

**УДК 612.181: 612.062**

*Е.Ю. Берсенева<sup>1</sup>, А.В. Суворов<sup>1</sup>, А.А. Гуров<sup>2</sup>*

*E.Yu. Berseneva<sup>1</sup>, A.V. Suvorov<sup>1</sup>, A.A. Gurov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки  
Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-  
биологических проблем РАН, г. Москва

<sup>2</sup> ООО «Инферум», г. Екатеринбург

<sup>1</sup> State Scientific Center of the Russian Federation Institute of Biomedical Problems  
(IBMP) and Federal State Budgetary Institution of Science, Moscow

<sup>2</sup> LLC «Inferum», Yekaterinburg

[bersenev\\_evgenii@mail.ru](mailto:bersenev_evgenii@mail.ru)

**Влияние однократной электростимуляции корректором артериального  
давления «АВР-051» на показатели вариабельности сердечного ритма у  
тренированных спортсменов**

**The effect of a single electrostimulation by the blood pressure corrector «AVR-  
051» on the parameters of heart rate variability in trained athletes**

#### **Аннотация**

Проведено исследование вегетативной регуляции сердечного ритма при однократной электростимуляции биологически активных зон у тренированных спортсменов. Эффект однократной электростимуляции биологически активной зоны МС-6 прослеживается в относительном снижении симпатического «контроля» в покое и стабилизации показателей вегетативной реактивности в ответ на выполнение функциональных нагрузочных проб. Бóльший эффект прослеживается у лиц с исходным нормотоническим типом вегетативного тонуса.

**Ключевые слова:**

Электростимуляция, биологически активные зоны, вариабельность сердечного ритма, вегетативный тонус.

**Abstract:**

An investigation of autonomic regulation of heart rhythm with single electrostimulation of biologically active zones in trained athletes was carried out. The effect of a single electrostimulation of the MC-6 biologically active zone is traced in a relative decrease in sympathetic "control" at rest and stabilization of vegetative reactivity in response to performance of functional loading tests. A greater effect can be observed in individuals with the initial normotonic type of vegetative tone.

**Keywords:**

Electroneurostimulation, biologically active zones, heart rate variability, autonomic tone.

**Введение**

В условиях современной жизни большинство людей в той или иной мере подвержены психоэмоциональным или физическим перегрузкам. Спортивные нагрузки и тренировки в интенсивном режиме также вызывают стрессорную реакцию организма, а при длительном (хроническом) воздействии, могут спровоцировать развитие различных патологических состояний и заболеваний. Сердце является весьма чувствительным индикатором всех происходящих в организме процессов. Ритм и сила сердечных сокращений, регулируемые через симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы, очень чутко реагируют на любые внешние воздействия. Текущая активность симпатического и парасимпатического отделов является результатом многоконтурной и многоуровневой реакции системы регуляции кровообращения, изменяющей во времени свои параметры для достижения оптимального приспособительного ответа, который отражает адаптационную реакцию целостного организма.

Электростимуляция биологически активных зон является нелекарственным методом воздействия на сердечно-сосудистую систему человека и ее вегетативную регуляцию. В данном исследовании сделана попытка оценить влияние однократной электростимуляции биологически активных зон у испытуемых, чей вегетативный тонус сформирован под влиянием многолетних тренировок.

### **Объекты исследований и методика**

В исследовании участвовало 7 практически здоровых мужчины в возрасте 21-36 лет ( $27.5 \pm 1.1$ ), имеющие среднее физическое развитие (рост  $176.3 \pm 1.2$  см, масса тела  $76.4 \pm 1.3$  кг) и активно занимающиеся спортом (бокс, борьба, единоборства). Настоящее исследование явилось частью программы тренировочного сбора, утвержденной директором ГНЦ РФ – ИМБП РАН. Все обследуемые были проинформированы о методике проведения измерений и дали письменное согласие на участие в Программе.

Во время измерений в покое обследуемые находились в положении сидя. Исследования проводили в начале тренировочного периода в отсутствие физических нагрузок в дневной период суток с 13 до 15 часов в отдельной комнате с нормальной температурой и влажностью.

На левое запястье испытуемого накладывался прибор – корректор АД «АВР-051» (ООО Компания «Инферум», г. Екатеринбург, Россия) на проекцию биологически активной зоны МС-6 для последующего проведения электростимуляции. Использовали устройства с активной стимуляцией «АВР-051» и устройства, имитирующие работу электростимулятора, не отличающиеся по внешним признакам («плацебо» прибор). Во время «плацебо» электростимуляции мерцание светодиода отражало «работу» устройства.

Для измерения ЭКГ и последующего анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) использовался беспроводной одноканальный регистратор «Варикард 2.8» (ИВНМТ «Рамена, г. Рязань, Россия) (1200 Гц, 16 бит, передача данных BLE). Использовались одноразовые электроды, наклеиваемые в отведении CM5. Программное обеспечение регистратора (ПО «ИСКИМ 6.2»,

ИВНМТ «Рамена, г. Рязань, Россия) позволяет создать собственный сценарий исследования для корректного сохранения и последующей обработки данных.

При анализе ВСР были выбраны 8 наиболее распространенных показателей временного (статистического) (SDNN, RMSSD, СИ – стресс-индекс) и частотного (спектрального) анализа ВСР (TP, HF, LF, VLF, LF/HF, VLF/HF).

В течение 5 минут регистрировали показатели ЭКГ. После проведения исследований в покое проводили сеанс электростимуляции в течение 5 минут. Режим стимуляции: последовательная электростимуляция с частотой 9,2 Гц в течение 3 минут и далее 2 минуты с частотой 77 Гц. Каждый обследуемый участвовал в двух экспериментах, в одном из них электростимуляция проводилась в активном режиме, в другом использовался «плацебо» прибор. Применение корректора АД и «плацебо» прибора, имитирующего электростимуляцию, проводили рандомизировано в каждый день исследования, с использованием случайного выбора.

При обработке данных использовали Microsoft Excel 2010 и статистический пакет GraphPad Prism 6.0.

### **Результаты**

Общепризнанным методом оценки вегетативной регуляции колебаний ритма сердечных сокращений является анализ ВСР. Метод широко используется не только в клинической диагностике нарушений сердечного ритма, но и позволяет оценить активность адренергических механизмов, степень центрального управления сердечным ритмом, соотношение тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [1-3].

Сравнивали 5-минутные фрагменты ЭКГ в покое и при проведении серии электростимуляции или «плацебо». Вычисляли величину последовательных интервалов между R- R зубцами (Рис. 1). При выполнении нагрузочных тестов у некоторых испытуемых появлялись единичные нарушения ритма (экстрасистолы). При выполнении нагрузки величина кардиоинтервалов укорачивается (ЧСС растет), а при восстановлении удлиняется.

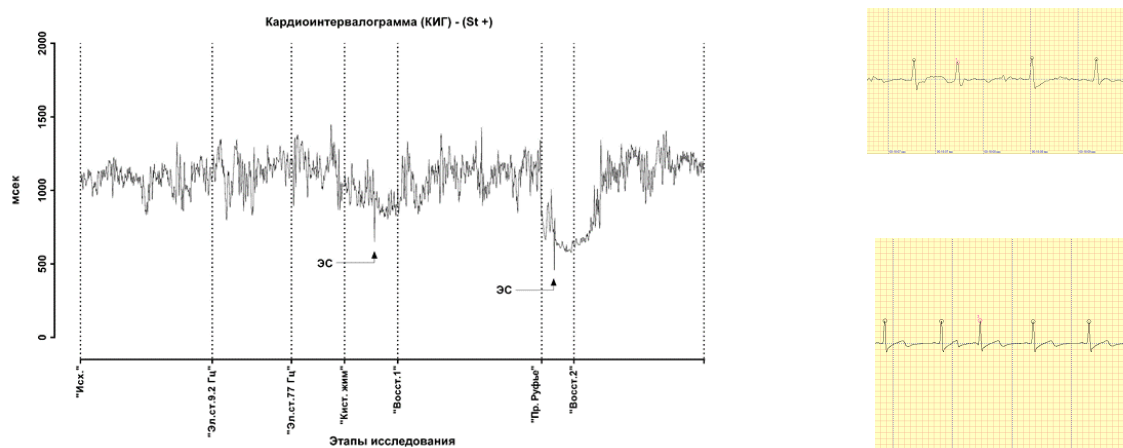


Рис. 1. Пример кардиоинтервалограммы (слева) во время проведения электростимуляции St (+) и ЭКГ (справа) с наличием экстрасистол, выявленных при физической нагрузке. ЭС – эпизоды экстрасистолии.

Далее в таблицах 1 и 2 представлены показатели временного (статистического) и спектрального (частотного) анализа ВСР.

Таблица 1.

Показатели временного (статистического) анализа ВСР

Показатели ВСР / Иссл. группы	ЧСС, уд/мин.	RMSSD, мс	SDNN, мс	СИ, усл.ед
Исх. (St-) Все исп.	59.2±2.9	79.3±17.8	86±12.7	36.1±5.3
Эл.стим.(St-) Все исп.	60±2.9	76.5±22.4	81±15.1	41.3±8.5
Исх. (St+) Все исп.	61.1±1.9	82.4±11.7	98.9±10.8	28.2±6.6
Эл.стим.(St+) Все исп.	61.8±2.3	81.8±10.4	102.4±9.8	25.3±5.0
Исх. (St-) ПсНС	55±0.9	104.9±7.5	101.1±6.6	29.6±4.9
Эл.стим.(St-) ПсНС	56.3±1.8	101.6±2.1	96±2.4	35.7±3.4
Исх. (St+) ПсНС	60±2.7	97.1±13.5	114.3±12.7	19.6±8.9
Эл.стим.(St+) ПсНС	60.6±2.7	97±5	114.8±6.7	19.9±2.2
Исх. (St-) НрНС	64.7±0.9	45.3±7.5	66±6.6	44.7±4.9
Эл.стим.(St-) НрНС	64.9±1.8	43±2.1	61±2.4	48.9±3.4
Исх. (St+) НрНС	62.7±4.5	62.7±22	78.3±14.6	39.5±13.3
Эл.стим.(St+) НрНС	63.4±4.5	61.7±18.7	86±18.6	32.4±11.1

При сравнении показателей ВСР в условно стационарных состояниях, в покое и при проведении активной электростимуляции (St+) или «плацебо»

электростимуляции (St-) наблюдается снижение СИ и рост SDNN и RMSSD у всех испытуемых (Все исп. - Группа ПсНС+Группа НрНС) после проведения серии (St+). В группе 1 парасимпатотоники (ваготоники) - (ПсНС) электростимуляция не изменяет вегетативный баланс, в отличие от Группы 2 – нормотоники (НрНС) у которых прослеживается тенденция к снижению СИ.

Показатели частотного анализа ВСР у всех испытуемых после проведения серии с электростимуляцией увеличиваются, причем во всех частотных диапазонах. Баланс вегетативной регуляции после (St+) в среднем по всей группе исследуемых не изменяется. У ваготоников (ПсНС) активная электростимуляция не влияет на показатели частотного анализа ВСР и их соотношений (LF/HF и VLF/HF), наоборот, после воздействия показатели спектрального анализа ВСР в этой группе становятся более стабильными. В группе 2 (НрНС) наблюдается прирост как в суммарной мощности, так и в низкочастотной области (LF), что косвенно подтверждает активацию вазомоторного центра у нормотоников.

Таблица 2

Показатели спектрального (частотного) анализа ВСР

Показатели ВСР Иссл. группы	TP, мс <sup>2</sup>	HF, мс <sup>2</sup>	LF, мс <sup>2</sup>	VLF, мс <sup>2</sup>	LF/HF	VLF/HF
Исх. (St-) Все исп.	6783.4±2255.5	2498.8±926	2186.3±837.6	1256±505.4	1.5±0.7	1.5±1.1
Эл.стим.(St-) Все исп.	6845.4±2690.7	2583±1231.9	1997.2±974.3	1106.3±330.6	1.2±0.2	1.3±0.5
Исх. (St+) Все исп.	8794.6±1730.1	2426.2±588.2	2817.5±467.3	1703.3±364.6	2.1±0.9	0.9±0.2
Эл.стим.(St+) Все исп.	9442.5±1881.2	2524.7±612.7	2974.9±458.7	1781.7±537.3	2.2±1.1	0.9±0.2
Исх. (St-) ПсНС	9297±462.5	3728.3±344.7	3201.8±141.4	1415.8±279.1	0.9±1.8	0.3±2.5
Эл.стим.(St-) ПсНС	9459.6±437.5	4021.9±165	2822.6±129.2	1245.9±138.3	1±0.4	1.2±0.4
Исх. (St+) ПсНС	11190.8±1982.9	3115.8±754.1	3120±822.6	2167.3±343.6	1±1.5	0.7±0.3
Эл.стим.(St+) ПсНС	11437.1±1944.2	3364.1±599.7	3158.2±426.5	2029.8±750.4	1±0.1	0.6±0.2
Исх. (St-) НрНС	3431.8±462.5	859.4±344.7	832.3±141.4	1042.9±279.1	2.4±1.8	3.1±2.5
Эл.стим.(St-) НрНС	3359.9±437.5	664.4±165	896.6±129.2	920.1±138.3	1.5±0.4	1.5±0.4
Исх. (St+) НрНС	5599.6±2170.5	1506.6±1067.3	2414.1±647.5	1084.5±504	3.5±1.9	1.1±0.3
Эл.стим.(St+) НрНС	6783.2±3320.1	1405.3±901.4	2730.5±1028	1450.8±893.8	3.9±2.4	1.3±0.4

В экспериментальных сериях с проведением электростимуляции и серий «плацебо» наблюдаемые различия на уровне тенденций отчасти объясняются высоким уровнем тренированности исследуемой группы лиц, для которых

привычны физические нагрузки и имеющих достаточно стабильный исходный вегетативный тонус, сформированный многолетними физическими нагрузками, и возможно, кратким, однократным характером воздействия.

Таким образом, проведенное исследование показало, что эффект однократной электростимуляции биологически активной зоны МС-6 прослеживается в относительном снижении симпатического «контроля» в покое и стабилизации показателей вегетативной реактивности в ответ на выполнение функциональных нагрузочных проб. Бóльший эффект прослеживается у лиц с исходным нормотоническим типом вегетативного тонуса.

### **Обсуждение результатов**

Любая систематическая физическая (тренировочная) нагрузка сопровождается возрастанием роли автономного контура регуляции [4]. Последнее проявляется на уровне вегетативной регуляции ритма сердца брадикардией и увеличением амплитуды дыхательных волн.

Для оценки ВСР используется более чем 25 показателей. Из них, применительно к спортсменам разных видов спорта, наиболее чувствительными и информативными являются TP, СИ и LF/HF.

У спортсменов, под влиянием длительных тренировок формируется особая регуляция сердечного ритма в покое с преобладанием «быстрых», автономных «дыхательных» ритмов (HF), с наименьшим вовлечением медленноволновых компонентов (VLF). При динамическом наблюдении можно прогнозировать эффективность тренировочного процесса атлета по изменению статистических и спектральных показателей ритма сердца.

Исследования, проведенные в нашем институте, подтверждают ряд мнений о взаимосвязи процессов регуляции системы кровообращения с физической работоспособностью и развитием отдельных качеств у спортсменов разной спортивной специализации. Так повышение высокочастотных компонентов в спектре сердечного ритма (HF), характеризует благоприятные тенденции при организации тренировочного процесса, направленного на развитие скоростно-силовых качеств, например, в условиях ациклической

деятельности (спортивная гимнастика). О развитии свойств выносливости при выполнении циклической работы большой мощности (академическая гребля, скоростной бег на коньках) свидетельствует активация сосудодвигательного центра - появление медленных волн (LF).

В нашем исследовании мы сделали попытку путем биофизических методов воздействия – электростимуляции биологически активной зоны внутренней стороны предплечья МС-6 повлиять на характер физиологического ответа тренированных спортсменов на функциональные пробы, вызывающие повышение артериального давления и частоты пульса. Однократное электростимуляционное воздействие на зону МС-6 у здоровых людей и лиц, страдающих от повышенного АД, вызывает снижение АД в среднем на 5-7 мм рт.ст.

Физическая нагрузка малой мощности и продолжительности является стресс-стимулирующим фактором физиологического ответа основанном на динамическом взаимодействии трёх стресс-реактивных систем: симпатoadреналовой (САС), гипоталамо-гипофизарно-адреналовой (ГГАС) и эндогенно-опиоидной (ЭОС). Исследованиями последних лет подтверждается, что между ЭОС и САС существуют реципрокные взаимодействия, по крайней мере, на уровне сердечной и сосудистой регуляции [5].

Ранее было выявлено, что электроаккупунктурное воздействие оказывает комплексное ингибирующее действие на симпатическую регуляцию сердечно-сосудистой системы. Электростимуляция проекций биологически активных зон, через сложную систему ядер и проводящих путей мозга активирует систему выработки регуляторных нейропептидов. Часть эндогенных опиоидов, по всей видимости, участвуют в гипотензивной реакции [6-7]. Можно предполагать, что именно способность опиоидных пептидов ограничивать активность САС является базовым механизмом стресс-лимитирующих свойств опиоидной системы.

Нашими исследованиями установлено, что однократный краткосрочный эффект электростимуляции зависит от исходного вегетативного тонуса



исследуемых спортсменов. Влияния электростимуляции на сердечно-сосудистую систему непродолжительно, в среднем от одного часа до четырех [8], поэтому в последующих исследованиях может быть рекомендовано проводить повторные сеансы в течение дня и длительное курсовое воздействие на протяжении 14 дней подряд для получения устойчивого эффекта [9].

### **Заключение**

На фоне проводимой активной электростимуляции у тренированных спортсменов изменения показателей вегетативной регуляции сердечного ритма зависят от исходного вегетативного тонуса спортсменов. У спортсменов с преобладанием парасимпатического тонуса (ПсНС) прироста показателей ВСР не происходит в отличие от номотоников (НрНС), у которых эффект проявляется в увеличении частотного диапазона в области медленных волн (LF) по сравнению с серией «плацебо».

Таким образом, можно высказать предположение, что однократной эффект электростимуляции отражается «нормализующим» влиянием на физиологическом ответе организма в покое и при проведении функциональных проб. У нормотоников этот эффект проявляется более значительно.

Особую роль играет нейроэндокринное взаимодействие симпато-адреналовой (САС), гипоталамо-гипофизарно-адреналовой (ГГАС) и эндогенной опиоидной системы (ЭОС) систем. Возможным эффектом электростимуляции является опосредованная активация опиатных рецепторов, которая обеспечивает пресинаптическое ингибирование нейротрансмиссии в центральных и периферических структурах [10].

### **Выводы**

1. Однократная электростимуляция биологически активной зоны МС-6 вызывает активацию подкорковых регуляторных структур у спортсменов с преимущественно нормотоническим типом вегетативной регуляции.
2. Возможным прикладным результатом может стать применение электронейростимуляции у спортсменов с гипертензивной реакцией на физическую нагрузку.

## Список литературы

1. Парин В.В., Баевский Р.М. Введение в медицинскую кибернетику. М., Медицина, 1966, -220 с.
2. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. Спортивная кардиология. Руководство для врачей, 1989. - 464 с.
3. Казначеев, В. П. Современные аспекты адаптации / В. П. Казначеев . – Новосибирск : Наука, 1980 . – 190 с.
4. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М.Баевский. – М.: Медицина, 1979. – 298 с.
5. Pepe S, van den Brink OW, Lakatta EG, Xiao RP. Cross-talk of opioid peptide receptor and beta-adrenergic receptor signalling in the heart. // Cardio-vasc Res. 2004 Aug 15;63(3):414-22.
6. Li P, Tjen-A-Looi SC, Guo ZL, Longhurst JC. An arcuate-ventrolateral periaqueductal gray reciprocal circuit participates in electroacupuncture cardiovascular inhibition. Auton Neurosci. 2010 Dec 8;158(1-2):13-23
7. Li P, Tjen-A-Looi SC, Longhurst JC. Nucleus raphe pallidus participates in midbrain-medullary cardiovascular sympathoinhibition during electroacupuncture. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2010 Nov;299(5):R1369-76.
8. Syuu Y, Matsubara H, Kiyooka T, Hosogi S, Mohri S, Araki J, Ohe T, Suga H. Cardiovascular beneficial effects of electroacupuncture at Neiguan (PC-6) acupoint in anesthetized open-chest dog. Jpn J Physiol. 2001 Apr;51(2):231-8.
9. Huo ZJ, Li Q, Tian GH, Zhou CM, Wei XH, Pan CS, Yang L, Bai Y, Zhang YY, He K, Wang CS, Li ZG, Han JY. The ameliorating effects of long-term electroacupuncture on cardiovascular remodeling in spontaneously hypertensive rats. BMC Complement Altern Med. 2014 Apr 1;14:118
10. Парин С.Б., Роль эндогенной опиоидной системы в формировании экстремальных состояний, дисс. д.б.н., Нижний Новгород. 2010. - 492 с.

