

## **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА СПОРТСМЕНОВ-ПРОФЕССИОНАЛОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА**

*БУТОВА О.А., МАСАЛОВ С.В., ТАБУЛОВ А.Э.  
Ставропольский государственный университет*

### **АННОТАЦИЯ**

Проведен спектральный анализ variability сердечного ритма с применением клиноортостатической пробы у практически здоровых юношей, не занимающихся спортом, и профессиональных спортсменов, занимающихся скоростно-силовыми видами спорта и видами спорта, направленными на развитие мышечной выносливости. Выявлены различные регуляторные механизмы сердечного ритма как у юношей контрольной группы, так и юношей, профессионально занимающихся спортом.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В современных условиях возможность эффективного управления подготовкой спортсменов определяется интеграцией фундаментальных биологических исследований механизмов адаптации к физическим нагрузкам с учетом специфических особенностей учебно-тренировочного процесса и условий его проведения.

Известно, что занятия различными видами спорта стимулируют соответствующие адаптационные перестройки в организме [1], и это обусловлено физиологической целесообразностью для данного вида спорта [2]. Это вполне закономерно с позиции функциональной системы гомеостаза и достижения полезного приспособительного эффекта за счет взаимодействия совокупности систем организма [3].

Спектральные методы анализа ВСР получили в настоящее время широкое распространение [4]. На основании анализа плотности спектральных колебаний, дающих информацию о распределении мощности в зависимости от частоты колебаний, можно, с физиологической точки зрения, судить об уровне управления сердечным ритмом, а также наглядно представить соотношение различных звеньев регуляторного механизма [5, 6, 7].

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В аспекте указанного в соответствии с программой исследования, нами проведен спектральный анализ variability сердечного ритма 120 юношей, не занимающихся спортом, и 95 юношей, профессионально занимающихся спортом, которые были разделены на две группы; 50 юношей, занимающихся скоростно-силовыми видами спорта (спринт, спортивная гимнастика, акробатика) и 45 юношей, профессионально занимающихся видами спорта, направленными на развитие выносливости (бег на длинные дистанции, плавание), без признаков сердечной патологии. Группы спортсменов составили юноши, профессионально занимающиеся

спортом 11,0 ± 3 года (мастера спорта, кандидаты в мастера спорта, перворазрядники).

Параметры вариационных пульсограмм снимались дважды: в положении лежа (клиноположение) и положении стоя (ортоположение).

Длительность исследования лежа и стоя составляла 5 минут, в течение которых проводилась регистрация ритмограммы. Между этапами регистрации ритмограммы – перерыв на 1 минуту с целью ликвидации влияния на результаты исследования ритма сердца побочных эффектов. Для получения и обработки информации использовался аппаратно-программный комплекс «Варикард 2,5», производства ООО «Институт внедрения новых медицинских технологий» «Рамена», позволяющий исследовать характер распределения кардиоинтервалов как случайных величин в исследуемом ряду их значений.

Кроме абсолютных величин мощности компонентов спектра variability сердечного ритма, были исследованы: суммарная мощность спектра и индекс централизации, и приняты следующие условные обозначения: HF – диапазон волн высокой частоты, LF – диапазон волн низкой частоты, VLF – диапазон волн очень низкой частоты, TP – суммарная мощность спектра, ИЦ – индекс централизации [8].

Статистические расчеты проводились при помощи программного пакета «Statistica 6.0».

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В ходе анализа полученных собственных данных variability ритма в клиноположении как следует из рис. 1, TP, отражающая суммарный эффект воздействия на сердечный ритм всех уровней регуляции, имеет достоверно самые высокие показатели у спортсменов скоростно-силовых видов спорта ( $3323 \pm 145,3 \text{ мс}^2$ ). У спортсменов, тренирующихся на выносливость ( $2777 \pm 123,5 \text{ мс}^2$ ), этот показатель достоверно меньше, чем у юношей контрольной группы ( $3096 \pm 156 \text{ мс}^2$ ). С учетом имеющихся в литературе сведений, что среднее абсолютное значение TP составляет около  $3446 \text{ мс}^2$  [9], к которому максимально приближены показатели спортсменов скоростно-силовых видов спорта, полагаем, что обнаруженное нами снижение этого параметра указывает на снижение адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы, в наиболее значимой степени свойственно спортсменам видов спорта с развитием мышечной выносливости и у не занимающихся спортом. Полагаем, что специфика спорта, направленная на развитие мышечной выносливости организма спортсмена, снижает стрессовую устойчивость организма.

Таблица 1

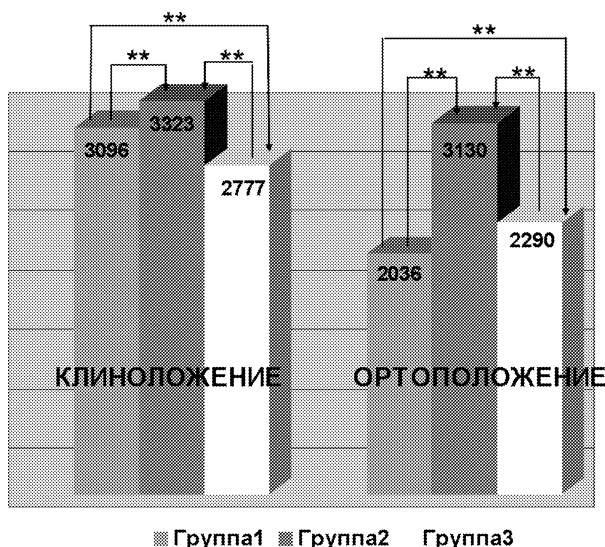
Показатели спектрального анализа  
вариабельности сердечного ритма

Рис. 1. Общая мощность спектра вариабельности сердечного ритма в клино- и ортоположениях.

Примечание: \*\* –  $P < 0,001$

При выполнении КОП происходит достоверное снижение суммарной мощности спектра во всех трех группах юношей, что свидетельствует о происходящих общих адаптационных перестройках сердечно-сосудистой системы в ответ на физическую нагрузку. Однако на данном этапе хотелось бы отметить различную степень уменьшения показателя суммарной мощности спектра в различных группах. Так, в контрольной группе показатель ТР уменьшился в 1,52 раза, составив самую значительную разницу из трех групп. При этом в организме спортсменов скоростно-силовых видов спорта величина суммарной мощности спектра снизилась с  $3323 \pm 145,3 \text{ мс}^2$  до  $3130 \pm 120,5 \text{ мс}^2$  (1,06 раза), а у спортсменов видов спорта с развитием мышечной выносливости с  $2777 \pm 123,5 \text{ мс}^2$  до  $2290 \pm 152,6 \text{ мс}^2$  (1,21 раза).

Таким образом, если в клиноположении наименее адаптированной оказалась группа спортсменов, ориентированных на развитие мышечной выносливости, то выполнение нагрузочной пробы выявило максимальное снижение суммарной мощности спектра в контрольной группе, что указывает на снижение адаптивных возможностей, а следовательно, и на уменьшение функционального резерва системы кровообращения, что подтверждает данные о том, что общее функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у юношей-спортсменов в ответ на физическую нагрузку выше, чем у юношей, не занимающихся спортом.

Анализ спектральной плотности мощности колебаний (см. табл.) в клиноположении выявил достоверное увеличение мощности волн высокой частоты, отражающее активность парасимпатического кардиоингибиторного центра продолговатого мозга, то есть автономного контура регуляции в группе спортсменов скоростно-силовых видов спорта ( $1034 \pm 74,9 \text{ мс}^2$ ) в сравнении с контрольной ( $677,1 \pm 51,6 \text{ мс}^2$ ) группой и группой спортсменов, занимающихся развитием мышечной выносливости ( $845,2 \pm 48,5 \text{ мс}^2$ ). Аналогичным образом у спортсменов, занимающихся спортом, направленным на развитие мышечной выносливости (III гр.), величина высокочастотных дыхательных волн достоверно выше ( $P < 0,001$ ) в

1 группа					
	HF (мс <sup>2</sup> )	LF(мс <sup>2</sup> )	VLF(мс <sup>2</sup> )	TP(мс <sup>2</sup> )	ИЦ(усл.ед.)
Клиноположение	677,1±51,6	1742,7±102,9	656,3±112	3096±156	3,63±0,28
Ортостаз	300,8±51,2	1293,2±83,3	452,1±65,8	2036±162,3	7,34±0,56
P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2 группа					
Клиноположение	1034±74,9	1668±78,3	580,5±77,8	3323±145,3	2,98±0,32
Ортостаз	322,2±43,8	1712,1±105,5	795,8±70,2	3130±120,5	9,21±1,11
P	<0,001	>0,01	<0,005	<0,001	<0,001
P1	<0,001	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001
P2	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
3 группа					
Клиноположение	845,2±48,5	1440,8±120,3	467,8±92,6	2777±123,5	2,62±0,47
Ортостаз	285,1±35	1309,7±102,2	564,3±50,4	2290,3±152,6	6,07±0,9
P	<0,001	>0,01	>0,01	<0,001	<0,001
P3	<0,001	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001
P4	<0,001	>0,01	<0,001	<0,001	<0,001
P5	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001
P6	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001

Примечания: P – достоверность различий в клиноположении и ортостазе у юношей одной группы; P1 – достоверность различий показателей в клиноположении 1 и 2 групп; P2 – достоверность различий показателей в ортостазе 1 и 2 групп; P3 – достоверность различий показателей в клиноположении 1 и 3 групп; P4 – достоверность различий показателей в ортостазе 1 и 3 групп; P5 – достоверность различий показателей в клиноположении 2 и 3 групп; P6 – достоверность различий показателей в ортостазе 2 и 3 групп.

сравнении с контрольной группой. Вышеизложенное может свидетельствовать о выраженном преобладании тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы у спортсменов скоростно-силовых видов спорта, а также об умеренном преобладании тонуса парасимпатического отдела у спортсменов видов спорта с развитием выносливости. Полагаем, что в управлении ритмом сердца в клиноположении у спортсменов преобладает автономный контур регуляции с большей степенью выраженности в организме спортсменов скоростно-силовых видов спорта (II гр.)

Внутригрупповой анализ результатов клиноорто-статической пробы выявил достоверное ( $P < 0,001$ ) снижение мощности HF – компонента спектра вариабельности сердечного ритма в контрольной группе в два раза (с  $677,1 \pm 51,6 \text{ мс}^2$  до  $300,8 \pm 51,2 \text{ мс}^2$ ), в группе видов спорта на выносливость в 2,5 раз (с  $845,2 \pm 48,5 \text{ мс}^2$  до  $285,1 \pm 35 \text{ мс}^2$ ), а в группе скоростно-силовых видов спорта более чем в три раза (с  $1034 \pm 74,9 \text{ мс}^2$  до  $322,2 \pm 43,8 \text{ мс}^2$ ), что свидетельствует о различной степени активности синусового узла. В связи с чем закономерными представляются исследования low-frequency and very-low-frequency.

Проведенный межгрупповой анализ в клиноположении показал, что мощность волн низкой частоты, отражающая активность симпатических центров продолговатого мозга (кардиостимулирующего и вазоконстрикторного), имеет наибольшие показатели в контрольной группе ( $1742,7 \pm 102,9 \text{ мс}^2$ ) и достоверно ( $P < 0,005$ ) превышает значения, выявленные в обеих группах спортсменов. Среди спортсменов

достоверно выше мощность волн низкой частоты в группе скоростно-силовых видов спорта ( $1668 \pm 78,3 \text{ мс}^2$ ). С учетом имеющихся в литературе сведений [10] о преобладании в юношеском периоде онтогенеза в регуляции ритмом сердца симпатических влияний, отражающих с позиции уровней управления кардиоритмом 3 уровень центрального контура – вазомоторный центр, по нашим результатам, максимально этому соответствуют юноши I группы, а минимально – юноши III группы.

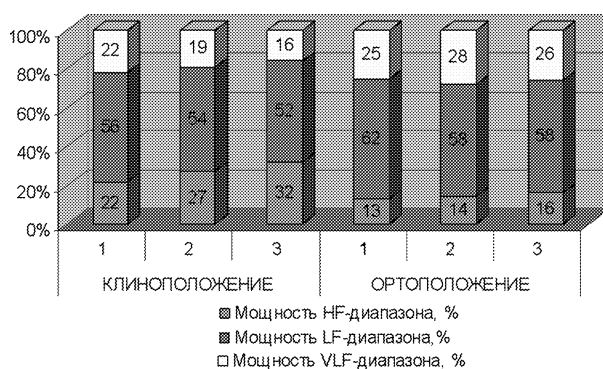
Проведение КОП вызвало достоверное уменьшение мощности волн низкой частоты только в контрольной группе (с  $1742,7 \pm 102,9 \text{ мс}^2$  до  $1293,2 \pm 83,3 \text{ мс}^2$ ). В группах спортсменов достоверных различий не выявлено, но следует отметить тенденцию к снижению показателя в группе спортсменов, тренирующихся на выносливость, и повышение показателя в группе скоростно-силовых спортсменов. Вышеизложенное может свидетельствовать о существенном снижении влияния кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров симпатической нервной системы на вегетативный тонус у не занимающихся спортом юношей.

Показатель мощности волн очень низкой частоты (VLF), отражающий активность центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма, 2 и 3 уровни центрального контура, достоверно ( $P < 0,001$ ) выше в группе юношей, не занимающихся спортом. В группах спортсменов этот показатель достоверно ( $P < 0,001$ ) выше у юношей, занимающихся скоростно-силовыми видами спорта. Складывается впечатление, что в организме юношей, не занимающихся спортом, так же как и в организме спортсменов скоростно-силовых видов спорта увеличена роль центрального контура регуляции, поскольку VLF являются маркером степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипоталамическим и корковым уровнями. Полагаем, что юноши именно этих групп характеризуются психоэмоциональным напряжением.

При выполнении КОП в группе скоростно-силовых видов спорта и группе спортсменов, тренирующихся на выносливость, происходит достоверное увеличение показателя мощности волн очень низкой частоты (с  $580,5 \pm 77,8 \text{ мс}^2$  до  $795,8 \pm 70,2 \text{ мс}^2$  и с  $467,8 \pm 92,6 \text{ мс}^2$  до  $564,3 \pm 50,4 \text{ мс}^2$  соответственно), что свидетельствует о повышении роли централизации управления вегетативным гомеостазом при выполнении физических нагрузок в группах спортсменов. В I группе наблюдается достоверное снижение этого показателя (с  $656,3 \pm 112 \text{ мс}^2$  до  $404,1 \pm 65,8 \text{ мс}^2$ ), что свидетельствует об уменьшении влияния механизмов централизации управления ритмом сердца при выполнении физических нагрузок. Это указывает на различные механизмы поддержания вегетативного гомеостаза у юношей, не занимающихся спортом, и профессиональных спортсменов. По данным Флейшмана А.Н. [11], уровень колебания VLF связан с характером потребления кислорода. Возрастание мощности исходно низких показателей VLF-колебаний кардиоритма сопровождается увеличением анаэробного порога организма и повышением физической работоспособности. Обратное соотношение – уменьшение 20-секундных колебаний – отмечается при снижении физической работоспо-

собности [10]. По нашему мнению, этот феномен подчеркивает метаболическое происхождение VLF и объясняет возрастание после выполнения КОП показателя мощности VLF в группах спортсменов, их более высокой работоспособностью, сформировавшейся в процессе долговременной адаптации к высоким физическим нагрузкам.

При анализе относительного вклада каждого из диапазонов волн в суммарную мощность спектра (рис. 2) было выявлено в клиноположении во всех трех группах увеличение показателя LF, что объясняется преобладающим влиянием в регуляции ритма сердца симпатической вегетативной нервной системы в юношеском периоде онтогенеза. Однако, если относительная величина LF в организме спортсменов снижается в сравнении с контрольной группой, то вклад в суммарную мощность HF волн возрастает. Полагаем, что в организме спортсменов в спектральной плотности мощности колебаний возрастает роль автономного контура регуляции.



**Рис. 2.** Спектральная плотность суммарной мощности колебаний ритма сердца.

**Примечания:** 1 группа – контроль, 2 группа – скоростно-силовые виды спорта, 3 группа – виды спорта на развитие выносливости.

При проведении КОП во всех группах наблюдается увеличение показателей LF за счет активизации симпатoadреналовой системы и выброса в кровь катехоламинов и VLF вследствие активизации ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. Снижение процентного вклада HF в суммарную мощность спектра свидетельствует о схожести процессов адаптивной реакции системы кровообращения на физическую нагрузку в юношеском периоде онтогенеза. Однако разница в значениях показателей HF и LF свидетельствуют о более весомом вкладе парасимпатической нервной системы в регуляцию кардиоритма у юношей-спортсменов в сравнении с контрольной группой, с максимальной степенью выраженности у спортсменов, занимающихся с развитием мышечной выносливости.

Проведенный анализ индекса централизации спектрального анализа, указывающего на отношение активности центрального контура регуляции к автономному, выявил достоверное ( $P < 0,001$ ) снижение этого показателя в обеих группах спортсменов, в сравнении с контрольной группой. В самих же группах спортсменов этот показатель достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже в группе спортсменов, занимающихся развитием мышечной выносливости.

При выполнении КОП индекс централизации достоверно ( $P < 0,001$ ) увеличился во всех группах, но следует отметить, что в контрольной группе и груп-

пе спортсменов, занимающихся на выносливость этот показатель увеличился в два раза (с  $3,63 \pm 0,28$  до  $7,34 \pm 0,56$  и с  $2,98 \pm 0,47$  до  $6,07 \pm 0,9$  соответственно), а в группе скоростно-силовых видов спорта этот показатель увеличился в три раза (с  $2,75 \pm 0,32$  до  $9,21 \pm 1,11$ ). Это свидетельствует о более высокой централизации управления вегетативным гомеостазом при адаптации организма к высоким скоростно-силовым физическим нагрузкам [12].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценивая в целом результаты исследований, выдвигаем гипотезу о том, что в мобилизации резервных возможностей организма профессиональных спортсменов лежат принципиально различные регуляторные механизмы. У спортсменов, занимающихся скоростно-силовыми видами спорта, доминирует центральный, а у спортсменов с нагрузкой, направленной на развитие мышечной выносливости, – автономный контуры регуляции кардиоритмом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Коцарь Ю.А. Оценка динамики показателей функциональных резервов легкоатлетов в спринтерских и стайерских двигательных режимах с помощью автоматизированных программ: Автореф. дис. на соискание ученой степени к.б.н. – Новосибирск, 1997. – 34 с.
2. Агаджанян М.Г. Электрокардиографические проявления хронического физического перенапряжения у спортсменов. // Физиология человека. – 2005. – том 31, № 6. – С. 60-64.
3. Жужгов А.П. Вариабельность сердечного ритма у спортсменов различных видов спорта: Автореф. дис. на соискание ученой степени к.б.н. – Казань, 2003. – 30 с.
4. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине. // Физиология человека. – 2002. – Том 28, № 2. – С. 70.
5. Васенко Ю.Ю., Гепле Н.А., Глазачев О.С. Спектральный анализ вариабельности ритма сердца в оценке состояния вегетативной нервной системы у здоровых детей // Росс. педиатр. журн. – 1999. – № 3. – С. 20.
6. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца. М.: Оверлей. – 2001. – 200 с.
7. Удельнов М.Г. Физиология сердца. М. – 1975. – 302 с.
8. Heart rate variability (Standart of measurement, physiological interpretation, and clinical use) // Circulation. – 1996. – V. 93. – № 5. – P. 1043.
9. Бабунц И.В., Мириджанян Э.М., Машаех Ю.А. Азбука анализа вариабельности сердечного ритма. Ставрополь. – 2006. – 111 с.

10. Викулов А.Д., Немиров А.Д., Ларионова Е.Л., Шевченко А.Ю. Вариабельность сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов. // Физиология человека. – 2005. – Том 31, № 6. – С. 54-59.

11. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Новосибирск. – 1999. – 264 с.

12. Шейх-Заде Ю.Р., Сухомлинов В.В., Жукова Е.В. и др. Новый подход к пониманию и оценке вариабельности сердечного ритма // XVIII съезд физиологического общества им И.П. Павлова: Тез. докл. – Казань. – М. – ГЭОТАР-МЕД. – 2001. – С. 458-459.

### РЕЗЮМЕ

На основании спектрального анализа данных вариабельности сердечного ритма полагаем, что в организме профессиональных спортсменов скоростно-силовых видов спорта и видов спорта с развитием мышечной выносливости в спектральной плотности мощности колебаний возрастает роль автономного, а в организме юношей, не занимающихся спортом, доминирует роль центрального контура регуляции.

В мобилизации резервных возможностей организма профессиональных спортсменов лежат принципиально различные регуляторные механизмы, что указывает на различные эффекты адаптации. У спортсменов, занимающихся скоростно-силовыми видами спорта, доминирует центральный контур регуляции кардиоритмов. У спортсменов с нагрузкой, направленной на развитие мышечной выносливости, возрастает роль рабочих структур автономного контура регуляции деятельности сердца. То есть в организме спортсменов скоростно-силовых видов спорта выявлена большая степень внутрисистемного и межсистемного гомеостаза. При этом в организме спортсменов с нагрузкой на выносливость формирование адаптивной реакции сердечно-сосудистой системы осуществляется с помощью синусового узла и ядер n. vagus.

### ABSTRACT

On the basis of spectral analysis of data of variability of cardiac rhythm suppose that in the organism of professional sportsmen of speed and power types of sport and types of sport with development of muscular endurance in the spectral closeness of power of vibrations a role increases autonomous, and in the organism of youths, not going in for sports, the role of central contour of adjusting prevails.

Different regulator mechanisms lie in mobilization of reserve possibilities of organism of professional sportsmen on principle that specifies on the different effects of adaptation. For sportsmen, engaged in the speed and power types of sport, the central contour of adjusting of heart rate prevails. For sportsmen, with loading of the muscular endurance directed on development, the role of workings structures of autonomous contour of adjusting of operation of heart increases. That the large degree of intersystem homeostasis is exposed in the organism of sportsmen of speed and power types of sport. Thus, in the organism of sportsmen with loading on endurance, forming of adaptive reaction is cardiac vascular system carried out by a sine knot and kernels of n. vagus.

## ТИПЫ РЕАКЦИЙ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

СУХОВ С.В.

*Национальный научно-практический центр физической культуры, г. Алматы, Казахстан*

**Ключевые слова:** электропунктурная диагностика, биологически активные точки, физическая нагрузка, спортсмены.

### ВВЕДЕНИЕ

Внедрение в практику спортивной медицины метода, дающего возможность оценить функциональное состояние спортсмена в полевых условиях, своевременно диагностировать переутомление и предпатологические состояния, контролировать эффективность восстановительных мероприятий, несомненно, способствовало бы улучшению управления тренировочным процессом, сокращению сроков реабилитации спортсменов. Перспективной в этом отношении является электропунктурная диагностика. Система биологически активных точек лабильна, и

сдвиги в ее состоянии опережают изменения во внутренних органах [5,3]. Ранее отмечалось соответствие данных, полученных с помощью электропунктурной диагностики функциональному состоянию органов и систем организма спортсменов в ходе учебно-тренировочного процесса [6]. С появлением компьютерных технологий и более совершенных приборов точность измерения возросла и значительно повысились скорость и качество обработки полученных данных [2, 4, 7, 8]. Показано, что электропунктурная диагностика может использоваться в комплексной оценке реакции организма на физическую нагрузку [1]. Однако многие вопросы применения данного метода диагностики в области спортивной медицины и реабилитации остаются неизученными. В настоящее время продолжается поиск методик и