

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ НОСОВОГО ДЫХАНИЯ ПРИ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

д.т.н., проф. Аврунин О.Г., Носова Я.В., Худаева С.А.

Система внешнего дыхания человека, обеспечивающая газообмен в легких, состоит из многих отделов, которые тесно связаны друг с другом, и любое нарушение ее деятельности влияет на здоровье и способность совершать длительные физические нагрузки. При этом наиболее естественным и физиологичным является носовое дыхание. Кроме того, вдыхаемый воздух фильтруется, нагревается и увлажняется из-за специальной анатомии полости носа.

Отсутствие носового дыхания приводит к негативным последствиям для организма в целом. Это связано с тем, что при постоянном ротовом дыхании (с меньшим аэродинамическим сопротивлением) происходит процесс хронической легочной гипервентиляции и увеличения выделения углекислого газа из организма, что, в свою очередь, приводит к сжатию кровеносных сосудов и уменьшению мозгового кровотока. Необходимость обеспечения носового дыхания приводит к использованию сосудосуживающих препаратов, которые способствуют снижению воздушного сопротивления верхних дыхательных путей, но и способствуют общему спазму сосудов, ввиду высокой рефлексогенности носовой полости.

Способность человека выполнять физическую активность, главным образом, определяется получением кислорода из воздуха при дыхании. Функциональная диагностика заболеваний верхних дыхательных путей является сложным процессом, несмотря на большое количество разработанных методов тестирования носового дыхания. Пациент, в большинстве случаев, чувствует нарушение носового дыхания только в форсированном режиме – во время физических упражнений. Это особенно важно для спортсменов, когда начинают сказываться ограничения по прохождению необходимого объема кислорода через верхние дыхательные пути в легкие. При этом спортсмен переходит на ротовое дыхание.

В настоящее время основным методом диагностики нарушений носового дыхания является риноманометрия. Этот метод позволяет определить перепад давления и соответствующий поток воздуха через носовую полость при дыхании, а также рассчитывать их отношение для получения величины, так называемого, аэродинамического носового сопротивления. Учитывая, что трудности носового дыхания при большинстве носовых аномалий происходят с увеличением интенсивности (глубины и частоты) дыхания, рекомендуется для тестирования воздушной пропускной способности верхних дыхательных путей использовать метод задней активной риноманометрии в форсированном режиме. Исследования проводились в оториноларингологическом отделении Харьковской областной клинической больницы. Анализ результатов задней активной

риноманометрии при форсированном дыхании позволил установить следующее:

- как в норме, так и в нарушении носового дыхания, отношение перепада давления к расходу воздуха имеет две области: линейную – при низких расходах воздуха (при спокойном дыхании) и нелинейную (квадратичную) – при высоких расходах;

- расход воздуха при нарушениях носового дыхания значительно (до 3 раз и более) меньше, чем в норме;

- перепады давления при нарушениях носового дыхания могут быть в 2 или более раз выше нормы.

Таким образом, в начальной фазе инспираторного цикла существует прямо пропорциональная зависимость между перепадом давления и потоком воздуха, что характерно для ламинарного течения, а затем происходит переход к квадратичной зависимости, характерной для режима потока с развитой турбулентностью[1, 2].

С точки зрения физиологии интересно исследовать режим воздушного потока в носовой полости в динамике во время интенсивного вдоха, обеспечивающего максимальную подачу кислорода в легкие и необходимо также определить границу перехода из ламинарного в турбулентный режим течения. Последний характеризуется резким возрастанием перепада давления при непропорционально медленном увеличении пропускаемого через нос расхода воздуха. Быстрый переход к квадратичной зависимости перепада давления от расхода воздуха соответствует пациентам с обструктивными нарушениями носового дыхания, что приводит к необходимости перехода на нефизиологическое дыхание ртом при даже незначительной физической нагрузке. Практическая реализация метода оценки режима течения воздуха в носовой полости при форсированном дыхании по данным риноманометрии показала, что целесообразно ввести коэффициент основного (действующего) режима течения воздуха, определяемый по формуле

$$k_T = \left(1 - \frac{Q_{\max} - Q_T}{Q_{\max}} \right) \cdot 100\%,$$

где $Q_{\max}$ – максимальный расход воздуха, а Q_T – пороговое значение расхода воздуха при переходе к квадратичному режиму течения.

При этом по данным статистической обработки результатов тестирования носового дыхания у 80 пациентов определен критерий энергетической эффективности носового дыхания, характеризующий низкую ($k_T < 30\%$), среднюю ($30\% \leq k_T \leq 60\%$) и высокую ($k_T > 60\%$) энергетические эффективности форсированного носового дыхания.

Таким образом, на основе анализа данных форсированной задней активной риноманометрии установлено, что устойчивая турбулизация воздушного потока при интенсивном дыхании в норме происходит при существенно больших расходах воздуха (1 л/с) и 0,3 л/с – при нарушении носового дыхания[1-4]. Учет коэффициента аэродинамического носового сопротивления на границе перехода в область квадратичного режима в

дополнение к стандартным риноманометрическим показателям позволяет снизить вероятность ошибки при диагностике функциональных нарушений носового дыхания, особенно у спортсменов и лиц, подверженных частым физическим нагрузкам.

Литература:

1. Аврунин О.Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств // Технічна електродинаміка.—2011.—Ч 2.- С. 293-298.
2. The role of paranasal sinuses in the aerodynamics of the nasal cavities / HF Ismail, EA Osman, AK AL-Omari, OG Avrunin // International Journal of Life Science and Medical Research.-2013.- 2 (3).- P. 52-55
3. Бондаренко М.Ф., Семенец В.В., Белоус Н.В., Куцевич И.В., Белоус И.А. Технология оценивания тестов в зависимости от типа и уровня сложности тестовых заданий на основе интегрированной модели // International Book Series "Information Science and Computing". – Sofia: Human Aspects of Artificial Intelligence. – 2009. –No:12. – С. 55-62.
4. Семенец В. Впровадження технологій дистанційного навчання у навчальний процес / В. Семенець, В. Каук, О. Аврунін // Вища школа. – 2009. – № 5. – С. 40-51.