

Бобунов Д.Н., Михайлов В.Д., Турдиева Ф.Ф., Джиджоева З.Г.,
Джиджоева К.Г., Зорина А.Г., Душанова А.Ж., Наджем С.М., Кулакова О.А.

DOI 10.25694/URMJ.2019.07.29

Применение методик лактатного тестирования и пульсограмм в реабилитации больных с ожирением

ГБОУ ВПО Северо-Западный государственный университет им. И.И. Мечникова, г.Санкт-Петербург

Bobunov D.N., Mikhailov V.D., Turdieva F. F., Dzhidzhoeva Z.G., Dzhidzhoeva K.G.,
Zorina A.G., Dushanova A.Z., Najem S.M., Kulakova O.A.

Application of lactate testing and pulsogramms in the rehabilitation of patients with obesity

Резюме

Основной задачей для нетренированных спортсменов является оптимизация умственной и физической работоспособности на всех этапах подготовки. Выполнение неадекватных по интенсивности или длительности нагрузок способствует развитию переутомления и снижению потенциала адаптации. Сужение границ адаптации приводит к снижению работоспособности. Цель исследования состояла в оценке уровня лактата у нетренированных пациентов с избыточным весом и ожирением, а также, составления для данных пациентов оптимальных шаблонов тренировок по методу пульсограмм. Определение концентрации лактата (молочной кислоты) в крови является важным показателем оценки интенсивности нагрузки, одним из основных методов оперативного контроля за эффективностью тренировочного процесса, дает ценную информацию об изменениях, происходящих в крови, в мышцах, других тканях. По концентрации лактата в крови прямым способом определяется уровень анаэробного порога, равный 4–5 ммоль/л (фиксированный порог) и в зависимости от физиологических особенностей спортсмена достигающий 6 ммоль/л.

Ключевые слова: лактат, анаэробный порог, потенциал адаптации, метод пульсограмм, ожирение, реабилитация

Summary

The optimization of mental and physical performance at all stages of training is the main task for untrained athletes. Performing overly in intensity or duration of stress leads to the development of fatigue and reduce the potential in adaptation. Narrowing the boundaries of adaptation leads to reduced performance. The purpose of the study was to assess the level of lactate in untrained patients with overweight and obesity, as well as, to create for these patients the optimal training patterns using the pulsogram method. Determining the concentration of lactate (lactic acid) in the blood is an important indicator of assessing the intensity of the load, one of the main methods of operational control over the effectiveness of the training process, provides valuable information about changes in the blood, muscles and other tissues. Knowing of the concentration of lactate in the blood we can determine the level of the anaerobic threshold, equal to 4–5 mmol / l (fixed threshold) and, depending on the physiological characteristics of the athlete, reaches 6 mmol / l.

Key words: lactate, anaerobic threshold, adaptation potential, the method of pulsogram, obesity, rehabilitation

Введение

Для контроля эффективности тренировок в спортивной медицине и реабилитации с успехом используются методы ступенчатого нагрузочного тестирования, которые находят все большее распространение и в медико-профессиональной реабилитации [1,2,4,7,10,11,12].

Показано, что у наиболее подготовленных спортсменов тренирующих аэробных возможности, при отказе от работы в тесте с повышающейся нагрузкой наблюдается более низкая концентрация лактата в крови, что может быть, как следствием многолетней адаптации к

тренировочным нагрузкам, так и следствием спортивного отбора. В результате 3-хмесячных аэробных тренировок у спортсменов снижается финальная концентрация лактата в крови при отказе от работы с возрастающей нагрузкой и увеличивается потребление кислорода на пороге анаэробной нагрузки (ПАНО) [10,11,12].

Существует ряд пороговых моделей, используемых для контроля эффективности спортивных тренировок. Следует заметить, что лактатные пороги хотя и относительно доступны в определении, однако не учитывают индивидуальную метаболическую ситуацию, которая

может отражаться в измеряемой концентрации лактата крови. Поэтому следует учитывать так называемый индивидуальный анаэробный порог (ИАП), при котором концентрация лактата в крови зависит от состояния тренированности пациентов и может у более выносливых отклоняться от среднего показателя в 4 ммоль/л в сторону уменьшения [3,4,6,10].

Уровень ИАП связывают с «состоянием максимального стабильного лактата» (maximal lactate-steady-state — MLSS). Этот порог не подвержен влиянию гликогенного обмена в мышцах. ИАП позволяет косвенно оценить выносливость организма и установить оптимальный режим тренировок. [10].

При длительной тренировке концентрация лактата в крови может нарастать даже без дальнейшего повышения интенсивности нагрузки и превысить показатели анаэробного порога. [6, 7, 8, 9, 11].

Повышающаяся при тренировках концентрация молочной кислоты нейтрализуется бикарбонатом натрия с высвобождением двуокси углерода, которая выводится при повышении вентиляции легких, поэтому одним из параметров нагрузочного теста является шкала оценки тяжести нагрузки/одышки по Боргу [4].

Рекомендации для тренировок в рамках медико-профессиональной реабилитации также ориентируются на показатели аэробно-анаэробного перехода. Надпороговые тренировки, т.е. проводимые выше анаэробного порога, могут быть рискованны для нетренированных пациентов. Прием бета-блокаторов, снижающих ЧСС, не влияет при этом на кривую нарастания концентрации лактата в крови. Более длительные тренировки должны проводиться на уровне аэробного порога, короткие тренировки можно проводить при подуровневых показателях лактата, в пределах 90-100% от анаэробного порога. Рекомендуемые тренировочные нагрузки должны ориентироваться на оптимальную ЧСС, определяемую по результатам нагрузочного теста[2].

Уровень лактата в крови у высококвалифицированных спортсменов при прохождении дистанции меняется в зависимости от рельефа, проходимости и тактической сложности трассы, погодных условий и других факторов. В середине дистанции во время непосредственного обнаружения РП концентрация лактата в крови составляет 5,8–6,9 мМоль/л, а в момент

обнаружения последнего РП на дистанции может достигать 14 мМоль/л. На финише уровень лактата в крови у спортсменов-мужчин соответствовал 6,4–6,9 мМоль/л[9].

На основании этого можно предположить, что соревновательная деятельность в СРП проходит в режиме беговых нагрузок, исходя из показателей концентрации лактата в крови на уровне анаэробного порога (4–5 мМоль/л), а на отдельных участках дистанции превышает его. Повышение уровня лактата в крови (относительно АНП), которое связано с необходимостью увеличения скорости бега на отдельных участках дистанции с целью обнаружения РП в сеанс его работы, в дальнейшем приводит в норму (соответствующую уровню АНП) за счет

некоторого снижения темпа бега при прохождении длинных участков соревновательной дистанции, что в итоге позволяет спортсмену преодолевать всю дистанцию в режиме энергообеспечения, соответствующем уровню АНП[9].

Высоко тренированные спортсмены в течение более 1 часа способны выполнять нагрузку, интенсивность которой может составлять более 80% от величины $VO_{2\max}$. Нетренированные люди могут выполнять нагрузку только меньшей интенсивности (50-60% от $VO_{2\max}$) и продолжительности[3,5,8,9].

Для выбора оптимальной методики повышения анаэробных возможностей важно учитывать особенности накопления лактата при прерывистой работе максимальной интенсивности. Следовательно, показатель количества лактата в крови может рассматриваться как тест улучшения или ухудшения тренированности у лиц, занимающихся различными видами спорта и нетренированных[1,2,5,8,9,10,11].

Цель исследования состояла в оценке уровня лактата у нетренированных пациентов с избыточным весом и ожирением, а также, составления для данных пациентов оптимальных шаблонов тренировок по методу пульсограмм.

Материалы и методы

Исследование проводилось в двух крупных сетях фитнес центров города Санкт-Петербурга и в центре восстановительной медицины и коррекции веса медицинского холдинга «Медика» (база кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины ГБОУ ВПО СЗГМУ им И.И. Мечникова) с 2016-2019г. Триста пациентов 180 (60%) женщин и 120 (40%) мужчин с диагнозом избыточная масса тела (предожирение) (ИМТ>24,99) и ожирение (ИМТ>29,99) (рекомендации WHO(ВОЗ) 1997г) были разделены на две группы - основную и контрольную. Комплексное обследование и лечение было проведено 150 пациентам (92 женщины (61,3%) и 58 мужчин (38,7%)) основной группы, а 150 пациентам (88 женщины (58,7%) и 62 мужчин (41,3%)) в контрольной группе – отдельные виды медицинской помощи.

Распределение пациентов по полу с учетом возраста в основной группе представлено в таблице 1.

В ходе исследования, в зависимости от степени ожирения, которую определяли согласно имеющимся рекомендациям WHO (ВОЗ) 1997г, пациенты основной группы были распределены на 4 группы (Рис. 1). В 1 группу вошло 56 пациентов, имеющих избыточную массу тела (ИМТ 25-29,99); во 2 группу – 56 чел., страдающих ожирением первой степени (ИМТ 30-34,99); в 3 группу – 27 чел., страдающих ожирением второй степени (ИМТ 35-39,99); в 4 группу – 11 чел., страдающих ожирением третьей степени (ИМТ 40 и более). Распределение пациентов в исследуемых группах с учетом пола, а также по возрасту и степени ожирения (ИМТ, рекомендации WHO(ВОЗ) 1997г) представлены на рисунке 1.

Каждому пациенту основной и контрольной группы проводилась велоэргометрия с лактат-пробой. На основе

Таблица 1. Протокол проведения лактат-пробы

Этапы (мин)	Нагрузка (Вт)	ЧСС (уд. в мин.)	АД (мм.рт.ст.)	Лактат (ммоль/л)
Разминка (5)	15			
1 ступень(2)	25			
2 ступень(2)	50			
3 ступень(2)	75			
4 ступень(2)	100			



Рисунок 1. Лактатная кривая.

данных обследования составлялась программа тренировок на основе метода пульсограмм.

Велозргометрия с лактат-пробой

Величина лактата в сыворотке крови является критерием оценки интенсивности нагрузки. В состоянии покоя у здорового человека концентрация молочной кислоты 0-2 ммоль/л. После интенсивной физической активности показатель возрастает. Даже относительно небольшой подъем уровня лактата (6-8 ммоль/л) может ухудшить координацию пациента. Регулярно высокие показатели лактата ухудшают аэробные возможности занимающегося фитнесом [1,4,7,8,9,10,11].

Рекомендован к использованию ступенчатый непрерывно-возрастающий протокол, продолжительность каждой ступени 2 минуты (время, необходимое для стабилизации гемодинамических параметров). Для ножного велозргометра рекомендуется начинать нагрузку с 15 Вт, увеличивая мощность нагрузки на 25 Вт каждые 2 минуты до достижения критериев прекращения нагрузки. Каденс (частота педалирования) 60 оборотов в минуту.

Рекомендуемые протоколы дозирования нагрузки при ручной велозргометрии: пациент находится в положении сидя, руль установлен на уровне плеча таким образом, что руки слегка согнуты в локтях. Каденс 60 оборотов в минуту; увеличение мощности нагрузки – по 10 Вт каждые 2 минуты. Критерии прекращения нагрузки аналогичны ножной велозргометрии.

Начало теста - 5-минутная разминка, после которой производится забор крови (2 мл) и регистрация ЧСС и АД. Затем мощность нагрузки повышается через каждые 2 мин. По завершении каждой 2-минуты также производится забор крови (2 мл) и регистрация ЧСС и АД (таблица 4). Мощность нагрузки увеличивается до тех пор,

пока пациент может поддерживать заданную нагрузку в течение 2 мин. Пациент выполняет непрерывную работу, пробы крови берутся прямо на ходу через катетер. Концентрация лактата в образцах крови определяется лабораторным методом: после взятия образца перевернуть пробирку 6-8 раз; центрифугировать на 2000 оборотах 10 минут, не позднее 15 минут после взятия в течение 10 минут; плазму отлить в транспортную пробирку.

На основе полученных данных строится лактатная кривая, которая укажет на аэробный и анаэробный порог. Далее врачом лфк и спортивной медицины формируются шаблоны тренировок по методу пульсограмм.

При показателях лактата не превышающих аэробного порога (2 ммоль/л), энергообеспечение происходит полностью аэробным путем. При повышении скорости бега к обеспечению нагрузки подключается анаэробная система и в мышцах начинает вырабатываться молочная кислота. Однако, если скорость не слишком высокая, молочной кислоты вырабатывается настолько мало, что основная ее часть нейтрализуется организмом. Таким образом, в организме сохраняется равновесие между выработкой и элиминацией (удалением) молочной кислоты. Концентрация лактата в этом случае находится в пределах 2-4 ммоль/л. Данный диапазон интенсивности называется аэробно-анаэробной транзитной зоной. При дальнейшем увеличении скорости выработка молочной кислоты резко возрастает, что приводит к ее накоплению в мышцах и развитию мышечной усталости. Резкое увеличение концентрации лактата в крови указывает на то, что пациент работает в анаэробной зоне [1,2,4,5,6,9,12].

Граница между аэробно-анаэробной транзитной зоной и анаэробной зоной называется анаэробным порогом (АнП). Концентрация лактата на уровне анаэробного порога составляет 4 ммоль/л. [1,2,5,6,12].

Протокол проведения лактат-пробы (Пациент К.).

Этапы (мин)	Нагрузка (Вт)	ЧСС (уд.в мин.)	А.Д. (мм.рт.ст.)	Лактат (ммоль/л)
Разминка (5)	15	95-112	139/98	0,5
1 ступень(2)	25	113-122	161/103	2
2 ступень(2)	50	123-139	179/95	3,4
3 ступень(2)	75	140-152	191/95	4,6
4 ступень(2)	100	153-157	212/95	7,5

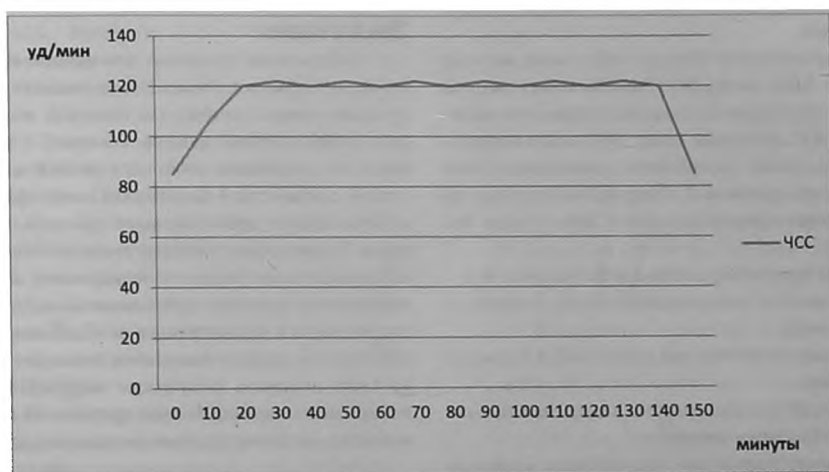


Рисунок 2.Пульсограмма.



Рисунок 3. Примеры пульсограмм пациентов (программа Polar Beat)

Составление шаблонов тренировок по зонам ЧСС методом пульсограмм.

Используя данные велоэргометрии и лактат-пробы составляется пульсограмма- шаблон тренировки для самоконтроля пациента.

Приведем клинический пример.

Пациент К. 41 год. Рост 176 Вес 103. ИМТ 33,25 Ожирение I степени.

ЧСС макс 184 уд/мин. 102% от макс прогнозируемой 179 уд /мин.

Общее время пробы 10 минут. АД на пике нагрузки 212/95 мм Hg. АД в покое 139/98. Максимальная нагрузка 150 Вт. Причина прекращения пробы: достижение запланированной ЧСС. Итоговый отчет: ЭКГ покоя нормальное. Функциональная способность: нормальная. Ответ ЧСС на нагрузку: адекватный. Ответ АД на нагрузку: гипертензия в покое-адекватная реакция. Боль в груди: нет. Аритмия: нет.

Протокол проведения лактат-пробы (Пациент К.).

Порог аэробной нагрузки пациента К. 2 ммоль /л (ЧСС 122 уд /мин.)

Порог анаэробной нагрузки пациента К. 4,6 ммоль/л (ЧСС 152 уд /мин.)

Назначена физическая нагрузка в начальной пульсовой зоне 105-122 удара в минуту.

На пульсограмме видно, что пациенту необходимо удерживать заданный ритм ЧСС на протяжении 90-150 минут. Для самоконтроля пациенту рекомендуется использовать мониторы сердечного ритма фирмы Polar (модель Н7 или Н10), а также программу устанавливаемую на мобильный телефон (Polar Beat). Программа позволяет пациенту удерживать необходимый ритм ходьбы, бега, плавания, частоту педалирования на велотренажере и т.д., а при необходимости изменять ритм, для удержания оптимального уровня ЧСС заданному в пульсограмме. На рисунке 2 представлены примеры пульсограмм пациентов (программа Polar Beat).

Углеводных запасов в организме хватает в среднем на 95 мин марафонского бега, тогда как жировых запасов хватит на 119 ч. Тем не менее, для утилизации жира требуется больше кислорода. В единицу времени из углеводов может быть синтезировано больше АТФ, чем и жиров. По этой причине углеводы являются самым главным источником энергии во время интенсивных нагрузок. Когда заканчиваются запасы углеводов, вклад жира в энергообеспечение работы резко возрастает, а интенсивность нагрузки снижается. В марафоне это часто происходит в районе 30-километровой отметки после 90 мин бега[12].

Необходимость использования данных программ и мониторов сердечного ритма очевидна. Использование

данного метода повышает эффективность и безопасность тренировочного процесса для неопытных спортсменов. Информация может передаваться лечащему врачу из любой точки земного шара. Следовательно, лечащий врач, сможет вносить коррективы в тренировочный процесс, а также следить за соблюдением врачебных рекомендаций, тем самым, повышая уровень комплаенса и эффективность лечения.

Заключение

Определение пульсовых зон максимальной эффективности позволяет повысить возможности реализации функционального потенциала пациента и оптимизировать тренировочный процесс. Пациенту с избыточным весом и ожирением необходим легкий и доступный способ самоконтроля для максимальной эффективности и безопасности тренировочного процесса без участия врача. В тоже время, лечащему врачу необходим регулярный методический контроль за пациентом во время тренировочного процесса. Применение методик лактатного тестирования и пульсограмм в реабилитации больных с избыточным весом и ожирением позволяет максимально точно назначить физическую нагрузку, фиксировать информацию о тренировочном процессе на компьютере, оценивать динамику результатов пациента. ■

Бобунов Д.Н. ГБОУ ВПО Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова к мед.н., доцент кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины, , руководитель научно-практического центра восстановительной медицины и коррекции веса медицинского халдинга «Медика». Михайлов В.Д. ГБОУ ВПО Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова студент 5 курса, Турдиева Ф.Ф. ГБОУ ВПО Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова студентка 6 курса, Джиджоева З.Г. ГБОУ ВПО Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова студентка 6 курса, Джиджоева К.Г. ГБОУ ВПО Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова студентка 6 курса, Зорина А. Г ГБОУ ВПО Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова студентка 6 курса, Душанова А.Ж. ГБОУ ВПО Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова студентка 6 курса, Наджем С.М. ГБОУ ВПО Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова студентка 5 курса, Кулакова О.А. ГБОУ ВПО Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова студентка 5 курса ГБОУ ВПО Северо-Западный государственный университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург

Литература:

1. Николаев А.А., Медведева Л.Е. Измерение и анализ лактат-проб как один из методов оценки тренировочного процесса у высококвалифицированных спортсменов-гиревиков / А.А. Николаев, Л.Е. Медведева

// Наука и спорт: современные тенденции. - 2017. Т. 17. № 4 (17). С. 56-60.

2. Гайгер Г Динамический изощренный нагрузочно-лактатный тест в современной труппотерапии

- / Г. Гайгер // Лечебная физкультура и спортивная медицина. - 2011. № 8 (92). С. 50-55.
3. Prusik K., Stankiewicz B., Cieslicka M., Ligaj-Stankiewicz L. Work and power in 60 seconds test in the context of lactate acid level in 16-17 years old middle distance runners / K. Prusik, B. Stankiewicz, M. Cieslicka, L. Ligaj-Stankiewicz // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. - 2010. № 7. С. 119-125.
 4. Tenan M.S., McMurray R.G., Troy Blackburn B., McGrath M., Leppert K. The relationship between blood potassium, blood lactate, and electromyography signals related to fatigue in a progressive cycling exercise test / M.S.Tenan, R.G.McMurray, B. Troy Blackburn, M.McGrath, K. Leppert // Journal of Electromyography & Kinesiology. - 2011. Т. 21. № 1. С. 25-32.
 5. Ганеева Л.А., Касатова Л.В., Скрипова В.С., Абрамова З.И. Оценка изменения концентрации L- лактата в крови студентов при выполнении теста купера / Л.А. Ганеева, Л.В.Касатова, В.С. Скрипова, З.И. Абрамова // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. -2011. Т. 153. № 3. С. 119-126.
 6. Марчик Л.А., Мартыненко О.С. Содержание лактата в кожном экстракте спортсменов циклических видов спорта в зависимости от типа энергетического метаболизма и конституции / Л.А.Марчик, О.С. Мартыненко // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. - 2018. Т. 13. № 3. С. 180-187.
 7. Абдрахманов Р.В., Лазарева Э.А. Изменение показателей содержания молочной кислоты и кислотно-щелочного равновесия крови при беге на различные дистанции / Р.В. Абдрахманов, Э.А. Лазарева // Физическая культура, спорт и здоровье. - 2014. № 24. С. 130-131.
 8. Еренев С.И., Демченко В.Г., Захарьева С.В. Использование показателей клеточного состава периферической крови и содержания молочной кислоты в крови для оценки уровня адаптационного потенциала работников / С.И. Еренев, В.Г. Демченко, С.В. Захарьева // Медицина труда и промышленная экология. - 2006. № 9. С. 41-48.
 9. Зеленский К.Г. Исследование концентрации лактата в крови у высококвалифицированных спортсменов во время прохождения дистанции в спортивной радиопеленгации / К.Г. Зеленский // Вестник спортивной науки. - 2009. № 6. С. 44-46.
 10. Попов Д.В., Миссина С.С., Лемешева Ю.С., Любаева Е.В., Боровик А.С., Виноградова О.Л. Аэробная работоспособность и титровая концентрация лактата в крови в тесте с возрастающей нагрузкой / Д.В. Попов, С.С. Миссина, Ю.С. Лемешева, Е.В. Любаева, А.С. Боровик, О.Л. Виноградова // В сборнике: Современная система спортивной подготовки в биатлоне материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Под общей редакцией Н. Г. Безмельницына. - 2012. С. 144-153.
 11. Николаев А.А., Медведева Л.Е. Измерение и анализ лактат-проб как один из методов оценки тренировочного процесса у высококвалифицированных спортсменов-гиревиков / А.А. Николаев, Л.Е. Медведева // Наука и спорт: современные тенденции. - 2017. Т. 17. № 4 (17). С. 56-60.
 12. Янсен Петер ЧСС, лактат и тренировки на выносливость : Пер. с англ. - Мурманск: Издательство "Тулома"; 2006.