

## ВЛИЯНИЕ ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСА НА ИЗМЕНЕНИЕ РИТМА И ПРОВОДИМОСТИ СЕРДЦА У ПЛОВЦОВ

Ю.Б. Кораблева<sup>1</sup>, В.В. Епишев<sup>1</sup>, В.А. Бычковских<sup>2</sup>, К.А. Марченко<sup>1</sup>, А.С. Ушаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

<sup>2</sup>Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия

**Цель исследования** – прогнозирование возникновения или выявления изменений на электрокардиограмме (ЭКГ) пловцов при помощи стабилметрических показателей. **Организация и методы исследования.** Исследовали 60 квалифицированных спортсменов (КМС, МС, возраст 16–18 лет). Для выявления нарушений сердечного ритма и проводимости применяли велоэргометрию, для оценки постурального баланса – стабилметрический комплекс. **Результаты.** Неполная блокада правой ножки пучка Гиса (НБНПГ) наблюдалась у 53,33 % спортсменов; СА (синоатриальная) блокада I степени – у 10,01 %; экстрасистолы (наджелудочковая: предсердная, атриовентрикулярная) – у 33,33 %; миграции водителя ритма – у 3,33 %. У спортсменов группы 0 зафиксирован более высокий уровень колебаний ОЦД во фронтальной плоскости по всем пробам ( $p \leq 0,05$ ): СКО ОЦД во фронтальной плоскости ОС ГО (> на 132,30 %), ПГВл (> на 31,94 %), ПГВп (> на 76,82 %), ОС ГЗ (> на 83,56 %), ПГВлГЗ (> на 68,61 %), ПГВпГЗ (> на 87,65 %). При помощи алгоритма машинного обучения Random Forest возможно прогнозировать возникновение или выявлять изменения сердечного ритма и проводимости у пловцов. **Заключение.** Были рассмотрены особенности изменений на электрокардиограмме спортсменов; сравниваемые параметры стабилметрии атлетов с изменениями и без на ЭКГ были достоверно значимы при  $p < 0,05$ . Построена модель Random Forest (RF – модель случайного леса) для прогнозирования или выявления изменений на ЭКГ спортсменов в виде нарушений ритма и проводимости посредством стабилметрических показателей.

**Ключевые слова:** постуральный баланс, пловцы, электрокардиограмма, нарушение сердечного ритма и проводимости, прогнозирование.

**Введение.** Систематические спортивные нагрузки связаны с физиологическими структурными и электрическими изменениями в сердце [12], которые могут проявляться в виде изменений сердечного ритма и проводимости на ЭКГ. Непрерывный рост функциональных изменений сердечного ритма и проводимости у спортсменов является актуальной проблемой физиологии спорта [12]. Некоторые исследователи утверждают, что аритмии – это физиологические особенности сердца спортсменов [10, 19], другие считают это свидетельством предпатологических изменений сердечной мышцы [13]. При этом не вызывает сомнений существенный вклад вегетативной нервной системы в развитие данных изменений.

Изменение состояния постуральных мышц посредством моторно-висцеральных рефлекторных взаимосвязей может являться одной из причин возникновения дисфункции вегетативных структур [6]. В ряде исследований установлена значительная корреляция между показателями постурального баланса и функциональным состоянием организма, в частно-

сти состоянием сердечно-сосудистой системы [2, 18].

На данный момент недостаточно исследований, посвященных связи показателей постуральной устойчивости и сердечно-сосудистой системы у спортсменов [7, 15, 19]. Выявление такой связи, в частности с результатами электрокардиографии, позволит внести ясность в природу возникновения функциональных изменений сердечного ритма и проводимости у спортсменов.

**Организация и методы.** Исследование проводилось на базах НИЦН ЮУрГУ и МБУ СШОР по плаванию («Юника») г. Челябинска. В исследовании приняли участие 60 квалифицированных спортсмена в восстановительном периоде тренировочного процесса – КМС, МС (возраст 16–18 лет). Испытуемым проводилась велоэргометрия (SCHILLER AT-104) по протоколу Брюса 50/25, тест PWC<sub>170</sub> [3]. Постуральное исследование проводили с помощью стабилметрической установки «МБН Стабило», оно состояло из 6 проб: повороты головы вправо и влево с открытыми

и закрытыми глазами [11]. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакетов Statistica V.10.0, для поиска связи стабилметрических показателей с ЭКГ-параметрами был использован алгоритм машинного обучения Random Forest («случайный лес» – множество решающих деревьев) с языком программирования «R» [18].

**Результаты.** По результатам велоэргометрического исследования у 30 пловцов были выявлены изменения сердечного ритма и проводимости в виде НБПНПГ (53,33 %), что говорит о преобладании парасимпатического отдела нервной системы; СА блокады I степени (10,01 %), связанные с повышенным тонусом блуждающего нерва; экстрасистолии (наджелудочковая: предсердная, атриовентрикулярная – 33,33 %), возможно, это связано с повышением тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы и миграции водителя ритма (3,33 %), обусловленные усиленным воздействием на сердце парасимпатического отдела вегетативной нервной системы [8]. Следовательно, у пловцов преобладали атлеты с парасимпатическим отделом нервной системы в управлении ритмом сердца (66,67 % против 33,33 %).

В дальнейшем при обработке стабилметрических данных спортсмены были разделены на 2 группы: атлеты без изменений на ЭКГ – группа 1 (n = 30), с изменениями – группа 0 (n = 30).

В табл. 1 представлены стабилметрические параметры пострурального баланса спортсменов двух групп (n = 60).

Из табл. 1 видно, что у спортсменов группы 0 по сравнению с группой 1 зафиксирован более высокий уровень колебаний ОЦД во фронтальной плоскости по всем пробам ( $p \leq 0,05$ ): СКО ОЦД во фронтальной плоскости ОС ГО (> на 132,30 %), ПГВл (> на 31,94 %), ПГВп (> на 76,82 %), ОС ГЗ (> на 83,56 %), ПГВлГЗ (> на 68,61 %), ПГВпГЗ (> на 87,65 %). Известно, чем больше величина среднеквадратического отклонения, тем выше нагрузка на функциональную систему контроля баланса. Ведущим фактором помимо анатомо-физиологических нарушений мышц голени могут являться изменения в шейном отделе позвоночника, нагрузка на который значительно выше, чем в других видах спорта [17]. Известно, что смещение головы вперед на каждый сантиметр приводит к увеличению нагрузки на шейный отдел позвоночника в гео-

метрической прогрессии [4]. Кроме того, при наклоне головы вперед (симптом выдвинутой головы) нарушаются шейные тонические рефлексы и, следовательно, иннервация шейного сплетения [9]. В свою очередь изменения в шейном сплетении приводят к нарушению кровоснабжения мозга, что влияет на вестибулярную функцию поддержания баланса, а также приводит к изменениям сердечного сплетения, так как нерв переднего средостения участвует в формировании поверхностного сердечно-аортального сплетения, снабжая своими волокнами перикард, сердце [14, 20]. Данное положение головы приводит к сгибающей позиции таза и нижних конечностей, рефлекторно сопровождаясь запрокидыванием головы и смещением плеч вперед, вызывая симптом сутулости [16].

У пловцов с изменениями ритма и проводимости также установлены более высокие значения и в других параметрах стабิโลграммы: СКО ОЦД в сагиттальной плоскости ОС ГО (> на 61,57 %); уровень 60 % мощности спектра в сагиттальной плоскости в ОС ГЗ (> на 25,00 %); площадь статокинезиограммы ОС ГО (> на 76,26 %), ПГВпГЗ (> на 51,64 %).

Кроме того, установлены меньшие значения в уровне 60 % мощности спектра во фронтальной плоскости в ОС ГЗ (< на 40,00 %), ПГВлГЗ (< на 25,00 %), отношении длины статокинезиограммы к ее площади ОС – ГО (< на 27,12 %), ОС ГЗ (< на 22,73 %), ПГВпГЗ (< на 27,91 %), уровне 60 % мощности спектра по вертикальной составляющей при ПГВп и ПГВлГЗ (< на 8,47 %), показателе стабильности в ОС ГО (< на 1,84 %) и ПГВпГЗ (< на 2,99 %). Следовательно, высокий уровень колебаний ОЦД, площади статокинезиограммы, различия в спектрах колебаний в группе пловцов с изменениями ритма и проводимости свидетельствуют о компенсаторных перегрузках опорно-двигательного аппарата, что, вероятно, и является ключевым фактором развития изменений сердечной деятельности [5].

Для возможного прогнозирования изменений на ЭКГ спортсменов посредством стабилметрических показателей была построена модель «случайного леса» (random forest) для пловцов. Точность построения модели позволяет судить о значимых различиях между выборками, которые дают прогнозный результат – ранг (спортсмены с изменениями на ЭКГ / спортсмены без изменений на ЭКГ).

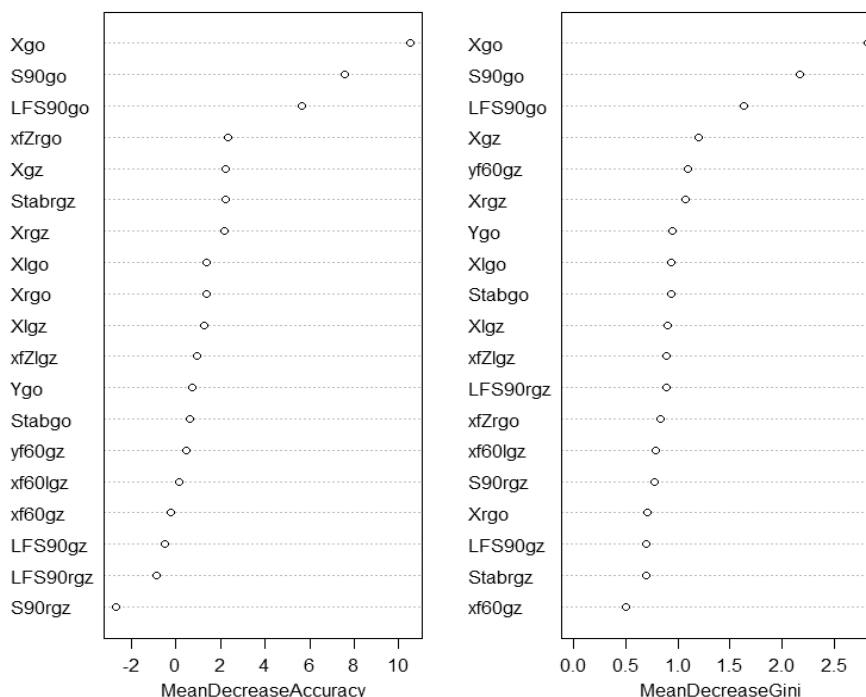
Таблица 1  
Table 1

Сравнение стабилметрических параметров в зависимости от состояния ритма и проводимости сердца у пловцов  
Stabilometric data depending on heart rhythm and conductivity in swimmers  
(n = 60, M ± m)

Параметры Data	Группа 1 Group 1						Группа 0 Group 0					
	ОС ГО MS EO	ПГВЛ LHT	ПГВП RHT	ОС ГЗ MS EC	ПГВЛ ГЗ LHT EC	ПГВЛ ГЗ RHT EC	ОС ГО MS EO	ПГВЛ LHT	ПГВП RHT	ОС ГЗ MS EC	ПГВЛ ГЗ LHT EC	ПГВЛ ГЗ RHT EC
СКО ОЦД во ФП (мм) COP-RMSD in FP (mm)	7,4 0,2*	13,4 1,7*	15,2 1,6*	15,2 1,3*	21,6 2,0*	22,0 1,8*	17,7 1,2*	19,5 2,0*	27,0 3,7*	27,9 2,9*	36,4 3,6*	41,3 3,4*
СКО ОЦД в СП (мм) COP-RMSD in SP (mm)	18,9 2,3*	17,2 2,3	18,0 1,5	28,4 4,4	28,3 2,0	27,9 2,5	30,6 6,7*	18,0 2,0	23,9 2,2	32,3 3,0	33,7 2,5	35,0 3,2
Ур. 60% мощн. сп. во ФП (Гц) 60% sp. power in FP (Hz)	0,5 0,03	0,5 0,08	0,4 0,03	0,5 0,03*	0,4 0,03*	0,4 0,02	0,5 0,05	0,5 0,03	0,5 0,06	0,3 0,02*	0,3 0,02*	0,5 0,06
Ур. 60% мощн. сп. в СП (Гц) 60% sp. power in SP (Hz)	0,4 0,04	0,5 0,1	0,4 0,05	0,4 0,02*	0,4 0,03	0,5 0,03	0,5 0,05	0,4 0,03	0,4 0,03	0,5 0,04*	0,5 0,03	0,56 0,05
S CTT 90 (мм <sup>2</sup> ) S SKG 90 (mm <sup>2</sup> )	79,8 5,5*	101,6 9,9	112,7 8,8	160,1 17,8	150,2 5,7	171,7 13,7*	140,8 8,5*	122,0 11,0	156,1 13,4	208,8 17,1	229,2 16,3	260,3 19,9*
Отн. L CTT к ее S (1/мм) Ratio L SKG to its S (1/mm)	5,9 0,2*	5,0 0,3	4,6 0,2	4,4 0,2*	4,1 0,1	4,3 0,2*	3,9 0,2*	4,7 0,2	3,8 0,2	3,4 0,1*	3,7 0,2	3,1 0,2*
Ур. 60% мощн. сп. по ВС (Гц) 60% sp. power VC (Hz)	5,7 0,08	5,8 0,09	5,9 0,1*	5,9 0,09	5,9 0,1*	5,8 0,1	5,4 0,1	5,5 0,1	5,4 0,08*	5,5 0,1	5,4 0,1*	5,6 0,1
Показатель стабильности (%) Stability index (%)	92,2 0,4*	92,0 0,4	91,8 0,4	90,1 0,7	90,5 0,2	90,4 0,5*	90,5 0,6*	91,8 0,3	90,2 0,6	88,9 0,5	88,7 0,4	87,7 0,4*

Примечание. СКО ОЦД во ФП – среднеквадратическое отклонение общего центра давления во фронтальной плоскости; СКО ОЦД в СП – среднеквадратическое отклонение общего центра давления в сагиттальной плоскости; Ур. 60% мощн. сп. во ФП – уровень 60% мощности спектра во фронтальной плоскости; Ур. 60% мощн. сп. в СП – уровень 60% мощности спектра в сагиттальной плоскости; S CTT – площадь статокнезиограммы; Отн. L CTT к ее S – отношение длины статокнезиограммы к ее площади; Ур. 60% мощн. сп. по ВС – уровень 60% мощности спектра по вертикальной составляющей; ОС ГО – основная стойка глаза открыты; ПГВЛ – поворот головы влево; ПГВП – поворот головы вправо; ОС ГЗ – основная стойка глаза закрыты; ПГВЛГЗ – поворот головы влево глаза закрыты; ПГВПГЗ – поворот головы вправо глаза закрыты; \* – выделены значения при p < 0,05.

Note. COP-RMSD in FP - the standard deviation of the common center of pressure in the frontal plane; COP-RMSD in SP - the standard deviation of the common center of pressure in the sagittal plane; 60% sp. power in FP - the level of 60% of the spectrum power in the frontal plane; 60% sp. power in SP - the level of 60% of the spectrum power in the sagittal plane; S SKG - the area of the statokinesiogram; Ratio L SKG to its S - the ratio of the length of the statokinesiogram to its area; 60% sp. power VC - the level of 60% of the spectrum power in the vertical component; MS EO - the main stance, eyes open; LHT - left head turn; RHT - right head turn; MS EC - the main stance, eyes closed; RHT EC - right head turn, eyes closed; \* - values at p < 0.05.



**Значимость переменных в Random Forest (слева график – вклад переменной в точность модели, справа – график чистоты ветви дерева без переменной. Чем выше переменная, тем более она важна для модели)**

**Significance of the variables in Random Forest (the graph on the left is the contribution of the variable to the model accuracy, the graph on the right is the purity of the branch without the variable. The higher the variable, the more important it is for the model)**

На рисунке представлена значимость стабилметрических переменных.

Из рисунка видно, что у пловцов двух групп значимые различия между выборками, которые дают прогнозный результат – ранг, распределились следующим образом: Xgo, S90go, LFS90go, xfZrgo, Xgz, Stabrgz, Xrgz, Xlgo, Xrgo, Xlgz, XfZlgz, Ygo, Stabgo, yf60gz, xf60lgz, xf60gz, LFS90gz, LFS90rgz, S90rgz.

В табл. 2 представлены числовые значения значимости переменных стабилметрии пловцов.

Из табл. 2 видно, что различия наблюдаются в 19 параметрах, по MeanDecreaseAccuracy (> 2) были отобраны 6 переменных.

Особое внимание следует обратить на высокие значения по MeanDecreaseAccuracy и MeanDecreaseGini параметра Xgo (среднеквадратическое отклонение ОЦД во фронтальной плоскости в пробе ОС ГО), величины которого, как отмечалось выше, превышают значения, полученные для других видов спорта, и свидетельствует о ключевой роли изменений в шейном отделе позвоночника для поддержания пострального баланса у пловцов.

Нормативными значениями параметров

стабилметрии у пловцов можно считать (данные из табл. 1, спортсмены без изменений на ЭКГ):

- среднеквадратическое отклонение ОЦД во фронтальной плоскости в пробе ОС ГО –  $7,43 \pm 0,29$  (мм);

- отношение длины статокинезиограммы к ее площади в пробе ОС ГО –  $5,98 \pm 0,27$  (1/мм);

- среднеквадратическое отклонение ОЦД во фронтальной плоскости в пробе поворот головы вправо ГЗ –  $22,02 \pm 1,85$  (мм);

- площадь статокинезиограммы в пробе ОС ГО –  $79,89 \pm 5,53$  (мм<sup>2</sup>);

- уровень 60 % мощности спектра по вертикальной составляющей в пробе поворот головы влево ГЗ –  $5,90 \pm 0,13$  (Гц);

- уровень 60 % мощности спектра по вертикальной составляющей в пробе поворот головы вправо ГО –  $5,90 \pm 0,08$  (Гц).

При превышении данных параметров за границы установленных значений возрастает риск формирования компенсаторного пострального баланса, приводящего к изменениям на ЭКГ в виде изменений ритма и проводимости.

Таблица 2  
Table 2

Различия в параметрах стабиллометрии у пловцов с изменениями и без изменений на ЭКГ  
(ранжированы в порядке значимости переменных)  
Differences in stabilometry data in swimmers with and without ECG changes  
(ranked in order of importance of the variables)

Параметры Data	0	1	MeanDecreaseAccuracy	MeanDecreaseGini
Xgo	12,91	14,73	16,42	8,83
LFS90go	7,29	6,02	7,70	3,49
Xrgz	3,91	5,49	6,38	2,41
S90go	4,68	3,22	5,44	2,21
xfZlgz	1,63	4,49	4,17	1,33
xfZrgo	-0,04	3,45	2,34	1,31
Xlgz	0,65	2,23	1,93	1,41
Ygo	1,38	0,98	1,80	1,12
LFS90rgz	0,33	2,20	1,65	0,95
Stabgo	0,71	0,16	0,86	0,65
Xrgo	1,88	-1,20	0,68	0,74
xf60gz	-0,90	1,90	0,53	0,36
yf60gz	0,10	0,78	0,27	0,93
Xlgo	0,81	-0,69	0,03	0,68
Xgz	-3,11	2,00	-0,09	1,03
Stabrgz	0,52	-1,36	-0,62	0,56
xf60lgz	0,66	-1,25	-0,75	0,43
LFS90gz	-1,15	-0,45	-1,28	0,48
S90rgz	-1,34	-1,12	-1,56	0,41

*Примечание.* 0 – спортсмены с изменения на ЭКГ; 1 – спортсмены без изменений на ЭКГ; MeanDecreaseAccuracy – средняя точность модели; MeanDecreaseGini – «важность» переменной.

*Note.* 0 – athletes with ECG changes; 1 – athletes without ECG changes; MeanDecreaseAccuracy – average accuracy of the model; MeanDecreaseGini – the importance of the variable.

**Закключение.** У всех спортсменов с изменениями ритма и проводимости поддержание вертикальной позы сочеталось с изменением шейных тонических рефлексов, перенапряжением поструральных мышц, проявляющимся в перегрузках ОДА, дискоординации мышечных групп, вестибулярной устойчивости и, как следствие, приводящим к дисфункции иннервации мышц за счет наличия висцеромоторных и моторно-висцеральных взаимосвязей, рефлекторно связанных с сердцем, влияя на работу сердца в виде изменения его ритма и проводимости [1].

Таким образом, учитывая результаты проведенного комплексного исследования испытуемых групп можно сделать заключение о целесообразности использования полученных данных в целях профилактики и ранней диагностики изменений сердечного ритма и проводимости для своевременного предупреждения развития дальнейших структурно-функциональных изменений системы поддержания вертикальной позы и сердечно-сосудистой системы.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ (грант № 19.9733.2017/БЧ).

#### Литература

1. Арьков, В.В. Компенсаторные механизмы нервно-мышечного дисбаланса у спортсменов высокой квалификации / В.В. Арьков, М.Н. Алфимов // Биомедицина. – 2011. – № 2. – С. 58–65.

2. Васильева, И.А. Влияние тренировочных занятий на биомеханические параметры вестибулярного аппарата пловцов / И.А. Васильева, Р.М. Васильев, Т.А. Смирнова // Материалы Междунар. науч.-практ. конгресса. – 2018. – С. 18–21.

3. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение / под ред. А.М. Вейна. – М.: ООО «Мед. информ. агентство», 2003. – 752 с.

4. Корреляционная взаимосвязь пострурального баланса с функциональным состоя-

нием других систем организма у лиц с длительными профессиональными поструральными перегрузками / С.Д. Арутюнов, Е.Е. Маштакова, М.З. Орджоникидзе, Е.А. Бугровецкая // *Мануал. терапия.* – 2009. – № 1 (33). – С. 28–35.

5. Мавлиев, Ф.А. Изменения гемодинамических и стабиллографических показателей при ортостатических воздействиях у спортсменов, занимающихся борьбой / Ф.А. Мавлиев // *Теория и практика физ. культуры.* – 2015. – № 11. – С. 21–24.

6. Могендович, М.Б. Физиологические основы лечебной физкультуры / М.Б. Могендович. – Ижевск, 1975. – 199 с.

7. Некоторые стабиллометрические показатели у спортсменов ЮУрГУ (лыжные гонки и плавание) / А.С. Аладин, В.В. Епишев, Ю.Б. Хусаинова, А.С. Смирнов // *Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием.* – 2014. – Т. 1. – С. 14–16.

8. Особенности стабиллографических показателей высококвалифицированных пловцов в имитационной позе старта / Я.Е. Бугаец, А.С. Гронская, М.В. Малука, М.Е. Погудина // *Материалы науч. и науч.-метод. конф. проф.-препод. состава.* – 2018. – № 1. – С. 159–160.

9. Хорькова, А.С. Некоторые физиологические изменения в организме при плавании и его оздоровительное значение / А.С. Хорькова, В.О. Адилев // *Вестник Югор. гос. ун-та.* – 2016. – № 1 (40). – С. 209–212.

10. 36th Bethesda Conference Eligibility Recommendations for Competitive Athletes with Cardiovascular Abnormalities // *Journal of the American College of Cardiology.* – 2005. – Vol. 45, № 8. – P. 15.

11. Angyan, L. Factors affecting postural stability of healthy young adults / L. Angyan, T. Teczely, Z. Angyan // *Acta Physiol. Hung.* – 2007. – Vol. 94. – P. 289–299.

12. Corrado, D. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete / D. Corrado, A. Pelliccia, H. Heidbuchel // *European Heart Journal.* – 2010. – № 31 (2). – P. 243–259.

13. Drezner, J.A. Electrocardiographic interpretation in athletes: the “Seattle criteria” / J.A. Drezner, M.J. Ackerman, J. Anderson // *Br. J. Sports Med.* – 2013. – № 47. – P. 122–124.

14. ECG Changes in Young Athletes in Russia / V. Epishev, J. Korableva, E. Antonenko, A. Khusnutdinova // *2018 6th International Conference on Physical Education and Society Management (ICPESM 2018), July 22–24, 2018, London, UK.* – 2018. – Vol. 94. – P. 386–392.

15. Heart rate and cardiac conductivity disorders in junior athletes / V.V. Epishev, Y.B. Korableva, A.A. Bakushin, O.B. Vedernikova // *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury.* – 2019. – Vol. 1, № 967. – P. 32–34.

16. Imamura, K. Role of postural sway as a compensatory mechanism for gravitational stress on the cardiovascular system / K. Imamura, T. Mano // *Gait&Posture.* – 1999. – Vol. 1, № 9. – P. 5.

17. Kabacoff, R.I. R in action. Pataanalysis and graphics with R / R.I. Kabacoff. – Island: Manning Publication, 2015. – P. 279.

18. Postural control by cross country skiers grouped by skill levels / A.A. Kravchenko, A.S. Bakhareva, A.P. Isaev, V.V. Erlikh // *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury.* – 2016. – Iss. 3. – P. 9–11.

19. Postural control physiology specifics in elite hurdle racers due to long-term motor specialization / A.A. Semchenko, A.V. Nenasheva, I.V. Izarovskaya et al. // *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury.* – 2018. – Iss. 6. – P. 26–28.

20. Uberoi, A. Interpretation of the Electrocardiogram of Young Athletes / A. Uberoi, R. Stein // *Circulation.* – 2011. – № 124. – P. 746–757.

**Кorableва Юлия Борисовна**, лаборант научно-исследовательского центра спортивной науки, преподаватель кафедры физического воспитания и здоровья института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: julya-74@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2337-3531.

**Епишев Виталий Викторович**, директор научно-исследовательского центра спортивной науки, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: epishev74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7284-7388.

**Бычковских Владимир Анатольевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской хирургии, Южно-Уральский государственный медицинский университет. 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64. E-mail: 52vab@ibox.ru, ORCID: 0000-0002-1291-4243.

Марченко Ксения Андреевна, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра спортивной науки института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: naumova.ksenia94@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1729-395X.

Ушаков Александр Сергеевич, ассистент кафедры физического воспитания и здоровья, старший лаборант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: ushakovas74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7591-3678.

Поступила в редакцию 17 ноября 2019 г.

DOI: 10.14529/hsm19s205

## EFFECT OF POSTURAL BALANCE ON CHANGE IN HEART RHYTHM AND CONDUCTIVITY IN SWIMMERS

Yu.B. Korableva<sup>1</sup>, julya-74@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2337-3531,  
V.V. Epishev<sup>1</sup>, epishev74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7284-7388,  
V.A. Bychkovskikh<sup>2</sup>, 52vab@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-1291-4243,  
K.A. Marchenko<sup>1</sup>, naumova.ksenia94@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1729-395X,  
A.S. Ushakov<sup>1</sup>, ushakovas74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7591-3678

<sup>1</sup>South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

<sup>2</sup>South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation

**Aim.** The purpose of the study is to predict the occurrence or reveal changes in the electrocardiogram (ECG) of swimmers with the help of stabilometric indicators. **Materials and methods.** Sixty qualified athletes participated in the study (CMS, MS, age 16–18 years). Bicycle ergometry was used to detect cardiac rhythm and conduction abnormalities, and a stabilometric complex was used to assess postural balance. **Results.** Incomplete right bundle branch block (RBBB) was observed in 53.33% of athletes; first-degree sinoatrial (SA) block – in 10.01%; extrasystoles (supraventricular: atrial, atrioventricular) – in 33.33%; pacemaker migrations – in 3.33%. Athletes in group 0 recorded a higher level of fluctuations in the center of pressure in the frontal plane in all tests ( $p \leq 0.05$ ): COP-RMSD in FP MS EO ( $> 132.32\%$ ), LHT ( $> 31.94\%$ ), RHT ( $> 76.82\%$ ), MS EC ( $> 83.56\%$ ), LHT EC ( $> 68.61\%$ ), RHT EC ( $> 87.65\%$ ). Using Random Forest machine learning algorithm, it is possible to predict the occurrence or detect changes in the heart rhythm and conductivity in swimmers. **Conclusion.** The features of changes in the electrocardiogram of athletes were considered, the compared parameters of stabilometry data with and without ECG changes were significant at  $p < 0.05$ . A Random Forest model was created to predict or detect changes in the ECG of athletes with the help of stabilometric indicators.

**Keywords:** postural balance, swimmers, electrocardiogram, heart rhythm and conduction disturbance, prognosis.

### References

1. Arkov V.V., Alfimov M.N. [Compensatory Mechanisms Neuro-Muscular Imbalance in Athletes of High Qualification]. *Biomedicina* [Biomedicine], 2011, no. 2, pp. 58–65. (in Russ.)
2. Vasilyeva I.A., Vasilyev R.M., Smirnova T.A. [Effect of Training on Biomechanical Parameters of the Vestibular Apparatus of Swimmers]. *Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. kongressa* [Materials of Intern. Scientific. Scient. Congress's], 2018, pp. 18–21. (in Russ.)
3. Wayne A.M. *Vegetativnyye rasstroystva: klinika, diagnostika, lecheniye* [Autonomic Disorders. Clinical Picture, Diagnosis and Treatment]. Moscow, LLC Medical News Agency Publ., 2003. 752 p.
4. Arutyunov S.D., Mashtakova E.E., Ordzhonikidze M.Z., Bugrovetskaya E.A. [Correlation the Correlation of Postural Balance and Functional Status of Other Systems of the Body in Persons with the Long Professional Postural Overloads]. *Manual'naya terapiya* [Manual Therapy], 2009, no. 1 (33), pp. 28–35. (in Russ.)

5. Mavliev F.A. [Changes of Hemodynamic and Stabilographic Indices During Orthostatic Effects in Athletes Involved in Wrestling]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2015, no. 11, pp. 21–24. (in Russ.)
6. Mogendovich M.B. *Fiziologicheskiye osnovy lechebnoy fizkul'tury* [Physiological Basis of Physical Therapy]. Izhevsk, 1975. 199 p.
7. Aladin A.S., Epishev V.V., Khusainova J.B., Smirnov A.S. [Some Stabilometric Parameters in Athletes SUSU (Skiing and Swimming)]. *Materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunarod. uchastiem* [Materials of Scientific. Scient. Conf. with International. Participation], 2014, vol. 1, pp. 14–16. (in Russ.) DOI: 10.15199/33.2015.09.03
8. Bugaets Y.E., Gronskaya A.S., Maluca M.V., Pogudin M.E. [Features Stabilographic Performance of Highly Qualified Swimmers in the Simulation the Position of Start]. *Materialy nauchn. i nauch.-metod. konf. prof.-prepod. sostava* [Materials Science. and Scien.-Method. Conf. Prof-Teacher. Composition's], 2018, no. 1, pp. 159–160. (in Russ.)
9. Khorkova A.S., Edelev O.V. [Some Physiological Changes in the Body when Swimming and Its Health Value]. *Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta* [Herald Ugra State University], 2016, no. 1 (40), pp. 209–212. (in Russ.) DOI: 10.17816/byusu2016121209-212
10. 36th Bethesda Conference Eligibility Recommendations for Competitive Athletes with Cardiovascular Abnormalities. *Journal of the American College of Cardiology*, 2005, vol. 45, no. 8, p. 15. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.02.006
11. Angyan L. Factors Affecting Postural Stability of Healthy Young Adults. *Acta Physiol. Hung*, 2007, vol. 94, pp. 289–299. DOI: 10.1556/APhysiol.94.2007.4.1
12. Corrado D. Recommendations for Interpretation of 12-Lead Electrocardiogram in the Athlete. *European Heart Journal*, 2010, no. 31 (2), pp. 243–259. DOI: 10.1093/eurheartj/ehp606
13. Drezner J.A., Ackerman M.J., Anderson J. Electrocardiographic Interpretation in Athletes: the “Seattle Criteria”. *Br. J. Sports Med.*, 2013, no. 47, pp. 122–124. DOI: 10.1136/bjsports-2012-092067
14. Epishev V., Korableva J., Antonenko E., Khusnutdinova A. ECG Changes in Young Athletes in Russia. 2018 6th International Conference on Physical Education and Society Management (ICPESM 2018), July 22–24, 2018, London, UK, 2018, vol. 94, pp. 386–392.
15. Epishev V.V., Korableva Y.B., Bakushin A.A., Vedernikova O.B. Heart Rate and Cardiac Conductivity Disorders in Junior Athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2019, vol. 1, no. 967, pp. 32–34.
16. Imamura K. Role of Postural Sway as a Compensatory Mechanism for Gravitational Stress on the Cardiovascular System. *Gait&Posture*, 1999, vol. 1, no. 9, p. 5.
17. Kabacoff R.I. *R in Action. Pataanalysis and Graphics with R*. Island, Manning Publication, 2015. 279 p.
18. Kravchenko A.A., Bakhareva A.S., Isaev A.P., Erlikh V.V. Postural Control by Cross Country Skiers Grouped by Skill Levels. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2016, iss. 3, pp. 9–11.
19. Semchenko A.A., Nenashva A.V., Izarovskaya I.V., Zadorina E.V., Baymukhametova E.F. Postural Control Physiology Specifics in Elite Hurdle Racers due to Long-Term Motor Specialization. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2018, iss. 6, pp. 26–28.
20. Uberoi A., Stein R. Interpretation of the Electrocardiogram of Young Athletes. *Circulation*, 2011, no. 124, pp. 746–757. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.013078

**Received 17 November 2019**

---

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Влияние постурального баланса на изменение ритма и проводимости сердца у пловцов / Ю.Б. Коралева, В.В. Епишев, В.А. Бычковских и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № S2. – С. 37–44. DOI: 10.14529/hsm19s205

**FOR CITATION**

Korableva Yu.B., Epishev V.V., Bychkovskikh V.A., Marchenko K.A., Ushakov A.S. Effect of Postular Balance on Change in Heart Rhythm and Conductivity in Swimmers. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. S2, pp. 37–44. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm19s205