

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ФАЗ ВЫСТРЕЛА ИЗ ЛУКА

А.М. ПУХОВ,
ФГБОУ ВО «ВЛАФК»,
г. Великие Луки, Россия

Аннотация

В работе представлены особенности электромиографической (ЭМГ) активности 19 билатеральных мышц торса и рук в четырех технических фазах выстрела из классического лука (натяжение, дотяг, выпуск, завершение). Граничные моменты фаз были детерминированы посредством высокоскоростной видеосъемки и разработанного датчика для регистрации щелчка кликера и движения стрелы. В исследованиях приняли участие пять высококвалифицированных спортсменов, имеющих квалификацию «Мастер спорта России». Результаты исследования показывают, что натяжение тетивы происходит посредством активного сокращения у спортсмена дельтовидной и трапецевидной мышц с правой стороны. Вместе с тем амплитуда ЭМГ трапецевидной мышцы с левой стороны не изменялась, следовательно, стрелки из лука фиксировали положение левой лопатки до начала натяжения тетивы. Выход стрелы из-под кликера (фаза «дотяг») осуществлялся посредством сокращения мышц правого плеча (тянущей) руки, тогда как левая рука находилась преимущественно в пассивном упоре в лук. В фазе «выпуск» наблюдалось снижение напряжения мышц тянущей руки, преодолевающих реактивную силу тетивы лука, и увеличение активности мышц левой руки для удержания лука. Фаза «завершение выстрела» характеризовалась существенным снижением активности подавляющего большинства мышц.

Ключевые слова: электромиография, стрельба из лука, классический лук, фазы выстрела, стрелки из лука.

ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF THE TECHNICAL PHASES OF THE ARCHERY SHOT

A.M. PUKHOV,
VLSAPES, Velikiye Luki city, Russia

Abstract

The paper presents the features of the electromyographic (EMG) activity of 19 bilateral muscles of the torso and arms in four technical phases of a shot from a recurve bow (drawing, aiming, release, follow-through). The boundary moments of the phases were determined by high-speed video recording and a developed sensor for detecting the clicker and arrow movement. The studies were performed on five highly qualified archers using a recurve bow. The results of the study show that the drawing of the bowstring occurs through active contraction of the deltoid and trapezius muscles on the right side. At the same time, the tension of the trapezius muscle on the left side did not change; therefore, the archers fixed the position of the left scapula before the drawing of the bowstring began. The arrow exited from under the clicker (the "aiming" phase) due to the contraction of the muscles of the draw arm, while the left arm was mostly in a passive position on the bow. In the "release" phase, there was a decrease in the amplitude of EMG in the muscles of the draw arm, overcoming the reactive force of the bowstring, and an increase in the EMG activity of the bow arm to hold the bow. The "follow-through" phase was characterized by a significant decrease in the EMG activity of the overwhelming majority of muscles.

Keywords: electromyography, archery, recurve bow, shooting phases, archers.

Введение

Поверхностная электромиография (ЭМГ) представляет собой методику регистрации биоэлектрических потенциалов скелетных мышц с поверхности кожи при изменении их активности. По величине амплитуды ЭМГ косвенно можно оценить степень сокращения конкретных мышц и их вклад в выполняемое движение [1]. Наряду с анализом кинетических параметров технических действий при выполнении выстрелов из лука указывается на приоритетность изучения именно мышечной активности спортсмена [2].

В выполнении выстрела из лука можно выделить три основных элемента, которые заключаются в натяжении тетивы, прицеливании и завершении выстрела [3, 4]. Вместе с тем в технике выстрела из лука выделяют до 13 технических фаз, при этом некоторые из них выступают критическими точками перехода от одной фазы к другой [5, 6].

Цель исследования заключалась в выявлении особенностей биомеханической структуры технических фаз выстрела из лука по результатам электромиографического анализа скелетных мышц.



Материалы и методы исследования

В серии исследований приняли участие пять высококвалифицированных стрелков из лука, имеющих квалификацию «Мастер спорта России». Спортсмены имели левостороннюю изготовку, соответственно, удерживали лук в левой руке, а натяжение тетивы выполняли правой. Стрельбу производили из классического лука на дистанции 18 м с одновременной регистрацией электромиограмм (ЭМГ) скелетных мышц посредством 16-канального биомонитора ME-6000 (Mega Electronics Ltd, Финляндия) с полосой пропускания частот от 10 до 10 000 Гц, частотой дискретизации 2000 Гц и полосой фильтрации

20–1000 Гц с подавлением 60 дБ. ЭМГ-сигнал усредняли в пределах интервала фрейма 0,002 с и рассчитывали среднюю амплитуду ЭМГ в фазах выстрела. Обработка электромиографического сигнала выполнялась с применением программного обеспечения MegaWin (Mega Electronics Ltd, версия 3.9).

Каждый спортсмен последовательно выполнял 6 серий по 6 выстрелов с регистрацией ЭМГ от 8 до 10 отведений. После выполнения серии выстрелов изменялся набор регистрируемых мышц. Таким образом, в общей сложности анализу подверглись 180 выстрелов из лука и ЭМГ от 49 отведений у 19 билатеральных мышц торса и рук (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид наложения электродов для отведения ЭМГ

Синхронно с ЭМГ посредством системы 3D-видеоанализа движений «Qualisys» (Швеция) с частотой дискретизации 500 Гц осуществляли видеозахват перемещений лука и антропометрических точек, результаты которого использовались для определения граничных моментов фаз выстрела. Посредством кинематического анализа перемещений левой шиловидной точки по вертикальной оси (Z) и левой лучевой по фронтальной оси (X) выделяли граничные моменты подъема лука и постановки на «дотяг» соответственно. Для регистрации момента срабатывания кликера и движения стрелы применяли разработанный механооптический датчик «Стрела-1». Оптическая часть датчика, закрепленная на прицельной планке, состояла из ИК-излучателя, фотоприемника и генерировала стандартный электрический TTL-синхроимпульс при нахождении стрелы между ними. Механическая часть датчика закреплялась на рукоятке лука и генерировала TTL-синхроимпульс от падения кликера. Отметки синхроимпульса отображались на одном из каналов электромиограммы (рис. 2).

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программного пакета Statistica 10.0. Рассчитывали среднее арифметическое (M) и ошибку среднего арифметического (m). В некоторых случаях вычисляли изменения, выраженные в процентах. Для оценки достоверности различий в регистрируемых параметрах применяли однофакторный дисперсионный анализ для повторных изме-

рений (ANOVA) с Post Hoc анализом Newman-Keuls. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании проведенного теоретического анализа выстрел из лука был разделен на 6 *технических фаз*, имеющих четкие граничные моменты, определяемые перемещением антропометрических точек, регистрацией щелчка кликера и движением стрелы (см. рис. 2):

- 1) *предварительная изготовка* – фаза от момента постановки ног на линии огня и заряжения стрелы до начала подъема лука (определялась перемещением левой шиловидной антропометрической точки по вертикальной оси);
- 2) *принятие основной изготовки* – «натяжение» – эта фаза начиналась от момента подъема лука до прикладывания тянущей руки к ориентационной точке (определялась по стабилизации положения правой лучевой антропометрической точки по фронтальной оси [2]);
- 3) *выход стрелы из-под кликера* – «дотяг» – фаза включала действия стрелка с момента прикладывания тянущей руки к ориентационной точке до момента срабатывания кликера [2];
- 4) *выпуск стрелы* – «выпуск» – фаза соответствовала временному отрезку от момента срабатывания кликера до начала освобождения тетивы от захвата;
- 5) *завершение выстрела* длилось в течение 0,5 с от момента освобождения тетивы [2];



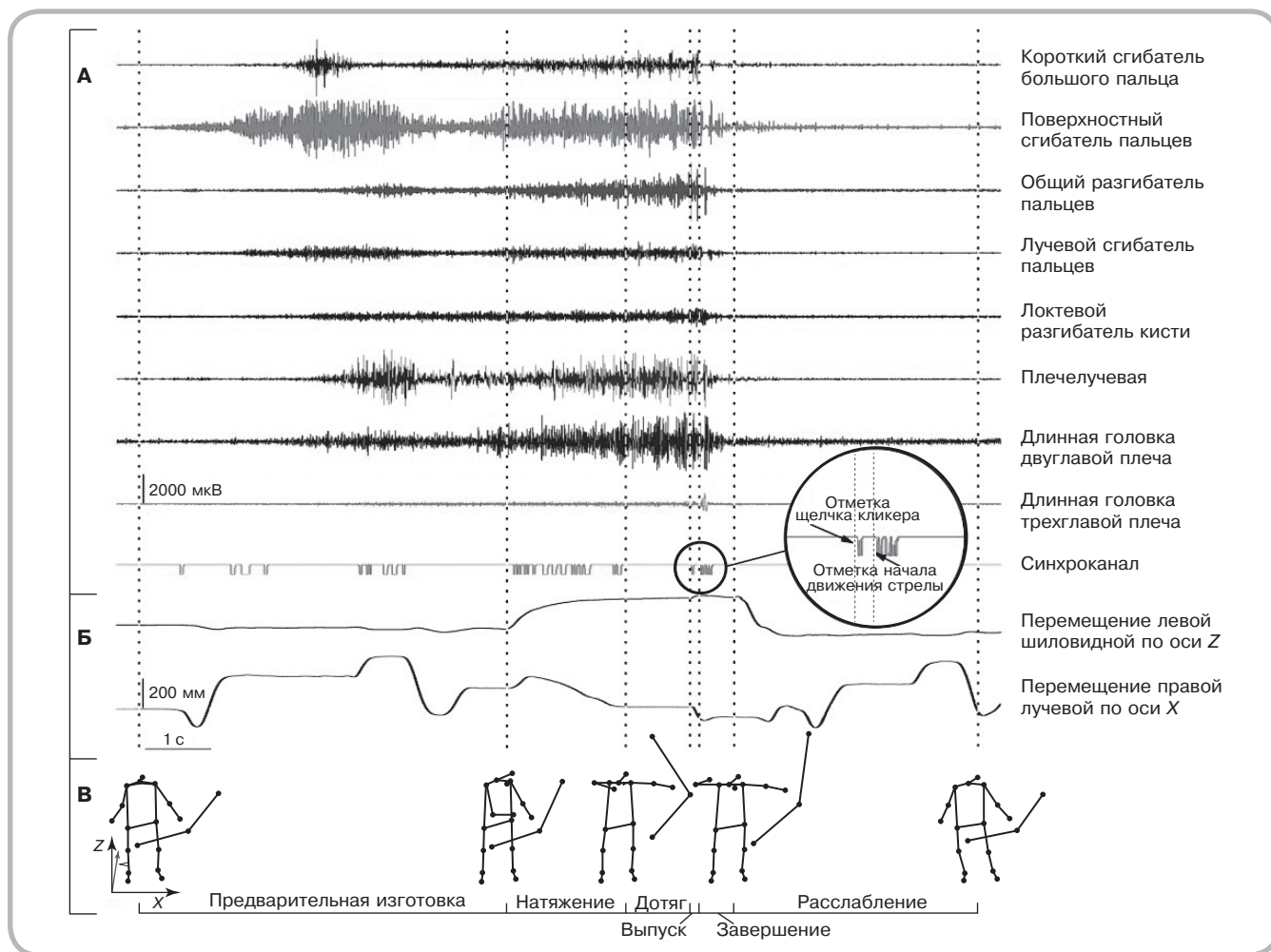


Рис. 2. Нативные записи ЭМГ мышц правой руки (А), перемещения антропометрических точек (Б) и положение спортсмена в граничные моменты фаз выстрела из лука (В)

6) фаза расслабления – опускание лука и подготовка к следующему выстрелу.

Фазы предварительной изготовления и расслабления не подвергались электромиографическому анализу ввиду высокой вариативности выполняемых спортсменами индивидуальных действий.

Фаза «натяжение» характеризуется динамическими движениями спортсмена-стрелка, заключающимися в подъеме лука с его наводкой на мишень и в одновременном натяжении тетивы противоположной рукой. Наиболее высокую среднюю электроактивность в данной фазе выстрела демонстрировала задняя часть правой дельтовидной мышцы ($839,50 \pm 91,79$ мкВ), обеспечивающая натяжение тетивы вследствие отведения правой руки назад (рис. 3). Следует отметить, что по отношению к началу фазы выявлено увеличение амплитуды ЭМГ ее передних пучков на 141,59% ($p < 0,05$), средних – на 416,55% ($p < 0,05$) и задних – на 1366,91% ($p < 0,05$). Именно дельтовидная мышца тянущей руки отмечается как ведущая при выполнении выстрела из лука и проявляет наибольшую активность на всем его протяжении [3].

В нижних пучках трапецевидной мышцы с правой и левой стороны также регистрировалась высокая ампли-

туда ЭМГ: $641,33 \pm 17,36$ мкВ и $790,33 \pm 22,58$ мкВ соответственно. Однако в динамике выполнения натяжения тетивы амплитуда ЭМГ нижних пучков трапецевидной мышцы с левой стороны снизилась на 4,90% ($p > 0,05$), а с правой – возросла на 70,21% ($p < 0,05$). Таким образом, спортсмены еще до начала выполнения натяжения тетивы фиксируют левую лопатку при принятии предварительной изготовления. Средняя ЭМГ-активность билатеральных верхних и средних пучков трапецевидной мышцы находилась в диапазоне 300–550 мкВ. Вместе с тем существенное увеличение амплитуды ЭМГ в фазе «натяжение» выявлено в верхних и средних пучках с правой стороны на 32,89% и 73,02% соответственно ($p < 0,05$). Также значительную среднюю электроактивность проявляли антагонисты трапецевидной мышцы – передние зубчатые ($408,67 \pm 20,38$ мкВ – левая; $257,40 \pm 16,07$ мкВ – правая), которые ограничивали движение лопаток и фиксировали их положение в конце фазы (рис. 3).

В начале фазы «натяжение» правая рука согнута в локтевом суставе, а ее предплечье пронировано. В результате регистрировалась высокая средняя амплитуда ЭМГ длинной головки двуглавой мышцы плеча ($475,50 \pm 62,12$ мкВ) и плечелучевой мышцы ($315,50 \pm 31,04$ мкВ).



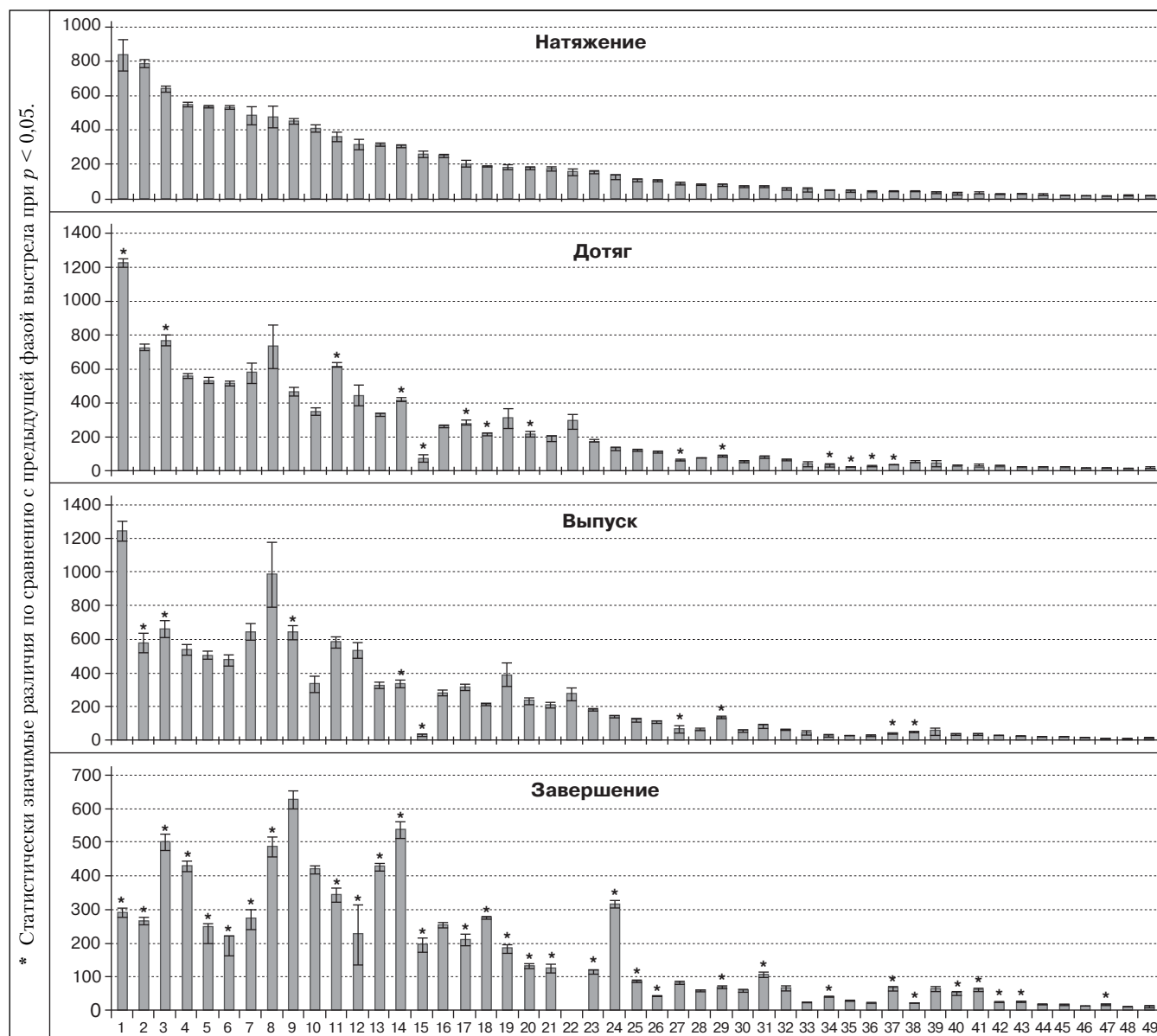


Рис. 3. Средняя амплитуда ЭМГ исследуемых мышц в фазах выстрела из лука (мкВ).

Названия мышц на оси X:

1	Задняя часть дельтовидной пр.	17	Короткий сгибатель большого пальца пр.	33	Грудино-ключично-сосцевидная лев.
2	Трапецевидная – нижние пучки лев.	18	Передняя часть дельтовидной пр.	34	Большая грудная брюшная часть пр.
3	Трапецевидная – нижние пучки пр.	19	Общий разгибатель пальцев пр.	35	Большая грудная ключичная часть пр.
4	Трапецевидная – средние пучки лев.	20	Локтевой разгибатель кисти лев.	36	Выпрямляющая позвоночник пр.
5	Задняя часть дельтовидной лев.	21	Лучевой сгибатель кисти пр.	37	Большая грудная ключичная часть лев.
6	Средняя часть дельтовидной лев.	22	Короткий сгибатель большого пальца лев.	38	Широчайшая спины пр.
7	Поверхностный сгибатель пальцев пр.	23	Локтевой разгибатель кисти пр.	39	Большая грудная грудино-реберная часть лев.
8	Длинная головка двуглавой плеча пр.	24	Длинная головка двуглавой плеча лев.	40	Поверхностный сгибатель пальцев лев.
9	Трапецевидная – верхние пучки лев.	25	Общий разгибатель пальцев лев.	41	Лучевой сгибатель кисти лев.
10	Передняя зубчатая лев.	26	Длинная головка трехглавой плеча лев.	42	Напрягающая широкую фасцию бедра пр.
11	Средняя часть дельтовидной пр.	27	Большая грудная брюшная часть лев.	43	Наружная косая живота пр.
12	Плечелучевая пр.	28	Широчайшая спины лев.	44	Большая грудная грудино-реберная часть пр.
13	Трапецевидная – верхние пучки пр.	29	Отводящая мизинец пр.	45	Наружная косая живота лев.
14	Трапецевидная – средние пучки пр.	30	Грудино-ключично-сосцевидная пр.	46	Прямая живота лев.
15	Передняя зубчатая пр.	31	Плечелучевая лев.	47	Прямая живота пр.
16	Передняя часть дельтовидной лев.	32	Длинная головка трехглавой плеча пр.	48	Выпрямляющая позвоночник лев.
49 – Напрягающая широкую фасцию бедра лев.					



Однако при натяжении тетивы вследствие увеличения сгибания в локтевом суставе незначительно повышалась ЭМГ-активность двуглавой мышцы плеча на 22,43% ($p > 0,05$), а напряжение плечелучевой мышцы практически не изменялось и несколько снижалось (на 3,98%; $p > 0,05$).

Перед началом выполнения натяжения пальцы правой кисти согнуты и удерживают тетиву, вследствие чего регистрировалась высокая ЭМГ-активность поверхностного сгибателя пальцев ($485,17 \pm 48,87$ мкВ); однако в динамике выполнения натяжения тетивы его электроактивность практически не изменялась – увеличение составило 5,41% ($p > 0,05$). Необходимо отметить высокую среднюю ЭМГ-активность короткого сгибателя большого пальца ($204,50 \pm 16,15$ мкВ), который не участвует в непосредственном контакте с тетивой, но его активность в фазе «натяжение» увеличивалась на 128,62% ($p < 0,05$).

К моменту выполнения фазы «натяжение» спортсмен принимает предварительную изготовку и находится в упоре левой рукой в рукоятку лука. Средняя амплитуда ЭМГ передней и средней частей дельтовидной мышцы ($247,53 \pm 16,07$ мкВ и $533,83 \pm 9,53$ мкВ соответственно), длинной головки двуглавой мышцы плеча ($128,33 \pm 7,01$ мкВ) и локтевого разгибателя кисти ($173,83 \pm 7,45$ мкВ) левой руки практически не изменялась в динамике выполнения фазы. Вместе с тем подъем лука сопровождался существенным увеличением ($p < 0,05$) амплитуды ЭМГ ряда мышц левой руки: задней части дельтовидной – на 43,40%; длинной головки трехглавой мышцы плеча – на 130,36%; плечелучевой – на 115,50%; общего разгибателя пальцев – на 94,20%; короткого сгибателя большого пальца – на 549,55%. Выраженное повышение ЭМГ-активности ряда исследуемых мышц объясняется динамичностью фазы «натяжение» и необходимостью преодоления возрастающей силы лука. Для остальных исследованных мышц в фазе «натяжение» была характерна ЭМГ-активность ниже 100 мкВ (рис. 3).

После выполнения натяжения тетивы происходит смена динамической на статическую форму сокращения мышц, и спортсмену-стрелку необходимо перераспределять усилия с одних мышечных групп на другие [5, 7]. В фазе «дотяг» спортсмен выполняет прицеливание преимущественно в статическом положении с изометрическим напряжением скелетных мышц. Несмотря на статичность позы, ему необходимо выполнить разнонаправленные движения руками для выхода стрелы из-под кликера; при этом скорость движений составляет около 1 мм/с [8]. Фаза «дотяг» характеризуется максимальным натяжением тетивы и, следовательно, увеличением активности большинства изучаемых мышц по отношению к предыдущей технической фазе выстрела (натяжение). Наиболее выраженное увеличение средней амплитуды ЭМГ выявлено у правой дельтовидной мышцы (передней части – на 14,46%, средней – на 72,09% и задней – на 46,26% ($p < 0,05$)). Посредством сведения лопаток спортсмен реализует полное вытягивание стрелы из-под кликера [9], что сопровождается закономерным увеличением амплитуды ЭМГ средних (на 35,43%, $p < 0,05$)

и нижних (на 19,93%, $p < 0,05$) пучков трапецевидной мышцы и широчайшей мышцы спины (на 45,00%, $p < 0,05$) с правой стороны. Выраженное увеличение активности мышц, окружающих плечевой сустав тянущей руки, объясняется необходимостью его стабилизации на фоне возрастающего сопротивления тетивы лука. Стабильность положения плечевой кости зависит от баланса отдельных сил и моментов, создаваемых окружающими ее мышцами в плечевом суставе [10].

Достижение пикового натяжения тетивы в фазе «дотяг» приводило к повышению ЭМГ-активности мышц правой кисти: короткого сгибателя большого пальца на 37,41% ($p < 0,05$) и отводящей мизинец мышцы на 17,35% ($p < 0,05$), которые не имели прямого контакта с тетивой. Единственной мышцей с левой стороны тела, демонстрирующей увеличение амплитуды ЭМГ в фазе «дотяг» на 24,07% ($p < 0,05$), являлся локтевой разгибатель кисти. Ряд специалистов [3, 11] обращают внимание на увеличение активности разгибателей кисти прицельной (левой) руки перед выполнением выпуска стрелы, объясняя данный факт возможностью исключить толкающее действие на рукоятку лука вследствие произвольного сгибания лучезапястного сустава.

Вместе с тем статистически значимое снижение амплитуды ЭМГ в фазе «дотяг» было выявлено у широчайшей мышцы спины с левой стороны на 8,56% ($p < 0,05$) и мышц с правой стороны: передней зубчатой – на 72,48% ($p < 0,05$), выпрямляющей позвоночник – на 22,44% ($p < 0,05$) и большой грудной (брюшной части – на 44,84% и ключичной – на 37,44%; $p < 0,05$). Изменения амплитуды ЭМГ остальных исследуемых мышц не достигали статистически значимого уровня (см. рис. 3).

Выпуск стрелы происходит в момент пикового натяжения тетивы с разрывом кинематической цепи «стрелок – оружие», в результате чего исчезает сопротивление тетивы, и лук находится в свободном положении. По сравнению с предыдущей фазой «дотяг» наблюдалось снижение ЭМГ-активности билатеральных нижних пучков трапецевидной мышцы с правой стороны – на 13,80% ($p < 0,05$), с левой – на 21,10% ($p < 0,05$) и средних пучков с правой стороны – на 19,41% ($p < 0,05$), обеспечивающих выход стрелы из-под кликера посредством сведения лопаток. Также выявлено уменьшение амплитуды ЭМГ на 56,70% ($p < 0,05$) правой передней зубчатой мышцы, которая стабилизирует положение лопатки и является антагонистом средним и нижним пучкам трапецевидной мышцы с ипсилатеральной стороны тела. Амплитуда ЭМГ билатеральных широчайших мышц спины также снизилась в среднем на 12% ($p < 0,05$) в фазе «выпуск». Данные мышцы противостояли реактивной силе тетивы лука до момента ее освобождения [7]. Вместе с тем зарегистрировано увеличение активности мышц с левой стороны тела: верхних пучков трапецевидной – на 38,51% ($p < 0,05$) и ключичной части большой грудной – на 23,36% ($p < 0,05$) в связи с предвосхищением отдачи тетивы и падением лука.

Технические действия в фазе «выпуск» подразумевают расслабление мышц кисти и предплечья тянущей



руки для свободного схода тетивы с пальцев [5, 12]. Однако в данной фазе выявлено увеличение амплитуды ЭМГ мышцы, отводящей мизинец, на 53,73% ($p < 0,05$), и общего разгибателя пальцев – на 25,42% ($p > 0,05$). Стабильное воспроизведение одинакового выпуска на каждом выстреле и технически правильное освобождение тетивы вследствие расслабления мышц предплечья имеют решающее значение для точности попадания стрелы [13].

В фазе «завершение выстрела» подавляющее большинство изучаемых мышц проявляли минимальную ЭМГ-активность относительно предшествующих технических фаз ввиду отсутствия сопротивления тетивы лука (рис. 3). Однако статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение ЭМГ-активности наблюдалось у мышц-сгибателей левой руки (двуглавой мышцы плеча – на 127,44%, плечелучевой – на 30,42%, поверхностного сгибателя пальцев – на 56,16%, лучевого сгибателя кисти – на 76,43%) и ключичной части левой большой грудной

мышцы (на 62,54%). Повышение их активности связано с отсутствием пассивного упора прицельной руки в лук и необходимостью его удержания на пальцевой перевязи (устройство, которое фиксирует лук в руке после выпуска тетивы). Существенное повышение амплитуды ЭМГ также наблюдалось у мышц правого плечевого сустава ($p < 0,05$): передней части дельтовидной мышцы – на 29,32%, передней зубчатой – на 539,06%, верхних и средних пучков трапециевидной мышцы – на 31,00% и 58,81% соответственно. Выраженное увеличение активности данных мышц, вероятно, связано с необходимостью поглощения освободившейся кинематической энергии, создаваемой разрядкой плеч лука сразу после выпуска тетивы [14], и ограничением движений правой руки. Также отмечалось увеличение ЭМГ-активности контралатеральных (правых) мышц торса (наружной косой и прямой мышцы живота – на 20,55% и 39,18% соответственно при $p < 0,05$), обеспечивающих удержание вертикальной позы в противовес опрокидывающей силе лука.

Заключение

В начале фазы «натяжение» регистрировалась значительная ЭМГ-активность нижних пучков трапециевидной ($790,33 \pm 22,58$ мкВ) и передней зубчатой ($408,67 \pm 20,38$ мкВ) мышц с левой стороны тела для создания условий противодействия вследствие фиксации положения лопатки возрастающей силе лука. Натяжение тетивы сопровождалось увеличением ЭМГ-активности дельтовидной (передних пучков – на 141,59%, средних – на 416,55% и задних – на 1366,91%) и трапециевидной (верхних пучков – на 32,89% и средних – на 73,02%) мышц с правой (тянущей) стороны тела, а также мышц левой руки, обеспечивающих её упор в рукоятку лука.

Активность мышц в фазе «дотяг» направлена на обеспечение выхода стрелы из-под кликера при возрастающей силе сопротивления тетивы лука. Вследствие этого увеличивалась ЭМГ-активность дельтовидной, трапециевидной и широчайшей мышц спины, обеспечивающих отведение правого плечевого сустава назад через сторону и приведение правой лопатки к позвоночному столбу с одновременным снижением ЭМГ-активности их антагонистов (передней зубчатой – на 72,48%, брюшной части большой грудной – на 44,84% и ключичной – на 37,44%). Также в фазе «дотяг» установлено повышение активности на 24,07% локтевого разгибателя левой кисти. Следовательно, дотяг выполняется за счет актив-

ных действий правой (тянущей) руки, тогда как левая рука находится преимущественно в пассивном упоре в лук.

В фазе «выпуск» наблюдалось выраженное снижение амплитуды ЭМГ мышц (билатеральных нижних пучков трапециевидной и широчайших спины, правой передней зубчатой), преодолевающих реактивную силу тетивы лука, вследствие разрыва кинематической цепи «стрелок – оружие». Однако для удержания лука в вытянутой в сторону руке возрастала ЭМГ-активность мышц с левой стороны (верхних пучков трапециевидной – на 38,51% и ключичной части большой грудной – на 23,36%).

Фаза «завершение выстрела» характеризовалась снижением активности подавляющего большинства мышц. Вместе с тем было выявлено увеличение амплитуды ЭМГ мышц-сгибателей левой руки, удерживающих лук на пальцевой перевязи, и мышц правого плечевого сустава, ограничивающих движение правой руки.

Полученные результаты активности скелетных мышц расширяют и дополняют сведения о внутренней структуре техники выполнения выстрела из классического лука. Выявленные особенности электромиографической активности мышц могут быть использованы для коррекции техники отдельных фаз выстрела и при подборе упражнений специальной силовой подготовки.



Литература

1. Влияние игровой соревновательной нагрузки на электрическую активность мышц-разгибателей коленного сустава / Н.Н. Соколов, Т.Ф. Абрамова, А.В. Воронов [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 3. – С. 46–55.
2. Baifa Z. Muscle Coordination during Archery Shooting: A Comparison of Archers with Different Skill Levels / Z. Baifa, Z. Xinglong, L. Dongmei // *European Journal of Sport Science*. – 2021. – No. 23 (1). – Pp. 1–14. – DOI: 10.1080/17461391.2021.2014573
3. Ertan H. Muscular activation patterns of the bow arm in recurve archery / H. Ertan // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2009. – No. 12. – Pp. 357–360.
4. Shinohara H. Analysis of muscular activity in archery: a comparison of skill level / H. Shinohara, Y. Urabe // *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. – 2017. – No. 58 (12). – Pp. 1752–1758.
5. Гомбожапова Х.Ц.Д. Проблемы управления технической подготовкой спортсменов в стрельбе из лука / Х.Ц.Д. Гомбожапова // Вестник Бурятского государственного университета. – 2011. – № 13. – С. 64–68.
6. Hamdan Z.A. Investigation of muscle fatigue of the archer's during endurance shooting / Z.A. Hamdan, Z. Ahmad, N.H. Johari // *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*. – 2022. – No. 16. – No. 3. – Pp. 8987–8995.
7. Sheikh A. EMG Activity of Transversus Abdominis, Multifidus and Co-Contraction Index in Different Phases Among Varied Level Archers: A Cross-Sectional Study / A. Sheikh, S. Saurabh, T. Tarushi // *Polish Journal of Sport and Tourism*. – 2021. – No. 28 (1). – Pp. 19–23.
8. Leroyer P. Biomechanical study of the final push-pull in archery / P. Leroyer, V. Hoecke, N. Helal // *Journal of Sport Sciences*. – 1993. – No. 11. – Pp. 63–69.
9. Kolayis I.E. Differences in activation patterns of shoulder girdle muscles in recurve archers / I.E. Kolayis, H. Ertan // *Pamukkale Journal of Sport Sciences*. – 2016. – No. 7 (1). – Pp. 25–34.
10. Veeger H. Shoulder function: the perfect compromise between mobility and stability / H. Veeger, F. Van Der Helm // *Journal of Biomechanics*. – 2007. – No. 40 (10). – Pp. 2119–2129.
11. Analysis of archery shooting techniques by means of electromyography / H. Nishizono, H.I. Shibayama, T. Izuta, K. Saito // 5th International Symposium on Biomechanics in Sports, 1987. – Pp. 364–372.
12. Ertan H. Activation patterns in forearm muscles during archery shooting / H. Ertan, B. Kentel, S.T. Tumer, F. Korkusuz // *Human Movement Science*. – 2003. – No. 22. – Pp. 37–45.
13. Soylu A.R. Archery performance level and repeatability of event-related EMG / A.R. Soylu, H. Ertan, F. Korkusuz // *Human Movement Science*. – 2006. – No. 25. – Pp. 767–774.
14. Lee K., Benner T. Total archery: Inside the archer. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2009. – 253 p.

References

1. The effect of competitive gaming load on the electrical activity of the muscles extending the knee joint / N.N. Sokolov, T.F. Abramova, A.V. Voronov [et al.] // *Sports Science Bulletin*. – 2023. – No. 3. – Pp. 46–55.
2. Baifa Z. Muscle Coordination during Archery Shooting: A Comparison of Archers with Different Skill Levels / Z. Baifa, Z. Xinglong, L. Dongmei // *European Journal of Sport Science*. – 2021. – No. 23 (1). – Pp. 1–14. – DOI: 10.1080/17461391.2021.2014573
3. Ertan, H. Muscular activation patterns of the bow arm in recurve archery / H. Ertan // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2009. – No. 12. – Pp. 357–360.
4. Shinohara H. Analysis of muscular activity in archery: a comparison of skill level / H. Shinohara, Y. Urabe // *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. – 2017. – No. 58 (12). – Pp. 1752–1758.
5. Gombozhapova, X.Cz.D. The problems of control over the technical training of sportsmen in archery / X.Cz.D. Gombozhapova // *Bulletin of the Buryat State University*. – 2011. – No. 13. – Pp. 64–68.
6. Hamdan, Z.A. Investigation of muscle fatigue of the archers during endurance shooting / Z.A. Hamdan, Z. Ahmad, N.H. Johari // *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*. – 2022. – No. 16 (3). – Pp. 8987–8995.
7. Sheikh A. EMG Activity of Transversus Abdominis, Multifidus and Co-Contraction Index in Different Phases Among Varied Level Archers: A Cross-Sectional Study / A. Sheikh, S. Saurabh, T. Tarushi // *Polish Journal of Sport and Tourism*. – 2021. – No. 28 (1). – Pp. 19–23.
8. Leroyer, P. Biomechanical study of the final push-pull in archery / P. Leroyer, V. Hoecke, N. Helal // *Journal of Sport Sciences*. – 1993. – No. 11. – Pp. 63–69.
9. Kolayis I.E. Differences in activation patterns of shoulder girdle muscles in recurve archers / I.E. Kolayis, H. Ertan // *Pamukkale Journal of Sport Sciences*. – 2016. – No. 7 (1). – Pp. 25–34.
10. Veeger, H. Shoulder function: the perfect compromise between mobility and stability / H. Veeger, F. Van Der Helm // *Journal of Biomechanics*. – 2007. – No. 40 (10). – Pp. 2119–2129.
11. Analysis of archery shooting techniques by means of electromyography / H. Nishizono, H.I. Shibayama, T. Izuta, K. Saito // 5th International Symposium on Biomechanics in Sports, 1987. – Pp. 364–372.
12. Ertan, H. Activation patterns in forearm muscles during archery shooting / H. Ertan, B. Kentel, S.T. Tumer, F. Korkusuz // *Human Movement Science*. – 2003. – No. 22. – Pp. 37–45.
13. Soylu, A.R. Archery performance level and repeatability of event-related EMG / A.R. Soylu, H. Ertan, F. Korkusuz // *Human Movement Science*. – 2006. – No. 25. – Pp. 767–774.
14. Lee K., Benner, T. Total archery: Inside the archer. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2009. – 253 p.

