

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
Харківський національний педагогічний
університет ім. Г.С. Сковороди
Харківський національний медичний університет
Національний фармацевтичний університет



ЗДОРОВ'Я НАЦІЇ І ВДОСКОНАЛЕННЯ ФІЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОЇ ОСВІТИ

**МАТЕРІАЛИ І МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

3–4 жовтня 2019 року

м. Харків

УТОЧНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ

Носова Я. В., Аврунин О. Г.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Украина, г. Харьков, yana.nosova@nure.ua, oleh.avrunin@nure.ua*

Аннотация. Исследование направлено на расчет некоторых параметров механики дыхания. Установлено, что если сопоставить мощности, развиваемые мускулами легких для всасывания воздуха и руками для поднятия указанного груза, то это соотношение может составить до 10 %. В то же время, при максимальной физической работе дыхательные мышцы могут потреблять до 20 % от общего объема поглощенного кислорода.

Ключевые слова: механика дыхания, мощность, расход воздуха, риноманометрия.

Введение. Внешнее дыхание — совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поступление в организм атмосферного кислорода, а также удаление из организма образующегося в процессе метаболизма углекислого газа [1, 2]. Входным трактом для поступления воздуха в легкие являются верхние дыхательные пути (полость носа и придаточные пазухи), которые выполняют важные физиологические функции — дыхательную, увлажнительную, согревательную, фильтрующую и транспортную. Наиболее жизненно важной из них является дыхательная, на восстановление которой, в первую очередь, направлена функциональная ринопластика.

Целью исследования является мощностная оценка механики дыхания человека, определение максимальной мощности транспортируемого человеком воздуха при дыхании ртом на основе экспериментальных исследований, проведенных с помощью разработанного компьютерного риноманометра КРМ ТНДА-ПРХ.

Результаты исследования и их обсуждение. Основными параметрами механики дыхания являются:

— расход воздуха, транспортируемый человеком при дыхании. По данным фундаментальной работы по физиологии [1], расход потребляемого человеком воздуха находится в пределах 80 л/мин у нетренированного, 120–150 л/мин у тренированного и 150–200 л/мин в кратковременном режиме (или 1,33; 2–2,5 и 2,5–3,33 л/с, соответственно). В то же время согласно известной графической зависимости «расход — объем» [2] значения расхода существенно выше, достигая более 8 л/с при вдохе и 11 л/с при выдохе, а выпускаемые за рубежом спирометры рассчитаны на максимальный расход до 14–16 л/с (840–960 л/мин). Проведенные собственные исследования также показали, что даже средние по своим физическим возможностям люди при интенсивном дыхании в состоянии при вдохе потребляют воздух с мгновенным значением расхода порядка 6 л/с (360 л/мин);

— давление, развиваемое мышцами легких. При интенсивном дыхании человека рост давления в единицу времени достигает $\Delta p(t) = 25,7$ кПа/с (например, при интенсивном дыхании носом повышение давления до 9 кПа происходит в течение 0,35 с, что соответствует частоте примерно в 43 вдоха в минуту). Отметим, что в технических системах, например, в насосах высокого давления, этот параметр достигает 350×10^3 кПа/с — на четыре порядка выше;

— статическое давление, развиваемое мускулами легких, измеряется с помощью моновакуумметра и по закону Паскаля [3], распространяется одинаково по всей длине воздушного тракта человека: полость носа — носоглотка — гортань — трахея — бронхи — легкие. Проведенные собственные экспериментальные исследования показали, что максимальное значение избыточного давления составляет $0,15$ кгс/см² или ~ 15 кПа, а максимальное значение разрежения $0,4$ кгс/см² или ~ 40 кПа (эти данные получены у людей со средними физическими возможностями);

— мощностная оценка механики дыхания человека. Здесь следует отметить терминологические особенности и неполноту количественной оценки механики дыхания человека. Например, термин «работа дыхания» сопровождается размерностью [кгм/мин], которая в системе СИ трансформируется в [Н.м/с], соответствующей единице мощности, а не работы. Приведенное здесь же значение работы (фактически мощности) [4] в 2–4 кгм/мин (0,33–0,67 Вт) при расходе в 40 л/мин (0,67 л/с) соответствует давлению в 0,5–1 кПа при расчете по формуле для гидравлической (пневматической) мощности

$$P_{\text{ин}} = \Delta p \cdot Q = \left[\frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{с}} = \text{Вт} = \frac{\text{кПа} \cdot 10^3 \cdot \text{л} \cdot 10^{-3}}{\text{с}} = \frac{\text{кПа} \cdot \text{л}}{\text{с}} \right], \text{Вт},$$

где Δp — перепад давления воздуха на измеряемом канале (определяемый в ротовой или носовой полости), кПа,

Q — расход воздуха, л/с.

В то же время собственные экспериментальные исследования, проведенные с помощью разработанного компьютерного риноманометра КРМ ТНДА-ПРХ, показывают отличные от приведенных данные, в частности:

— при дыхании носом с расходом 0,67 л/с давление разрежения в полости рта (передается по трубке к преобразователю давления) составляет 0,13 кПа, а мощность порядка 0,09 Вт;

— при дыхании ртом с расходом 0,67 л/с давление разрежения на расходомере (на основе сопла Вентури) составляет 0,19 кПа и мощность порядка 0,12 Вт.

Таким образом, значение мощности, приведенное в литературе, более чем в 5 раз завышено по сравнению с реально измеренным для одинаковых расходов воздуха [5].

Определяем максимальную мощность транспортируемого человеком воздуха при дыхании ртом согласно вышеприведенным данным

$$\begin{aligned} P_{\text{выдоха}} &= p_{\text{выдоха}} \cdot Q_{\text{выдоха}} = 15 \text{ кПа} \cdot 16 \text{ л/с} = 240 \text{ Вт}; \\ P_{\text{вдоха}} &= p_{\text{вдоха}} \cdot Q_{\text{вдоха}} = 40 \text{ кПа} \cdot 8 \text{ л/с} = 320 \text{ Вт}, \end{aligned}$$

где $P_{\text{выдоха}} = 15$ кПа – максимальное давление при выдохе;
 $P_{\text{вдоха}} = 40$ кПа – максимальное давление при вдохе;
 $Q_{\text{выдоха}} = 16$ л/с – максимальный расход при выдохе;
 $Q_{\text{вдоха}} = 8$ л/с – максимальный расход при вдохе.

Полученные значения максимальной мощности следует отнести к так называемой «установочной» мощности, практически никогда не достигаемой, но определяемой как произведение максимальных значений ее составляющих (например, в технической документации зарубежных производителей объемных гидравлических машин встречается термин «corner power» — угловая мощность). В качестве сравнения можно показать, что максимальная механическая мощность, развиваемая человеком, например, штангистом мирового класса, достигает существенно большего значения. Так, например, при подъеме штанги массой 200 кг от уровня пола на высоту 1 м за время 0,5 с развиваемая человеком мощность составит

$$P = F \cdot v = m \cdot g \cdot \frac{l}{t} = 200 \cdot 9,8 \frac{1}{0,5} = 3920 \text{ Вт} \approx 4 \text{ кВт},$$

где $F = m \cdot g$ – развиваемое усилие, Н;
 m — масса штанги, кг;
 g — ускорение свободного падения, м/с²;
 v — линейная скорость, м/с;
 $l = 1$ м — высота поднимаемой штанги;
 $t = 0,5$ с — среднее время подъема штанги.

Выводы. Таким образом, если сопоставить мощности, развиваемые мышцами легких для всасывания воздуха и руками для поднятия груза, то это соотношение может составить до 10 %. В то же время, при максимальной физической нагрузке на работу дыхательных мышц может расходоваться до 20 % от общего объема поглощенного кислорода.

Влияние сопротивления носовых проходов на пропускаемый расход воздуха в наглядно проиллюстрировано экспериментально [1], и показано, что практически при одинаковой мощности дыхания в 30 Вт значения расходов отличаются в 2 раза (3,36 и 1,62 л/с) при обратно пропорциональном соотношении давлений в 2,2 раза (19,7 и 8,95 кПа). Это необходимо учитывать при оценке носового дыхания при физической нагрузке и планировании физических упражнений с учетом индивидуальных особенностей спортсмена.

Список использованных источников.

1. Аврунин О.Г. Методы и средства функциональной диагностики внешнего дыхания / О.Г. Аврунин, Р.С. Томашевский, Х.И. Фарук. – Харьков: ХНАДУ, 2015. – 208 с.
2. Oleg G. Avrunin, Yana V. Nosova, Natalia O. Shuhlyapina, Sergii M. Zlepko, Sergii V. Tymchyk, Oleksandra Hotra, Baglan Imanbek, Aliya Kalizhanova, Assel Mussabekova. Principles of computer planning in the functional nasal surgery. Przegląd elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 93 NR 3/2017 doi:10.15199/48.2017.03.32 p.140–143.

3. Аврунин О.Г. Сравнение дискриминантных характеристик риноманометрических методов диагностики / О.Г. Аврунин, В.В. Семенец, П.Ф. Щапов // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб., 2011. – Вып. 164. – С. 102–107.
4. Nosova, Ya. Biotechnical system for integrated olfactometry diagnostics / Ya. V. Nosova, O.G. Avrunin, V.V. Semenets // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – No. 1 (1). – P.64 – 68. – doi:10.30837/2522-9818.2017.1.064.
5. Аврунин, О.Г. Возможности доказательного тестирования обонятельной функции на основе риноманометрических данных / О.Г. Аврунин, Я.В. Носова // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Матеріали XVII міжнар. наук.-техн. конференції; Одес. нац. акад. зв'язку ім. О.С. Попова. – Одеса – Хмельницький : ХНУ, 2017 – С.127.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЕРАНТНОСТИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ПРОГРАММ И РЕГЛАМЕНТАЦИИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У ЛИЦ С СЕРДЕЧНО СОСУДИСТОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

Охромий Г. В.

*Государственное высшее учебное заведение
«Украинский государственный химико-технологический университет»
(ГБУЗ, «УГХТУ»), кафедра «Физкультуры, спорта и здоровья»
Украина, ogv1948@gmail.com*

Анотация. В работе представлена разработанная нами методика получения значений пороговой нагрузки для пациентов с абсолютными или относительными противопоказаниями к нагрузочным пробам, с помощью предложенного нами нагрузочного коэффициента, вычисленного по показателю силы и лабильности НС, измеренной методом «Теппинг-теста». Полученное значение пороговой нагрузки позволяет оценить толерантность к физическим нагрузкам по общепринятой методике, но без проведения нагрузочных проб «Велоэргометрии» и «Тредмила».

Ключевые слова: «Теппинг-тест», «Тредмилл», «Велоэргометрия», толерантность, критерии, сердечно-сосудистые заболевания.

Актуальность проблемы. При проведении реабилитационных программ и регламентации трудовой деятельности лиц с сердечно сосудистой патологией (ССП), широко применяют нагрузочные тесты с дозированным мышечным напряжением [4, 15, 26]. Однако, применение нагрузочных методик связано с определенным риском, так как в отдельных случаях у больных с СПП может возникнуть острая