

УДК 616.12:612.21/22

Л. О. АВАКЯН, Л. Ф. ШЕРДУКАЛОВА

К ВОПРОСУ О СТАНДАРТИЗАЦИИ МОЩНОСТИ НАГРУЗОК
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

Проведено спирографическое исследование функции внешнего дыхания в покое и после физических нагрузок разной мощности. Выявлено, что степень изменения минутного объема дыхания и потребление кислорода были пропорциональны степени нагрузки, взаимоотношения же между ними оставались практически неизменными, что находило выражение в близости показателей коэффициента использования кислорода при всех видах нагрузки.

Изучение функции внешнего дыхания с применением функциональных нагрузок продолжает оставаться актуальным вопросом [1—5, 7, 8]. Однако и до настоящего времени нет определенного мнения о выборе нагрузок для сердечных больных. Принято считать, что нагрузка должна быть привычной для испытуемого и достаточно мощной, чтобы выявить скрытые нарушения газообмена.

В качестве физических нагрузок наиболее широко распространена проба Мастера—восхождение по ступенькам. Разные исследователи используют ее в самых различных вариациях, т. е. строгий стандарт как для продолжительности и темпа нагрузки, так и для высоты ступенек отсутствует. Отсутствие единой стандартно дозированной нагрузки делает несопоставимыми данные различных исследователей и зачастую даже показателей, полученных одним и тем же автором в динамике исследования одних и тех же больных.

Изучая спирографическим методом наиболее важные показатели функции внешнего дыхания у 15 практически здоровых лиц в покое и после выполнения физических нагрузок, мы стремились найти строго дозированную нагрузку, которая была бы легко выполнимой больными с различной степенью нарушения кровообращения и одновременно достаточно мощной, чтобы выявить степень нарушения газообмена в легких. Целью работы было также выяснить, влияют ли мощность нагрузки и положение тела исследуемого на характер взаимоотношений минутного объема дыхания (МОД) и потребления кислорода (PO_2).

Мы использовали три вида нагрузки разной мощности и продолжительности: пробу А. И. Игнатовского [6], эргометрическую пробу и лестничную пробу по Мастеру. Исходные данные регистрировали после 30-минутного отдыха при дыхании кислородом (3—5 мин). Далее испытуемый приступал к последовательному выполнению нагрузок с перерывами на отдых между ними в течение 20—30 мин до восстано-

ления исходной частоты дыхания и пульса. Вначале выполнялась проба Игнатовского, затем эргометрическая проба и в конце—проба Мастера. Сущность нагрузок заключалась в следующем:

1. Проба Игнатовского—10 приподниманий в постели из положения лежа в положение сидя в течение 25—30 сек.

2. Ручная эргометрия. Проба осуществлялась с помощью ручного эргометра—блока роликов, прикрепленных к стене. Лежа на спине исследуемый вытянутой вдоль туловища правой рукой держал рукоятку эргометра (исходная позиция) и по команде ритмически приводил руку к грудной клетке и вновь отводил ее в исходное положение.

Решая вопрос о подборе интенсивности эргометрической нагрузки, мы пытались получить при работе на эргометре сдвиги газообмена, аналогичные изменениям его при пробе Игнатовского. Было установлено, что такие изменения возникают при подъеме груза весом 4 кг на высоту 50 см в темпе 46—47 подъемов в мин (в течение 3 мин). Расчет величины затраченной работы при эргометрической пробе проводился по формуле: $A = Phn$ (1), где P —вес груза, h —высота подъема груза, n —число подъемов, откуда $A = 4 \text{ кг} \times 0,5 \times (46 \times 3) = 276 \text{ кгм}$.

Из литературных данных известно, что работа при спуске составляет 1/2 работы, совершаемой при подъеме на ту же высоту. Поэтому в полном объеме выполняемая работа при эргометрической пробе равна:

$$A = Phn + \frac{Phn}{2} \quad (2), \text{ т. е. } A = 276 \text{ кгм} + \frac{276}{2} \text{ кгм} + 414 \text{ кгм}.$$

Расчет затраченной энергии удобнее выражать в ваттах, т. е. в единицах мощности (w) системы СИ. Так как $1 \text{ кгм} = 9,8 \text{ джоуля}$, то w составит: $w = 9,8 \frac{A}{t}$ (3), где t —время выполнения работы в секун-

дах. Отсюда при эргометрической пробе: $w = 9,8 \frac{414}{180 \text{ сек}} = 22,1 \text{ вт}$. Мощность нагрузки при эргометрической пробе у различных испытуемых составляла $22,1 \pm 0,3 \text{ вт}$.

3. Лестничная проба по Мастеру. Восхождение по двухступенчатой лестнице в течение 90 сек (высота каждой ступеньки—22,6 см). Модификация пробы заключалась в том, что число подъемов исследуемого подбиралось индивидуально с учетом его веса по специально составленной таблице так, чтобы он выполнял стандартную нагрузку, по величине затраченной работы вдвое большую (825 кгм), чем эргометрическая проба (табл. 1). Мощность нагрузки при лестничной пробе у различных испытуемых составляла $88,0 \pm 1,8 \text{ вт}$.

Число подъемов (n) было подсчитано, исходя из формулы работы (1): $n = \frac{A}{Ph}$ (4), где A —работа, P —вес исследуемого, h —высота ступеньки. Так, исследуемый весом 60 кг для выполнения указанной работы должен осуществить по нашей лестнице 20 подъемов. Подставляя в формулы 2 и 3 соответствующие данные, получим:

Таблица 1

Число подъемов при лестничной двухступенчатой пробе для лиц различного веса, необходимых для выполнения работы мощностью $88,0 \pm 1,8$ вт

Вес испытуемого	Число подъемов	Вес испытуемого	Число подъемов
39—40	31	53—54	23
41—42	29	55—56	22
43—44	28	57—58	21
45—46	27	60—62	20
47—48	26	63—65	19
49—50	25	66—69	18
51—52	24	70	17

$$W = 9,8 \text{ дж} \times \frac{550,5 \text{ кгм} + \frac{550,5 \text{ кгм}}{2}}{90 \text{ сек}} =$$

$$= 9,8 \text{ дж} \times \frac{825 \text{ кгм}}{90 \text{ сек}} = 89,89 \text{ вт.}$$

В табл. 2 представлены изменения газообмена в легких у здоровых людей под влиянием вышеуказанных нагрузок. Из данных табл. 2 следует, что при пробе Игнатовского и эргометрической пробе на первой минуте восстановительного периода МОД составлял соответственно $8,0 \pm 0,56$ и $7,7 \pm 0,52$ л/мин, т. е. 135 и 130% к исходному уровню. PO_2 достигло соответственно $313 \pm 17,4$ и $290 \pm 15,7$ мл/мин, т. е. 142 и 132%. Различия между этими показателями статистически недостоверны.

Исходя из литературных данных [9, 10] о том, что изменения вентиляции и PO_2 под влиянием нагрузок соответствуют величине проделанной работы, можно считать, что проба Игнатовского по величине затраченной работы близка к эргометрической пробе. Действительно, после лестничной пробы увеличение МОД и PO_2 на первой минуте отдыха было в 2 раза больше, чем после эргометрической пробы: МОД составлял $13,1 \pm 0,58$ л/мин (222%), а PO_2 — 402 ± 25 см³/мин (225%). Это соответствует различию указанных проб по величине проделанной работы (825,0 кгм при лестничной пробе и 414,0 кгм при эргометрической).

Мы попытались также выяснить влияние на показатели газообмена в легких интенсивности (мощности) нагрузки (табл. 3).

Как видно из табл. 3, после лестничной пробы, интенсивность которой была практически в 4 раза больше, чем эргометрической, прирост величин МОД и PO_2 был почти в 4 раза больше, чем после эргометрической пробы, т. е. после нагрузок изменение МОД и PO_2 в абсолютных величинах соответствовало количеству проделанной работы, а изменение степени их прироста относительно исходного уровня—величине мощности нагрузок.

Таблица 3

Прирост МОД и ПО_2 на 1-й мин отдыха после различных проб
(относительно исходного уровня)

Функциональная проба	Показатели	
	МОД в л/мин	ПО_2 в $\text{см}^3/\text{мин}$
Проба Игнатовского	2,1	93
Эргометрическая проба	1,8	70
Лестничная проба	7,3	272

Проведенные исследования показали (табл. 2), что характер изменений газообмена в легких при всех использованных видах нагрузки был одинаковым (рис. 1). Везде имело место практически параллельное нарастание величин МОД и ПО_2 , вследствие чего коэффициент

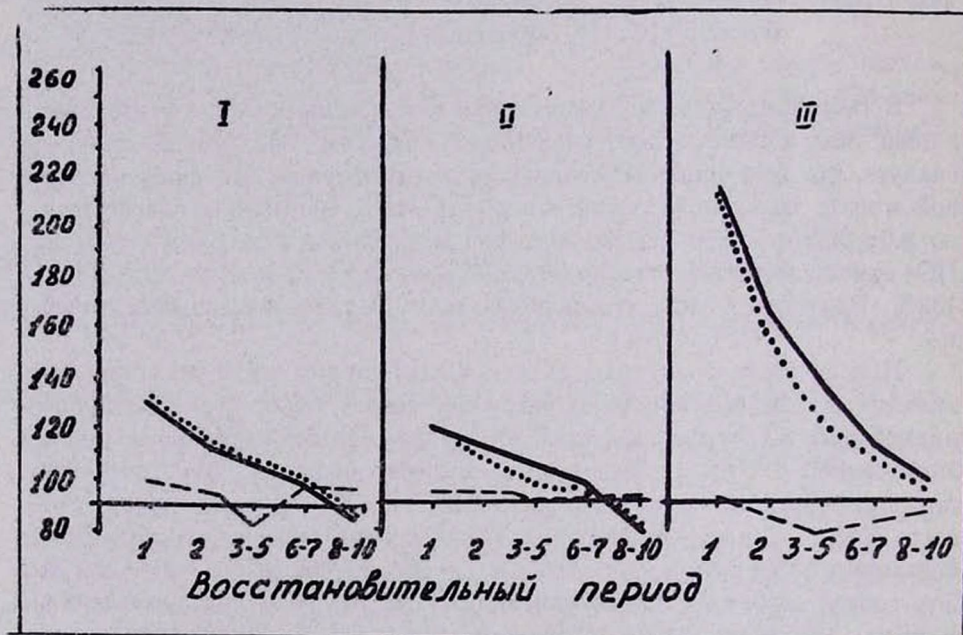


Рис. 1. Изменение газообмена в легких при различных функциональных пробах у здоровых людей. I—проба Игнатовского, II—эргометрическая проба, III—лестничная проба. — МОД, ПО_2 , — — — КИО_2

использования кислорода (КИО_2) изменялся незначительно. Так, при пробе Игнатовского и эргометрической пробе он составил соответственно 106 и 102%, а при лестничной пробе—102%.

Восстановление показателей газообмена после пробы Игнатовского и эргометрической пробы наступило на 3—5-й мин, а после пробы Мастера—на 8—10-й мин, что статистически достоверно.

Таким образом, настоящая работа показала, что нагрузки малой

Таблица 2

Изменение газообмена в легких у здоровых людей под влиянием различных физических нагрузок

Показатели	Статистический показатель	Покрой	Восстановительный период														
			проба Игнатовского (I)					эргометрическая проба (II)					лестничная проба (III)				
			1-ая мин.	2-ая мин.	3-5-ая мин.	6-7-ая мин.	8-10-ая мин.	1-ая мин.	2-ая мин.	3-5-ая мин.	6-7-ая мин.	8-10-ая мин.	1-ая мин.	2-ая мин.	3-5-ая мин.	6-7-ая мин.	8-10-ая мин.
МОД л/мин. % к покою	$M \pm m$ р	$5,9 \pm 0,37$ 100%	$8,0 \pm 0,56$ 135%	$7,3 \pm 0,61$ 124%	$6,9 \pm 0,56$ 117%	$6,1 \pm 0,36$ 103%	$5,5 \pm 0,2$ 93%	$7,7 \pm 0,52$ 130%	$7,3 \pm 0,54$ 122%	$6,6 \pm 0,37$ 112%	$6,0 \pm 0,26$ 102%	$5,7 \pm 0,32$ 96%	$13,1 \pm 0,58$ 222%	$10,3 \pm 0,35$ 175%	$8,6 \pm 0,34$ 146%	$7,4 \pm 0,35$ 125%	$6,4 \pm 0,1$ 110%
								>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	<0,001	<0,001	>0,1	=0,01
VO ₂ см ³ /мин. % к покою	$M \pm m$ р	$220 \pm 10,6$ 100%	$313 \pm 17,4$ 142%	$272 \pm 18,7$ 123%	$246 \pm 15,8$ 112%	$237 \pm 15,1$ 108%	$212 \pm 13,2$ 94%	$290 \pm 15,7$ 132%	$265 \pm 21,0$ 120%	$238 \pm 11,2$ 108%	$220 \pm 11,4$ 100%	$214 \pm 11,1$ 96%	492 ± 25 225%	$360 \pm 18,6$ 164%	$285 \pm 13,5$ 130%	$261 \pm 13,6$ 118%	$240 \pm 10,2$ 109%
								>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	>0,5	<0,001	>0,002	=0,05	<0,05	>0,1
KIO ₂ см ³ /л. % к покою	$M \pm m$ р	$37,0 \pm 1,3$ 100%	$39,3 \pm 2,67$ 106%	$37,3 \pm 2,76$ 101%	$35,6 \pm 1,39$ 96%	$38,8 \pm 1,47$ 105%	$38,5 \pm 2,16$ 104%	$37,7 \pm 2,1$ 102%	$36,0 \pm 2,16$ 97%	$36,0 \pm 1,39$ 97%	$36,6 \pm 1,48$ 99%	$37,6 \pm 1,87$ 102%	$37,8 \pm 1,63$ 102%	$35,0 \pm 1,55$ 95%	$33 \pm 1,0$ 90%	$35,4 \pm 1,1$ 96%	$37,6 \pm 101,1$ 96%
								>0,5	<0,5	<0,5	>0,5	<0,5	>0,05	<0,25	>0,1	>0,1	<0,25

Примечание. 1. Данные покоя приводятся только перед пробой I, ибо исходные показатели перед пробой II и III отличались друг от друга незначительно (статистически не достоверно).

2. Достоверность различий при пробе II рассчитывалась относительно пробы I, а при пробе III—относительно пробы II.

мощности (в частности эргометрическая проба и проба Игнатовского) вызывают довольно выраженные изменения газообмена, по которым можно судить о характере взаимоотношений вентиляции и кровотока в легких. Важно и то, что, несмотря на разнообразие нагрузок как по мощности, так и по характеру положения тела исследуемого (горизонтальное, вертикальное, последовательные переходы из положения лежа в положение сидя), характер взаимоотношений показателей МОД и ПО_2 в восстановительном периоде при всех видах нагрузки оставался неизменным.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что нагрузки малой мощности должны найти более широкое применение в клинической практике. Они позволят проводить исследование газообмена в легких как у больных с компенсированными, так и с декомпенсированными нарушениями систем дыхания и кровообращения. Это дает возможность проводить широкие сравнительные исследования газообмена в легких у различных групп больных, а также делает сопоставимыми материалы различных исследований.

Строгая стандартизация мощности физических нагрузок необходима для правильной оценки степени нарушения функции внешнего дыхания.

Институт кардиологии и сердечной хирургии

МЗ Арм. ССР

Поступила 31/III 1976 г.

Լ. Օ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Լ. Ֆ. ՇԵՐԴՈՒԿԱՆՈՎԱ

ԱՐՏԱՔԻՆ ՇՆՋԱՌՈՒԹՅԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՅԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅԱՆ
ԺԱՄԱՆԱԿ ԾԱՆՐԱԲԵՌՆՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՆ
ՍՏԱՆՈՒՄՆԻ ԶԱՆԴԱՅԻ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

11 առողջ անձանց մոտ կատարված է արտաքին շնչառության ֆունկցիայի սպիրոգրաֆիկ հետազոտություն հանգստի ժամանակ և տարբեր հզորության ֆիզիկական ծանրաբեռնվածություններից հետո:

Բացահայտված է, որ ՄՕԴ-ի և ՄՕ₂-ի փոփոխությունները վերականգնման պերիոդի 1 ռուպի ընթացքում բացարձակ մեծություններով համեմատական են կատարված աշխատանքի քանակին, իսկ այդ մեծությունների աճի աստիճանի փոփոխությունները համեմատած նախնական մակարդակի հետ համեմատական են ծանրաբեռնվածության հզորության մեծությանը: Հստ հետազոտվողի մարմնի դիրքի բնույթի և ծանրաբեռնվածությունների հզորության բաղադրությունը չի ազդում ՄՕԴ-ի և ՄՕ₂-ի ցուցանիշների փոխազդեցության բնույթի վրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аусит С. Д., Евжанов А. Кардиология, 1970, 6, стр. 75.
2. Веницкая Р. С., Сергеева К. А. Грудн. хирургия, 1964, 2, стр. 62.

3. Генин Н. М. Дисс. канд. М., 1957.
4. Гиллер Е. Л. Дисс. канд. М., 1966.
5. Дамир А. М., Халов Ю. В. Кардиология. 1969, 7, стр. 9.
6. Игнатовский А. И. В кн.: Клиническая семиотика и симптоматическая терапия. Берлин, 1923, стр. 193.
7. Мейтина Р. А., Шердукалова Л. Ф. Вестник хирургии, 1957, 1, стр. 17.
8. Мурашко В. В. Современные вопросы кардиологии. Сборник научных работ, в. I. М., 1967.
9. Garetopoulos N. a ofh. Brit. Heart J., 1966, 28, 1, 13.
10. Wasserman K. a ofh. J. Appl. physiol., 1967, 1, 71.