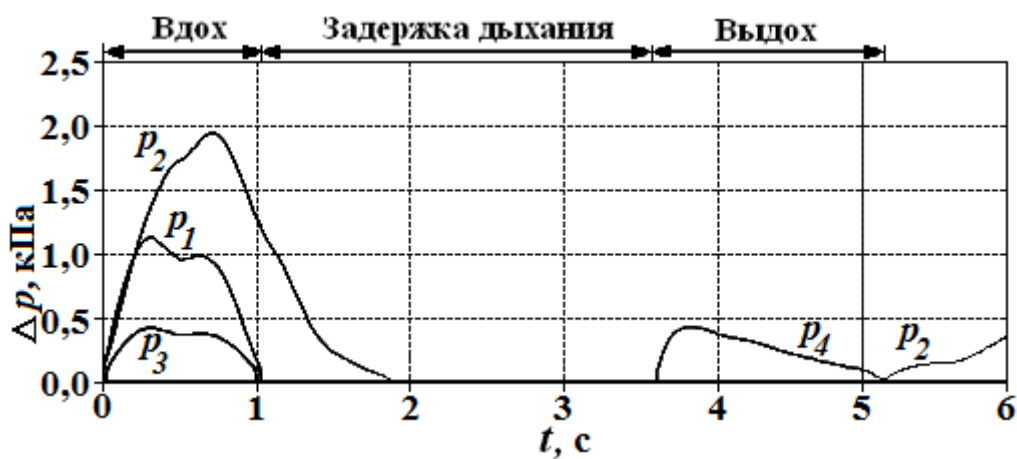
Целью работы поэтому является – предложить режим динамической форсированной задней активной риноманометрии, позволяющий изучить характеристик воздушного потока в течение дыхательных циклов и изучить возможности расширения диагностической значимости метода за счет введения дополнительных показателей и критериев.

Материалы и методы. Предлагаемый метод динамической форсированной ЗАРМ предусматривает изучение стандартных показателей ЗАРМ в процессе дыхания с максимальной интенсивностью (в динамике).

В работе использовался разработанный авторами опытный компьютерный риноманометр для тестирования носового дыхания ТНДА с блоком измерения перепадно-расходных характеристик ПРХ [1, 10]. Схема размещения в устройстве ТНДА-ПРХ измерительных преобразователей давления приведена на рис. 1,б., В цикле вдоха, который фиксируется

ненулевым значением преобразователя давления p_1 , установленного в расходомере на основе сопла Вентури, сигналы давления преобразователей p_1 , p_2 и p_3 , фиксирующих разрежение, достигают максимального значения, а при задержке дыхания сигналы от всех преобразователей равны нулю. Цикл выдоха фиксируется по ненулевым показаниям преобразователя давления p_4 .

Результаты и обсуждение. На рис. 2, а приведена диаграмма одного дыхательного цикла, полученного с помощью риноманометра ТНДА-ПРХ. При этом выяснено, что показания преобразователя p_2 , измеряющего носоглоточное давление в ротовой полости, могут быть как равными нулю (см. рис. 2,а) при сообщении полости рта с носоглоткой, так и отличными от нуля при герметичном отделении полости рта от носоглотки структурами мягкого неба (см. рис. 2,б) во время задержки дыхания и составлять около 100 Па. Этот показатель может иметь диагностическую значимость при изучении степени подвижности мягкого неба, например, при лечении храпа и синдрома обструктивного апноэ сна [11].



а)



б)

Рис. 2. Диаграммы дыхательных циклов по данным динамической ЗАРМ при сообщении (а) и герметичном отделении (б) полости рта от носоглотки структурами мягкого неба

Диагностическим показателем может служить также временной сдвиг Δt (рис. 3) между максимумами сигналов перепада давления p_2 на носовых ходах и расхода воздуха Q на входе (определяется по показаниям преобразователя p_1), и по значению которого можно судить о диссипации энергии при прохождении воздуха через верхние дыхательные пути. Как видно из графика на рис. 3, временной сдвиг Δt равен 0,05 с, что соответствует фазовому сдвигу между сигналами $\delta = 9^\circ$.

По диаграмме дыхательных циклов в режиме форсированной динамической ЗАРМ, изображенной на рис. 4, также можно судить о функционировании носового клапана. Индикацией подвижности клапана является ограничение воздушного потока при максимальном форсированном входе (4-й и 5-й дыхательные циклы на рис. 4.).

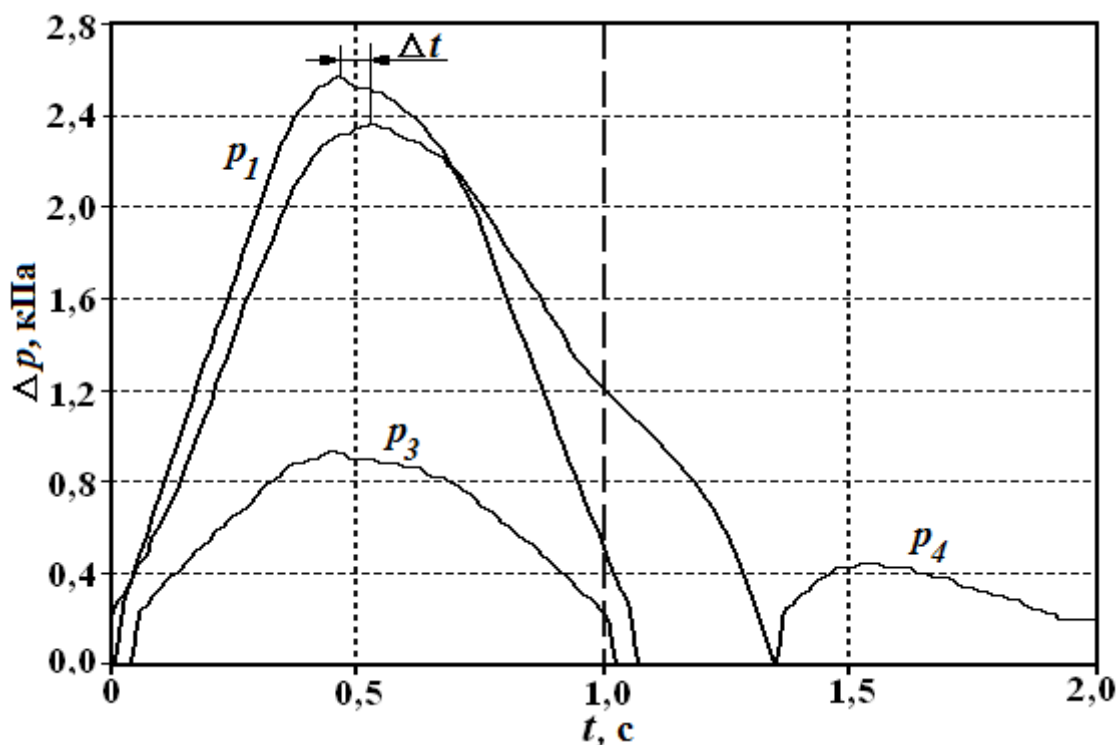


Рис. 3. Диаграмма дыхательного цикла, показывающая временной сдвиг Δt между амплитудами сигналов датчиков давления p_1 и p_2 по данным форсированной динамической ЗАРМ

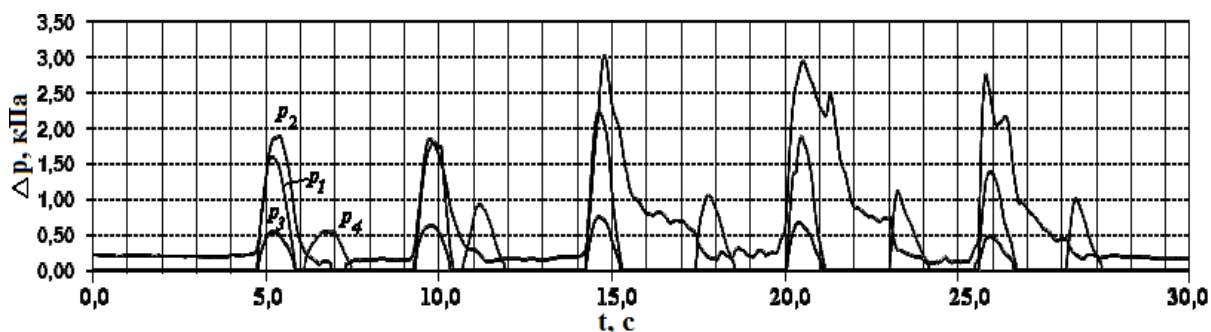


Рис. 4. Диаграмма дыхательных циклов по данным динамической ЗАРМ

При этом хорошо видна уплощенная форма сигналов расхода воздуха с выраженными локальными максимумами, свидетельствующими об ограничении пропускаемого расхода. Отсутствие подвижности структур носового клапана приводит к форме сигналов расхода воздуха близкой к идеальной синусоиде без высокочастотных составляющих.

В качестве результирующего показателя активной риноманометрии, как задней, так и передней, целесообразно ввести величину максимального аэродинамического сопротивления носовой полости, определяемую как отношение амплитудных значений перепада давления на носовых

проходах к пропускаемому расходу воздуха в цикле с максимальной интенсивностью дыхания. На графике зависимости перепада давлений Δp на носовых проходах от расхода воздуха Q (рис. 5) величина аэродинамического сопротивления носовой полости приобретает математический смысл тангенса угла наклона прямой, соединяющей точку с координатами $(Q, \Delta p)$ с началом координат $(0,0)$.

Сравнительный анализ коэффициентов аэродинамического сопротивления носовой полости для двух пациентов с нормальным носовым дыханием и нарушением, вызванным искривлением носовой перегородки (рис. 5) при измерении методом ЗАРМ при форсированном дыхании и традиционным методом ПАРМ, показывает, что различие величин коэффициентов аэродинамического сопротивления носовых проходов составляет для метода форсированной ЗАРМ 2,1 (прямые 2 и 1), и 1,6 (прямые 4 и 3) для метода ПАРМ, что наглядно видно по различию углов α_1 и α_2 между отрезками прямых 1, 2 и 3, 4, соответственно. Прямые на рисунке 5 соединяют начало координат и пиковые значения достигнутых в процессе диагностики значений перепада и расхода воздуха. Дискриминантные возможности методов форсированной ЗАРМ и форсированной динамической ЗАРМ в сравнении со стандартным методом ПАРМ подробно рассмотрены в [1, 12].

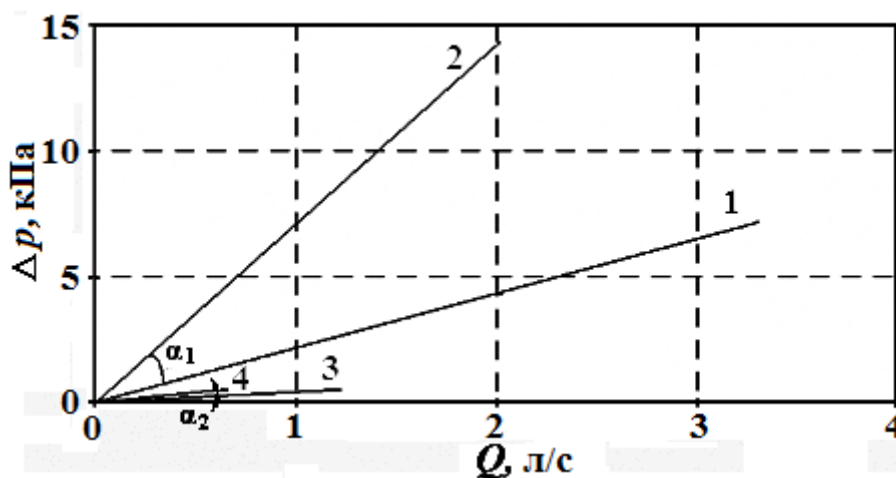


Рис. 5 Зависимость перепада давления на носовых проходах от пропускаемого расхода воздуха по данным форсированной ЗАРМ

(1 – условная норма, 2 – отклонене от нормы) и традиционной ПАРМ
(3 – условная норма, 4 – отклонение от нормы)

Выводы. Разработанный метод динамической задней риноманометрии позволяет по определять величину аэродинамического носового сопротивления при физиологическом дыхании как в состоянии покоя, так и в форсированном режиме, что особенно важно для определения максимальной воздушной проводимости носовой полости. Проведена оценка разности фаз между сигналами расхода воздуха и перепада давления в носовой полости, которая составляет около 9° , что позволяет по данным динамической риноманометрии учитывать потери на трение воздуха о стенки носовой полости и, как следствие, косвенно оценивать состояние слизистой оболочки верхних дыхательных путей. Также по данным динамической ЗАРМ возможна оценка подвижности структур мягкого неба при дыхании, что расширяет возможности диагностики храпа. Разработан метод оценки функционального состояния носового клапана, который позволяет за счет анализа формы сигнала расхода воздуха (наличия высокочастотных составляющих и уплощенной вершины) определять степень подвижности структур носового клапана и его функциональную роль в ограничении потока воздуха через верхние дыхательные пути при форсированном дыхании. Определение статистической значимости приведенных выше показателей при диагностике заболеваний верхних дыхательных путей требует дальнейшего изучения и медицинского обоснования.

Перспективой развития предложенного метода является объединение методов риноманометрии и ольфактометрии для оценки респираторно-обонятельных нарушений по энергетическим показателям дыхания при порогах ощущения характерных одоривекторов.

Список литературы.

1. *Аврунин О. Г.* Сравнение дискриминантных характеристик риноманометрических методов диагностики / *О. Г. Аврунин, В. В. Семенец, П. Ф. Щанов* // Радіотехніка. – 2011. – № 164. – С. 102-107.

2. Мітін Ю.В., Криничко Л.Р. Сучасні питання етіології, патогенезу та лікування синуїтів // Мистецтво лікування. – 2004. – № 3. – С. 52-55.
3. Безшапочний С. Б. Сучасні аспекти риносинуситів/ С. Б. Безшапочний, В. В. Лобурець // Клінічна імунологія. Алергологія. Інфектологія. – 2007. – № 6. – С. 43-48.
4. Cole P. Contemporary rhinomanometry / P. Cole, R. Fenton // J Otolaryngol.– 2006. – № 35(2). – P. – 83-87.
5. Руководство по ринологии / Под ред. Г. З. Пискунова. – М. : Литтерра, 2011. – 960 с.
6. Синус-катетер ямик в терапии синуситов у детей / В. В. Шиленкова, В. С. Козлов, Л. Л. Державина, А. А. Шиленков// Российская ринология. Научно-практический журнал. – 2003. – № 3. – С. 7-12.
7. Компьютерная риноманометрическая система Мастер Скоп Рино Erich JAEGER [Электронный ресурс] / Сайт Компании Парамед. – Режим доступа: <http://www.paramed.com.ua>. – Загл. с экрана.
8. Риноманометр RhinoStream Heinemann Medizintechnik. – [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.heinemann.ru>. – Загл. с экрана.
9. Риноманометр компьютерный РИНОЛАН. – [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.mitsar-eeg.ru>. – Загл. с экрана.
10. Аврунин О. Г. Экспериментальное исследование пневмоустройства для определения перепадно-расходных характеристик воздушного потока в носовых ходах / О. Г. Аврунин // Промислова гідравліка і пневматика.– 2011. – № 2(32). – С. 34-38.
11. Блоцкий А. А. Феномен храпа и синдром обструктивного сонного апноэ / А. А. Блоцкий, М. С. Плужников. – СПб.: СпецЛит. – 2002. – 176 с.
12. Щапов П. Ф. Получение информационной избыточности в системах измерительного контроля и диагностики измерительных объектов / П. Ф. Щапов, О. Г. Аврунин // Український метрологічний журнал. – № 1. – 2011. – С. 47-50.