

Физиологический предел физической работоспособности здоровых мужчин

Норейко С.Б.

Донецкий государственный институт здоровья, физического воспитания и спорта

Аннотации:

Проведено комплексное функциональное обследование 30 здоровых мужчин в возрасте от 21 до 50 лет. Умеренная физическая нагрузка мощностью до 100-125 Вт сопровождалась достоверным увеличением жизненной емкости легких и форсированной жизненной емкости легких. Это свидетельствовало об активации функциональных резервов респираторной системы в восстановительном периоде после нагрузки. Установлен предел мощности выполняемой физической нагрузки, достигаемый большинством обследованных (125-150 Вт). Этот показатель рекомендован в качестве нормативного теста, который свидетельствует об удовлетворительном состоянии работоспособности здоровых мужчин.

Норейко С.Б. Фізіологічна межа фізичної працездатності здорових чоловіків. Проведене комплексне функціональне обстеження 30 здорових чоловіків у віці від 21 до 50 років. Помірне фізичне навантаження потужністю до 100-125 Ватт супроводжувалася достовірним збільшенням життєвої ємності легенів і форсованої життєвої ємності легенів. Це свідчило про активацію функціональних резервів респіраторної системи у відбудовному періоді після навантаження. Установлена межа потужності виконуваного фізичного навантаження, що досягнута більшістю обстежених (125-150 Вт). Цей показник рекомендований як нормативний тест, який свідчить про задовільний стан працездатності здорових чоловіків.

Noreiko S.B. Physiological limits of physical performance of healthy men. A comprehensive functional examination of 30 healthy men aged 21 to 50 years. Moderate physical activity up to 100-125 watts was accompanied by significant increase in vital capacity and forced vital capacity. This is indicative of the activation of functional reserves of the respiratory system during the recovery period after exercise. Set a limit to the power of exercise performed, achieved a majority surveyed (125-150 watts). This indicator is recommended as a standard test, which indicates a satisfactory performance of healthy men.

Ключевые слова:

физическая работоспособность, газообмен, физиологический, мужчина.

фізична працездатність, газообмін, фізіологічний, чоловік.

physical performance, gas exchange, physiological, man.

Введение.

Определение физических возможностей здоровых людей составляет важную часть спортивной медицины, физиологии труда и методики отбора спортсменов. Наиболее полное удовлетворение энергетических потребностей человека осуществляется в аэробных условиях [4]. Поэтому показатели газообмена в динамике в условиях дозированной физической нагрузки возрастающей мощности могут быть адекватными эквивалентами физической работоспособности. Функциональные реакции организма могут быть зарегистрированы различными клинико-физиологическими методами что, собственно, и составляет основу диагностики в биологии и медицине [2, 5]. Использование в медицине новых средств измерения и компьютерной обработки данных резко расширили возможности диагностики. Реальностью является возможность контроля десятков параметров жизнедеятельности в динамике [3]. Однако организм человека является системой нелинейной, поэтому невозможно получить полностью достоверную картину его работы путём суммирования отдельных параметров. Следовательно, диагностирование функциональных отклонений должно быть системным и охватывать состояние большинства процессов, происходящих в организме. Благодаря этому сохраняется заинтересованность в методах, которые оперируют преимущественно целостными интегральными характеристиками организма.

Таким образом, будущее медицины связано с необходимостью разработки интегральных способов функциональной диагностики с использованием доступных для широкой практики технологий.

Работа выполнена по плану НИР Донецкого государственного института здоровья, физического воспитания и спорта.

Цель, задачи работы, материал и методы.

Целью работы является установление физиологического предела физической работоспособности здоровых мужчин.

Задачи исследования:

Провести функциональную характеристику изучаемого контингента по состоянию газообмена и физической работоспособности.

Изучить динамику функции внешнего дыхания, газообмена и физической работоспособности в покое и после дозированной физической нагрузки.

Материал и методы исследования. Проведено комплексное клинико-рентгенологическое и функциональное обследование 30 здоровых мужчин в возрасте от 21 до 50 лет на базе областной клинической больницы профессиональных заболеваний г.Донецка. Характеристика обследованной группы представлена в таблице 1.

Исследования выполнены в утренние часы до приема пищи в условиях, приближенных к основному обмену в положении сидя. Кроме исследования в покое изучено влияние физической нагрузки на состояние дыхательной системы. Исследование функции легких выполнено при помощи компьютерного спирометра в соответствии с инструкцией к препарату. Анализ изучаемой функции проведен по 10-ти показателям. Оценка фактических значений показателей функции внешнего дыхания (ФВД) проведена путем сравнения их с должными величинами, рассчитанными по формулам [2, 5-7].

Использована велоэргометрическая ступенчатая нагрузка возрастающей мощности. При оценке физических возможностей здоровых мужчин в лабораторных условиях применялась работа малой и средней мощности в диапазоне 25-150 Вт. Сущность методики заключалась в использовании оптимально переносимой нагрузки мощностью до 150 Вт, которая выпол-

Характеристика обследованной группы

| Возраст лет | Рост см | Масса тела кг |
|----------------|------------|------------------|
| 36,6±1,7 | 175,0±1,0 | 77,3±1,6 |

Таблица 2

Протокол

исследования газообмена и физической работоспособности на аппарате «Спиrolит-2»

Ф.И.О. Q1 = л/мин

Дата исследования В = мм. рт. ст.

Условия исследования Т = С

| Нагрузка Вт | Время мин | ЧСС уд/мин | АДс мм.рт.ст. | АДд мм.рт.ст. | ПО2 л/мин | в.СО2 л/мин | ДК |
|-----------------------|--------------|---------------|------------------|------------------|--------------|----------------|----|
| 0 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | |
| 125 | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | |
| Период восстановления | | | | | | | |
| | 1-я мин | | | | | | |
| | 2-я мин | | | | | | |
| | 3-я мин | | | | | | |

нялась путем ступенчатого ее увеличения на 25 Вт. Продолжительность каждой из 6-ти ступеней нагрузки была не менее 2-х минут, а общее время работы – 12-18 минут. Во всех исследованиях соблюдался единый режим работы аппарата «Спиrolит-2» с объемной скоростью рециркуляции воздуха в приборе от 60 до 80 литров в минуту, что значительно превышало объем легочной вентиляции при данной нагрузке и исключало существенное сопротивление дыханию.

Показаниями к прекращению пробы являлись признаки неадекватности функциональных возможностей исследуемого мощности и продолжительности выполняемой работы, что проявлялось болью в икроножных мышцах, утомлением дыхательной мускулатуры, чрезмерным повышением артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС), несоответствующих возрасту обследуемых и величине нагрузки, а также отказом пациента от дальнейшего выполнения работы.

В процессе выполнения физической нагрузки и после нее в периоде восстановления регистрировали потребление кислорода (ПО2) и выделение углекислого газа (СО2) при помощи аппарата «Спиrolит-2». Критерием определения оптимальной длительности ступени нагрузки было достижение относительного равновесия газообмена, на что указывала стабилизация кривых ПО2 и выделения СО2. Продолжительность регистрации газообмена в периоде восстановления определялась временем достижения исходного уровня. Непосредственно после окончания периода восстановления и отключения пациента от системы «Спиrolит-2» проводили повторное исследование на компьютерном спирометре. Для оценки газообмена и физической работоспособности изучались следующие показатели: ПО2 и выделение СО2 в мл/мин,

дыхательный коэффициент (ДК), ЧСС, величина АД в покое и на каждой ступени нагрузки и в периоде восстановления. Форма протокола исследования представлена в табл. 2.

Комплексная оценка результатов исследований проведена по разработанной системе анализа, реализуемой при помощи персонального компьютера [3]. Система предназначена для создания банка данных исследований функции внешнего дыхания, газообмена и физической работоспособности. Фактические значения показателей сравниваются с должными значениями, которые рассчитываются с учетом пола, возраста и роста пациента. Полученные значения в процентах от должных сопоставляются с известными границами нормы и грациями отклонения от нормы показателей дыхания. По результатам сравнения выдается заключение о состоянии ФВД, степени и типе легочной недостаточности. Пакет прикладных программ состоит из отдельных блоков [3]. Изучаемый медицинский объект представлен тремя основными системами, обеспечивающими вентиляцию легких, газообмен на уровне респираторной мембраны, энергообразование и физическую работоспособность в аэробном режиме.

Каждый из блоков характеризуется набором диагностических параметров, объединенных между собой функциональными связями как внутри блока, так и между ними.

1-й блок содержит 10 показателей внешнего дыхания, позволяющих оценить состояние вентиляционной функции легких и бронхиальной проходимости как в количественном, так и в качественном отношении.

2-й блок включает информацию, характеризующую в целом состояние газообмена по величинам поглощенного кислорода и выделяемого углекисло-

Результаты исследования функции внешнего дыхания до и после физической нагрузки

| № п/п | Показатель | В покое | | После физической нагрузки | |
|-------|--|-------------|----------------|---------------------------|----------------|
| | | фактические | в % от должных | фактические | в % от должных |
| 1 | Жизненная емкость легких (ЖЕЛ), л | 5,23±0,16 | 109,4±3,4 | 5,71±0,20 | 118,2±3,4* |
| 2 | Форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), л | 5,19±0,17 | 108,5±3,5 | 5,6±0,20 | 116,2±3,5* |
| 3 | Объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ1), л | 4,13±0,14 | 107,1±3,7 | 4,26±0,16 | 109,6±3,9 |
| 4 | Пиковая объемная скорость выдоха (ПОСвыд), л/сек | 8,29±0,37 | 94,1±4,1 | 8,35±0,40 | 92,0±4,3 |
| 5 | Максимальная объемная скорость на уровне 25% объема ФЖЕЛ (МОС25), л/сек | 7,54±0,38 | 90,0±4,6 | 7,76±0,41 | 92,1±4,8 |
| 6 | Максимальная объемная скорость на уровне 50% объема ФЖЕЛ (МОС50), л/сек | 5,15±0,33 | 85,5±5,6 | 5,01±0,36 | 82,7±5,8 |
| 7 | Максимальная объемная скорость на уровне 75% объема ФЖЕЛ (МОС75), л/сек | 2,08±0,14 | 67,9±4,8 | 1,87±0,12 | 61,8±3,7 |
| 8 | Средняя объемная скорость в интервале между 25 и 75% объема ФЖЕЛ (СОС25-75), л/сек | 4,39±0,27 | 90,8±5,2 | 4,11±0,22 | 86,4±5,9 |
| 9 | ОФВ1/ЖЕЛ (индекс Тиффно), % | | 79,4±2,1 | ± | 75,9±1,8 |
| 10 | ОФВ1/ФЖЕЛ, % | | 79,9±2,0 | ± | 76,3±1,8 |

Примечание: * – достоверность различий от исходных данных ($p < 0,05$)

го газа в покое и при различных режимах физической нагрузки, а также в процессе восстановительного периода.

3-й блок содержит данные о мощности и объеме работы, выполняемой в аэробном режиме.

Полученные в ходе исследования данные обработаны на персональном компьютере с применением кластерного и корреляционного анализа. Достоверность различий между показателями рассчитывалась по t-критерию Стьюдента.

Для проведения сравнительного анализа функционального состояния легких сопоставлены фактические значения показателей с их должными величинами. Полученные результаты до и после нагрузки в процентах от должных величин представлены в табл. 3.

Представительность группы обследованных оценена нами с учетом отклонений показателей функционального состояния легких на величину $\pm 1,65\sigma$.

Показатели функции легких обследованных соответствовали границам нормы.

При проведении исследований мы исходили из предположения о том, что реакция аппарата внешнего дыхания на физическую нагрузку может быть различной по степени и направленности в зависимости

от исходного функционального состояния. В целях получения сравнимых результатов мы стандартизировали методику исследования путем определения показателей ФВД в течение первой минуты после окончания периода восстановления. После анализа данных можно сделать вывод, что нагрузка не оказала существенного влияния на большинство показателей функционального состояния легких, за исключением ЖЕЛ и ФЖЕЛ. Значительная динамичность этих двух функциональных показателей свидетельствует о том, что имеется функциональный компонент, регистрируемый в определенной степени физической нагрузкой.

Для определения максимальной физической работоспособности был проведен анализ частоты достижения соответствующих ступеней нагрузки (табл. 4).

Из приведенных данных видно, что предел интенсивности нагрузки у здоровых мужчин составил 325 Вт. Гарантированная мощность, которая достигнута всем контингентом обследованных составила 100-125 Вт, в то время как нагрузку мощностью 150-200 Вт смогли выполнить, соответственно, 83 и 23%.

Таким образом, предел мощности выполняемой работы, достигаемый большинством обследованных составил 125-150 Вт, что можно рассматривать в качестве нормативного теста, свидетельствующего об

Число обследованных, достигших предела клинически переносимой нагрузки (%)

| | Нагрузка, Вт | | | | | | | | | | |
|---|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 200 | 225 | 250 | 275 | 325 |
| % | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 83 | 23 | 20 | 10 | 7 | 3 |

Таблица 5

Результаты исследования газообмена и физической работоспособности на аппарате «Спиrolит-2»

| № п/п | Показатель | Нагрузка, Вт | | | | |
|-------|---------------------------|--------------|------------|------------|-----------|------------|
| | | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 1 | ЧСС, уд/мин | 69,8±1,6 | 91,9±1,8 | 98,0±2,0 | 107,5±2,0 | 115,4±2,3 |
| 2 | ПО ₂ , мл/мин | 277,0±6,0 | 553,0±13,0 | 683,0±16,0 | 784,0±16 | 930,0±16,0 |
| 3 | ВСО ₂ , мл/мин | 184,0±7,0 | 353,0±12,0 | 450,0±12,0 | 524,0±9,0 | 668,0±13,0 |
| 4 | ДК | 0,66±0,02 | 0,64±0,02 | 0,66±0,01 | 0,69±0,01 | 0,72±0,01 |

удовлетворительном состоянии работоспособности здоровых мужчин.

Фактические значения основных показателей газообмена в покое и при дозированной физической нагрузке приведены в табл. 5.

Дыхательный коэффициент (ДК) составил 0,66 в покое, что свидетельствовало о преобладании жирового обмена в энергообеспечении с возрастанием до 0,72 после физической нагрузки.

При сопоставлении результатов исследования газообмена в покое и при физической нагрузке с показателями внешнего дыхания была выявлена прямая достоверная связь величин ПО₂ в мл/мин при нагрузке 25, 50, 75 и 100 Вт со значениями индекса Тиффно, соответственно, коэффициент корреляции $r=0,43-0,48$ ($p<0,01$). Полученные данные свидетельствуют о том, что системы, обеспечивающие оксигенацию организма при различных уровнях его функционирования находятся в прямой функциональной зависимости от интенсивности использования кислорода.

Выводы.

1. Умеренная физическая нагрузка мощностью 25, 50, 75 и 100 Вт у здоровых мужчин сопровождалась линейным увеличением потребления кислорода (ПО₂, мл/мин) и достоверным увеличением показателей функции внешнего дыхания.
2. Предел мощности выполняемой работы, достигаемый большинством здоровых мужчин, составил 125-150 Вт. Его можно рассматривать в качестве нормативного теста, свидетельствующего об удовлетворительном состоянии работоспособности здоровых мужчин.
3. Показатели газообмена (поглощение кислорода, выделение СО₂, дыхательный коэффициент) указывают на преобладание жирового обмена в энергообеспечении здоровых мужчин в покое и в условиях умеренных физических нагрузок.

Результаты работы могут быть использованы для тестирования резервов физической работоспособности в физиологии труда и спортивной медицине.

Литература:

1. Валуцина В.М., Норейко С.Б. Методика определения аэробной работоспособности горнорабочих // Физиологическое нормирование труда: Тез.докл. II Всесоюз.симпоз.Донецк, 14-16 сент.1989 г. – Донецк, 1989. – С.54.
2. Исследование функции внешнего дыхания: Метод, пособие /А.А. Бова, Е.П. Леонов, С.С. Горохов, Ю.С. Денешук. -Мн.: МГМИ, 1995. – 124 с.
3. Норейко Б.В., Голубец А.И., Норейко С.Б. Банк данных системы анализа функции внешнего дыхания, газообмена и физической работоспособности человека: Препринт докл. ИЭП АН УССР. – Донецк, 1989. – 18 с.
4. Норейко Б. В., Норейко С.Б. Клиническая физиология дыхания – Донецк, 2000. – 116 с.
5. Guidelines for the measurement of respiratory function. Recommendation of the British Thoracic Society and the Association of Respiratory Technicians and Physiologists //Respir. Medicine. -1994. – V. 88, N 3. – P. 165-194.
6. Lung Function Testing: Selecting of Reference Values and Interpretive Strategies //Amer. Rev. Respir. Dis. — 1991. — V. 144. — P. 1202-1218.
7. Standartization of spirometry //Amer. J. Respir. Crit. Care -Ia- Med.-1995.-V.I 52.-P. 1107-1136.

Информация об авторе:

Норейко Сергей Борисович
normans@meta.ua
Донецкий государственный институт здоровья,
физического воспитания и спорта
ул. Байдукова, 83048, Донецк, Украина.
Поступила в редакцию 27.10.2011г.

References:

1. Valucina V.M., Norejko S.B. Metodika opredeleniia aerobnoj rabotosposobnosti gornorabochikh [Method for determining the aerobic performance of miners]. *Fiziologicheskoe normirovanie truda* [Physiological valuation of work], Donetsk, 1989, p. 54.
2. Bova A.A., Leonov E.P., Gorokhov S.S., Deneshchuk I.U.S. *Issledovanie funkcii vneshnego dykhaniia* [Study of respiratory function], Minsk, MSMI Publ., 1995, 124 p.
3. Norejko B.V., Golubec A.I., Norejko S.B. *Bank dannykh sistemy analiza funkcii vneshnego dykhaniia, gazoobmena i fizicheskoi rabotosposobnosti cheloveka* [The data bank system for analysis of lung function, gas exchange and exercise performance rights], Donetsk, 1989, 18 p.
4. Norejko B. V., Norejko S.B. *Klinicheskaja fiziologija dykhaniia* [Clinical physiology of respiration], Donetsk, 2000, 116 p.
5. Guidelines for the measurement of respiratory function. Recommendation of the British Thoracic Society and the Association of Respiratory Technicians and Physiologists. *Respiratory Medicine*, 1994, vol.88 (3), pp. 165-194.
6. Lung Function Testing: Selecting of Reference Values and Interpretive Strategies. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 1991, vol.144, pp. 1202-1218.
7. Standartization of spirometry. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 1995, vol.1(52), pp. 1107-1136.

Information about the author:

Noreiko Sergej Borisovich
normans@meta.ua
Donetsk State Institute of Health, Physical Education and Sport
Baidukov str., 83048, Donetsk, Ukraine.
Came to edition 27.10.2011.