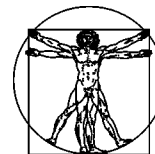


DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2021.3.03

УДК 531/534:[57+61]



**Российский
Журнал
Биомеханики**
www.biomech.ru

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МЫШЦ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ У АТЛЕТОВ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ОККЛЮЗИОННЫМИ РЕЛАКСИРУЮЩИМИ ШИНАМИ ИЛИ КАППАМИ

И.В. Самуйлов¹, М.В. Давыдов¹, С.П. Рубникович², И.Н. Барадина²

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь, 220013, Минск, ул. Петруся Бровки, 6, e-mail: i.samuilov@bsuir.by

² Белорусская медицинская академия последипломного образования, Республика Беларусь, 220013, Минск, ул. Петруся Бровки, 3

Аннотация. В работе предложен алгоритм оценки изменений функционального состояния билатерально расположенных мышц. Предложенный алгоритм оценки основан на анализе двумерной функции распределения и двумерной плотности вероятности амплитуды электромиограмм исследуемых мышц. В работе предложены критерии оценки симметричности и несимметричности мышечной активности, приведены результаты исследования изменений функционального состояния для мышц *m. Temporalis* и *m. Masseter* группы атлетов. В период соревновательных выступлений и подготовки к ним атлеты испытывают высокие эмоциональные и физические нагрузки, которые преждевременно снижают функциональную активность мышц, что приводит к изменению биомеханики движений. Причины снижения функциональной активности мышц: окклюзионная дисгармония, изменение прикуса и/или межальвеолярного расстояния, гипертонус мышц челюстно-лицевой области. В конечном итоге это приводит к ухудшению спортивных результатов. Исследуемая группа атлетов состояла из 10 мужчин возрастом 23–24 лет, которые занимаются единоборствами на профессиональном уровне. Проводился клинический осмотр, пальпация и изометрические тесты мышц челюстно-лицевой области и височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС), аускультация в области ВНЧС, контроль окклюзии с помощью копировальной бумаги и аппаратом Т-скан, конусно-лучевая томография (КЛКТ) зубочелюстной системы (ЗЧС) и электромиография (ЭМГ) мышц челюстно-лицевой области. Для всех атлетов на данном этапе исследования изготовили индивидуальные окклюзионные релаксирующие шины двух видов: 2 мм толщиной мягкую и 3 мм полужесткую. Рекомендовали использовать каппы в течение 1–2 месяцев: каппу мягкую 2 мм толщиной – применять на постоянной основе, исключая прием пищи и тренировочный процесс, а каппу полужесткую 3 мм толщиной – применять во время тренировочного процесса.

Ключевые слова: электромиография, двумерная функция плотности вероятности, мышечно-суставной комплекс, индивидуальные релаксирующие шины, височно-нижнечелюстные суставы, спорт, мышцы челюстно-лицевой области.

© Самуйлов И.В., Давыдов М.В., Рубникович С.П., Барадина И.Н., 2021

Самуйлов Иван Владимирович, аспирант кафедры теоретических основ электротехники, Минск
Давыдов Максим Викторович, к.т.н., доцент кафедры теоретических основ электротехники, первый проректор, Минск

Рубникович Сергей Петрович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии и ортодонтии с курсом детской стоматологии, Минск

Барадина Инесса Николаевна, к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии с курсом детской стоматологии, Минск

ВВЕДЕНИЕ

Для атлетов в период спортивных соревнований и тренировок характерны высокие физические и эмоциональные нагрузки. Так, например, *Yamaga et al.* [38] считают, что нарушение окклюзии, изменение межальвеолярного расстояния может стать причиной преждевременного утомления атлетов, а это может привести к снижению спортивных достижений. Механизм взаимовлияния артикуляционно-окклюзионных параметров и общего состояния организма реализуется, по мнению большинства исследователей, через мышечно-суставные и постуральные компоненты головы и шеи [7, 12–16]. Установлено, что существует зависимость между положением челюсти, осанкой и способностью мышц шеи и плечевого пояса проявлять максимальную силу [28]. Это напрямую связано с биомеханикой выполнения соревновательных упражнений практически во всех видах спорта, когда необходимо удерживать равновесие, придавая силовой импульс кинематической цепи тела атлета от взаимодействия с опорой до возникновения инерционного момента и реализации его верхними конечностями.

Некоторые исследователи предположили, что позиция нижней челюсти и «назубные» приспособления могут оказывать позитивное влияние не только на силу, но и на концентрацию внимания и реакцию на стресс, а также на восстановительные процессы после соревнований [29]. Следовательно, изменяя окклюзионные контакты с помощью индивидуальной окклюзионной шины или каппы, перестраивают суставные и мышечные соотношения в челюстно-лицевой области [2]. С учетом целевого назначения и особенностей конструкции индивидуальных окклюзионных шин различают: релаксационные, разобщающие, репозиционные или центрирующие, стабилизирующие, а также каппы комбинированного действия или нормализующие.

В работе [17] каппы подразделяются на две большие группы. Первая группа включает релаксационные, нормализующие нейромышечный баланс, применяются при преобладании мышечных нарушений. Вторая группа включает разобщающие, центрирующие, стабилизирующие, которые используются преимущественно в лечении преимущественно внутрисуставных нарушений. Считается, что нейромышечная каппа для зубов представляет собой результат долгих исследований и продукт современных высокоточных технологий, позволяющий улучшать такие показатели атлета, как сила удара и скорость реакции на 5–15 % [18, 19].

В связи с этим актуальным направлением исследований является разработка и внедрение методики применения индивидуальных окклюзионных капп для нейромышечной коррекции движений атлетов, позволяющих повысить эффективность тренировочного процесса и снизить риск травматизма.

Оценка изменений функционального состояния мышц челюстно-лицевой области в лечении индивидуальными окклюзионными шинами у атлетов проводится с помощью метода интерференционной электромиографии. Функциональные нарушения жевательных мышц проявляются в изменении биоэлектрической активности данных объектов исследования. Нарушения выражаются в асинхронности формы и амплитуды сигнала электромиограммы (ЭМГ), нарушении ритма жевания, увеличении времени жевательного периода и количества жевательных движений, атипичных движениях нижней челюсти и снижении способности нервно-мышечного аппарата к сокращению, при бруксизме [1, 6, 7, 15, 20].

Нарушение биоэлектрической активности жевательных мышц возникает при действии трех факторов: снижении межальвеолярного расстояния и укорочении нижней трети лица, блокировании движений нижней челюсти, боковом или дистальном смещении нижней челюсти [21–24, 30, 36].

Метод интерференционной электромиографии имеет ряд неоспоримых достоинств: неинвазивность, простота исследования, возможность одновременной

оценки нескольких мышц (антагонистов и агонистов) как в состоянии покоя, так и в процессе движения [5]. Однако существующие критерии оценки электромиограмм (ЭМГ) не имеют четко выраженных параметров, во многом из-за своей шумоподобной формы. Форма зарегистрированной интерференционной электромиограммы зависит от многих факторов. Кроме собственно функционального состояния мышц на сигнал ЭМГ влияют:

- способ наложения электродов; при увеличении межэлектродного расстояния увеличится и амплитуда сигнала;
- межэлектродный импеданс, который вносит постоянную ошибку; особенно это критично при одновременном анализе билатерально расположенных мышц (многоканальное ЭМГ);
- соматическое состояние пациента, его способность продемонстрировать порядок действия при выполнении функциональной пробы, способность продемонстрировать максимальное мышечное усилие;
- наличие болевого синдрома, которое ограничивает функциональность мышц [5, 8].

В качестве диагностических параметров при анализе функционального состояния височных и жевательных мышц можно выделить несколько критериев. В период покоя спонтанная активность мышц должна быть минимальной. В состоянии покоя мышц амплитуда зарегистрированного ЭМГ-сигнала должна быть на стабильном уровне, без спонтанных выбросов, сигнал от билатерально расположенных мышц должен иметь одинаковый уровень. Жевательные и передний пучок височных мышц при жевании должны проявлять синхронную активность. При этом нужно учитывать, что задние пучки височной мышцы тянут нижнюю челюсть назад, передние – вперед, а средние стабилизируют фазы движения, и между их активациями наблюдается небольшие различия [26]. При мышечном сокращении сигнал ЭМГ должен стремительно возрастать, сохранять максимальный уровень, после расслабления активность мышц должна вернуться на уровень состояния покоя. Средняя амплитуда регистрируемых биопотенциалов жевательных мышц при сжатии челюстей меньше, чем при жевании. Также необходимо учитывать, что жевательная мышца более массивная и должна создавать более высокое усилие (более значительную амплитуду ЭМГ) при сжатии зубов в сравнении с височной мышцей. Дополнительные сложности при анализе функционального состояния височной и жевательной мышц состоит в большом разнообразии функциональных проб, описанных в литературе. Упоминаются следующие: тест на повторяемость жевательного цикла [26], тест на удержание максимального мышечного усилия [37], пережевывание пищи [35] и иные.

Залпы биопотенциалов наружных крыловидных и надподъязычных мышц располагаются между залпами активности жевательных и височных мышц. В норме фазы биоэлектрической активности четко сменяются фазами покоя. Фаза активности жевательных, височных и наружных крыловидных мышц во время жевания меньше фазы покоя. У надподъязычных мышц фаза активности равна фазе покоя [25, 27].

Все это приводит к высокой степени субъективизма интерпретации получаемых электромиографических данных. В настоящее время метод электромиографии не имеет самостоятельного диагностического применения [5]. Появляются работы, посвященные объективизации выбора капп на основе биомеханических исследований [3, 4, 31–34], однако они используются без учета алгоритма оценки функционального состояния мышц.

Таким образом, существует необходимость на основе электромиографических параметров мышц челюстно-лицевой области разработать алгоритм оценки изменений

функционального состояния мышц и в том числе оценить результаты использования индивидуальных окклюзионных релаксирующих шин или капп.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 10 мужчин-атлетов возрастом 23–24 года, которые занимаются единоборствами на профессиональном уровне. Применялись такие методы исследования, как клинико-функциональные, лучевые, статистические.

Проводили клинический осмотр каждого атлета: пальпацию и изометрические тесты мышц челюстно-лицевой области (ЧЛО) и височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС), аускультацию в области ВНЧС, контроль окклюзии (с помощью копировальной бумаги и аппарата Т-скан), конусно-лучевую томографию (КЛКТ) зубочелюстной системы (ЗЧС) и электромиографию (ЭМГ) мышц челюстно-лицевой области. Обработка полученных результатов ЭМГ проводилась в среде *Matlab R2020*.

Всем атлетам на данном этапе исследования изготовили индивидуальные окклюзионные релаксирующие шины или каппы двух видов: 2 мм толщиной мягкую и 3 мм полужесткую. Рекомендовали атлетам носить их в течение 1–2 месяцев: каппу мягкую 2 мм толщиной – использовать на постоянной основе, исключая прием пищи и тренировочный процесс, а каппу полужесткую 3 мм толщиной – использовать при тренировочном процессе и других видах физических нагрузок, а также на соревнованиях.

Для изготовления индивидуальной релаксирующей шины использовали устройство для прессования «Вакуум-формер» – *FORMAX* (производитель «*Roko s.c.*», Польша). Подготавливали рабочую модель, после чего производили прессование шины, её обрезку, окончательную фрезеровку и полировку. Сначала получали оттиск нижнего зубного ряда, отливали модель, затем обрезали модель и выравнивали её цоколь, при необходимости изолировали поднутрения в области зубных дуг и отдельных зубов. В устройстве «Вакуум-формер» производили прессование, для этого устанавливали в рамку стандартную мягкую термопластину толщиной 2 или 3 мм, фиксировали её винтом в рамке, затем рамку передвигали вверх к нагревательному элементу с помощью рукояти, а на перфорированный столик помещали подготовленную рабочую модель. В течение нескольких минут производили разогрев термопластины, которая по мере нагревания меняла свою плоскую форму на сферическую, после чего рамку с разогретой пластиной передвигали вниз с помощью рукояти в исходное положение, включали вакуумный насос в стандартном режиме одной минуты. После того как произвели прессование релаксационной шины по форме модели челюсти, ей давали время остыть, снимали, раскручивали винт и вынимали из рамки, затем снимали заготовку формы с гипсовой модели и вырезали шину – каппу, ориентируясь на шейки клинических коронок зубов, отступая от них на 1–2 мм (рис. 1). Края шины сглаживали фрезой, а также резиновыми полирами разной дисперсности. Готовую шину припасовывали в ротовой полости (рис. 1, в) в привычном положении нижней челюсти, устанавливали на окклюзионную поверхность диагностическую копировальную бумагу 100 мк, затем корректировали окклюзионные взаимоотношения на ней до множественных точечных. Контроль окклюзии осуществляли с помощью аппарата Т-скан–8, который представлял собой компьютерную систему для клинической диагностики и анализа окклюзионных контактов в процессе динамического наблюдения (производитель *Tekscan*, Boston (США)).

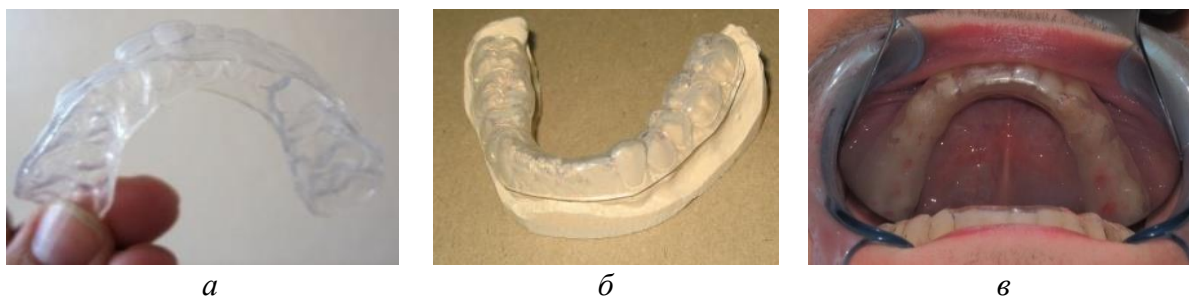


Рис. 1. Индивидуальная релаксационная шина: *а* – внешний вид шины 2 мм; *б* – внешний вид шины 2 мм на модели после ее изготовления; *в* – внешний вид шины 3 мм в ротовой полости

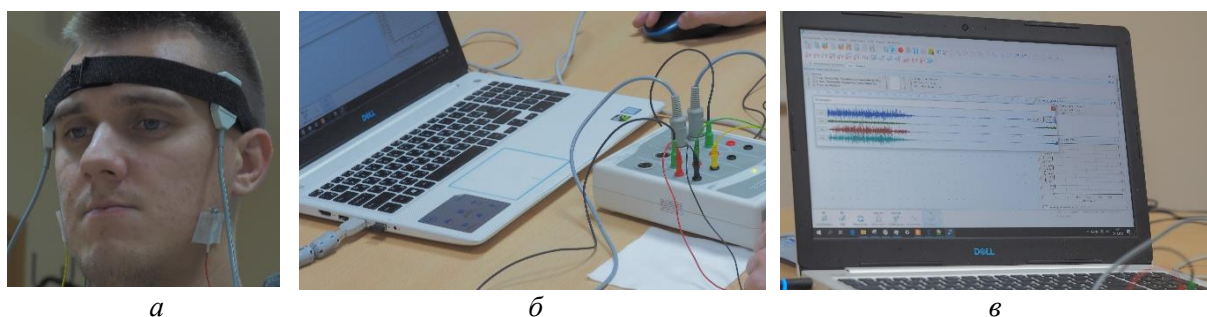


Рис. 2. Электромиография мышц челюстно-лицевой области: *а* – установка электродов на височную и жевательную мышцы попарно; *б* – аппаратура для съема показателей с мышц челюстно-лицевой области; *в* – визуализация на мониторе гистограммы биоэлектрических потенциалов височной и жевательных мышц

Для проведения интерференционной электромиографии мышц челюстно-лицевой области использовали электромиограф 4-канальный «Нейро-МВП-4» (производитель «Нейро-Софт», Россия, Иваново).

Интерференционная электромиография мышц ЧЛЮ: *m. masseter* (жевательной) и *m. temporalis* (височной) выполнялась с использованием поверхностных электродов с фиксированным расстоянием между электродами активным и референтным при одновременной записи по двум каналам симметричных одноименных мышц (рис. 2, *б*, *в*). Время анализа составляло в среднем 50 мс. Величина сопротивления под электродами (импеданс) не превышала 10 кОм, разница сопротивления между анодом и катодом каждого электрода, а также разница сопротивления между двумя каналами не превышала 2 кОм.

Пациент располагался в удобной позе в кресле для оптимального положения головы и тела. Кожу пациента обрабатывали дезинфицирующим спиртосодержащим раствором и смачивали изотоническим раствором хлорида натрия. Электроды накладывались на симметричные мышцы и закреплялись при помощи резиновой эластичной ленты (рис. 2, *а*). Активный электрод накладывали на двигательную точку мышцы (ее максимальный поперечник при мышечном усилии), а референт накладывали на мышечное сухожилие (условный «ноль» при мышечном напряжении). Мышцы исследовали при максимальном их расслаблении (в состоянии физиологического покоя нижней челюсти) и при максимальном мышечном усилии (функциональные пробы). Функциональные пробы проводили по разработанному нами ранее протоколу [8] для жевательных и височных мышц: 1) в положении покоя нижней челюсти; 2) при максимальном сжатии зубов в привычной окклюзии в течение шести секунд; 3) при однократно глотательном движении; 4) при максимальном открывании рта с фиксацией положения нижней челюсти в течение трех секунд и последующем закрывании рта в

исходное положение. Для каждой пробы проводили регистрацию не менее трех кривых с измерением средних показателей.

Запись ЭМГ проводилась в цифровом виде с последующим сохранением в электронной картотеке, максимальное мышечное расслабление соответствовало спонтанной биоэлектрической активности, которую оценивали по физиологическому тону в мышце, а произвольное напряжение оценивали по максимальному мышечному усилию при функциональных пробах. Для анализа функционального состояния мышц челюстно-лицевой области использовалась амплитуда сигналов электромиографии при релаксации и функциональной активности мышц.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки изменений функционального состояния мышц проводился анализ распределения амплитуд жевательных и височных мышц в состоянии покоя и при функциональной пробе на удержании максимального сжатия зубов. При исследовании фоновой (спонтанной) активности мышц в состоянии покоя изучалась четырехканальная ЭМГ. Суммарная длительность записи ЭМГ составляла для каждого пациента от 48 до 60 с. Полученные электромиографические данные разбивались на интервалы длительностью 0,1 с. Затем на каждом интервале находилась амплитуда ЭМГ-сигнала. После чего из полученного вектора амплитуд длительностью до 600 точек рассчитывалось математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение (СКО).

Для расчёта средней амплитуды во время сжатия зубов из итоговой записи ЭМГ необходимо исключить интервалы, в которых мышцы находились в расслабленном состоянии. Для этого определялись точки начала и завершения сжатия зубов, для каждого из четырех каналов, для жевательной и височной мышц. Затем находилась самая ранняя точка начала сжатия и самая последняя точка окончания сжатия. Таким образом получался общий интервал сжатия для всех исследуемых групп мышц. Далее производилась обработка данных по вышеописанной методике для расчёта математического ожидания и СКО для каждой отдельной мышцы, включенной в исследование.

Для анализа асимметричной активности изучаемых мышц использовался параметр разницы амплитуд ЭМГ для мышц, расположенных билатерально. Разница амплитуд рассчитывалась следующим образом: от вектора с амплитудами правых мышц отнимался вектор с амплитудами левых мышц, затем итоговый вектор разницы амплитуд мышц обрабатывался статистически для получения значений математического ожидания и СКО.

По нашему мнению, в случае парного (двумерного) анализа активности мышц, расположенных билатерально, наиболее удобно представить информацию в виде двумерной плотности распределения вероятности (ДПРВ) амплитуд. Пример ДПРВ представлен на рис. 3. В случае представления информации в виде ДПРВ значение каждой точки (см. рис. 3) представляет собой вероятность регистрации подобного значения амплитуды. Для построения ДПРВ амплитуд необходимо разбить поле значений амплитуд на сетку из элементарных ячеек, в каждой из которой рассчитывалась ДПРВ. Для расчёта ДПРВ необходима информация о значении математического ожидания и СКО исследуемых мышц. Таким образом, высчитывалось значение двумерной плотности вероятности в точке с координатами x , y для i -го пациента [20]. Для получения значения итоговой ДПРВ для всей исследуемой группы необходимо рассчитать ДПРВ для каждого пациента в каждой точке. Затем для каждой точки найти среднее значение.

Значение двумерной плотности вероятности в точке с координатами x , y для i -го пациента рассчитывается следующим образом:

$$f_{XY}(x_i, y_i) = \frac{1}{2\pi\sigma_{x,i}\sigma_{y,i}} e^{-\frac{(x_i-m_{x,i})^2}{2\sigma_{x,i}^2} - \frac{(y_i-m_{y,i})^2}{2\sigma_{y,i}^2}}, \quad (1)$$

где x – значение амплитуды правой мышцы, мкВ; y – значение амплитуды левой мышцы, мкВ; i – номер пациента; $m_{x,i}$, $m_{y,i}$ – математическое ожидание амплитуды ЭМГ правой и левой мышцы для i -го пациента; $\sigma_{x,i}$, $\sigma_{y,i}$ – среднее квадратичное отклонение амплитуды ЭМГ правой и левой мышцы для i -го пациента.

Значение двумерной плотности вероятности в точке с координатами x , y для всей исследуемой группы

$$f_{XY}^{\Sigma}(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n f_{XY}(x_i, y_i)}{n}, \quad (2)$$

где n – количество исследуемых пациентов; i – номер пациента.

На рис. 3 представлен пример суммарной ДПРВ, а необходимые данные для построения суммарной ДРПВ представлены в табл. 1.

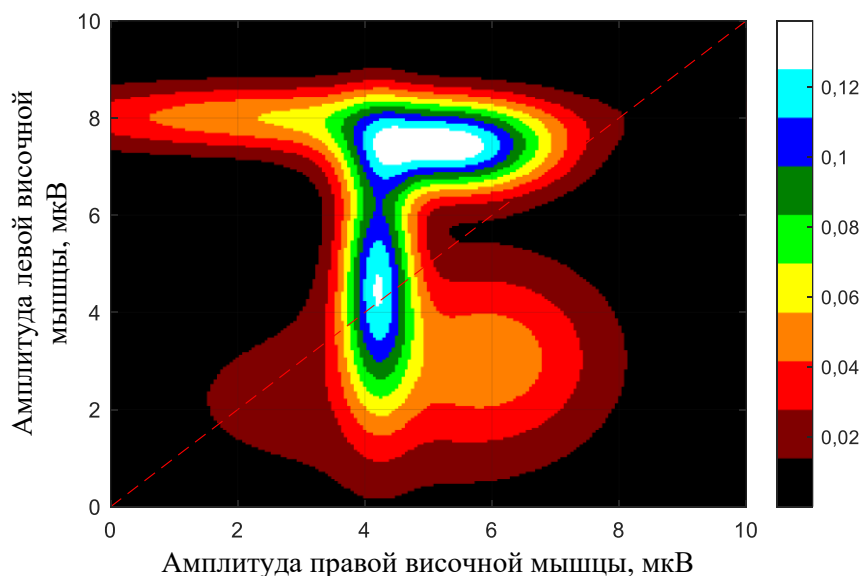


Рис. 3. Визуализация примера результатов расчета суммарной ДПРВ амплитуд ЭМГ билатерально расположенных мышц

Таблица 1

Значения математического ожидания и СКО амплитуд височной мышц у атлетов, занимающихся единоборствами

Параметр	Значение, мкВ				
Математическое ожидание амплитуды правой височной мышцы, m_x	2,8	3	5,4	6	4,2
Математическое ожидание амплитуды левой височной мышцы, m_y	8	2,2	7,3	3,1	4,8
Среднеквадратическое отклонение амплитуды правой височной мышцы, σ_x	2,9	2,6	1,1	1,3	0,4
Среднеквадратическое отклонение амплитуды левой височной мышцы, σ_y	0,5	1,9	0,6	1,4	1,8

Вся координатная сетка (поле) разбита на 40 тыс. ячеек с шагом 0,05 мкВ. Цвет каждой ячейки соответствовал значению рассчитанного ДПРВ: белым цветом обозначена область со значениями вероятности от 100 до 90 % от максимального значения плотности вероятности, а черным цветом – от 10 % до 0 от максимального значения плотности вероятности.

Из визуализации данных, представленных на рис. 3, видно, что функция распределения может принимать сложный вид. Таким образом, для более наглядной и информативной оценки изменений функционального состояния мышц ввели показатели активности и асимметрии активности исследуемых мышц. Кроме этого, сжали информацию и по возможности минимизировали количество диагностических параметров, а также упростили их анализ.

В случае двумерного анализа активности мышц, расположенных билатерально, аналогом амплитуды ЭМГ являлся показатель активности. Так как каждой точке с координатами x , y соответствует показатель активности $k_{\text{акт}}$, то для каждой ДПРВ в точке с координатами x , y соответствует функция плотности в координате $k_{\text{акт}}$

$$k_{\text{акт}} = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad (3)$$

где x – значение амплитуды правой мышцы; y – значение амплитуды левой мышцы.

Таким образом, возможен переход от анализа двумерной функции плотности распределения $f(x, y)$ к анализу одномерной функции плотности $f(k_{\text{акт}})$ и сжатие полученной информации

$$f(k_{\text{акт}}) = f_{XY}(x, y). \quad (4)$$

Двумерную функцию распределения вероятности как непрерывной величины рассчитывали следующим образом:

$$F(x, y) = \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^y f_{XY}(x, y) dx dy. \quad (5)$$

Аналогично равенству (4) производили преобразование двумерной функции распределения вероятности:

$$F(k_{\text{акт}}) = \frac{\sum_{j=1}^M f(k_{\text{акт}, j})}{\sum f(k_{\text{акт}})} \approx F(x, y). \quad (6)$$

В качестве показателя мышечной активности использовался коэффициент активности $k_{\text{акт};0,5}$, соответствующий медиане $F(k_{\text{акт}}) = 0,5$ функции распределения. Таким образом, коэффициент активности является точкой. Вероятность попадания до этой точки равна вероятности попадания после данной точки. В случае одномерного анализа (распределение амплитуд ЭМГ одной мышцы у пациента), рассчитанного по описанному алгоритму, показатель $k_{\text{акт};0,5}$ будет равен значению амплитуды ЭМГ.

В качестве критерия мышечной асимметрии всех исследуемых мышц применяли критерий активности $k_{\text{акт};0,5}$ для разности амплитуд. В качестве входных данных использовали разность амплитуд ЭМГ височных и жевательных мышц.

В качестве критерия оценки неравномерности мышечной активности для билатерально расположенных мышц рассчитывался модуль разности вероятности попадания в область с преобладанием активности правой мышцы (над левой) над вероятностью попадания в область с преобладанием амплитуды левой мышцы. Полученное значение выражали в процентах. Вышеописанный критерий в нашем исследовании обозначали коэффициентом неравномерности

$$k_{\text{неравн.}} = \left(\sum f_{xy}(x > y, y) - \sum f_{xy}(x < y, y) \right) 100\%. \quad (7)$$

Для оценки однородности/неоднородности распределения плотности вероятности амплитуд для всей исследуемой группы использовали критерий (коэффициент) неоднородности. Коэффициент представляет собой минимальную площадь попадания, вероятность попадания в которую составляет 70 %. Рост коэффициента неоднородности означает увеличение неоднородности в исследуемой группе.

Для построения алгоритма оценки изменений функционального состояния мышц и упрощения анализа полученного значения медианы распределения осуществили переход к ранжированному медиальному коэффициенту (РМК). Рассчитывалось значение РМК как натуральный логарифм от коэффициента $k_{\text{акт};0,5}$:

$$\text{РМК} = \log(k_{\text{акт};0,5}). \quad (8)$$

При анализе данных исследуемой группы атлетов значение РМК активности мышц в покое изменялось в пределах от 1,4 до 4,0 (4,1–54,6 мкВ). При этом РМК шума электродов составляло 0,9–1,1 (2,4–3,1 мкВ). При анализе фонового шума электродов РМК разность амплитуд асимметрии находилась в диапазоне от 1,2 до 0,7 (0,3–2,1 мкВ). При этом разность амплитуд ЭМГ мышц в покое для индивидуального значения РМК асимметрии мышц изменяется от 0,96 до 3,3 мкВ. Полученные значения и их интерпретация приведены в табл. 2.

Результаты рассчитанных коэффициентов активности височных и жевательных мышц до и после применения индивидуальных релаксирующих шин представлены в табл. 3.

На рис. 4–7 представлены ДПРВ амплитуд и разность амплитуд исследуемых мышц в состоянии покоя и при функциональной нагрузке – сжатии зубов. Вся область рисунка состояла из элементарных ячеек. Для каждой ячейки рассчитывали свое значение плотности вероятности. Координатная сетка разбита с шагом 0,1 мкВ для амплитуд мышц в покое, для средней амплитуды во время сжатия 5 мкВ. Таким образом, на рисунках выводятся рассчитанные значения от 40 до 400 тыс. ячеек. Цвет каждой ячейки соответствует значению рассчитанного ДПРВ.

Таблица 2

Значения ранжированного медиального коэффициента для сравнительной характеристики мышц в состоянии покоя

Диапазон значений коэффициента РМК активности	1 <	1–2	2–3	> 3
Характеристика значений РМК	Постоянный уровень сигнала (шум)	Высокий уровень расслабления мышц	Нормальный уровень активности мышц	Гиперактивность мышц в покое
Диапазон значений коэффициента РМК асимметрии	0 <	0–1	1–2	> 2
Характеристика значений РМК	Постоянный уровень сигнала (шум)	Высокий уровень симметрии	Нормальный уровень симметрии	Значительная ассиметрия

Таблица 3

Значения коэффициентов активности для височных и жевательных мышц на этапах применения индивидуальной релаксирующей шины или каппы у атлетов, занимающихся единоборствами

Применение индивидуальной релаксирующей шины		Активность мышц в покое, мкВ				Активность мышц при сжатии зубов, мкВ			
		Височные		Жевательные		Височные		Жевательные	
		до	после	до	после	до	после	до	после
РМК активности		2,45	2,19	2,88	2,04	6,13	6,41	7,32	7,4
$k_{\text{неравн}}$	сторона активности	прав.	прав.	прав.	прав.	симметричная активность	прав.	прав.	прав.
	значения, %	7	16	22	16	0	19	4	10
Коэффициент неоднородности группы $S_{0,7}$		1190	408	2046	212	38138	53950	402879	402085

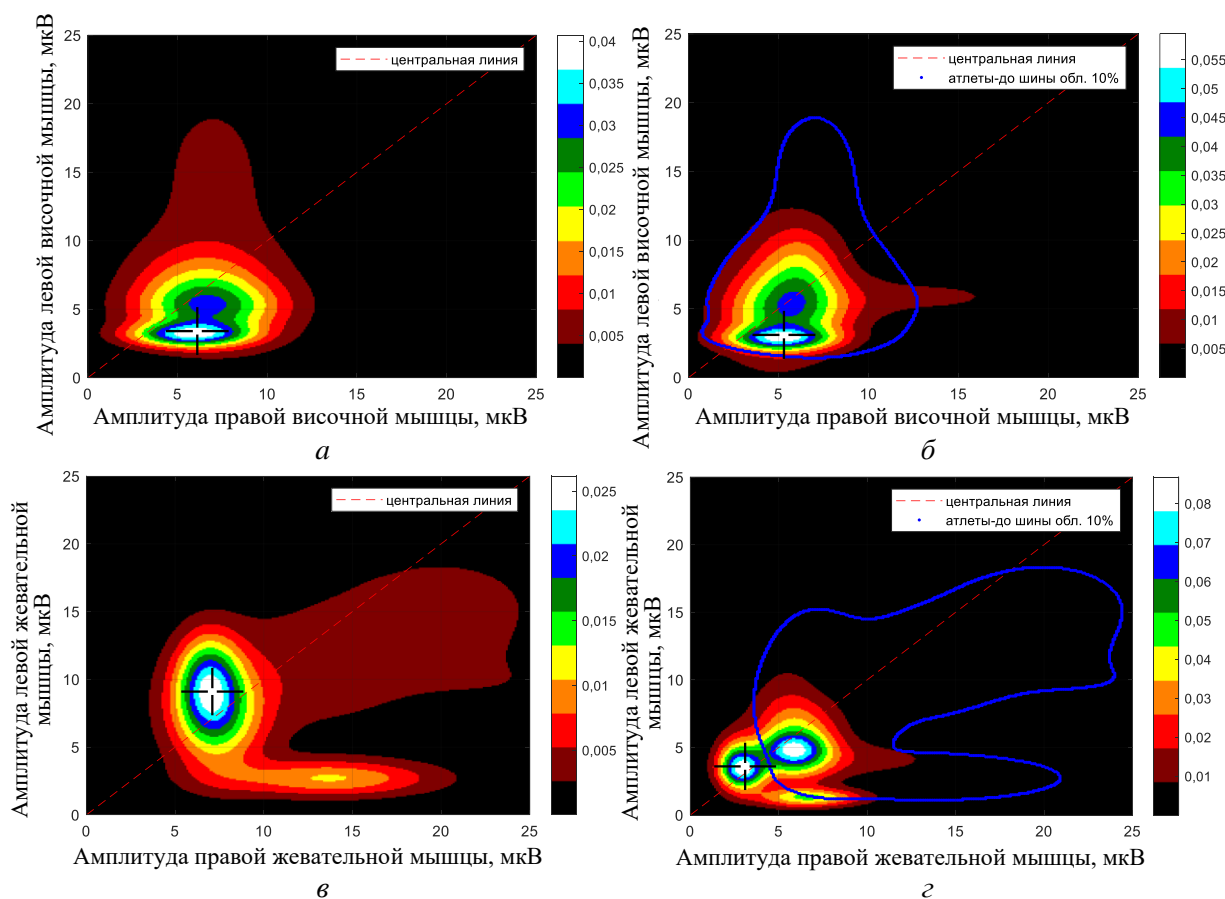


Рис. 4. Визуализация итоговой ДПРВ амплитуд ЭМГ мышц в состоянии покоя до и после применения релаксирующей индивидуальной шины: *а* – височные мышцы до применения; *б* – височные мышцы после применения; *в* – жевательные мышцы до применения; *г* – жевательные мышцы после применения

На каждом рисунке диапазон значений вероятности (от максимального до 0) разбит на 10 цветных диапазонов. Белым цветом показана область со значениями вероятности от 100 до 90 % от максимального значения плотности вероятности, голубым цветом – от 90 до 80 % от максимальной плотности вероятности и т.д. Цветовая шкала представлена на каждом рисунке со значениями плотности вероятности.

На некоторых рисунках кроме глобального максимума амплитуд наблюдаются локальные максимумы амплитуд (рис. 4, *г*, 5, *а*, *г*, 6, *а*, *г*). Они возникают в исследуемой группе в случае, когда присутствуют пациенты, чье среднее значение амплитуды сильно отличается от средней амплитуды всей исследуемой группы атлетов. Данные отклонения предположительно вызваны патологическим прикусом. Это приводит к смещению пика ДПРВ отдельного испытуемого от данных остальной группы. На каждом из представленных ниже рисунков нанесена красная штриховая линия – «центральная линия», которая обозначает нулевую разницу в активности исследуемых мышц, т.е. в точках на «центральной линии» отсутствует неравномерность в активности изучаемых мышц, и чем дальше от «центральной линии», тем выше неравномерность. Высокий уровень неравномерности в активности является одним из признаков гипертонуса мышц.

На рис. 4 видны изменения ДПРВ амплитуды височных и жевательных мышц в покое до и после применения релаксирующей индивидуальной шины. На рисунках наблюдается несколько локальных максимумов, что заметно при анализе распределения амплитуд жевательных мышц. Данное разделение объясняет влияние ДПРВ отдельных испытуемых на итоговое распределение по группе.

При применении индивидуальной релаксирующей шины, как видно из представленных данных, лучше всего расслабились жевательные мышцы (рис. 4, *в*, *г*). Ранжированный медиальный коэффициент активности уменьшился на 0,84 единиц и составил 71 % от изначального уровня. Коэффициент неравномерности для мышц, расположенных билатерально, уменьшился с 22 до 16 %. Иными словами, вероятность преобладания амплитуды правых мышц над левыми уменьшилась на 6 %. Коэффициент неоднородности группы $S_{0,7}$ уменьшился до 10 % от изначального. Наличие нескольких локальных максимумов, отчетливо различимых на представленных графиках, с одной стороны, свидетельствуют о достаточно высоком уровне различия в активности мышц между испытуемыми в исследуемой группе, с другой стороны, о высоком уровне стабильности ЭМГ-сигнала (малое значение СКО). При малых значениях СКО более четко различим пик активности. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о высоком уровне релаксации в покое жевательных мышц после применения индивидуальной релаксирующей шины.

Для височных мышц (рис. 4, *а*, *б*) разница после применения индивидуальной релаксирующей шины не столь существенная по сравнению с жевательными мышцами. Ранжированный медиальный коэффициент активности уменьшился на 0,26 единицы и составлял 90 % от изначального уровня. Коэффициент неоднородности группы $S_{0,7}$ уменьшился до 34 %. Коэффициент неравномерности для мышц, расположенных билатерально, увеличился на 9 %. Таким образом, уровень активности правых височных мышц выше активности левых на 16 %.

До применения индивидуальной релаксирующей шины РМК активности жевательных мышц превышал РМК активности височных мышц на 0,43 единиц (118 % от уровня височной мышцы) после ношения шины РМК жевательных мышц был меньше РМК активности височных мышц на 0,15 единиц (или 93 %). Из анализа полученных данных следует, что после применения индивидуальной релаксирующей шины уровень расслабления в покое височных мышц меньше в сравнении с жевательными.

На рис. 5 представлена плотность вероятности средней амплитуды височной мышцы во время сжатия зубов. При анализе изменений в функциональном состоянии мышц при сжатии зубов стабильной динамики у испытуемых не наблюдается. У части включенных в группу атлетов наблюдается уменьшение мышечной активности и СКО амплитуды ЭМГ, а у части из них наблюдается обратная динамика (что может быть связано с патологическим прикусом). При анализе данных ЭМГ всей группы после применения индивидуальной релаксирующей шины получены следующие результаты: для височных

мышц наблюдается незначительное увеличение ранжированного медиального коэффициента на 0,29 единиц (4 %), для жевательных мышц увеличение на 1 %.

Коэффициент неравномерности активности мышц, расположенных билатерально, показывает увеличение активности правых височных мышц на 19 % и правых жевательных мышц на 6 %. Коэффициент неоднородности группы для жевательных мышц фактически не изменился (0,2 %), а для височных мышц увеличился на 40 %. Ввиду того, что значительное количество данных находится в низкоамплитудной области, данная информация не различима на рис. 5, б. Более подробно данное разделение показано на рис. 6.

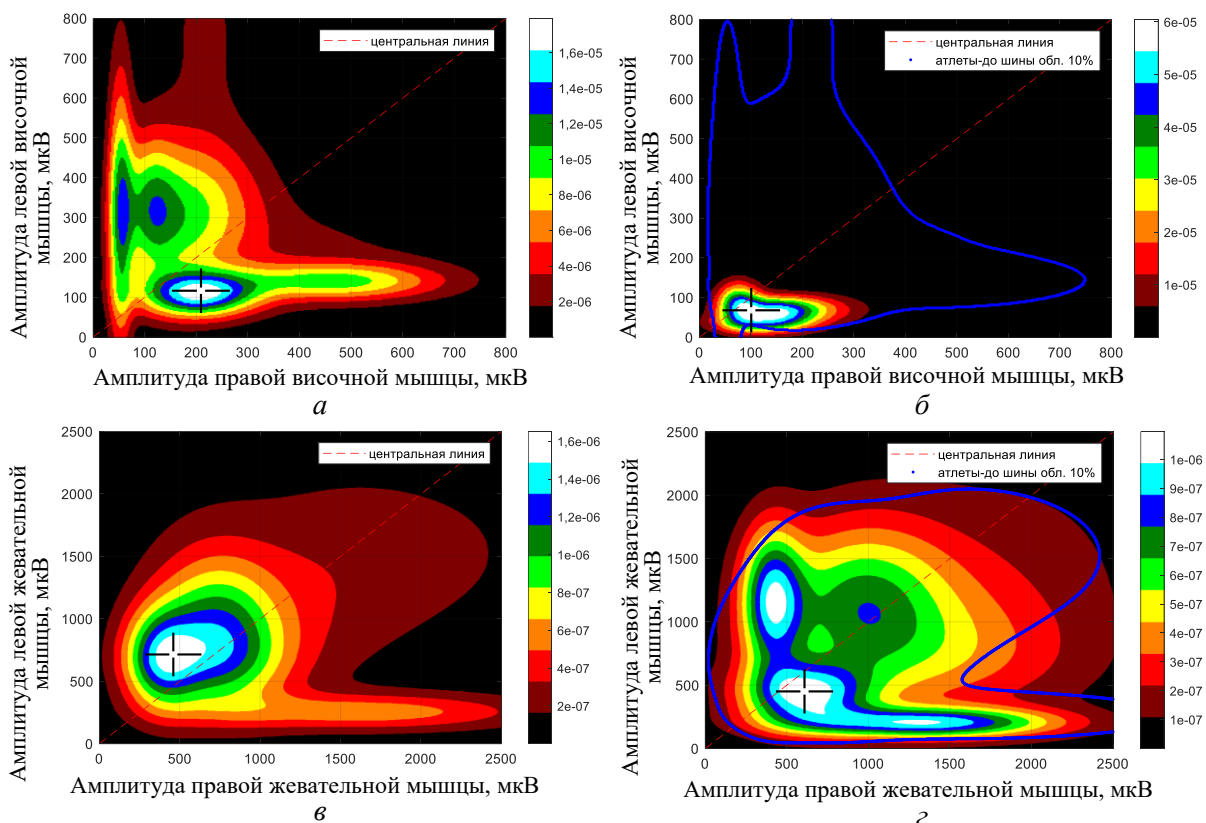


Рис. 5. Визуализация итоговой ДПРВ средней амплитуды ЭМГ мышц во время сжатия зубов до и после применения релаксирующей индивидуальной шины: а – височные мышцы до применения; б – височные мышцы после применения; в – жевательные мышцы до применения; г – жевательные мышцы после применения

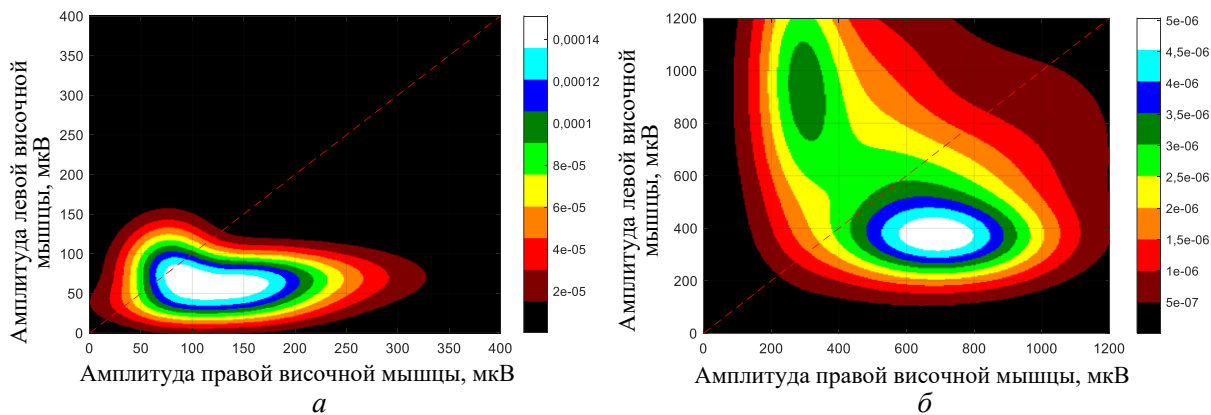


Рис. 6. Плотность вероятности средней амплитуды височной мышцы во время сжатия зубов после применения релаксирующей индивидуальной шины: а – первая подгруппа атлетов, б – вторая подгруппа атлетов

Таблица 4

Анализ значений коэффициентов для распределения плотности вероятности разности амплитуд исследуемых мышц во время покоя и сжатия зубов

Показатели	Разность амплитуд во время покоя		Разность амплитуд во время сжатия зубов	
	до	после	до	после
РМК асимметрии	2,3	1,55	6,24	6,29
Коэффициент неоднородности группы	4663	1258	321213	230630

Разделение на две подгруппы для височных мышц после применения индивидуальной релаксирующей шины представлено на рис. 6. После проведения анализа данных (см. рис. 6) можно сделать вывод, что максимальная плотность распределения амплитуды во второй подгруппе меньше, чем в первой в 30 раз из-за значительного разброса исследуемого параметра. Также заметно, что распределения плотности вероятности у исследуемых подгрупп атлетов не пересекаются. Для оценки асимметричной активности мышц, по нашему мнению, наиболее подходит представление информации в виде двумерной плотности распределения вероятности амплитуд. В табл. 4 приведены значения рассчитанных ранжированных медиальных коэффициентов асимметрии и коэффициента однородности группы. По полученным численным значениям можно сделать вывод о серьезных изменениях (расслаблении) в функциональном состоянии исследуемых мышц у атлетов. Графически данная информация представлена на рис. 7. По оси абсцисс представлена разница амплитуд височных мышц, по оси ординат – жевательных мышц.

Отрицательные значения на осях означают преобладание амплитуд левых мышц над правыми. Положительные координаты означают преобладание амплитуд правых мышц над левыми. Идеальным считается случай, когда ДПРВ разницы амплитуды имеет концентрический вид, с центром в точке с нулевой разницей амплитуд. Наиболее близка к идеальному случаю разница амплитуд мышц в покое среди результатов по группе представленных на рис. 7 после применения индивидуальной релаксирующей шины.

Для височной мышцы в покое после применения индивидуальной релаксирующей шины ранжированный коэффициент асимметрии снизился до уровня 67 % от изначального уровня, а коэффициент неоднородности снизился до уровня 27 %. Для разности амплитуд во время сжатия изменения в функциональном состоянии не столь существенны. После применения индивидуальной релаксирующей шины существенно изменился (уменьшился) только коэффициент неоднородности группы $S_{0,7}$ до уровня в 71 %, при этом РМК асимметрии увеличился на 4 %.

В табл. 5 приведен анализ в мышечной активности по сторонам, где представлена сумма вероятности попадания в указанную область.

Наиболее выраженный тип мышечной активности – правосторонний. После применения индивидуальной расслабляющей каппы правосторонняя мышечная активность стала еще более выраженной, что может быть связано с доминантной деятельностью правой руки или поструральными изменениями. Наименее активной областью оказалась левая сторона, однако существенной разницы между ней и областями с перекрестной мышечной активностью нет.

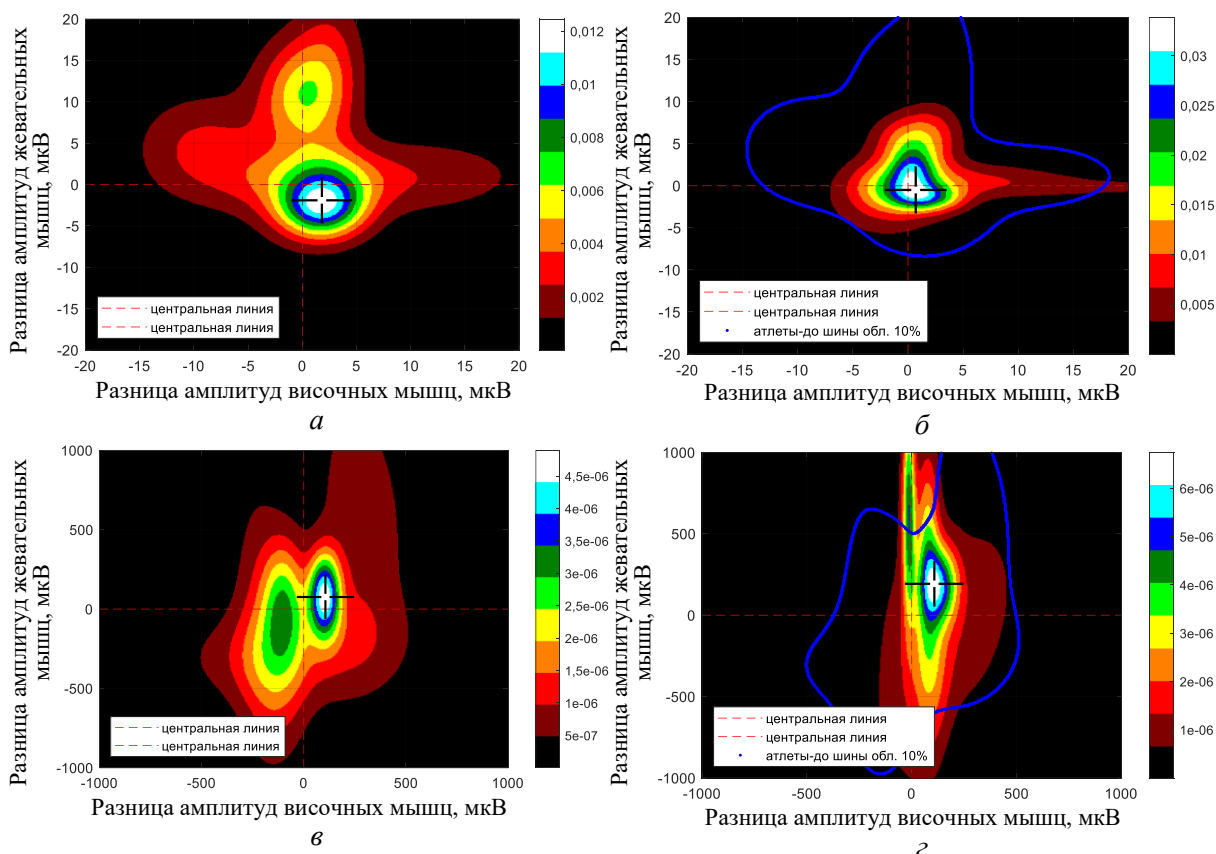


Рис. 7. Плотность вероятности разности амплитуд височных мышц при применении релаксирующей индивидуальной шины в динамике, в покое и во время сжатия: *а* – до применения в покое; *б* – после применения в покое; *в* – во время сжатия до применения; *г* – во время сжатия после применения

Таблица 5

Разница в мышечной активности для жевательных и височных мышц до и после применения индивидуальных релаксирующих шин

Номер четверти	Преобладающая активность мышц по сторонам		Активность мышц в покое*, %		Доля активности мышц во время сжатия зубов*, %	
	височной	жевательной	до применения	после применения	до применения	после применения
1	правая	правая	31	35	30	35
2	правая	левая	23	24	20	25
3	левая	левая	14	18	26	18
4	левая	правая	30	20	23	22

Примечание: * – сумма вероятностей не равна 100 % из-за ненулевой вероятности попадания в точки, где отсутствует разница в активности между мышцами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования разработан алгоритм оценки изменений функционального состояния мышц челюстно-лицевой области на основании анализа данных электромиографии. Предложен коэффициент неравномерности активности мышц, расположенных билатерально, который позволил определить более активную мышцу в паре и оценить степень преобладания в мышечной активности.

В исследуемой группе при анализе мышц в покое после применения индивидуальной релаксирующей шины несколько увеличилось преобладание в активности правых височных мышц с 7 до 16 %, а для жевательных несколько уменьшилось преобладание активности с 22 до 16 %. При анализе височных мышц в состоянии усилия при сжатии зубов симметричная активность изменилась на правостороннюю, разница в активности составила 19 %. Для жевательных мышц наблюдалось незначительное увеличение правосторонней активности при сжатии зубов с 4 до 10 %. Если анализировать отдельных пациентов, то наблюдаются значительные различия. Как полное отсутствие изменения в активности, так и изменение стороны активности с преобладающей левосторонней (91 %) в преобладающую правостороннюю (86 %) может быть связано с видом прикуса или с доминантной деятельностью правой руки, изменениями постурального характера.

Для упрощения анализа функционального состояния мышц разработаны ранжированные медиальные коэффициенты, которые позволяют оценить общий уровень активности мышц, расположенных билатерально, и общий уровень ассиметричной активности. Наиболее значимые изменения наблюдаются в состоянии мышечного покоя. После применения индивидуальной релаксирующей шины в течение пяти недель в исследуемой группе атлетов РМК активности височных мышц уменьшился до уровня 89 %, а жевательных до 70 %. В состоянии сжатия зубов отмечено незначительное (около 1 %) увеличение мышечной активности. РМК асимметрии в состоянии покоя снизился до уровня 67 %.

На основе анализа двумерной плотности вероятности разности амплитуд ЭМГ мышц разработан алгоритм, оценивающий перекрестную активность двух пар исследуемых мышц. Алгоритм позволяет определить форму активности (односторонняя или перекрестная), сторону активности и степень активности для каждой стороны. Наиболее выраженный тип активности в исследуемой группе – правосторонний. После применения индивидуальной релаксирующей каппы правосторонняя активность стала еще более выраженной, в покое и при сжатии зубов увеличилась до 35 %.

Рассчитан коэффициент неоднородности группы, который позволил оценить уровень неоднородности электрической активности мышц у всей исследуемой группы пациентов. Наиболее значительные изменения наблюдаются в состоянии покоя жевательной и височной мышц. Для височных мышц неоднородность уменьшилась от первоначального состояния до уровня 34 %, а для жевательных мышц до уровня 10 %, неоднородность разности мышц в покое уменьшилось до 27 %. Анализ коэффициента неоднородности позволяет сказать, произошло ли уменьшение разброса параметров исследуемых электромиограмм.

Проведен анализ результатов применения индивидуальной релаксирующей шины у атлетов-мужчин, занимающихся единоборствами.

Были получены сведения о значительных изменениях (релаксация) функционального состояния мышц в состоянии покоя у жевательных мышц, чуть в меньшей степени проявилась релаксация височной мышцы. В состоянии сжатия зубов были получены неоднозначные результаты о влиянии индивидуальной расслабляющей шины на мышечную активность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булычева Е.А., Чикунов С.О., Трезубов В.Н., Грищенков А.С. Доказательства психического генеза гипертонии жевательных мышц (Часть 3) // Институт стоматологии. – 2012. – Т. 13, № 2. – С. 62–64.
2. Долгалёв А.А., Брагин А.Д. Диагностика при комплексном лечении пациентов с окклюзионными нарушениями зубных рядов, ассоциированных патологией височно-нижнечелюстного сустава // Актуальные вопросы клинической стоматологии: материалы XLVI науч.-практ. конф. стоматологов Ставропол. края. – Ставрополь, 2008. – С. 147–151.

3. Каменских А.А., Устюгова Т.Н., Кучумов А.Г. Контактное деформирование пары зубов через однослойную протетическую конструкцию из EVA // Перспективные материалы конструкционного и медицинского назначения: сб. тр. междунар. науч.-техн. молод. конф.; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2018. – С. 92–93.
4. Лохов В.А., Кучумов А.Г., Мерзляков А.Ф., Асташина Н.Б., Ожгихина Е.С., Тропин В.А. Экспериментальное исследование материалов новой конструкции спортивной зубной шины // Российский журнал биомеханики. – 2015. – Т. 19, № 4. – С. 409–420.
5. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. – Иваново: Ивановская государственная медицинская академия, 2003. – 201 с.
6. Рубникович С.П., Барадина И.Н., Денисова Ю.Л., Самуйлов И.В., Давыдов М.В., Кульчицкий В.А. Анализ функционального состояния мышц челюстно-лицевой области у стоматологических пациентов с признаками бруксизма в сочетании с синдромом обструктивного апноэ во сне // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2020. – Т. 64(3). – С. 341–349.
7. Рубникович С.П. Терапевтическая подготовка стоматологического пациента перед ортопедическим лечением: учеб.-метод. пособие / Белорус. мед. академия последипл. образования. – Минск: БелМАПО, 2014. – 36 с.
8. Самуйлов И.С., Давыдов М.В., Сагаймаруф Г.Г., Барадина И.Н., Рубникович С.П. Алгоритм анализа паттерна движения мышечно-суставного комплекса височно-нижнечелюстного сустава на основе обработки многоканальных электромиограмм // Доклады БГУИР. – 2020. – № 18 (8). – С. 53–61. DOI: 10.35596/1729-7648-2020-18-8-53-61
9. Сёмкин В.А., Рабухина Н.А., Ляшев И.Н. Особенности движения нижней челюсти в норме и при проведении эндопротезирования височно-нижнечелюстного сустава // Маэстро стоматологии. – 2003. – № 2. – С. 10–13.
10. Сёмкин В.А., Рабухина Н.А., Волков С.И. Патология височно-нижнечелюстных суставов. – М.: Практическая медицина, 2011. – 168 с.
11. Сёмкин В.А., Рабухина Н.А. Программа обследования больных с дисфункцией височно-нижнечелюстных суставов // Алгоритмы в лучевой диагностике и программы лучевого и комплексного лечения больных: материалы VIII всерос. съезда рентгенологов и радиологов, Москва, 31 мая – 1 июня 2001 г. – М., 2001. – С. 160.
12. Сидоренко А.Н., Еричев В.В., Скорикова Л.А., Каде А.Х., Сидоренко Р.А., Гришечкин М.С. Совершенствование комплексного лечения дисфункциональных синдромов в сочетании с легковправимым вывихом мениска височно-нижнечелюстного сустава // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 9. – С. 513–516.
13. Сотникова М.В. Диагностика и лечение синдрома болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Смоленск, 2009. – 19 с.
14. Сысолятин П.Г., Ильин А.А., Дергилев А.П. Классификация заболеваний и повреждений височно-нижнечелюстного сустава. – Н. Новгород: Мед. книга, 2001. – 77 с.
15. Тревелл Дж., Симонс Д. Миофасциальные боли: в 2 т. – М.: Медицина, 1989. – Т. 1. – 256 с.
16. Тревелл Дж., Симонс Д. Миофасциальные боли: в 2 т. – М.: Медицина, 1989. – Т. 2. – 256 с.
17. Хватова В.А. Окклюзия и артикуляция в практике ортопеда и зубного техника // Новое в стоматологии. – 1999. – Т. 71, № 1. – С. 13.
18. Хватова В.А. Заболевания височно-нижнечелюстного сустава и методы лечения // Новое в стоматологии. – 1997. – № 8. – С. 22–28.
19. Хватова В.А. Функциональная анатомия и биомеханика височно-нижнечелюстного сустава // Новое в стоматологии. – 2001. – № 1. – С. 8–15.
20. Шевелев Г.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2019. – 114 с.
21. Шварц А.Д. Биомеханика и окклюзия зубов. – М.: Медицина, 1994. – 208 с.
22. Шварц А.Д. Окклюзия и жевательная нагрузка (клиническая биомеханика) // Новое в стоматологии. – 2002. – № 7. – С. 87–106.
23. Aggarwal A., Keluskar V. Physiotherapy as an adjuvant therapy for treatment of TMJ disorders // Gen. Dent. – 2012. – Vol. 60, no. 2. – P. e119–e122.
24. Ahlers M.O. A new rubber dam frame design-easier to use with a more secure fit // Quintessence Int. – 2003. – Vol. 34, no. 3. – P. 203–210.
25. Alomar X., Medrano J., Cabratosa J., Clavero J.A., Lorente M., Serra I., Monill J.M., Salvador A. Anatomy of the temporomandibular joint // Seminars in Ultrasound CT and MR. – 2007. – Vol. 28, no. 3. – P. 170–183.
26. Blanksma N.G., van Eijden T.M.G.J. Electromyographic heterogeneity in the human temporalis and masseter muscles during static biting, open/ close excursions, and chewing // Journal of Dental Research. – Vol. 74, no. 6. – P. 1318–1327.

27. Cagna D.R., Donovan T.E., McKee J.R., Eichmiller F., Metz J.E., Albouy J., Marzola R., Murphy K.R., Troeltzsch M. Annual review of selected dental literature: report of the committee on scientific investigation of the American Academy of Restorative Dentistry // *The J. Prosth. Dent.* – 2019. – Vol. 122, no. 3. – P. 198–269.
28. Chakfa, A.M., Mehta N.R., Forgione A.G., Al-Badawi E.A., Lobo S.L., Zawawi K.H. The effect of stepwise increases in vertical dimension of occlusion on isometric strength of cervical flexors and deltoid muscles in nonsymptomatic females // *Cranio.* – 2002. – Vol. 20, no. 4. – P. 264–273.
29. Garner D.P., McDivitt E. The effects of mouthpiece use on salivary Cortisol levels during exercise // *Medicine and Science in Sports & Exercise.* – 2008. – Vol. 40, no. 5. – P. 468–472.
30. Jung A., Shin B., Lee M., Sim H., Ernst E. Acupuncture for treating temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis of randomized, sham-controlled trials // *J. Dent.* – 2011. – Vol. 39, no. 5. – P. 341–350.
31. Kamenskih A., Ustugova T., Kuchumov A.G., Taiar R. Numerical evaluation of sport mouthguard application // *Advances in Intelligent Systems and Computing.* – 2020. – Vol. 1018. – P. 581–585.
32. Kamenskikh A.A., Ustjugova T.N., Kuchumov A.G. Modelling of the tooth contact through one-layered mouthguard // *Journal of Physics: Conference Series.* – 2018. – P. 012014.
33. Kamenskikh A.A., Ustjugova T.N., Kuchumov A.G. Comparative analysis of mechanical behavior of the tooth pair contacting with different mouthguard configurations // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* – 2019. – P. 12003.
34. Kamenskih A., Lesnikova Y., Astashina N.B., Sergeeva E., Kuchumov A.G. Numerical and experimental study of the functional loads distribution in the dental system to evaluate the new design of the sports dental splint // *Series on Biomechanics.* – 2018. – Vol. 32, no. 1. – P. 3–15.
35. Karkazis H.C. EMG activity of the masseter muscle in implant supported overdenture wearers during chewing of hard and soft food // *Journal of Oral Rehabilitation.* – 2002. – Vol. 29, no. 10. – P. 986–991.
36. La Touche R., Paris-Aleman A., von Piekartz H., Mannheimer J.S., Fernández-Carnero J., Rocabado M. The influence of cranio-cervical posture on maximal mouth opening and pressure pain threshold in patients with myofascial temporomandibular pain disorders // *The Clin. J. Pain.* – 2010. – Vol. 26, no. 6. – P. 541–550.
37. Nishi S.E., Basri R., Alam M. K., Komatsu S., Komori A., Sugita Y., Maeda H. Evaluation of masticatory muscles function in different malocclusion cases using surface electromyography // *Journal of Hard Tissue Biology.* – 2017. – Vol. 26, no. 1. – P. 23–28.
38. Yamaga T., Yoshihara A., Ando Y., Yoshitake Y., Kimura Y., Shimada M., Miyazaki H. Relationship between dental occlusion and physical fitness in an elderly population // *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences.* – 2002. – Vol. 57, no. 9. – P. M616–M620.

AN ALGORITHM FOR ASSESSING CHANGES IN THE FUNCTIONAL STATE OF MUSCLES OF THE MAXILLOFACIAL AREA OF ATHLETES WHO USE INDIVIDUAL RELAXATION OCCLUSAL SPLINTS OR MOUTH GUARDS

I.V. Samuilov, M.V. Davydov, S.P. Rubnikovich, I.N. Baradina (Minsk, Belarus)

The paper proposes an algorithm for assessing changes in the functional state of bilaterally located muscles. The proposed algorithm is based on the analysis of two-dimensional distribution function and two-dimensional probability density of the amplitude of electromyograms of the muscles under study. The paper proposes criteria for assessing the symmetry and asymmetry of muscle activity, presents the results of the study of changes in the functional state of the temporalis muscles and the masseter muscles for a group of athletes. During sports competitions and preparing to them, athletes are exposed to high physical and emotional stress, which leads to a premature decrease in the functional activity of the muscles causing changes in the biomechanics of movements. The reasons that lead to a decrease in the functional activity of the muscles are as follows: occlusal disharmony; changes in bite and / or interalveolar distance, hypertonicity of the muscles of the maxillofacial region. Ultimately, these reasons lead to a deterioration in sports performance. The group of the athletes under

study involved 10 males aged 23 to 24 years, who are engaged in combat sports at a professional level. Each athlete underwent a clinical examination, palpation and isometric tests of the muscles of the maxillofacial region (MR) and temporomandibular joints (TMJ), auscultation of the TMJ, control of occlusion (using copy paper and T-scan apparatus), cone-beam computed tomography (CBCT) of the dentoalveolar system (DAS) and electromyography (EMG) of the muscles of the maxillofacial region. At this stage of the research, each athlete received individual relaxation occlusal splints or mouthguards of two types: 2.0 mm thick soft one and 3.0 mm thick semi-rigid one. It was recommended to the athletes that they should wear the splints for 1–2 months in the following manner: to wear 2.0 mm thick soft splint on an ongoing basis, excluding food intakes and the training process, whereas 3.0 mm thick semi-rigid splints should be used during the training process and other types of physical activity, as well as at competitions.

Key words: electromyography, two-dimensional probability density function, musculoskeletal complex, individual relaxation splints, temporomandibular joints, sports, muscles of the maxillofacial region

Получено 26 апреля 2021