

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014

УДК 612.273.1:616.12-089

## **Определение пикового потребления кислорода: физиологические основы и области применения**

*Н.Н. Колоскова, К.В. Шаталов, Л.А. Бокерия*

ФГБУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) РАМН; Рублевское шоссе, 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Колоскова Надежда Николаевна, мл. научн. сотр., кардиолог;

Шаталов Константин Валентинович, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением,

e-mail: shatalovk@mail.ru;

Бокерия Лео Антонович, академик РАН и РАМН, директор ФГБУ «НЦССХ им. А.Н. Бакулева» РАМН

Кардиореспираторный нагрузочный тест (КРНТ) для определения пикового потребления кислорода – относительно новый метод диагностики, который был внедрен в клиническую практику в 1975 г. Однако история создания этого метода начинается с Антуана Лорана Лавуазье, доказавшего изменение поглощения кислорода во время физической нагрузки. Сегодня показатель пикового потребления кислорода служит хорошим прогностическим маркером повторных госпитализаций и смертности среди пациентов с хронической сердечной недостаточностью.

*Ключевые слова:* Антуан Лоран Лавуазье; кардиореспираторный нагрузочный тест; пиковое потребление кислорода; хроническая сердечная недостаточность.

## **Measurement of maximal oxygen uptake: physiological basis and clinical applications**

*N.N. Koloskova, K.V. Shatalov, L.A. Bockeria*

A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences; Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552, Russian Federation

Koloskova Nadezhda Nikolaevna, Junior Research Associate, Cardiologist;

Shatalov Konstantin Valentinovich, MD, DM, Professor, Chief of Department, e-mail: shatalovk@mail.ru;

Bockeria Leo Antonovich, Academician of Russian Academy of Sciences and Russian Academy of Medical Sciences, Director of A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences

Cardiopulmonary exercise testing (CPET), based upon the high-density profiles of the ventilatory and pulmonary gas exchange responses, is a relatively new medical technology used to clinically practice in 1975. However, this history starts with Antoine Laurent Lavoisier who was the first person to measure oxygen uptake during exercise. Now cardiopulmonary exercise testing with ventilatory expired gas analysis has proven to be a valuable tool for assessing patients with chronic heart failure (CHF). The maximal oxygen uptake (peak  $\dot{V}O_2$ ) is used in risk stratification of patients with CHF.

*Key words:* Antoine Laurent Lavoisier; cardiopulmonary exercise testing; peak  $\dot{V}O_2$ ; chronic heart failure.

### **Кардиореспираторный нагрузочный тест: история вопроса**

Кардиореспираторный нагрузочный тест (КРНТ) для определения пикового потребления кислорода (пик  $\dot{V}O_2$ ) – относительно новый метод диагностики, внедренный в клиническую практику в 1975 г., когда К. Wasserman, В. J. Whipp опубликовали первую в мире работу, посвященную определению пик  $\dot{V}O_2$  [1]. Однако от начала изучения теории газообмена до момента

определения пик  $\dot{V}O_2$  в клинической практике прошло не одно столетие.

В XVIII в. французский ученый А.Л. Лавуазье в своей лаборатории провел множество экспериментов, направленных на изучение химических процессов окисления и горения, часть из которых была связана с исследованием физиологии дыхания. Ученый понимал, что открытие углекислого газа имеет важное значение для последующего развития химии. Явления горения

приводят Лавуазье к изучению состава воздуха, а также остальных форм окисления; к образованию различных окисей и кислот и уяснению их состава; к исследованию процесса дыхания, а отсюда — органических тел и к открытию органического анализа [2]. Лавуазье создал учение о дыхании как о медленном окислении, происходящем внутри организма, причем кислород, соединяясь с элементами тканей, дает воду и углекислоту. Обмен газов при дыхании изучен им с такою полнотой, что дальнейшие исследования не прибавили к его данным почти ничего существенного [3, 4].

В XIX в. немецкий ученый Натан Зунц проводил эксперименты на лошадях по изучению обмена газовой дыхательной смеси при физической нагрузке. В 1889 г. Зунц сконструировал первый в мире тредмил, а в 1911 г. открыл первую лабораторию, посвященную спортивной медицине в Германии [5].

В начале 60-х годов XX столетия в Научно-исследовательском институте в США, Карлман Вассерман работал над вопросом ранней диагностики сердечной недостаточности (СН). В 1963 г. Вассерман с коллегами показали, что проба с физической нагрузкой может быть эффективно использована для оценки тяжести сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Переход организма на анаэробный метаболизм во время нагрузки может быть диагностирован тремя способами; увеличение лактата в крови, уменьшение рН и увеличение респираторного дыхательного отношения. В последующем К. Вассерман предположил, что количество  $\text{CO}_2$ , произведенного буферной системой бикарбоната молочной кислоты, может быть измерено во время дыхания больного [6, 7].

В 2004 г. К. Вассерман схематически изобразил ступени газообмена и продукции энергии в организме человека. Патология различных органов и систем организма человека приводит к нарушению газообмена, продукции энергии, а следовательно к снижению пик $\text{VO}_2$  [1].

В 1986 г. К. Weber предложил свою классификацию для оценки степени тяжести функционального состояния пациентов с СН в зависимости от показателей пикового потребления кислорода (табл. 1) [8].

Длительное время эта классификация оставалась единственной классификацией, основанной на показателях пик $\text{VO}_2$ , для оценки степени тяжести пациентов с хронической сердечной недостаточностью и решения вопроса о необходимости трансплантации сердца [9, 10]. В последующем эта классификация была дополнена и расширена, однако в ее основе лежат показатели, предложенные К. Weber в 1986 г. [11].

#### Методика определения пикового потребления кислорода: физиологические основы метода

От привычных проб с физической нагрузкой эргоспирометрия отличается тем, что помимо ЭКГ и артериального давления (АД) в процессе ее выполнения регистрируются показатели легочного газообмена: потребление кислорода и продукция углекислого газа, легочная вентиляция и ее составляющие — дыхательный объем и частота дыхания [12–14].

Методика определения потребления кислорода основана на выполнении пациентом дозированной физической нагрузки на тредмиле или велоэргометре, во время которой проводят измерение concentra-

Таблица 1

Классификация сердечной недостаточности по К. Weber

Класс	Пик $\text{VO}_2$ , мл/кг/мин	Анаэробный порог, мл $\text{O}_2$ /кг/мин	Функциональный статус
A	> 20	> 14	Хороший
B	16–20	11–14	Удовлетворительный
C	10–15	8–11	Средней тяжести
D	< 10	< 8	Тяжелый

ции вдыхаемого кислорода ( $O_2$ ) и углекислого газа ( $CO_2$ ) в выдыхаемом воздухе. Для этого используют специально предназначенную газоаналитическую аппаратуру. Пациент вдыхает и выдыхает через мундштук, на конце которого находится низкорезистентный клапан, оснащенный с двух сторон газовыми анализаторами. Для тестирования больных с СН чаще всего используется протокол J. Naughton [13, 14].

При выполнении физической нагрузки в кровообращение включаются ранее не функционирующие сосуды скелетных мышц, происходит перераспределение периферического кровотока, направленное на обеспечение повысившейся потребности в кислороде работающих мышц.

Показатели газообмена в легких и метаболического обмена, определяемые в процессе тестирования, представлены в таблице 2. Потребление кислорода у здорового человека в среднем составляет 250 мл/мин или 3,5 мл/мин/кг, на фоне физической нагрузки этот показатель может возрасти в 10, а иногда и 15 раз (30–50 мл/мин/кг) [14, 15].

Для полного понимания и правильной интерпретации показателей, получаемых во время тестирования, дадим определение основным показателям.

**Дыхательный фактор (RQ)** – это количество  $CO_2$  (моль), выделяемое в процессе внутриклеточного метаболизма по отношению к  $O_2$  (моль). В покое потребляя 1 моль  $O_2$ , организм продуцирует 0,8 моль

$CO_2$ , этот показатель определяется субстратом, используемым для метаболических процессов, и будет изменяться при выполнении физической нагрузки.

**Респираторное дыхательное отношение (RER)** – отношение между продукцией углекислого газа и потреблением кислорода в процессе аэробного окисления. Процесс окисления углеводов может быть описан по формуле  $6O_2 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATФ$ . Из этой формулы видно, что в процессе окисления одной молекулы углеводов шестью молекулами кислорода образуется шесть молекул углекислоты и в состоянии покоя респираторное дыхательное отношение должно быть равно единице, так как  $VCO_2/VO_2 = 6CO_2/6O_2 = 1,0$ . Однако было показано, что в спокойном состоянии этот показатель несколько ниже и колеблется в пределах 0,7–1,0. Это связано с тем, что не все молекулы кислорода принимают участие в окислении углеводов, часть из них участвует в окислительных процессах жиров. Использование RER для определения момента перехода организма на анаэробное окисление (достижение анаэробного порога (АП)) может представлять для врача некоторые трудности, так как показатель респираторного дыхательного отношения напрямую зависит от рациона питания пациента. Так, например, у больного с высоким содержанием углеводов в пищевом рационе RER в спокойном состоянии может равняться 1 до начала выполнения физической нагрузки и, наоборот, приближаться к значениям 0,75 при соблюдении диеты с низким содержанием углеводов и преобладанием белковой пищи. Другой фактор, который может влиять на показатель RER и делать его неточным для определения АП, – это гипервентиляция легких, возникающая при физической нагрузке.

**Минутная вентиляция легких (VE)** – это объем воздуха в литрах, вдыхаемый за одну минуту.  $VE = \text{дыхательный объем (ДО)} \times \text{ЧД}$ .

**Вентиляционный эквивалент по кислороду ( $VE/VO_2$ )** определяет вентиляционные

Таблица 2

**Нормальные показатели газообмена в легких и метаболического обмена**

Параметр	В покое	Макс. нагрузка
$VO_2$ , мл/мин	300	3000
$VO_2$ , мл/кг/мин	3,5	35
$VCO_2$ , мл/мин	250	4000
VE, л/мин	8–10	150
RER	0,7–1,0	$\geq 1,10-1,2$

Примечание.  $VCO_2$  – объем углекислого газа, выделяемого пациентом; RER – респираторное дыхательное отношение; VE – минутная вентиляция легких.

потребности при данном потреблении кислорода.

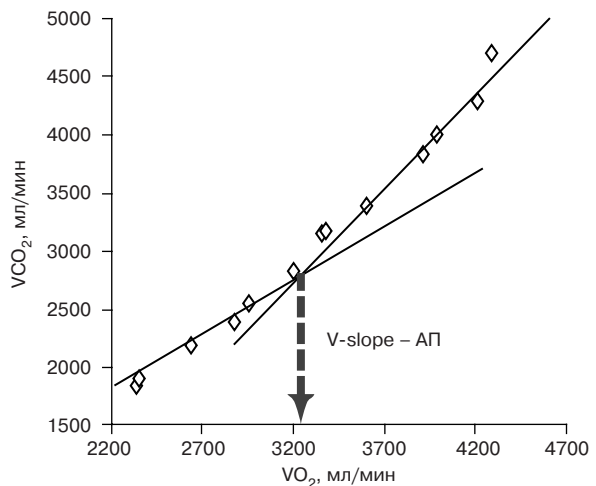
*Вентиляционный эквивалент по углекислому газу ( $VE/VCO_2$ )* определяет вентиляционные потребности при данном количестве выделенного  $CO_2$ .

Изменение поглощения  $VO_2$  линейно связано с мощностью (интенсивностью работы, выполненной за единицу времени) вплоть до момента достижения максимального поглощения кислорода ( $maxVO_2$ ). Таким образом, когда максимальный энергетический запрос мышц превышает уровень, который обеспечивается кислородом, доставляемым с кровью, развивается анаэробный метаболизм. Дальнейшее увеличение мощности поддерживается за счет молочнокислого ацидоза. В этом случае образование углекислого газа происходит путем внутриклеточного распада молочной кислоты в условиях бикарбонатного буфера и может быть описано следующей формулой:  $H^+ + Lac^- + HCO_3^- \rightarrow H_2O + CO_2$ . В результате анаэробного образования избыточного  $CO_2$  происходит сдвиг в отношениях  $VCO_2/VO_2$ , что получило название «анаэробного порога», который служит надежным показателем аэробной пригодности у спортсменов, а также лиц с различными ССЗ и составляет 45–60% от прогностического пика  $VO_2$ . Анаэробный порог может служить индикатором уровня тренированности у спортсменов и применяться для оценки эффективности тренировок. Также этот показатель снижается при различных заболеваниях сердечно-сосудистой системы, дыхательной недостаточности, миопатиях. Как видно из таблицы, потребление кислорода при физической нагрузке возрастает до 10 раз, а выделение углекислоты – до 15. Определение концентраций  $O_2$  и  $CO_2$  в выдыхаемом воздухе во время проведения пробы позволяет рассчитать  $maxVO_2$  – параметр, описывающий максимальное количество энергии, полученное в ходе аэробного метаболизма за единицу времени. Расчет показателя  $maxVO_2$  возможен при наличии специально разработан-

ной компьютерной программы и поэтому определение этого показателя не может быть использовано в ежедневной медицинской практике. Для удобства ряд авторов предложили определять такой показатель, как пик  $VO_2$ , который подразумевает максимальное  $VO_2$ , определяемое при достижении максимальной нагрузки, представляет собой метаболическую «работу» организма и прямо пропорционален физической нагрузке, измеренной в ваттах. Отношение изменения  $VO_2$  к изменению мощности нагрузки во время теста в норме обычно составляет 8,5–11 мл/мин/Вт и зависит от таких показателей, как возраст, пол и вес пациента.

На графике критерии достижения АП включают в себя изменения следующих показателей:

- увеличение  $VE$  л/мин по отношению к потреблению  $O_2$  л/мин ( $VO_2$ );
- увеличение выделения  $CO_2$  ( $VCO_2$ ) по отношению к потреблению  $O_2$  ( $VO_2$ ), что связано с началом анаэробного метаболизма, а следовательно достижения АП. Точку перекреста на графике  $VCO_2$  и  $VO_2$  принято обозначать V-slope (см. рисунок);
- повышение вентиляционного эквивалента по кислороду ( $VE/VO_2$ ) без соответ-



Выделение  $CO_2$  ( $VCO_2$ ) по отношению к потреблению  $O_2$  ( $VO_2$ ).

V-slope – точка пересечения между началом увеличения продукции  $VCO_2$  по отношению к потреблению  $VO_2$ .

ствующего повышения вентиляционного эквивалента по углекислому газу ( $VE/VCO_2$ ) [15, 16].

Кардиореспираторный нагрузочный тест проводят при помощи специального оборудования, позволяющего автоматически осуществлять анализ газообмена во время каждого дыхательного цикла. Прежде чем начать исследование пациент должен быть тщательно опрошен и осмотрен, кроме этого врач должен ознакомиться с такими обследованиями как ЭКГ, исследование функции внешнего дыхания, эхокардиография. Кардиореспираторный нагрузочный тест выполняется не ранее чем через два часа после приема пищи, в течение восьми часов до начала тестирования пациент должен отказаться от курения. Помимо содержания кислорода и углекислого газа, во время пробы регистрируется стандартная ЭКГ в 12 отведениях, неинвазивно измеряется АД, проводится пульсоксиметрия. Дозированная физическая нагрузка выполняется на велоэргометре или беговой дорожке. Интенсивность нагрузки увеличивается ступенчато на 5–25 Вт каждую минуту (в зависимости от выбранного протокола) или непрерывно, но с таким же средним приростом нагрузки в 5–25 Вт каждую минуту. Нагрузочный протокол должен быть выбран из расчета достижения пациентом пик  $VO_2$  в течение 8–12 мин. Перед началом тестирования газовое оборудование должно быть откалибровано, что имеет важное значение для получения

достоверных показателей во время исследования.

Показаниями к прекращению теста являются:

1. Выраженная одышка и/или усталость, что не позволяет увеличить нагрузку.
2. Снижение сатурации менее 80%.
3. Достижение плато  $VO_2$  при не достигнутой максимальной частоте сердечных сокращений.
4. Изменения на ЭКГ в виде ишемии, жизнеугрожающих нарушений ритма и/или развития атриовентрикулярных блокад.
5. Повышение систолического АД выше 250 мм рт. ст. и/или диастолического АД свыше 120 мм рт. ст.
6. Появление неблагоприятных симптомов со стороны сердечно-сосудистой, дыхательной и центральной нервной системы (например, внезапная бледность, потеря координации, нарушение сознания, головокружения, нарушение функции дыхания).

Абсолютные и относительные противопоказания для проведения теста представлены в таблице 3 [11].

Длительное время основным показанием для проведения кардиореспираторного нагрузочного теста являлось определение степени тяжести сердечной недостаточности и отбор пациентов для постановки в «лист ожидания» на трансплантацию сердца [17, 18]. В настоящее время использование этого метода нашло широкое применение в различных отраслях медицины.

Таблица 3

**Абсолютные и относительные противопоказания для проведения теста**

Абсолютные противопоказания	Относительные противопоказания
Острый инфаркт миокарда	Выраженная обструкция выводящего тракта ЛЖ
Нестабильная стенокардия	Выраженная обструкция выводящего тракта ПЖ
Острая пневмония	Тяжелая степень легочной гипертензии
Тяжелая степень течения гипертонической болезни у лиц пожилого возраста	Тяжелый аортальный стеноз
Недавно перенесенная тяжелая ортопедическая травма	Тяжелый митральный стеноз
	Удлинение интервала Q–T
	Желудочковые нарушения ритма
	Кардиомиопатии

### **Кардиореспираторный нагрузочный тест в спортивной медицине**

Сегодня кардиореспираторный нагрузочный тест в спортивной медицине (КРНТ) широко применяется врачами спортивной медицины. Проведение регулярных проб, с одной стороны, позволяет определить состояние спортсмена, дает возможность планировать оптимальную тренировочную программу, продлить спортивную жизнь и достигнуть максимальных результатов; с другой стороны, дает понимание спортсмену, чего он достиг в ходе тренировок и над чем следует еще поработать. Также целью нагрузочных тестов является распознавание талантливых спортсменов, оценка эффективности тренировочных программ и определение дальнейших возможностей увеличения нагрузок в каждом конкретном случае. При выполнении нагрузки на выносливость важную роль играют три основных фактора:

1. Пиковое потребление кислорода.
2. Анаэробный порог.
3. Экономичность движений, или эффективное преобразование полезной энергии в механическую работу.

Все эти показатели определяют фактический уровень выносливости спортсмена и могут быть оценены в ходе выполнения КРНТ. Показатели пикового потребления кислорода позволяют не только более точно определить выносливость среди разной специализации спортсменов, но и судить об аэробной тренированности, функциональном состоянии и состоянии здоровья в каждом конкретном случае. Показатели АП хорошо предсказывают физическую подготовленность в однородной группе спортсменов и могут быть использованы тренерами как инструмент для оценки и контроля уровня выносливости и степени тренированности. Экономичность движений представляет собой соотношение между механической работой и потреблением кислорода. Показатель экономичности движений, так же как и АП, позволяет вы-

явить различия в физической подготовке в однородной группе спортсменов со сходными значениями пикового потребления кислорода.

В своей работе A.R. Weston и соавт. сравнили показатели пикового потребления кислорода и экономичности движений у бегунов на длительные дистанции. Авторы разделили спортсменов на две группы: в 1-ю группу вошли бегуны негроидной расы, во 2-ю – спортсмены европейской расы. Во 2-й группе показатель  $\text{пикVO}_2$  был на 13% больше, а экономичность движений на 5% ниже, чем у спортсменов в 1-й группе [18]. Таким образом, проведение КРНТ и определение этих показателей является важным при оценке тренированности, физической подготовленности и общего физического состояния у спортсменов, принимающих участие в профессиональных соревнованиях в различных видах спорта.

### **Кардиореспираторный нагрузочный тест в кардиореабилитации**

В настоящее время хорошо изучена и доказана взаимосвязь между низким уровнем физической активности и развитием ССЗ. В своей работе Y. Sogal и соавт. показали, что раннее начало физических тренировок после стентирования коронарных артерий не только безопасно, но и эффективно в плане профилактики повторных госпитализаций по поводу возврата приступов стенокардии.

У пациентов ишемической болезнью сердца (ИБС) и неосложненным течением острого инфаркта миокарда (ИМ) включение в программу физической реабилитации возможно спустя сутки от начала ИМ, а при осложненном его течении – сразу же после стабилизации клинического состояния пациента.

В своей работе A.B. Свет проанализировал 71 больного стабильной ИБС в возрасте от 36 до 72 лет, средний возраст  $56,5 \pm 1$ . Показаниями для включения в программу кардиореабилитации были постинфарктный кардио-

склероз – 30 (42,3%) больных, стабильная стенокардия напряжения I–III ФК – 16 (22,5%) больных, состояние после операции ангиопластики коронарных артерий – 19 (26,8%) больных и аортокоронарного шунтирования – 6 (8,5%) больных. Всем пациентам до начала кардиореабилитации проводили КРНТ с определением пикового потребления кислорода. На основании полученных во время нагрузочной пробы данных о пиковом  $\dot{V}O_2$  и АП рассчитывали тренировочную нагрузку по методике, основанной на практических рекомендациях Американской коллегии спортивной медицины, согласно которым целевое  $\dot{V}O_2$  не должно превышать 50–60% от пик $\dot{V}O_2$ . На фоне 12-недельной программы кардиореабилитации с использованием нагрузок умеренной интенсивности (60% от пик $\dot{V}O_2$ ) и частоты (3 занятия в неделю) было отмечено достоверное увеличение пик $\dot{V}O_2$ , основного показателя толерантности к нагрузкам. При этом пиковые показатели потребления кислорода отражают не только повышение тренированности больных, но и прогноз, поскольку пик $\dot{V}O_2$  является независимым прогностическим признаком при ИБС. Зарегистрированное в настоящем исследовании увеличение абсолютного значения пик $\dot{V}O_2$  привело к тому, что почти на четверть возросла доля больных, для которых пик $\dot{V}O_2$  оказалась в рамках возрастной нормы [19].

В своем исследовании A.V. Brand показала эффективность и безопасность интервальных кардиореабилитационных тренировок у пациентов с ХСН. Все пациенты были разделены на две группы: 1-ю группу составили пациенты, включенные в программу кардиореабилитации, 2-я группа была контрольная. В группе тренировок отмечалось значимое увеличение пик $\dot{V}O_2$  на 17% через 3 нед курса физической реабилитации и еще на 10% через 3 мес наблюдения. В группе сравнения пик $\dot{V}O_2$  в ходе исследования значимо не изменялось. Автор показал положительное влияние 3-недельного курса интервальных тренировок на

толерантность к физической нагрузке по сравнению со стандартной терапией: через 3 нед по данным эргоспирометрии в группе тренировок отмечается прирост пикового потребления кислорода на 2,6 мл/кг/мин, в группе сравнения – на 0,6 мл/кг/мин ( $p = 0,003$ ); через 3 мес по данным эргоспирометрии в группе тренировок отмечается дополнительный прирост пикового потребления кислорода на 1,6 мл/кг/мин, в группе сравнения – снижение пикового потребления кислорода на 0,6 мл/кг/мин ( $p = 0,003$ ) [20].

#### **Определение пикового потребления кислорода при решении вопроса о постановке в «лист ожидания» на трансплантацию сердца**

J. Szlachic, наблюдая в течение года 27 пациентов с СН, сообщил о 77% смертности в группе пациентов с пиковым потреблением кислорода  $\dot{V}O_2$  менее 10 мл/кг/мин и 21% – среди пациентов, показатель  $\dot{V}O_2$  которых находился в диапазоне 10–18 мл/кг/мин [19]. S.A. Van den Broek, анализируя данные 94 пациентов с СН, обусловленной в 18 случаях дилатационной кардиомиопатией (ДКМП) и в 76 – ишемической (ИКМП), средняя фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) пациентов составляла 22%, показал, что двухлетняя выживаемость больных, пиковое потребление кислорода которых  $\dot{V}O_2$  менее 16 мл/кг/мин, составляет 68%, а у больных, чей показатель превышает эти значения, – 86% [19]. D.M. Mancini и соавт. в своей работе утверждают, что годовая выживаемость в группе пациентов с СН, у которых показатель пикового потребления кислорода  $\dot{V}O_2$  менее 14 мл/мин/кг, составляет менее 50% [21].

Проанализировав данные 272 пациентов с СН, причиной развития которой в 146 случаях явилась ДКМП, в 126 случаях ИКМП, средняя ФВ ЛЖ составила 20%, K. Aaronson и соавт. показали, что у пациентов с пиковым потреблением кислорода менее 10 мл/мин/кг годовая, трехлетняя

и пятилетняя выживаемость составила 70, 48 и 30% по сравнению с пациентами, чей показатель пикового потребления кислорода превышал 14 мл/мин/кг, выживаемость составила 87, 70 и 60% соответственно. На основании этих данных авторы пришли к выводу, что такие больные должны быть рассмотрены как кандидаты на срочное выполнение трансплантации сердца (ТС) [22].

В своем исследовании Stevenson и соавт. использовали тест на определение пикового потребления кислорода в качестве маркера эффективности медикаментозной терапии у пациентов с СН. Авторы показали, что из 68 пациентов, поставленных в «лист ожидания» на ТС, исходно имевших показатель пик $\text{VO}_2$  менее 14 мл/кг/мин на фоне титрования доз препаратов, у 26 реципиентов этот показатель улучшился, что имело наиболее благоприятный прогноз выживаемости по сравнению с пациентами, не отреагировавшими на проводимую медикаментозную терапию.

По данным исследования Veterans Administration Heart Failure Trial, показатель пикового потребления кислорода служит хорошим прогностическим маркером повторных госпитализаций и смертности среди пациентов с СН. Сегодня тест на потребление кислорода является обязательным при оценке тяжести и прогноза больных с СН, а также играет важную роль при решении вопроса о постановке пациента в «лист ожидания» ТС [23, 24]. Пациенты с пиковым кислородным потреблением ( $\text{VO}_2$ ) менее 14 мл/мин/кг должны рассматриваться как кандидаты на постановку в «лист ожидания» ТС, поскольку они имеют лучший прогноз выживаемости при ТС, чем при медикаментозной терапии. Сегодня тест нашел широкое применение в клинической практике и дает возможность получить информацию об уровне физической работоспособности, патогенетических механизмах, приведших к ее снижению, оценить вклад различных систем, участвующих в формировании реак-

ции организма на нагрузку, позволяет проводить эффективную подготовку спортсменов, а также кардиореабилитацию больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Несмотря на длительную историю использования КРНТ в клинической практике, на сегодняшний день этот метод не потерял своей актуальности, о чем свидетельствуют проводимые учеными исследования в поисках новых точек приложения КРНТ.

### Литература

1. Wasserman K., Whipp B.J. Exercise physiology in health and disease. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1975; 112: 219–49.
2. Nagendrappa G. Antoine-Laurent Lavoisier. *Resonance.* 2012; 17 (1): 11–22.
3. Eagle C.T., Sloan J. Marie Anne Paulze Lavoisier: The Mother of Modern Chemistry. *Chem. Educator.* 1998; 3 (5). DOI 10.1333/s00897980249a.
4. Holmes F.L. Lavoisier and the Chemistry of Life: An Exploration of Scientific Creativity. Madison, Wisconsin: The University of Wisconsin Press; 1985.
5. Gunga H.-Ch. Nathan Zuntz: His life and work in the fields of high altitude physiology and aviation medicine. American Physiological Society; Elsevier Inc.; 2009.
6. Naimark A., Wasserman K., McIlroy M.B. Continuous measurement of ventilator exchange ratio during exercise. *J. Appl. Physiol.* 1964; 19: 644–52.
7. Beaver W.L., Wasserman K., Whipp B.J. On-line computer analysis and breath-by-breath graphical display of exercise function tests. *J. Appl. Physiol.* 1973; 34 (1): 128–32.
8. Weber K., Kinasevitz G., Janicki J. Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation.* 1982; 65: 1213–23.
9. Колоскова Н.Н. Терминальная сердечная недостаточность. Отбор пациентов для постановки в «лист ожидания» на трансплантацию сердца: дис. ... канд. мед. наук. М.; 2011.
10. Бокерия Л.А., Шаталов К.В., Колоскова Н.Н. Определение пикового потребления кислорода у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. *Клиническая физиология кровообращения.* 2011; 4: 5–8.
11. Guazzi M., Adams V., Conraads V. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation.* 2012; 126: 2261–74.
12. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии. М.: МЕДпресс-информ; 2002.
13. Чучалин А.Г. Функциональная диагностика в пульмонологии. М.: Атмосфера; 2009.
14. Fleg J.L., Pina I.L., Balady G.J. Assessment of functional capacity in clinical and research applications:



- an advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*. 2000; 102: 1591–7.
15. *Wasserman K., Hansen J.E., Sue D.Y.* Principles of Exercise Testing and Interpretation. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
  16. *Solberg G., Robstad B., Skjønberg O.H.* Respiratory gas exchange indices for estimating the anaerobic threshold. *J. Sport Sci. Med.* 2005; 4: 29–36.
  17. *Бокерия Л.А., Шаталов К.В., Колоскова Н.Н.* Формирование «листа ожидания» на трансплантацию сердца в кардиохирургической клинике. *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2011; 12 (1): 43–8.
  18. *Weston A., Ziphelele M., Myburgh K.H.* Running economy of African and Caucasian distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000; 32: 1130–4.
  19. *Свет А.В.* Кардиореабилитация больных стабильной ИБС: особенности качества жизни и приверженности к лечению: дис. ... канд. мед. наук. М.; 2009.
  20. *Бранд А.В.* Безопасность и эффективность интервальных тренировок у больных хронической сердечной недостаточностью: дис. ... канд. мед. наук. М.; 2011.
  21. *Szlachcic J., Massie B., Kramer B.* Correlates and prognostic implication of exercise capacity in chronic congestive heart failure. *Am. J. Cardiol.* 1985; 55: 1037–42.
  22. *Van den Broek S.A., Veldhuisen D.J., de Graeff P.A.* Comparison between New York Heart Association classification and peak oxygen consumption in the assessment of functional status and prognosis in patients with mild to moderate congestive heart failure secondary to ischemic or idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am. J. Cardiol.* 1992; 70: 359–63.
  23. *Mancini D.M., Eisen H., Kussmaul W.* Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. *Circulation*. 1991; 83: 778–86.
  24. *Aaronson K., Schwartz J., Chen T., Mancini D.* Development and prospective validation of a clinical index to predict survival in ambulatory patients referred for cardiac transplantation. *Circulation*. 1997; 95: 2660–7.
  5. *Gunga H.-Ch. Nathan Zuntz:* His life and work in the fields of high altitude physiology and aviation medicine. American Physiological Society; Elsevier Inc.; 2009.
  6. *Naimark A., Wasserman K., McIlroy M.B.* Continuous measurement of ventilator exchange ratio during exercise. *J. Appl. Physiol.* 1964; 19: 644–52.
  7. *Beaver W.L., Wasserman K., Whipp B.J.* On-line computer analysis and breath-by-breath graphical display of exercise function tests. *J. Appl. Physiol.* 1973; 34 (1): 128–32.
  8. *Weber K., Kinasewitz G., Janicki J.* Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation*. 1982; 65: 1213–23.
  9. *Koloskova N.N.* Terminal heart failure. Selection of patients for statement in "waiting list" on heart transplantation. Med. Sci. Diss. Moscow; 2011 (in Russian).
  10. *Bockeria L.A., Shatalov K.V., Koloskova N.N.* Cardiopulmonary exercise testing at patients with chronic heart failure. *Klinicheskaya Fiziologiya Krovoobrashcheniya*. 2011; 4: 5–8 (in Russian).
  11. *Guazzi M., Adams V., Conraads V.* Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation*. 2012; 126: 2261–74.
  12. *Aronov D.M., Lupanov V.P.* Functional testing in cardiology. Moscow: MEDpress-inform; 2002 (in Russian).
  13. *Chuchalin A.G.* Functional diagnostics in pulmonology. Moscow: Atmosfera; 2009 (in Russian).
  14. *Fleg J.L., Pina I.L., Balady G.J.* Assessment of functional capacity in clinical and research applications: an advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*. 2000; 102: 1591–7.
  15. *Wasserman K., Hansen J.E., Sue D.Y.* Principles of Exercise Testing and Interpretation. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
  16. *Solberg G., Robstad B., Skjønberg O.H.* Respiratory gas exchange indices for estimating the anaerobic threshold. *J. Sport Sci. Med.* 2005; 4: 29–36.
  17. *Bockeria L.A., Shatalov K.V., Koloskova N.N.* "Waiting list" formation on heart transplantation in cardiac clinic. *Bulleten' Nauchnogo Tsentra Serdechno-Sosudistoy Khirurgii imeni A.N. Bakuleva Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2011; 12 (1): 43–8 (in Russian).
  18. *Weston A., Ziphelele M., Myburgh K.H.* Running economy of African and Caucasian distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000; 32: 1130–4.
  19. *Svet A.V.* Cardioaftertreatment of patients with coronary heart disease: features of quality of life and commitment to treatment. Thesis of the candidate of medical sciences. Moscow; 2009 (in Russian).
  20. *Brand A.V.* Safety and efficiency of interval trainings at patients with a chronic heart failure. Med. Sci. Diss. Moscow; 2011 (in Russian).
  21. *Szlachcic J., Massie B., Kramer B.* Correlates and prognostic implication of exercise capacity in

## References

1. *Wasserman K., Whipp B.J.* Exercise physiology in health and disease. *Am. Rev. Respir Dis.* 1975; 112: 219–49.
2. *Nagendrappa G.* Antoine-Laurent Lavoisier. *Resonance*. 2012; 17 (1): 11–22.
3. *Eagle C.T., Sloan J.* Marie Anne Paulze Lavoisier: The Mother of Modern Chemistry. *Chem. Educator*. 1998; 3 (5). DOI 10.1333/s00897980249a.
4. *Holmes F.L.* Lavoisier and the Chemistry of Life: An Exploration of Scientific Creativity. Madison, Wisconsin: The University of Wisconsin Press; 1985.

- chronic congestive heart failure. *Am. J. Cardiol.* 1985; 55: 1037–42.
22. *Van den Broek S.A., Veldhuisen D.J., de Graeff P.A.* Comparison between New York Heart Association classification and peak oxygen consumption in the assessment of functional status and prognosis in patients with mild to moderate congestive heart failure secondary to ischemic or idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am. J. Cardiol.* 1992; 70: 359–63.
23. *Mancini D.M., Eisen H., Kusmaul W.* Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. *Circulation.* 1991; 83: 778–86.
24. *Aaronson K., Schwartz J., Chen T., Mancini D.* Development and prospective validation of a clinical index to predict survival in ambulatory patients referred for cardiac transplantation. *Circulation.* 1997; 95: 2660–7.

Поступила 21.05.2014

© Д.С. ШАМШЕВА, А.Р. БОГДАНОВ, 2014

УДК 615.874.2:616.1

## Кардиопротективные эффекты средиземноморской диеты

*Д.С. Шамшева, А.Р. Богданов*

ФГБУ «Научный институт питания» РАМН; Каширское шоссе, 21, Москва, 115446, Российская Федерация

Шамшева Дарья Сергеевна, аспирант, врач функциональной диагностики; e-mail: d.shamsheva@mail.ru;  
Богданов Альфред Равилевич, канд. мед. наук, заведующий отделением

Средиземноморская диета известна как сбалансированный рацион питания с высокой пищевой ценностью и включает такие продукты, как жирная морская рыба, большое количество овощей и фруктов, растительные масла. Диета богата пищевыми волокнами, полиненасыщенными жирными кислотами, кардиопротективными витаминами и минералами. Имеется серьезная доказательная база ее эффективности при лечении и профилактике сердечно-сосудистой патологии, сахарного диабета, ожирения, некоторых онкологических заболеваний.

В обзоре изложены основные результаты эпидемиологических исследований, посвященных изучению средиземноморской диеты, обсуждаются вероятные механизмы ее лечебного и протективного влияния на сердечно-сосудистую систему.

*Ключевые слова:* средиземноморская диета; кардиоваскулярный риск; ишемическая болезнь сердца; дислипидемия.

## Cardioprotective effects of Mediterranean diet

*D.S. Shamsheva, A.R. Bogdanov*

Research Institute of Nutrition, Russian Academy of Medical Sciences; Kashirskoe shosse, 21, Moscow, 115446, Russian Federation

Shamsheva Dar'ya Sergeevna, Postgraduate, Doctor of Functional Diagnostics, e-mail: d.shamsheva@mail.ru;  
Bogdanov Al'fred Ravilevich, MD, PhD, Chief of Department

Mediterranean diet is known as balanced food ration with high nutrition value. Mediterranean diet contains fat fish, a lot of vegetables, fruits, nuts, olive oil, is rich with fiber, LCPUFA, vitamins and minerals. This diet has serious evidence base – protection against cardiovascular diseases, diabetes, obesity, oncological diseases is proven in big epidemiological studies. In present review the highlights of history of studying the Mediterranean diet, its components and protective action are observed.

*Key words:* Mediterranean diet; cardiovascular risk; coronary heart disease; dyslipidemia.