УДК 796.072.2

ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ У СПОРТСМЕНОВ

Суслина И.В.

ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», Волгоград, e-mail:vgafk@vlink.ru

Установлено, что время двигательной реакции дыхательной мускулатуры существенно продолжительней времени двигательной реакции мышц кисти руки в ответ, как на световой, так и звуковой раздражитель. Время двигательной реакции инспираторных мышц меньше времени двигательной реакции экспираторных. Время двигательной реакции дыхательных мышц в ответ на звуковой раздражитель статистически достоверно короче времени двигательной реакции в ответ на световой раздражитель. Показано, что функциональные возможности дыхательной мускулатуры женщин спортсменок несколько ниже таковых, обнаруживаемых у мужчин спортсменов. Время двигательной реакции респираторных мышц у мужчин статистически достоверно короче, чем у женщин. Скоростно-силовые возможности дыхательных мышц у мужчин превосходят таковые у женщин в несколько большей степени.

Ключевые слова: дыхательная мускулатура, скоростно-силовые возможности, время двигательной реакции, функциональные возможности

DEPENDENCE OF BREATHING MUSCLES FUNCTIONAL ABILITIES ON SPCIFIC FEATURES OF THE ORGANISM

Suslina I.V.

The Volgograd state academy of physical culture, Volgograd, Russia e-mail: vgafk@vlink.ru

It is defined, that the time of impellent reaction of respiratory muscles is essentially longer than time of impellent reaction of muscles of a brush of a hand in the answer, as for light or acoustic irritant. Time of impellent reaction of inspiratory muscles is less than time of impellent reaction of expiratory ones. Time of impellent reaction of respiratory muscles in reply for acoustic irritant is statistically authentically is shorter than time of impellent reaction in reply for light irritant. It is shown, that functionalities of respiratory muscles of the female sportsmen a little below ones in males. Time of impellent reaction of respiratory muscles of men statistically authentically is shorter, than the one of women. Speed-power abilities of respiratory muscles of men surpass ones of women in an a little bit greater degree.

Keywords: respiratory muscles, high-speed and power possibilities, time of impellent reaction, functionality

При многих видах профессиональной и спортивной деятельности очень часто возникают ситуации, когда респираторная система испытывает значительные по интенсивности и продолжительности нагрузки. Это приводит к снижению функционального состояния дыхательной мускулатуры, и, как следствие, к недостаточности легочной вентиляции. Ввиду этого весьма остро встает проблема оптимизации работы дыхательной мускулатуры посредством специальной тренировки с целью развития силы и выносливости, повышения эффективности и экономичности ее работы. Это, в свою очередь, обусловливает необходимость разработки специальных программ подготовки дыхательной мускулатуры, которая невозможна без научного обоснования их режимов и выяснения целого ряда вопросов, касающихся функционального состояния и функциональных возможностей дыхательной мускулатуры, взаимосвязи их характеристик с индивидуально-типологическими особенностями организма. В этом плане весьма важным представляется и выяснение различий функциональных возможностей скелетной и дыхательной мускулатуры, которые могут повлиять на выбор средств и методику повышения работоспособности респираторной мускулатуры. Выяснение данных вопросов и явилось целью настоящего исследования.

Для решения поставленных задач использовались следующие **методы исследований**:

Пневмоманометрия – измерение силы дыхательных мышц на вдохе и выдохе (ПМ вд. и ПМ выд.). Измерение силы дыхательных мышц производилось в изометрическом режиме при помощи пневмоманометра. Обследуемые должны были создать максимальное давление посредством сокращения инспираторной или экспираторной мускулатуры, соответственно на вдохе или выдохе.

Пневмотахометрия (ПТ вд. и ПТ выд.). – измерение максимальной объемной скорости дыхательных потоков на вдохе и выдохе. При помощи пневмотахометрического метода определяли объемную скорость воздушных потоков при максимально быстром вдохе и выдохе. Определение пневмотахометрических показателей проводили с использованием пневмотахометра Вотчала.

Определение времени простой двигательной реакции мышц кисти руки (ВДР рука) осуществлялось при помощи хронорефлексометра типа ХРМ-01, входящего в состав комплекса оборудования для психофизиологических исследований ПАВ-01. Этот прибор обеспечивал подачу в разновероятном порядке световых или звуковых сигналов сериями в 32 сигнала. Датчик ВДР срабатывал при усилии, равном 3,9–5,9 Н и более.

Световой раздражитель предъявлялся посредством красного светодиода АЛ 307 АМ (длина волны излучения – 0,66 мкм; яркость свечения не менее – 0,15 мд; радиус светящейся поверхности не менее – 2,5 мм). Звуковой раздражитель представлял собой сигнал с частотой 1,0 ± 0,2 кГц и при уровне звукового давления 40–60 дб. Интервал времени предъявления раздражения составлял от 1 до 3 с.

Определение времени простой двигательной реакции дыхательных мышц (ВДР вдох и ВДР выдох). Определение времени двигательной реакции дыхательных мышц осуществлялось при помощи «Спирорефлексометра», созданного на базе хронорефлексометра типа ХРМ-01, дополненного специальным датчиком ВДР дыхательных мышц, обеспечивающим измерение ВДР инспираторных и экспираторных мышц.

Сравнительный анализ величин времени двигательной реакции мышц кисти руки и дыхательной мускулатуры у спортсменов

Сравнение работоспособности дыхательной мускулатуры (инспираторных и экспираторных мышц) с работоспособностью скелетных мышц проводили в специальных исследованиях. В частности, было установлено, что в отличие от скелетной мускулатуры и экспираторных мышц, инспираторы быстрее восстанавливаются после работы и имеют большую сопротивляемость утомлению.

Мы поставили задачу сравнить показатели времени двигательной реакции дыхательной мускулатуры и мышц кисти руки именно у спортсменов. С этой целью были обследованы 55 молодых спортсменов со спортивной квалификацией от II спортивного разряда до мастеров спорта.

Определение ВДР мышц кисти правой руки и инспираторной и экспираторной мускулатуры показало следующее.

Абсолютные величины ВДР мышц кисти руки соответствуют таковым, приведенным в литературе [1, 3], см. табл. 1. При этом подтверждается тот факт, что ВДР в ответ на световой раздражитель несколько продолжительней, чем ВДР в ответ на звуковой раздражитель ($P < 0,05$).

Таблица 1

Время двигательной реакции мышц кисти руки и инспираторной и экспираторной мускулатуры у спортсменов (x ± m)

Показатели	Инспираторные мышцы, мс, (n = 55)	Экспираторные мышцы, мс (n = 55)	Мышцы руки, мс (n = 55)	Достоверность различий		
	I	II	III	I–II	I–III	II–III
Световой раздражитель (n = 55)	0,290 ± 0,003	0,301 ± 0,004	0,199 ± 0,004	+	+	+
Звуковой раздражитель (n = 55)	0,230 ± 0,004*	0,236 ± 0,005*	0,142 ± 0,003*	-	+	+

П р и м е ч а н и е : * – достоверные различия средних величин времени двигательной реакции на световой и звуковой раздражитель при $P < 0,05$; «+» – достоверные различия средних величин времени двигательной реакции дыхательной мускулатуры и мышц кисти руки.

Выяснилось, что ВДР дыхательных мышц, как инспираторных, так и экспираторных, статистически достоверно продолжительней (на 45–65 %) ВДР мышц кисти руки в ответ, как на световой, так и на звуковой раздражитель ($P < 0,05$).

Объяснение этому факту В.И. Миняев [3], также отмечавший этот факт, видит в следующем: во-первых, двигательные функции дыхательного аппарата (дыхательных мышц и центров, управляющих ими) в процессе эволюции специализированы, прежде всего, на выполнении ритмичных неинтенсивных дыхательных движений, обеспечивающих вентиляцию легких в энергетически оптимальном режиме.

Второй возможной причиной замедленности реакций дыхательной мускулатуры является то, что скорость дыхательных движений зависит не только от функционального состояния дыхательных мышц и управляющих ими центров, но и от ряда биомеханических факторов – эластического и неэластического сопротивления, сопротивления (тяжести) внутренних органов [7, 8]. Мышцам руки при выполнении заданных программ подобного рода сопротивлений преодолевать не приходится [3].

Следует отметить еще одно обстоятельство, наблюдавшееся в наших исследованиях. Выяснилось, что ВДР инспираторных мышц несколько меньше ВДР экспираторных, при этом ответные реакции на световой раздражитель были статистически значимыми.

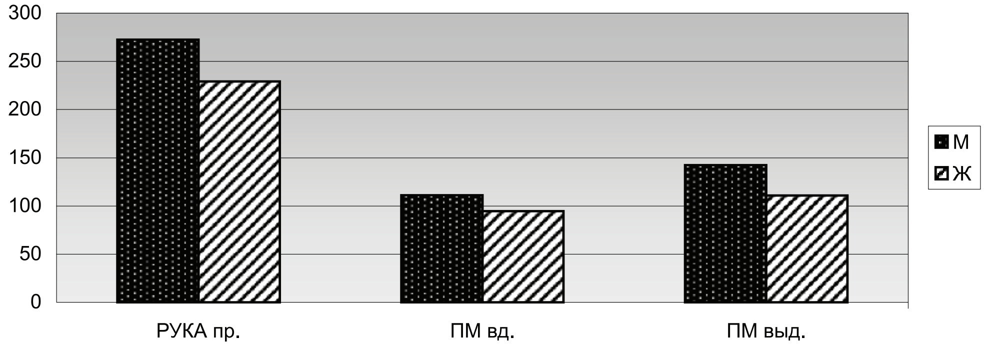
Эти различия, вероятно, обусловлены особенностями структуры инспираторных мышечных волокон и спецификой организации системы нервной регуляции их деятельности [11].

Нами обнаружены достоверные различия величины ВДР дыхательных мышц в ответ на световой и звуковой раздражитель так же, как и у мышц кисти руки ($P < 0,05$). В ответ на световой стимул ВДР было несколько продолжительней, чем ВДР в ответ на звуковой стимул.

Далее, для полноты картины различий функциональных возможностей мышц кисти руки и дыхательной мускулатуры нами было осуществлено сравнение силы указанных мышечных групп.

С этой целью нами были определены величины максимальной силы мышц правой кисти, инспираторных и экспираторных мышц при максимально возможном соблюдении идентичности условий измерений. Для этого использовалось специальное устройство, состоящее из пневомоманометра, который в одном случае (при измерении силы мышц кисти) соединялся с пневматической медицинской грушей, а во втором случае (при измерении силы дыхательной мускулатуры) со специальным патрубком. Измерения осуществлялись как у мужчин ($n = 68$), так и у женщин ($n = 11$).

Мужчины показывали силу правой кисти, в среднем равную 272,6 ± 4,3 мм рт. ст. Инспираторные мышцы у них развивали давление равное 111,0 ± 4,5 мм рт. ст., тогда как экспираторные 142,2 ± 5,8 мм рт. ст. Соотношение силы правой кисти, инспираторных и экспираторных мышц у женщин было таким же, как и у мужчин, но по размерам несколько меньше соответственно: 229,1 ± 11,5 мм рт. ст.; 94,5 ± 10,8 мм рт. ст. и 110,9 ± 10,8 мм рт. ст. (рисунок).



Средние величины максимальной силы мышц правой кисти и инспираторной и экспираторной мускулатуры у мужчин и женщин

Из представленных данных со всей очевидностью видно, что и у мужчин, и у женщин максимальная сила мышц правой кисти существенно больше максимальной силы респираторной мускулатуры в среднем на 91,0–148,0 % ($P < 0,01$).

Таким образом, сравнительный анализ величин времени двигательной реакции дыхательной мускулатуры и мышц кисти руки показал следующее: ВДР дыхательной мускулатуры существенно продолжительней ВДР мышц кисти руки в ответ, как на световой, так и звуковой раздражитель в среднем на 45–65 %. ВДР инспираторных мышц меньше ВДР экспираторных, при этом ВДР в ответ на световой раздражитель различаются статистически достоверно. ВДР дыхательных мышц в ответ на световой и звуковой раздражители также различаются достоверно.

Максимальная сила мышц правой кисти существенно больше максимальной силы респираторной мускулатуры, как инспираторной, так и экспираторной.

Влияние половых различий на функциональные возможности дыхательной мускулатуры спортсменов

Известно, что отправления и физиологические реакции дыхательной функции весьма существенно различаются в зависимости от половой принадлежности человека. Так, существует определенная зависимость между характерными особенностями паттерна дыхания, способностью точно оценивать дыхательные параметры и полом [2, 6].

Вполне закономерно, что и функциональные возможности дыхательной мускулатуры различаются у представителей разных полов. В ряде исследований установлено, что у мужчин более высокие величины силы и выносливости дыхательной мускулатуры и объемной скорости дыхательных потоков [5].

На первом этапе нами было проведено изучение половых различий времени двигательной реакции на световой и звуковой раздражители скелетной мускулатуры у бегунов и бегуний. С этой целью были обследованы девушки бегуньи ($n = 10$) и юноши бегуны ($n = 29$) практически равной подготовленности и возраста (III–II спортивные разряды) и специализирующиеся в одинаковых беговых дисциплинах – бег на средние дистанции (800–1500 метров).

Анализ показателей времени двигательной реакции (ВДР) мышц кисти руки показал заметные различия по величине в ответ на световой и звуковой раздражители. Звуковой раздражитель сопровождался более быстрой реакцией как у женщин, так и у мужчин, чем световой стимул, что было отмечено нами ранее (табл. 2).

Таблица 2

Время двигательной реакции (ВДР) мышц кисти руки и дыхательной мускулатуры у бегунов и бегуний равной подготовленности (x ± m)

Показатели	Женщины (n = 10)	Мужчины (n = 29)	Достоверность различий
Рука-свет, мс	0,226 ± 0,006	0,206 ± 0,006	+
Рука-звук, мс	0,163 ± 0,005	0,145 ± 0,005	+
Инспирация – свет, мс	0,320 ± 0,007	0,291 ± 0,005	+
Инспирация – звук, мс	0,259 ± 0,004	0,233 ± 0,005	+
Экспирация – свет, мс	0,312 ± 0,007	0,302 ± 0,007	-
Экспирация – звук, мс	0,265 ± 0,007	0,239 ± 0,007	+

На следующем этапе исследований выяснялось различие времени двигательной реакции инспираторных и экспираторных мышц у девушек и юношей.

Выяснилось, что так же, как и ВДР мышц кисти руки, ВДР дыхательной мускулатуры у юношей было несколько меньше, чем у девушек. Это наблюдалось по всем исследуемым позициям (как в ответ на световой, так и в ответ на звуковой раздражители, как инспираторных, так и экспираторных мышц). Различия находились в пределах 3,0–10,0 % и в большинстве случаев были статистически значимы.

Силовые и скоростные параметры дыхательной мускулатуры изучались у спортсменов двух специализаций, представителей циклических видов спорта – легкоатлетов бегунов и бегуний и пловцов и пловчих.

Представленные данные свидетельствуют, что мужчины обеих спортивных специализаций достоверно превосходят женщин-спортсменок по всем показателям скоростно-силовых возможностей дыхательной мускулатуры в среднем на 17,0–40,0 % ($P < 0,05$). При этом в указанный процентный диапазон укладываются различия, как у представителей легкой атлетики, бегунов, так и у пловцов (табл. 3).

Таблица 3

Силовые и скоростные параметры дыхательной мускулатуры у спортсменов разного пола (x ± m)

Показатели	Л/атлетика – бег		Плавание	
	женщины (n = 8)	мужчины (n = 20)	женщины (n = 18)	мужчины (n = 35)
ПМ вдох, мм рт. ст.	89,4 ± 8,8	118,5 ± 6,3*	101,1 ± 9,2	128,7 ± 8,9*
ПМ выдох, мм рт. ст.	120,6 ± 10,4	153,8 ± 4,9*	132,2 ± 12,4	171,3 ± 7,3*
ПТ вдох, л/с	4,26 ± 0,15	5,82 ± 0,22*	4,72 ± 0,18	6,62 ± 0,25*
ПТ выдох, л/с	4,80 ± 0,16	5,63 ± 0,13*	4,27 ± 0,15	5,43 ± 0,12*

Примечание: * – различия достоверны между группами мужчин и женщин.

Обнаруженные нами различия в показателях функционального состояния дыхательной мускулатуры между мужчинами и женщинами согласуются с результатами исследований других авторов [5]. Эти различия, возможно, могут быть связаны с проявлением биологического закона размерности и масштаба [4]. Известно, что антропометрическими переменными в большой мере обусловлены половые различия в энергетике организма [9], показателях внешнего дыхания, его экономичности и эффективности [4].

Заключение

Таким образом, сравнительный анализ величин времени двигательной реакции дыхательной мускулатуры и мышц кисти руки показал следующее: ВДР дыхательной мускулатуры существенно продолжительней ВДР мышц кисти руки в ответ, как на световой, так и звуковой раздражитель в среднем на 45–65 %. ВДР инспираторных мышц меньше ВДР экспираторных, при этом ВДР в ответ на световой раздражитель различаются статистически достоверно. ВДР дыхательных мышц в ответ на световой и звуковой раздражители также различаются достоверно.

Максимальная сила мускулатуры правой кисти существенно больше максимальной силы респираторной мускулатуры, как инспираторной, так и экспираторной в среднем на 91,0–148,0 % ($P < 0,01$).

Функциональные возможности дыхательной мускулатуры женщин спортсменок несколько ниже таковых, обнаруживаемых у мужчин спортсменов. Время двигательной реакции респираторных мышц у мужчин статистически достоверно короче, чем у женщин в среднем 3,0–10,0 %. Скоростно-силовые возможности дыхательных мышц у мужчин превосходят таковые у женщин в несколько большей степени, в среднем на 17,0–40,0 % ($P < 0,05$).

Список литературы

1. Бойко Е.И. Время реакции человека. – М.: Медицина, 1964. – 440 с.

2. Бреслав И.С.Паттерны дыхания: Физиология, экстремальные состояния, патология. – Л.: Наука, 1984. – 205 с.

3. Миняев В.И. Особенности произвольного управления дыхательными движениями человека в условиях мышечной работы с различной мощностью // Физиология человека. – 1978. – Т. 4, №2. – С. 328–334.

4. Солонин Ю.Г. О роли размерности в половых различиях вегетативных реакций на физическую нагрузку // Взаимодействие двигательных и вегетативных функций при мышечной активности. – Тверь, 1990. – С. 122–127.

5. Солопов И.Н. Дыхание при спортивном плавании. – Волгоград, 1988. – 52 с.

6. Солопов И.Н. Восприятие и произвольный контроль основных параметров внешнего дыхания у человека.– Волгоград, 1998. – 184 с.

7. Шик Л.Л. Основные принципы регуляции дыхания // Руководство по физиологии. Физиология дыхания. – Л.: Наука, 1973. – С. 279–286.

8. Campbell E.J.M. The respiratory muscles // Ann. N.Y. Sci. – 1968. – V.155. – P. 135–142.

9. Cureton K. Sex difference in maximal oxygen uptake. Effect of equating haemoglobin concentration / K. Cureton, P. Bishop, P. Hutchinson et. al. // Eur. J. Appl. Physiol and Occup. Physiol. – 1986. – V.54, №6. – P. 656–660.

10. Gandevia S.C. Endurance properties of respiratory and limb muscles / S.C. Gandevia, D.K. McKenzie, I.R. Neering // Respir. Physiol. – 1983. – Vol. 53, №1. – P. 47–61.

11. McKenzie D.K. Resistance to fatigue of human inspiratory muscles / D.K. McKenzie S.C.Gandevia // Proc. Austral. Physiol. And Pharmacol. Soc. – 1982. – Vol. 13, №1. – P. 22–25.

12. Miller J.D. Skeletal muscle pump versus respiratory muscle pump : modulation of venous return from the locomotor limb in humans / J.D. Miller, D.F. Pegelow, A.J. Jacques, J.A. Dempsey // Journal of Physiology. – 2005. – V. 563, №3. – P. 925–943.

References

1. Bojko, E.I. Vremjareakciicheloveka [Time of reaction of the person]. Moscow., 1964., pp. 440.

2. Breslav, I.S. Patternydyhanija: Fiziologija,jekstremal'n yesostojanija,patologija [Pattern of breath: Physiology, extreme conditions, pathology]. 1984., Leningrad, p. 205.

3. Minjaev, V.I. Fiziologija cheloveka. 1978.,T.4., no.2., pp. 328–334.

4. Solonin, Ju.G. Vzaimodejstvie dvigatel'nyh i vegetativnyh funkcij pri myshechnoj aktivnosti. (Interaction of impellent and vegetative functions at muscular activity). Tver', 1990., p. 122–127.

5. Solopov, I. N. Dyhanie pri sportivnom plavanii [Breath at sports swimming]. Volgograd, 1988., p 52.

6. Solopov, I.N. Vosprijatie i proizvol'nyj kontrol' osnovnyh parametrov vneshnego dyhanija u cheloveka [Perception and any control of key parameters of external breath at the person]. Volgograd, 1998., p 184.

7. Shik L.L. Rukovodstvo po fiziologii. Fiziologija dyhanija [Guide to physiology. Breath physiology]. 1973., Leningrad, pp. 122–127.

8. Campbell, E.J.M. The respiratory muscles / E.J.M. Campbell // Ann. N. Y. Sci., 1968. V.155. P. 135–142.

9. Cureton K. Sex difference in maximal oxygen uptake. Effect of equating haemoglobin concentration / K. Cureton, P. Bishop, P. Hutchinson et. al. // Eur. J. Appl. Physiol and Occup. Physiol., 1986. V.54. no. 6. pp. 656–660.

10. Gandevia S.C. Endurance properties of respiratory and limb muscles / S.C. Gandevia, D.K. McKenzie, I.R. Neering // Respir. Physiol., 1983. Vol. 53. no. 1. pp. 47–61.

11. McKenzie D.K. Resistance to fatigue of human inspiratory muscles / D.K. McKenzie S.C. Gandevia // Proc. Austral. Physiol. And Pharmacol. Soc., 1982. Vol. 13. no. 1. pp. 22-25.

12. Miller, J.D. Skeletal muscle pump versus respiratory muscle pump : modulation of venous return from the locomotor limb in humans / J.D. Miller, D.F. Pegelow, A.J. Jacques, J.A. Dempsey // Journal of Physiology, 2005. V. 563. no. 3. pp. 925–943.

Рецензенты:

Сентябрев Н.Н., д.б.н., профессор кафедры физиологии Волгоградской государственной академии физической культуры, г. Волгоград;

Клаучек С.В., д.м.н., профессор, зав. кафедрой «нормальной физиологии», декан лечебного факультета ВолГМУ, г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 28.06.2012.