

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАНЯТИЙ СКАНДИНАВСКОЙ ХОДЬБОЙ ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОБЫ

Вишневский Владимир Антонович

кандидат биологических наук, доцент, Сургутский
государственный университет
sakurasurgut@mail.ru

EFFICIENCY INCREASING OF NORDIC WALKING CLASSES AMONG OLDER WOMEN THROUGH FUNCTIONAL TESTING

V. Vishnevskij

Summary: The reaction of the cardiorespiratory system of the elderly women organism to the functional tests of Nordic walking on a treadmill with a closed power cycle has been studied, using the mobile systems "COSMEDK5" and "GuarkT12x". For analyzing the data a hysteresis loop was constructed, reflecting the dependence of the indicators on the load capacity, with the load phase angles evaluation (α), the load downward phase (β) and the hysteresis loop area (S). Based on the results of the tests, individualization of Nordic walking classes was carried out using both straight-line and variable methods and speed-strength training. The advantages of the experimental group were identified according to the growth of heart rate (α HR), oxygen pulse (α VO₂/HR), respiratory quotient (α RQ) with increased load, pulse load cost (BPHR), physiological costs on load with respiratory quotient (BPQ), reduced oxygen consumption (VO₂) at resting, at the pinnacle of the standard load and immediately after it ends.

Keywords: Nordic walking, individualization of classes, functional test on a closed power cycle.

Аннотация: С помощью мобильных систем «COSMEDK5» и «GuarkT12x» изучена реакция кардиореспираторной системы организма женщин пожилого возраста на функциональную пробу скандинавской ходьбы на беговой дорожке по замкнутому циклу мощности. Для анализа данных строилась петля гистерезиса, отражающая зависимость показателей от мощности нагрузки, с оценкой углов наклона нагрузочной фазы (α), фазы снижения нагрузки (β) и площади петли гистерезиса (S). На основе результатов пробы осуществлена индивидуализация занятий скандинавской ходьбой с использованием равномерного, переменного методов и скоростно-силовой тренировки. Выявлено преимущество экспериментальной группы по скорости нарастания частоты сердечных сокращений (α HR), кислородного пульса (α VO₂/HR), дыхательного коэффициента (α RQ) при увеличении нагрузки, пульсовой стоимости нагрузки (SHR), физиологическим затратам на нагрузку по дыхательному коэффициенту (SRQ), снижению потребления кислорода (VO₂) в покое, на пике стандартной нагрузки и сразу после её окончания.

Ключевые слова: скандинавская ходьба, индивидуализация занятий, функциональная проба по замкнутому циклу мощности.

Актуальность

Популярность скандинавской ходьбы во многом обусловлена ее долгосрочными позитивными эффектами для различных категорий населения [1, 2, 3]. Вместе с тем, срочные и долговременные эффекты нордической ходьбы, безусловно, имеют индивидуальные проявления, что, в свою очередь, требует персонализации индивидуальных тренировочных программ. Для этих целей обычно используют подходы, разработанные для оздоровительных занятий в целом или для обычной ходьбы, что не совсем корректно из-за другого объема работающих мышц. На наш взгляд, более оправданным является использование для этих целей специфической нагрузки в виде скандинавской ходьбы на беговой дорожке по замкнутому циклу мощности. Такая функциональная проба позволит на основе анализа петли гистерезиса изучать индивидуальные особенности мобилизации функциональных резервов организма, физиологическую стоимость работы в целом, механизмы утомления и восстановления в процессе мышечной де-

ятельности [4, 5]. Цель данного исследования – изучить возможность использования данной пробы для персонализации тренировочного процесса при занятиях скандинавской ходьбой на примере женщин пожилого возраста.

Организация и методы исследования

В исследовании приняли участие женщины в возрасте 60-69 лет, занимающиеся скандинавской ходьбой в различных клубах г. Сургута. Для индивидуализации тренировочных нагрузок все участники до и после педагогического эксперимента выполнили стандартную функциональную пробу скандинавской ходьбы с палочками на беговой дорожке по замкнутому циклу мощности. При этом нагрузка в течении 5-ти ступенек сначала увеличивалась с 2,8 км/час и 0° подъема до 3,6 км/час и 12° подъема, а затем также ступенчато снижалась до исходных величин. Проба выполнялась после предварительного освоения навыка ходьбы на беговой дорожке с палочками и разминки. Общая дли-

тельность пробы – 18 минут (по 2 минуты на каждой ступеньке). При этом предполагалось, что на высоте нагрузки она не должна превышать для занимающихся порога анаэробного обмена (на уровне дыхательного коэффициента 0,95 - 1,05 ед.) [6].

Для изучения кардиореспираторных и метаболических показателей до, во время и после выполнения пробы использовались мобильная система «COSMEDK5» и программно-аппаратный комплекс «GuarkT12x» для регистрации электрокардиограммы. Измерялись показатели легочной вентиляции, потребления кислорода, выделения углекислого газа, частоты сердечных сокращений, содержания кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе. На их основе рассчитывались дыхательный коэффициент, кислородный пульс, вентиляционные эквиваленты по кислороду и углекислому газу. Для компьютерного анализа физиологических сдвигов в процессе выполнения пробы строилась петля гистерезиса, отражающая зависимость показателей от мощности нагрузки. При этом, оценивались углы наклона изокселяционной нагрузочной фазы (α), фазы снижения нагрузки (β) и площадь петли гистерезиса (S) [4, 5].

Занятия в экспериментальной группе проходили 3 раза в неделю по 90 минут в парковых зонах г. Сургу-та и строились на основе результатов функциональной пробы. Для снижения общих физиологических затрат, повышения экономичности (площадь петли гистерезиса, S) и ускорения восстановительных процессов (фаза снижения нагрузки, β) использовалась равномерная тренировка на уровне порога анаэробного обмена (ПАНО), темп которой подбирался с учетом индивидуального дыхательного коэффициента, полученного в ходе нагрузочного тестирования (дыхательный коэффициент - 0,95 - 1,05), и пульса на уровне ПАНО. Как известно, именно потребление кислорода на уровне порога анаэробного обмена тесно связано со способностью длительное время поддерживать высокий уровень потребления кислорода [7] и обеспечивать увеличение работоспособности и спортивных результатов в лыжных гонках, биатлоне, велогонках, беге на длинные дистанции [6, 8, 9, 10]. У высококвалифицированных спортсменов равномерная тренировка на уровне и ниже ПАНО используется в основном в начале и середине подготовительного периода. Считается, что прирост окислительных возможностей в такой тренировке будет небольшой в связи с тем, что в работу рекрутируются в основном мышечные волокна 1-го типа, имеющие высокую плотность митохондрий и активность окислительных ферментов [6]. Однако, это касается высококвалифицированных спортсменов. У лиц, занимающихся оздоровительной физической культурой, ресурс увеличения плотности митохондрий гораздо больше. Кроме того, длительная равномерная тренировка на пульсе 140-145 уд/мин способствует дилатации сердца

и увеличению его ударного объема [11], что улучшает доставку кислорода к работающим мышцам. Так как при дыхательном коэффициенте 0,95 - 1,05 энергообеспечение осуществляется практически полностью за счет углеводов, длительность такой тренировки лимитируется запасами гликогена. При исчерпании запасов углеводов развивается гипогликемия и утомление, однако даже у нетренированных их хватает на 30 - 60 минут работы без выраженного утомления [6].

Для снижения скорости нарастания утомления (угол наклона изокселяционной нагрузочной фазы, α) использовались тренировка переменной интенсивности, связанная с преодолением подъемов и спусков, и тренировка, направленная на увеличение (поддержание) мышечной массы. Основная задача тренировки переменной интенсивности - вовлечь в работу мышечные волокна 2-го типа и особенно подтип окислительно-гликолитический. Чтобы не допустить при этом прогрессирующего накопления продуктов промежуточного обмена гликолиза, необходимо чередовать нагрузку на уровне порога анаэробного обмена или чуть выше с работой низкой интенсивности. Оптимальной моделью такой тренировки является преодоление подъемов и спусков (ходьба по холмам). При длительности подъема 1-3 минуты, значительного количества метаболитов гликолиза накопиться не успевает, при спуске они утилизируются и энергообеспечение мышечной деятельности в основном осуществляется за счет окислительных процессов. Это позволяет много раз за тренировку повторять подъемы и спуски и увеличивать окислительные возможности некоторой части смешанных волокон. Пульс в конце подъема должен соответствовать концентрации лактата 3 мМ в тесте с возрастающей нагрузкой [6] или (в нашем случае) дыхательному коэффициенту 0,95 - 1,15 на вершине функциональной пробы по замкнутому циклу мощности.

Еще одним ресурсом в уменьшении угла наклона изокселяционной нагрузочной фазы, α и снижении скорости нарастания утомления является увеличение плотности капилляров и массы мышц. Использование скоростно-силовой тренировки для гипертрофии мышц способствует увеличению площади диффузионной поверхности и времени пребывания эритроцита в зоне газообмена, обеспечивая лучшую утилизацию кислорода [6, 12]. Длительность выполнения силовых упражнений составляла 20-40 с при интенсивности 70 - 80% от максимальной и интервале отдыха 2 - 4 мин. Именно такой режим стимулирует механизмы мышечной гипертрофии, обеспечивает восстановление запасов креатинфосфата и не допускает чрезмерного накопления в мышцах метаболитов гликолиза [6]. Учитывая, что высокие концентрации метаболитов гликолиза отрицательно влияют на состояние митохондрий [13] и окислительные возможности мышц [14], аэробные и скоростно-силовые трени-

ровки проводились в различные дни.

Занятия в контрольной группе проходили традиционно и включали разминку, упражнения на технику, скандинавскую ходьбу в основной части в комфортном для занимающихся темпе, заключительную часть в виде стретчинга.

Результаты исследования

Реакция организма участников эксперимента на функциональную пробу скандинавской ходьбы на беговой дорожке по замкнутому циклу мощности в определенной мере связана с возрастом и массой тела. Например, для потребления кислорода (Vo_2) эта связь составляет на 9-й ступеньке 0,628 при $p < 0,01$, для площади петли гистерезиса по кислородному пульсу - 0,502, при $p < 0,05$. Еще существеннее связи с массой тела: 0,705 при $p < 0,01$ на 6-й ступеньке для потребления кислорода; 0,811 при $p < 0,01$ для угла α нагрузочной фазы дыхательного коэффициента; 0,659 при $p < 0,01$ для угла α нагрузочной фазы вентиляционного эквивалента по кислороду.

На 6-й ступеньке нагрузки в целом по выборке был достигнут порог анаэробного обмена по дыхательному коэффициенту ($RQ = 0,963 \pm 0,062$), который сохранялся на этом уровне до конца пробы. При этом потребление кислорода составило $1468,8 \pm 277,3 \text{ mL/min}$ (487,3% от исходной величины). На вершине нагрузки Vo_2 имеет многочисленные связи не только с другими кардиореспираторными показателями (выделение углекислого газа - $r = 0,956$, $p < 0,01$; легочная вентиляция - $r = 0,896$, $p < 0,01$); дыхательный объем - $r = 0,828$, $p < 0,01$; кислородный пульс - $r = 0,742$, $p < 0,01$), но и с параметрами петли гистерезиса (угол наклона α изоакселерационной нагрузочной фазы для дыхательного коэффициента - $r = 0,740$, $p < 0,01$ и вентиляционного эквивалента по кислороду - $r = 0,623$, $p < 0,01$; площадь петли гистерезиса S для кислородного пульса - $r = 0,659$, $p < 0,01$). При этом, например, частота сердечных сокращений устойчиво коррелирует только с пульсом на других ступеньках нагрузки, связи с другими показателями эпизодические и слабые.

Сравнительный анализ угла наклона изоакселерационной нагрузочной фазы (α) для различных кардиореспираторных показателей выявил, что наиболее обширным спектром связей обладает угол наклона дыхательного коэффициента (αRQ). В покое он сильно связан с массой тела ($r = 0,811$, $p < 0,01$). Далее, по мере нарастания нагрузки, усиливается связь с легочной вентиляцией (до 0,700 на вершине нагрузки, $p < 0,05$), потреблением кислорода (до 0,749, $p < 0,01$), выделением углекислого газа (до 0,814, $p < 0,01$). Таким образом, угол наклона изоакселерационной нагрузочной фазы харак-

теризует степень подключения к энергообеспечению анаэробных процессов.

Наибольшее количество корреляционных связей для угла наклона изоакселерационной фазы снижения нагрузки (β) выявлено для кислородного пульса ($\beta \text{VO}_2/\text{HR}$). На 1-й ступеньке снижения нагрузки $\beta \text{VO}_2/\text{HR}$ достоверно коррелирует с дыхательным объемом ($r = 0,576$, $p < 0,05$). Далее, по мере уменьшения мощности, начинает проявляться отрицательная связь с дыхательным коэффициентом (в первую - $r = -0,693$, и вторую - $r = -0,763$ фазы восстановления, $p < 0,05$). К предпоследней ступеньке пробы с $\beta \text{VO}_2/\text{HR}$ начинает демонстрировать связь вентиляционный эквивалент по углекислому газу ($r = 0,604$, $p < 0,05$) и содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе ($r = -0,639$, $p < 0,05$). Таким образом, чем больше дыхательный коэффициент, содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе и меньше вентиляционный эквивалент по углекислому газу, тем меньше угол $\beta \text{VO}_2/\text{HR}$, медленнее идет восстановление, дольше вынуждены подерживаться высокие значения кислородного пульса.

Площадь петли гистерезиса S демонстрирует наибольший объем корреляционных связей практически со всеми анализируемыми показателями. Так, для SVO_2/HR это, прежде всего, связи с кислородным пульсом ($r = 0,983$, $p < 0,01$), дыхательным объемом ($r = 0,688$, $p < 0,01$), легочной вентиляцией ($r = 0,741$, $p < 0,01$), потреблением кислорода ($r = 0,844$, $p < 0,01$), выведением углекислого газа ($r = 0,762$, $p < 0,01$). Таким образом, площадь петли гистерезиса отражает общие физиологические затраты организма на выполнение пробы, характеризуя его внутреннюю работу в процессе нагрузочного тестирования.

Наиболее общие результаты педагогического эксперимента по использованию функциональной пробы скандинавской ходьбы на беговой дорожке по замкнутому циклу мощности для индивидуализации тренировочных программ отражает таблица 1.

Представленные в таблице данные свидетельствуют о преимуществе экспериментальной группы по целому ряду показателей. Во-первых, оно выразилось в снижении потребления кислорода в покое, на пике стандартной нагрузки, сразу после её окончания и уменьшении площади под кривой гистерезиса по пульсу. Это свидетельствует о снижении общих физиологических затрат на стандартную нагрузку, что отражает процессы экономизации функций при улучшении тренированности.

Во-вторых, в экспериментальной группе наблюдается уменьшение угла α нагрузочной фазы по дыхательному коэффициенту и частоте сердечных сокра-

Таблица 1.

Результаты педагогического эксперимента по повышению эффективности занятий скандинавской ходьбой на основе функциональной пробы по замкнутому циклу мощности (достоверно изменившиеся показатели)

Показатели M±σ	До эксперимента		После эксперимента	
	Контрольная, n = 19	Экспериментальная n = 20	Контрольная, n = 19	Экспериментальная n = 20
Угол α нагрузочной фазы по пульсу (HR), bpm	0,733±0,167	0,752±0,150	0,776±0,110	0,646±0,138*
Площадь петли (S) по пульсу (HR), bpm	17839±2103	16859±2171	17402±1937	15211±2130*
Угол α нагрузочной фазы по кислородному пульсу (VO2/HR), mL/beat	0,0689±0,0278	0,0670±0,0368	0,0943±0,0298	0,2087±0,145*
Угол α нагрузочной фазы по дыхательному коэффициенту (RQ), от. ед.	0,00353±0,00159	0,00356±0,00187	0,00431±0,00143	0,00290±0,00091*
Площадь петли (S) дыхательного коэффициента (RQ), от. ед.	130,39±5,27	123,53±8,49	118,50±7,07	108,98±5,55*
Потребление кислорода (VO2) в покое, mL/min	306±81	290±57	269±35	231±21*
Потребление кислорода (VO2) на пике пробы, mL/min	1514±201	1425±164	1498±332	1208±99*
Потребление кислорода (VO2) на 1-й минуте восстановления, mL/min	879±125	808±126	871±147	624±260*

* - различия достоверны по сравнению с контрольной группой при $p < 0,05$;

щений, что говорит о меньшей скорости нарастания утомления, меньшем подключении к энергообеспечению анаэробных процессов, приросте окислительных возможностей мышц.

В-третьих, рост скорости нарастания кислородного пульса при увеличении мощности в экспериментальной группе косвенно свидетельствует о том, что приспособление сердца к нагрузке осуществляется не только за счет хронотропного эффекта, но и путем увеличения систолического объема крови и улучшения сократитель-

ной способности.

Заключение

Результаты исследования позволяют утверждать, что функциональная проба скандинавской ходьбы на беговой дорожке с палочками по замкнутому циклу мощности является удачным подходом к изучению механизмов срочной и долговременной адаптации организма к нордической ходьбе, персонификации тренировочных программ и оценки их эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверин, С.О. Формирование адаптационных резервов организма у лиц второго зрелого возраста оздоровительной физкультурой в форме скандинавской ходьбы: автореф. дис. канд. мед наук / С.О. Аверин. - Тюмень, 2019. - 22 с.
2. Качан, Е.Ю. Влияние регулярных занятий финской ходьбой на темпы старения и качество жизни лиц пожилого и старческого возраста: автореф. дис. канд. биол. наук / Е.Ю. Качан. - Санкт-Петербург, 2015. - 28 с.
3. Соколова, И.В. Скандинавская ходьба: от теории к практике: монография / И.В. Соколова, А.С. Радченко, Н.И. Перевозникова, И.А. Кубанов, Е.В. Чистякова. - Москва: РУСАЙНС, 2020. - 164 с.
4. Вишневский В.А. К проблеме прогностических возможностей пробы с циклической работой, выполняемой по замкнутому циклу мощности / В.А. Вишневский // Теория и практика физической культуры. - 2017. - № 11. - С. 83-85.
5. Вишневский В.А. Прогностические возможности пробы, связанной с циклической работой по замкнутому циклу мощности / В.А. Вишневский, В.В. Апокин, Т.Е. Гафиятуллин // Теория и практика физической культуры. - 2019. - № 9. - С. 90-92.
6. Физиологические основы оценки аэробных возможностей и подбора тренировочных нагрузок в лыжном спорте и биатлоне / Д.В. Попов, А.А. Грушин, О.Л. Виноградова. - М.: Советский спорт, 2014. - 78 с.
7. Faude O., Kindermann W., Meyer T. Lactate threshold concepts: how valid are they? // Sports Med. - 2009. - Vol. 39, № 6. - P. 469-490.
8. Попов Д.В. и др. Прогнозирование спортивного результата конькобежцев по данным комплексного морфофизиологического обследования // Теория и практика физ. культуры. - 2008. - Т. 9. - С. 40-43.
9. Dekerle J. et al. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power // Eur. J. Appl. Physiol. - 2003. - Vol. 89, № 3-4. - P. 281-288.

10. Madsen K., Ertbjerg P., Djurhuus M.S., Pedersen P.K. Calcium content and respiratory control index of skeletal muscle mitochondria during exercise and recovery // Am. J. Physiol. – 1996. – Vol. 271, № 6, Pt. 1. – P. E1044–E1050.
11. Astrand P.V., Rodahl K., Dahl H.A. et al. Textbook of work physiology: physiological bases of exercise. 4th ed. New York: Human Kinetics, 2003. – P. 45.
12. Wagner P.D. Diffusive resistance to O₂ transport in muscle // Acta Physiol Scand. – 2000. – Vol. 168, № 4. – P. 609–614.
13. Chen J., Gollnick P.D. Effect of exercise on hexokinase distribution and mitochondrial respiration in skeletal muscle // Pflugers Arch. – 1994. – Vol. 427, № 3–4. – P. 257–263.
14. Chilibeck P.D., Syrotauk D.G., Bell G.J. The effect of strength training on estimates of mitochondrial density and distribution throughout muscle fibres // Eur. J. Appl. Physiol Occup. Physiol. – 1999. – Vol. 80, № 6. – P. 604–609.

© Вишневский Владимир Антонович (sakurasurgut@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

