

21. Vaeyens, R. Talent identification and promotion programmes of Olympic athletes / R. Vaeyens, A. Gullich, C. Warr // J Sports Sci. – 2009. – Vol. 27. – P. 1367–1380.

01.03.2017

УДК 612.741.1

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЦИОНАЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЙ В ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЯХ СО СЛОЖНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

А. А. Хохолко, магистр пед. наук,

Белорусский национальный технический университет;

И. Ю. Михута, канд. пед. наук, доцент

Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», Республика Беларусь

Аннотация

В статье представлена электромиографическая оценка сложноорганизованных движений при выполнении тестовых заданий с разной двигательной структурой. На основании полученных данных проведен анализ амплитуды биоэлектрической активности основных групп мышц. Разработаны критерии оценки межмышечной координации в виде коэффициентов: латеральности α , включения и выключения зрительного анализатора γ , пространственной неопределенности σ . Предложенная методика диагностики позволяет оценивать уровень развития согласованности, соразмерности и рациональности двигательных действий спортсменов.

ELECTROMYOGRAPHIC ASSESSMENT OF THE SPORTSMEN'S RATIONALITY OF MOVEMENTS IN TEST TASKS WITH A COMPLEX LOCOMOTOR STRUCTURE

Annotation

The article presents an electromyographic assessment of the athlete's complex-coordinated movements during test tasks with different locomotor structures. The analysis of electromyographic activity's amplitude of leading groups of muscles was carried out based on the obtained data. The criteria for intermuscular coordination's evaluation in terms of coefficients (laterality α , inclusion and deactivation of the visual analyzer γ and spatial uncertainty σ) have been developed. The suggested diagnostic technique allows to assess the level of development of coherence, proportionality and rationality of locomotor actions of athletes.

Введение

В современном спорте применяют различные технологии для оценки отдельных параметров двигательных действий спортсменов, однако наиболее сложным является анализ и оценка движений со сложной двигательной структурой, выполнение которых требует проявления высокого уровня развития координационных способностей. Оценка сложнокоординационных движений спортсмена возможна с использованием метода электромиографии (ЭМГ). Данный метод позволяет осуществлять регистрацию биоэлектрической активности

скелетных мышц и периферических нервов у спортсменов в состоянии покоя и при выполнении произвольных двигательных действий [1].

Организация любого двигательного акта осуществляется одновременной активацией большой совокупности двигательных единиц. Исследование закономерностей управления такой совокупностью сигналов целесообразно проводить с помощью поверхностной ЭМГ, пользуясь характеристиками суммарной активности одновременно возбужденных двигательных единиц в покое и при различных режимах напряжения [1].

Регистрация биоэлектрической активности мышц при использовании данного метода осуществляется поверхностными электродами с активных точек мышц и представляет собой сумму потенциалов отдельных двигательных единиц. Регистрируется суммарная активность всех активированных двигательных единиц одной мышцы или различных мышц (синергистов и антагонистов). Поверхностная ЭМГ является неинвазивным методом исследования и позволяет одновременно регистрировать активность нескольких мышц [1].

Эффективность и результативность выполнения целенаправленных двигательных действий возможна при условии скоординированной активности отдельных мышечных групп в пространственно-временных и динамико-временных отношениях. Данное взаимодействие участвующих в движениях мышц называется межмышечной координацией, которая специфична конкретным видам движений и не может переноситься с одного движения на другое [2].

Межмышечная координация позволяет обеспечить рациональность включения и выключения мышечных групп и снижение энергозатрат при выполнении движений с разной двигательной структурой. Более совершенная система межмышечной координации обеспечивает эффективное проявление потенциальных двигательных возможностей спортсмена (силы, быстроты, выносливости и гибкости) [2].

Основным количественным критерием оценки межмышечной координации в поверхностной ЭМГ является суммарная амплитуда сокращения, которая отражает число активных в данный момент двигательных единиц (чем выше этот показатель, тем «сильнее и активнее» движения спортсмена) [3].

В практике спорта применяются тесты разной координационной сложности, в том числе с выполнением движений, не встречающихся в повседневной двигательной деятельности. При этом ключевым критерием в оценке двигательной координации в тестовых заданиях со сложной двигательной структурой является согласованность движений верхних и нижних конечностей [4].

Цель исследования – разработка методики электромиографической оценки рациональности движений спортсменов в тестовых заданиях со сложной двигательной структурой.

Организация и методы исследования

Для оценки межмышечной координации были составлены тестовые задания, представляющие собой комплексы упражнений для ног (рисунок 1) и рук (рисунок 2), которые проводились в следующей последовательности:

- 1) с открытыми глазами (тест 1 – Т1);
- 2) с закрытыми глазами (тест 2 – Т2);
- 3) с открытыми глазами на повышенной и уменьшенной опоре (на тумбе) (тест 3 – Т3) (рисунок 3).

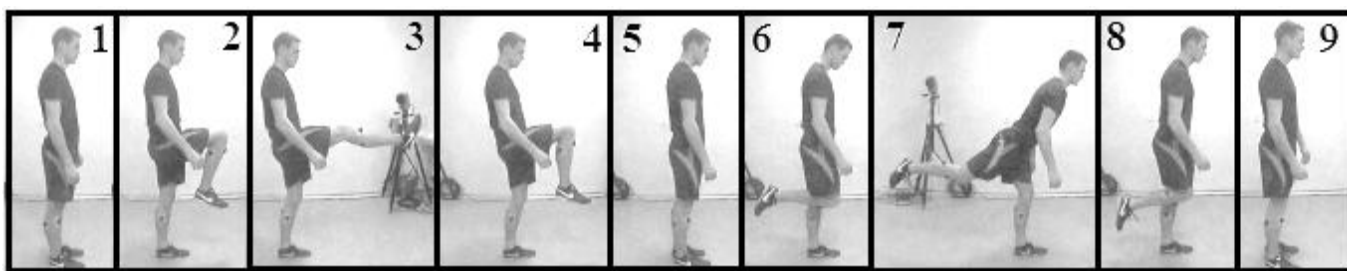


Рисунок 1 – Тестовое задание со сложной двигательной структурой для правой и левой ног

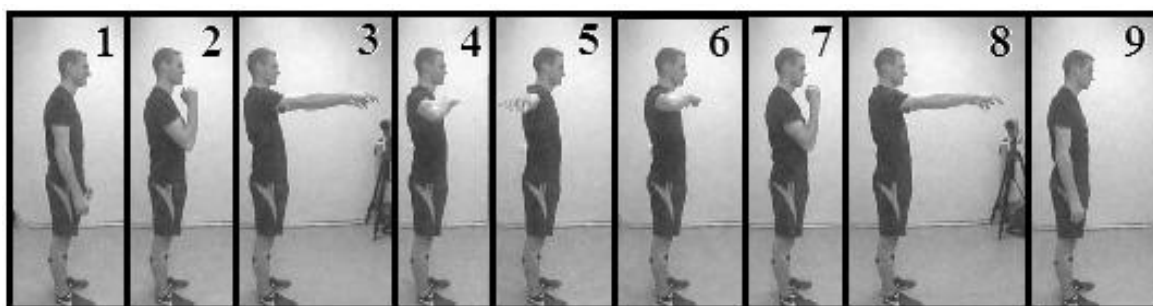


Рисунок 2 – Тестовое задание со сложной двигательной структурой для рук



Рисунок 3 – Тестовое задание со сложной двигательной структурой на повышенной и уменьшенной опоре

Данные комплексы упражнений соответствовали требованиям спортивной метрологии по критериям надежности и информативности. Комбинации двигательных действий являлись доступными для испытуемых и обладали элементами новизны, что позволяло определять уровень проявления всех видов координационных способностей (ритм, согласованность движений, приспособление и перестроение двигательных действий, равновесие, дифференцирование пространственно-временных параметров движений, ориентирование в пространстве, вестибулярная устойчивость, способность к быстрому реагированию, к произвольности мышечного напряжения). Выполнение тестовых заданий не требовало предварительного специального обучения. Условия организации и проведения эксперимента стандартизированы и воспроизводимы, не зависят от возрастных изменений размеров тела, его звеньев и от массы тела, выполняются «ведущими» и «неведущими» верхними и нижними конечностями.

Перед выполнением тестовых заданий спортсмену демонстрировались комплексы упражнений, представленные на рисунках 1 и 2, которые он должен

был запомнить и точно воспроизвести без подсказок исследователя. После демонстрации тестовые задания выполнялись «под счет» (на восемь счетов), что позволяло оценивать способность к ритму и быстрому реагированию.

В первом тесте (Т1) спортсмен выполнял комплексы упражнений для правой, затем для левой ноги и для рук, стоя на полу с открытыми глазами.

Во втором тесте (Т2) повторялись те же упражнения, что и в первом, но с закрытыми глазами. Выключение зрительного анализатора из контроля за выполнением двигательных действий позволяло оценить способности к равновесию, вестибулярной устойчивости, точности воспроизведения пространственно-временных параметров движений.

В третьем тесте (Т3) воспроизводились комплексы упражнений, как в первом тесте, только на возвышенности с ограниченной опорой (на тумбе высотой 50 см и площадью опоры диаметром 25 см). Тестовое задание для рук спортсмен выполнял, стоя на одной (ведущей) ноге.

Для определения возможности использования метода электромиографии в оценке отдельных координационных способностей были проведены пилотные исследования с участием 32 квалифицированных спортсменов, позволившие выявить закономерности динамики биоэлектрической активности мышц при выполнении тестовых заданий различной координационной сложности. Полученные данные амплитуды обрабатывались в программе EMGworks Analysis и посредством экспорта массивов значений, переносились в программное обеспечение MS Excel (9 файлов формата .hpf на каждого испытуемого) для дальнейшей обработки. Величины отклонений значений отдельных параметров в заданиях Т2 и Т3 от соответствующих значений стандартного задания Т1 были переведены в коэффициенты, которые позволяют сопоставить «должную модель» с фактическими результатами. Для подтверждения информативности предложенных коэффициентов было проведено исследование с участием квалифицированного спортсмена, имеющего высокий уровень координационных способностей по данным педагогического тестирования.

Таблица 1 – Расположение датчиков на ведущих группах мышц

№ датчика	Название группы мышц на латинском	Название группы мышц на русском
1	R Tibialis	П Большеберцовая мышца
2	L Tibialis	Л Большеберцовая мышца
3	R Rectus Femoris	П Прямая мышца бедра
4	L Rectus Femoris	Л Прямая мышца бедра
5	L Gastrocnemius Lateral	Л Латеральная икроножная мышца
6	R Gastrocnemius Lateral	П Латеральная икроножная мышца
7	L Gastrocnemius Medial	Л Медиальная икроножная мышца
8	R Gastrocnemius Medial	П Медиальная икроножная мышца
9	L Biceps Femoris	Л Двуглавая мышца бедра
10	R Biceps Femoris	П Двуглавая мышца бедра
11	L Triceps Brachii	Л Трехглавая мышца плеча
12	R Triceps Brachii	П Трехглавая мышца плеча
13	R Biceps Brachii	П Двуглавая мышца плеча
14	L Biceps Brachii	Л Двуглавая мышца плеча
15	R Brachioradialis	П Плечелучевая мышца
16	L Brachioradialis	Л Плечелучевая мышца
Примечание: R и П – с правой, L и Л – с левой стороны туловища		

Исследование проводилось с помощью аппаратно-программного комплекса DELSYS Trigno Lab. С помощью беспроводных датчиков DELSYS Trigno фиксировалась биоэлектрическая активность мышц верхних и нижних конечностей спортсменов.

В результате проведенного исследования были выявлены критерии рациональности движений спортсменов в тестовых заданиях со сложной двигательной структурой:

1. В движениях нижними конечностями амплитуда биоэлектрической активности мышц верхних конечностей должна быть минимальной. Наличие напряжения мышечных групп рук свидетельствует о неэкономичном использовании энергетических запасов и низком уровне развития статического равновесия и способности к произвольному мышечному расслаблению.

2. При движениях верхними конечностями должны быть напряжены только те группы мышц ног, которые участвуют в поддержании вертикального положения туловища.

3. Электромиограммы мышц правых и левых конечностей должны быть симметричны. Разность показателей амплитуды свидетельствует о различии параметров симметричности и синхронности действий при выполнении упражнения.

4. Амплитудно-частотный спектр показателей во всех тестовых заданиях должен стремиться к идентичности значений, что позволит говорить о высоком уровне межмышечной координации спортсмена.

Алгоритм сравнительного анализа показателей амплитуды электромиографического сигнала имеет следующую структуру:

1. Прямая и двуглавая мышцы бедра ведущей конечности при выполнении задания T1 – для изучения взаимодействия пары мышечных групп «агонист-антагонист».

2. Прямые мышцы бедра правой и левой конечностей при выполнении задания T1 – для выявления степени симметричности работы мышц и расчета коэффициента латеральности α .

3. Прямая мышца бедра ведущей конечности в заданиях T1 и T2 – для определения влияния зрительного анализатора и расчета коэффициента включения и выключения зрительного анализатора γ .

4. Прямая мышца бедра ведущей конечности в заданиях T1 и T3 – для определения влияния изменения условий опоры и расчета коэффициента пространственной неопределенности опоры σ .

5. Двуглавая и трехглавая мышцы плеча и прямая и двуглавая мышцы бедра ведущих конечностей в задании T1 – для выявления энергетических затрат ресурсов организма.

Результаты и их обсуждение

В результате сравнительного анализа электромиографических данных получены следующие результаты:

1. При сравнении амплитуды сигналов в паре «агонист-антагонист» на примере прямой и двуглавой мышц бедра правой конечности было выявлено, что при резком увеличении амплитуды активности прямой мышцы бедра наблюдается снижение амплитуды двуглавой мышцы бедра, и наоборот.

2. При сравнении идентичных двигательных действий нижних конечностей (рисунок 1, кадр 3) в задании T1 на примере прямой мышцы бедра правой и левой ног заметно, что значение максимальной амплитуды биоэлектрической активности мышц правой конечности выше ($A_{\max} = 0,51$ мВ), чем левой

($A_{\max} = 0,15$ мВ). Данный факт свидетельствует о том, что при выполнении движений активно включается большее количество двигательных единиц.

Введем коэффициент латеральности α – отношение среднего значения амплитуды мышцы левой конечности к такому же показателю мышцы правой конечности (формула 1):

$$\alpha = \left| \frac{A_{\text{ср лев.н.}}}{A_{\text{ср пр.н.}}} - 1 \right|, \quad (1)$$

где $A_{\text{ср лев.н.}}$ и $A_{\text{ср пр.н.}}$ – средние значения амплитуды мышцы левой и правой конечности соответственно.

Коэффициент латеральности показывает, насколько мышцы правой и левой конечности симметрично проявляют активность друг относительно друга. Подставляя зарегистрированные средние значения амплитуды $A_{\text{ср лев.н.}} = 0,047$ мВ и $A_{\text{ср пр.н.}} = 0,046$ мВ в формулу 1, получим $\alpha = 0,029$ (или 2,9 %).

Значение коэффициента, стремящееся к $\alpha = 0$, свидетельствует о равномерном распределении нагрузки между правой и левой сторонами туловища, что свидетельствует о сбалансированном развитии мышечных групп спортсмена.

3. Степень влияния использования зрительного анализатора на выполнение двигательных действий заданий Т1 и Т2 отражает коэффициент включения и выключения зрительного анализатора γ , который рассчитывается по формуле 2:

$$\gamma = \left| \frac{A_{\text{ср Т1}}}{A_{\text{ср Т2}}} - 1 \right|, \quad (2)$$

где $A_{\text{ср Т1}}$ и $A_{\text{ср Т2}}$ – средние значения амплитуды биоэлектрической активности прямой мышцы бедра правой конечности в заданиях Т1 и Т2 соответственно.

Подставляя зарегистрированные средние значения амплитуды $A_{\text{ср Т1}} = 0,049$ мВ и $A_{\text{ср Т2}} = 0,041$ мВ в формулу 2, получим $\gamma = 0,176$ (или 17,6 %).

Значение коэффициента, стремящееся к $\gamma = 0$, свидетельствует о том, что на выполнение упражнения зрительный анализатор не оказывает влияния, что позволяет говорить о высоком уровне развития проприоцептивной чувствительности.

4. Степень влияния изменения параметров опоры (высоты и площади) на выполнение двигательных действий заданий Т1 и Т3 отражает коэффициент пространственной неопределенности опоры σ , который рассчитывается по формуле 3:

$$\sigma = \left| \frac{A_{\text{ср Т1}}}{A_{\text{ср Т3}}} - 1 \right|, \quad (3)$$

где $A_{\text{ср Т1}}$ и $A_{\text{ср Т3}}$ – средние значения амплитуды электрической активности прямой мышцы бедра правой конечности в тестовых заданиях Т1 и Т3 соответственно.

Подставляя зарегистрированные средние значения амплитуды $A_{cp T1} = 0,048$ мВ и $A_{cp T3} = 0,044$ мВ, получим $\sigma = 0,088$ (или 8,8 %).

Значение коэффициента, стремящееся к $\sigma = 0$, свидетельствует о том, что на выполнение упражнения изменение опоры не оказывает влияния, что позволяет говорить о высоком уровне развития способности к равновесию.

5. На графиках изменения амплитуды электрической активности мышц верхней и нижней правых конечностей при выполнении задания Т1 руками выявлена активность двуглавой ($A_{cp} = 0,038$ мВ) и трехглавой ($A_{cp} = 0,014$ мВ) мышц плеча при незначительном колебании амплитуды прямой ($A_{cp} = 0,0095$ мВ) и двуглавой ($A_{cp} = 0,005$ мВ) мышц бедра, что связано с удержанием тела спортсмена в вертикальном положении.

При выполнении тестового задания нижней конечностью (значения средней амплитуды электрической активности составляют: прямая мышца бедра – $A_{cp} = 0,046$ мВ, двуглавая мышца бедра – $A_{cp} = 0,026$ мВ) заметно незначительное колебание амплитуды электрической активности мышц верхней конечности (двуглавая мышца плеча – $A_{cp} = 0,029$ мВ, трехглавая мышца плеча – $A_{cp} = 0,009$ мВ). В конце выполнения упражнения происходит увеличение амплитуды, связанное с участием верхних конечностей в восстановлении исходного (вертикального) положения тела.

Выводы

Уровень развития координационных способностей является одним из определяющих факторов результативности соревновательной деятельности спортсменов. Оценка с помощью педагогического тестирования не позволяет получить объективную информацию о координационном потенциале и возможностях выполнения двигательных действий со сложной структурой. Метод электромиографии является эффективным инструментом оценки отдельных компонентов координационных способностей спортсменов. Разработанные количественные критерии оценки межмышечной координации в комбинации тестовых заданий в виде коэффициентов латеральности α , включения и выключения зрительного анализатора γ , пространственной неопределенности опоры σ позволяют судить об уровне развития согласованности, соразмерности и рациональности двигательных действий спортсменов. Предложенная методика позволит также выявлять перспективных детей для занятий спортом.

Список использованных источников

1. Борщ, М.К. Программа тестирования и система оценки функционального потенциала нервно-мышечного аппарата спортсменов для контроля и коррекции тренировочного процесса : учебн. пособие / М.К. Борщ, Е.В. Хроменкова; Республиканский научно-практический центр спорта. – Минск : БГУФК, 2015. – 61 с.

2. Захаров, Е.Н. Энциклопедия физической подготовки / Е.Н. Захаров, А.В. Карасев, А.А.Сафонов, под ред. А.В. Карасева. – М. : Лептос, 1994. – 368 с.

3. Капилевич, Л.В. Сравнительный электромиографический анализ движений танцоров различной квалификации / Л.В. Капилевич, А.В. Тихонова, Е.В. Путинцева // Науч. ред. : Психология и педагогика. – 2011. – С. 120–121.

4. Карпеев, А.Г. Критерии оценки двигательной координации спортивных действий / А.Г. Карпеев // Науч. ред. : Психология и педагогика. – 2008. – С. 169–172.

07.04.2017