

15. Раменская, Т.И. Специальная подготовка лыжника: учебная книга / Т.И. Раменская. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 228 с.

16. Макарова, Г.А. Медицинский справочник тренера / Г.А. Макарова, С.А. Локтев. – М.: Советский спорт, 2005. – 586 с.

17. Мелехова, М.А. Кинетика лактата в крови при напряженной мышечной деятельности / М.А. Мелехова // Проблемы оптимизации тренировочного процесса. – М., 1978. – С. 76–84.

18. Листопад, И.В. Взаимосвязь скорости исчезновения лактата из периферической крови со скоростью передвижения и метаболическим статусом организма высококвалифицированных лыжников-гонщиков / И.В. Листопад // Мир спорта. – 2010. - № 4. – С. 3–7.

01.03.2013

УДК 612.816

ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА СПОРТСМЕНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВИБРАЦИОННЫХ УПРАЖНЕНИЙ

А.А. Михеев, д-р пед. наук, д-р биол. наук, доцент,
НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь

Н.А. Михеев, О.И. Белевич, М.В. Джамилашвили,
Академия МВД Республики Беларусь

Аннотация.

Проведено исследование влияния виброимпульсации и на биоэлектрическую активность мышц конечностей. Выявлено, что показатели биоэлектрической активности т. rectus femoris достоверно повышаются после 3-дневного тренинга с суммарной продолжительностью вибронгрузки 42 минуты. После проведения трех стимуляционных занятий биоэлектрическая активность т. rectus femoris достоверно ($p < 0,05$) возросла по показателям средней амплитуды ЭМГ левой ноги на 63 %, правой ноги – на 135 %.

DYNAMICS OF CONDITION OF THE NEUROMUSCULAR SYSTEM OF SPORTSMEN ON THE INFLUENCE OF VIBRATION TRAINING

Abstract.

Research of influence of vibration stimulation on bioelectric activity of lower extremities of sportsmen is carried out. It is shown that indicators of bioelectric activity of m. rectus femoris authentically increase after 3 day of special trainings with 42 minutes of the total duration of vibration. After 3 stimulation sessions bioelectric activity of the m. rectus femoris ($p < 0,05$) increased authentically on indicators of average amplitude of EMG of the left leg on 63 %, the right leg – on 135 %.

Введение.

Известно, что механическая эффективность рабочих усилий мышц определяется и лимитируется мощностью потока эффекторной импульсации, идущей из центральной моторной зоны к мотонейронам. В свою очередь, повышенная интенсивность работы мышц активизирует все физиологические и биохимические системы организма, обеспечивающие выполнение работы. Мощность центральной импульсации задается двига-

тельной программой. Однако ее конкретные значения уточняются требованиями, предъявляемыми условиями работы мышц и поступающими в ЦНС по афферентным нервным волокнам импульсами. Чем большая интенсивность работы требуется от мышц, тем большую мощность центральной импульсации они запрашивают. И если текущие возможности ЦНС не могут ее обеспечивать, необходима специальная тренировка, стимулирующая способность центральной моторной зоны генерировать более мощный поток афферентной импульсации. Предполагается, что основой такого тренинга могут быть вибрационные упражнения) [1].

Целью исследования явилась нейрофизиологическая объективизация влияний виброиостимуляции на нервно-мышечный аппарат спортсменов.

В *задачи исследования* входило посредством данных поверхностной ЭМГ проведение сравнительного анализа изменений биоэлектрической активности мышц нижних конечностей при выполнении динамических упражнений, в том числе определение особенностей динамики амплитудных и частотных характеристик мышц в процессе выполнения серии стимуляционных занятий, а также определение минимально достаточной дозы стимуляционной нагрузки в серии смежных занятий.

Методы и материалы.

Исследование биоэлектрической активности мышц нижних конечностей выполнялось методом электромиографии (ЭМГ). Была использована методика поверхностной ЭМГ *m. rectus femoris*, *m. triceps brahii*, *m. biceps brahii*. Для исследований использовался компьютеризированный комплекс «Нейромиограф-01-МБН» (Россия).

Методика регистрации интерференционной поверхностной ЭМГ включала установку параметров регистрации электромиографа, использование специальных электродов, выбор мышц и режима регистрации.

Для установки параметров регистрации фильтр низких частот устанавливался на 10 кГц, фильтр высоких частот устанавливался для режима произвольного напряжения мышц – 2 Гц. Скорость разверстки экрана устанавливалась на 200 мс/дел, что составляет стандартную скорость – 50 мм/с. При регистрации поверхностной ЭМГ использовались биополярные накожные электроды дБ. Межэлектродное расстояние составляло 15–20 мм.

Активный электрод располагался над брюшком мышцы (в проекции двигательной зоны или двигательной точки мышцы), референтный – над сухожилием или костным выступом, т.е. продольная ось биополярного электрода располагалась вдоль мышцы. Заземляющий электрод располагался дистальнее места исследования. Электроды фиксировались над мышцей при помощи лейкопластыря и манжет.

Исследования проводили в режиме максимального произвольного напряжения скелетной мускулатуры.

Анализ суммарной электромиограммы проводили по амплитудным характеристикам, частоте, а также исследовали амплитуду и частоту турна.

Амплитуда и частота интерференционной кривой отражает суммарную активность задействованных при максимальном мышечном сокращении двигательных единиц. Двигательная единица (ДЕ) – это комплекс, состоящий из периферического мотонейрона, его аксона и группы мышечных волокон, иннервируемых этим аксоном.

Турн – перегиб сигнала (смена знака производной функции сигнала) с последующим его изменением (приращением или убыванием более чем на 100 мкВ без перегибов (без смены знака производной функции сигнала). Амплитуда турна – модуль разности сигнала в точке турна и амплитуды сигнала в точке предшествующего турна. Характер биоэлектрической активности анализировали на основании облачной диаграммы зависимости средней амплитуды турна – частоты турна [2].

Описание таких показателей ЭМГ, как средняя амплитуда и частота ЭМГ в исследуемой выборке спортсменов, является важным этапом научного анализа данных

электромиографии, так как клиническая оценка состояния скелетной мускулатуры опирается именно на эти параметры. В режиме максимального произвольного напряжения у здоровых людей в норме регистрируется насыщенная ЭМГ (интерференционная ЭМГ) амплитудой выше 300 мкВ. Клиническая норма этого показателя колеблется в пределах от 400 до 600 мкВ. Активность менее 300 мкВ свидетельствует о недостаточном развитии мышц произвольного усилия. При этом считается, что между силой мышц и амплитудой ЭМГ максимального произвольного усилия имеется прямо пропорциональная зависимость. При максимальном произвольном усилии активизируется большое количество ДЕ мышцы. Часть ДЕ работает в случайном режиме, другие – синхронно. В результате этого ЭМГ максимального произвольного усилия представляет собой результат алгебраического суммирования потенциала действия (ПД) огромного количества ДЕ и не позволяет в нормальных условиях выделить ПД отдельных ДЕ. Неслучайно такая ЭМГ называется интерференционной или суммарной. Амплитуда интерференционной ЭМГ используется для оценки величины усилия, развиваемого мышцей. Исследование поверхностной ЭМГ позволяет ориентировочно оценить сократительную способность мышцы. Улучшение на ЭМГ числа высоких осцилляций сопровождается наиболее согласованным возбуждением мышечных волокон и указывает на улучшение функционального состояния нервно-мышечного аппарата.

Помимо амплитуды, изучалась микроструктура ЭМГ, т. е. число колебаний ЭМГ, пересекающих нулевую линию. В норме эта величина (частота, измеряемая в Гц) равна 40–60 колебаний в секунду.

Высокие амплитудные, частотные характеристики, а также амплитуда и частота турна свидетельствуют о хорошей активизации и синхронизации высокопороговых (быстро сокращающихся) ДЕ и низкопороговых (медленно сокращающихся) ДЕ. Амплитудные характеристики суммарной ЭМГ могут быть использованы в оценке скоростно-силовых способностей спортсменов и динамике изменений этих показателей в ходе тренировок; спектральные характеристики могут быть полезны для ранней диагностики мышечного утомления [3–5]. Синхронизация активности различных ДЕ во времени способствует развитию мышц большей силы. При небольшом напряжении ДЕ работают несинхронно. При этом каких-либо колебаний силы в целой мышце не ощущается. По данным ряда исследователей между суммарной ЭМГ и силой, образуемой мышцами, отмечается тесная взаимосвязь [6, 7].

При этом если амплитудные характеристики суммарной ЭМГ у спортсменов находятся в рамках клинической нормы, а частотные – на уровне нормы или превышают таковую, это указывает на преимущественную активизацию и синхронизацию низкопороговых двигательных единиц мышц (на выносливость). Высокие амплитудные характеристики и высокая частота ЭМГ свидетельствуют об активизации и синхронизации высокопороговых (быстро сокращающихся) ДЕ и активизацию силового потенциала.

Для моделирования вибрационной нагрузки использовались электромеханические тренировочные устройства отечественного производства. Частота вибрации составляла 30 Гц, амплитуда перемещения вибротода 4 мм.

В исследованиях приняли участие 8 высококвалифицированных дзюдоистов мужского пола. Средние характеристики в группе испытуемых для возраста $21,5 \pm 3,8$ лет составляли: масса тела $74,3 \pm 2,1$ кг, длина тела – $176,7 \pm 2,5$ см, масса мышечной ткани – $38,9 \pm 2,7$ %, масса жировой ткани – $16,6 \pm 2,2$ %, стаж занятий спортом – $11,5 \pm 2,5$ лет.

Испытуемые на протяжении 2-х недель выполняли экспериментальную программу стимуляции, которая состояла из шести сеансов воздействия дозированной вибрацией, по три сеанса на каждой неделе. Вибрационная тренировка подразумевала выполнение вибрационных упражнений динамического характера в повторном режиме.

Для корректности сравнения результатов исследований упражнения, предлагаемые участникам экспериментальной группы, были унифицированы. В каждом упражнении вибростимуляции подвергались мышцы рук и ног. Для этого испытуемым было предложено выполнять комбинированное упражнение, состоящее из двух частей, следующих друг за другом без перерыва: сгибаний–разгибаний рук в упоре сидя сзади и приседаний с опорой на вибротренажеры в темпе 1 цикл движения за 1 секунду. Испытуемые прекращали выполнение упражнения после того, как темп упражнения снижался, что являлось признаком наступления утомления. На каждой из тренировок испытуемые выполняли по 8 подходов описанного выше комбинированного упражнения. Интервалы отдыха между подходами составляли 3–5 минут (до полного восстановления). Средняя продолжительность каждого сеанса вибромиостимуляции составляла 854 ± 35 секунд.

После каждой стимуляции испытуемым предоставлялся один день отдыха, а после третьей стимуляции – два дня.

Всего было выполнено три блока электромиографических исследований. Первое тестирование было проведено до начала стимуляций и фиксировало исходное состояние нервно-мышечного аппарата испытуемых. Второе тестирование состоялось через два дня после окончания первого этапа стимуляций, состоящего из трех тренировок. Третье заключительное тестирование было проведено через два дня после окончания программы, состоящей из 6-ти стимуляций.

Данные, полученные в результате исследований, были обработаны с помощью методов математической статистики с целью оценки достоверности полученных характеристик. Все расчеты производились согласно общепринятым требованиям математико-статистической обработки с помощью компьютерной программы Statistica, версия 6.0 для Windows.

Результаты и обсуждение.

Результаты сравнительного анализа среднегрупповых параметров суммарной электромиографии скелетной мускулатуры у испытуемых экспериментальной группы до и после курса вибромиостимуляции, представленные на рисунках 1–4, свидетельствуют о наличии достоверных изменений по анализируемым показателям ЭМГ. Были выявлены определенные тенденции в динамике показателей, которые позволили сделать обоснованные выводы относительно минимально достаточной дозы комбинированной стимуляционной нагрузки в серии тренировочных занятий.

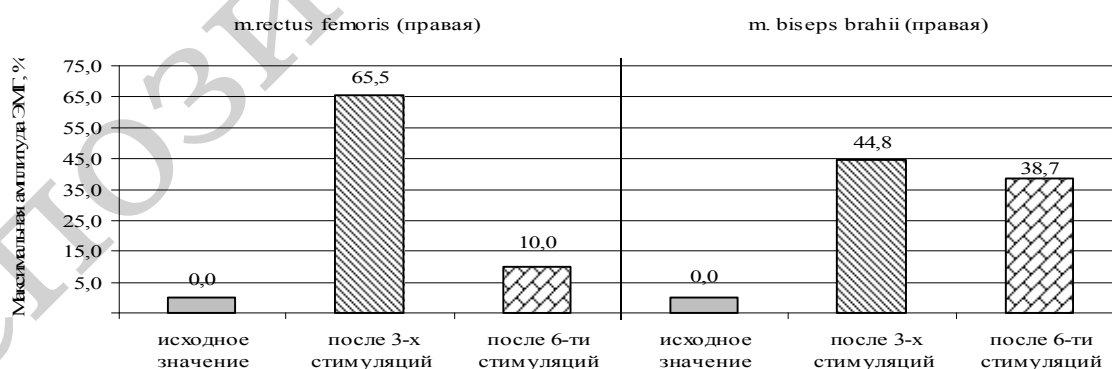


Рисунок 1 – Динамика средней амплитуды ЭМГ мышц ног (m. rectus femoris) и рук (m. triceps brachii) в процессе выполнения 6-ти сеансов вибромиостимуляции в сочетании с магнитотерапией

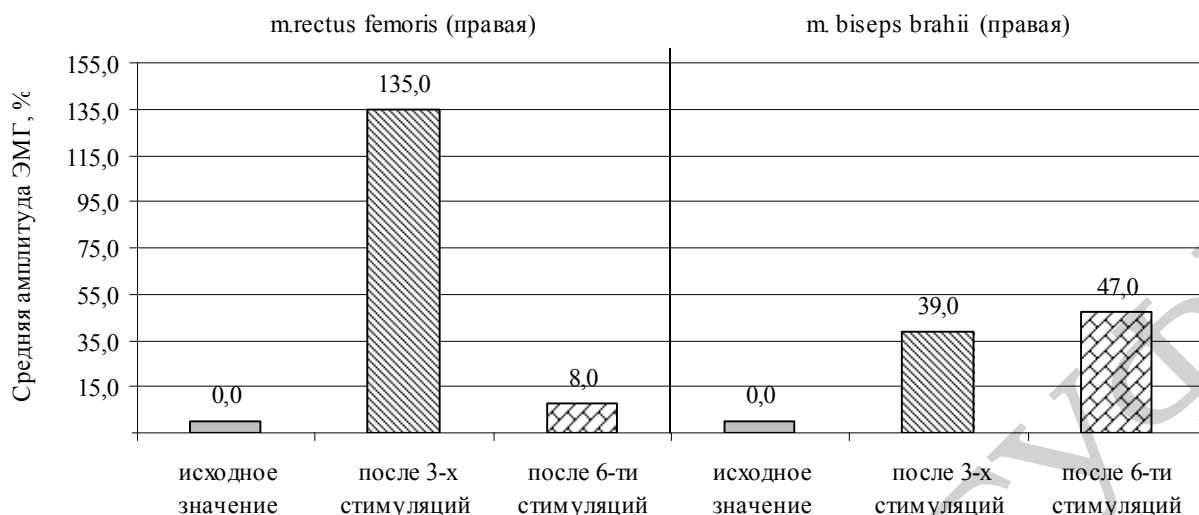


Рисунок 2 – Динамика максимальной амплитуды ЭМГ мышц ног (m. rectus femoris) и рук (m. triceps brachii) в процессе выполнения 6-ти сеансов вибромиостимуляции в сочетании с магнитотерапией

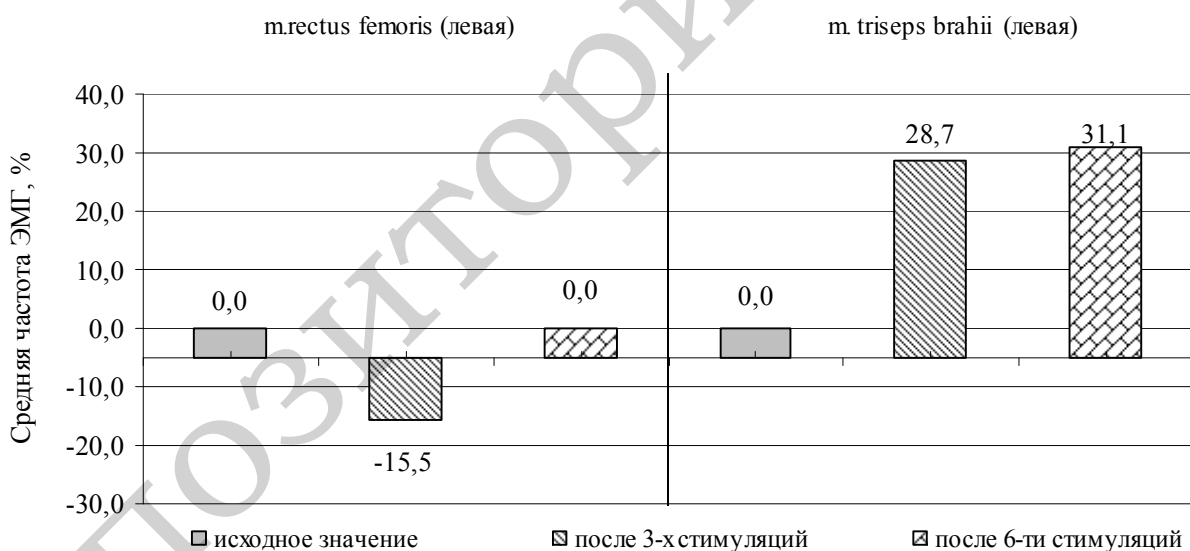


Рисунок 3 – Динамика средней частоты ЭМГ мышц ног (m. rectus femoris) и рук (m. triceps brachii) в процессе выполнения 6-ти сеансов вибростимуляции в сочетании с магнитотерапией

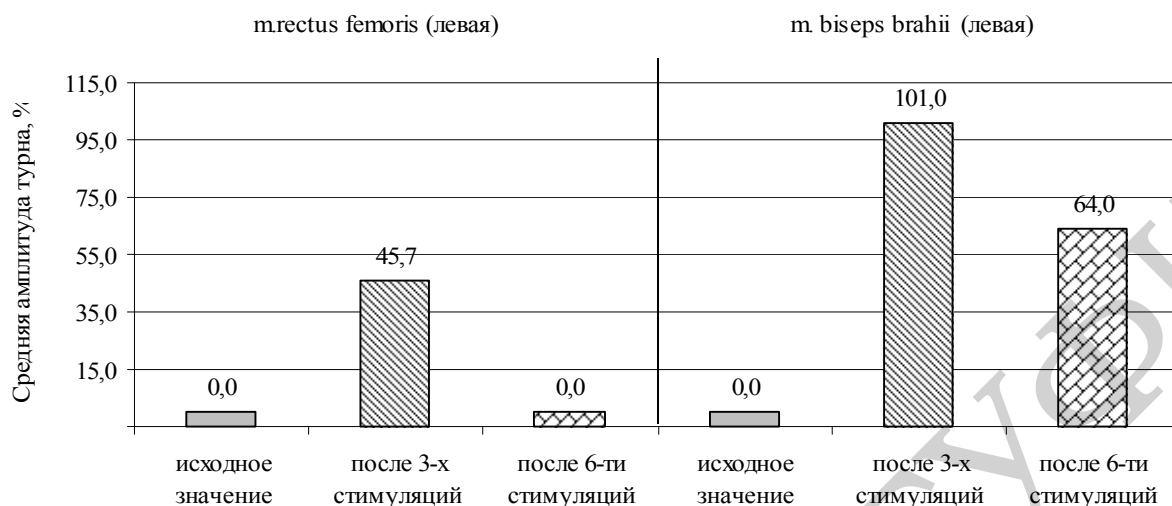


Рисунок 4 – Динамика средней амплитуды ЭМГ мышц ног (*m. rectus femoris*) и рук (*m. triceps brachii*) в процессе выполнения 6-ти сеансов вибромиостимуляции в сочетании с магнитотерапией

Параметры амплитудных значений биоэлектрической активности *m. rectus femoris*, *m. triceps brachii*, *m. biceps brachii* находились в пределах нормы. При этом отмечено характерное наличие значительного числа высоких осцилляций по всем анализируемым мышцам. Частотные характеристики суммарной ЭМГ находились или в рамках клинической нормы или незначительно превышали таковую.

Комплекс данных биоэлектрической активности мышц ног (*m. rectus femoris*) показал, что после проведения трех стимуляционных занятий произошло достоверное ($p < 0,05$) увеличение средней амплитуды ЭМГ (левая нога – 63 %, правая – 135 %) и максимальной амплитуды ЭМГ (левая нога – 14 %, правая – 65,5 %) при одновременном уменьшении средней частоты (левая нога – 15,5 %, правая – 21,9 %) (рисунок 1–4).

Средняя амплитуда турна также достоверно увеличилась после трех стимуляций. Прирост составил 45,8 % при неизменной величине частоты турна. Последующие три стимуляции вызвали уменьшение показателей средней и максимальной амплитуды ЭМГ, а также средней амплитуды турна *m. rectus femoris* обеих ног практически до исходных значений. При этом средняя частота ЭМГ *m. rectus femoris* как правой, так и левой ноги увеличилась до первоначального уровня. Динамика частоты турна во всех обследованиях практически не изменялась.

Комплекс данных биоэлектрической активности мышц рук показал, что динамика биоэлектрической активности *m. triceps brachii* в процессе проведения стимуляций была отлична от динамики ЭМГ *m. rectus femoris* как по показателям средней и максимальной амплитуды ЭМГ, так и по показателям частоты ЭМГ. Так, после проведения трех стимуляционных занятий выявлено недостоверное увеличение средней и максимальной амплитуды ЭМГ *m. triceps brachii* левой руки (соответственно 11,2 % и 10,8 %) и достоверное ($p < 0,05$) увеличение средней и максимальной амплитуды ЭМГ *m. triceps brachii* правой руки (соответственно 47,0 % и 60,1 %). После шести занятий средняя амплитуда мышц правой руки достоверно увеличилась на 55,0 % относительно исходных величин и на 5 % относительно данных второго обследования, то есть наблюдалось постоянное увеличение показателя во всех обследованиях.

Средняя частота мышц левой руки, в отличие от биоэлектрической активности мышц ног, после трех занятий достоверно ($p < 0,05$) увеличилась на 28,7 %, а после шести

занятий – на 31,1 % относительно исходного значения. Такая же тенденция при недостоверных различиях наблюдалась в динамике средней частоты ЭМГ мышц правой руки.

Средняя амплитуда турна *m. triceps brachii* также имела динамику, отличную от динамики амплитуды турна мышц ног. По мере проведения стимуляций этот показатель недостоверно, но постоянно увеличивался. Динамика частоты турна во всех обследованиях практически не изменялась

Комплекс данных биоэлектрической активности мышц рук показал, что динамика биоэлектрической активности *m. biceps brachii* в процессе проведения стимуляций была идентична динамике биоэлектрической активности *m. triceps brachii* и, соответственно, отлична от ЭМГ мышц ног. Так, средняя амплитуда ЭМГ левой руки достоверно ($p < 0,05$) увеличилась после окончания серии стимуляций на 66,4 % (после третьего занятия на 85,9 %, $p < 0,05$, то есть несколько уменьшилась, но осталась на высоком уровне). Показатель правой руки увеличивался постоянно по сравнению с исходным значением и достиг после третьего занятия 39,1 %, $p < 0,05$, а после шестого – 47,1 %. Максимальная амплитуда ЭМГ *m. biceps brachii* левой и правой руки также увеличилась к третьему занятию (85,9 % и 44,8 %), а после завершения программы стимуляции несколько уменьшилась по сравнению со вторым обследованием, но все-таки была достоверно ($p < 0,05$) выше исходных значений соответственно на 58,3 % и 38,7 %. Средняя амплитуда турна левой *m. biceps brachii* при такой же динамике достоверно ($p < 0,05$) увеличилась к концу программы на 64,1 % (после третьего занятия – 101 %), правой – на 32,9 % (после третьего занятия – 26,2 %). Динамика частоты турна во всех обследованиях практически не изменялась.

Выводы.

1. Динамика амплитудных и частотных характеристик мышц ног и рук имеет свои особенности. Абсолютные значения средней и максимальной амплитуды ЭМГ, а также показатели средней амплитуды турна мышц ног достигали своего максимума после трех стимуляционных занятий, а после шести стимуляций уменьшались до исходных значений. При этом средняя частота ЭМГ, напротив, после трех стимуляционных сеансов достигала минимальных значений, а после шести сеансов возрастала до первоначальных величин. Для достоверного увеличения силового потенциала мышц ног требуется серия, состоящая из 3-х занятий с применением комбинированного метода вибростимуляции в сочетании с общей магнитотерапией. Оптимальная суммарная доза вибрационной нагрузки составляет 42 минуты и складывается из трех однократных доз, продолжительностью 14 минут, составляющих серию стимуляционных занятий. Оптимальная суммарная экспозиция ОМТ составляет 60 минут и складывается из 3-х сеансов, продолжительностью 20 мин каждый, выполняемых в комбинации с вибрационной стимуляцией.

2. Абсолютные значения средней и максимальной амплитуды ЭМГ, а также показатели средней амплитуды турна и средней частоты ЭМГ мышц рук возрастали либо постоянно от начала и до конца программы стимуляции и достигали своего максимума после шести стимуляционных занятий, либо достигали своего максимума после трех стимуляций и далее при некотором уменьшении сохранялись на высоком уровне. Для достоверного увеличения силового потенциала мышц рук требуется серия, состоящая из 6-ти занятий с применением комбинированного метода вибростимуляции в сочетании с общей магнитотерапией. Оптимальная суммарная доза вибрационной нагрузки составляет 84 минуты и складывается из 6-ти однократных доз, продолжительностью 14 минут, составляющих серию стимуляционных занятий. Оптимальная суммарная экспозиция ОМТ составляет 120 минут и складывается из 6-ти сеансов, продолжительностью 20 мин каждый, выполняемых в комбинации с вибрационной стимуляцией.

Список использованных источников

1. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсмена / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 331 с.
2. Wilson, B.D. Toppling Techniques in diving, Research Quarterly / B.D. Wilson. – 1977. – № 48. – P. 800–804.
3. Komi, P.V. Relevance of in vivo force measurements to human biomechanics / P.V. Komi // Journal of Biomechanics. – 1990. – Suppl. 1, № 23. – P. 23–34.
4. Lindstrom, L. Muscular fatigue and action potential conduction velocity of changes studied with frequency analysis of EMG signals / L. Lindstrom, R. Magnusson, J. Petersen // Electromyography. – 1970. – Vol. 10, № 1. – P. 341–356.
5. Hägg, G.M. Interpretation of EMG spectral alterations and alteration indexes at sustained contraction / G.M. Hägg // Journal of Applied Physiology. – 1992. – № 73. – P. 1211–1217.
6. Bigland-Ritchie, B. EMG force relations and fatigue of human voluntary contractions. Exercise and sport sciences reviews / B. Bigland-Ritchie. – Philadelphia: Franklin Institute, 1981. – Vol. 9. – P. 75–117.
7. Fuglevand, A.J. Models of recruitment and rate coding organization in motorunit pools / A.J. Fuglevand, D.A. Winter, A.E. Patla // Journal of Neurophysiology. – 1993. – № 70. – P. 2470–2488.

03.10.2012

УДК 611.018.53

**ВЛИЯНИЯ ДОЗИРОВАННОЙ ВИБРОМИОСТИМУЛЯЦИИ
НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛОЙ КРОВИ У СПОРТСМЕНОВ**

**А.А. Михеев, д-р пед. наук, д-р биол. наук, доцент,
И.Л. Рыбина, канд. биол. наук,
НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь;
Н.А. Михеев,
Академия МВД Республики Беларусь**

Аннотация.

Изучалось влияние дозированной вибрационной тренировки (ДВТ) на динамику показателей лейкоцитарного звена системы кроветворения. В исследованиях приняли участие 20 спортсменов мужского пола одного возраста и спортивной квалификации, разделенных на контрольную и экспериментальную группы по 10 человек в каждой. Экспериментальная группа выполняла программу вибротренинга, а контрольная тренировалась по традиционным методикам. Показано, что сочетанная нагрузка в виде динамического упражнения с применением вибрации на первых занятиях является более мощным фактором, чем аналогичная физическая нагрузка без применения вибро-воздействий. Наиболее выраженная динамика лейкоцитов и тромбоцитов в серии стимуляционных занятий наблюдается после первых двух тренировок при небольших дозах вибрационной нагрузки, в сумме составляющей всего 3, 5 и 7 мин. Адаптация лейкоцитарного и тромбоцитарного ростков кроветворения на применение тренировочных серий, состоящих более чем из трех стимуляционных занятий, характеризующаяся достоверным снижением этих показателей.