
УДК 612
ББК 28.903
М 99

Мякотных В.В.

Кандидат педагогических наук, профессор кафедры рекреации и спортивно-оздоровительного туризма Сочинского государственного университета тел. 89882389024, e-mail: myakotnyh.v@yandex.ru

**Возрастная динамика потребления кислорода
в состоянии относительного покоя у лиц с различными
режимами двигательной активности
(Рецензирована)**

Аннотация

Уровень энергopotенциала биосистемы может служить критерием устойчивости организма к широкому спектру неблагоприятных воздействий. Повышение МПК возможно лишь при применении достаточно больших по объему и интенсивности физических нагрузок. В соответствии с теорией оксидативного стресса увеличение энергетической нагрузки может привести к накоплению оксидативного ущерба, быстрому истощению биологического ресурса организма. С другой стороны, высокие энергозатраты во время рабочей фазы сопровождаются значительной экономизацией деятельности в состоянии относительного покоя, а значит и снижением интенсивности процессов свободнорадикального окисления. В представленном исследовании сделана попытка дать количественную оценку степени этой экономизации по показателям основного обмена и потребления кислорода в состоянии относительного покоя у лиц с высоким уровнем двигательной активности.

Ключевые слова: «безопасный» уровень здоровья, режим двигательной активности, оксидативный стресс, потребление кислорода в покое.

Myakotnykh V.V.

Candidate of Pedagogy, Professor of Recreation and Sports Tourism Department, Sochi State University, ph. 89882389024, e-mail: myakot-nyh.v@yandex.ru

**Age dynamics of oxygen consumption at relative rest of persons
with the various modes of impellent activity**

Abstract

The level of energy potential of a biosystem can serve as a criterion for stability of an organism to a wide range of adverse effects. Increase in maximal oxygen consumption (VO₂max) is possible only at application of great in volume and intensity physical activities. According to the theory of oxidative stress the increase in power loading can lead to accumulation of oxidative damage and to fast exhaustion of a biological resource of an organism. On the other hand, high energy expenditure during a working phase is accompanied by considerable economization of activity in a condition of relative rest, consequently, by decrease in intensity of free radical oxidation. In the present research, an attempt is undertaken to quantitatively assess a degree of this economization on the basis of indicators of the main exchange and oxygen consumption in a condition of relative rest at persons with high level of impellent activity.

Keywords: «safe» level of health, a mode of impellent activity, an oxidative stress, oxygen consumption at rest.

Оценка возможностей аэробного энергообеспечения по показателю МПК позволяет оценивать резервы биоэнергетики, которые хорошо характеризуют устойчивость организма к широкому спектру неблагоприятных воздействий. Исследования, проведенные Blaire S. et al. [1], позволили установить относительный риск смерти от заболеваний у практически здоровых лиц в зависимости от уровня максимальной аэробной способности. При этом был определен «порог» аэробного энергopotенциала биосистемы, являющийся «безопасным» уровнем соматического здоровья, противодействующий

щим развитию эндогенных факторов риска или хорошо компенсирующим уже сформировавшиеся ранее заболевания. Этот уровень определяется максимальной аэробной мощностью (МПК) не ниже $42 \text{ мл/мин/кг}^{-1}$ для мужчин и $35 \text{ мл/мин/кг}^{-1}$ для женщин.

Теория Prigogine-Wiame [2] объясняет старение организма как процесс приближения к конечному стационарному состоянию, сопровождаемый снижением возможностей потребления кислорода и уменьшением удельной скорости энергообразования. Снижение возможностей потребления кислорода с возрастом приводит к падению энергетического потенциала организма. При достижении показателя МПК ниже значений уровня текущего потребления кислорода в состоянии относительного покоя (ПКП), т.е. ниже минимально необходимых для жизни величин ($\text{МПК} < \text{ПКП}$), поддержание стационарного состояния делается невозможным, и наступает естественная смерть от старости.

Таким образом, контроль за состоянием системы энергообеспечения позволяет прогнозировать степень и время достижения конечного стационарного состояния, т.е. смерти. При этом определенный уровень энергопотенциала может служить критерием адекватности адаптационных возможностей и порогом, за которым вначале последовательно развиваются эндогенные факторы риска, затем формируется патологический процесс.

Увеличение МПК возможно лишь при применении достаточно больших по объему и интенсивности физических нагрузок. Согласно методическим рекомендациям проведения оздоровительной физической тренировки, опубликованным в материалах Международного олимпийского конгресса в Сеуле (сентябрь 1988 г) прирост МПК происходит при не менее 3-х разовых занятиях в неделю. При этом минимальная интенсивность тренировок для повышения МПК должна составлять около 60% от максимальной частоты сердечных сокращений (50% МПК или резерва ЧСС), что примерно соответствует 130–135 уд. в мин для молодых и 105–115 уд. в мин для пожилых лиц.

В соответствии с теорией оксидативного стресса [3-5] увеличение энергетической нагрузки в любом возрасте может привести к интенсификации процессов свободнорадикального окисления, накоплению оксидативного ущерба, истощению биологического ресурса организма. С другой стороны, высокие энергозатраты во время рабочей фазы сопровождаются значительной экономизацией деятельности наиболее «нагруженных» функциональных систем организма в состоянии относительного покоя, а значит и снижением интенсивности процессов свободнорадикального окисления относительно лиц с низким уровнем двигательной активности.

В соответствии с этими представлениями возникает необходимость проследить возрастные изменения потребления кислорода в состоянии относительного покоя у лиц с различными режимами двигательной активности для определения «цены адаптации» при повышении резервных возможностей системы энергообеспечения.

Материалы и методы исследования

Изучение возрастной динамики потребления кислорода в покое (ПКП) проводилось у 234 практически здоровых мужчин в возрасте от 40 до 69 лет с различными привычными режимами повседневной двигательной активности (ПДА), имеющих различный предыдущий двигательный опыт, – от бывших мастеров спорта международного класса до лиц, никогда не занимавшихся физической культурой. Обследуемые были разбиты на четыре группы, каждая из которых была ранжирована по возрасту с десятилетним интервалом: I группа ($n=66$) включала бывших спортсменов высокого класса (квалификации не ниже мастера спорта) в видах спорта, связанных с активной физической деятельностью, требующей преимущественного проявления выносливости, продолжающих актив-

ную двигательную деятельность (высокий уровень ПДА); II ($n=54$) – бывших спортсменов высокого класса, прекративших активную двигательную деятельность (низкий уровень ПДА); III ($n=62$) – спортсменов массовых разрядов и лиц, постоянно занимающихся чисто оздоровительными формами физических упражнений (высокий уровень ПДА); IV ($n=52$) – лиц, никогда регулярно не занимавшихся физкультурой (низкий уровень ПДА).

Для определения потребления кислорода в покое рассчитывался должный основной обмен (ккал/кг/мин) по формуле Харрис-Бенедикта:

$$\text{ДОО} = 66 + (13,7 \times \text{вес, кг}) + (5 \times \text{рост, см}) - (6,8 \times \text{возраст}).$$

Процент отклонения ДОО от нормы рассчитывался по формуле Рида:

$$\text{ПО} = 0,75 \times (\text{ЧСС} + \text{ПД} \times 0,74) - 72,$$

где

ЧСС – частота сердечных сокращений в покое (уд/мин);

ПД – пульсовое давление (мм. рт. ст).

Основной обмен с учетом отклонения должного от нормы (ккал/кг/мин):

$$\text{ОО} = \text{ДОО} \times (100 + \text{ПО}/100).$$

Потребление кислорода в покое (мл/кг/мин) рассчитывалось по формуле:

$$\text{ПК} = (\text{ОО} \times 1000)/\text{КЭК},$$

где

КЭК – калорический эквивалент кислорода, который при смешанном типе питания с преобладанием углеводного и дыхательном коэффициенте 0,85 равен 4,86 ккал/л [6];

1000 – коэффициент для пересчета данных в мл.

При статистической обработке результатов исследования использовались стандартные пакеты Microsoft Office Excel 2002. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

В возрастной категории 40–49 лет достоверно меньшие значения потребления кислорода в покое наблюдаются только в группе бывших спортсменов с высоким уровнем ПДА по сравнению со всеми другими группами ($P < 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1

Значения потребления кислорода в покое в группах лиц с различной двигательной активностью

Группы	Потребление кислорода в покое (мл/кг/мин)		
	Возрастные диапазоны (лет)		
	40 – 49	50 – 59	60 – 69
I	3,04 ± 0,12	2,91 ± 0,13	2,88 ± 0,12
II	3,15 ± 0,17	3,05 ± 0,15	3,05 ± 0,13
III	3,13 ± 0,19	3,04 ± 0,13	2,90 ± 0,16
IV	3,18 ± 0,13	3,12 ± 0,11	3,07 ± 0,15
$P < 0,05$	I–II; I–III; I–IV	I–II; I–IV; III–IV	I–II; I–IV; II–III; III–IV

В возрастной категории 50–59 лет достоверно меньшие значения потребления кислорода в покое наблюдаются в группе бывших спортсменов с высоким уровнем ПДА по отношению к группам бывших спортсменов и «не спортсменов» с низким уровнем ПДА. Группа «не спортсменов» с низким уровнем ПДА имеет также достоверно большие показатели потребления кислорода в покое по отношению к группе лиц, занимающихся оздоровительными формами физических упражнений. По всем остальным группам достоверных различий не выявлено ($P > 0,05$).

В возрастной категории 60–69 лет впервые наблюдаются достоверно меньшие значения потребления кислорода в покое у группы лиц, занимающихся чисто оздоровительными формами физических упражнений (III), по отношению к группе бывших спортсменов с низким уровнем ПДА (II). Между всеми остальными группами сохраняются все различия, характерные для возрастной категории 50–59 лет.

Возрастная динамика потребления кислорода в покое у лиц с различной двигательной активностью приведена на рисунке 1.

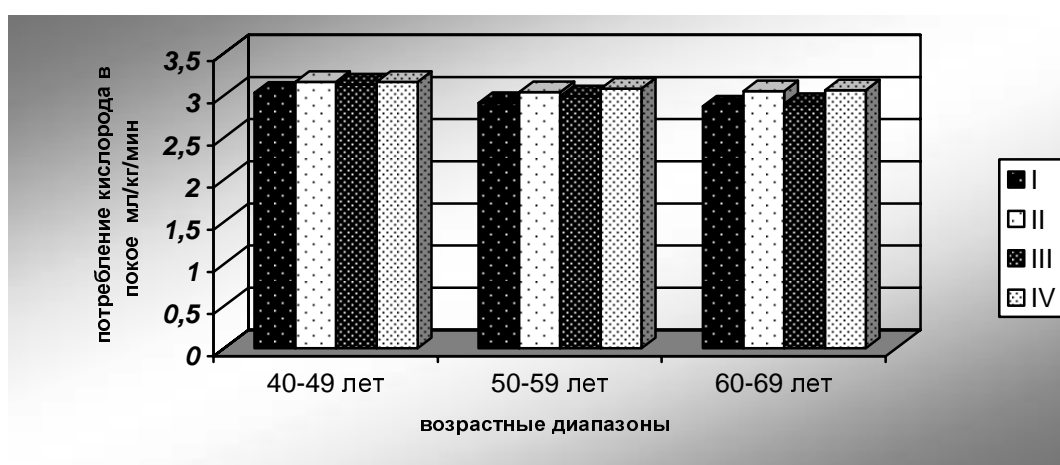


Рис. 1. Возрастная динамика потребления кислорода в покое у лиц с различной двигательной активностью

Исследование величин основного обмена в возрастной категории 40–49 лет выявило достоверно меньшие значения этого показателя в группе бывших спортсменов с высоким уровнем ПДА по отношению ко всем остальным группам ($P < 0,05$).

Таблица 2

Значения основного обмена в группах лиц с различной двигательной активностью

Группы	Величина основного обмена (ккал/сутки)		
	Возрастные диапазоны (лет)		
	40 – 49	50 – 59	60 – 69
I	1605 ± 116	1629 ± 119	1606 ± 94
II	1725 ± 86	1739 ± 107	1764 ± 116
III	1718 ± 111	1712 ± 97	1633 ± 89
IV	1827 ± 97	1777 ± 121	1738 ± 115
$P < 0,05$	I–II; I–III; I–IV; II–IV; III–IV	I–II; I–III; I–IV	I–II; I–IV; II–III; III–IV

Достоверно большие величины основного обмена наблюдались также в группе лиц, никогда не занимавшихся активной двигательной деятельностью, по отношению к группе бывших спортсменов с низким уровнем ПДА и «не спортсменов» с высоким уровнем ПДА ($P < 0,05$) (табл. 2).

В возрастной категории 50–59 лет сохраняются достоверно меньшие значения основного обмена в группе бывших спортсменов с высоким уровнем ПДА по отношению к группам бывших спортсменов и «не спортсменов» с низким уровнем ПДА. В то же время различия этой группы по отношению к группе лиц, занимающихся чисто оздоровительными формами физических упражнений, становятся недостоверными ($P > 0,05$).

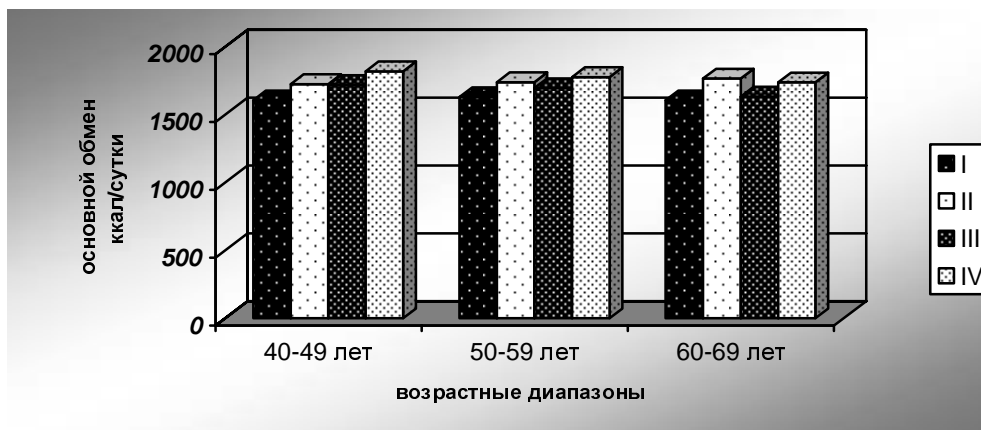


Рис. 2. Возрастная динамика основного обмена у лиц с различной двигательной активностью

В возрастной категории 60–69 лет впервые значения основного обмена в группе «не спортсменов» с высоким уровнем ПДА становятся достоверно меньше, чем в группе бывших спортсменов с низким уровнем ПДА ($P < 0,05$). По всем остальным группам сохраняются различия, характерные для предыдущей возрастной категории (табл. 2, рис. 2.).

Выводы

1. У спортсменов высокого класса, сохранивших высокий уровень двигательной активности, вплоть до 70-летнего возраста наблюдаются достоверно более низкие значения потребления кислорода в покое и основного обмена по сравнению с бывшими спортсменами и «не спортсменами» с низкими уровнями ПДА.

2. После 50-летнего возраста не наблюдается достоверных различий потребления кислорода в покое и основного обмена между бывшими спортсменами и «не спортсменами» с высокими уровнями ПДА.

3. Характерный для спортсменов высокого класса пониженный уровень потребления кислорода в покое и основного обмена сохраняется вплоть до 50-летнего возраста даже при низком уровне их ПДА после окончания спортивной карьеры.

4. Если в возрастном диапазоне 40–49 лет основной вклад в снижение показателей основного обмена в группах с высоким уровнем ПДА по отношению к другим группам вносят более низкие значения потребления кислорода в покое (от 75 до 88%), то в возрасте старше 60 лет это снижение преимущественно связано с более низкими значениями массы тела (до 66%).

5. Учитывая, что вклад работы сердца в уровень обменных процессов составляет в среднем 15%, а снижение основного обмена происходит преимущественно за

счет экономизации сердечной деятельности, можно сделать вывод, что в группах с высоким уровнем ПДА экономизация работы сердца в период покоя практически компенсирует его повышенный расход энергии в рабочую фазу. В этом случае именно сердечно-сосудистая система оказывается в наиболее благоприятных условиях с позиций воздействия процессов свободнорадикального окисления на функциональные системы организма.

Примечания:

1. Blaire S., Kone H., Paffenberger R. Physical fitness a all-cause mortality // JAMA. 1989. Vol. 17, No. 7. P. 2395-2401.
2. Prigogine I., Wiame J.M. Biologie et thermodynamique des phenomenes irreversible // Experientia. 1946. Vol. 2. P. 451-453.
3. Новосельцев В.Н., Новосельцева Ж.А., Яшин А.И. Математические модели истории жизни и баланса ресурсов // Успехи геронтологии. 2001. Вып. 7. С. 52-64.
4. Скулачев В.П. Эволюция, митохондрии и кислород // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 9. С. 7-9.
5. Harman D. Aging: A theory based on free radical and radiation chemistry // J. Gerontol. 1956. Vol. 11. P. 289-300.
6. Физиология человека: в 3 т.: пер. с англ. Т. 3 / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996. 196 с.

References:

1. Blaire S., Kone H., Paffenberger R. Physical fitness a all-cause mortality // JAMA. 1989. Vol. 17, No. 7. P. 2395-2401.
2. Prigogine I., Wiame J.M. Biologie et thermodynamique des phenomenes irreversible // Experientia. 1946. Vol. 2. P. 451-453.
3. Novoseltsev V.N., Novoseltseva Zh.A., Yashin A.I. Mathematical models of life history and of resources balance // Gerontology achievements. 2001. Iss. 7. P. 52-64.
4. Skulachev V.P. Evolution, mitochondrions and oxygen // Soros educational journal. 1999. No. 9. P. 7-9.
5. Harman D. Aging: A theory based on free radical and radiation chemistry // J. Gerontol. 1956. Vol. 11. P. 289-300.
6. Human physiology: in 3 vol.: transl. from English. Vol. 3 / ed. by R. Schmidt and G. Tevs. M: Mir, 1996. 196 p.