

Власова Наталья Юрьевна

соискатель

Научный руководитель

Супрун Александра Александровна

канд. пед. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Национальный государственный университет
физической культуры и спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта»
г. Санкт-Петербург

**БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МЫШЦ КАК ФАКТОР
РЕАЛИЗАЦИИ ТЕМПО-РИТМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДВИЖЕНИЯ
С ПРЕДМЕТОМ ПОД МУЗЫКАЛЬНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ**

Аннотация: целью исследования являлся сравнительный анализ биоэлектрической активности мышц гимнасток при выполнении упражнений с предметами под музыкальное сопровождение, имеющее различную темпо-ритмическую структуру. В работе использовался метод поверхностной электромиографии (ЭМГ) для оценки активности мышц у 12 высококвалифицированных гимнасток во время выполнения упражнений с предметами. Электроды ЭМГ крепились на кожу над центральными мышцами, а выполнение упражнений фиксировалось на видео для последующей синхронизации с данными ЭМГ. Анализ данных проводился с использованием программного обеспечения «MegaWin» и «QTM». Результаты показали, что максимальная активация мышц наблюдалась в начальной фазе работы с предметом, особенно в элементах, требующих отсутствия зрительного контроля и сложной ритмической структуры. Наименее энергозатратным элементом оказался длинный перекат обруча по рукам и спине, а наиболее энергозатратным – малый круг обручем в лицевой плоскости перед рукой. На основе полученных данных сформулированы рекомендации по использованию базовых движений на начальном этапе подготовки и постепенному усложнению темпо-ритмической структуры движений по мере развития спортивного мастерства, а также уделению внимания межмышечной координации.

Ключевые слова: художественная гимнастика, электромиография, биоэлектрическая активность мышц, темпо-ритмическая структура, мышечная координация, технические элементы, спортивное мастерство, музыкальное сопровождение.

Введение.

Художественная гимнастика – это вид спорта, требующий от спортсменок не только высокого уровня физической подготовки, но и исключительной координации, чувства ритма и музыкальности. Синхронизация движений с музыкой является ключевым элементом соревновательных программ, определяющим эстетическое восприятие и оценку выступления. В последние годы наблюдается тенденция к усложнению темпо-ритмической структуры музыкального сопровождения, что предъявляет повышенные требования к мышечному аппарату гимнасток и их способности точно воспроизводить сложные ритмические рисунки.

Обзор современной литературы [1, 2] показывает, что вопросам биомеханики и физиологии художественной гимнастики уделяется значительное внимание. Исследования фокусируются на анализе техники выполнения отдельных элементов, оценке функционального состояния спортсменок и разработке методов повышения эффективности тренировочного процесса. Однако, несмотря на это, сравнительно мало работ посвящено изучению особенностей активации мышечного аппарата в процессе синхронизации движений с музыкой, имеющей различную темпо-ритмическую структуру. Существующие исследования, как правило, ограничиваются анализом кинематических характеристик движений и не учитывают биоэлектрическую активность мышц, отражающую энергозатратность и сложность выполнения технических элементов [3, 4].

В связи с этим, возникает проблема недостаточной разработанности научно обоснованных рекомендаций по оптимизации тренировочного процесса в художественной гимнастике с учетом особенностей активации мышечного аппарата при выполнении упражнений с предметами под музыкальное сопровождение различной сложности. Необходимость выявления наиболее энергозатратных и,

следовательно, сложных для синхронизации движений диктует потребность в углубленном анализе биоэлектрической активности мышц гимнасток.

Целью данного исследования является сравнительный анализ биоэлектрической активности мышц гимнасток при выполнении упражнений с предметами под музыкальное сопровождение с различной темпо-ритмической структурой, а также определение наиболее энергозатратных и, следовательно, сложных для синхронизации с музыкой движений.

Актуальность исследования обусловлена возрастающими требованиями к сложности соревновательных программ в художественной гимнастике и необходимостью повышения эффективности тренировочного процесса. Полученные данные позволяют разработать научно обоснованные рекомендации по выбору музыкального сопровождения и подбору технических элементов, учитывающих индивидуальные особенности спортсменок и их способность точно воспроизвести сложные ритмические рисунки.

Значимость исследования заключается в возможности оптимизации тренировочного процесса в художественной гимнастике на основе объективных данных о биоэлектрической активности мышц. Результаты исследования могут быть использованы тренерами и педагогами для разработки индивидуальных программ подготовки спортсменок, а также для профилактики переутомления и травм, связанных с чрезмерной нагрузкой на мышечный аппарат. Кроме того, предложенный подход может быть применен для анализа и совершенствования техники выполнения упражнений с предметами в других видах спорта, требующих высокой координации и чувства ритма.

Материал и методы исследования. Для детального анализа работы мышц, задействованных в процессе согласования движений с объектом под музыкальное сопровождение, используется поверхностная электромиография (ЭМГ). Этот метод дает возможность оценить соотношение между активностью мышечных волокон и аккуратностью воспроизведения темпо-ритмической структуры, что имеет первостепенное значение в художественной гимнастике.

Процедура исследования с применением ЭМГ включает несколько этапов: сначала, электроды для ЭМГ фиксируются на кожном покрове над исследуемыми мышцами (12 профессиональных гимнасток). Выбор мышц обусловлен особенностями анализируемых движений и целями исследования. Одновременно выполняется видеозапись выполнения упражнений с предметом под выбранную музыку. Видеофиксация необходима для дальнейшей синхронизации с данными ЭМГ.

Во время выполнения упражнений, электрическая активность мышц фиксируется с помощью 16-канального электромиографа «MegaWin ME 6000». Полученные данные передаются в режиме реального времени (on-line) посредством технологии Bluetooth и обрабатываются с использованием специализированного программного обеспечения «MegaWin».

Для сопоставления активности мышц с определенными этапами движений применяется программа «QTM», обеспечивающая синхронное отображение видеозаписи и данных.

Результаты исследования и их обсуждение. С целью выявления особенности активации мышечного аппарата на различных стадиях выполнения технических элементов, а также определения наиболее энергозатратных и, следовательно, сложные для синхронизации с музыкой движений предметом был проведен сравнительный анализ биоэлектрической активности мышц гимнасток при выполнении упражнений с предметами под музыкальное сопровождение с различной темпо-ритмической структурой.

Исследование начальной фазы работы с предметом выявило максимальную активацию мышц в следующих элементах: бросок обруча локтем в горизонтальной плоскости (слева-направо, 2056,93 мкВ) и перекат мяча по рукам и спине (2782,78 мкВ).

Причиной этому, вероятно, служит отсутствие зрительного контроля в случае переката мяча по рукам и спине. Выполнение этого элемента в начальной фазе без визуальной опоры предъявляет повышенные требования к

проприоцепции и активации мышц-стабилизаторов, необходимых для обеспечения точности и координации.

Ограниченному участии кисти: бросок обруча локтем выполняется практически без участия кисти, что значительно усложняет контроль над предметом и требует компенсаторной активности мышц плеча и предплечья. Активацией большего количества мышц: при перекате мяча по руке и спине задействованы мышцы обеих рук, что увеличивает общую мышечную активность по сравнению с движениями, выполняемыми одной рукой. Неравномерностью развития мышц: в случае переката мяча, номинирующая рука может быть более развита, что требует дополнительных усилий от мышц недоминирующей руки для обеспечения равномерности движения. Ритмической сложностью: ритмическая группа «восьмая-две шестнадцатые» сама по себе достаточно сложна для воспроизведения акцентов предметом, что также вносит вклад в увеличение энергозатрат.

Представленные данные (рисунок 1) указывают на то, что технические элементы с дополнительными факторами сложности (отсутствие зрительного контроля, ограниченное участие кисти, сложные ритмы) целесообразно включать в программы гимнасток на этапах совершенствования спортивного мастерства и высшего спортивного мастерства.

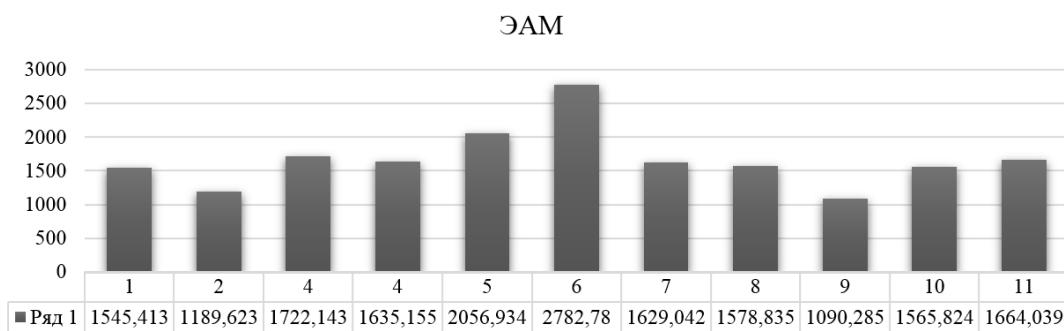


Рис. 1. Показатели интегрированной биоэлектроактивности мышц в начальной (пусковой) фазе работы предметом различной сложности ($N=12$, мкВ)

Примечание: двухдольный размер, простой ритм: 1 – длинный перекат обруча по рукам и груди; 2 – бросок мяча из-за спины в горизонтальной плоскости левой рукой; 3 – длинный перекат мяча по рукам и груди; двухдольный размер,

ритмическая группа восьмая-две шестнадцатые: 4 – длинный перекат обруча по рукам и спине; 5 – бросок обруча в горизонтальной плоскости локтем слева-направо; 6 – перекат мяча по рукам и спине; трехдольный размер, простые ритмы: 7 – вертушка обруча вокруг шеи справа налево движением вперед, рука согнута; 8 – бросок мяча из локтевого сустава; трехдольный размер, пунктирные ритмы: 9 – выкрут мяча внутрь в сторону правой рукой; трехдольный размер, синкопа: 10 – бросок обруча в горизонтальной плоскости на 180° движением к «себе»; 11 – передача обруча вертушкой в горизонтальной плоскости из правой руки в левую руку.

В завершающей фазе наибольшая суммарная электрическая активность мышц зарегистрирована при окончании переката мяча по рукам и спине (2237,84 мкВ); завершении передачи обруча «вертушкой» в горизонтальной плоскости из правой руки в левую (2032,78 мкВ); и окончании длинного переката обруча по рукам и спине (2056,93 мкВ).

Высокая активность мышц при перекате мяча обусловлена включением мышц обеих рук, а сложность завершения передачи обруча вертушкой связана с необходимостью точного воспроизведения сложного ритма и своевременного гашения скорости обруча.

Причины повышенной мышечной активности в завершающей фазе: координация и контроль: необходимость точной координации движений для завершения технического элемента (например, захват предмета после переката); погашение скорости: необходимость своевременного погашения скорости предмета, особенно в случаях, когда он находится в безопорном положении (перекат обруча, вертушка) (рисунок 2).

Еще одной причиной повышения мышечной активности в завершающей фазе является ритмическая сложность: точное воспроизведение сложного ритма (восьмая-две шестнадцатые) и пунктирного ритма требует повышенной концентрации и мышечного контроля.

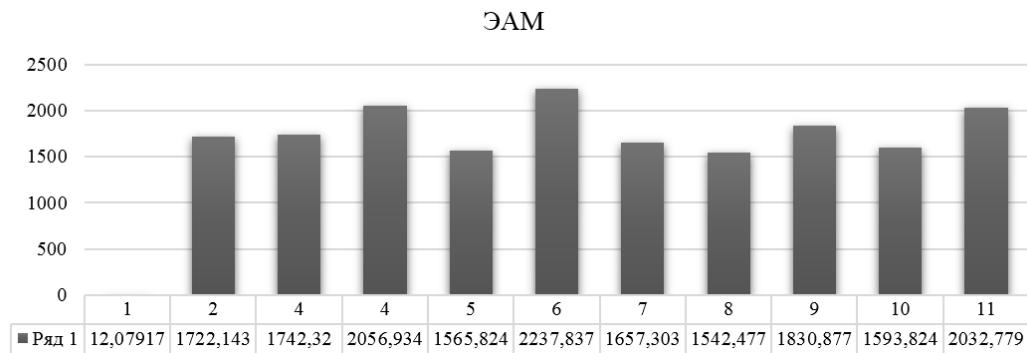


Рис. 2. Показатели интегрированной биоэлектроактивности мышц в завершающей фазе работы предметом различной сложности ($N=12$, мкВ)

Примечание: двухдольный размер, простой ритм: 1 – окончание длинного переката обруча по рукам и груди, хват рукой; 2 – ловля мяча после броска из-за спины в горизонтальной плоскости левой рукой; 3 – окончание длинного переката мяча по рукам и груди, хват левой рукой; двухдольный размер, ритмическая группа восьмая-две шестнадцатые: 4 – окончание длинного переката обруча по рукам и спине, хват левой рукой; 5 – ловля обруча после броска в горизонтальной плоскости локтем слева-направо, хват правой рукой; 6 – окончание переката мяча по рукам и спине; трехдольный размер, простые ритмы: 7 – окончание вертушки обруча вокруг шеи справа, рука согнута; 8 – ловля мяча после броска из локтевого сустава; трехдольный размер, пунктирные ритмы: 9 – выкрутят мяча на линии тела (вертикали) наружу кверху; трехдольный размер, синкопа: 10 – ловля после броска обруча в горизонтальной плоскости на 180° движением к «себе»; 11 – завершение передачи обруча вертушкой в горизонтальной плоскости из правой руки в левую руку.

В данном контексте, точность воспроизведения темпо-ритмической структуры движения напрямую зависит от качества выполнения технических действий и программирования кинематических параметров, а также от мышечных усилий, приложенных в пусковой фазе движения предмета.

Анализ суммарной интегрированной биоэлектроактивности мышц (рисунок 3) выявил следующее: наименее энергозатратным по сумме всех стадий является длинный перекат обруча по рукам и спине (3692,09 мкВ), а наиболее энергозатратным – малый круг обручем в лицевой плоскости перед рукой (8159,28 мкВ).

Базовыми элементами для бросков являются малый бросок из локтевого сустава для мяча (5100,84 мкВ) и бросок обруча в горизонтальной плоскости на 180° движением к «себе» (4719,15 мкВ), а для перекатов – длинный перекат предмета по рукам и груди (3346,11 мкВ). Простые ритмы, двухдольный размер, являются наиболее легко воспроизводимыми.

Результаты исследования подтверждают, что начальная фаза движения играет ключевую роль в успешном воспроизведении темпо-ритмической структуры движений предметом.

Сложность ритмического рисунка и технического элемента напрямую связана с интегрированной биоэлектроактивностью и количеством вовлекаемых в двигательное действие мышц.

На основе полученных данных, можно сформулировать следующие рекомендации:

- на начальном этапе спортивной подготовки следует использовать базовые движения предметом под двухдольный размер и простые ритмы;
- по мере развития спортивного мастерства, необходимо постепенно вводить в программы элементы с пунктирными ритмами и синкопой, усложняя темпо-ритмическую структуру движений;
- тренерам-педагогам необходимо уделять особое внимание обучению межмышечным координациям, учитывающим подпрограммы, решаемые в каждой стадии работы предметом.

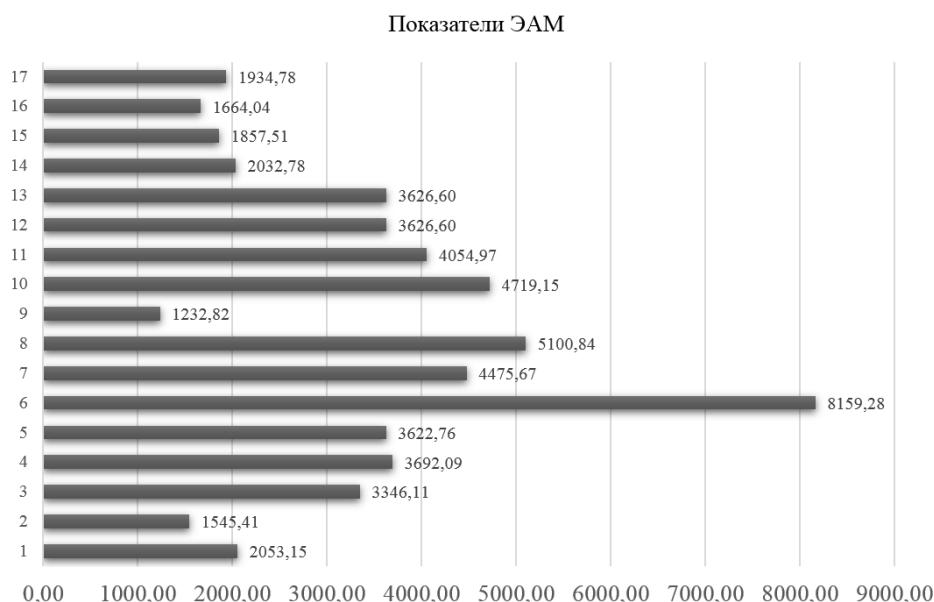


Рис. 3. Суммарная интегрированная биоэлектроактивность мышц
в работе предметом под музыкальное сопровождение
с ритмическим рисунком различной сложности (N=12, мкВ)

Примечание: двухдольный размер, простые ритмы: 1) малый круг обручем в лицевой плоскости перед рукой; 2) малый круг обручем в лицевой плоскости за рукой; 3) длинный перекат обруча по рукам и груди; 4) бросок и ловля мяча из-за спины в горизонтальной плоскости левой рукой; 5) длинный перекат мяча по рукам и груди; двухдольный размер, ритмическая группа восьмая-две шестнадцатые: 6) длинный перекат обруча по рукам и спине; 7) бросок обруча в горизонтальной плоскости локтем слева-направо и ловля левой рукой; 8) перекат мяча по рукам и спине; трехдольный размер, простые ритмы: 9) вертушка обруча вокруг шеи справа налево движением вперед; 10) обволакивание мяча; 11) бросок мяча из локтевого сустава и ловля рукой; трехдольный размер, пунктирные ритмы: 12) восьмерка мяча; трехдольный размер, синкопа: 13) бросок обруча в горизонтальной плоскости на 180° движением к «себе»; 14) передача обруча вертушкой в горизонтальной плоскости из правой руки в левую руку; 15) передача обруча вертушкой в горизонтальной плоскости из левой руки в правую руку; 16) вращения мяча наружу на 360° ; 17) вращение мяча на 540° .

В тренировочном процессе необходимо учитывать особенности активации мышц на различных стадиях выполнения технических элементов, чтобы оптимизировать нагрузку и предотвратить переутомление.

Выводы. В результате проведенного сравнительного анализа биоэлектрической активности мышц гимнасток при выполнении упражнений с предметами под музыкальное сопровождение с различной темпо-ритмической структурой выявлены особенности активации мышечного аппарата на разных стадиях выполнения технических элементов. Установлено, что максимальная активация мышц в начальной фазе работы с предметом наблюдается при выполнении элементов, требующих повышенной проприоцепции и активации мышц-стабилизаторов, таких как перекат мяча по рукам и спине. В завершающей фазе высокая мышечная активность отмечается при элементах, требующих точной координации и контроля, например, при завершении передачи обруча вертушкой. Наименее энергозатратным элементом является длинный перекат обруча по рукам и спине, а наиболее энергозатратным – малый круг обручем в лицевой плоскости перед рукой. Исследование подтверждает ключевую роль начальной фазы движения в успешном воспроизведении темпо-ритмической структуры движений предметом, а также прямую связь между сложностью ритмического рисунка и технического элемента с интегрированной биоэлектроактивностью мышц. Полученные данные позволяют рекомендовать использование базовых движений предметом под двухдольный размер и простые ритмы на начальном этапе спортивной подготовки, с постепенным усложнением темпо-ритмической структуры движений по мере развития спортивного мастерства. Тренерам-педагогам необходимо уделять особое внимание обучению межмышечным координациям, учитывающим подпрограммы, решаемые в каждой стадии работы предметом, а также учитывать особенности активации мышц на различных стадиях выполнения технических элементов для оптимизации нагрузки и предотвращения переутомления.

Список литературы

1. Медведева Е.Н. Объективизация оценки восприятия музыкального ритма спортсменками групповых упражнений художественной гимнастики / Е.Н. Медведева, Я.В. Голуб, Е.С. Сиротина [и др.] // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2024. – №7 (233). – С. 126–129. EDN SXQRPN
2. Медведева Е.Н. Степень влияния реакций организма на уровень исполнительского мастерства гимнасток в художественной гимнастике / Е.Н. Медведева, Е.А. Соболева, А.А. Супрун // Герценовские чтения. Физическая культура и спорт в образовательном пространстве: инновации и перспективы развития: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – СПб., 2024. – С. 94–97. – EDN NWQEYG
3. Тимофеева Д.Г. Методика обучения броску обруча ногой на этапе начальной подготовки в художественной гимнастике / Д.Г. Тимофеева // Актуальные проблемы теории и практики физической культуры, спорта и туризма: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов с международным участием, прошедшей в рамках Десятилетия науки и технологий. В 3 т. – Казань, 2023. – С. 531–533. – EDN FZMEFK
4. Мисникова М.О., Медведева Е.Н., Кивихарью И.В., Супрун А.А. Состояние и тенденции развития сложности работы с предметами в художественной гимнастике // Научно-педагогические школы Университета. – 2023. – №8. – С. 86–92. EDN WLBGJK