

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА АЭРОБНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЫШЦ

Г.И. Попов, Э.А. Малхасян, В.С. Маркарян, Е.М. Калинин, В.Н. Селуянов

ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)», Москва

Введение. Цель исследования – изучение влияния ритмичной магнитной стимуляции четырехглавых мышц бедра обеих ног на интегративные показатели аэробной подготовленности спортсменов трех различных спортивных специализаций.

Материалы и методы. Оборудование: магнитный стимулятор MAGSTIM RAPID (Magstim Company Ltd, Spring Gardens, UK), инерционный динамометр BIODEX SYSTEM 4 (Biodex Medical Systems, NY, USA), велоэргометр MONARK Ergomedic 828E (Monark, Sweden), газоанализатор METALYZER 3B (Cortex, Germany).

Испытуемые: три велосипедиста (мастера спорта); три бегуна на средние дистанции (кандидаты в мастера спорта); три конькобежца – шортрек (мастера спорта). Все испытуемые – студенты Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма, действующие спортсмены. Стаж занятий 6 лет. Возраст 18–20 лет. Определялись тотальные размеры тела, индекс массы тела, жировая и активная масса тела в процентах.

Результаты и обсуждение. Ритмичное сокращение мышц под действием магнитной стимуляции с частотой 17–35 Гц вызывает активацию мышечных волокон типа I и мышечных волокон типа IIA. В них происходит трата АТФ, КрФ и ресинтез их в мышечных волокнах типа I и IIA с помощью аэробного гликолиза. Ритмическое сокращение выдавливает кровь из вен и усиливает поступление артериальной крови к мышцам. Опыт показал, что за 10 сокращений в течение 10 дней на каждую ногу существенных гипоксических явлений (локальное мышечное утомление) не возникает. Режим магнитной стимуляции выполняется без расслабления (в течение 5 с), поэтому имеется ограниченное кровоснабжение, которое способствует созданию в мышечных волокнах (МВ) факторов, стимулирующих гиперплазию миофибрилл, а именно, появление свободного креатина, гормонов и умеренное закисление. Мощное напряжение крупной группы мышц – разгибателей коленного сустава вызывает выделение в кровь анаболических гормонов, в частности, гормона роста. Спортсмены регулярно тренировались, выполняли аэробную нагрузку с активацией окислительных и промежуточных МВ. Поэтому после серии магнитных стимуляций было одновременно получено увеличение максимальной алактатной мощности МАМ (гиперплазия миофибрилл) и потребление кислорода на уровне аэробного (АзП) и анаэробного (АнП) порогов. Доказана периферическая природа роста показателей потребления кислорода на уровне АзП и АнП. В контрольной группе произошло только статистически достоверное ($p < 0.01$) увеличение МАМ, а показатели потребления кислорода не изменились, следовательно, не магнитная стимуляция способствовала росту потребления кислорода на уровне АзП и АнП, а дополнительно выполняемая аэробная тренировка. Сила выросла за счет окислительных мышечных волокон ОМВ (МВ типа I), это привело к росту потребления кислорода на уровне АнП (рост массы митохондрий). Механизм роста аэробных возможностей был одинаков, на базе новых морфологических структур – миофибрилл ОМВ. Появилась возможность для гиперплазии митохондрий в МВ типа I. Гиперплазия мышечных волокон и увеличение силы мышц у представителей экспериментальных групп не отразилась достоверно на приросте активной массы тела. В целом, в проведенном исследовании, были получены факты в пользу периферической теории, объясняющей причины появления аэробного и анаэробного порогов.

Выводы: Магнитная стимуляция четырехглавых мышц бедра с частотой 17–35 Гц, в изокинетическом режиме, продолжительностью 5 секунд с интервалом отдыха 5 с, с количеством по 10 раз на каждую ногу в течение 10 дней, стимулирует одновременное статистически достоверное увеличение максимальной алактатной мощности, а при использовании еще и аэробных трениро-

вок к росту потребления кислорода на уровне аэробного и анаэробного порогов при снижении показателей МПК. Магнитную стимуляцию мышц спортсменов с частотами из диапазона 17–35 Гц можно рассматривать как способ увеличения аэробных возможностей и мышечной силы без достоверного прироста мышечной массы тела.

Ключевые слова: *тестирование, магнитная стимуляция, непрямая калориметрия, тотальные размеры тела, индекс массы тела, жировая, активная масса тела*

Введение

В антропологии, изучающей физическое строение человека, важным аспектом можно считать морфологические особенности его двигательной деятельности. А поскольку движение осуществляется мышцами, их функционирование определяет эффективность того или иного двигательного действия людей с различающимися антропометрическими показателями. Человек в ходе спортивной двигательной деятельности испытывает различные воздействия на мышечный аппарат для достижения полезного эффекта в упражнении его специализации. Как в этой связи изменяются морфологические показатели человека, имеет несомненный интерес для изучения тенденций и выбора эффективных направлений в формировании и совершенствовании двигательной деятельности человека.

Проблема роста аэробных возможностей у спортсменов связана с центральной и периферической теориями [Коц, 1982]. Согласно центральной теории потребление кислорода и показатели аэробного (АэП) и анаэробного (АнП) порогов зависят от скорости доставки кислорода к мышечным волокнам (МВ). Поэтому показатели аэробных возможностей зависят от минутного объема кровообращения и степени капилляризации мышц [Мякинченко и др., 1999].

В соответствии с периферической теорией [Коц, 1982; Нетреба и др., 2011] показатели потребления кислорода на уровне АэП зависят от рекрутирования всех окислительных мышечных волокон ОМВ (МВ типа I), а АнП от рекрутирования всех окислительных мышечных волокон ОМВ (МВ типа I) и промежуточных мышечных волокон ПМВ (МВ типа IIA).

В случае справедливости периферической теории рост силы окислительных мышечных волокон типа I и промежуточных мышечных волокон типа IIA, при регулярной аэробной тренировке, должен вести к росту потребления кислорода на уровне АэП и АнП.

Цель исследования: изучить влияние ритмичной магнитной стимуляции на показатели аэробной подготовленности спортсменов.

Материал и методы

Используемое оборудование: магнитный стимулятор MAGSTIM RAPID (Magstim Company Ltd, Spring Gardens, UK), инерционный динамометр BIODEX SYSTEM 4 (Biodex Medical Systems, NY, USA), велоэргометр MONARK Ergomedic 828E (Monark, Sweden), газоанализатор METALYZER 3B (Cortex, Germany).

Обследуемые. В эксперименте участвовали: три велосипедиста, квалификация – мастера спорта; три бегуна на средние дистанции, квалификация – кандидаты в мастера спорта; три конькобежца, квалификация – мастера спорта.

Все испытуемые – студенты института физической культуры, на момент проведения тестирования имели стаж занятий избранным видом спорта – 6 лет и являлись действующими спортсменами. Возраст испытуемых составлял 18–20 лет.

Тестирование проводилось в день отдыха спортсменов на восстановительной неделе. У спортсменов также определялись тотальные размеры, индекс массы тела, относительные показатели жировой и активной массы тела по Gallagher et al, 2000.

Программа тренировки. Магнитная стимуляция четырехглавых мышц бедер проводилась сидя на силоизмерительном комплексе – BIODEX, когда испытуемые, в положении сидя, одной из ног осуществляли колебательные движения в вертикальном направлении в изокинетическом режиме. Частота воздействия стимулятора устанавливалась в соответствии с частотой, которая находилась в интервале от 17 до 35 Гц. Койл магнитного стимулятора устанавливался на бедро таким образом, чтобы магнитным потоком были захвачены как минимум две головки четырехглавой мышцы. По команде экспериментатора испытуемый напря-

Таблица 1. Изменение показателей функционального тестирования до тренировки с магнитной стимуляцией (n=9)

Показатели статистики	ЧСС АэП (уд/мин)	АэП (л/мин)	ЧСС АнаП (уд/мин)	АнаП (л/мин)	МПК (л/мин)	МАМ (Вт/кг)
Средняя арифметическая	143.3	1.8	160.0	2.8	4.7	830.3
Сигма	2.9	0.6	5.0	0.6	0.3	55.1

гал мышцу в изокинетическом режиме и в этот момент подавался магнитный сигнал. Длительность воздействия составляла 5 секунд. После чего испытуемый отдыхал 5 с. Потом подавался следующий сигнал до 10 циклов. Таким образом, испытуемый выполнял ежедневно по 10 напряжений на каждую ногу с одновременной стимуляцией, причем этому предшествовала разминка спортсмена. В течение десятидневного периода времени магнитная стимуляция проводилась ежедневно.

До и после магнитной стимуляции проводилось тестирование на велоэргометре Monark 828E в виде теста со ступенчато повышающейся мощностью при постоянном темпе педалирования – 75 об/мин. Исходная мощность задавалась с 38 Вт и повышалась каждые две минуты на 38 Вт до достижения уровня МПК. Одновременно проводили измерение показателей внешнего дыхания с помощью газоанализатора Metalyzer 3B. Регистрацию ритма сердца осуществляли с помощью кардиопульсометра фирмы Polar rs800cx.

Спортсмены велосипедисты и бегуны на средние дистанции выполняли регулярные тренировки по 60–90 мин. 4 раза в неделю с интенсивностью на уровне или несколько выше аэробного порога. Спортсмены конькобежцы были контрольной группой, т.е. они участвовали в лабораторном эксперименте, но не тренировались (закончился сезон, переходный период).

Результаты

По результатам теста со ступенчато повышающейся мощностью на велоэргометре были определены исходные функциональные показатели спортсменов – потребление кислорода на уровне аэробного порога (ПК АэП, л/мин), потребление кислорода на уровне анаэробного порога (ПК АнаП, л/мин), а также частота сердечных сокращений на уровне аэробного (ЧСС АэП, уд/мин) и анаэробного порогов (ЧСС АнаП, уд/мин), максимальное потребление кислорода (МПК, л/мин), максимальная алактатная мощность (МАМ, Вт).

В таблице 1 представлены результаты исследования спортсменов до начала тренировок с магнитной стимуляцией.

После проведения тренировок с использованием магнитной стимуляции был проведен повторный тест со ступенчато повышающейся мощностью на велоэргометре с целью определения изменения исходных данных первого теста.

В таблице 2 представлены данные об изменении показателей функционального тестирования в экспериментальной (ЭГ) и контрольной (КГ) группах. Внутригрупповое сравнение выполнялось с помощью однофакторного дисперсионного анализа для связанных выборок. Видно, что в экспериментальной группе (ЭГ) на уровне аэробного порога (АэП) произошло статистически достоверное ($p < 0.001$) увеличение потребления кислорода (л/мин) и соответственно частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), на уровне анаэробного порога (АнаП) произошло также увеличение потребления кислорода (л/мин) и частоты сердечных сокращений ($p < 0.001$). Причем максимальное потребление кислорода (МПК) статистически достоверно снизилось ($p < 0.05$). Максимальная алактатная мощность (МАМ) в ЭГ статистически достоверно ($p < 0.001$) увеличилась.

В КГ различие между потреблением кислорода на уровне АэП и АнаП статистически достоверно не изменилось ($p > 0.05$), как и показатели ЧСС. Показатель, характеризующий скоростно-силовые возможности (МАМ) до и после проведения эксперимента, увеличился статистически достоверно ($p < 0.001$).

У спортсменов за период эксперимента масса тела недостоверно выросла с 62.9 ± 4.4 до 63.2 ± 4.0 ($p > 0.1$).

Проведение межгруппового сравнения (однофакторный дисперсионный анализ для несвязанных выборок) показало, что статистически достоверные различия имеются по всем показателям аэробного ($p < 0.01$) и анаэробного порогов ($p < 0.01$) (потребление кислорода и ЧСС). Нет достоверного различия по величине изменения МАМ, поскольку в КГ и ЭГ произошел рост этого показателя.

Таблица 2. Изменение показателей функционального тестирования после тренировки с магнитной стимуляцией (ЭГ, n=6; КГ, n=3)

Показатели статистики	ЧСС АэП (уд/мин)	ПК АэП (л/мин)	ЧСС АнП (уд/мин)	ПК АнП (л/мин)	МПК (л/мин)	МММ (Вт)
Средняя арифметическая в экспериментальной группе	7.5	0.5	17	0.7	-0.4	36
Сигма	3.2	0.1	3.5	0.2	0.1	12
Достоверность изменений в экспериментальной группе	< 0.05	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.05	< 0.001
Средняя арифметическая в контрольной группе	2.1	-0.1	2.6	-0.1	-0.6	25
Сигма	3.5	0.1	3.7	0.25	0.2	10
Достоверность изменений в контрольной группе	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05	< 0.05	< 0.001
Достоверность изменений при межгрупповом сравнении	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	> 0.05

Одновременно с измерением функциональных показателей проводилось и изучение динамики легочной вентиляции и частоты сердечных сокращений во время выполнения теста со ступенчато повышающейся мощностью на велоэргометре до и после проведения тренировки с магнитной стимуляцией.

В результате было выявлено, что увеличению функциональных показателей предшествовало и снижение легочной вентиляции (ЛВ, л/мин) на стандартных ступенях мощности нагрузки, как показано на рис. 1, с мощности 75 Вт и до мощности 300 Вт, причем разница снижения легочной вентиляции до мощности аэробного порога составила $\Delta=4$ л/мин, и до мощности анаэробного порога $\Delta=11.5$ л/мин.

При сравнении динамики частоты сердечных сокращений до и после проведения магнитной стимуляции в тесте со ступенчато повышающейся мощностью на велоэргометре (рис. 2) была выявлена также тенденция к урежению пульса до мощности анаэробного порога $\Delta=4$ уд/мин. Однако после мощности анаэробного порога наблюдается тенденция к учащению пульса до окончания нагрузки равной мощности МПК ($\Delta=8$ уд/мин).

Практическая значимость полученных результатов была подтверждена выступлением на соревнованиях, где у всех спортсменов наблюдался рост личных спортивных результатов.

Максимальный прирост результата у велосипедиста участника раздельной гонки Чемпионата России улучшился на 15 мест – с 20-го по 5-е место, по собственным ощущениям спортсмена уменьшились болевые ощущения в ногах в виде «забитости мышц ног». В группе легкоатлетов максимальный результат был показан в беге на

800 м, прирост результата составил 1.8 сек, спортсмен выполнил на летнем Первенстве России норматив кандидата в мастера спорта.

В таблице 3 представлены некоторые морфологические характеристики спортсменов участников эксперимента.

Из таблицы видно, что легкоатлеты-бегуны в среднем имеют меньшую длину тела и массу тела по сравнению с велосипедистами, однако они практически не отличаются в значениях индекса массы тела, относительных показателях жировой массы и активной массы тела. Представители контрольной группы (конькобежцы-шортрек) имели по сравнению с представителями экспериментальных групп более высокие значения индекса массы тела и жировой массы тела в процентах к массе тела.

Более высокие показатели состава тела могут быть связаны с окончанием спортивного сезона для шорттрековиков. Вместе с тем представители всех трех спортивных специализаций имели значения индекса массы тела в пределах границы нормы для данного возраста и пола.

Обсуждение результатов

Ритмичное сокращение мышц под действием магнитной стимуляции с частотой 17–35 Гц вызывает активацию мышечных волокон типа I и мышечных волокон типа IIA. В них происходит трата АТФ, КрФ и ресинтез их в мышечных волокнах типа I и мышечных волокнах типа IIA с помощью аэробного гликолиза, однако длительное напряжение (5 с) может вызвать в МВ типа I и

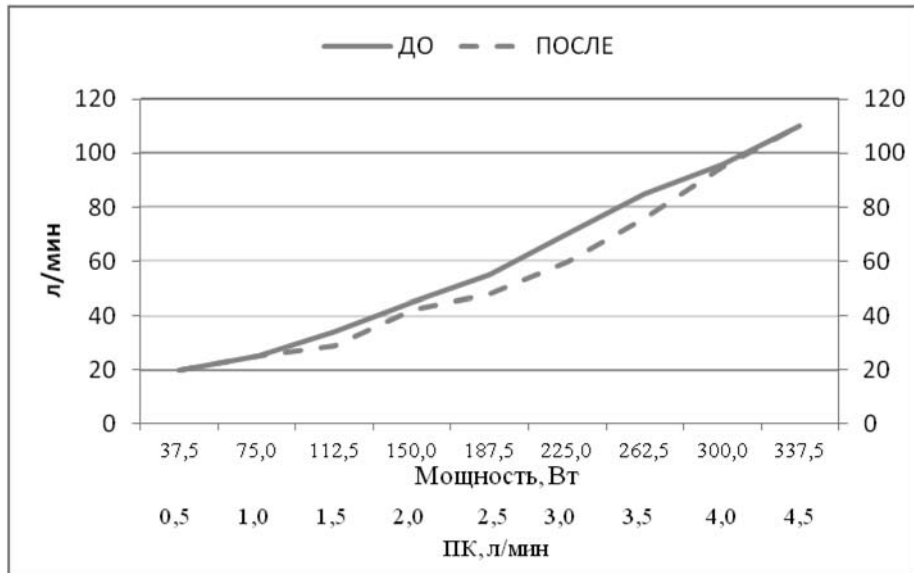


Рис. 1. Пример изменения легочной вентиляции до и после магнитной стимуляции в тесте со ступенчато повышающейся мощностью на велоэргометре у испытуемого экспериментальной группы

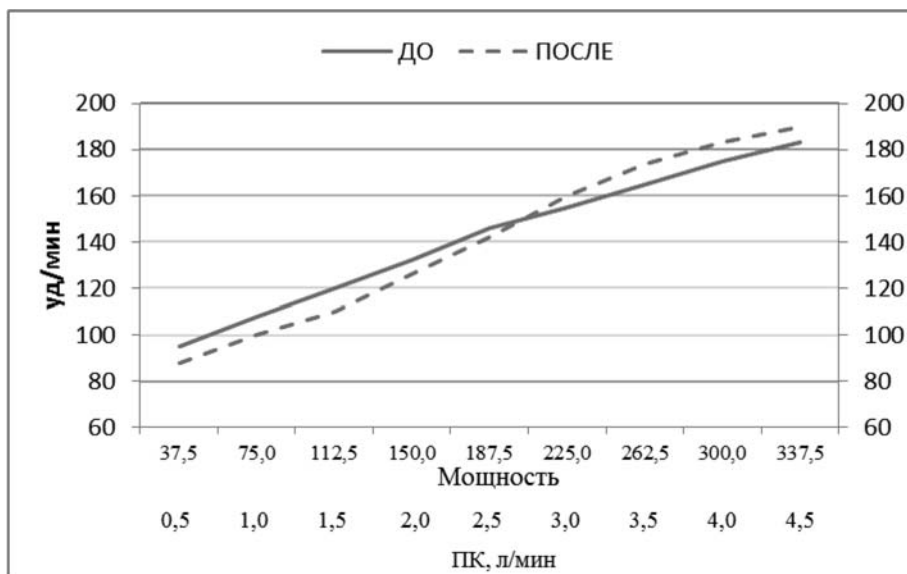


Рис. 2. Пример изменения ЧСС до и после магнитной стимуляции в тесте со ступенчато повышающейся мощностью на велоэргометре у испытуемого экспериментальной группы

МВ типа IIA неполное окисление пирувата, поэтому в мышце могла накапливаться молочная кислота. Ритмическое сокращение выдавливает кровь из вен и усиливает поступление артериальной крови к мышцам, но длительное напряжение может привести к окклюзии сосудов, явлениям гипоксии. Однако опыт показал, что за 100 сокращений на каждую ногу (по 10 сокращений на каждую ногу в течение 10 дней) существенных гипоксических явлений (локальное мышечное утомление) не возникает.

Активация аэробных процессов могло бы привести к гиперплазии митохондрий, однако, в МВ типа I строительство новых митохондрий невозможно, поскольку все миофибриллы уже до предела оплетены митохондриальной сетью. Поэтому предполагаем (гипотеза), что единственным возможным путем роста массы митохондрий в МВ типа I является рост силы МВ типа I (гиперплазия миофибрилл). Вокруг новых миофибрилл могут разрастаться новые митохондрии.

Режим магнитной стимуляции выполняется без расслабления (в течение 5 с), поэтому имеется ограниченное кровоснабжение, которое способствует созданию в МВ факторов, стимулирующих гиперплазию миофибрилл, а именно, появление свободного креатина, гормонов и умеренное закисление [Селуянов, 2005]. Мощное напряжение крупной группы мышц – разгибатели коленного сустава вызывает выделение в кровь анаболических гормонов, в частности, гормона роста [Попов и др., 2005]. Спортсмены регулярно тренировались, выполняли аэробную нагрузку с активацией окислительных и промежуточных МВ. Поэтому после серии магнитных стимуляций было одновременно получено увеличение максимальной алактатной мощности (гиперплазия миофибрилл) и потребление кислорода на уровне аэробного и анаэробного порогов. Причем без роста МПК, при увеличении ЧСС на каждой ступеньке теста. Этот факт убедительно доказывает периферическую природу роста показателей потребления кислорода на уровне АЭП и АнП.

Надо заметить, что в контрольной группе произошло только статистически достоверное ($p < 0.01$) увеличение МАМ, а показатели потребления кислорода не изменились, следовательно, не магнитная стимуляция способствовала росту потребления кислорода на уровне АЭП и АнП, а дополнительно выполняемая аэробная тренировка. Рост массы миофибрилл в МВ типа I, как мы предполагаем, стал морфологической структурой для образования новых митохондрий в ОМВ (типа I).

Аналогичные результаты были получены в диссертационном исследовании Д.М. Обухова [Обухов, 1991]. В его исследовании контрольная

группа выполняла только аэробную работу (60 мин. с мощностью на уровне АЭП) два раза в неделю, а экспериментальная выполняла такую же аэробную работу и проводила две статодинамические тренировки (развивающую и тонизирующую). Выполнялись приседы со штангой, вес которой составлял 50–60%ПМ, до боли, интервал отдыха 5 мин. Для развития силы выполняли 9 подходов, для поддержания (тонизация) – 2 подхода. В результате за 2 месяца тренировки в контрольной группе не было статистически достоверных изменений, а в экспериментальной – статистически достоверно выросла сила на 20% и потребление кислорода на уровне АнП также на 20%.

Очевидно, что сила выросла за счет ОМВ, это привело к росту потребления кислорода на уровне АнП (росту массы митохондрий).

Нам представляется, что механизм роста аэробных возможностей был одинаковый, на базе новых морфологических структур – миофибрилл ОМВ, появилась возможность для гиперплазии митохондрий в МВ типа I.

Для доказательства роста массы миофибрилл в ОМВ (МВ типа I) под действием статодинамических упражнений можно обратиться к диссертационной работе Д.В.Попова [Попов, 2007], в которой, с применением метода биопсии, было прямо показана гиперплазия миофибрилл в МВ типа I после тренировок мышц в статодинамическом режиме с интенсивностью 50% повторного максимума (ПМ).

Вместе с тем необходимо обратить внимание, что возможная гиперплазия мышечных волокон и увеличение силы мышц у представителей экспериментальных групп не отразилась достоверно на приросте активной массы тела. Данное обстоятельство дает основание предполагать, что магнитная стимуляция в определенном режиме может быть способом увеличения мышечной силы без значительного прироста мышечной массы тела. Последнее особенно актуально для видов спорта, в которых имеются ограничения по весовым категориями.

В целом, в проведенном исследовании, были получены факты в пользу периферической теории, объясняющей причины появления аэробного и анаэробного порогов.

В настоящее время магнитная стимуляция является лабораторным методом воздействия на нервно-мышечный аппарат спортсменов. В перспективе он может стать тренировочным средством в подготовке спортсменов разной квалификации. В развитие представленной работы предполагается провести исследования по двум направлениям. Во-первых, можно поработать с квалифицированными спортсменами в рамках процесса

подготовки для повышения их спортивных результативности. Во-вторых, расширить в рамках видов спорта с циклическим характером двигательной деятельности исследования по применению магнитной стимуляции в других видах спорта.

Выводы

1. Магнитная стимуляция четырехглавых мышц бедра с частотой 17–35 Гц, в изокинетическом режиме, продолжительностью 5 секунд с интервалом отдыха 5 с, с количеством по 10 раз на каждую ногу в течение 10 дней стимулирует одновременное статистически достоверное увеличение максимальной алактатной мощности, а при использовании еще и аэробных тренировок к росту потребления кислорода на уровне аэробного и анаэробного порогов при снижении показателей МПК.
2. Магнитную стимуляцию мышц спортсменов с частотами из диапазона 17–35 Гц можно рассматривать как способ увеличения аэробных возможностей и мышечной силы без значительного прироста мышечной массы тела.

Библиография

Болховских Р.Н. Применение электромиостимуляционной тренировки в соревновательный период и ее влияние на максимальную и «абсолютную» произвольную мышечную силу у тяжелоатлетов. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. М.: ГЦОЛИФК, 1975. 28 с.

Коц Я.М. Физиология мышечной деятельности: Учеб. для ин-тов физ. культ. / Под ред. Я. М. Коца. М.: Физкультура и спорт, 1982. 347 с.

Мякинченко Е.Б., Холодняк Д.Г., Селуянов В.Н. и др. Эффективность последовательного применения силовых и аэробных средств подготовки на показатели физических способностей молодых бегунов // Научный атлетический вестник, 1999. № 1. С. 1–6.

Нетреба А.И., Бравый Я.Р., Макаров В.А., Устюжанин Д.В., Виноградова О.Л. Оценка эффективности тренировки, направленной на увеличение максимальной произвольной силы без развития гипертрофии мышц // Физиология человека, 2011. Т. 37. № 6. С. 1–9.

Нетреба А.И., Попов Д.В., Бравый Я.Р., Миссина С.С., Виноградова О.Л. Физиологические эффекты низкоинтенсивной силовой тренировки без расслабления // Физиология человека, 2009. Т. 35. № 4. С. 97–102.

Нетреба А.И. Специфические изменения скоростно-силовых возможностей скелетных мышц под влиянием тренировки в изотоническом и изокинетическом режимах мышечного сокращения и при гипокинезии. Автореферат дис. ...канд. биол. наук. М., 2007. 28 с.

Нетреба А.И., Шенкман Б.С., Попов Д.В., Вдовина А.Б., Боровик А.С., Бравый Я.Р., Шарова А.П., Хотченков В.П., Стеханова Т.Н., Виноградова О.Л. Креатин как метаболический модулятор структуры и функции скелетных мышц при силовой тренировке у человека. Эргогенные и метаболические эффекты // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова, 2006. Т. 92. № 1. С. 112–122.

Обухов С.М. Методика развития локальной мышечной выносливости у бегунов на средние дистанции 13–17 лет. Автореф. дис. ...канд. пед. наук. М.: ГЦОЛИФК, 1991. 21 с.

Попов Д.В., Цвиркун Д.В., Нетреба А.И., Тарасова О.С., Простова А.Б., Ларина И.М., Боровик А.С., Виноградова О.Л. Увеличение мышечной массы и силы при низкоинтенсивной силовой тренировке без расслабления связано с гормональной адаптацией // Физиология человека, 2006. Т. 32. С. 121–127.

Попов Д.В. Факторы, ограничивающие аэробную работоспособность на уровне отдельной мышцы у людей с различным уровнем тренированности. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2007. 28 с.

Попов Д.В., Бравый Я.Р., Лемешева Ю.С., Миссина С.С., Линде Е.В., Воронов А.В., Виноградова О.Л. Прогнозирование спортивного результата конькобежцев-многоборцев по данным физиологического тестирования // Теория и практика физической культуры, 2008. № 9. С. 40–43.

Попов Д.В., Миссина С.С., Лемешева Ю.С., Любаева Е.В., Боровик А.С., Виноградова О.Л. Финальная концентрация лактата в крови и аэробная работоспособность // Физиология человека, 2010. Т. 36. № 3. С. 102–109.

Селуянов В.Н., Мякинченко Е.Б., Холодняк Д.Г., Обухов С.М. Физиологические механизмы и методы определения аэробного и анаэробного порогов // Теория и практика физической культуры, 1991. № 10. С. 10–18.

Gallagher D., Heymsfield S.B., Heo M., Jebb S.A., Murgatroyd P.R., Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index // Amer. J. Clin. Nutr., 2000. Vol. 72. P. 694–701.

Popov D., Bravy Y., Lemesheva Y., Makarov V., Vinogradova O. Prediction of running performance for top level triathletes using physiological indices // 15-th Annual Congress of the ECSS, 2010. P. 310.

Saltin B. Physiological adaptation to physical conditioning. Old problems revisited // Acta Med. Scand. Suppl., 1989. Vol. 711. P. 11–24.

Skinner J.S., MacLellan T.H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism // Res. Q. Ex. Sport, 1980. Vol. 51. N 1. P. 234–248.

Контактная информация:

Попов Григорий Иванович: e-mail: gpopovhome@rambler.ru;

Малхасян Эдуард Арамович: e-mail: ed_malh@mail.ru;

Маркарян Вардануш Степановна:

e-mail: vstepmarkaryan@mail.ru;

Калинин Евгений Михайлович: e-mail: emkalinin@gmail.com;

Селуянов Виктор Николаевич: e-mail: vns21@yandex.ru.

INFLUENCE OF RHYTHMICAL MAGNETIC STIMULATION AS A WAY OF INCREASE IN AEROBIC POSSIBILITIES OF MUSCLES

G.I. Popov, E.A. Malkhasyan, V.S. Markaryan, E.M. Kalinin, V.N. Seluyanov

Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow

Introduction. *Research objective-studying of influence of rhythmical magnetic stimulation of quadriceps femoris muscles of a hip of both feet on integrative indicators of aerobic readiness of athletes of three various sports specializations.*

Materials and methods. *Equipment: magnetic stimulator of MAGSTIM RAPID (Magstim Company Ltd, Spring Gardens, UK), inertial dynamometer of BIODEX SYSTEM 4 (Biodex Medical Systems, NY, USA), veloergometer MONARK Ergomedic 828E (Monark, Sweden), gas analyzer of METALYZER 3B (Cortex, Germany).*

Participants: *three cyclists (master of sports); three runners on average distances (candidates for the master of sports); three skaters – short-track (masters of sports).*

All participants – students of University of the physical education, acting athletes. Experience of occupations of 6 years. Age of 18–20 years. The total sizes of a body, index of weight of a body, fatty and active mass of a body as a percentage were defined.

Results and discussion. *Rhythmical reduction of muscles under the influence of magnetic stimulation with a frequency of 17-35 Hz causes activation of muscular fibers type I and muscular fibers type IIA. In them there is an expenditure of ATF, KRF and resynthesis them in muscular fibers (MF) type I and IIA by means of aerobic glycolysis. Rhythmic reduction squeezes out blood from veins and strengthens intake of arterial blood to muscles. Experience showed that for 10 reductions for 10 days for each leg of the essential hypoxemic phenomena (local muscular exhaustion) doesn't arise. The mode of magnetic stimulation is carried out without a relaxation (during 5 s) therefore there is a limited blood supply which promote creation in MF of the factors stimulating a hyperplasia of miofibril, namely, emergence of free kreatine, hormones and moderate acidulation. The powerful tension of large group of muscles – extensor of a knee joint causes allocation in blood of anabolic hormones, in particular, growth hormone. Athletes regularly trained, carried out aerobic loading with activation of oxidizing and intermediate MF. Therefore after a series of magnetic stimulations the increase in the maximum alaktatny power (a hyperplasia of miofibrils) and oxygen consumption at the level of aerobic and anaerobic thresholds was at the same time received. The peripheral nature of growth of indicators of consumption of oxygen at the level of AET and ANT is proved. In control group occurred only statistically reliable ($p < 0.01$) increase in maximal alactate power (MAP), and indicators of consumption of oxygen didn't change, therefore, not magnetic stimulation promoted growth of consumption of oxygen at the level of AET and ANT, and in addition carried out aerobic training. Force grew at the expense of OMF, it led to growth of consumption of oxygen at the level of ANT (growth of weight of mitochondrions). The mechanism of growth of aerobic opportunities was identical, on the basis of new morphological structures – miofibrils OMF. There was an opportunity for a hyperplasia of mitochondrions in MF type I. Hyperplasia of muscular fibers and increase in force of muscles at representatives of experimental groups wasn't reflected authentically in a gain of active weight of a body. As a whole, in the conducted research, the facts in favor of the peripheral theory explaining the reasons of emergence of aerobic and anaerobic thresholds were received.*

Conclusions: *Magnetic stimulation of quadriceps femoris muscles of a hip with a frequency of 17–35 Hz, in an isokinetic mode, lasting 5 s with an interval of rest 5 s with, for 10 times for each leg during 10 days, stimulates simultaneous statistically reliable increase in the maximum alaktatny power, and when using also aerobic trainings to growth of consumption of oxygen at the level of aerobic and anaerobic thresholds at decrease in indicators of MCO. Magnetic stimulation of muscles of athletes with frequencies from the range of 17–35 Hz can be considered as a way of increase in aerobic possibilities and muscular force without a reliable gain of muscular weight of a body.*

Keywords: *testing, magnetic stimulation, indirect calorimetry, total sizes of a body, index of weight of a body, fatty, active mass of a body*