

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИННЕРВАЦИИ И ФУНКЦИИ ДЕЛЬТОВИДНОЙ МЫШЦЫ У ПАЦИЕНТОВ С ЗАСТАРЕЛЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ И ПЕРЕЛОМО-ВЫВИХАМИ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ**

**Зубарева Т.В., Гюльназарова С.В.**

*ФБГУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, e-mail: tat-zubareva@yandex.ru*

Статья посвящена углубленному нейрофизиологическому изучению функций передней, средней, задней частей дельтовидной мышцы и их иннервации у пациентов с застарелыми переломами и переломо-вывихами проксимального отдела плечевой кости в отдаленные сроки после травмы, в среднем через 1 год после перелома. С помощью глобальной электронейромиографии (ЭНМГ) найдена значительная неоднородность биоэлектрической активности различных частей дельтовидной мышцы. При стимуляционной ЭНМГ зафиксирована сниженная активность передней части этой мышцы, обусловленная меньшей иннервацией ее ветвью n.axillaris в норме. Установлены достоверные отличия в иннервации и функции всех частей дельтовидной мышцы между интактной и травмированной сторонами. Обоснована рекомендация проводить ЭНМГ-исследование всех частей дельтовидной мышцы, особенно перед реконструктивными операциями и эндопротезированием плечевого сустава.

Ключевые слова: застарелый перелом, переломо-вывих, плечевая кость, глобальная и стимуляционная электронейромиография, функции передней, средней, задней частей дельтовидной мышцы, подмышечный нерв, иннервация.

## **RESEARCH OF THE INNERVATION AND FUNCTION OF THE DELTOID IN PATIENTS WITH INVETERATE FRACTURES AND FRACTURE-DISLOCATIONS OF PROXIMAL HUMERUS**

**Zubareva T.V., Gyulnazarova S.V.**

*Ural State Medical University, Ekaterinburg, e-mail: tat-zubareva@yandex.ru*

This study is devoted to deep neurophysiological research of the function of front, middle and back parts of deltoid and their innervations in patients with inveterate fractures and fracture-dislocations of proximal humerus. Duration of trauma was one year average. Considerable heterogeneity of bioenergeering activity was determined in different parts of deltoid by the method of global electromyography. Stimulating electromyography allowed to fix the reduction of front deltoid part activity as the result of decrease of its innervation branch of axillaris nerve. Distinctions of innervations and function of all deltoid parts between traumatic and intact sides are ascertained. Recommendation to use electromyography for all deltoid parts before reconstruction surgeries on shoulder in patients with fractures of proximal humerus was substantiated especially.

Keywords: inveterate fracture, fracture-dislocation, humerus, global and stimulating electromyography, function of front, middle, back deltoid parts, innervation, axillary nerve.

Дельтовидная мышца является трехглавой и, покрывая головку плечевой кости, условно делится на 3 части: переднюю, среднюю и заднюю. Ее основной функцией является подъем и вращение рук. Передняя часть сгибает руку, средняя – отводит ее, а задняя – разгибает руку в плечевом суставе. M. deltoideus по своему строению и функции является важной составляющей мышц плечевого пояса, которые стабилизируют плечевой сустав. Иннервация этой мышцы осуществляется подмышечным нервом (n. axillaris), ветви которого подходят к каждой из трех частей дельтовидной мышцы [7, 8]. В стандартной методике исследования электронейромиографии (ЭНМГ) для получения М-ответа n.axillaris проводят стимуляцию только средней ветви, идущей к pars media. Такой подход, на наш взгляд, не вполне корректен, т.к. при травмах плечевого сустава встречаемость повреждений плечевого

сплетения весьма высока, достигая 71 %–82,4 % [1, 5]. В результате этого в мышцах плечевого пояса развиваются дистрофические изменения, проявляющиеся уже через 3–4 месяца [4]. О необходимости изучения состояния дельтовидной мышцы плеча при выборе метода лечения повреждений плечевого сустава, в частности при эндопротезировании, сообщают С.В. Майков [3], Н.Н. Чирков с соав. [6], Гюльназарова С.В. с соав. [2]. Однако в научной литературе не удалось найти исследований, в которых оценивалось бы функциональное состояние каждой части дельтовидной мышцы отдельно. Поскольку части этой мышцы, участвуя в движениях верхней конечности, обеспечивают **свое** направление движения, то детальное исследование функции каждой части *m. deltoideus* представляется значимым и необходимым.

**Цель:** исследовать функции передней, средней и задней частей *m.deltoidei* и их иннервацию у пациентов с застарелыми переломами и переломами-вывихами проксимального отдела плечевой кости (ПОПК).

**Материалы и методы.** Обследовано 25 пациентов с застарелыми моносторонними переломами и переломами-вывихами ПОПК. Средний возраст –  $60,04 \pm 1,75$  лет, срок после травмы составил  $11,91 \pm 2,16$  месяца. Всем пациентам проведена электронейромиография (ЭНМГ), мышц и нервов плечевого сплетения на электронейромиографе «Нейромиан» (г. Таганрог). У всех обследована пораженная и интактная конечности. Используются методы глобальной и стимуляционной электромиографии. Объект исследования – передняя, средняя, задняя части *m. deltoideus*. Исследование *n.axillaris* проведено по стандартной методике вызванных потенциалов. Изучали три пучка (ветви) *n.axillaris*, идущих к *pars media*, *pars posterior* и *pars anterior m.deltoidei* при стимуляции в точке Эрба. М-ответы: форма раздражающих стимулов – прямоугольная, длительность – 1мс, интенсивность – супрамаксимальная; анализируемый показатель – латентности (мс), амплитуды и площади М-ответов.

Глобальная электромиография (ЭМГ) *m.deltoideus*: функциональная проба – «произвольное максимальное напряжение»; тип отведения – биполярный; диаметр электродов – 8 мм, межэлектродное расстояние – 10 мм; анализируемые параметры – частота следования колебаний и максимальная и средняя амплитуды суммарной ЭМГ. На обеих конечностях на каждой части (задней, средней и передней) *m.deltoidei* проводили по 3 теста: максимальное напряжение сразу обеих конечностей и по отдельности каждой. Таким образом, каждая *m.deltoidei* и ее части протестированы 9 раз. Для статистической обработки выбирались максимальные значения ЭМГ. Проанализирована биоэлектрическая активность (БЭА) мышцы по следующим параметрам ЭМГ: максимальная амплитуда (МА) и средняя амплитуда (СА) в мкВ, средняя частота (СЧ) в Гц. Статистическая обработка проведена в таблицах Excel ( $M \pm m$ ). Достоверность различий между группами и между частями

дельтовидных мышц с обеих сторон найдена с помощью t-критерия Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** Интегральным показателем дисфункции мышц является выраженная асимметрия между сторонами, которую отражает коэффициент асимметрии (КА), не превышающий в норме 1–1,25. Был вычислен КА между сторонами по каждой паре соответствующих частей дельтовидных мышц:  $КА = \frac{МА \text{ интактная сторона}}{МА \text{ сторона травмы}}$ . Наиболее выраженная асимметрия найдена между передними частями:  $КА=3,53 \pm 0,52$ , меньшая асимметрия отмечена между задними частями  $КА=1,93 \pm 0,23$  и между средними -  $КА=1,83 \pm 0,15$ . Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры БЭА частей m.deltoidei по данным глобальной ЭМГ

Части m.deltoidei	П а р а м е т р ы   Б Э А   м ы ш ц ы					
	Мах амплитуда		Средняя амплитуда		Средняя частота	
	интактная	травма	интактная	травма	интактная	травма
posterior	4133±386	2355±206*	759±68	455±40*	164±7,3	124±5,3*
media	4670±542	3055±512**	806±91	592±92	185±6,4	133±6,0*
anterior	3693±318	1481±232*	676±59	303±35*	159±6,5	101±9,1*

Достоверные различия между сторонами: \* –  $p < 0.05$ , \*\* –  $p < 0.01$ .

По данным таблицы 1 видно, что у пациентов с ПОПК достоверные отличия между сторонами найдены между всеми соответствующими частями m.deltoidei по показателям ЭМГ максимальная амплитуда и средняя частота. По средней амплитуде достоверные отличия выявлены между передними и задними частями этой мышцы на пораженной и здоровой сторонах. Значит, при застарелых переломах и переломо-вывихах ПОПК наиболее ослабленной является передняя часть дельтовидной мышцы, а более сохранной – средняя.

Детальная оценка функций каждой части m.deltoidei на интактной и травмированной сторонах основана на анализе параметров их БЭА по ЭМГ: МА (мкВ), СА (мкВ), СЧ (Гц). Наглядно это продемонстрировано на рисунках 1–3. На них даны в процентах для сравнения средние значения амплитуд (МА, СА) и средней частоты (СЧ) на интактной и травмированной сторонах, где за 100 % приняты соответствующие показатели ЭМГ средней части дельтовидной мышцы на интактной стороне (индивидуальная норма – ИН).

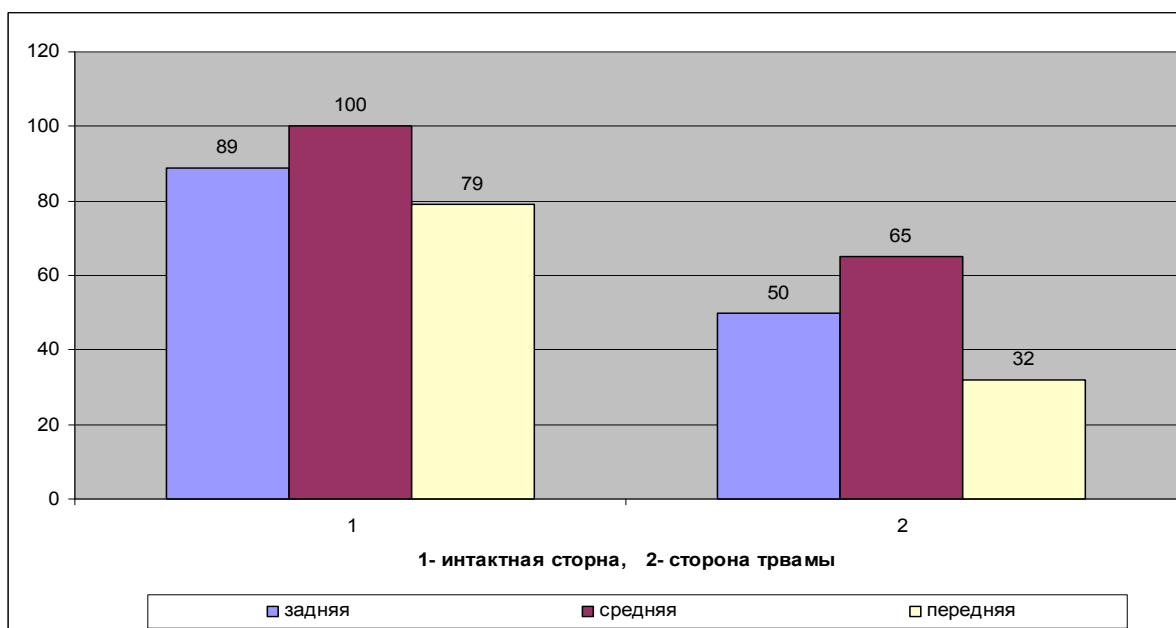


Рис. 1. Показатели максимальных амплитуд задней, средней, передней частей *m. deltoideus* (% от индивидуальной нормы – ИН)

Отмечено, что и **на здоровой, интактной** конечности параметры ЭМГ задней и передней части несколько ниже, чем средней. Так, *pars posterior* по МА составляет 89 %, по СА – 94 %, по СЧ 87 % от *pars media*. Аналогично, *pars anterior* по МА составляет 79 %, по СА – 84 %, по СЧ 86 % от *pars media*. Следовательно, БЭА частей практически здоровой дельтовидной мышцы неодинакова. Выявлено, что функционально сильной является средняя часть, наиболее слабой – передняя. Проведено сравнение функции соответствующих частей дельтовидных мышц у каждого пациента с ПОПК между **интактной и травмированной** сторонами. Параметры ЭМГ *pars media* на интактной стороне были приняты за 100 % и явились индивидуальной нормой (**ИН**) конкретного пациента при сравнении со стороной травмы. Так, максимальная амплитуда (МА) БЭА на стороне травмы задней части *m. deltoideus* составила 50 %, средней – 65 %, а передней – **32** % от ИН. Средняя амплитуда (СА) БЭА на пораженной конечности задней части *m. deltoidei* составила 56 %, средней – 74 %, передней – **38** % от ИН. Соответственно средняя частота (СЧ) БЭА на стороне травмы задней части составила 67 %, средней – 72 %, передней – **54** % от ИН.

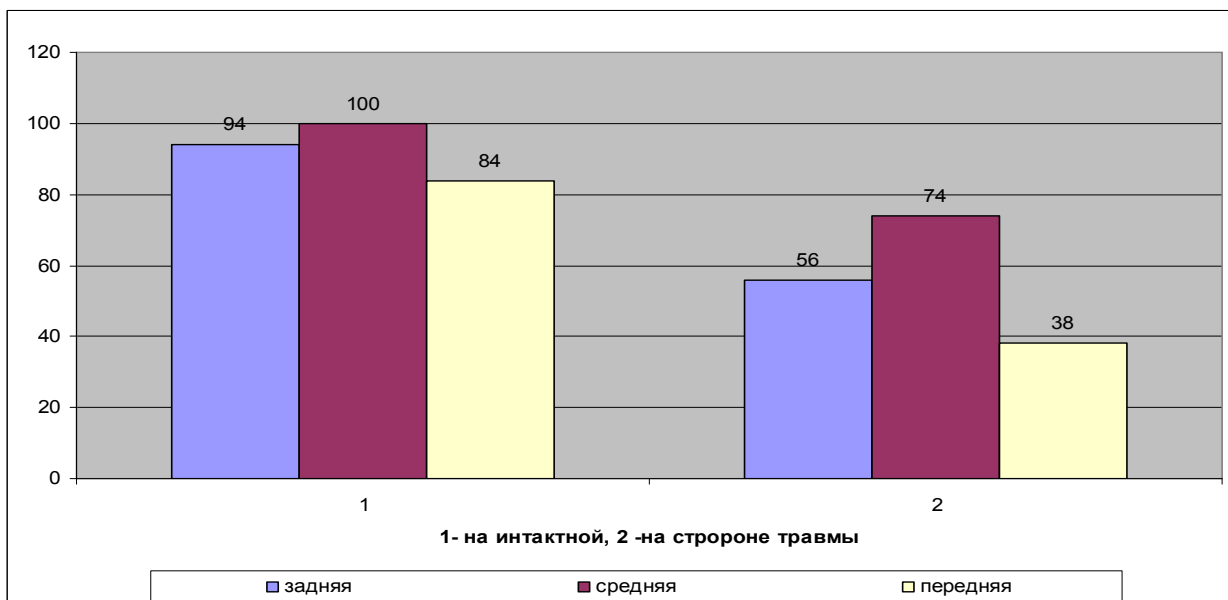


Рис. 2. Показатели средних амплитуд задней, средней, передней частей *m. deltoideus* (% ИИ)

Анализ полученных данных позволяет полагать, что у пациентов с застарелыми переломами ПОПК на стороне травмы наиболее ослабленной по всем показателям ЭМГ является передняя часть дельтовидной мышцы. Менее выраженные нарушения функций были выявлены в средней и задней ее частях.

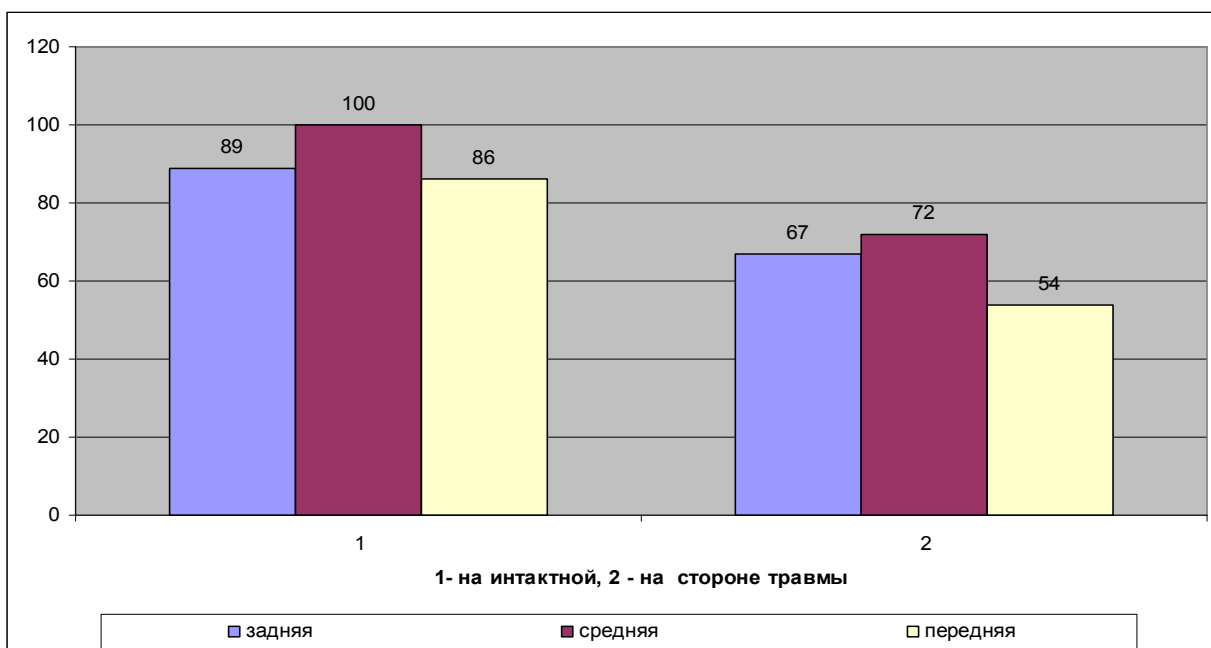


Рис. 3. Показатели средних частот задней, средней, передней частей *m. Deltoideus* (в % от ИИ)

Стимуляционная ЭНМГ *n.axillaris* проведена отдельно для всех трех частей дельтовидной мышцы с обеих сторон в точке Эрба. При стимуляции каждой ветви зафиксированы латентности (мс), амплитуды и площади М-ответов (мВ). Данные приведены

в таблице 2. Известно, что качественным маркером нарушения иннервации при ЭНМГ является изменение формы М-ответа, вплоть до его инверсии, что является признаком выраженной нейропатии и нарушением проводимости нервного импульса. При стимуляции задней ветви *n.axillaris* инверсий не выявлено (0%). При стимуляции средней ветви *n.axillaris* инверсии зафиксированы в 13 %, передней – в 35 % случаев. Следовательно, передняя ветвь *n.axillaris* при застарелых переломах ПОПК по этому показателю ЭНМГ является наиболее ослабленной.

Таблица 2

Параметры ЭНМГ ветвей *n.axillaris*, иннервирующих части *m.deltoidei*

Части <i>m.deltoidei</i>	П а р а м е т р ы Э Н М Г М-ответов					
	Латентности (мс)		Амплитуды М (мВ)		Площади М (мВ x мс)	
	интактная	травма	интактная	травма	интактная	травма
posterior	2,98±0,08	3,39±0,08*	8,34±0,78	5,81±0,82**	55,66±5,33	31,07±5,28*
media	3,52±0,09	3,94±0,11*	7,92±0,65	4,74±0,68*	46,83±4,88	23,54±3,42*
anterior	3,81±0,09	4,25±0,12*	5,49±0,57	3,59±0,61*	30,39±4,74	12,10±2,06*

Достоверные различия между сторонами: \* –  $p < 0.05$ , \*\* –  $p < 0.01$ .

При анализе латентностей, по данным таблицы 2, установлена самая короткая латентность и, следовательно, самый быстрый путь нервного импульса на интактной конечности (ИК) у задней ветви подмышечного нерва – 2,98±0,08 мс, самый длинный – у передней ветви – 3,81±0,09 мс. Если принять латентность средней ветви на ИК за 100 %, то задняя составит 85 %, а передняя 108 %. Значит, по задней ветви импульс идет на 15 % быстрее, а на передней – на 8 % медленней, чем по средней ветви *n.axillaris*. На стороне травмы все латентности были увеличены по сравнению ИК, причем практически одинаково: задняя на 14 %, средняя и передняя на 12 %. Найдены достоверные различия по этому показателю между всеми соответствующими ветвями *n.axillaris* на интактной стороне и на травмированной ( $p < 0.05$ ).

При анализе амплитуд М-ответов найдено, что М-ответы на интактной конечности и при отсутствии травмы тоже не одинаковы. Задняя и средняя ветви *n.axillaris* имеют почти одинаковые амплитуды 8,34±0,78 мВ и 7,92±0,65 мВ соответственно, разница между ними невелика – 5 %. Передняя ветвь *n.axillaris* имеет амплитуду М-ответа значительно ниже – 5,49±0,57 мВ или 69 % от средней ветви, идущей к средней части *m. deltoideus*. Разница амплитуд между средней и передней ветвями – 31 %. Таким образом, М-ответы при стимуляции передней ветви *n.axillaris* и на здоровой конечности изначально слабее, чем средней и задней ветви. Сравнивая М-ответы на стороне травмы с соответствующими М-ответами на ИК, было найдено, что амплитуды при стимуляции задней ветви 5,81±0,82 мВ или 60 % от ИК, средней ветви – 4,74±0,68 мВ или 73 % от ИК, передней ветви – 3,59±0,61

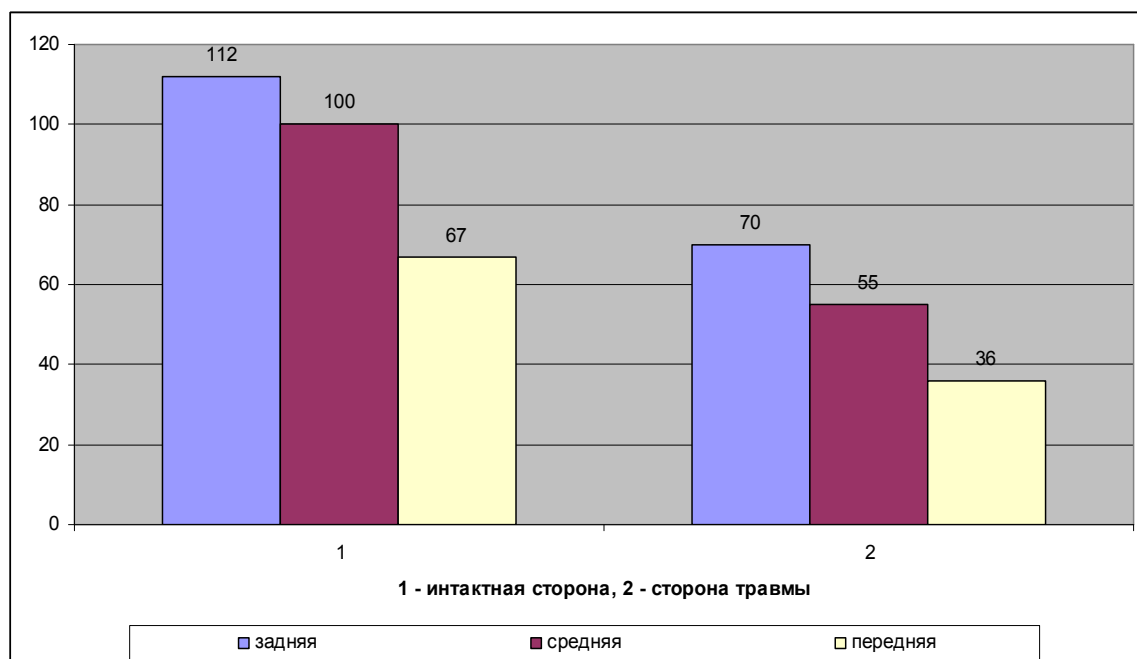
мВ или **45 %** от ИК. Значит, наибольшее поражение *n.axillaris* отмечено по его передней ветви.

Анализ площади М-ответов ветвей *n.axillaris* подобен вышеприведенному анализу по амплитудам. Абсолютные величины площадей М-ответов 3-х ветвей приведены в таблице 2.

Сделан пересчет в процентах всех параметров от значения площади М-ответа при стимуляции ветви *n.axillaris*, иннервирующей среднюю часть *m. deltoideus* на здоровой конечности, приняв ее за 100 % (ИН). Найдено, что задняя ветвь *n.axillaris* на интактной конечности имеет ответ даже на 12 % выше ИН, а передняя – на 33 % ниже ИН.

Следовательно, передняя ветвь *n.axillaris* и в норме имеет более низкие показатели при стимуляционной ЭНМГ, чем средняя и задние ветви. На стороне травмы разница между площадями М-ответов еще более выраженная. Так, задняя ветвь *n.axillaris* составляет – 66 % от ИН, средняя ветвь – 50 %, а передняя – всего **26 %** от ИН. Таким образом, и по показателям площади М-ответов самой пораженной ветвью *n.axillaris* у пациентов с застарелыми переломами ПОПК является передняя его ветвь, а самой сохранной – задняя ветвь подмышечного нерва. Различия достоверны по t-критерию Стьюдента между всеми соответствующими ветвями на интактной стороне и на стороне травмы.

Результаты проведенного исследования позволяют полагать, что дельтовидная мышца имеет неоднородное строение и разную БЭА средней, задней и передней частей ее. Даже в норме, на здоровой конечности отмечена сниженная БЭА передней части этой мышцы, по всем характеристикам ЭМГ по сравнению со средней и задней частями. Это обусловлено, вероятно, изначальной более слабой иннервацией *pars anterior* передней ветвью *n.axillaris*, которая оказалась на 33 % ниже, чем у двух других частей. Наглядно эти данные представлены на рис.4.



*Рис. 4. Суммарный М-ответ ветвей n.axillaris (в % от ИН) от задней, средней, передней частей m.deltoidei на интактной стороне (1) и стороне травмы (2)*

Соответственно, являясь изначально «слабым звеном», передняя часть *m. deltoideus* страдает больше иных двух. При травме у пациентов с застарелыми переломами ПОПК ее биоэлектрическая активность по всем амплитудно-частотным параметрам ЭМГ снижена на **30–50 %**. При этом отмечено выраженное уменьшение М-ответов от ветвей *n.axillaris*, иннервирующих различные части дельтовидной мышцы на пораженной стороне: М-ответы задней ветви *n.axillaris* составляют 70 % от ИН, средней ветви – 55 % от ИН, а передней – только **36 %** от нормы на интактной конечности.

### **Выводы**

1. Исследование показало, что у пациентов с застарелыми переломами и переломо-вывихами ПОПК БЭА передней части дельтовидной мышцы по всем показателям ЭМГ снижена на 30–50 % от индивидуальной нормы по сравнению с задней и средней ее частями.

2. Оценка функции ветвей подмышечного нерва у пациентов с застарелыми переломами ПОПК выявила наибольшее снижение М-ответов передней ее ветви, иннервирующей переднюю часть дельтовидной мышцы, составляя 36 % от индивидуальной нормы.

3. При планировании реконструктивных операций или эндопротезирования у пациентов с застарелой травмой ПОПК для выбора оптимальной хирургической технологии целесообразно проводить детальное ЭНМГ исследование всех частей дельтовидной мышцы и ветвей подмышечного нерва иннервирующих их.

### **Список литературы**

1. Афанасьев Д.С. Лечение больных с закрытыми костно-суставными травмами плеча, осложненными повреждением нервных стволов: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Д.С. Афанасьев. – М., 2004. – 16 с.
2. Гюльназарова С.В., Мамаев В.И., Зубарева Т.В. Осложнение при эндопротезировании плечевого сустава у пациентов с застарелыми переломами и переломо-вывихами проксимального отдела плечевой кости / С.В. Гюльназарова, В.И. Мамаев, Т.В. Зубарева // Гений ортопедии. – 2016. – № 1. – С.48-51.
3. Майков С.В. Пути повышения эффективности эндопротезирования плечевого сустава: автореф. дис. ... канд. мед. наук / С.В. Майков. – СПб., 2012. – 24 с.



4. Муромцев В.А., Павленко Н.Н. Эндопротезирование плечевого сустава при застарелых переломо-вывихах, дефектах проксимального отдела плечевой кости и контрактурах плечевого сустава: медицинская технология / В.А. Муромцев, Н.Н. Павленко. – Саратов, 2008. – 10 с.
5. Ромашкина Л.В. Хирургическое лечение подкрыльцового нерва, сочетанного с повреждением костно-связочного аппарата плечевого сустава /Л.В. Ромашкина // Реконструктивные методы лечения в травматологии и ортопедии: тезисы докладов конференции, 30-31.05.1991 г. Прокопьевск. – Кемерово: Изд-во «Народная медицина», 1992. – С.78-81.
6. Чирков Н.Н., Каминский А.В., Поздняков А.В. Среднесрочные функциональные исходы тотального эндопротезирования плечевого сустава с использованием реверсивного эндопротеза / Н.Н. Чирков, А.В. Каминский, А.В. Поздняков // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13339> (дата обращения: 15.05.2017).
7. Широков В.А. Боль в плече (патогенез, диагностика, лечение) /В.А. Широков. – М.: Медпресс-информ, 2012. – 240 с.
8. Rockwood Ch.A., Green D.P., Bucholz R.W. Fractures in adults. – I.B. Lippincott Company, Philadelphia. 1991. Vol.1. P.874-875.