

IV. МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ И РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ЮНЫХ БОКСЕРОВ НА ЭТАПЕ НАЧАЛЬНОЙ СПОРТИВНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

А.В. Ильютик, Д.К. Зубовский, канд. мед. наук, *А.Ю. Асташова*,
Белорусский государственный университет физической культуры,
Д.В. Якубчик,
Специализированная детско-юношеская школа олимпийского резерва
по боксу управления спорта и туризма Мингорисполкома

В статье изложены результаты исследования аппарата внешнего дыхания, центральной гемодинамики и регуляции сердечного ритма спортсменов-боксеров 12–17 лет. Исследованные показатели свидетельствуют об эффективно спланированном адекватно возрасту учебно-тренировочном процессе на этапе начальной спортивной специализации.

ANALYSIS OF THE STATUS OF HEMODYNAMICS AND CARDIAC RHYTHM REGULATION OF YOUNG BOXERS AT THE STAGE OF INITIAL SPORTS SPECIALIZATION

The article presents investigation results of the external respiration apparatus, central hemodynamics, and cardiac rhythm regulation of athletes-boxers aged 12–17. The investigated indicators testify to an effectively planned age-adequate educational and training process at the stage of initial sports specialization.

Введение. Современный спорт предъявляет такие высокие требования к качеству подготовки спортивного резерва, что «физиологическая стоимость» спортивных успехов может оказаться чрезмерной [1]. Поэтому научные исследования должны быть направлены на эффективное и успешное включение юношества и молодежи во взрослый спорт для формирования и целенаправленной коррекции их функционального состояния и здоровья.

Бокс является контактным сложнокоординационным видом спорта с тактической непредсказуемостью и высоким эмоциональным напряжением, что уже на этапе начальной спортивной специализации предъявляет высокие требования к организму [2]. При этом необходимо учитывать, что изменения, происходящие в строении и физиологическом состоянии организма юных боксеров, обусловлены не только начальным воздействием систематических занятий спортом, но и возрастными особенностями [3–5].

Процесс адаптации к мышечной деятельности у юных спортсменов характеризуется целым рядом особенностей, связанных с высокими темпами возрастных морфологических и функциональных перестроек сердечно-сосудистой системы (ССС) [5–8]. Так, частота сердечных сокращений (ЧСС) покоя, а также любая рабочая и максимальная ЧСС у детей выше, чем у взрослых. На фоне возрастного уменьшения ЧСС ритм сердечной деятельности может иметь неустойчивый характер и колебаться под влиянием внутренних и внешних раздражителей [5–6].

Мышечную работоспособность может ограничивать функциональное состояние центральной нервной системы. Так, рефлекторные реакции детей и подростков являются менее адекватными раздражению и носят более выраженный характер. При этом их двигательные действия нередко отличаются большим числом дополнительных движений или излишней закрепошенностью. При сильных воздействиях у детей относительно быстро может развиваться запредельное торможение [1]. Вегетативная регуляция сердечного ритма растущего организма также имеет возрастные особенности. По мере развития организма преобладание симпатических влияний становится менее выраженным на фоне усиления влияния блуждающего нерва [1–2]. Причем, как показали исследования особенностей вариабельности сердечного ритма (ВСР), процессы созревания регуляторных систем у детей одного возраста происходят неодинаково: с преобладанием либо автономных, либо центральных механизмов регуляции сердечного ритма. В последнем варианте ВСР функциональные и адаптивные возможности организма существенно ниже, а различные дизрегуляторные проявления могут быть более выражены [2, 8].

Следовательно, для развития физических качеств и достижения высоких спортивных результатов в детском и юношеском спорте в ходе систематических занятий необходим тщательный текущий физиологический контроль.

Цель исследования – анализ состояния центральной гемодинамики (ЦГД) и вариабельности сердечного ритма (ВСР) у юных боксеров на этапе начальной спортивной специализации.

Материалы и методы исследования. В тестировании принимали участие 44 боксера, учащиеся ГУСУ «СДЮШОР по боксу управления спорта и туризма Мингорисполкома». Разряд МС имел 1 спортсмен, КМС – 5, I разряд – 4, юношеские разряды – 34 спортсмена. Спортсмены были разделены на три возрастные группы: юноши 16–17 лет (гр. 1; n=10); подростки 14–15 лет (гр. 2; n=20); дети 12–13 лет (гр. 3; n=14).

Показатели системного кровообращения регистрировались методом дифференциальной тетраполярной реографии (компьютерный реограф «Импекард-М»). Изучались показатели ЦГД: частота сердечных сокращений – ЧСС (уд/мин); систолическое, диастолическое, среднее артериальное давление – соответственно САД, ДАД, АДср. (мм рт. ст.); ударный объем крови – УО (мл); минутный объем кровообращения – МОК (мл/мин); ударный индекс – УИ (мл/м²); сердечный индекс – СИ (л/мин×м²); давление наполнения левого желудочка – ДНЛЖ (мм рт. ст.); общее периферическое сопротивление сосудов – ОПСС (дин×с×м⁻⁵);

а также производное от ЧСС и АД: общий гемодинамический показатель – ОГП (у. е.). Показатели регистрировали в покое и сразу после выполнения физической нагрузки.

При анализе ВСР (компьютерный комплекс «Нейрон-Спектр», Нейрософт, Россия) в покое и в ортостазе изучались пространственно-спектральные компоненты ВСР: TP (mc^2) – общая мощность спектра ВСР; VLF (mc^2) – мощность спектра очень низких частот; LF (mc^2) – мощность низкочастотного домена спектра ВСР; HF (mc^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. Состояние вегетативного тонуса оценивалось по величине индекса напряжения ИН (у.е.), вегетативная реактивность – по индексу напряжения Баевского ИНБ (у.е.).

Статистический анализ данных производили с помощью пакета программ «Microsoft Office Excel» и «IBM SPSS Statistics 20». Использовались: критерии Шапиро – Уилка (для проверки нормальности распределения количественных признаков), Н-критерий Краскела – Уоллиса (для сравнения трех независимых выборок) и W-критерий Уилкоксона (при сравнении парных наблюдений). 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. В таблице 1 представлены среднегрупповые величины показателей центральной гемодинамики покоя у юных боксеров разных возрастных групп.

Таблица 1. – Показатели центральной гемодинамики юных боксеров

Показатели	Обследованные боксеры			
	Группа 1, n=10	Группа 2, n=20	Группа 3, n=14	P
Возраст, лет	16 (16,0; 16,8)	14 (14,0; 15,0)	13 (12,0; 13,0)	0,000
Рост, см	182 (174,5; 185,0)	175 (168,8; 178,3)	158 (154,5; 162,8)	0,000
Вес, кг	68,5 (61,8; 83,0)	57,0 (51,8; 63,8)	46,5 (43,5; 58,8)	0,001
САД, мм рт. ст.	120 (120; 120)	110 (105; 120)	93 (90; 95)	0,000
ДАД, мм рт. ст.	63 (60; 65)	58 (55; 60)	53 (45; 59)	0,001
АДср, мм рт. ст.	81,7 (78,7; 83,3)	75,0 (70,0; 78,7)	65,9 (60,2; 71,5)	0,000
ЧСС, уд/мин	65 (62; 70)	60 (54; 66)	69 (68; 76)	0,009
УО, мл	101,9 (92,3; 120,9)	95,2 (82,7; 110,4)	71,2 (59,0; 81,2)	0,003
МОК, л/мин	7,0 (5,8; 7,8)	5,9 (4,9; 6,5)	4,8 (4,0; 5,4)	0,039
СИ, л/мин \times м ²	3,9 (3,4; 4,1)	3,5 (3,2; 4,2)	3,4 (2,9; 4,2)	0,69
ОПСС, ин \times с \times см ⁻⁵	787 (664; 926)	797 (738; 919)	926 (705; 1012)	0,81
ДНЛЖ, мм рт. ст.	17,5 (17,1; 18,6)	17,4 (16,8; 18,1)	17,9 (16,8; 18,8)	0,78
ОГП, у.е.	149 (137; 156)	134 (130; 142)	136 (129; 139)	0,033

Примечание – P – достигнутый уровень значимости при сравнении трех групп спортсменов по Н-критерию Краскела – Уоллиса (жирным шрифтом выделены значимые различия).

ОГП является одной из интегральных характеристик системы кровообращения и адаптационных возможностей организма. Среднестатистические уровни ОГП во всех группах наблюдения соответствовали хорошему гемодинамическому состоянию [5]. Отличное состояние гемодинамики (ОГП<125) [5] чаще диагностировалось у более младших спортсменов (гр. 2 и 3): а именно, у 55,0 и 35,7 % испытуемых, соответственно, тогда как в гр. 1 – только у 10,0 % (различия значимы при сравнении гр. 1 и гр. 2, $P<0,01$, $\varphi_{ЭКСП}=2,65$). При этом у более старших боксеров (гр. 1) величина ОГП была значимо выше по сравнению с боксерами гр. 2 и гр. 3 ($P<0,05$, таблица 1), что обусловлено более высоким САД и ДАД у 16–17-летних боксеров.

В таблице 2 представлены среднегрупповые величины пространственно-спектральных показателей ВСР в состоянии покоя у юных боксеров.

Таблица 2. – Среднегрупповые показатели ВСР юных боксеров

Показатели	Обследованные боксеры			
	Группа 1, n=10	Группа 2, n=20	Группа 3, n=14	P
Фоновая запись				
TP, мс ²	4246 (3344; 7547)	4645 (2251; 7445)	3550 (1667; 7289)	0,41
HF, мс ²	1333 (913; 2510)	2206 (1037; 3388)	1683 (590; 3322)	0,60
HF, (%)	27,1 (23,2; 40,8)	45,4 (36,7; 56,3)	52,1 (39,6; 65,9)	0,045
LF, мс ²	1089 (895; 1523)	911 (561; 2436)	956 (523; 1725)	0,79
LF, (%)	27,8 (26,2; 30,3)	27,2 (17,3; 32,6)	25,0 (21,2; 42,8)	0,91
VLF, мс ²	1461 (994; 3096)	1081 (728; 1840)	639 (310; 909)	0,007
VLF, (%)	42,7 (29,7; 47,7)	24,5 (14,2; 31,1)	17,8 (14,6; 23,8)	0,022
LF/HF	1,0 (0,6; 1,4)	0,7 (0,3; 0,9)	0,5 (0,3; 1,1)	0,23
ИИ, у. е.	42,6 (32,9; 55,7)	46,5 (25,6; 78,0)	52,1 (32,8; 114,5)	0,52
Ортостаз				
TP	3444 (1767; 4974)	2313 (1378; 3779)	2574 (1597; 3551)	0,51
HF, мс ²	421 (190; 806)*	232 (104; 403)*	361 (172; 892)*	0,45
HF, (%)	13,2 (10,8; 14,5)*	8,7 (7,1; 12,1)*	15,6 (9,2; 26,2)*	0,026
LF, мс ²	1460 (754; 2751)*	1103 (501; 1969)	1260 (636; 1402)	0,19
LF, (%)	48,3 (41,0; 55,8)*	45,0 (39,0; 51,4)*	42,6 (38,7; 46,0)*	0,56
VLF, мс ²	1495 (970; 1725)	913 (712; 1558)	841 (569; 1336)	0,21
VLF, (%)	40,1 (28,4; 47,7)	43,6 (35,0; 50,3)*	34,5 (28,4; 46,9)*	0,52
LF/HF	3,7 (3,5; 4,3)*	5,2 (3,9; 6,6)*	2,7 (1,4; 3,8)*	0,048
ИИорт, у. е.	63,8 (58,6; 157,9)*	111,0 (69,0; 181,7)*	100,3 (72,8; 162,5)	0,25
ИИБ, у. е.	1,8 (1,5; 3,0)	2,6 (1,7; 4,4)	2,7 (1,2; 4,6)	0,61

Примечания

1 P – достигнутый уровень значимости при сравнении трех групп спортсменов по H-критерию Краскала – Уоллиса (жирным шрифтом выделены значимые различия),

2 * – значимые различия в группах при сравнении с фоновой записью по W-критерию Уилкоксона ($P<0,05$).

TP (total power) – суммарная мощность спектра, определяется как сумма мощностей в диапазонах HF, LF, VLF и ULF [4, 8]. В обследуемых группах боксеров отмечены средние значения TP, что указывает на адекватную регуляцию сердечно-сосудистой системы и характеризует высокий адаптационный потенциал организма.

Считается установленным, что при одном и том же уровне TP порядок распределения составляющих спектра может быть различным. В норме структура спектральной мощности *регуляции сердечного ритма* соответствует: HF>LF>VLF>ULF [8]. При анализе фоновых показателей ВСР у боксеров разного возраста выявлены значимые различия в показателях вклада каждой составляющей в TP. Так, вклад медленноволновой (низкочастотной) составляющей спектра (VLF), отражающей степень активации церебральных эрготропных систем [6], значимо нарастал с увеличением возраста боксеров как в относительных: 17,8 % (гр.3); 24,5 % (гр.2) и 42,7 % (гр.1) ($P<0,05$), так и в абсолютных значениях мощности VLF части спектра: 639; 1081 и 1461 мс^2 у боксеров 3, 2 и 1 групп соответственно ($P<0,05$).

Полученные результаты объяснимы с позиций двухконтурной иерархической регуляции сердечного ритма, согласно которой, чем выше уровень управления, тем больше период VLF, отражающих активность надсегментарных центров регуляции [4, 8]. Н.И. Шлык выделяет различные типы ВСР: с преобладанием центрального либо автономного контуров регуляции. Поэтому типологические особенности ВСР, указывающие на адаптационные и функциональные возможности организма, индивидуальны, реализуются у разных людей с разным включением систем управления [8] и требуют дальнейшего изучения.

Вклад дыхательной составляющей (HF), отражающий преимущественно парасимпатическое звено регуляции, значимо уменьшался с увеличением возраста обследуемых и, не выходя за рамки средненормативной доли суммарной мощности спектра (40–55 %) [8–9], у боксеров 12–13 лет составил 52,1 %; у 14–15-летних – 45,4 %, а у 16–17-летних – 27,1 % (таблица 2, $P<0,05$).

Таким образом, структура фонового спектра мощности ВСР в гр. 1 выглядела так: VLF>LF>HF; в то же время в группах 2 и 3 – «классически»: HF>LF>VLF.

Среднегрупповая величина показателя LF/HF, характеризующего баланс отделов ВНС, в гр. 1 составила 1,0 (0,6; 1,4), что указывает на уравновешенное состояние симпатического и парасимпатического отделов ВНС. В волновой структуре сердечного ритма спортсменов второй и третьей групп обнаружено преобладание парасимпатической регуляции (показатель LF/HF составил 0,7 (0,3; 0,9) во второй группе, 0,5 (0,3; 1,1) – в третьей), что в целом закономерно для лиц молодого возраста (таблица 2).

При проведении активной ортостатической пробы в трех группах выявлено значимое уменьшение показателя HF (как абсолютных значений, так и относительных), а также значимое увеличение относительных значений LF ($P<0,05$). Мощность VLF-части спектра в ортостазе у спортсменов 16–17 лет (гр. 1) не изменилась: 42,7 % (исходно) и 40,1 % (в ортостазе). У более младших боксеров

происходила активация VLF-части спектра: с 24,5 до 43,6 % (гр. 2) и с 17,8 до 34,5 % (гр. 3) ($P < 0,05$). Это указывает на большую вовлеченность центральных структур управления в ортостатическое воздействие [8].

Активность симпатического и парасимпатического отделов ВНС является результатом реакции многоконтурной и многоуровневой системы регуляции кровообращения и отражает адаптационную реакцию целостного организма [7].

Считается, что понижение активности парасимпатического отдела ВНС при одновременном увеличении влияния надсегментарных центров регуляции симпатического отдела может быть связано как с действием физических нагрузок на структуры ВНС и переходом их в более активное возбужденное состояние, так и с состоянием вегетативной дисфункции или переутомления [8].

Необходимо подчеркнуть, что трактовка показателей ВСР внутри каждой группы должна быть связана с учетом возраста, исходного фона регуляторных систем, состояния здоровья, психоэмоциональных нагрузок, тренированности организма, места проживания и других факторов.

Выводы. Сравнительный анализ данных выявил ожидаемые значимые различия показателей центральной гемодинамики между группами спортсменов, что свидетельствовало о закономерном возрастном развитии обследованных спортсменов. Функциональное состояние ССС у юных боксеров в целом было хорошим, при этом отличное состояние гемодинамики значимо чаще отмечено у 14–15-летних и 12–13-летних спортсменов.

Оценка вариабельности сердечного ритма способствует выявлению индивидуальных критериев адаптации организма к физическим нагрузкам у юных боксеров. Исходное состояние ВНС обследованных спортсменов по данным спектрального анализа ВСР характеризуется парасимпатикотонией в покое и уменьшением с возрастом мощности высокочастотной части спектра (HF), отражающей преимущественно парасимпатическое звено регуляции. В группе боксеров 16–17 лет исходное состояние ВНС характеризуется нормотонией и преобладанием в спектре ВСР (по сравнению с группами 2 и 3) в покое медленноволновой составляющей спектра (VLF), отражающего степень активации церебральных эрготропных систем.

С увеличением возраста и спортивного стажа у юных боксеров отмечено усиление мощности VLF, а также нарастание симпатикотонии (уменьшение мощности HF).

При проведении активной ортостатической пробы в трех группах выявлена значимая активизация симпатического отдела ВНС (уменьшение показателя HF и увеличение значений LF). Ортостатическая проба является важным методом выявления скрытых изменений со стороны сердечно-сосудистой системы, в частности, со стороны механизмов вегетативной регуляции [4, 8]. Изучение особенностей ортостатической реакции у юных боксеров с различными преобладающими типами вегетативной регуляции в тренировочном процессе войдет в круг задач наших дальнейших исследований.

Полученные данные свидетельствуют об эффективном и спланированном адекватно возрасту учебно-тренировочном процессе (УТП) (совокупность структурных компонентов, направленность тренировочных нагрузок и пр.) на этапе начальной спортивной специализации юных боксеров.

На 2016 год на заседании конкурсной комиссии БГУФК утвержден грант «Разработать и внедрить модель малого инновационного научно-образовательного кластера (МНОК) для сопровождения учебно-тренировочного процесса спортивного резерва на основе психолого-педагогических и медико-биологических здоровьесберегающих технологий» (научный руководитель: канд. мед. наук Д.К. Зубовский). Кластер предполагает объединение усилий сотрудников межкафедральной учебно-научно-исследовательской лаборатории, кафедры фехтования, бокса и тяжелой атлетики, а также Государственного учебно-спортивного учреждения «Специализированная детско-юношеская школа олимпийского резерва (СДЮШОР) по боксу управления спорта и туризма Мингорисполкома».

Среди направлений деятельности МНОК важное место занимает научное сопровождение подготовки сборной команды университета по боксу и команд СДЮШОР (комплексное определение физических качеств и специальной подготовленности; физиологическое тестирование, оценка психологического статуса).

Таким образом, результаты, полученные в исследовании, могут быть использованы для обеспечения здоровьесберегающего медико-биологического сопровождения УТП юных спортсменов (комплексный педагогический, психофизиологический мониторинг; реабилитационно-оздоровительное обеспечение).

1. Беленко, И. С. Влияние занятий спортом на функциональное состояние нервной и дыхательной систем юных футболистов и баскетболистов 10–15 лет разных соматотипов : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.03.01 / И. С. Беленко ; Адыг. гос. ун-т. – Майкоп, 2010. – 25 с.

2. Шивит-Хуурак, И. К. Повышение эффективности учебно-тренировочного процесса студентов-боксеров высокой квалификации на предсоревновательном этапе : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / И. К. Шивит-Хуурак ; Бурят. гос. ун-т. – Улан-Удэ, 2010. – 26 с.

3. Сезонные изменения структуры биологических ритмов у школьников, активно занимающихся спортом / В. В. Апокин [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 3–2. – С. 222–226.

4. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р. М. Баевский [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–86.

5. Макарова, Г. А. Спортивная медицина : учебник / Г. А. Макарова. – М. : Советский спорт, 2003. – 480 с.

6. Хаспекова, Н. Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 03.00.13 / Н. Б. Хаспекова ; Ин-т высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. – М., 1996. – 49 с.

7. Шлык, Н. И. Анализ вариабельности сердечного ритма при ортостатической пробе у спортсменов с разными преобладающими типами вегетативной регуляции в тренировочном процессе / Н. И. Шлык // Вариабельность сердечного ритма : теоретические аспекты и практическое применение : материалы V Всеросс. симп. ; отв. ред. Р. М. Баевский, Н. И. Шлык. – Ижевск : Удмуртский университет. – 2011. – С. 348–369.

8. Шлык, Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н. И. Шлык. – Ижевск : Удмуртский университет, 2009. – 259 с.

Поступила 02.09.2016