УДК 796.412.2:531.7
Кокарева С.М.[1], Толкунова С.Є.[2]
[1] канд. наук з фіз. вих. та спорту, доц., декан факультету УФКС, НУ «Запорізька політехніка»
[2] студ., НУ «Запорізька політехніка»

ОЦІНЮВАННЯ СИМЕТРІЇ РУХІВ У ХУДОЖНІЙ ГІМНАСТИЦІ НА ОСНОВІ МЕТРОЛОГІЧНО ОБҐРУНТОВАНИХ КРИТЕРІЇВ

Анотація. *У статті систематизовано сучасні інструментальні підходи до діагностики симетрії рухових дій у художній гімнастиці. На основі аналізу наукових публікацій, індексованих у базах PubMed та Scopus за 2018–2023 роки, визначено найбільш інформативні метрологічні показники симетрії: кутові характеристики пози (відеоаналіз), динамічні параметри відштовхування (динамометрія), стабілометричні індекси стійкості (Y-balance тест, ізокінетична динамометрія) та показники кутової швидкості (інерційні датчики). Показано, що об'єктивні вимірювальні технології дозволяють виявляти приховані асиметрії та підвищувати якість технічної підготовки спортсменок.*

Ключові слова: *художня гімнастика, симетрія рухів, біомеханічний контроль, метрологія, інерційні датчики*

Abstract. *The article systematizes current instrumental approaches to diagnosing movement symmetry in rhythmic gymnastics. Based on an analysis of scientific publications indexed in PubMed and Scopus databases for 2018–2023, the most informative metrological indicators of symmetry were identified: angular postural characteristics (video analysis), dynamic push-off parameters (dynamometry), stabilometric stability indices (Y-balance test, isokinetic dynamometry), and angular velocity indicators (inertial sensors). It is shown that objective measurement technologies allow the detection of hidden asymmetries and improve the quality of athletes' technical training.*

Keywords: *rhythmic gymnastics, movement symmetry, biomechanical control, metrology, inertial sensors*

Постановка проблеми. У художній гімнастиці естетична складова виступу тісно пов'язана з гармонійним володінням тілом, що передбачає однаково якісне виконання елементів як у праву, так і у ліву сторону. Чинні правила змагань FIG наголошують на тому, що збалансованість програми впливає на підсумкову оцінку майстерності [1]. Проте візуальний контроль з боку суддів не завжди здатен виявити приховані відмінності у біомеханічних параметрах рухів. Це створює потребу у впровадженні точних вимірювальних технологій, які дозволяють кількісно оцінити ступінь асиметрії та своєчасно коригувати технічну підготовку

спортсменок.

Мета роботи – систематизувати сучасні інструментальні підходи до діагностики симетрії рухових дій у художній гімнастиці та визначити найбільш інформативні метрологічні показники.

Методи дослідження. У ході роботи застосовувався аналіз наукових публікацій, індексованих у міжнародних наукометричних базах PubMed та Scopus за період 2018–2023 років. Опрацьовано джерела, присвячені біомеханічному контролю в спортивній гімнастиці, методам оцінки функціональної асиметрії та використанню цифрових технологій у тренувальному процесі.

Виклад основного матеріалу. Узагальнення даних фахової літератури свідчить про ефективність комплексного підходу до оцінювання симетричності технічної підготовленості гімнасток. Одним із перспективних напрямів є аналіз м'язової коактивації та кінематичних параметрів за допомогою синхронізованих вимірювальних систем. Зокрема, дослідження Rutkowska-Kucharska зі співавторами [2] показало, що поверхнева електроміографія (ЕМГ), реакція опори та кінематичні параметри можуть бути одночасно виміряні під час виконання рівноваг у художній гімнастиці. Важливо, що різниця в моделях м'язової коактивації між стабілізуючими м'язами гомілкового та колінного суглобів свідчить про неоднорідне навантаження на опорну кінцівку, що є прямим індикатором асиметрії рухів та потенційного ризику травмування.

Іншим важливим напрямком є кількісна оцінка динамічних характеристик рухів. Coppola зі співавторами [3] провели біомеханічний аналіз стрибкових елементів у художній гімнастиці за допомогою інтегрованої мультифакторної оптоелектронної системи. Дослідники встановили значущі відмінності у кінетичних та кінематичних параметрах при різних техніках розбігу, а отримані дані про силу відштовхування та кутові характеристики польоту можуть бути використані для об'єктивного порівняння виконання стрибків у праву та ліву сторони з метою виявлення асиметрії.

Значну увагу приділено також дослідженню динамічного балансу та стійкості. У роботі Kyselovičová зі співавторами [4] наголошується, що у висококваліфікованих гімнасток існують суттєві відмінності у показниках Y-balance тесту між домінантною та недомінантною кінцівками. Дослідники виявили значущий зв'язок між комплексним показником симетрії домінантної кінцівки та ізокінетичною силою розгиначів при всіх тестованих кутових швидкостях у ритмічних гімнасток, що підтверджує доцільність використання ізокінетичної динамометрії як метрологічно обґрунтованого інструменту оцінки силової асиметрії нижніх кінцівок.

Сучасні технологічні рішення для польового контролю симетрії рухів пов'язані з використанням бездротових інерційних сенсорів (IMU). Дослідження Teufl зі співавторами [5] довело, що IMU-системи забезпечують валідне вимірювання тривимірної кінематики суглобів (RMSE нижче 3° для більшості суглобів та рухів). Цей метод дозволяє отримувати дані про кутову швидкість та прискорення ланок тіла безпосередньо під час виконання складних координаційних елементів – поворотів та рівноваг – без обмеження лабораторним середовищем. Порівняння цих показників при виконанні вправ у різні боки дає об'єктивну картину симетричності техніки, а портативність сенсорів робить їх особливо придатними для тренувального моніторингу.

Висновки. Таким чином, впровадження метрологічно обґрунтованих критеріїв контролю у тренувальний процес з художньої гімнастики дозволяє перейти від суб'єктивних суджень до точної кількісної оцінки технічної майстерності. Найбільш інформативними показниками симетрії рухів слід вважати: кутові характеристики пози та параметри м'язової коактивації (синхронізований ЕМГ і оптоелектронний аналіз); динамічні параметри відштовхування при виконанні стрибків (дані мультифакторних оптоелектронних систем); індекси динамічного балансу між домінантною та недомінантною кінцівками (Y-balance тест, ізокінетична динамометрія); показники кутової швидкості ланок тіла у 3D (бездротові інерційні датчики IMU). Використання цих методів сприяє підвищенню якості технічної підготовки та об'єктивності змагальних оцінок.

Список використаних джерел

1. FIG. Code of Points Rhythmic Gymnastics 2022–2024. Fédération Internationale de Gymnastique, Lausanne. 2022. 98 p.

2. Rutkowska-Kucharska A., Szpala A., Jaroszczuk S., Sobera M. Muscle coactivation during stability exercises in rhythmic gymnastics: a two-case study. *Applied Bionics and Biomechanics*. 2018. 8260402. DOI: https://doi.org/10.1155/2018/8260402.

3. Coppola S., Costa C., Vastola R. Gold standard motion analysis system for evaluating jumping performance in rhythmic gymnastics. *Journal of Human Sport and Exercise* 2023. DOI: https://doi.org/10.14198/jhse.2023.183.08.

4. Kyselovičová O., Zemková E., Péliová K., Matejová L. Isokinetic leg muscle strength relationship to dynamic balance reflects gymnast-specific differences in adolescent females. *Frontiers in Physiology*. 2023. 13. 1084019. DOI: https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1084019.

5. Teufl W., Miezal M., Taetz B., Fröhlich M., Bleser G. Validity of inertial sensor-based 3D joint kinematics of static and dynamic sport and

physiotherapy specific movements. *PLoS ONE*. 2019. 14(2). e0213064. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213064.