

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СКЕЛЕТНЫМИ МЫШЦАМИ У СТРЕЛКОВ ИЗ ЛУКА РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

А.М. Пухов, М.О. Михайлов

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки, Россия

Аннотация

Цель работы заключалась в выявлении особенностей электромиографической активности билатеральных трапециевидных мышц у стрелков из лука разной квалификации при выполнении выстрелов из лука, проявлении максимальной силы и произвольном управлении мышцами.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 5 высококвалифицированных и 6 начинающих стрелков из лука. Анализировали амплитуду электромиограммы (ЭМГ) верхних и нижних пучков трапециевидных мышц при выполнении выстрелов из лука, демонстрации максимального произвольного сокращения и при произвольном управлении напряжением мышц.

Основные результаты. В фазе «натяжение» у высококвалифицированных спортсменов зафиксирована более высокая ЭМГ-активность всех пучков трапециевидных мышц по сравнению с новичками. В фазе «дотяг» у квалифицированных спортсменов значительно выше активность нижних пучков, тогда как новички перераспределяли нагрузку на верхние пучки. В фазе «завершения» мастера спорта сохраняли мышечное напряжение регистрируемых мышц в отличие от начинающих спортсменов, у которых значительно снижалась ЭМГ-активность. Квалифицированные стрелки из лука закономерно демонстрировали существенно большую максимальную силу при меньшей активности верхних пучков трапециевидных мышц. Ключевым отличием высококвалифицированных стрелков является развитая способность к произвольной изоляции мышечного напряжения, тогда как у новичков наблюдалась выраженная иррадиация возбуждения с вовлечением нецелевых мышц.

Заключение. Рост мастерства в стрельбе из лука связан не только с увеличением специальной силовой подготовленности, но и с качественной перестройкой нейромышечного контроля, с рациональным распределением нагрузки между мышечными группами при выполнении выстрела из лука и способностью к локальному напряжению целевых мышц.

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

FEATURES OF SKELETAL MUSCLE CONTROL IN DIFFERENT QUALIFICATIONS ARCHERS

A.M. Pukhov, alexander-m-p@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8642-970X

M.O. Mikhailov, maksim-mixajlov-2002@mail.ru, ORCID: 0009-0009-6126-8397

Velikie Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikie Luki, Russia

Abstract

The aim of this study was to identify the features of electromyographic activity of the bilateral trapezius muscles in archers of different skill levels during archery shots, maximum voluntary contraction and voluntary muscle control.

Methods and organization. The study involved five highly skilled and six novice archers. The amplitude of the electromyogram (EMG) of the upper and lower portions of the trapezius muscles was analyzed during archery shots, during maximum voluntary contraction and during voluntary control of muscle tension.

The main results. During the "drawing" phase, highly skilled athletes exhibited higher EMG activity in all portions of the trapezius muscles compared to novices. During the "aiming" phase, skilled athletes showed significantly higher activity in the lower portions, whereas novices redistributed the load to the upper portions. During the "follow-through" phase, the masters of sport maintained muscle tension in the recorded muscles, in contrast to novice athletes, who showed a significant decrease in EMG activity. Skilled archers consistently demonstrated significantly greater maximum voluntary contraction with lower activity in the upper portions of the trapezius

muscles. The key distinguishing feature of highly skilled archers is a well-developed ability for voluntary isolation of muscle tension, whereas novices exhibited pronounced irradiation of excitation involving non-target muscles.

Conclusion. The improvement of skill in archery is associated not only with an increase in specific strength preparedness but also with a qualitative restructuring of neuromuscular control, a rational distribution of load between muscle groups during the archery shot, and the ability to locally tense the target muscles.

Keywords: archery, archers, recurve bow, electromyography, shot phases, precision motion.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование техники выполнения спортивного элемента заключается в оптимальной пространственно-временной организации биомеханического аппарата спортсмена, обеспечивающего максимальную надежность выполнения двигательной программы. Относительно стрелковых видов спорта структура двигательных действий должна многократно повторяться при реализации каждого выстрела с максимальной вероятностью точного попадания [1]. Специфическая двигательная деятельность, свойственная стрельбе из лука, сопровождается закономерными антропометрическими, физическими и функциональными изменениями в организме атлета [10]. В связи с этим совершенствование технического мастерства проявляется не только в повышении результативности спортсменов, но и в формировании устойчивой биомеханической модели двигательной деятельности, отличной от таковой низкоквалифицированных стрелков из лука [4]. Особенности активности основных мышц, задействованных в выполнении выстрела, также связаны с уровнем мастерства спортсменов и навыком стрельбы из лука. Наблюдаемые отличительные особенности в работе мышц высококвалифицированных спортсменов при выполнении выстрела по сравнению с начинающими стрелками из лука объясняются физическими и нервно-мышечными адаптационными изменениями [5, 8, 11]. Вместе с тем пристальное внимание обращают на конкретные мышечные группы, от активности которых зависит результативность стрельбы [9, 13]. Особое значение при реализации выстрела из лука имеют трапецевидные мышцы спины и соотношение величины напряжения их верхних и нижних пучков [14]. Таким образом, цель исследования заключалась в выявлении особенностей электромиографической активности билатеральных трапецевидных мышц у стрелков из лука разной квалификации при выполнении выстрелов из лука, проявлении максимальной силы и произвольном управлении мышцами.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследованиях приняли участие 11 спортсменов, из них 5 высококвалифицированных стрелков из классического лука (возраст – $17,60 \pm 0,40$ лет, спортивный стаж – $6,40 \pm 1,57$ лет), имеющих звание мастера спорта России или мастера спорта международного класса, и 6 начинающих спортсменов без спортивных разрядов (возраст – $12,67 \pm 0,67$ лет, спортивный стаж – менее года), занимающихся с луками для начинающих на дистанции 3 метра.

Электромиограмма (ЭМГ) билатеральных верхних и нижних пучков трапецевидных мышц регистрировалась посредством биомонитора ME-6000 (Mega Electronics Ltd., Финляндия) с частотой дискретизации 2000 Гц. Анализировали среднюю амплитуду ЭМГ в фазах выстрела из лука (каждый спортсмен выполнял по 6 выстрелов) при демонстрации максимальной произвольной силы (МПС) и изолированном напряжении пучков трапецевидных мышц.

Пассивные светоотражающие маркеры закреплялись на верхнем плече лука, левой шиловидной и правой лучевой антропометрических точках. По граничным моментам перемещения рук и лука посредством системы 3D-видеоанализа Qualisys (Швеция) определяли фазы выстрела: натяжение, дотяг и завершение [3]. Максимальная произвольная сила регистрировалась с помощью «динамометра лучника» в основной изготовке [2], спортсмены выполняли по три реализации с интервалом отдыха две минуты. Для оценки качества произвольного управления мышцами испытуемым давалось задание произвольно напрячь конкретный пучок трапецевидной мышцы (ведущую мышцу) с одновременной регистрацией электроактивности всех четырех пучков, после чего вычислялось процентное отношение амплитуды ЭМГ каждого пучка к ведущей мышце, принятой за 100%. Спортсмены выполняли по 3 реализации для каждой мышцы. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью 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 измерений (ANOVA) с Post-hoc анализом Newman-Keuls.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ электромиографической активности трапециевидных мышц выявил закономерные различия амплитуды ЭМГ у стрелков из лука разной квалификации. При выполнении фазы «натяжение» у мастеров спорта наблюдалась статистически значимо более высокая ЭМГ-активность верхних и нижних билатеральных пучков трапециевидной мышцы (рисунок 1А). Выявленные различия могут объясняться разницей в величине силы натяжения лука у высококвалифицированных спортсменов (20-24 кг) и лука для начинающих (6-8 кг). Однако в фазе «дотяг», которая сопровождается максимальным натяжением тетивы лука, различия в активности верхних пучков между группами нивелируются. Схожие результаты были получены Н. Shinohara и Y. Urabe [14], которые не выявили различий в проявляемой ЭМГ-активности верхними пучками трапециевидной мышцы, средними и задними частями дельтовидной мышцы со стороны тянущей руки при выполнении выстрелов из лука. При этом относительно начинающих стрелков у квалифицированных спортсменов преобладали средние значения амплитуды ЭМГ нижних пучков слева на 84,94% ($p < 0,01$) и справа – на 36,64% ($p < 0,05$) (рисунок 1В). Таким образом, спортсмены высокой квалификации в фазе «дотяг» активно противодействуют силе лука посредством приведения лопаток к позвоночному столбу, тогда как у новичков нагрузка перераспределяется на верхние пучки трапециевидных мышц. Также в фазе «дотяг» у низкоквалифицированных спортсменов выявлена тенденция к снижению ЭМГ-активности нижних пучков на 18,01% слева и на 61,54% справа по сравнению с предыдущей фазой ($p > 0,05$). В фазе «завершения», после выпуска стрелы, новички резко снижали мышечную активность, и амплитуда ЭМГ регистрируемых пучков трапециевидных мышц составляла менее 200 мкВ (рисунок 1С). Мастера

спорта, несмотря на отсутствие сопротивления тетивы лука после выпуска стрелы, сохраняли мышечное напряжение, обеспечивая тем самым стабильность положения лука и прицельной руки в момент выхода стрелы и подавление отдачи тетивы. При этом в фазе «завершения» у мастеров наблюдалась выраженная асимметрия напряжения верхних пучков слева ($458,11 \pm 58,33$ мкВ) по сравнению с контралатеральной мышцей ($295,56 \pm 38,45$ мкВ), что является следствием удержания прицельной руки с луком в точке прицеливания и сохранения изготровки после выпуска стрелы.

Анализ электроактивности билатеральных пучков трапециевидных мышц в фазах выстрела из лука демонстрирует устойчивую тенденцию к более высокой амплитуде ЭМГ у высококвалифицированных спортсменов по сравнению с новичками. Полученные результаты относительно напряжения данных мышц несколько расходятся с представлениями о меньшей активности мышц с повышением спортивного мастерства вследствие более совершенной техники и экономизации двигательных действий [7]. С другой стороны, исследования, проведенные с участием квалифицированных спортсменов, показали, что снижение амплитуды электромиограммы и изменение паттернов активации мышц могут являться следствием утомления, вызванного большим количеством выстрелов из лука [12]. При этом эффективность двигательных действий у мастеров спорта может заключаться не в меньших усилиях, проявляемых мышцами, а в концентрации максимальной активности именно в тех мышечных группах, которые обеспечивают стабильность системы «стрелок-оружие» в динамике выполнения выстрела [11].

Подтверждением данному заключению могут выступать значения отношения амплитуды ЭМГ верхних пучков трапециевидной (ВТ) мышцы к нижним (НТ). В фазе «натяжение» у высококвалифицированных стрелков отмечалось явное преобладание активности нижних пучков трапециевидных мышц над верхними с левой и правой стороны – $0,63 \pm 0,03$ у.е. и $0,59 \pm 0,05$ у.е. соответственно, тогда как у начинающих спортсменов, напротив, при натяжении тетивы в большей степени были задействованы верхние пучки и отношение к нижним составляло более 1 у.е. (рисунок 1D). В фазе «дотяг» сохранялась

данная закономерность, но различия не достигали статистически значимого уровня. При выполнении фазы «завершение», напротив, у мастеров

наблюдалась более высокая ЭМГ-активность верхних пучков ($2,16 \pm 0,06$ у.е. слева ($p < 0,01$) и $1,48 \pm 0,14$ у.е. справа).

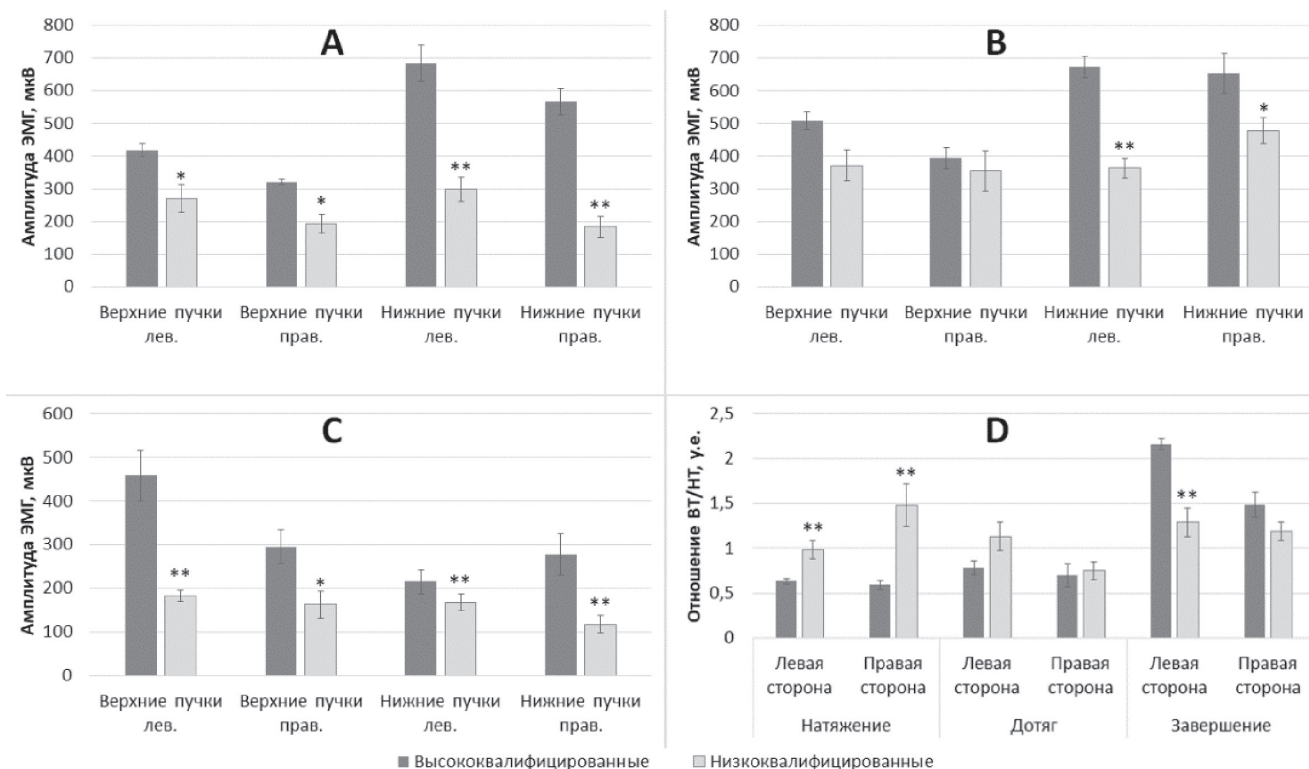


Рисунок 1 – ЭМГ-активность трапециевидных мышц в фазах выстрела из лука
Figure 1 – EMG activity of the trapezius muscles during the shooting phases in archery

*Примечание: А – фаза «натяжение», В – фаза «дотяг», С – фаза «завершение», D – отношение средней амплитуды ЭМГ верхней части трапециевидной мышцы к нижней, * – достоверность различий между спортсменами разной квалификации при $p < 0,05$ (** – при $p < 0,01$)*
*Note: A – "drawing" phase, B – "aiming" phase, C – "follow-through" phase, D – ratio of the EMG amplitude of the upper trapezius to the lower trapezius, * – statistically significant difference between athletes of different skill levels at $p < 0,05$ (** – at $p < 0,01$)*

При проявлении максимального произвольного сокращения, зарегистрированного в основной изготовке, высококвалифицированные спортсмены демонстрировали величину МПС в среднем $42,39 \pm 0,91$ кг, в то время как низкоквалифицированные – $16,49 \pm 0,42$ кг ($p < 0,01$) (рисунок 2). Значительная разница полученных значений может быть связана как с низким уровнем специальной силовой подготовленности у начинающих спортсменов, так и с еще не сформированной биомеханической структурой основного соревновательного движения (выстрела).

У высококвалифицированных стрелков при выполнении МПС амплитуда ЭМГ верхних пучков трапециевидной мышцы слева и справа составляла $416,40 \pm 66,12$ мкВ и $426,30 \pm 52,15$ мкВ соответственно. У низкоквалифицированных же спортсменов, которые демонстриро-

вали усилие почти втрое меньше, активность верхних пучков была статистически значимо выше: с левой стороны – на $35,89\%$ ($p < 0,05$), с правой – на $28,82\%$ ($p < 0,05$). Вместе с тем значимых различий между группами в амплитуде ЭМГ нижних пучков трапециевидных мышц не выявлено. Однако у высококвалифицированных спортсменов наблюдалась тенденция к асимметрии ЭМГ-активности нижних пучков с левой ($644,90 \pm 86,35$ мкВ) и правой стороны ($473,10 \pm 80,58$ мкВ). У начинающих спортсменов активность нижних пучков была более симметрична и составляла $592,38 \pm 22,16$ мкВ и $536,50 \pm 41,20$ мкВ соответственно (рисунок 2). Высокая активность верхних пучков трапециевидных мышц у новичков указывает на типичную ошибку при выстреле из лука – поднятие плеч. Мастера же, напротив, перераспределяют

нагрузку с верхних пучков на нижние, демонстрируя рациональную технику движений [15]. Таким образом, спортивное мастерство в стрельбе из лука характеризуется не просто ростом абсолютной силы, а качественными перестройками нервно-мышечной регуляции [6]. Высококвалифицированные спортсмены достигают максимальной произвольной силы при минимальной активности второстепенных мышечных групп, в частности верхних пучков

трапецевидных мышц. Данные результаты доказывают принцип экономичности действий с ростом спортивного мастерства, проявляющийся в стабильности изготовления и дифференцировке мышечных усилий, тогда как низкоквалифицированные стрелки, пытаясь развить максимальное усилие, демонстрируют избыточное и нерациональное напряжение, что фиксируется в высоких значениях ЭМГ-активности при низких показателях динамометрии.

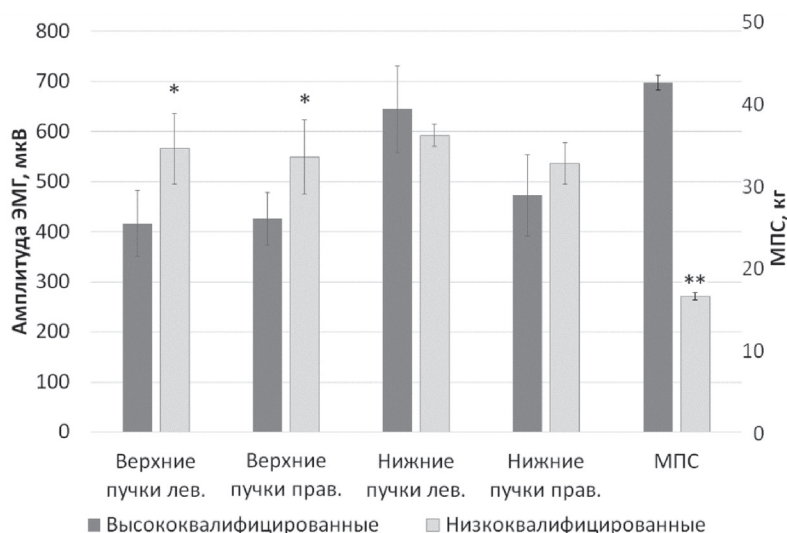


Рисунок 2 – ЭМГ-активность трапецевидных мышц при демонстрации максимальной произвольной силы
Figure 2 – EMG activity of the trapezius muscles during maximal voluntary contraction

Примечание: * – достоверность различий между спортсменами разной квалификации при $p < 0,05$
 Note: * – statistically significant difference between athletes of different skill levels at $p < 0,05$

Следующим этапом исследования была оценка качества произвольного управления при изолированном напряжении пучков трапецевидных мышц. На рисунке 3 представлено процентное отношение амплитуды ЭМГ пучков трапецевидных мышц к ведущей мышце, которая взята за 100%. Полученные результаты демонстрируют ярко выраженные различия в способности к дифференцировке мышечного напряжения между спортсменами разной квалификации. При этом у высококвалифицированных спортсменов в отличие от начинающих наблюдалась выраженная локализация активности ведущих мышц (рисунок 3).

При задаче изолированного напряжения верхних пучков левой трапецевидной мышцы низкоквалифицированные спортсмены демонстрировали высокую степень иррадиации возбуждения. ЭМГ-активность левых нижних пучков составляла $127,52 \pm 31,20\%$ от ведущей мышцы, то есть

испытываемые непроизвольно более интенсивно напрягали нижние пучки трапецевидной мышцы, что свидетельствует о полном отсутствии дифференцированного контроля. Вместе с тем активность пучков правой трапецевидной мышцы составляла 50-70% (рисунок 3А). Наименьшие трудности изолированного напряжения у начинающих стрелков из лука возникли с верхними пучками правой трапецевидной мышцы, где амплитуда ЭМГ других пучков в среднем находилась на уровне 25% ($p < 0,01$) (рисунок 3В). В свою очередь, управление нижними пучками трапецевидных мышц вызвало наибольшие трудности у низкоквалифицированных спортсменов. В частности, при попытке напрячь левые нижние пучки активность левых верхних пучков достигала $68,51 \pm 10,06\%$, правых верхних – $67,65 \pm 24,46\%$. Более показательным является ЭМГ-активность правых нижних пучков, достигающая $101,42 \pm 9,53\%$ от ведущей мышцы, то

есть в работу вовлекается симметричная мышца с равным по величине усилием (рисунок 3С). При задаче напряжения правых нижних пучков начинающие спортсмены активно вовлекали в рабо-

ту верхние пучки справа на уровне $95,97 \pm 22,56\%$ от ведущей, при этом активность верхних пучков слева составляла $42,98 \pm 9,68\%$ ($p < 0,05$) и нижних – $60,55 \pm 7,99\%$ (рисунок 3D).

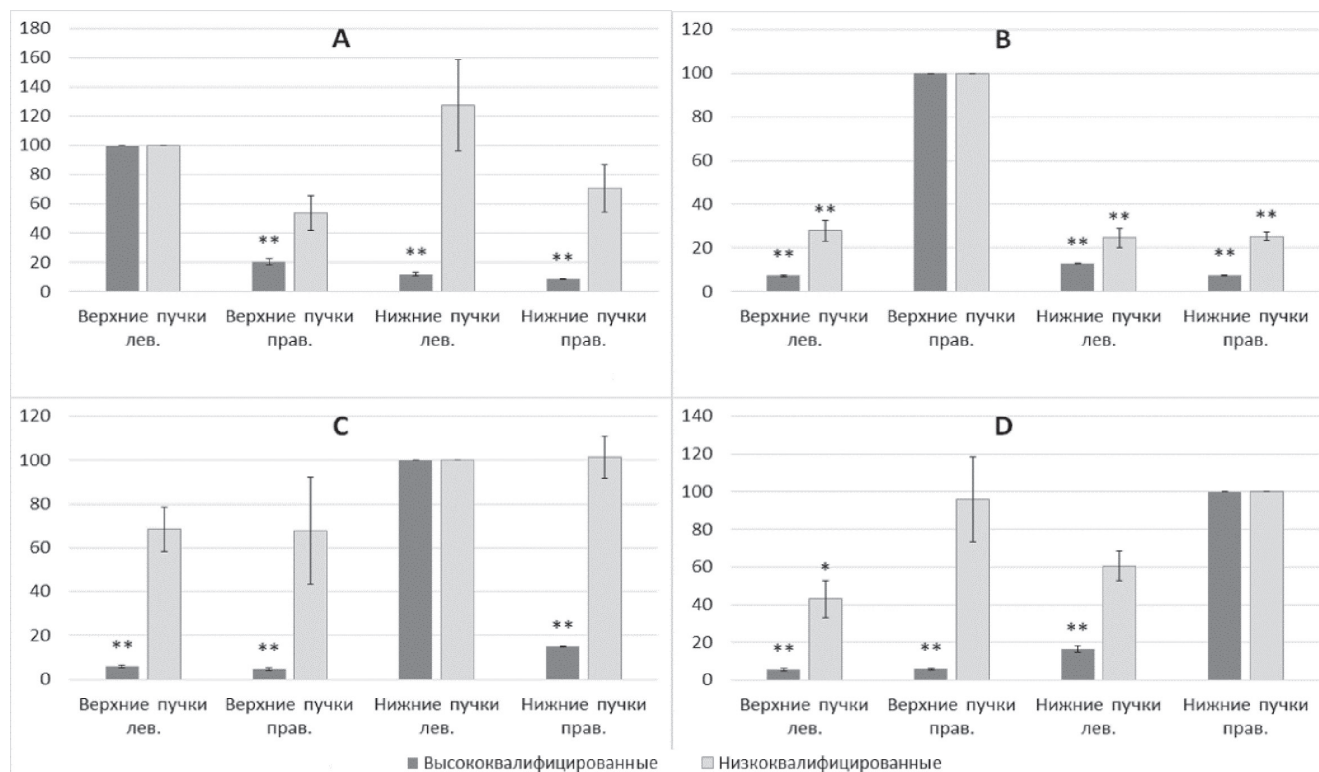


Рисунок 3 – ЭМГ-активность пучков трапециевидных мышц при задаче изолированного напряжения ведущей мышцы, %
Figure 3 – EMG activity of the trapezius muscle bundles during an isolated tension task of the dominant muscle, %

*Примечание: А – изолированное напряжение верхних пучков с левой стороны, В – верхних пучков с правой стороны, С – нижних пучков с левой стороны, D – нижних пучков с правой стороны, * – достоверность различий по отношению к ведущей мышце при $p < 0,05$ (** – при $p < 0,001$)*

*Note: A – isolated tension of the upper trapezius on the left side, B – upper trapezius on the right side, C – lower trapezius on the left side, D – lower trapezius on the right side. * – statistically significant difference in relation to the dominant muscle at $p < 0,05$ (** – at $p < 0,001$)*

Таким образом, высококвалифицированные спортсмены обладают развитой способностью к произвольной изоляции мышечного напряжения, при котором активность ведущей мышцы сопровождается минимальной активностью остальных отделов трапециевидной мышцы, не превышающей 20%, а в большинстве случаев остающейся в пределах 5-15%. У начинающих спортсменов еще не сформирована способность к дифференцированному управлению мышечными группами, обеспечивающими выстрел из лука. Они демонстрируют выраженную иррадиацию возбуждения, при которой попытка локального напряжения одной мышцы приводит к массовому вовлечению других, причем нередко активность нецелевых мышц оказывается равной или даже превышающей активность ведущей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований подтверждают, что путь от новичка до мастера спорта в стрельбе из лука представляет собой процесс качественной перестройки нейромышечного контроля. На начальных этапах двигательное действие реализуется за счет избыточного напряжения с вовлечением большого количества мышц (в частности, верхних пучков трапециевидных), по мере роста спортивного мастерства формируется способность к тонкой дифференцировке мышечных усилий. Спортивное мастерство характеризуется не просто увеличением силы, а рациональным распределением нагрузки между мышечными группами при выполнении выстрела и способностью к локальному напряжению целевых мышц при сохранении

стабильности всей системы «стрелок-оружие». Выявленные нейрофизиологические пере-

стройки являются основой эффективности техники стрелков высокой квалификации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Жамбалов, Б. Б. Техническая подготовка начинающих стрелков из лука / Б. Б. Жамбалов, Г. Н. Слепцова // Вопросы экспертизы и качества медицинской помощи. – 2024. – № 9. – С. 28-30.
2. Пухов, А. М. Особенности силовых и электромиографических характеристик при максимальном произвольном сокращении и выстрелах из классического лука / А. М. Пухов, Д. П. Тарнаков // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, № 4. – С. 45-52. – DOI 10.36028/2308-8826-2023-11-4-45-52.
3. Пухов, А. М. Электромиографический анализ технических фаз выстрела из лука / А. М. Пухов // Вестник спортивной науки. – 2025. – № 3. – С. 44-50.
4. Разработка модели оценки техники стрелка из лука / И. Р. Шулунова, Н. А. Калашников, В. А. Черных, М. С. Долгоруова // Психология и педагогика спортивной деятельности. – 2024. – № 4(71). – С. 29-32.
5. Шестаков, О. И. Электрофизиологические корреляты точности выстрела у лучников разной квалификации / О. И. Шестаков, А. М. Пухов // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 2. – С. 201-210. – DOI 10.37482/2687-1491-Z191.
6. Baifa, Z. Comparative Analysis of Shooting Consistency Among Archers of Different Skill Levels / Z. Baifa, L. Zhi-Cheng // Quality in Sport. – 2024. – Vol. 36. – P. 56935. – DOI: 10.12775/QS.2024.36.56935.
7. Coordination in archery: difference between beginner and the world-class athlete / N. T. Machado, F. C. Reiser, E. de S. P. Santos et al. // Arquivos de Ciências do Esporte. – 2017. – Vol. 5(1). – P. 13-15.
8. Corticomuscular Coupling Analysis in Archery Based on Transfer Entropy / Y. Zhang, Y. Leng, X. Li et al. // Entropy. – 2025. – Vol. 27(10). – P. 1024. <https://doi.org/10.3390/e27101024>.
9. Ertan, H. Quantification the relationship between FITA

- scores and EMG skill indexes in archery / H. Ertan, A.R. Soylu, F.K. Korkusuz // Journal of Electromyography and Kinesiology. – 2005. – Vol. 15(2). – P. 222-227. – DOI: 10.1016/j.jelekin.2004.08.004.
10. Ganjave, P.D. Comparative Analysis of Upper Extremity Performance Variables in Elite and Novice Recurve Archers: A Cross-Sectional Observational Study / P.D. Ganjave, A.S. Dabholkar // International Journal of Life science and Pharma Research. – 2021. – Vol. 11(4). – P. 77-84. – DOI: 10.22376/ijpbs/lpr.2021.11.4.L77-84.
11. Muscular activity of different shooting distances, different release techniques, and different performance levels, with and without stabilizers, in target archery / J.P. Clarys, J. Cabri, E. Bollens et al. // Journal of Sports Sciences. – 1990. – Vol. 8(3). – P. 235-257. <https://doi.org/10.1080/02640419008732149>
12. Naderza, W. Analyzing the Impact of Accumulated Training Shots on Electromyography Parameters in Trained Archery Athletes: Exploring Fatigue and Its Association with Training Practices / W. Naderza, B. Niespodzinski, R. Studnicki // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14(14). – P. 6109. – DOI: 10.3390/app14146109
13. Sheikh, A. EMG Activity of Transversus Abdominis, Multifidus and Co-Contraction Index in Different Phases Amongst Varied Level Archers: A Cross-Sectional Study / A. Sheikh, S. Saurabh, T. Tarushi // Polish Journal of Sport and Tourism. – 2021. – Vol. 28(1). – P. 19-23. – DOI: 10.2478/pjst-2021-0004
14. 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. – Vol. 58(12). – P. 1752-1758. – DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07826-4
15. Twelve-Week Lower Trapezius-Centred Muscular Training Regimen in University Archers / C.-N. Liao, C.-H. Fan, W.-H. Hsu et al. // Healthcare. – 2022. – Vol. 10(1). – P. 171. – DOI: 10.3390/healthcare10010171

REFERENCES:

1. Zhambalov B.B., Sleptsova G.N. [Technical training of beginner archers]. Issues of Expertise and Quality of Medical Care, 2024. on. 9, pp. 28-30 (in Russ.).
2. Pukhov A.M., Tarnakov D.P. [Features of strength and electromyographic characteristics during maximum voluntary contraction and shots from a classical bow]. Science and Sport: modern tendencies, 2023. on. 11(4), pp. 45-52. DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-4-45-52 (in Russ.).
3. Pukhov A.M. [Electromyographic analysis of technical phases of a shot in archery]. Bulletin of Sports Science, 2025. on. 3, pp. 44-50 (in Russ.).
4. Shulunov I.R., Kalashnikov N.A., Chernykh V.A., Dolgorova M.S. [Development of a Model for Assessing the Technique of an Archer]. Psychology and Pedagogy of Sports Activities, 2024. on. 4(71), pp. 29-32 (in Russ.).
5. Shestakov O.I., Pukhov A.M. [Electrophysiological Correlates of Shot Accuracy in Archers of Different Qualifications]. Journal of Medical and Biological Research,

2024. on. 12(2), pp. 201-210. DOI: 10.37482/2687-1491-Z191 (in Russ.).
6. Baifa Z., Zhi-Cheng L. Comparative Analysis of Shooting Consistency Among Archers of Different Skill Levels. Quality in Sport, 2024. on. 36, pp. 56935. DOI: 10.12775/QS.2024.36.56935.
7. Machado N.T., Reiser F.C., Santos E. de S.P., Valtner T.T., Ervilha U., Aoki M.S., Magalhaes F.H., Mochizuki L. Coordination in archery: difference between beginner and the world-class athlete. Arquivos de Ciências do Esporte, 2017. on. 5(1), pp. 13-15.
8. Zhang Y., Leng Y., Li X., Zhang W., Yu H. Corticomuscular Coupling Analysis in Archery Based on Transfer Entropy. Entropy, 2025. on. 27(10), pp. 1024. DOI: 10.3390/e27101024.
9. Ertan H., Soylu A.R., Korkusuz F.K. Quantification the relationship between FITA scores and EMG skill indexes in archery. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2005. on. 15(2), pp. 222-227. DOI: 10.1016/j.jelekin.2004.08.004.

10. Ganjave P.D., Dabholkar A.S. Comparative Analysis of Upper Extremity Performance Variables in Elite and Novice Recurve Archers: A Cross-Sectional Observational Study. *International Journal of Life science and Pharma Research*, 2021. on. 11(4), pp. 77-84. DOI: 10.22376/ijpbs/lpr.2021.11.4.L77-84.
11. Clarys J.P., Cabri J., Bollens E., Smeckx R., Taeymans J., Vermeiren M., Van Reth G., Voss G. Muscular activity of different shooting distances, different release techniques, and different performance levels, with and without stabilizers, in target archery. *Journal of Sports Sciences*, 1990. on. 8(3), pp. 235-257. DOI: 10.1080/02640419008732149.
12. Naderza W., Niespodzinski B., Studnicki R. Analyzing the Impact of Accumulated Training Shots on Electromyography Parameters in Trained Archery Athletes: Exploring Fatigue and Its Association with Training Practices. *Applied Sciences*, 2024. on. 14(14), pp. 6109. DOI: 10.3390/app14146109.
13. Sheikh A., Saurabh S., Tarushi T. EMG Activity of Transversus Abdominis, Multifidus and Co-Contraction Index in Different Phases Amongst Varied Level Archers: A Cross-Sectional Study. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 2021. on. 28(1), pp. 19-23. DOI: 10.2478/pjst-2021-0004.
14. Shinohara H., Urabe Y. Analysis of muscular activity in archery: a comparison of skill level. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2017. on. 58(12), pp. 1752-1758. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07826-4.
15. Liao C.-N., Fan C.-H., Hsu W.-H., Chang C.-F., Yu P.-A., Kuo L.-T., Lu B.-L., Hsu R. Twelve-Week Lower Trapezius-Centred Muscular Training Regimen in University Archers. *Healthcare*, 2022. on. 10(1), pp. 171 – DOI: 10.3390/healthcare10010171.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Пухов Александр Михайлович (Pukhov Aleksandr Mikhailovich) – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник НИИ ПСОФК; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта»; 182105, Псковская обл., г. Великие Луки, пл. Юбилейная, 4; e-mail: alexander-m-p@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-8642-970X

Михайлов Максим Олегович (Mikhailov Maxim Olegovich) – магистрант кафедры физиологии и спортивной медицины; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта»; 182105, Псковская обл., г. Великие Луки, пл. Юбилейная, 4; e-mail: maksim-mixajlov-2002@mail.ru; ORCID: 0009-0009-6126-8397

Авторы внесли равноценный вклад в работу / The authors contributed equally to the work

- Поступила в редакцию 10 апреля 2026 г.
- Submitted to the editorial board on April 10, 2026
- Принята к публикации 30 июня 2026 г.
- Accepted for publication June 30, 2026

Раскрытие информации о конфликте интересов / Disclosure of conflicts of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The author declare no conflict of interest

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Пухов, А.М. Особенности управления скелетными мышцами у стрелков из лука разной квалификации / А.М. Пухов, М.О. Михайлов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2026. – Т. 14, № 3. – С. 235-242. DOI: 10.36028/2308-8826-2026-14-3-235-242

FOR CITATION

Pukhov A.M., Mikhailov M.O. Features of skeletal muscle control in different qualifications archers. *Science and sport: current trends.*, 2026, vol. 14, no. 3. – pp. 235-242. DOI: 10.36028/2308-8826-2026-14-3-235-242

