

УДК 612.66/68

ББК 28.903,7

В 58

Гучетль А.А.

Аспирант кафедры физиологии факультета естествознания, физиолог центра «Здоровье» Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 59-39-38, e-mail: Asiett@yandex.ru

Чермит К.Д.

Доктор педагогических наук, доктор биологических наук, профессор, проректор по учебной работе Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 59-37-00, e-mail: Chermit@adygnet.ru

Шаханова А.В.

Доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой физиологии факультета естествознания, проректор по научной работе Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 52-48-55, e-mail: Dissagu@yandex.ru

Заболотный А.Г.

Кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой физического воспитания, директор центра «Здоровье» Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 59-39-83, e-mail: Zabolotniy-tol1@yandex.ru

Влияние способа визирования на изменение параметров биоэлектрической активности мышц руки в ходе ловли падающего предмета у детей 5-6 лет
(Рецензирована)

Аннотация. Изучена биоэлектрическая активность мышц плеча и предплечья при ловле падающего предмета. Электромиограмма дельтовидной мышцы представляет собой интерференционную кривую, характеризующуюся резким залповидным всплеском биоэлектрической активности. Электромиограмма двуглавой мышцы плеча представляет собой интерференционную кривую с интенсивным увеличением и снижением биоэлектрической активности, а электромиограмма мышц предплечья представляет собой интерференционную кривую с плавным увеличением и постепенным снижением биоэлектрической активности.

Ключевые слова: электромиограмма мышц, биоэлектрическая активность мышц, амплитуда сигнала, частота секундной реализации, реализация визирования.

Guchetl A.A.

Post-graduate student of Physiology Department of Natural Science Faculty, Physiologist of the «Health» Centre, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 59-39-38, e-mail: Asiett@yandex.ru

Chermit K.D.

Doctor of Pedagogy, Doctor of Biology, Professor, Vice-Rector for Study, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 59-37-00, 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, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 52-48-55, e-mail: Dissagu@yandex.ru

Zabolotniy A.G.

Candidate of Pedagogy, Associate Professor, Head of Physical Education Department, Director of the «Health» Centre, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 59-39-83, e-mail: Zabolotniy-tol1@yandex.ru

Influence of a way of vising on changing parameters of the bioelectric activity of muscles of a hand at children aged 5-6 years catching the falling subject

Abstract. The paper examines the bioelectric activity of muscles of a shoulder and forearm when catching the falling subject. The electromyogram of a deltoid muscle represents an interferential curve, showing a sharp shot-like surge in bioelectric activity. The electromyogram of a biceps of a shoulder is an interferential curve with intensive increase and decrease in bioelectric activity, and the electromyogram of muscles of a forearm represents an interferential curve with smooth increase and gradual decrease in bioelectric activity.

Keywords: electromyogram of muscles, bioelectric activity of muscles, signal amplitude, frequency of second realization, vising realization.

Введение

Формирование естественных локомоций детьми старшего дошкольного возраста неразрывно связано с получением и использованием объективной информации о физиологических процессах, происходящих в нервно-мышечном аппарате, обусловленных латерализацией визирования. Единственным объективным методом получения данной информации является электромиография, позволяющая изучать проявление интегрированной биоэлектрической активности целой мышцы, отражающей ее функциональное состояние и деятельность, форму сокращения отдельных двигательных единиц, их координацию во времени и степень синхронизации активности движений [1].

Методы и организация исследования

В лаборатории эргономической биомеханики на базе центра «Здоровье» НИИ комплексных проблем Адыгейского государственного университета было проведено исследование биоэлектрической активности мышц. В ловле шарика было проведено исследование биоэлектрической активности мышц плеча и предплечья. В исследовании участвовало 60 детей старшего дошкольного возраста.

Запись поверхностной электромиограммы (ЭМГ) производилась с помощью многофункционального компьютерного комплекса «Нейро-Мвп». Обработка отведенных биопотенциалов позволяет получить интерференционную кривую, состоящую из активности большого количества двигательных единиц. Для регистрации ЭМГ использовались биполярные дисковые электроды с электродным расстоянием 2 см. Электроды были установлены по направлению мышечных волокон на передней поверхности дельтовидной мышцы, на середине двуглавой мышцы плеча и на внутренней поверхности предплечья.

Выбор места расположения электродов осуществлялся с учетом необходимости обеспечить:

- 1) оценку биоэлектрической активности наибольшего количества двигательных единиц исследуемой мышечной группы;
- 2) отсутствие артефактов при записи ЭМГ;
- 3) отсутствие помех движению при выполнении двигательного задания.

Импеданс под электродами составлял от 4 до 8 кОм. Основные анализируемые параметры ЭМГ: максимальная амплитуда сигнала при измерении ее от пика до пика, средняя частота секундной реализации сигнала и время реализации биоэлектрической активности.

Временные параметры выполнения упражнения определялись по длительности проявления активных фаз биоэлектрической активности исследуемых мышечных групп. Выполнение упражнения проводилось по команде с фиксацией исходной и финальной позы, что отражалось на паттерне ЭМГ, по которому и определялись временные границы биоэлектрической активности исследуемых мышц. Началом реализации двигательного действия считалось увеличение параметров биоэлектрической активности одной, двух или одновременно всех исследуемых мышечных групп относительно биоэлектрической активности исходного положения. Завершением выполнения двигательного действия считалось снижение биоэлектрической активности всех исследуемых мышечных групп до проявления биоэлектрической активности финальной позы.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение параметров электромиограммы дельтовидной мышцы представляет собой интерференционную кривую, характеризующуюся резким залповидным всплеском биоэлектрической активности в начале реализации движения (рис. 1). Максимальная амплитуда сигнала в исходном положении составляет $180,7 \pm 20,1$ мВ, а в процессе ре-

лизации двигательного действия может возрастать до 2000 мВ. При этом среднее значение максимальной амплитуды сигнала за время выполнения двигательного действия у исследуемой группы испытуемых составляет $742 \pm 57,7$ мВ. Средняя частота секундной реализации сигнала в исходном положении составляет $61,4 \pm 15,6$ раз в секунду, в процессе реализации двигательного действия может увеличиваться до 170 раз в секунду, а среднее ее значение за время выполнения двигательного действия составляет в исследуемой группе детей $123,7 \pm 21,6$ раз в секунду (табл. 1).

Таблица 1

Параметры электромиограммы мышц при ловле падающего предмета

Мышцы, мышечные группы	Параметры ЭМГ	
	максимальная амплитуда сигнала амплитуда ЭМГ (мВ)	частота секундой реализации сигнала ЭМГ (раз в секунду)
Дельтовидная мышца	$742 \pm 57,7$	$123,7 \pm 21,6$
Двуглавая мышца плеча	$106 \pm 26,5$	$24,2 \pm 5,1$
Мышцы предплечья	$70,8 \pm 18$	$21,2 \pm 9$

Максимальная амплитуда реализации сигнала дельтовидной мышцы за время ловли падающего предмета возрастает в 4,1 раза, а средняя частота реализации сигнала – в 2 раза. Таким образом, изменение биоэлектрической активности происходит преимущественно за счет увеличения амплитуды сигнала, что говорит о скоростном характере сокращения двигательных единиц в данной мышечной группе.

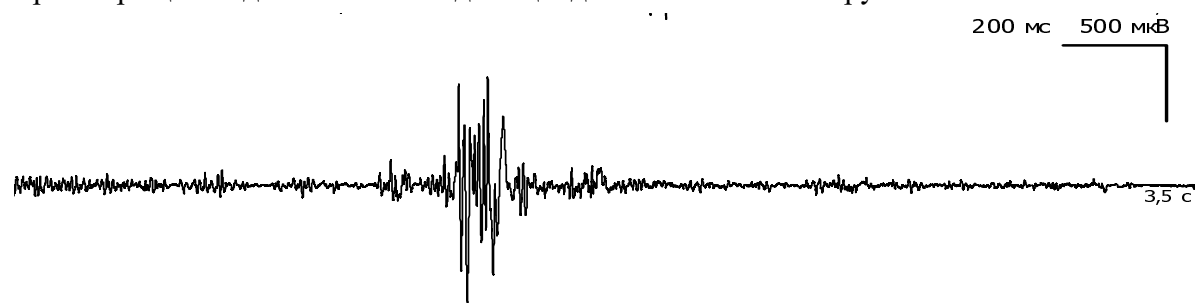


Рис. 1. Электромиограмма дельтовидной мышцы при ловле падающего предмета

Электромиограмма двуглавой мышцы плеча представляет собой интерференционную кривую с интенсивным увеличением и снижением биоэлектрической активности (рис. 2). Максимальная амплитуда сигнала в исходном положении составляет $35,3 \pm 12,1$ мВ. В процессе ловли падающего предмета данное значение может увеличиться до 300 мВ, а среднее значение данного показателя за время выполнения двигательного действия составляет $106 \pm 26,5$ мВ. Средняя частота секундной реализации сигнала в исходном положении составляет $15,3 \pm 3,5$ раз в секунду, в процессе выполнения ловли падающего предмета может увеличиваться до 70 мВ, а ее среднее значение за время выполнения двигательного действия составляет $24,2 \pm 5,1$ раз в секунду.

Максимальная амплитуда реализации сигнала двуглавой мышцы плеча за время ловли падающего предмета возрастает в 3 раза, а средняя частота реализации сигнала – в 1,5 раза. Изменение биоэлектрической активности преимущественно реализуется за счет увеличения амплитуды сигнала.



Рис. 2. Электромиограмма двуглавой мышцы плеча при ловле падающего предмета

Электромиограмма мышц предплечья представляет собой интерференционную кривую с плавным увеличением и постепенным снижением (рис. 3). Максимальная амплитуда сигнала в исходном положении составляет 20,5 мВ, а в процессе ловли падающего предмета может возрасти до 200 мВ, среднее значение данного показателя за время выполнения двигательного действия составляет $70,8 \pm 18$ мВ. Средняя частота секундной реализации сигнала в исходном положении составляет $14,5 \pm 3,5$ мВ, а в процессе ловли падающего предмета увеличивается до 65 мВ, а среднее значение данного показателя за время выполнения двигательного действия составляет $21,2 \pm 9$ мВ.

Максимальная амплитуда реализации сигнала электромиограммы мышц предплечья при ловле падающего предмета увеличивается в 3,4 раза, а средняя частота реализации сигнала – в 1,4 раза. Изменение биоэлектрической активности происходит преимущественно за счет увеличения максимальной амплитуды реализации сигнала.



Рис. 3 Электромиограмма мышц предплечья при ловле падающего предмета

Изучение последовательности достижения максимальной амплитуды и частоты реализации сигнала на паттернах электромиограмм исследуемых мышечных групп позволяет определить порядок их сокращения. Так первыми вовлекаются в работу двигательные единицы дельтовидной мышцы, сокращение которых носит резкий взрывной характер, о чем свидетельствует проявление залповидного рисунка электромиограммы и увеличение биоэлектрической активности преимущественно за счет амплитуды сигнала. Далее в работу вовлекаются двигательные единицы двуглавой мышцы плеча и мышц предплечья. Их сокращение носит более длительный, но менее интенсивный характер (рис. 4.).

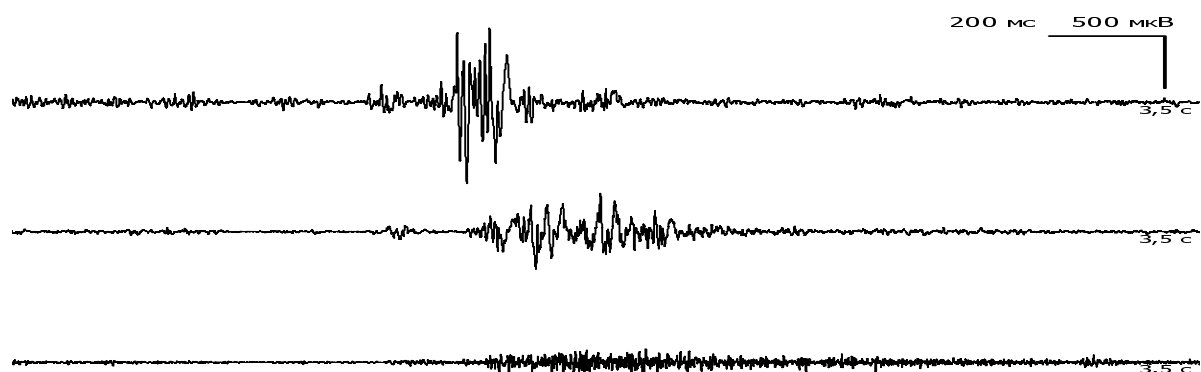


Рис. 4. Электромиограмма дельтовидной мышцы, двуглавой мышцы плеча, мышц предплечья при ловле падающего предмета

Анализ биоэлектрической активности мышц и визуальный анализ двигательного действия позволяет установить, что результат ловли падающего предмета определен решением двух основ задач:

- 1) перемещение руки на траекторию падения предмета;
- 2) захват падающего предмета кистью.

Осуществление первой задачи требует высокой скорости перемещения руки на траекторию падения предмета. Осознание данной траектории формируется еще до на-

чала падения, является составной частью афферентного синтеза, определяющим условия реализации будущих действий. Момент падения предмета является пусковым механизмом реализации двигательной реакции.

Осуществление второй задачи требует высокой точности движения, коррекции собственных действий, связанных с оценкой скорости падения предмета и его захвата в избранной точке траектории падения.

Возможность реализации данных двигательных задач согласно уровневой теории организации движения Бернштейна обусловлено сформированностью механизма управления двигательной функции на уровне пространственного поля, где ведущую роль играет зрительная чувствительность, в основе которой лежит слияние изображения, полученных от обоих глаз в корковом отделе (зрительного анализатора) коры головного мозга. Осознание окружающего пространства позволяет определять размер предмета, расстояния между предметами, воспринимать движение предметов в трехмерной системе координат. Единый образ предмета, воспринимаемого двумя глазами, возможен лишь в случае попадания его изображения на так называемые идентичные, или корреспондирующие, точки сетчатки, к которым относятся центральные ямки сетчатки обоих глаз, а также точки сетчатки, расположенные симметрично по отношению к центральным ямкам. В центральных ямках совмещаются отдельные точки, а на остальных участках сетчатки корреспондируют рецепторные поля, имеющие связь с одной ганглиозной клеткой [2].

Формирование бинокулярного зрения во многом определяет развитие двигательной функции ребенка. Подтверждением этому является достоверное увеличение времени ловли падающего предмета при закрытии ведущего глаза в 5-летнем возрасте. Кроме достоверного увеличения времени ловли установлено, что более 40% детей не в состоянии с первого раза выполнить данное задание. Изучение биоэлектрической активности основных мышечных групп позволяет установить, что в группе детей 5 лет с ведущим правым глазом при его закрытии в ходе ловли падающего предмета установлено достоверное снижение максимальной амплитуды реализации сигнала электромиограммы дельтовидной мышцы с $772 \pm 87,7$ мВ до $402,1 \pm 48,2$ мВ. Такая же картина наблюдается и в группе детей с ведущим левым глазом, где максимальная амплитуда сигнала электромиограммы дельтовидной мышцы снизилась с $802 \pm 91,2$ мВ до $511,6$ мВ.

Кроме того, произошло изменение формы паттерна электромиограммы, выражающегося в сглаживании залповидного всплеска биоэлектрической активности в начальный момент реализации движения руки (рис. 5). Достоверных изменений максимальной амплитуды сигнала в двуглавой мышце плеча и мышцах предплечья выявлено не было (табл. 2.).

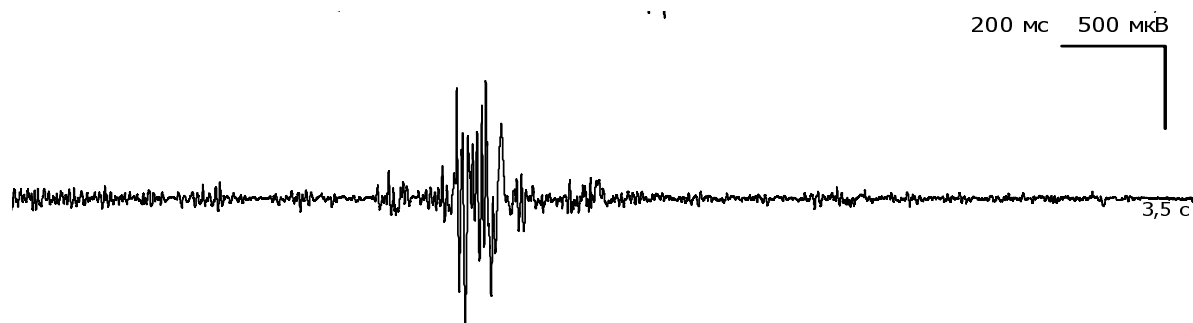


Рис. 5. Электромиограмма дельтовидной мышцы при ловле падающего предмета с открытыми глазами и закрытым правым глазом

Не произошло изменений и параметров средней частоты реализации сигнала исследуемых мышечных групп.

Таблица 2

Параметры максимальной амплитуды реализации сигнала электромиограммы мышц при ловле падающего предмета

Реализация визирования	Мышечные группы								
	с открытыми глазами			с закрытым правым глазом			с закрытым левым глазом		
	дельто-видная мышца	двуглавая мышца плеча	мышцы предплечья	дельто-видная мышца	двуглавая мышца плеча	мышцы предплечья	дельто-видная мышца	двуглавая мышца плеча	мышцы предплечья
Ведущий правый	772± 87,7	98± 18,2	65± 14,5	402± 48,2	107± 19,8	71± 14,8	652± 1,9	72± 15,6	51± 15,9
Ведущий левый	802± 91,2	78± 15,3	59± 12,4	724± 75,7	64± 17,2	62± 20,1	511,6± 61	59± 16,2	68± 19,1
Амбидекстры	642± 65,6	108± 17,6	64± 15,8	590± 57,9	94± 19,9	51± 17,4	701± 95,6	53± 21,5	56± 19,2

Увеличение времени ловли падающего предмета при закрытии ведущего глаза характеризуется снижением биоэлектрической активности двигательных единиц дельтовидной мышцы плеча за счет уменьшения максимальной амплитуды реализации сигнала электромиограммы, что говорит о более низкой скорости сокращения двигательных единиц данной мышечной группы.

Потеря времени происходит при перемещении руки на траекторию падения предмета. Решение этой двигательной задачи зависит от формирования точного представления данной траектории в окружающем пространстве. Однако реализация данной функции в пятилетнем возрасте при закрытом ведущем глазе требует больших временных затрат, что отражается на увеличении времени ловли падающего предмета.

Увеличение времени при перемещении руки на траекторию падения предмета приводит к изменению позы ребенка в момент ловли. Определить средние угловые кинематические характеристики данных поз и положения звеньев биомеханического аппарата из-за их многообразия затруднительно. Однако визуальный анализ записей ловли позволяет установить, что основные изменения позы при ловле касаются углов в тазобедренном, коленном, плечевом и локтевом суставах.

Еще одной важной особенностью механизма управления движениями при закрытии ведущего глаза является изменение исходного положения, где более 73% детей запрокидывают голову для осуществления зрительного контроля за падающим предметом, а 63% – пытаются переместить руку на траекторию падения предмета еще до начала падения. Известно, что эффективность локомоторного акта во многом определяется правильно выбранной позой. Изменяя исходную позу, ребенок адаптирует ее для выполнения поставленной перед ним двигательной задачи в условиях сужения зрительного пространства, где для него оказывается невозможной одновременная реализация функций представления траектории падения предмета и контроля падающего предмета. Ребенок может контролировать либо предмет, либо траекторию его падения. Поэтому для выполнения поставленной двигательной задачи испытуемый сначала формирует представления о траектории падения, после чего перемещает к ней руку, затем оставляет траекторию падения без визуального контроля, переводя его на падающий предмет путем запрокидывания головы. Однако для стандартизации условий тестирования мы не разрешали детям заранее перемещать руку на траекторию падения предмета, в результате 40% испытуемых не смогли выполнить задание с первого раза.

В результате закрытия ведущего глаза пространство действия оказывается значительно шире пространства визирования. В этих условиях невозможно одновременно быстро и точно решать двигательные задачи. Поэтому для точной ловли падающего

предмета ребенок жертвует ее быстротой, что проявляется в увеличении времени ловли и снижении максимальной амплитуды реализации сигнала электромиограммы дельтовидной мышцы.

Сужение зрительного пространства при закрытии ведущего глаза в ходе ловли падающего предмета приводит к изменению стадии афферентного синтеза в функциональной системе. Нейрофизиологической основой афферентного синтеза является конвергенция множественных возбуждений различной модальности на нейронах коры головного мозга. Обработка этих возбуждений нейронами осуществляется при помощи ряда механизмов, физиологический смысл которых состоит в том, что они обеспечивают успешность протекания стадии афферентного синтеза. К таким механизмам относятся: корковоподкорковая реверберация возбуждений [3], увеличение дискриминационной способности нейрона к частоте импульсации [4], увеличение конвергентной емкости отдельных нейронов под влиянием доминирующей мотивации [5].

Структурными компонентами афферентного синтеза являются доминирующая мотивация, обстановочная афферентация, пусковая афферентация и память. Изменение пространства визирования больше всего отражается на формировании обстановочной афферентации, в основе которой лежит осознание воздействия на организм всей совокупности внешних факторов, составляющих конкретную обстановку, на фоне которой разворачивается деятельность по удовлетворению наличной потребности. Обстановочная афферентация включает не только возбуждение от стационарной обстановки, но и ту последовательность афферентных возбуждений, которая ассоциируется с этой обстановкой.

Сужение зрительного пространства приводит к недостаточному потоку визуальной информации для формирования обстановочной афферентации, в результате данный компонент строится виртуально на основе прошлого двигательного опыта и памяти. Однако в этом случае возрастает риск проявления двигательных ошибок, потеря скорости и точности движений.

Необходимо отметить, что визуальный контроль окружающего пространства осуществляется благодаря функции сетчатки, позволяющей воспринимать мельчайшие детали объектов, и глагодвигательной функции, позволяющей контролировать изменение положения объектов в пространстве, что определяется развитием глагодвигательной мускулатуры.

Кроме того возможности монокулярного визуального контроля зависят от мимической мускулатуры, определяющей возможность полностью открывать один глаз при закрытии другого. Так, около 18% тестируемых испытывали затруднения при открытии неведущего глаза с закрытым ведущим. Именно поэтому было принято решение в ходе тестирования не закрывать, а завязывать глаза.

Заключение

Изучение биоэлектрической характеристики работы скелетной мускулатуры, обеспечивающей ловлю падающего предмета при различных способах визирования, позволяет заключить следующее:

1. Биоэлектрическая активность мышц и визуальный анализ действий испытуемых позволяет установить, что результат ловли падающего предмета определен решением двух основ двигательных задач: перемещение руки на траекторию падения предмета и захвата падающего предмета кистью. Решение первой задачи требует высокой скорости выполнения, решение второй задачи требует высокой точности движений.

2. Изучение паттернов биоэлектрической активности мышц в процессе ловли падающего предмета позволяет установить что:

– электромиограмма дельтовидной мышцы представляет собой интерференцион-

ную кривую, характеризующуюся резким залповидным всплеском биоэлектрической активности;

- электромиограмма двуглавой мышцы плеча представляет собой интерференционную кривую с интенсивным увеличением и снижением биоэлектрической активности;
- электромиограмма мышц предплечья представляет собой интерференционную кривую с плавным увеличением и постепенным снижением.

3. При бинокулярном способе визирования наибольшее увеличение биоэлектрической активности относительно исходного положения при ловле падающего предмета проявляется в работе дельтовидной мышцы, где среднее значение максимальной амплитуды сигнала ЭМГ составляет $742 \pm 57,7$ мВ, а средней частоты секундной реализации сигнала – $123,7 \pm 21,6$ раз в секунду. Среднее значение максимальной амплитуды сигнала ЭМГ двуглавой мышцы плеча составляет $106 \pm 26,5$ мВ, а средней частоты секундной реализации сигнала – $24,2 \pm 5,1$ раз в секунду. Среднее значение максимальной амплитуды сигнала ЭМГ мышц предплечья составляет $70,8 \pm 18$ мВ, а средней частоты секундной реализации сигнала – $21,2 \pm 9$ раз в секунду.

4. При закрытом ведущем глазе ловля падающего предмета характеризуется:

- снижением биоэлектрической активности дельтовидной мышцы за счет уменьшения среднего значения максимальной амплитуды сигнала ЭМГ с $742 \pm 57,7$ мВ, до $402 \pm 48,2$ мВ в группе детей с ведущим правым глазом и с $802 \pm 91,2$ мВ до $511,6$ мВ в группе детей с ведущим левым глазом;
- сглаживанием залповидного всплеска биоэлектрической активности в начальный момент реализации движения на паттерне ЭМГ дельтовидной мышцы;
- достоверным увеличением времени ловли;
- проявлением неудачной первой попытки у более 40% испытуемых;
- изменением положения головы в исходном положении;
- изменением позы в момент захвата падающего предмета.

5. При закрытии неведущего глаза достоверных изменений характеристик ловли падающего предмета не наблюдается.

Примечания:

1. Классификация биоэлектрической активности мышц при выполнении приседания со штангой в пауэрлифтинге / К.Д. Чермит, А.В. Шаханова, А.Г. Заболотный, А.А. Тхагова // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. 2012. Вып. 1 (98). С. 71-80. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
2. Бернштейн Н.А. О построении движений М.: Медгиз, 1947. 255 с.
3. Хаютин С.Н. Активность одиночных нейронов зрительной области коры в условиях выраженной пищевой мотивации // Структурная, функциональная и нейрохимическая организация эмоций. Л., 1971. С. 75-479.
4. Шумилина А.И. Экспериментальный анализ методом вызванных потенциалов корково-подкорковой реверберации возбуждений // Интегративная деятельность нервной системы в норме и патологии. М., 1968. С. 276-287.
5. Жаворонкова Л.А. Правши-левши: межполушарная асимметрия биопотенциалов мозга человека. Краснодар: Экоинвест, 2009. 240 с.

References:

1. The classification of the electrobiological activity produced by muscles when performing powerlifting squats / K.D. Chermit, A.G. Zabolotniy, A.V. Shakhanova, A.A. Tkagova // The Bulletin of the Adyghe State University. Ser. Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2012. Iss. 1 (98). P. 71-80. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
2. Bernstein N.A. On the creation of movements M.: Medgiz, 1947. 255 pp.
3. Khayutin S.N. Activity of single neurons of the brain-cortex visual area under the conditions of the evident food motivation // Structural, functional and neurochemical organization of emotions. L., 1971. P. 75-479.
4. Shumilina A.I. The experimental analysis by method of the caused potentials of corticosubcortical reverberation // Integrative activity of nervous system in the norm and pathology. M., 1968. P. 276-287.
5. Zhavoronkova L.A. Right-handers and left-handers: interhemispheric asymmetry of biopotentials of human brain. Krasnodar: Ecoinvest, 2009. 240 pp.