

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У 17–18-ЛЕТНИХ БОКСЕРОВ И БЕГУНОВ НА КОРОТКИЕ И СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ

*Ильютик А.В.,*

*Асташова А.Ю.,*

*Зубовский Д.К.*, канд. мед. наук,

Белорусский государственный университет физической культуры,

Республика Беларусь

Сердечно-сосудистая система (ССС) является индикатором адаптационно-приспособительных реакций организма к воздействию факторов внешней среды, в том числе и физических нагрузок [1], при этом основное регулирующее влияние на работу ССС оказывает вегетативная нервная система (ВНС). Регистрация и анализ меняющейся длительности интервалов последовательных сердечных сокращений, т.е. вариабельности сердечного ритма (ВСР), указывая на соотношение активности симпатического и парасимпатического отделов ВНС, является методом оценки состояния физиологических функций организма и его адаптации к внешней среде. Это дает возможность характеризовать изменения функционального состояния организма при отсутствии сдвигов основных физиологических показателей [2]. Регулирование функций ССС со стороны ВНС носит многоконтурный и многоуровневый характер [2–5]. При оптимальной регулирующей функции ВНС управление происходит с участием низшего (автономного) контура регуляции (синусовый узел, блуждающие нервы и их ядра в продолговатом мозгу) [2]. При предъявлении высоких требований к организму (интенсивная физическая и/или психоэмоциональная нагрузка) баланс нарушается в сторону преобладания симпатической нервной регуляции [2]. Происходит активация высших, центральных уровней управления (подкорковые центры, кора головного мозга) [3]. Наибольшее напряжение функционирования ССС вызывают нагрузки скоростно-силового характера. Показатели ВСР являются одной из важнейших характеристик индивидуальной адаптации спортсменов к напряженным нагрузкам. Анализ ритмограммы дает возможность оценить резервы организма, так как отклонения, возникающие в регуляторных системах, предшествуют функциональным нарушениям органов и систем [2; 6].

**Цель исследования** – сравнительный анализ показателей вариабельности сердечного ритма у 17–18-летних боксеров и бегунов на короткие и средние дистанции при скоростно-силовой направленности тренировочного процесса.

**Организация и методы исследования.** Исследование проводилось на базе межкафедральной учебно-научно-исследовательской лаборатории учреждения образования «Белорусский государственный университет физической культуры» (БГУФК). В тестировании приняли участие 30 боксеров и 30 легкоатлетов, специализирующихся в беге на короткие и средние дистанции, в возрасте 17–18 лет (квалификация – КМС, I и II разряды). Обследование спортсменов проводили в подготовительном периоде годового цикла спортивной тренировки. Регистрация показателей ВСР производилась методом кардиоинтервалографии (КИГ) по Р.М. Баевскому с использованием компьютерного комплекса «Нейрон-Спектр» (Нейрософт, Россия).

При анализе ВСР в покое и при проведении активной ортостатической пробы изучались пространственно-спектральные компоненты ВСР: TP ( $\text{мс}^2$ ) – общая мощность спектра ВСР; VLF ( $\text{мс}^2$ ) – мощность спектра очень низких частот; LF ( $\text{мс}^2$ ) – мощность низкочастотного домена спектра ВСР; HF ( $\text{мс}^2$ ) – мощность высокочастотного домена спектра ВСР; LF/HF – индекс симпатико-парасимпатического баланса. HF, LF и VLF (%) – процентный вклад каждой колебательной составляющей в общую мощность спектра. Изучались показатели вариационной пульсометрии: Мо (наиболее часто встречающееся значение кардиоинтервала), АМо (амплитуда моды – процент кардиоинтервалов RR, соответствующий значению моды), ВР (вариационный размах – разность между длительностью наибольшего и наименьшего RR-интервала). Оценивались расчетные индексы (у.е.): ИВР (индекс вегетативного равновесия:  $\text{ИВР} = \text{АМо}/\text{ВР}$ ), ИН (индекс напряжения, характеризующий состояние вегетативного тонуса), ИНБ (индекс напряжения Баевского, показатель вегетативной реактивности).

Статистический анализ данных производили с помощью пакета программ «Microsoft Office Excel» и «IBM SPSS Statistics 20». Использовались: критерии Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смир-

нова; методы непараметрической статистики; U-критерий Манна-Уитни; W-критерии Уилкоксона. Количественные данные представлены в виде медианы значений (Me) и интерквартильного размаха с описанием значений 25 и 75 перцентилей: Me (25 %; 75 %). Критическим значением уровня значимости считали 0,05.

**Основные результаты исследования и их обсуждение.** В таблице представлены среднегрупповые величины спектральных показателей ВРС у боксеров и бегунов на короткие и средние дистанции. У легкоатлетов среднегрупповые показатели спектра ВРС в покое составили: HF – 39,6 %, LF – 25,0 % и VLF – 28,2 % (таблица). У боксеров показатели спектра ВРС составили: HF – 48,4 %, LF – 27,7 % и VLF – 24,1 %. Данные результаты, как и уровень соотношения LF/HF, свидетельствуют об умеренной парасимпатической активности ВНС и, в общем, о рабочем состоянии регуляторных систем организма и экономизации функций CCC у бегунов и боксеров, что является результатом адаптивной перестройки деятельности ВНС и центральных структур регуляции в ответ на тренировочные нагрузки.

Таблица – Показатели ВРС у легкоатлетов и боксеров

Показатели	Легкая атлетика (n=30)	Бокс (n=30)	P
фоновая запись			
TP, мс <sup>2</sup>	3755 (2071; 4416)	5143 (3426; 9643)	0,030
HF, мс <sup>2</sup>	1433 (850; 2159)	1730 (1234; 4358)	0,041
HF, (%)	39,6 (29,3; 51,4)	48,4 (29,6; 58,2)	0,383
LF, мс <sup>2</sup>	917 (553; 1271)	1423 (872; 2103)	0,020
LF, (%)	25,0 (20,9; 34,7)	27,7 (19; 31,3)	0,927
VLF, мс <sup>2</sup>	734 (506; 1426)	1480 (672; 2547)	0,210
VLF, (%)	28,2 (17,7; 40,8)	24,1 (14,6; 35,7)	0,375
LF/HF	0,6 (0,4; 1,3)	0,6 (0,4; 0,9)	0,744
Mo, с	0,99 (0,93; 1,13)	1,02 (0,86; 1,07)	0,271
AMo, %	37,7 (30,7; 44,7)	30,6 (24,5; 38,0)	0,019
BP, с	0,302 (0,232; 0,404)	0,447 (0,324; 0,492)	0,006
IBP, у.е.	116,0 (81,7; 189,6)	79,3 (49,7; 107,9)	0,007
ИН, у.е.	58,2 (42,0; 99,0)	39,6 (27,4; 59,1)	0,022
Активная ортостатическая проба			
TP	1761* (858; 2529)	3127* (1850; 4631)	0,048
HF, мс <sup>2</sup>	256* (89; 465)	485* (180; 862)	0,046
HF, (%)	13,4* (5,5; 19,9)	15,3* (9,3; 22,1)	0,291
LF, мс <sup>2</sup>	818 (407; 1690)	1711 (1044; 2633)	0,025
LF, (%)	50,6* (34,7; 65,6)	54,9* (43,1; 66,5)	0,585
VLF, мс <sup>2</sup>	484 (203; 892)	689 (334; 1794)	0,197
VLF, (%)	34,5 (18,9; 43,0)	30,7 (13,8; 39,2)	0,627
LF/HF	4,5* (2,7; 8,5)	3,1* (2,3; 5,7)	0,271
Mo, с	0,73* (0,66; 0,83)	0,69* (0,67; 0,73)	0,239
AMo, %	46,6* (36,7; 55,3)	40,0* (31,4; 49,0)	0,092
BP, с	0,197* (0,144; 0,264)	0,261* (0,195; 0,326)	0,032
IBP, у.е.	266,1* (154,5; 378,3)	147,1* (95,1; 245,6)	0,032
ИНорт, у.е.	161,1* (105,0; 287,1)	102,1* (67,5; 157,7)	0,048
ИНБ, у.е.	2,8 (1,8; 5,1)	3,0 (1,8; 4,0)	0,809
Примечания – *P – достигнутый уровень значимости при сравнении групп спортсменов по U-критерию Манна-Уитни (жирным шрифтом выделены значимые различия); * – значимые различия в группах при сравнении с фоновой записью по W-критерию Уилкоксона (P<0,05)			

Анализ показателей ВСП, зарегистрированных в состоянии покоя, выявил, что бегуны на короткие и средние дистанции отличаются от боксеров более высокими АМо, ИВР, ИН ( $P < 0,05$ ). Снижение данных показателей ритмограммы у боксеров указывает на уменьшение симпатической регуляции и централизации управления сердечным ритмом. Значимо более высокие значения АМо у легкоатлетов указывают на снижение лабильности и увеличение ригидности систем регуляции организма, т. е., чем выше значение АМо, тем больше организм мобилизуется [5]. В покое бегуны отличались от боксеров более низкими значениями ВР и мощности ТР и HF ( $P < 0,05$ , таблица). Повышение данных показателей ритмограммы у боксеров свидетельствует о росте variability, усилении парасимпатической составляющей и автономного контура регуляции. В целом, в состоянии покоя 17–18-летние боксеры характеризуются более оптимальным состоянием механизмов регуляции сердечного ритма по сравнению с бегунами на короткие и средние дистанции.

При проведении активной ортостатической пробы (АОП) наблюдается изменение паттерна регуляции от HF>VLF>LF (бегуны) и HF>LF>VLF (боксеры) к LF>VLF>HF (бегуны и боксеры, таблица). При этом у бегунов происходило снижение мощностей всех компонентов спектра ВСП по сравнению с фоновой записью ( $P < 0,05$  по W-критерию Уилкоксона, таблица): ТР снизилась на 53,1 %, HF – на 82,1 %; VLF – на 34,1 %. В наименьшей степени было выражено уменьшение мощности LF-компонентов: на 10,8 % (таблица). В условиях АОП у боксеров ТР снизилась на 39,2 %, при этом отмечен адекватный рост вклада LF-составляющей (на 20,2 %) на фоне уменьшения вклада HF-волн (на 72,0 %) и VLF-волн (на 53,4 %). Данные изменения демонстрируют более выраженное напряжение регуляторных механизмов, снижение рефлекторной парасимпатической регуляции у легкоатлетов и позволяют оценить как более высокую устойчивость ССС и организма к физиологическому стрессу в виде АОП у боксеров по сравнению с бегунами на короткие и средние дистанции [7; 12].

При сравнении результатов АОП отмечен значимый рост ИН в обеих группах (таблица), что отражает скоростно-силовую направленность тренировочного процесса и является мобилизующей составляющей для роста спортивного мастерства. В группе бегунов среднегрупповой уровень ИН в ортостазе в 2,8 раза превышал таковой в покое и был выше нормы (161,1 (105,0; 287,1) у.е., таблица). В группе боксеров ИН в ортостазе был значимо ниже: 102,1 (67,5; 157,7) у.е. При этом величина ИН в ортостазе превышала верхнюю границу нормы у 50,0 % бегунов и у 27,6 % боксеров. Таким образом, адаптация системы кровообращения к смене положения тела в пространстве у бегунов достигается более высокой ценой и напряжением регуляторных механизмов по сравнению с боксерами.

Данное положение подтверждается динамикой АМо, ВР, ИВР в ортостазе. В покое значения данных показателей у спортсменов обеих групп находились в пределах нормы. В ортостазе ИВР у легкоатлетов увеличился в 2,3 раза по сравнению с фоновой записью, у боксеров – в 1,8 раза. Рост индекса ИВР указывает на то, что адаптация ССС к смене положения тела в пространстве у бегунов происходит за счет более выраженной активации симпатического отдела ВНС по сравнению с боксерами. Чрезмерная активность симпатического отдела может существенно ускорить истощение физиологических резервов и снизить физическую работоспособность. Это особенно актуально для обследованных спортсменов. Величина вариационного размаха (ВР) кардиоинтервалов в ортостазе у бегунов значимо ниже по сравнению с боксерами, что указывает на более высокую степень централизации в управлении сердечным ритмом и усиление влияния на него симпатического отдела ВНС у бегунов.

Таким образом, у бегунов на короткие и средние дистанции по сравнению с боксерами анализ ВСП выявил более высокие показатели: ИН, ИВР (покой и ортостаз), АМо (покой), более низкие показатели ТР, HF, LF, ВР (покой и ортостаз, различия статистически значимы, таблица). Это свидетельствует о том, что напряжение механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности у боксеров существенно ниже, чем у бегунов.

Индивидуальный анализ показателей ритмограммы позволил выявить особенности исходного вегетативного тонуса и тип вегетативной реактивности у 17–18-летних спортсменов в зависимости от спортивной специализации (рисунок). Установлено, что у спортсменов преобладала исходная нормотония: у 53,3 % бегунов на короткие и средние дистанции и у 63,3 % боксеров. Исходная ваготония, свидетельствующая об экономизации функционирования системы кровообращения, отмечена у 30,0 % боксеров и только у 13,3 % бегунов. Исходная симпатикотония как показатель напряжения механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности, у бегунов диагностировалась в 5 раз чаще, чем у боксеров (рисунок).

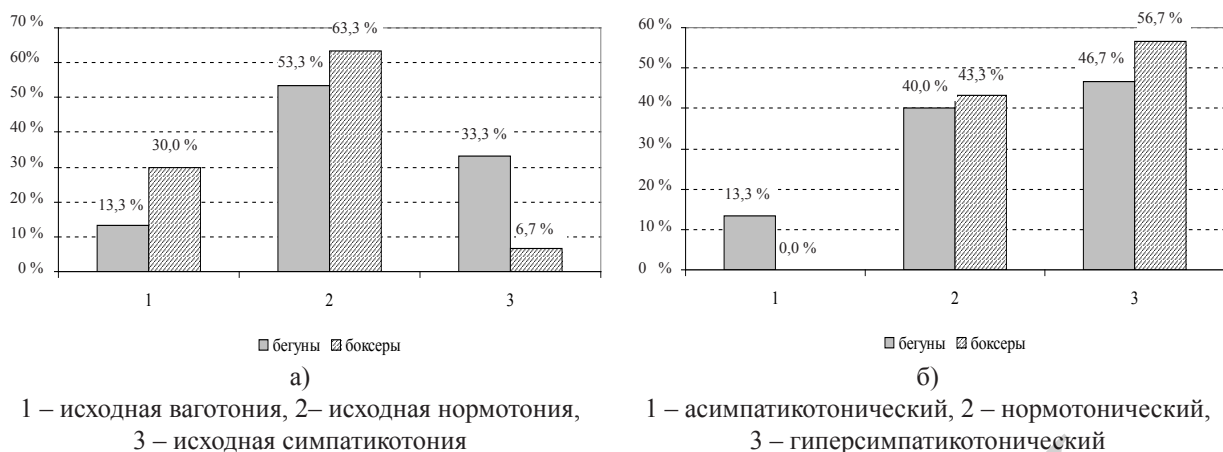


Рисунок – Состояние исходного вегетативного тонуса (а) и тип вегетативной реактивности (б) у 17–18-летних спортсменов в зависимости от спортивной специализации

Наиболее часто диагностируемым типом вегетативной реактивности как у легкоатлетов, так и у боксеров, был гиперсимпатикотонический: в 46,7 % случаев у бегунов и в 56,7 % случаев у боксеров (рисунок). Асимпатикотонический тип вегетативной реактивности отмечен только у легкоатлетов (13,3 %), т. е. для них характерно замедленное включение в работу физиологических резервов организма. Нормотонический тип вегетативной реактивности отмечен практически с одинаковой частотой у спортсменов обеих групп (рисунок). Выявленные особенности вегетативной реактивности 17–18-летних боксеров и бегунов на короткие и средние дистанции указывают на то, что даже на минимальную физическую нагрузку в виде изменения положения тела в пространстве многие из них реагировали чрезмерной мобилизацией функциональных и энергетических резервов организма. При выполнении значительных физических нагрузок это обусловит более быстрое развитие утомления с более глубоким истощением физиологических резервов, для восстановления которых потребуется больше времени.

**Выводы.** Проведенное исследование показало, что, при одинаковой направленности тренировочного процесса (скоростно-силовой), функциональное состояние механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности у 17–18-летних боксеров несколько лучше, чем у бегунов на короткие и средние дистанции. В состоянии покоя боксеры характеризовались оптимальным соотношением составляющих спектра ВСР: HF>LF>VLF. Паттерн регуляции сердечного ритма у бегунов (HF>VLF>LF) свидетельствовал об усилении центральных уровней управления, что является критерием напряжения регуляторных механизмов деятельности ССС и организма в целом. Исходная ваготония, свидетельствующая об экономизации функционирования системы кровообращения, отмечена у 30,0 % боксеров и только у 13,3 % легкоатлетов. Исходная симпатикотония как показатель напряжения механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности у бегунов диагностировалась в 5 раз чаще, чем у боксеров.

При проведении активной ортостатической пробы изменения спектральных и временных показателей ВСР у бегунов на короткие и средние дистанции указывают на большее напряжение регуляторных механизмов, снижение рефлекторной парасимпатической регуляции и более высокую степень централизации в управлении сердечным ритмом по сравнению с боксерами. Адаптация системы кровообращения к смене положения тела в пространстве у бегунов достигается большей ценой по сравнению с боксерами, что позволяет охарактеризовать как более высокую устойчивость ССС и организма к физиологическому стрессу в виде АОП у боксеров.

Функциональное состояние ССС в группе обследованных 17–18-летних бегунов на короткие и средние дистанции в подготовительном периоде годичного цикла спортивной тренировки характеризуется угрозой дезадаптивных реакций организма. Повышение адаптационно-компенсаторных возможностей механизмов регуляции ритма сердца требует профилактического применения немедикаментозных восстановительных технологий.

1. Кудря, О. Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности / О. Н. Кудря, Л. Е. Белова, Л. В. Капилевич // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 3. – С. 162–166.
2. Баевский, Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов. – М.: Медицина, 2000. – 295 с.
3. Хаспекова, Н. Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга: автореф. дис. ... д-р. мед. наук: 03.00.13 / Н. Б. Хаспекова; Ин-т высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. – М., 1996. – 49 с.
4. Шлык, Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н. И. Шлык. – Ижевск: Изд-во Удмуртского ун-та, 2009. – 255 с.
5. Aubert, A. E. Heart rate variability in athletes / A. E. Aubert, B. Seps, F. Beckers // Sports Medicine, 2003. – Vol. 33. – P. 889–919.
6. Жемайтите, Д. И. Вегетативная регуляция синусового ритма сердца у здоровых и больных / Д. И. Жемайтите, Л. С. Толькнис // Анализ сердечного ритма. – Вильнюс, 1982. – 130 с.
7. Баевский, Р. М. Донозологическая диагностика в оценке состояния здоровья / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева // Валеология: диагностика, средства и практика обеспечения здоровья: сб. науч. тр. РАН. – СПб., 1993. – Вып. 1. – С. 33–47.

## **ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КОНЬКОБЕЖЦЕВ С РАЗЛИЧНЫМИ ГЕНОТИПАМИ ГЕНА *CYP17A1***

**Ильютик А.В.,**

**Гилеп И.Л.,** канд. хим. наук, доцент,

Белорусский государственный университет физической культуры,  
Республика Беларусь

Стероидные гормоны (андрогены, эстрогены, глюкокортикоиды, минералкортикоиды) являются регуляторами фундаментальных процессов жизнедеятельности организма и играют важную роль в адаптации организма спортсменов к напряженным тренировочным и соревновательным нагрузкам и в развитии физических качеств. Синтез стероидных гормонов начинается с единого предшественника – холестерина, при участии ряда митохондриальных и микросомальных (локализованных в эндоплазматическом ретикулуме) ферментов, относящихся к цитохрому P450 – семейству гемопротеинов [1; 3].

Фермент цитохром P450c17 участвует в реакциях биосинтеза стероидных гормонов в мембранах эндоплазматического ретикулума ряда стероидогенных органов и тканей. Цитохром P450c17 катализирует реакцию образования 17 $\alpha$ -гидроксипроизводных прегненолона и прогестерона, являющихся предшественниками биосинтеза глюкокортикоидных гормонов. Этот же фермент катализирует реакцию превращения 17 $\alpha$ -гидроксипрегненолона в дегидроэпиандростерон, который является промежуточным звеном в биосинтезе половых гормонов (андрогенов и эстрогенов) [3]. Таким образом, цитохром P450c17 является ключевым ферментом в биосинтезе стероидных гормонов, определяющим направленность реакций по пути биосинтеза глюкокортикоидов либо половых гормонов, его продукт катализирует реакции превращения холестерина в кортизол, тестостерон и эстрадиол. Без этого белка все ветви биосинтеза блокируются, и холестерин превращается только в 2 других гормона: прогестерон и кортикостерон [2; 6].

Цитохром P450c17 является продуктом гена *CYP17A1*, который расположен в 10-й хромосоме (10q 24 регион), имеет протяженность порядка 8 тысяч пар нуклеотидов и состоит из 8 экзонов и 7 интронов [2–5]. Полиморфизм гена *CYP17A1* заключается в наличии Т или С нуклеотида в положении –34 промоторной области гена *CYP17A1* [2–5]. Соответственно, выделяют 3 полиморфных варианта гена *CYP17A1*: гомозиготные ТТ и СС, а также гетерозиготный – ТС. Предполагается, что данный полиморфизм ассоциирован с изменением уровня половых гормонов, циркулирующих в крови. Мутация гена препятствует нормальному преобразованию промежуточных продуктов в