УДК 796.01:612
ББК 75.0
Б 63

Чермит К.Д.
Доктор педагогических наук, доктор биологических наук, профессор, проректор по учебной работе Адыгейского государственного университета, тел. 89184259818, e-mail: Chermit@adygnet.ru
Шаханова А.В.
Доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой физиологи факультета естествознания, проректор по научной работе Адыгейского государственного университета, тел. 89184201021, e-mail: Dissagu@yandex.ru
Баладжан А.Н.
Старший преподаватель кафедры музыкально-исполнительских дисциплин института искусств Адыгейского государственного университета, тел. 89094714610
Заболотний А.Г.
Кандидат педагогических наук, доцент кафедры физического воспитания института физической культуры и дзюдо, директор центра «Здоровье» Адыгейского государственного университета, тел. 89286620738, e-mail: Zabolotniy-tol1@yandex.ru

Биоэлектрическая характеристика мануальных действий дирижеров

(Рецензирована)

Аннотация
Путем регистрации интерференционной поверхностной электромиограммы исследована биоэлектрическая активность мышц в ходе реализации профессиональных двигательных навыков дирижеров, опреснены типы паттернов ЭМГ, характерные мануальным действиям дирижера.
Ключевые слова: *электромиограмма (ЭМГ), дирижирование, биоэлектрическая активность мышц, типы паттернов ЭМГ.*

Chermit K.D.
Doctor of Pedagogy, Doctor of Biology, Professor, Vice-Rector for Educational Work at Adyghe State University, ph. 89184259818, e-mail: Chermit@adygnet.ru
Shakhanova A.V.
Doctor of Biology, Professor, Head of Physiology Department of Natural Science Faculty, Vice-Rector for Scientific Work at Adyghe State University, ph. 89184201021, e-mail: Dissagu@yandex.ru
Baladzhan A.N.
Senior Lecturer of Music Performance Disciplines Department of Institute of Arts, Adyghe Srare University, ph. 89094714610
Zabolotniy A.G.
Candidate of Pedagogy, Associate Professor of Physical Education Department, Institute of Physical Training and Judo, Director of «Health» Centre at Adyghe State University, ph. 989286620738, e-mail: Zabolotniy-tol1@yandex.ru

The electrobiological characteristic of the conductor's manual actions

Abstract
The paper examines the electrobiological activity of muscles during the implementation of conductor's professional motor skills by recording the interference surface electromyogram. The types of the EMG patterns, characteristic of manual actions of conductors are desalinated.
Key words: *electromyogram (EMG), conducting, electrobiological activity of muscles, types of the patterns of EMG.*

Появление современных электромиографов, предусматривающих компьютерную обработку результатов, обеспечивает новые возможности исследования закономерностей функционирования скелетных мышц в процессе профессиональной деятельности человека.

Разработка методики профессионально-прикладной физической подготовки будущих учителей музыки, в том числе и будущих дирижеров, невозможна без определения физических способностей, необходимых для выполнения дирижирования. Визуальный анализ дирижирования говорит о специфичности каждого жеста. В основе их реализации лежит координационная работа мышц и особенности развития физических способностей (сила, быстрота), лабильность и надежность навыка, прочность рабочей доминанты, доведенная до автоматизма моторная программа.

В создании моторных программ в процессе дирижирования принимают участие многие нейроны коры, мозжечка, таламуса, подкорковых ядер и ствола мозга. Это процесс обеспечивается широкой иррадиацией возбуждения по различным зонам мозга и у начинающих дирижеров сопровождается стадией генерализации, которая характеризуется напряжением большого числа активированных скелетных мышц, их продолжительным сокращением, одновременным вовлечением в движения мышц-антагонистов, отсутствием интервалов в ЭМГ во время расслабления мышц [1-7]. Все это нарушает координацию движений, делает их закрепощенными, приводит к значительным энерготратам. Однако в результате многократного повторения дирижерских жестов происходит совершенствование моторной программы и приближение ее к заданному эталону, отделение основных рабочих мышечных групп от посторонних за счет концентрации возбуждения в необходимых корковых зонах для осуществления координированного выполнения двигательного акта [3].

Также известно, что при статических усилиях форма ЭМГ имеет непрерывный вид, а при динамической работе – вид отдельных пачек импульсов, приуроченных, в основном, к начальному моменту сокращения мышцы и разделенных периодами «электрического молчания». Особенно хорошо ритмичность подобных пачек импульсов наблюдается при циклической работе [8-14 и др.]. К управлению ритмическими движениями непосредственное отношение имеют активирующие и угнетающие отделы ретикулярной формации, влияющие на силу и темп сокращения мышц, а также подкорковые ядра, которые организуют автоматическое их протекание и содружественные движения конечностей. Плавность ритмических движений обеспечивают премоторные отделы коры [10].

В исследовании участвовали на добровольной основе опытные дирижеры из числа преподавателей и лучших студентов института искусств Адыгейского государственного университета в количестве 15 человек. С помощью многофункционального компьютерного комплекса «Нейро-Мвп» определялась исходная поза дирижера. В течение пяти секунд дирижирования легато, стаккато, нон легато, насыщенное легато и маркато регистрировалась ЭМГ. Электроды располагались на внутренней стороне правого предплечья, активный электрод располагался в области брюшка плечевого сгибателя и плечелучевой мышцы. Референтный электрод располагался на 10 см ниже в сторону запястья. Данное расположение электродов позволяло регистрировать ЭМГ со всего мышечного массива. Зафиксированная активность является суммарной активностью мышц предплечья. Импеданс под электродами составлял от 4 до 8 кОм. Основными анализируемыми параметрами явились: визуальный анализ паттерна ЭМГ, средняя частота секундной реализации сигнала ЭМГ и максимальная амплитуда ЭМГ.

Электромиограмма мышц в исходном положении представляет собой интерференционную кривую с равномерным проявлением максимальной амплитуды и частоты сигнала. Изучение паттерна данной ЭМГ (рис. 1) позволяет в соответствии с классификацией рисунков электромиограмм, представленной в исследовании О.А. Прянишниковой, Р.М. Городничева, Л.Р. Городничева, А.В. Ткаченко (2005), классифицировать тип биоэлектрической активности как биоэлектрическую активность обеспечения исходной позы дирижера [14].

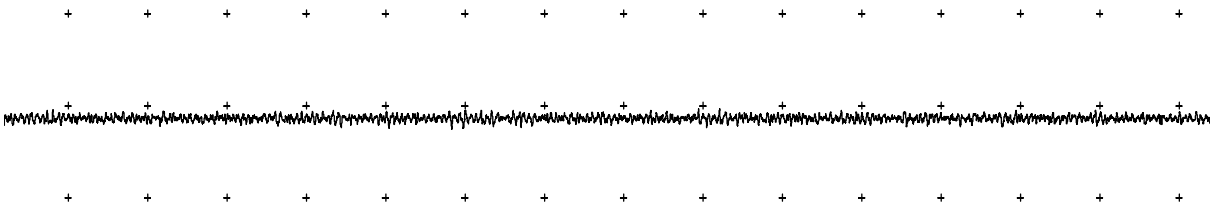

Рис. 1. Паттерн фрагмента ЭМГ исходного положения дирижера

Паттерн ЭМГ при дирижировании легато, как и паттерн ЭМГ исходного положения, представляет собой интерференционную кривую с равномерным проявлением амплитуды и частоты секундной реализации сигнала (рис. 2). Визуально паттерны этих ЭМГ имеют общие черты, что позволяет говорить о сходстве типов биоэлектрической активности мышц и о значительном влиянии механизмов обеспечения позы при дирижировании легато. Вместе с тем в 1,7 раза увеличивается максимальная амплитуда сигнала ($P<0,01$) и в 2,7 раза – средняя частота реализации сигнала ($P<0,01$) (табл. 1).

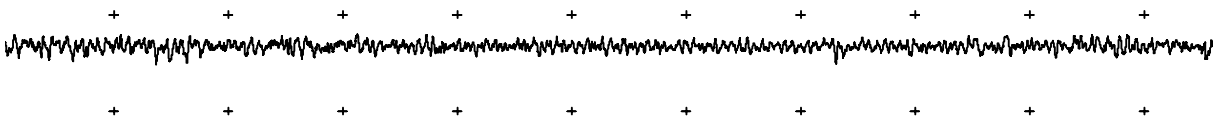

Рис. 2. Паттерн фрагмента ЭМГ при дирижировании легато

Паттерн ЭМГ при дирижировании стаккато представляет собой интерференционную кривую с небольшими ритмическими всплесками амплитуды сигнала через равные промежутки времени (рис. 3). Картину паттерна ЭМГ данного дирижерского жеста невозможно однозначно отнести к какому-либо типу ЭМГ. Отдельные фрагменты рисунка ЭМГ при дирижировании стаккато имеет общие черты с рисунком ЭМГ позы, в основе которой лежат статические мышечные усилия. Однако ритмические всплески биоэлектрической активности на ЭМГ позволяют найти сходство и с залповидном типом ЭМГ, характерной для циклической (динамической) деятельности.

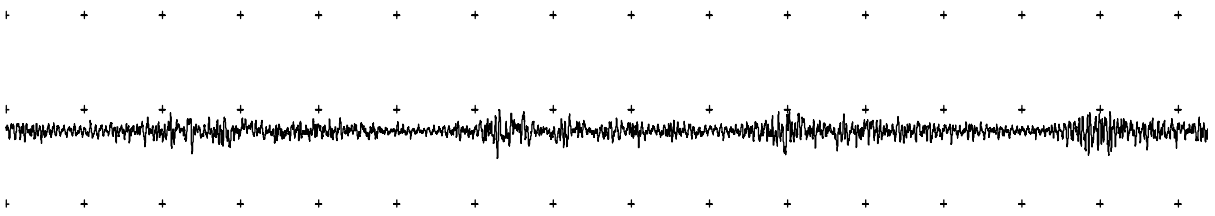

Рис. 3. Паттерн фрагмента ЭМГ при дирижировании стоккато

Паттерн ЭМГ при дирижировании нон легато, как и при дирижировании стаккато, представляет собой интерференционную кривую с ритмическими всплесками амплитуды и частоты сигнала (рис. 4), что позволяет определить значительное сходство данной ЭМГ с залповидным типом ЭМГ характерной циклической (динамической) деятельно-

сти. Анализ ЭМГ между всплесками говорит о сходстве данного фрагмента ЭМГ с рисунком ЭМГ, характерной для обеспечения позы.

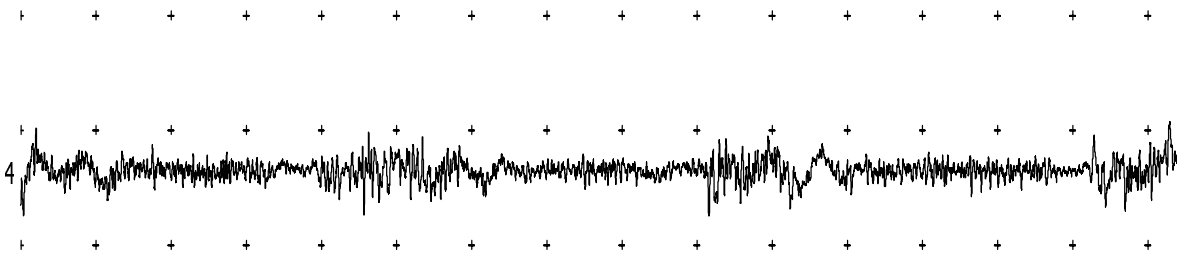

Рис. 4. Паттерн фрагмента ЭМГ при дирижировании нон легато

Паттерн ЭМГ при дирижировании насыщенного легато представляет собой интерференционную кривую, характеризующуюся сопряженными проявлениями высокой амплитуды и частоты сигнала (рис. 5), превышающих фоновый уровень в 5,7 ($P<0,01$) и 8,3 ($P<0,01$) раз соответственно. Визуальный анализ паттерна позволяет классифицировать данную ЭМГ как ЭМГ статических усилий, которая регистрируется при развитии изометрического мышечного напряжения в момент поддержания его на достигнутом уровне.

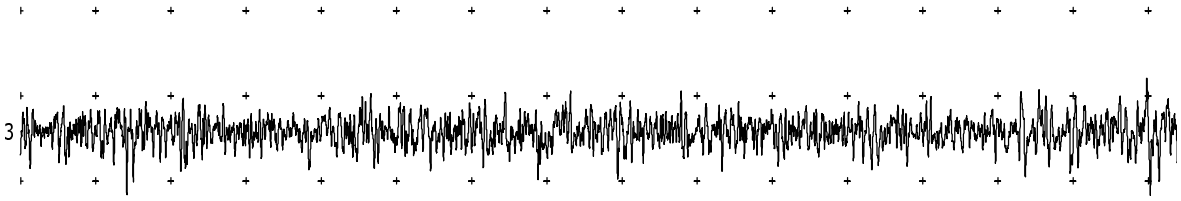

Рис. 5. Рисунок фрагмента ЭМГ при дирижировании насыщенного легато

Паттерн ЭМГ при дирижировании маркато представляет собой интерференционную кривую со значительными ритмическими всплесками амплитуды и частоты сигнала – в 16,8 ($P<0,01$) и 6,9 ($P<0,01$) раз относительно фонового уровня (соответственно) (рис. 6). Анализ паттерна позволяет отнести данную ЭМГ к залповидному типу ЭМГ, проявляемой при циклической (динамической) деятельности. Она характеризуется высокоамплитудными и высокочастотными потенциалами, генерируемыми в момент активных фаз многократно повторяемых двигательных действий.

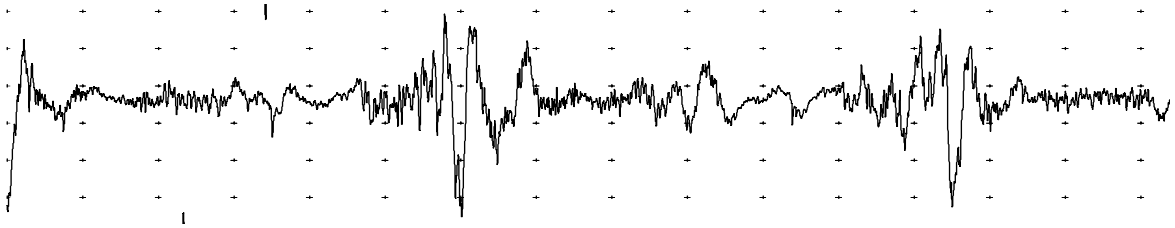

Рис. 6. Рисунок фрагмента ЭМГ при дирижировании маркато

Величины амплитуды и частоты характеризуют уровень активности мотонейронов, и эти характеристики можно применить для того, чтобы ранжировать упражнения по уровню активности мышц, обеспечивающих движение. Необходимо отметить, что

чем больше частота пиков и амплитуда ЭМГ, тем большую силу проявляет мышца. Резервные возможности развития силы зависят: от количества включаемых двигательных единиц и их координации в мышце, адаптивной перестройки структуры мышечных волокон, повышения энергетических ресурсов мышечных волокон, перехода от одиночных сокращений мышечных волокон к тетаническим. При этом нервная регуляция является определяющим фактором проявления силы в случае равенства морфофункциональных показателей. При увеличении усилия при различных дирижерских жестах сначала увеличивается частота импульсации нейронов, затем подключаются новые двигательные единицы. При достаточно выраженном усилии включается большое количество двигательных единиц, часть из которых работает с максимальной частотой. В этой связи при постепенном увеличении усилия мы увидим сначала разреженную кривую с малой амплитудой, но по мере увеличения сокращения вовлекается все большее количество двигательных единиц, в результате чего частота пиков увеличивается с повышением средней амплитуды кривой. Это находит подтверждение и в работах других авторов [1, 2, 12, 13].

Наибольшие значения максимальной амплитуды сигнала проявляются при дирижировании маркато, а наибольшие значения частоты сигнала – при дирижировании насыщенное легато (табл. 1).

Таблица 1

Параметры ($M \pm m$) максимальной амплитуды сигнала и средней частоты секундной реализации сигнала электромиоргаммы дирижерских жестов

Дирижерские жесты	Максимальная амплитуда сигнала ЭМГ (мкВ)	Средняя частота секундной реализации сигнала ЭМГ (1/с)
Исходное положение	193,2 ± 11,3	43,1 ± 13,7
Легато	*316,5 ± 21,2*	*117,7 ± 15,1*
Стаккато	*525,7 ± 31,7*	*147,1 ± 18,8*
Нон легато	*618,7 ± 45,8	*157,7 ± 21,8
Насыщенное легато	*1100,1 ± 83,7*	*359,7 ± 23,3*
Маркато	*3238,3 ± 400,6*	*290,5 ± 32,9*

Примечание: *(слева) – достоверность ($P<0,01$) между исходной позой дирижера и дирижерскими жестами;
*(справа) – достоверность ($P<0,01$) между сопряженными показателями дирижерских жестов.

Данное обстоятельство позволяет заключить, что в основе дирижирования маркато лежит способность к проявлению высокой скорости сокращений двигательных единиц, а в основе дирижирования насыщенное легато лежит способность к вовлечению в работу большого количества двигательных единиц.

Анализ параметров ЭМГ позволяет распределить дирижерские жесты по величине активности мышц и прилагаемых при этом усилий на две группы.

Первая группа – жесты, реализующиеся на основе невысокой активности мышц при проявлении небольших мышечных усилий. Основным критерием отнесения дирижерских жестов к данной группе явилось низкое проявление частоты и амплитуды сигнала ЭМГ. К данной группе относятся такие дирижерские жесты как легато, стаккато и нон легато.

Вторая группа – жесты, реализующиеся путем высокой активности мышц при проявлении значительных мышечных усилий. Основным критерием отнесения дирижерских жестов к данной группе явилось максимальное проявление частоты, либо амплитуды ЭМГ. К данной группе относятся такие дирижерские жесты, как маркато и насыщенное легато.

Таким образом, изучение параметров ЭМГ мануальных действий в процессе дирижирования позволило:

1. Установить типы паттерна ЭМГ, характерные мануальным действиям дирижера, а именно: ЭМГ исходной позы дирижера, залповидная ЭМГ, характерная для циклической деятельности, ЭМГ статических усилий, характерная проявлению изометрического мышечного напряжения и поддержанию его на достигнутом уровне.

2. Классифицировать жесты дирижера по величине активности мышц на основе величины частоты и амплитуды ЭМГ. Так высокая активность мышц характерна реализации дирижерских жестов маркато и насыщенного легато. Низкая активность мышц характерна дирижированию легато, стаккато и нон легато.

3. Определить физические способности, лежащие в основе овладения навыками дирижирования, в частности, проявление ритмической структуры движения при различной скорости сокращения двигательных единиц, проявление изометрических напряжений при вовлечении в работу большого количества двигательных единиц, проявление небольших мышечных напряжений при вовлечении в работу минимального количества двигательных единиц.

Примечания:

1. Персон Р.С. Спинальные механизмы управления мышечным сокращением. М.: Наука, 1985. 184 с.
2. Персон Р.С. Электромиография в исследованиях человека. М.: Наука, 1969. 211 с.
3. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология спорта: учеб. пособие. СПб., 1999. 231 с.
4. Трембач А.Б. Характеристика электромиограммы двуглавой мышцы плеча у тяжелоатлетов при различном дозировании нагрузок // Теория и практика физической культуры. 2000. № 1. С. 20-22.
5. Ящанинас И.И. Электрическая активность скелетных мышц, свойства двигательных единиц у лиц различного возраста и их изменения под влиянием спортивной тренировки: автореф. дис. … д-ра пед. наук. Киев, 1983. 33 с.
6. Alessio G., Merletti R. Are the myoelectric manifestations of fatigue distributed regionally in the human medial gastrocnemius muscle? // Journal of Electromyography and Kinesiology. 2011. No. 21. P. 929-938.
7. Deschamps Th., Murian A., Hug F. Reciprocal iming precision and central adaptations as a function of mechanical constraints // Journal

References:

1. Person R.S. Spinal mechanisms of muscular contraction control. M.: Nauka, 1985. 184 p.
2. Person R.S. Elektromiography in researches of a man. M.: Nauka, 1969. 211 p.
3. Solodkov A.S., Sologub E.B. Physiology of sports: a manual. SPb., 1999. 231 p.
4. Trembach A.B. The characteristic of the electromyography of a two-headed muscle of a shoulder of weight-lifters at graduated weight bearing // Physical training theory and practice. 2000. No. 1. P. 20-22.
5. Yashchaninas I.I. The electric activity of skeletal muscles, characteristics of motor units of persons of various ages and their change under the influence of sports training: Dissertation abstract for the Doctor of Pedagogy degree. Kiev, 1983. 33 p.
6. Alessio G., Merletti R. Are the myoelectric manifestations of fatigue distributed regionally in the human medial gastrocnemius muscle? // Journal of Electromyography and Kinesiology. 2011. No. 21. P. 929-938.
7. Deschamps Th., Murian A., Hug F. Reciprocal iming precision and central adaptations as a function of mechanical constraints // Journal

of Electromyography and Kinesiology. 2011. No. 21. P. 968-973.

8. Козаров Д. Двигательные единицы скелетных мышц человека. Л.: Наука, 1983. 251 с.
9. Козлов И.М. Электромиографическое исследование бега // Сборник трудов институтов физической культуры. М.: ФиС, 1966. С. 62-69.
10. Коц Я.М. Организация произвольного движения. М.: Наука, 1975. 248 с.
11. Кошелев С.Н. Биомеханика спортивных танцев. М., 2006. 140 с.
12. Лапшин В.П., Серая Э.В., Савотченко А.М. Эффективность лечебной гимнастики и массажа по данным электромиограммы ЛФК и массаж // Медицинский массаж / РАСМИРБИ. 2002. № 1. С. 43-44.
13. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. Иваново, 2003. 264 с.
14. Прянишникова О.А. Спортивная электронейромиография // Теория и практика физической культуры. 2005. № 9.

of Electromyography and Kinesiology. 2011. No. 21. P. 968-973.

8. Kozarov D. Motor units of skeletal muscles of a person. L.: Nauka, 1983. 251 p.
9. Kozlov I.M. Electromiography research of running // The collection of works of physical training institutes. M.: FiS, 1966. P. 62-69.
10. Kots Ya.M. The organization of free movement. M.: Nauka, 1975. 248 p.
11. Koshelev S.N. Biomechanics of sports dancing. M., 2006. 140 p.
3. Lapshin V.P., Seraya E.V., Savotchenko A.M. The efficiency of curative gymnastics and massage according to the data of electromiography of LFK and massage // Medical massage / RASMIRBI. 2002. No. 1. P. 43-44.
13. Nikolaev S.G. Practical work on clinical electromyography. Ivanovo, 2003. 264 p.
14. Pryanishnikova O.A. Sports electroneuromyography // Physical training theory and practice. 2005. No. 9.