

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЫШЦ В КЛИНИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДВИЖЕНИЙ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА

УДК 611.727.2; 616.7

Скворцов Д.В., Кауркин С.Н., Иванова Г.Е.

ГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова», Москва, Россия

THE CONDUCTIVITY OF MUSCLE IN THE CLINICAL ANALYSIS OF THE SHOULDER JOINT MOTION

Skvortsov DV., Kaurkin SN., Ivanova GE.

Russian National Research Medical University n.a. N.I. Pirogov, Moscow, Russia

Введение

Электромиография (ЭМГ) – метод исследования функционального состояния поперечнополосатых мышц посредством регистрации произведенными ими биоэлектрических потенциалов. Метод ЭМГ позволяет получать информацию об иннервации мышц, изучать их функциональное состояние при различных патологических изменениях или в результате проводимого ими физиологического действия, изучить координацию движений, выработку двигательного навыка при различных видах работы и спортивных упражнениях, перестройку работы поврежденных мышц и их утомление [6].

Для анализа двигательной функции регистрируется функциональная ЭМГ. Это регистрация ЭМГ в то время, когда обследуемый выполняет движение. Стандартно регистрируется поверхностная ЭМГ, которая затем подвергается высокочастотной фильтрации, выпрямлению и сглаживанию низкочастотным фильтром, результатом чего является огибающая ЭМГ [2]. Основной задачей поверхностной электромиографии является определение фаз мышечной активности относительно цикла движения [3]. В настоящее время используется термин – кинезиологическая ЭМГ (КЭМГ) – метод анализа функции мышц. КЭМГ используется для исследования амплитуды и продолжительности действия мышцы, а также дает возможность для пациента получить обратную связь о правильности реализации стереотипа движения [24].

Движения рук играют важнейшую роль в повседневной деятельности человека, поэтому восстановление двигательных навыков верхней конечности при заболевании или повреждении, как мышц, так и нервномышечных образований, представляет собой актуальную задачу реабилитации больных с постинсультными гемипарезами. Плечелопаточный сустав (*articulatio-gleno-humeralis*) – самый подвижный сустав тела. Он обладает обширной экскурсией движений – отведением, приведением, сгибанием, разгибанием, вращением (ротация) наружу и внутрь [17]. Значительное число степеней свободы движений обусловлено формой плечевого сустава и особенностями анатомического строения плечевого пояса. Шаровидная форма плечевого сустава и мышцы, расположенные со всех сторон относительно плечевой кости, позволяют производить движения во всех направлениях.

Электромиография является одним из самых эффективных способов изучения сложного взаимо-

действия мышц плечевого сустава. Функциональное исследование мышц плеча впервые было проведено американским учёным В.Т. Инманом в 1944 году [16]. Исследовались различные изолированные движения и биоэлектрическая активность мышц плеча в этих движениях. В других, более поздних исследованиях, изучалась функция мышц плечевого пояса при выполнении движений с различной амплитудой [8, 11, 20, 26]. Последующие исследования расширили диапазон поисков и включили более сложные движения плечевого сустава в трех плоскостях, такие, как круговые движения плеча [22], наружная-внутренняя ротация при отведении плеча [15].

Значительное количество работ по исследованию ЭМГ мышц плеча посвящено, развивающимся нарушениям вследствие спортивной травмы и оптимизации движений в спорте [23].

К мышцам плечевого пояса относятся глубокие: надостная, подостная, малая круглая, большая круглая и подлопаточная мышцы, и поверхностные: группа дельтовидных (передняя, средняя, задняя) мышц. Так же важно отметить трапецевидную мышцу, которая играет важную роль в движениях лопатки.

Несмотря на большое количество мышц, участвующих в движении плеча, не все из них являются доступными для исследования и функциональной оценки.

Важно оценить функцию и электромиографические показатели дельтовидных мышц, наиболее доступных для исследования. Дельтовидная мышца состоит из трех частей – передней, начинающейся от ключицы, средней – от акромиона и задней – от ости лопатки. Функции дельтовидной мышцы сложны и многообразны. Она принимает участие в движениях, осуществляемых в плечевом суставе во всех трех плоскостях различным типом сокращения, играя различную роль в кинематической системе – либо стабилизатора, либо агониста, либо антагониста [5].

Для повседневной активности наиболее значимы передняя и средняя дельтовидные мышцы. Передняя дельтовидная мышца производит комплексное движение: сгибание, приведение и внутреннюю ротацию плеча. Средняя дельтовидная мышца играет большую роль в движении отведения плеча, её вклад составляет 35–65% от действия остальных мышц плечевого сустава [25].

Передние и средние дельтовидные мышцы являются активными при сгибании-разгибании и отведении-приведении плечевого сустава. В то время, как один пучок мышцы отвечает за целенаправленное движение, другой играет роль стабилизатора [11].

Трапецевидная мышца состоит из трёх частей: верхние, средние и нижние мышечные пучки. Средняя и нижняя части мышцы отвечают за приведение лопатки к позвоночнику, опусканию лопатки и её стабилизации. Верхняя часть вращает, приводит к позвоночнику и приподнимает лопатку.

Результаты электромиографических исследований показали, что наибольшую активность верхние пучки трапецевидной мышцы осуществляют во время поднятия лопатки [12], отведении плеча до 80 градусов [12] и сгибании плеча до 90 градусов [19].

Исследование амплитуды движения верхней конечности в плечевом суставе и оценка мышечной функции в течение упражнения или терапевтической процедуры является важным диагностическим критерием в восстановлении её функции.

Нами была предложена методика исследования движений сгибания-разгибания, отведения-приведения и ротации в плечевом суставе, ориентированная на пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения. [7] Но до сих пор не существует стандартных тестов для проведения комплексного электромиографического исследования мышц плеча [13, 18].

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на 25 здоровых испытуемых – 11 женщин, 14 мужчин, средний возраст – 52 года. Данная возрастная категория соответствует среднему возрасту пациентов перенесших острое нарушение мозгового кровообращения. Обследуемые не имели в анамнезе травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата, жалоб и противопоказаний на момент исследования.

Испытуемые перед исследованием инструктировались по последовательности диагностики. Обследуемым, в процессе исследования предлагалось выполнять движения сгибания/разгибания, отведения/приведения, до 90 градусов, и наружную/внутреннюю ротацию обеими верхними конечностями в плечевых суставах в сагитальной, фронтальной и вертикальной плоскостях соответственно. Движения выполнялись по следующей схеме: 1. одновременно двумя руками и 2. каждой рукой по отдельности в положении сидя (голова установлена по средней линии, с открытыми глазами). Каждое упраж-



Рис. 2. Обследуемый во время регистрации



Рис. 1. Обследуемый с фиксированными сенсорами и электродами.

нение выполнялось два раза. Движение проводилось свободно, без дополнительных указаний в соответствии с первичной инструкцией.

Для регистрации поверхностной ЭМГ был использован датчик «Trust-M» («Неврокор», г. Москва). ЭМГ регистрировалось посредством одноразовых электродов Swaromed. Размещение электродов проводилось в соответствии со стандартами ISEK, GCMAS, ESMAC, SENIAM (для пространственной регистрации движений) и занимало в среднем 10–15 минут. Межэлектродное расстояние между активным и пассивным электродами во всех случаях составило 25 мм [21]. На месте прикрепления электродов кожа была обезжирена. Электрод фиксировался к коже в месте двигательной зоны мышцы (Рис. 1).

Исследование проводилось без верхней одежды. Исследование производится сидя на табурете, голова, спина, руки опущены вдоль тела свободно, ноги находятся на ширине плеч, согнуты в коленных суставах под углом в 90 градусов, стопа. Выполняется три последовательных блока движений в трёх плоскостях по два повторения тех же движений – сначала двумя руками одновременно, затем каждой в отдельности. Во время всех движений обследуемый не отрывает стопы от пола. Обследуемому перед каждым выполняемым движением назывался порядок его выполнения. Затем обследуемый приступал к выполнению заданного движения самостоятельно. (Рис. 2).



Движение сгибания выполнялось на угол 90 градусов (по ощущениям обследуемого). Одновременно двумя руками и каждой рукой по отдельности в положении сидя.



Рис. 3. *Обследуемый во время регистрации*

Движение отведения выполнялось на угол 90 градусов (по ощущениям обследуемого). Одновременно двумя руками и каждой рукой по отдельности в положении сидя.



Рис. 4. *Движение отведения двух рук слева. Движение отведения одной руки справа*

Движение ротации выполнялось из вертикального положения плеча.



Рис. 5. *Движение ротации (обе руки) слева. Движение ротации одной рукой справа*

Регистрация и последующая первичная обработка данных выполнялась в программном пакете «TrustMotion».

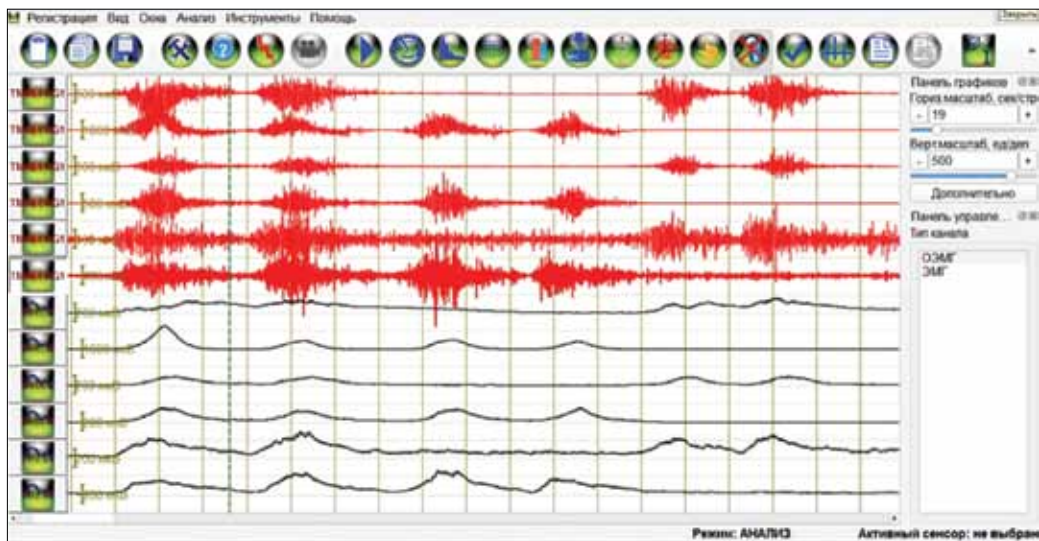


Рис. 6. Регистрация электрической активности мышц во время исследования

По каждой огибающей ЭМГ строился профиль биоэлектрической активности в процессе выполняемого движения, который показан на рисунке 7.

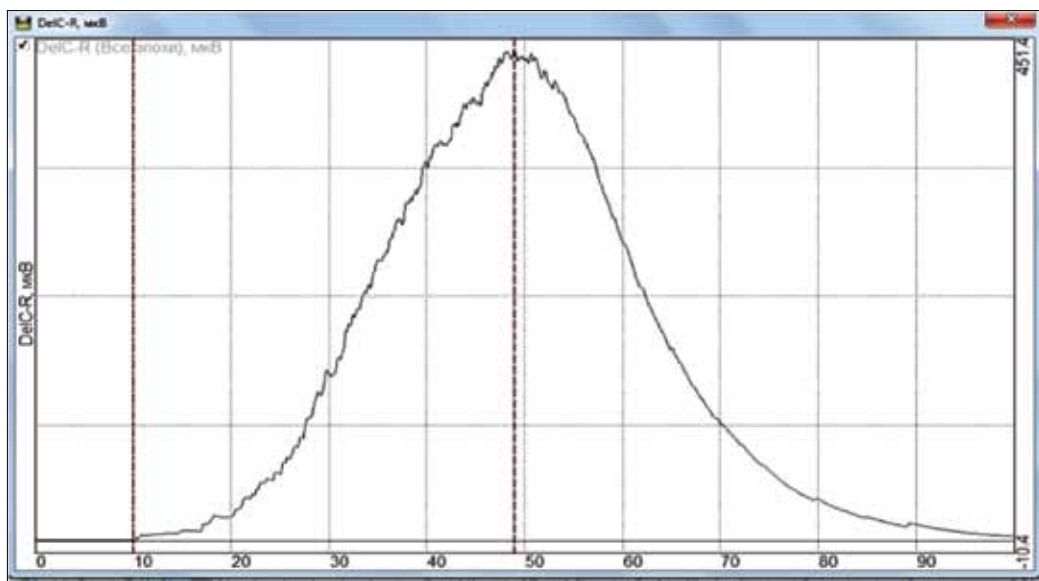


Рис. 7. Профиль биоэлектрической активности мышцы в процессе выполнения движения. По вертикали – активность в микровольтах (мкВ), по горизонтали – время цикла движения «Т%» в процентах

На графике отмечались начальная ("A1") и максимальная ("A2") произвольная активность в микровольтах (мкВ), и время её достижения «Т%» в % от цикла движения. Вертикальным пунктиром обозначена амплитуда максимальной активности в микровольтах (мкВ) "A2".

Статистическая обработка выполнялась в Microsoft Excel методами стандартной вариационной статистики с расчётом среднего значения «М» и среднеквадратического отклонения «σ».

Так же рассчитывалась разница между максимальной амплитудой и начальной – A2-A1 в микровольтах (мкВ). Данная разница бралась для возможности оценки возбуждения мышц в процессе движения.

Результаты

Данные биоэлектрической активности при выполнении движения сгибание-разгибание до 90 градусов приведены в таблице 1.

Начальная произвольная активность трапецевидных мышц больше чем у дельтовидных примерно в 3 раза. Максимум амплитуды электрической активности дельтовидных мышц тяготеет к середине (Т-50%) выполняемого цикла. Максимум амплитуды электрической активности трапецевидной мышцы справа приходится на 46 %, слева на 40% выполняемого цикла. Максимальная активность передней порции дельтовидных мышц в 3 раза выше, чем у средней порции дельтовидных мышц и в 4,5 раз выше, чем у трапецевидных

Таблица 1. Сгибание 2-х рук одновременно

Показатели миограмм	A1		T		A2		A2-A1
	M	σ	M	σ	M	σ	
DelC-L	6,48	4,02	48,26	11,39	240,95	77,36	234,47
DelC-R	3,68	2,07	52,28	11,03	256,11	82,82	252,43
DelA-L	5,11	3,60	49,01	9,63	81,95	19,45	76,84
DelA-R	4,00	2,56	47,70	7,76	81,93	20,66	77,93
Trz-L	19,38	13,31	39,62	12,37	56,14	26,61	36,76
Trz-R	13,78	10,84	45,59	12,97	52,66	26,13	38,88

мышц. Разница электрической активности передних дельтовидных мышц примерно 240 мкВ, что в 3 раза выше, чем у средних дельтовидных мышц и в 6, 5 раз выше, чем у трапециевидных мышц. По результатам анализа рассматриваемого движения отмечается, что максимальная активность выражена в передней порции дельтовидных мышц.

Данные биоэлектрической активности при выполнении движения сгибание-разгибание до 90 градусов одной рукой приведены в таблице 2.

Начальная произвольная активность трапециевидных мышц больше в 4 раза, чем у передних дельтовидных и в 3 раза больше, чем у средних дельтовидных.

Максимум амплитуды электрической активности трапециевидной и дельтовидных мышц справа тяготеет к середине (Т-50%) выполняемого цикла. Максимум амплитуды электрической активности передней дельтовидной мышцы слева тяготеет к середине цикла, а средней дельтовидной и трапециевидной приходится на отметку выше середины цикла (~58 %).

Справа, максимальная активность передней порции дельтовидной мышцы в 3 раза выше, чем у средней порции дельтовидной мышцы и в 4,5 раз выше, чем у трапециевидной мышцы. Слева, максимальная активность трапециевидной мышцы в 3 раза выше, чем у дельтовидных мышц.

Справа, разница электрической активности передней дельтовидной мышцы примерно 255 мкВ, что в 3 раза выше, чем у средней дельтовидной мышцы и в 6, 5 раз выше, чем у трапециевидной мышцы. Слева,

разница электрической активности трапециевидной мышцы примерно 6 мкВ, что в 2–2,5 раза выше, чем у дельтовидных мышц.

По результатам анализа рассматриваемого движения отмечается, что максимальная активность выражена в передней порции дельтовидной мышцы справа. Несмотря на движение правой рукой, на левой руке, по сравнению с исходным состоянием, так же увеличивается биоэлектрическая активность с мышц.

Данные биоэлектрической активности при выполнении движения сгибание-разгибание до 90 градусов одной рукой приведены в таблице 3.

Начальная произвольная активность трапециевидных мышц больше в 3 раза, чем у передних и средних дельтовидных.

Максимум амплитуды электрической активности дельтовидных мышц слева тяготеет к середине (Т-50%) выполняемого цикла. Максимум амплитуды электрической активности левой трапециевидной мышцы приходится на 35% выполняемого цикла. Максимум амплитуды электрической активности передней дельтовидной мышцы справа тяготеет к середине цикла, а средней дельтовидной и трапециевидной приходится на отметку выше середины цикла.

Слева, максимальная активность передней порции дельтовидной мышцы примерно 240 мкВ, что в 3 раза выше, чем у средней порции дельтовидной мышцы и в 4,5 раз выше, чем у трапециевидной мышцы. Справа, максимальная активность трапециевидной мышцы в 3 раза выше, чем у дельтовидных мышц.

Таблица 2. Сгибание правой руки

Показатели миограмм	A1		T		A2		A2-A1
	M	σ	M	σ	M	σ	
DelC-L	3,14	2,58	46,52	18,36	6,37	2,95	3,23
DelC-R	2,71	1,48	47,50	9,27	257,12	65,77	254,41
DelA-L	4,07	1,85	58,38	17,11	6,31	3,63	2,24
DelA-R	4,33	3,48	46,55	8,39	86,13	22,25	81,8
Trz-L	12,32	11,32	57,91	20,93	18,20	15,23	5,88
Trz-R	13,37	12,68	47,51	14,82	55,13	26,69	41,76

Таблица 3. Сгибание левой руки

Показатели миограмм	A1		T		A2		A2-A1
	M	σ	M	σ	M	σ	
DelC-L	5,26	3,34	48,08	9,35	240,57	77,04	235,31
DelC-R	3,12	1,82	46,23	18,33	6,07	2,80	2,95
DelA-L	5,49	2,56	46,39	12,15	91,41	27,28	85,92
DelA-R	3,17	3,14	53,39	15,93	7,18	4,90	4,01
Trz-L	14,31	10,38	35,11	9,46	53,87	28,31	39,56
Trz-R	10,30	9,47	57,16	18,87	18,61	16,84	8,31

Слева, разница электрической активности передней дельтовидной мышцы примерно 235 мкВ, что в 3 раза выше, чем у средней дельтовидной мышцы и в 6 раз выше, чем у трапецевидной мышцы. Справа, разница электрической активности трапецевидной мышцы примерно 8 мкВ, что в 2–2,5 раза выше, чем у дельтовидных мышц.

По результатам анализа рассматриваемого движения отмечается, что максимальная активность выражена в передней порции дельтовидной мышцы слева. Несмотря на движение левой рукой, на правой руке, по сравнению с исходным состоянием, так же увеличивается биоэлектрическая активность с мышц.

Данные биоэлектрической активности при выполнении движения отведение-приведение до 90 градусов приведены в таблице 4.

Начальная произвольная активность трапецевидных мышц больше чем у дельтовидных примерно в 2 раза.

Максимум амплитуды электрической активности дельтовидных и трапецевидных мышц тяготеет к середине (Т-50%) выполняемого цикла.

Максимальная активность со средней порции дельтовидных мышц в 2,5 раза выше, чем у передней порции дельтовидных и трапецевидных мышц.

Разница электрической активности средних дельтовидных мышц примерно 233 мкВ, что в 3 раза выше, чем у передних дельтовидных мышц и у трапецевид-

ных мышц. По результатам анализа рассматриваемого движения отмечается, что максимальная активность выражена в средней порции дельтовидных мышц.

Данные биоэлектрической активности при выполнении движения отведение-приведение до 90 градусов одной рукой приведены в таблице 5.

Начальная произвольная активность правой трапецевидной мышцы больше в 3 раза, чем у передней дельтовидной и в 4 раза больше, чем у средней дельтовидной. Начальная произвольная активность левой трапецевидной мышцы больше в 2,5 раза, чем у дельтовидных мышц.

Максимум амплитуды электрической активности средней дельтовидной и трапецевидной мышц справа тяготеет к середине (Т-50%) выполняемого цикла. Максимум амплитуды электрической активности передней дельтовидной мышцы приходится на 40% выполняемого цикла.

Справа, максимальная активность средней порции дельтовидной мышцы в 2,5 раза выше, чем у передней порции дельтовидной и трапецевидной мышц. Слева, максимальная активность трапецевидной мышцы в 4 раза выше, чем у передней дельтовидной, и в 2 раза выше, чем у средней дельтовидной мышц.

Справа, разница электрической активности передней дельтовидной мышцы примерно 250 мкВ, что в 3 раза выше, чем у передней порции дельтовидной и трапецевидной мышц. Слева, разница электрической

Таблица 4. Отведение 2-х рук одновременно

Показатели миограмм	A1		T		A2		A2-A1
	M	σ	M	σ	M	σ	
DelC-L	9,57	5,74	47,47	15,89	77,64	30,00	68,07
DelC-R	7,42	6,08	46,09	14,89	83,85	30,65	76,43
DelA-L	8,37	7,31	48,17	7,29	239,38	75,44	231,01
DelA-R	8,33	6,95	48,13	12,00	243,27	72,74	234,94
Trz-L	18,50	14,84	48,64	15,17	89,18	33,26	70,68
Trz-R	20,17	19,28	48,04	13,82	97,46	33,51	77,29

Таблица 5. Отведение правой руки

Показатели миограмм	A1		T		A2		A2-A1
	М	σ	М	σ	М	σ	
DelC-L	4,03	3,20	34,62	17,86	8,25	4,58	4,22
DelC-R	7,18	7,41	39,55	13,91	92,57	35,55	85,39
DelA-L	3,14	1,58	53,42	22,56	10,07	7,91	6,93
DelA-R	8,96	6,13	47,26	9,11	258,24	88,12	249,28
Trz-L	12,96	11,76	47,50	19,95	28,85	20,51	15,89
Trz-R	19,29	17,64	45,05	9,98	101,11	37,23	81,82

активности трапециевидной мышцы примерно 6 мкВ, что в 2–2,5 раза выше, чем у дельтовидных мышц.

По результатам анализа рассматриваемого движения отмечается, что максимальная активность выражена в средней порции дельтовидной мышцы справа. Несмотря на движение правой рукой, на левой руке, по сравнению с исходным состоянием, так же увеличивается биоэлектрическая активность с мышц.

Данные биоэлектрической активности при выполнении движения отведение-приведение до 90 градусов одной рукой приведены в таблице 6.

Начальная произвольная активность левой трапециевидной мышцы больше в 2 раза, чем у передней и средней дельтовидной. Начальная произвольная активность правой трапециевидной мышцы больше в 3 раза, чем у передней и средней дельтовидной.

Максимум амплитуды электрической активности средней дельтовидной мышцы слева тяготеет к середине (Т-50%) выполняемого цикла. Максимум амплитуды электрической активности передней дельтовидной и трапециевидной мышцы слева приходится на 45% выполняемого цикла. Максимум амплитуды электрической активности средней дельтовидной мышцы справа тяготеет к середине цикла, а передней дельтовидной и трапециевидной приходится на отметку 35% цикла.

Слева, максимальная активность передней порции дельтовидной мышцы примерно 240 мкВ, что в 2,5 раза выше, чем у трапециевидной и средней порции дельто-

видной мышцы и мышцы. Справа, максимальная активность трапециевидной мышцы в 3,5 раза выше, чем у средней дельтовидной, и в 5,5 раз выше, чем у передней дельтовидной мышцы.

Слева, разница электрической активности средней дельтовидной мышцы примерно 235 мкВ, что в 2,5 раза выше, чем у трапециевидной и передней дельтовидной мышц. Справа, разница электрической активности трапециевидной мышцы примерно 24 мкВ, что в 9,5 раза выше, чем у передней дельтовидной мышцы, и в 3 раза выше, чем у средней дельтовидной мышцы.

По результатам анализа рассматриваемого движения отмечается, что максимальная активность выражена в средней порции дельтовидной мышцы слева. Несмотря на движение левой рукой, на правой руке, по сравнению с исходным состоянием, так же увеличивается биоэлектрическая активность с мышц.

Данные биоэлектрической активности при выполнении движений наружной ротации приведены в таблице 7.

Начальная произвольная активность трапециевидных мышц больше чем у дельтовидных примерно в 2 раза.

Максимум амплитуды электрической активности передних дельтовидных и трапециевидных мышц приходится на 60% выполняемого цикла, а средних дельтовидных на 38% выполняемого цикла.

Максимальная активность трапециевидных мышц примерно 22 мкВ, передних дельтовидных 17 мкВ, средних дельтовидных 13 мкВ.

Таблица 6. Отведение левой руки

Показатели миограмм	A1		T		A2		A2-A1
	М	σ	М	σ	М	σ	
DelC-L	8,44	6,01	45,52	16,65	96,65	28,71	88,21
DelC-R	3,69	3,16	35,51	19,60	6,19	2,92	2,5
DelA-L	7,58	4,98	49,29	5,58	241,53	66,83	233,95
DelA-R	2,75	1,98	45,16	21,37	10,88	7,98	8,13
Trz-L	14,74	10,65	44,68	13,98	102,81	32,92	88,07
Trz-R	11,07	9,00	34,38	15,11	34,88	19,33	23,81

Таблица 7. Ротация двух рук одновременно

Показатели миограмм	A1		T		A2		A2-A1
	М	σ	М	σ	М	σ	
DelC-L	6,14	2,28	58,70	19,78	13,54	3,46	7,4
DelC-R	4,67	2,34	57,57	13,04	13,21	5,14	8,54
DelA-L	5,99	3,03	37,59	15,16	17,22	3,23	11,23
DelA-R	6,62	3,78	38,49	16,94	16,53	6,45	9,91
Trz-L	10,24	4,12	59,25	22,01	22,12	12,60	11,88
Trz-R	9,27	5,94	60,90	18,47	21,05	12,69	11,78

Разница электрической активности с трапециевидных мышц примерно 12 мкВ, у передних дельтовидных мышц 8 мкВ, у средних дельтовидных мышц 10–11 мкВ.

Данные биоэлектрической активности при выполнении движений наружной ротации одной рукой приведены в таблице 8.

Начальная произвольная активность трапециевидных мышц больше чем у дельтовидных примерно в 2 раза.

Справа, максимальная активность трапециевидной мышцы примерно 25 мкВ, что в 1,5 раза выше, чем у дельтовидных мышц. Слева, максимальная актив-

ность трапециевидной мышцы примерно 16 мкВ, что в 2 раза выше, чем у дельтовидных мышц.

Разница электрической активности с трапециевидных мышц справа примерно 17 мкВ, что в 1,5 раза выше, чем у дельтовидных мышц.

Данные биоэлектрической активности при выполнении движений наружной ротации одной рукой приведены в таблице 9.

Начальная произвольная активность трапециевидных мышц слева больше чем у дельтовидных примерно в 2 раза, а справа в 1,5 раза.

Таблица 8. Ротация правой руки

Показатели миограмм	A1		T		A2		A2-A1
	М	σ	М	σ	М	σ	
DelC-L	5,47	1,75	53,24	15,07	8,16	2,44	2,69
DelC-R	6,26	4,99	54,88	16,82	16,65	7,10	10,39
DelA-L	5,28	1,58	47,47	18,60	9,39	4,01	4,11
DelA-R	6,76	3,20	53,95	17,05	16,99	4,65	10,23
Trz-L	10,47	5,93	56,68	20,12	15,54	5,34	5,07
Trz-R	11,70	8,94	60,14	19,85	27,78	11,91	17,08

Таблица 9. Ротация левой руки

Показатели миограмм	A1		T		A2		A2-A1
	М	σ	М	σ	М	σ	
DelC-L	5,81	1,59	53,93	13,41	12,89	1,97	7,08
DelC-R	4,03	1,48	54,16	17,37	7,35	3,25	3,32
DelA-L	5,88	2,51	53,33	12,88	13,75	4,26	9,87
DelA-R	4,97	2,35	46,55	21,50	10,25	3,10	5,28
Trz-L	10,97	5,11	63,51	18,63	23,31	9,69	12,34
Trz-R	6,46	3,88	55,95	19,30	15,03	2,78	6,57

Слева, максимальная активность трапецевидной мышцы примерно 24 мкВ, что в 1,5 раза выше, чем у дельтовидных мышц.

Разница электрической активности с трапецевидных мышц слева примерно 12 мкВ, что в 1,5 раза выше, чем у дельтовидных мышц.

Обсуждение

Согласно проведённому анализу полученных данных, начальная произвольная активность с трапецевидных мышц больше, чем у дельтовидных во всех исследуемых движениях. Данная особенность трапецевидных мышц объясняется антигравитационной активностью и противодействием опусканию плечевого пояса в силу его тяжести [19].

Полученные пилотные нормативные данные показывают, что в покое, у здоровых испытуемых, биоэлектрическая активность мышц не превышает 35 мкВ, а максимальная активность во время произвольного движения конечности находится в районе 200–300 мкВ, что согласуется с данными литературы [4, 27].

Данное исследование подтвердило, что многие заданные произвольные движения активируют больше одной мышцы [10]. По результатам полученных данных можно предположить, что мышцы, включённые в диагностику, можно разделить на три группы: 1. основная мышца, производящая произвольное движение, 2. мышца, участвующая в движении, но не являющаяся основной, и 3. не участвующие в движении мышцы [14]. Мышцы, являющиеся основными участвующими в заданном движении, показывают максимальную активность, приближенную к середине выполняемого цикла [1].

Для всех основных движений мы получили закономерность, когда максимум амплитуды электрической активности мышцы, производящей движение, приближается к середине цикла. Данная закономерность является базовой для здорового человека независимо от того, какое движение и каким сегментом тела или конечности производится. Данный феномен был так же отмечен при исследовании движений комплекса «Баланс» в группе здоровых лиц [1].

Биоэлектрическая активность мышц стороны не участвующей в движении увеличивается в 2–3 раза, относительно начальной произвольной активности, во время выполнения движения одноимёнными мышцами противоположной стороны.

При движении сгибания-разгибания, максимальная активность выражена в передней порции дельтовидной мышцы, а в средней порции в 3 раза меньше. Средняя дельтовидная мышца относится к мышцам, стабилизирующим плечевой сустав во время движения сгибания-

разгибания. В то время, как один пучок мышцы отвечает за целенаправленное движение, другой играет роль стабилизатора, что было показано в работе David G и Magarey M.E. в 2000 году [11]. Если передняя порция дельтовидной мышцы играет роль не только сгибателя, но и является приводящей, то действие средней порции, как стабилизатора позволяет выполнить изолированное движение в одной плоскости.

Мышцы, исследуемые нами во время ротационных движений, заведомо не являются наружными или внутренними ротаторами, однако они участвуют в движении и демонстрируют незначительную электрическую активность. На это косвенно указывает и то, что фаза их активности в данном движении не совпадает с 50% цикла и сама активность увеличивается относительно незначительно ~ 2 раза.

Предложенный метод регистрации электрической активности мышц во время движений в плечевом суставе может представлять интерес для врачей ЛФК, неврологов, ортопедов-травматологов и других специалистов. Метод позволяет получить объективную информацию о включении мышц в выполнение заданного движения. При этом информация носит точный количественный и качественный характер.

Данный метод не требует значительного времени для выполнения исследования, крупного помещения и оборудования, весь комплект может поместиться в обычной сумке вместе с компьютером. Электромиографическое исследование требует около 25 минут на запись исследования и около 20 минут на последующую обработку и анализ данных. Метод может быть востребован не только в исследовательской, но и в клинической практике.

Выводы

1. Полученные нормативные параметры могут служить ориентиром при оценке показателей при использовании данной методики.
2. Получены количественные показатели, характеризующие синергию при выполнении движений одной рукой, выражающуюся в активизации аналогичных мышц интактной стороны.
3. Мышцы основные, выполняющие движение характеризуются максимумом активности в пределах 50% цикла, а мышцы участвующие в данном движении могут иметь максимум активности, отличающийся от данного значения.
4. При выполнении движения отведения верхней конечности на 90 градусов роль трапецевидной мышцы количественно и качественно аналогична таковой передней дельтовидной мышцы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Булатова М.А. Особенности двигательной функции при парезе вследствие церебрального инсульта по результатам трехмерной видеокинематики и функциональной электромиографии: Дис. канд. мед. наук. Москва, 2013, с. 148.
2. Витензон А.С. Закономерности нормальной и патологической ходьбы человека. М.: ЦНИИПП, 1998. – 271 с.
3. Витензон А.С., Петрушанская К.А. От естественного к искусственному управлению локомоцией. – М:НМФ «МБН», 2003. – с. 438.
4. Количественные и пространственно-топографические характеристики двигательных синергий верхней конечности человека в норме. «Мануальная терапия», 2004. – N 1. – С. 50–57.
5. Козлов В.И. Анатомия человека: учеб. для студ. инст. физ. культ. М., «Физкультура и спорт», 1978.
6. Скворцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами. 2007 г. 74 стр.
7. Скворцов Д.В., Кауркин С.Н., Иванова Г.Е. // Вестник восстановительной медицины, 2014. -N 3. – С. 8–13. Библ. 17 назв.
8. Alpert SW, Pink MM, Jobe FW, et al. 2000. Electromyographic analysis of deltoid and rotator cuff function under varying loads and speeds. J Shoulder Elbow Surg9: 47–58.
9. Basmajian JV. Electromyography – Dynamic Gross Anatomy: a Review. Am J Anat 1980; 159 (3): 245–260.
10. Craig E. Boettcher, Karen A. Ginn, Standard maximum isometric voluntary contraction tests for normalizing shoulder muscle EM; Journal of Orthopaedic Research, Volume 26, Issue 12, pages 1591–1597, December 2008.

11. David G, Magarey ME, Jones MA, Dvir Z, Türker KS, Sharpe M. EMG and Strength correlates of selected Shoulder Muscles during Rotations of the Glenohumeral Joint. *Clin Biomech* 2000; 15 (2): 95–102.
12. Ekstrom RA1, Donatelli RA, Soderberg GL. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003 May; 33 (5): 247–58. Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles.
13. Ekstrom RA, Soderberg GL, Donatelli RA. 2005. Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *J Electromyogr Kinesiol* 15: 418–428.
14. Functional classification of selected shoulder muscles by electromyography; *Revista Brasileira de Biomecânica* 01/2007; 8 (15): 61–66.
15. Huxel KC, Swanik CB, Swanik KA, et al. 2008. Stiffness regulation and muscle-recruitment strategies of the shoulder in response to external rotation perturbations. *J Bone Joint Surg Am*90: 154–162.
16. Inman VT, Saunders JB, Abbott LC. 1944. Observation on the function of the shoulder joint. *J Bone Joint Surg* 26: 1–30.
17. Kapandzhi A.I. *The Physiology of the Joints, Volume 1: Upper Limb*, 2009 11. 6e.
18. Kelly BT, Kadrmaz WR, Kirkendall DT, et al. 1996. Optimal normalization tests for shoulder muscle activation: an electromyographic study. *J Orthop Res* 14: 647–653.
19. Kleine BU1, Schumann NP, Bradl I, Grieshaber R, Scholle HC. Surface EMG of shoulder and back muscles and posture analysis in secretaries typing at visual display units. *Int Arch Occup Environ Health.* 1999 Sep; 72 (6): 387–94.
20. Kronberg M, Nemeth G, Brostrom LA. 1990. Muscle activity and coordination in the normal shoulder. An electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res* 257: 76–85.
21. Luca de C. J. The use of surface Electromyography in biomechanics// *Journal Applied Biomechanics*, 1997, № 13, p. 135–163.
22. Pearl ML, Perry J, Torburn L, et al. 1992. An electromyographic analysis of the shoulder during cones and planes of arm motion. *Clin Orthop Relat Res*284: 116–127.
23. Scovazzo M.L., Browne A., Pink M. Et al. The painful shoulder during freestyle swimming// *Am.J. Sports Med.* – 1991. – Vol.19, N 6. – P 577 – 582.
24. Soderberg G.L., Knutson L.M., A guide for use and interpretation of kinesiological// *Electromyogr.Data phys.Ther.* – 2000. – Vol.80, N5. – P 485–498.
25. *Sports Medicine.* August 2009, Volume 39, Issue 8, pp 663–685. Shoulder Muscle Activity and Function in Common Shoulder Rehabilitation Exercises. Rafael F. Escamilla, Kyle Yamashiro, Lonnie Paulos, James R. Andrews.
26. Wickham J, Pizzari T, Stansfeld K, et al. 2009. Quantifying 'normal' shoulder muscle activity during abduction. *J Electromyogr Kinesiol*20: 212–222.
27. Winter D. A., Rau G., Kadefor R. Units, terms and standards in the reporting of electromyographical research. First Interim report of ISEK Committee on EMG Terminology, 1992.

REFERENCES:

1. Bulatova MA. Features motor function paresis due to cerebral stroke on the results of three-dimensional videocinematography and functional electromyography; *Dis. cand. med. sciences. Moscow*, 2013, p. 148.
2. Vitenzon AS. Patterns of normal and pathological human walking. M.: TSNIIPP, 1998. – 271 p.
3. Vitenzon AS, Petrushanskaya KA. From natural to artificial management lokomotsiy. – M: IMP "MBN" 2003. – p. 438.
4. Quantitative and spatial and topographical characteristics of the upper limb motor synergies normal human. "Manipulation", 2004. – N 1. – P. 50–57.
5. Kozlov VI. *Human Anatomy: Proc. for students. inst. nat. cult. Moscow*, "Physical culture and sport", 1978.
6. Skvortsov DV. *Diagnosis motor pathology instrumental metodami.*2007, 74 p.
7. Skvortsov DV, Kaurkin SN, Ivanova GE // *Journal of restorative medicine*, 2014. – N 3. – P. 8–13.
8. Alpert SW, Pink MM, Jobe FW, et al. 2000. Electromyographic analysis of deltoid and rotator cuff function under varying loads and speeds. *J Shoulder Elbow Surg*9: 47–58.
9. Basmajian JV. *Electromyography – Dynamic Gross Anatomy: a Review.* *Am J Anat* 1980;159 (3): 245–260.
10. Craig E. Boettcher, Karen A. Ginn, *Standard maximum isometric voluntary contraction tests for normalizing shoulder muscle EM; Journal of Orthopaedic Research*, Volume 26, Issue 12, pages 1591–1597, December 2008.
11. David G, Magarey ME, Jones MA, Dvir Z, Türker KS, Sharpe M. EMG and Strength correlates of selected Shoulder Muscles during Rotations of the Glenohumeral Joint. *Clin Biomech* 2000;15 (2): 95–102.
12. Ekstrom RA1, Donatelli RA, Soderberg GL. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003 May;33(5):247-58. Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles.
13. Ekstrom RA, Soderberg GL, Donatelli RA. 2005. Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *J Electromyogr Kinesiol* 15: 418–428.
14. Functional classification of selected shoulder muscles by electromyography; *Revista Brasileira de Biomecânica* 01/2007; 8 (15): 61–66.
15. Huxel KC, Swanik CB, Swanik KA, et al. 2008. Stiffness regulation and muscle-recruitment strategies of the shoulder in response to external rotation perturbations. *J Bone Joint Surg Am*90: 154–162.
16. Inman VT, Saunders JB, Abbott LC. 1944. Observation on the function of the shoulder joint. *J Bone Joint Surg* 26:1–30.
17. Kapandzhi A.I. *The Physiology of the Joints, Volume 1: Upper Limb*, 2009 11. 6e
18. Kelly BT, Kadrmaz WR, Kirkendall DT, et al. 1996. Optimal normalization tests for shoulder muscle activation: an electromyographic study. *J Orthop Res*14:647–653.
19. Kleine BU1, Schumann NP, Bradl I, Grieshaber R, Scholle HC. Surface EMG of shoulder and back muscles and posture analysis in secretaries typing at visual display units. *Int Arch Occup Environ Health.* 1999 Sep; 72 (6): 387–94.
20. Kronberg M, Nemeth G, Brostrom LA. 1990. Muscle activity and coordination in the normal shoulder. An electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res* 257: 76–85
21. Luca de C. J. The use of surface Electromyography in biomechanics// *Journal Applied Biomechanics*, 1997, № 13, p. 135–163.
22. Pearl ML, Perry J, Torburn L, et al. 1992. An electromyographic analysis of the shoulder during cones and planes of arm motion. *Clin Orthop Relat Res*284: 116–127.
23. Scovazzo M.L., Browne A., Pink M. Et al. The painful shoulder during freestyle swimming// *Am.J. Sports Med.*– 1991. – Vol.19, N 6. – P 577–582.
24. Soderberg G.L., Knutson L.M., A guide for use and interpretation of kinesiological// *Electromyogr.Data phys.Ther.* – 2000.-Vol.80,N5. – P 485–498.
25. *Sports Medicine.* August 2009, Volume 39, Issue 8, pp 663–685. Shoulder Muscle Activity and Function in Common Shoulder Rehabilitation Exercises. Rafael F. Escamilla, Kyle Yamashiro, Lonnie Paulos, James R. Andrews
26. Wickham J, Pizzari T, Stansfeld K, et al. 2009. Quantifying 'normal' shoulder muscle activity during abduction. *J Electromyogr Kinesiol*20: 212–222.
27. Winter D. A., Rau G., Kadefor R. Units, terms and standards in the reporting of electromyographical research. First Interim report of ISEK Committee on EMG Terminology, 1992.

РЕЗЮМЕ

Работа посвящена исследованию биоэлектрической активности мышц плечевого сустава при выполнении тестовых движений: сгибания-разгибания, отведения-приведения и ротации двумя конечностями одновременно и каждой в отдельности. Обследовано 25 здоровых испытуемых, средний возраст 52 года.

Исследование проводилось с помощью комплекса «Траст-М». Регистрировалась ЭМГ передней и средней порции дельтовидных мышц и верхняя порция трапецевидной мышцы. Данные обработаны стандартными методами вариационной статистики.

Получены нормативные данные, характеризующие активность исследуемых мышц в данных движениях, которые могут быть использованы в качестве опорных для клинического анализа при различной патологии. Исследуемые мышцы можно разделить, в зависимости от выполняемого движения, на мышцы непосредственно его выполняющие, участвующие в данном движении и не участвующие в движении. Для движения сгибания-разгибания основными являются передняя порция дельтовидной мышцы, участвующими (стабилизаторами) средняя дельтовидная и трапецевидная мышцы. В движении отведения-приведения основную роль играет средняя порция дельтовидной и стабилизаторами являются передняя порция дельтовидной и трапецевидная мышцы. При этом количественно и качественно роль трапецевидной мышцы аналогична таковой передней порции дельтовидной. Для основных мышц характерен максимум активности в пределах 50% цикла, для мышц участвующих в движении – смещение от этого значения. При этом для движений одной рукой имеется активизация соответствующих мышц интактной стороны.

Предложенный метод регистрации электрической активности мышц во время движений в плечевом суставе может представлять интерес для врачей ЛФК, неврологов, ортопедов-травматологов и других специалистов. Метод позволяет получить объективную информацию о включении мышц в выполнение заданного движения. При этом информация носит точный количественный и качественный характер.

Ключевые слова: плечевой сустав, клинический анализ движений, функциональная электромиография, двигательные тесты, кинезиология, биомеханика.

ABSTRACT

The work is devoted to investigation of bioelectric activity of the muscles of the shoulder joint when the test movements: flexion-extension, abduction-adduction, and rotation of the two limbs simultaneously and individually. A total of 25 healthy subjects, the average age of 52 years.

The study was conducted using a set of "Trust-M." EMG recorded anterior and middle portions of the deltoid muscle and the upper portion of the trapezius muscle. The data are processed by standard methods of variation statistics.

The normative data characterizing activity of the test data in the muscle movements which can be used as reference for clinical analysis in various pathologies. The test can be divided muscles, depending on which movement in the muscles of his direct running, participating in the movement and do not participate in the movement. For flexion-extension motion of the main ones being the front portion of the deltoid muscle involved (stabilizers) average deltoid and trapezius muscles. The retraction motion-reduction plays a major role midstream deltoid and stabilizers are the front portion of the deltoid and trapezius muscles. This quantitative and qualitative role of the trapezius muscle is similar to that of the front portion of the deltoid. For major muscles typical maximum activity within 50% of the cycle, for the muscles involved in the movement - the offset from this value. In addition, for the movement of one hand there is the activation of appropriate muscles intact side.

The proposed method of recording the electrical activity of muscles during movement of the shoulder joint may be of interest to medical exercise therapy, neurologists, orthopedic trauma, and other professionals. The method allows to obtain objective information on the inclusion of the muscles in the execution of a given movement. This information is an accurate quantitative and qualitative nature.

Keywords: shoulder joint, clinical analysis of movement, functional electromyography, motor tests, kinesiology, biomechanics.

Контакты:

Скворцов Дмитрий Владимирович. E-mail: dskvorts63@mail.ru