

ДИНАМИКА ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЕ ТХЭКВОНДИСТОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В ГОДОВОМ МАКРОЦИКЛЕ

Д.А. Сарайкин¹, В.В. Епишев², В.И. Павлова¹, Ю.Г. Камскова¹

¹Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, Россия,

²Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Цель: изучение динамики статокINETической устойчивости 10 тхэквондистов высокой квалификации (МС, МСМК) в годовом макроцикле (подготовительный, соревновательный и восстановительный периоды). **Организация и методы исследования.** В исследовании приняли участие 10 тхэквондистов (5 членов сборной РФ и 5 членов сборной Казахстана). Измерение показателей статокINETической устойчивости проводилось на аппаратно-программном комплексе МБН «Стабило» в 3 периода подготовки: подготовительном, соревновательном и восстановительном. **Результаты исследования.** Установлено, что независимо от этапа подготовки общий центр давления смещен на правую часть тела (от 8,11 до 29,56 мм), видимо, являясь следствием специфической позы, характерной для тхэквондо. В соревновательный период резко увеличиваются достоверно отклонения общего центра давления в фронтальной и сагиттальной плоскостях, особенно между данными при пробе с открытыми и закрытыми глазами. Значения скорости ОЦД (общий центр давления) в пробе с открытыми глазами были минимальны в восстановительный период, тогда как в предсоревновательный и соревновательный они выше в среднем на 15–18 % (достоверно). При анализе различий между пробами с открытыми и закрытыми глазами выявлен факт резкого увеличения площади статокINETИОграммы в соревновательный период. **Заключение.** Исследование показало, что в годовом макроцикле подготовки квалифицированных тхэквондистов были выявлены факты того, что в соревновательный период наблюдаются явные признаки утомления центральной нервной системы, изменения проприоцепции, изменение активности центрального генератора ритма, изменения скорости перемещения тела человека в вертикальном положении (central pattern generator – СРG), возникают биомеханические нарушения.

Ключевые слова: стабилметрия, тхэквондо, постральный баланс, макроцикл подготовки.

Спорт высших достижений, особенно тхэквондо, предъявляет повышенные требования к постральной системе в связи с наличием экстремальных физических нагрузок. В результате формируется и закрепляется специфический двигательный стереотип, который определяет условия развития и функционирования опорно-двигательного аппарата спортсмена. Асимметричность распределения нагрузок на мышцы и суставы, условия соревновательной деятельности влияют на проприоцептивную афферентацию, на основе которой центральная нервная система адаптируется к особенностям профессиональной деятельности. Результатом этой адаптации является изменение тонуса постральных мышц, приводящее к возникновению структурных и функциональных асимметрий тела, нарушению осанки, переходя в разряд предикторов травм опорно-двигательного аппарата [1, 6, 12].

Удержание спортсменом вертикальной позы сопровождается его микроколебательными движениями, происходят достаточно сложные гармонические колебания как общего центра масс (ОЦМ), так и центра давления (ЦД) стоп на плоскость опоры [17]. Координация вертикального положения тела служит своеобразным индикатором здоровья, состояния функционального развития организма, физической подготовленности и уровня спортивного мастерства [7, 18].

Известно, что эффекторными элементами статокINETической системы служат мышцы опорно-двигательного и глазодвигательного аппаратов, нейровегетативного и эндокринного комплексов.

Указанные структуры статокINETической системы организма обеспечивают:

– поддержание функционального состояния на оптимальном уровне;

- ориентировку человека в пространстве (сенсорнику);
- равновесие тела в статике и динамике (моторику);
- энергетическое обеспечение двигательных актов (трофику).

В поддержании позы в норме функционирует преимущественно тоническая мускулатура, которая для предотвращения падения человека «мозаично» перераспределяет напряжение между различными группами мышц [19].

Группа В.С. Гурфинкеля [2–5] показала, что в регуляции позы центральное место занимает внутренний образ тела человека, так называемая «схема тела», позволяющая сопоставлять и совместно обрабатывать информацию от различных биологических сенсоров, определять положение произвольной точки тела в пространстве, а также планировать позные коррекции с учетом геометрической структуры и динамических характеристик тела.

При возникновении утомления спортсмены сталкиваются с проблемами не только в поддержании работоспособности организма, но и в ориентации в пространстве, сохранения равновесия, правильном исполнении технических элементов. Ввиду этого возникает необходимость контроля функционального состояния организма спортсмена в процессе макро- и мезоциклов подготовки, в том числе и статокINETической устойчивости как интегрального показателя [10].

Организация и методы. В исследовании приняли участие 10 тхэквондистов (5 членов сборной РФ и 5 членов сборной Казахстана). Измерение показателей статокINETической устойчивости проводилось на аппаратно-программном комплексе МБН «Стабило» в 3 периода подготовки: подготовительном, соревновательном и восстановительном. Исследование проводилось в положении стоя на двух ногах в привычном для спортсмена положении с открытыми и закрытыми глазами в течение 30 с каждой пробы. Для получения более точных данных измерения проводились 2 раза с интервалом 10 мин и в программу вводились данные о длине тела, длине и ширине стопы.

Результаты исследования. В табл. 1 представлены результаты исследования положения и отклонения общего центра давления тхэквондистов, полученные в различные режимы подготовки при пробах с открытыми и закрытыми глазами.

При оценке данных положения ОЦД, независимо от этапа подготовки, стоит отметить его смещение на правую часть тела (от 8,11 до 29,56 мм), что, видимо, является следствием специфической позы, характерной для тхэквондо (рис. 1). Можно предположить наличие асимметрий в силе и длине мышц ротаторов туловища и ягодичных мышц, которые приводят к развороту вправо верхней части тела относительно вертикальной оси, тем самым смещая ОЦД [15].

При анализе динамики положения ОЦД во фронтальной плоскости по периодам подготовки выявлено его большее смещение вправо в подготовительном режиме ($29,56 \pm 7,04$ мм) и относительная нормализация в соревновательном и восстановительном (до 11,88 мм). Столь значимая разница ($p \leq 0,05$), вероятно, обусловлена большими тренировочными нагрузками в стойке, которые усиливают деформацию осанки. Косвенным признаком являются данные динамики отклонения ОЦД в сагиттальной плоскости в пробе с открытыми глазами: в подготовительном режиме $50,42 \pm 4,98$ мм, в соревновательном $13,46 \pm 1,53$ мм (меньше на 73,31%, $p \leq 0,05$), а в восстановительном $5,10 \pm 0,10$ мм (рис. 2). Относительная динамика отклонения и положения ОЦД по данным исследования в соревновательном и восстановительном периодах представлена на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что наиболее значимые различия наблюдаются в параметре отклонения ОЦД в сагиттальной плоскости. Учитывая, что данный параметр свидетельствует о колебании тела вперед-назад и предполагая наличие голеностопной стратегии поддержания вертикальной позы у квалифицированных тхэквондистов, мы можем предположить наличие избыточной нагрузки на икроножные и камбаловидные мышцы и мышцы стопы. Видимо, большие специализированные физические нагрузки приводят к повышению тонической активности мышц стопы и голени, нарушению соотношения напряжения / длина мышцы и дискоординации в функционировании (работа антагонист – синергист) икроножной, передней большеберцовой, камбаловидной и мышц стопы, что и приводит к формированию относительно высоких колебаний ОЦД в сагиттальной плоскости [11, 15, 16]. В таком случае нельзя исключать и возникновение биомеханических нарушений, схематично обозначенных на рис. 3.

Таблица 1
Table 1

Динамика по периодам подготовки средних значений общего центра давления (ОЦД) в основной стойке, в фронтальной (ФП) и сагиттальной плоскостях (СП) при пробах с открытыми (ГО) и закрытыми (ГЗ) глазами
Period-based changes in mean values of the general center of pressure (GCP) in the main stance in frontal (FP) and sagittal (SP) planes in tests with eyes open (OE) and closed (CE)

	Отклонение ОЦД в ФП ГО (мм) GCP shift in FP at OE (mm)	Отклонение ОЦД в ФП ГЗ (мм) GCP shift in FP at CE (mm)	Отклонение ОЦД в СП ГО (мм) GCP shift in SP at OE (mm)	Отклонение ОЦД в СП ГЗ (мм) GCP shift in SP at CE (mm)	Положение ОЦД в ФП ГО (мм) GCP position in FP at OE (mm)	Положение ОЦД в ФП ГЗ (мм) GCP position in FP at CE (mm)	Положение ОЦД в СП ГО (мм) GCP position in SP at OE (mm)	Положение ОЦД в СП ГЗ (мм) GCP position in SP at CE (mm)
ПС PC	7,17 ± 0,29	9,28 ± 0,64	50,42 ± 4,98	44,91 ± 6,30	29,56 ± 7,04	30,19 ± 7,55	-2,41 ± 2,14	0,11 ± 1,76
С C	5,37 ± 0,63	21,29 ± 3,09	13,46 ± 1,53	51,81 ± 6,05	11,88 ± 1,63	11,41 ± 1,05	6,32 ± 1,87	2,71 ± 0,14
В R	2,58 ± 0,16	5,10 ± 0,10	6,27 ± 0,37	10,38 ± 0,41	8,11 ± 1,50	11,21 ± 1,71	-14,04 ± 4,49	-3,30 ± 4,47
Сравнение ПС и С / Comparison between PC and C								
p	≤ 0,05		≤ 0,05			≤ 0,05		
Сравнение ПС и В / Comparison between PC and R								
p	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05			
Сравнение С и В / Comparison between C and R								
p	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05				

Примечание. ПС – предсоревновательный; С – соревновательный; В – восстановительный.
Note. PC – precompetitive; C – competitive; R – recovery.



Рис. 1. Пример стоек в тхэквондо
Fig. 1. Examples of taekwondo stances

Колебания ОЦД в фронтальной плоскости являются отражением процесса приведения тела в центр или среднего положения равнодействующего давления тела на опору в пределах площади опоры в положении вправо-влево. Анализ этих колебаний в пробах с открытыми глазами не выявили статистически значимых различий по периодам подготовки. Однако установлен факт резкого роста отклонений ОЦД в соревновательный период ($p \leq 0,05$) в фронтальной плоскости между данными при пробе с открытыми и закрытыми глазами (рис. 4).

Исходя из того, что поструральная активность находится под контролем структур ствола мозга, вызывающего напряжение мышц разгибателей ног и, учитывая возможность их рефлекторного активирования с различных сенсорных входов [13], в данном случае зрения, мы можем предположить наличие явных признаков утомления центральной нервной системы. Можно предположить и наличие у спортсменов проблем не только в поструральном балансе в пробе с закрытыми глазами, но и ориентации в пространстве, в точности исполнения технических элементов [10].

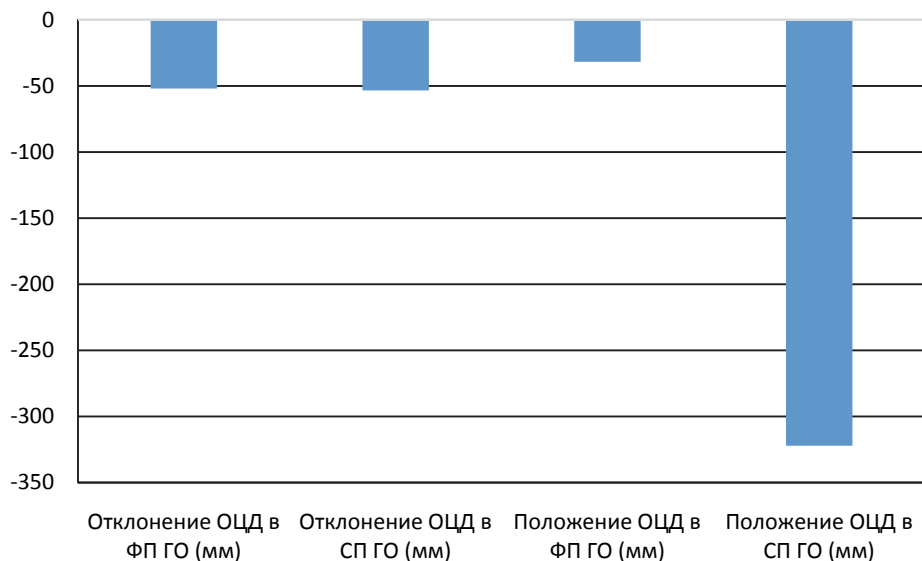


Рис. 2. Относительная динамика отклонения и положения ОЦД по данным исследования в соревновательном и восстановительном периодах
Fig. 2. Relative changes in GCP shifts and position according to studies in the competitive and recovery periods

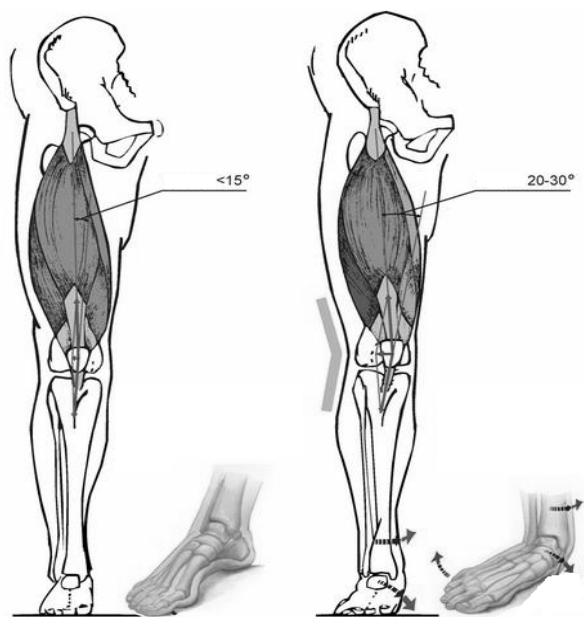


Рис. 3. Возможная схема возникновения биомеханических нарушений при дискоординации в работе антагонист – синергист (икроножной, передней большеберцовой, камбаловидной и мышц стопы)

Fig. 3. Possible pattern of biomechanical disturbances induced by dyscoordination of antagonist-synergist functioning (gastrocnemius, anterior tibialis, soleus, and foot muscles)

Схожая, но более выраженная динамика ($p \leq 0,05$) наблюдалась и по данным проб с открытыми и закрытыми глазами в отклонении ОЦД в сагиттальной плоскости в соревновательный период (рис. 5). По данным В.С. Гурфинкеля [2], икроножная мышца в условиях удобной стойки развивает усилие,

составляющее около 1/9 от максимально возможного, а самой гравитационно-чувствительной мышцей человека является камбаловидная [5, 8]. Физиологической основой такого роста колебаний, помимо вышеуказанных причин, может являться изменение мышечного тонуса икроножной мышцы, обусловленного

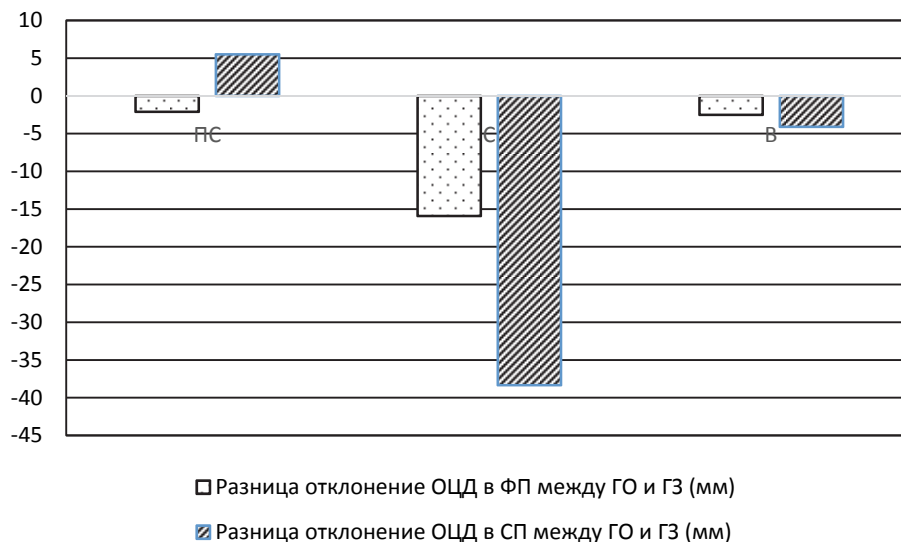


Рис. 4. Различия данных колебаний ОЦД (мм) между пробами с открытыми и закрытыми глазами в различные периоды подготовки
Fig. 4. Differences in fluctuations of the GCP (mm) between tests with eyes open and closed in different periods of training

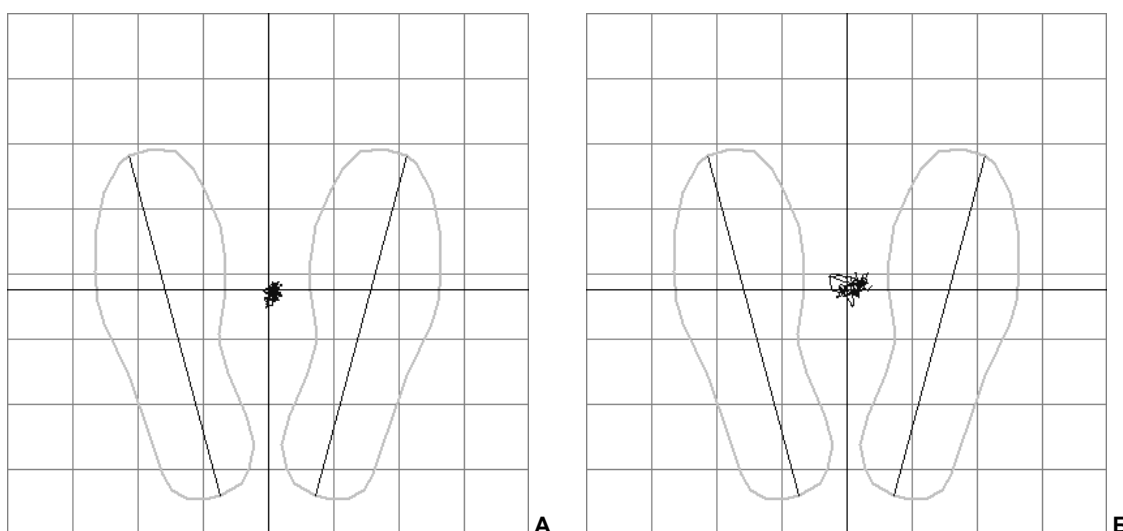


Рис. 5. Пример записи стабилграммы в пробе с открытыми (А) и закрытыми глазами (Б) в соревновательном периоде
Fig. 5. Examples of stabilograms recorded in tests with eyes open (A) and closed (B) in the competitive period

механическими свойствами мышечных волокон, т. е. изменением ее упругости и укорочения [15] и перенос части усилия для поддержания пострурального баланса на камбаловидную. Кроме того, так как в регуляции позы участвуют 3 сенсорные системы нашего организма: зрение, вестибулярный аппарат и проприорецепция, то можно сделать предположение, что при депривации зрительного контроля в соревновательном периоде, на фоне утомления ЦНС, основную роль в поддержании статокинетической устойчивости играет проприорецепция [11].

Если принять во внимание предположение об изменении упругости и укорочения икроножных мышц, то можно говорить о временных нарушениях проприорецепции, видимо, за счет излишнего натяжения ахиллова сухожилия и плантарной фасции.

В табл. 2 представлены результаты исследования других ключевых параметров стабилграммы, таких как скорость ОЦД, площадь статокинезиограммы и динамического компонента равновесия.

Скорость ОЦД характеризует способность к поддержанию равновесия. Отклоне-

Динамика по периодам подготовки средних значений параметров статокINETической устойчивости в основной стойке в фронтальной (ФП) и сагиттальной плоскостях (СП) при пробах с открытыми (ГО) и закрытыми (ГЗ) глазами

Period-based changes in mean values of statokinetic stability parameters in the main stance in frontal (FP) and sagittal (SP) planes in tests with eyes open (OE) and closed (CE)

	Скорость ОЦД ГО (мм/с) GCP speed at OE (mm/s)	Скорость ОЦД ГЗ (мм/с) GCP speed at CE (mm/s)	Площадь статокИнезиограммы ГО (мм ²) Statokinesigram area at OE (mm ²)	Площадь статокИнезиограммы ГЗ (мм ²) Statokinesigram area at CE (mm ²)
ПС PC	10,41 ± 0,19	12,68 ± 0,36	141,21 ± 8,72	147,57 ± 14,47
С C	10,09 ± 0,34	14,24 ± 0,40	61,93 ± 6,29	200,77 ± 4,62
В R	8,53 ± 0,24	12,42 ± 0,33	33,04 ± 2,00	58,93 ± 0,56
Сравнение ПС и С / Comparison between PC and C				
p		≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
Сравнение ПС и В / Comparison between PC and R				
p	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
Сравнение С и В / Comparison between C and R				
p	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05

Примечание. ПС – предсоревновательный; С – соревновательный; В – восстановительный.
Note. PC – precompetitive; C – competitive; R – recovery.

ние ОЦД от оптимального положения приводит к «остановленному падению тела» и требует компенсаторной мышечной деятельности для сохранения равновесия, фактически отражая механизмы постурологического баланса [11, 14, 15].

Из табл. 2 видно, что значения скорости ОЦД в пробе с открытыми глазами были минимальны в восстановительный период, тогда как в подготовительном и соревновательном они выше в среднем на 15–18 % ($p \leq 0,05$). Возможно, что на фоне интенсивных физических нагрузок происходит адаптивное включение компенсаторных механизмов поддержания вертикальной позы. Таким вероятным механизмом может являться изменение активности центрального генератора ритма изменения скорости перемещения тела человека в вертикальном положении (central pattern generator – CPG), в норме, передающий импульс с частотой 0,4–0,6 Гц [15]. Видимо, в подготовительный и соревновательный периоды происходит изменение частоты импульсации, что и определяет увеличение скорости перемещения общего центра давления. В пробах с закрытыми глазами выявлена аналогичная направленность изменений.

Изучение динамики изменения площади

статокИнезиограммы в различные периоды подготовки выявило наличие достаточно интересных закономерностей. Так, в пробе с открытыми глазами максимальные значения зафиксированы в подготовительном периоде ($141,21 \pm 8,72 \text{ мм}^2$), в соревновательном площадь статокИнезиограммы снизилась в 2,27 раза, а минимальные ее значения были получены в восстановительном. Совокупная разница между максимальными и минимальными значениями составила $108,17 \text{ мм}^2$. Учитывая, что данный параметр имеет интегральный характер и зависит от ряда параметров, в частности, от девиации во фронтальном и сагиттальном направлениях, вероятно, столь существенные различия являются следствием динамики отклонения ОЦД в сагиттальной плоскости в результате дискоординации в функционировании (работа антагонист – синергист) икроножной, передней большеберцовой, камбаловидной и мышц стопы [9].

При анализе различий между пробами с открытыми и закрытыми глазами (рис. 6) выявлен факт резкого увеличения площади статокИнезиограммы в соревновательном периоде. Возможно, что такая динамика является следствием аналогичных изменений отклонений ОЦД в фронтальной плоскости и, как от-



Рис. 6. Различия данных площади статокинезиограммы (мм²) между пробами с открытыми и закрытыми глазами в различные периоды подготовки
Fig. 6. Differences in statokinesigram area (mm²) between tests with eyes open and closed in different periods of training

мечалось выше, свидетельствует о наличии явных признаков утомления центральной нервной системы [8].

Таким образом, проведенное исследование показало, что исследование устойчивости в вертикальной позе при помощи стабилотрии является достаточно объективным способом проведения оперативного контроля в спорте высших достижений. Анализ динамики стабิโลграмм позволяет в различные периоды подготовки выявлять текущие состояния спортсмена. Например, нами в годовом макроцикле подготовки квалифицированных тхэквондистов были выявлены факты того, что в соревновательный период наблюдаются явные признаки утомления центральной нервной системы, изменения проприорецепции, изменение активности центрального генератора ритма изменения скорости перемещения тела человека в вертикальном положении, возникают биомеханические нарушения.

Южно-Уральский государственный университет благодарен за финансовую поддержку Министерство образования и науки Российской Федерации (грант № 19.9733.2017/ВР).

Литература

1. Гаже, П.М. Постурология. Регуляция и нарушение равновесия тела человека / П.М. Гаже, Б. Вебер. – СПб.: Изд-во СПбМАПО, 2008. – 316 с.
2. Гурфинкель, В.С. Ближние и отдален-

ные постактивационные эффекты в двигательной системе человека / В.С. Гурфинкель, Ю.С. Левик, М.А. Лебедев // *Нейрофизиология*. – 1989. – № 21. – С. 343–351.

3. Гурфинкель, В.С. Изменения направления вестибуломоторных ответов во время адаптации к длительному статическому повороту головы у человека / В.С. Гурфинкель, К.Е. Попов, Б.Н. Сметанин // *Нейрофизиология*. – 1989. – № 21. – С. 210–217.

4. Гурфинкель, В.С. Концепция схемы тела и моторный контроль / В.С. Гурфинкель, Ю.С. Левик // *Интеллектуальные процессы и их моделирование. Организация движений / под ред. А.В. Чернавского*. – М.: Наука, 1991. – С. 59–105.

5. Гурфинкель, В.С. Регуляция позы человека / В.С. Гурфинкель, Я.М. Коц, М.Л. Шик. – М.: Наука, 1965. – 256 с.

6. Ефимова, Ю.С. Влияние регулярных физических нагрузок на состояние адаптационных возможностей организма студентов, активно занимающихся спортом / Ю.С. Ефимова, Л.Е. Савиных, А.А. Повзун // *Материалы международной научно-практической конференции*. – Тюмень: Изд-во ТГУ, 2010. – С. 80–83.

7. Лихачёв, С.А. Значение некоторых показателей статической стабилотрии / С.А. Лихачёв, А.Н. Качинский // *Вестн. оториноларингологии*. – 2011. – № 2. – С. 33–37.

8. Лихачёв, С.А. Вызванные вестибулярные миогенные потенциалы: анатомо-физио-

логические аспекты реализации их и клиническое применение / С.А. Лихачёв, М.Н. Тарасевич // Журнал неврологии психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2011. – № 2. – С. 84–89.

9. Пахомова, Т.Г. Современные тенденции развития культурно-познавательного туризма в России / Т.Г. Пахомова // Науч. вестник МГИИТ. – 2016. – № 6 (44). – С. 12–21.

10. Феценко, В.С. Основные направления биомеханического обследования в изучении системы проприорецепции в спорте высоких достижений / В.С. Феценко, Д.А. Андреев, Н.В. Борисова // Вестник восстановит. медицины. – 2013. – № 4. – С. 37–40.

11. Фомина, Е.В. Влияние спортивной нагрузки на функциональные асимметрии мозга / Е.В. Фомина, В.В. Шпаков // Рос. физиол. журнал им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 8. – С. 254–255.

12. Чинкин, А.С. Вестибулярные реакции юных спортсменов, занимающихся прыжками на лыжах с трамплина / А.С. Чинкин, Р.И. Хуснуллина // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 2. – С. 118–123.

13. Ярлыков, В.Н. Феномен ложной локализации зрительного образа и функциональная асимметрия мозга человека / В.Н. Ярлыков // Физиология человека. – 1984. – Т. 10, № 4. – С. 573–577.

14. Cenciarini, M. Stimulus-Dependent Chan-

ges in the Vestibular Contribution to Human Postural Control / M. Cenciarini, R.J. Peterka // J. of Neurophysiology. – 2006. – Vol. 95. – P. 2733–2750.

15. Common Muscle Synergies for Control of Center of Mass and Force in Non stepping and Stepping Postural Behaviors Perturbations / S.A. Chvatal, G. Torres-Oviedo, A.S. Safavynia, L.H. Ting // J. of Neurophysiology. – 2011. – Vol. 106. – P. 999–1015.

16. Goodworth, A.D. Contribution of Sensorimotor Integration to Spinal Stabilization in Humans / A.D. Goodworth, R.J. Peterka // J. of Neurophysiology. – 2009. – Vol. 102. – P. 496–512.

17. Peterka, R.J. Dynamic Regulation of Sensorimotor Integration in Human Postural Control / R.J. Peterka, P.J. Loughlin // J. of Neurophysiology. – 2004. – Vol. 91. – P. 410–423.

18. Redfern, M.S. Cognitive Influences in Postural Control of Patients with Unilateral Vestibular Loss / M.S. Redfern, M.E. Talkowski, J.R. Jennings, J.M. Furman // Gait & Posture. – 2004. – Vol. 19. – P. 105–114.

19. Safavynia, S.A. Task-level Feedback Can Explain Temporal Recruitment of Spatially Fixed Muscle Synergies Throughout Postural Perturbations / S.A. Safavynia, L.H. Ting // J. of Neurophysiology. – 2012. – Vol. 107. – P. 159–177.

Сарайкин Дмитрий Андреевич, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и методико-биологических дисциплин, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, saraykind@cspu.ru.

Епишев Виталий Викторович, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Институт спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, epishev74@mail.ru.

Павлова Вера Ивановна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и методико-биологических дисциплин, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, pavlovavi@cspu.ru.

Камскова Юлиана Германовна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и методико-биологических дисциплин, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, kamskovaug@cspu.ru.

Поступила в редакцию 29 апреля 2017 г.

DYNAMICAL CHANGES IN POSTURAL BALANCE OF VERTICAL POSITION IN ELITE TAEKWONDO PRACTITIONERS WITHIN A FULL-YEAR MACROCYCLE

D.A. Saraykin¹, saraykind@cspu.ru,
V.V. Epishev², epishev74@mail.ru,
V.I. Pavlova¹, pavlovavi@cspu.ru,
Y.G. Kamskova¹, kamskovaug@cspu.ru

¹South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russian Federation,

²South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. To study dynamical changes in statokinetic stability of 10 elite taekwondo practitioners (Masters of Sport and Candidates for Master of Sport) within a full-year macrocycle (preparatory, competitive, and recovery periods). **Materials and Methods.** Ten taekwondo practitioners (5 members of the RF national team and 5 members of the national team of Kazakhstan) took part in the research. Statokinetic stability indicators were measured by MBN Stabilo hardware-software system in 3 periods of training: preparatory, competitive, and recovery. **Results.** It was established that, irrespective of the stage of training, the general center of pressure was shifted rightwards (8.11 to 29.56 mm) in frontal and sagittal planes, which probably resulted from specific pose typical of taekwondo. In the competitive period we observed a significant drastic increase in shifts of the general center of pressure, which was especially evident from comparison of the data of tests with eyes open and closed. Values of the GCP (general center of pressure) speed in the test with eyes open were minimal during the recovery period while in pre-competitive and competitive periods they were significantly increased by 15-18% by an average. The analysis of differences between tests with eyes open and closed revealed the drastic growth of statokinesigram area in the competitive period. **Conclusion.** According to our findings, within the full-year macrocycle of training of elite taekwondo practitioners the competitive period was characterized by evident signs of fatigue of the central nervous system, changes in proprioception, changes in the activity of the central rhythm generator, changes in the speed of movement in a vertical position (central pattern generator – CPG), and biomechanical disturbances.

Keywords: *stabilometry, taekwondo, postural balance, macrocycle of training.*

South Ural State University is grateful for financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (grant № 19.9733.2017/BP).

References

1. Gazhe P.M., Veber B. *Posturologiya. Regulyatsiya i narushenie ravnesiya tela cheloveka* [Postology. Regulation and Imbalance of the Human Body]. St. Petersburg, SPbMAPO Publ., 2008. 316 p.
2. Gurfinkel' V.S., Levik Yu.S., Lebedev M.A. [Near and Distant Postactivation Effects in the Human Motor System]. *Neyrofiziologiya* [Neurophysiology], 1989, no. 21, pp. 343–351. (in Russ.)
3. Gurfinkel' V.S., Popov K.E., Smetanin B.N. [Changes in the Direction of Vestibulomotor Responses During Adaptation to Prolonged Static Head Rotation in Humans]. *Neyrofiziologiya* [Neurophysiology], 1989, no. 21, pp. 210–217. (in Russ.)
4. Gurfinkel' V.S., Chernavskiy A.V., Levik Yu.S. *Kontseptsiya skhemy tela i motornyy kontrol'. Intellektual'nye protsessy i ikh modelirovanie. Organizatsiya dvizheniy* [The Concept of Body Scheme and Motor Control. Intellectual Processes and Their Modeling. Organization of movements]. Moscow, Science Publ., 1991. 105 p.
5. Gurfinkel' V.S., Kots Ya.M., Shik M.L. *Regulyatsiya pozy cheloveka* [Regulation of the Human Pose]. Moscow, Science Publ., 1965. 256 p.

6. Efimova Yu.S., Savinykh L.E., Povzun A.A. [Influence of Regular Physical Exertion on the State of Adaptability of the Organism of Female Students Actively Engaged in Sports]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Materials of the International Scientific and Practical Conference], 2010, pp. 80–83. (in Russ.)
7. Likhachev S.A., Kachinskiy A.N. [The Significance of Some Static Stabilometry Indicators]. *Vestnik otorinolaringologii* [Bulletin of Otorhinolaryngology], 2011, no. 2, pp. 33–37. (in Russ.)
8. Likhachev S.A., Tarasevich M.N. [Vestibular Myogenic Potentials. Anatomical and Physiological Aspects of Their Realization and Clinical Application]. *Zhurnal Nevrologii psikiatrii imeni S.S. Korsakova* [Journal of Neurology of Psychiatry Named after S.S. Korsakov], 2011, no. 2, pp. 84–89. (in Russ.)
9. Pakhomova T.G. [Modern Trends in the Development of Cultural and Educational Tourism in Russia]. *Nauchnyy Vestnik MGII* [Scientific Bulletin of the Moscow State Institute of International Relations], 2016, no. 6(44), pp. 12–21 (in Russ.).
10. Feshchenko V.S., Andreev D.A., Borisova N.V. [The Main Directions of the Biomechanical Survey in the Study of the Proprioceptive System in the Sport of High Achievements]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny* [Bulletin of Restorative Medicine], 2013, no. 4, pp. 37–40. (in Russ.)
11. Fomina E.V., Shpakov V.V. [Influence of Sports Load on Functional Asymmetry of the Brain]. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal imeni I.M. Sechenova* [Russian Physiological Journal Named after I.M. Sechenov], 2004, vol. 90, no. 8, pp. 254–255. (in Russ.)
12. Chinkin A.C., Khusnullina R.I. [Vestibular Reactions of Young Athletes Engaged in Ski Jumping From a Springboard]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2008, vol. 34, no. 2, pp. 118–123. (in Russ.)
13. Yarlykov V.N. [The Phenomenon of False Localization of the Visual Image and Functional Asymmetry of the Human]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 1984, vol. 10, no. 4, pp. 573–577. (in Russ.)
14. Cenciarini M., Peterka R.J. Stimulus-Dependent Changes in the Vestibular Contribution to Human Postural Control. *J. of Neurophysiology*, 2006, vol. 95, pp. 2733–2750. DOI: 10.1152/jn.00856.2004
15. Chvatal S.A., Torres-Oviedo G., Safavynia A.S., Ting L.H. Common Muscle Synergies for Control of Center of Mass and Force in Non Stepping and Stepping Postural Behaviors Perturbations. *J. of Neurophysiology*, 2011, vol. 106, pp. 999–1015. DOI: 0.1152/jn.00549.2010
16. Goodworth A.D., Peterka R.J. Contribution of Sensorimotor Integration to Spinal Stabilization in Humans. *J. of Neurophysiology*, 2009, vol. 102, pp. 496–512. DOI: 10.1152/jn.00118.2009
17. Peterka R.J., Loughlin P.J. Dynamic Regulation of Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *J. of Neurophysiology*, 2004, vol. 91, pp. 410–423. DOI: 10.1152/jn.00516.2003
18. Redfern M.S., Talkowski M.E., Jennings J.R., Furman J.M. Cognitive Influences in Postural Control of Patients with Unilateral Vestibular Loss. *Gait & Posture*, 2004, vol. 19, pp. 105–114. DOI: 10.1016/S0966-6362(03)00032-8
19. Safavynia S.A., Ting L.H. Task-Level Feedback Can Explain Temporal Recruitment of Spatially Fixed Muscle Synergies Throughout Postural Perturbations. *J. of Neurophysiology*, 2012, vol. 107, pp. 159–177. DOI: 10.1152/jn.00653.2011

Received 29 April 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Динамика пострурального баланса в вертикальной позе тхэквондистов высокой квалификации в годовом макроцикле / Д.А. Сарайкин, В.В. Епишев, В.И. Павлова, Ю.Г. Камскова // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 25–34. DOI: 10.14529/hsm170303

FOR CITATION

Saraykin D.A., Epishev V.V., Pavlova V.I., Kamskova Y.G. Dynamical Changes in Postural Balance of Vertical Position in Elite Taekwondo Practitioners Within a Full-Year Macrocycle. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 25–34. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm170303