

УДК 612.88:612.886:612.017.2):796.83

DOI 10.37279/2413-1725-2021-7-1-103-110

РЕГУЛЯТОРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ КАРДИОГЕМОДИНАМИКИ К НАГРУЗКАМ РАЗЛИЧНОЙ МОДАЛЬНОСТИ У БОКСЁРОВ

Минина Е. Н.¹, Минин В. В.¹, Хаит Н.²

¹*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

²*Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*
E-mail: cere-el@yandex.ru

Обеспечение высокого уровня тренированности напрямую связано с совершенствованием регуляторных механизмов в ответ на внешние стимулы. Ведущее значение в сложной нейродинамике, лежащей в основе реакций равновесия, ориентации в пространстве и координации движений в динамических условиях бокса, принадлежит вестибулярному анализатору и сложной системе безусловных вестибулосоматических и вестибуловегетативных рефлексов. При действии вестибулярных стимулов во время тренировки у боксёров участие вегетативных компонентов в ответных реакциях организма резко возрастает и может привести к возникновению реакции напряжения. У квалифицированных боксёров с различным уровнем вестибулярной устойчивости были выявлены достоверные различия функциональных резервов, количественно выраженные коэффициентом вестибуло-вегетативной адаптивности, что может быть использовано для ранжирования боксёров по степени их приспособительных возможностей. Выявлено, что уровень адаптации боксёров к физической и вестибулярной нагрузкам напрямую связан с вегетативным обеспечением кардиогемодинамики при выполнении нагрузки различной модальности и зависит от уровня квалификации или стажа занятий, а так же уровня общей физической работоспособности.

Ключевые слова: коэффициент вестибуло-вегетативной адаптации, кардиогемодинамика, вестибулярная устойчивость, боксеры.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение высокого уровня тренированности напрямую связано с совершенствованием регуляторных механизмов в ответ на внешние стимулы различной модальности [1]. Ведущее значение в сложной нейродинамике, лежащей в основе реакций равновесия, ориентации в пространстве и координации движений в динамических условиях бокса, принадлежит вестибулярному анализатору и сложной системе безусловных вестибулосоматических и вестибуловегетативных рефлексов. Вестибулярная сенсорная система благодаря своим многочисленным морфологическим и функциональным связям обладает полифункциональностью и её раздражение вызывает не только соматические, но и сенсорные, и вегетативные реакции организма, обеспечивающие гомеостаз [2, 3] и определяющие цену

адаптации [4]. Ведущими физиологическими системами в условиях адаптации к мышечной деятельности являются кислородтранспортные – кровь, кровообращение, дыхание, а также вегетативная нервная система (ВНС), обеспечивающая модуляторно-регуляторный контроль висцеральных систем [4]. Каждый двигательный акт именно через вегетативные системы связан с обеспечением адекватного положительного приспособительного результата [5].

При условии изменений механизмов вегетативной регуляции у контингентов с различным уровнем вестибулярной устойчивости встаёт вопрос о количественной оценке регуляторных особенностей адаптации у боксёров к сочетанным нагрузкам различной модальности в процессе тренировочной и соревновательной деятельности.

В связи с этим, целью нашего исследования было выявление регуляторных особенностей адаптации у боксёров к сочетанным нагрузкам различной модальности в количественной оценке регуляторных резервов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие принимали участие 140 спортсменов мужского пола 18–23 лет, занимающихся боксом, которые были разделены на 2 группы. В группу квалифицированных спортсменов (КС) вошли 70 спортсменов, стаж занятий спортом которых составлял от 6 до 9 лет (кандидат в мастер спорта, мастер спорта). Группа начинающих (Н) состояла из 70 здоровых мужчин 18–23 лет, занимающихся боксом менее года.

Фиксировали следующие показатели кардиогемодинамики: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин/м²). Систолическое артериальное давление (САД, мм рт.ст.), диастолическое артериальное давление (ДАД, мм рт.ст.) измеряли методом М.С.Короткова. Двойное произведение (ДП, отн. ед.) определяли расчетным способом. Нагрузочное тестирование осуществляли с применением велоэргометрии.

Для определения уровня вестибулярной устойчивости в группе КС и разделения спортсменов на три группы определялся коэффициент по формуле: $K_u = ЧСС_1 / ЧСС_2$, где K_u – коэффициент устойчивости $ЧСС_1$ – частота сердечных сокращений после теста «бой с тенью», $ЧСС_2$ – частота сердечных сокращений после вестибулярной нагрузки (вращательной пробе по Воячеку на кресле Барани). Значение $K_u < 0,5$ соответствовало компенсируемому уровню, $K_u = 0,5–1,5$ – устойчивому, $K_u > 1,5$ – недостаточному уровню.

При помощи 12-канального компьютерного ЭКГ-комплекса «Cardiolife» регистрировали показатели вариационной пульсометрии, рассчитываемые автоматически. Дополнительно анализировали показатель кардионтервалографии – индекс напряжения Баевского (ИН, усл. ед), вычисленный автоматически по формуле $ИН = A_{Mo} / (2\Delta x \cdot Mo)$, где Mo – число наиболее часто встречающейся продолжительности R-R интервалов среди 100 последовательных за 100 R-R интервалов в секундах; A_{Mo} – количество значений Mo за 100 R-R интервалов; Δx – разность максимального и минимального значения R-R интервалов за 100 R-R интервалов). Коэффициент вегето-вестибулярной адаптивности ($K_{ва, ед.}$) определяли как отношение $ИН_1$ – ИН в покое, $ИН_2$ – ИН после вестибулярной

нагрузки (вращательной пробе по Воячеку на кресле Барани). Показатель максимального потребления кислорода (МПК, кгм/мин/кг) определяли методом Карпмана с помощью велоэргометрии.

Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова-Смирнова. Для оценки достоверности различий между одноименными показателями у исследуемых в разных группах использовали параметрический Т-критерий Стьюдента и непараметрический U-критерий Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате определения уровня устойчивости в группе квалифицированных и в группе начинающих спортсменов было осуществлено их ранжирование. У квалифицированных спортсменов в первую группу вошли 33 спортсмена с $K_u < 0,5$, что соответствовало компенсируемому уровню. Вторую группу составили 25 боксеров с устойчивым уровнем при $K_u = 0,5-1,5$, а 20 боксёров при $K_u > 1,5$, с недостаточным уровнем, составили третью группу. В Таблице 1 указано количество обследованных боксёров, разделённых в соответствии с уровнем вестибулярной устойчивости и квалификацией и степень различия этих групп.

Таблица 1
Распределение исследованных в соответствии с уровнем вестибулярной устойчивости и квалификацией (% от общего кол-ва человек)

Квалификация\ Уровень	Устойчивый уровень	Компенсированный уровень	Недостаточный уровень
Квалифицированные	45	33	12
Начинающие	5	15	80
Достоверность*	$p < 0,01$	$p < 0,05$	$p < 0,001$

Примечание: * – Оценка достоверности отличий уровня вестибулярной устойчивости в группах проводилась по стандартной методике вычисления доверительных интервалов при заданной надежности вывода

Вегетативное обеспечение деятельности отражает адаптационные механизмы организма, а оптимальные вестибуло-вегетативные взаимоотношения могут составлять резерв приспособления при увеличении внешней нагрузки. Как показали наши исследования у боксёров с различным уровнем вестибулярной устойчивости, регуляторный резерв, определяемый по коэффициенту вестибуло-вегетативной адаптивности ($K_{ва}$), значительно зависел от уровня устойчивости ($r = 0,69$), и достоверно различался в трёх исследованных группах. Так, в группе с неустойчивым уровнем $K_{ва}$ в среднем составил $1,15 \pm 0,05$ усл.ед., количественно отражая увеличение напряжения механизмов регуляции при моделируемой вестибулярной нагрузке, что, вероятно, является следствием незначительных регуляторных резервов (рис. 1).

Не зависимо от уровня квалификации в группе с компенсируемым уровнем, Квва в среднем ставил $0,95 \pm 0,05$ усл.ед., а в группе с устойчивым уровнем – $0,75 \pm 0,05$ усл.ед. Стабильность или снижение численного значения индекса напряжения после вестибулярной нагрузки в группах, соответственно с компенсированным и устойчивым уровнем, происходило за счёт адекватной перестройки различных регуляторных звеньев в обеспечении оптимального адаптационного ответа. Так как функциональный уровень вестибулярного аппарата имеет важное значение для оперативного запуска вегетативных функций в предстоящих двигательных реакциях, а пороги для активации вегетативной нервной системы при вестибулярной активации ниже, чем для соматической, то уровень вестибулярной устойчивости может отражать адекватность вестибуло-вегетативных взаимодействий и резервы вегетативной регуляции в обеспечении функциональных резервов при выполнении внешней нагрузки.

Квва, усл.ед

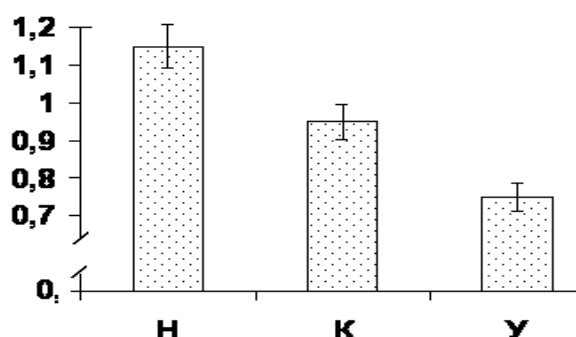


Рис. 1. Коэффициент вестибуло-вегетативной адаптивности в группах с разным уровнем вестибулярной устойчивости

Примечания: Квва – коэффициент вестибуло-вегетативной адаптивности, Н – боксеры с неустойчивым уровнем вестибулярной устойчивости, К – с компенсируемым уровнем вестибулярной устойчивости, У – устойчивым уровнем вестибулярной устойчивости

Как видно из Рисунка 2, отражая сниженные резервы приспособления к вестибулярной нагрузке, Ку в группе начинающих спортсменов в два раза превышал данные в группе квалифицированных боксёров ($p < 0,001$). Так же на 19,2 % ($p < 0,01$) у боксёров со стажем значения МПК превышали значения начинающих занимающихся.

При выполнении физической нагрузки возрастающей мощности выявлены различия в вегетативном обеспечении регуляции функции сердечно-сосудистой системы (табл. 2). Закономерно у квалифицированных спортсменов как в покое ЧСС был меньшим на 20 % ($p < 0,05$), на 33 % ($p < 0,05$) на первой ступени и на 15 % ($p < 0,01$) на второй ступени нагрузочного теста.

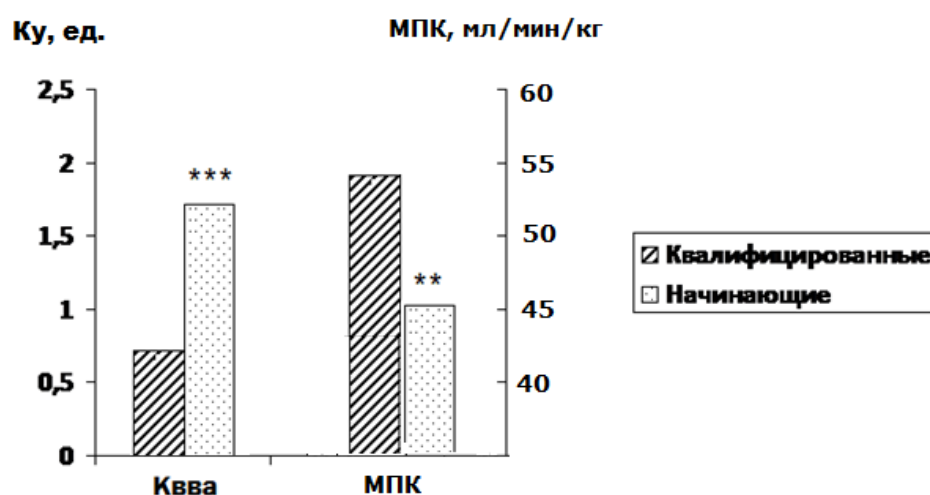


Рис. 2. Коэффициент устойчивости (Ку) и максимальное потребление кислорода (МПК) у боксёров с разным уровнем квалификации.

Таблица 2

Показатели сердечно-сосудистой системы у боксёров разной квалификации в покое и после нагрузок теста, ($\bar{x} \pm Sx$), $n=140$

Показатель	Квал	Покой (1)	100 Вт (2)	200 Вт (3)	Достоверность
ЧСС, уд/мин	Кв	62 (52;67)	102 (67;123)	145 (94; 137)	1-2 (<0,01) 1-3 (<0,001) 2-3 (<0,001)
	Н	75 (69; 80)	136 (112;143)	165 (121; 168)	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,001) 2-3 (<0,05)
Достоверность		<0,05	<0,05	<0,01	
ИН, ед	Кв	45 (33; 67)	95 (72; 112)	98 (82; 123)	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,001)
	Н	89 (31; 112)	145 (114; 167)	157	1-2 (<0,001) 1-3 (<0,001)
Достоверность		<0,001	<0,001	<0,001	

На Рисунке 3 представлены данные изменения показателя двойного произведения (индекса Робинсона), как косвенного критерия напряжения миокарда в покое при выполнении второй ступени нагрузочного теста у исследованных боксёров.

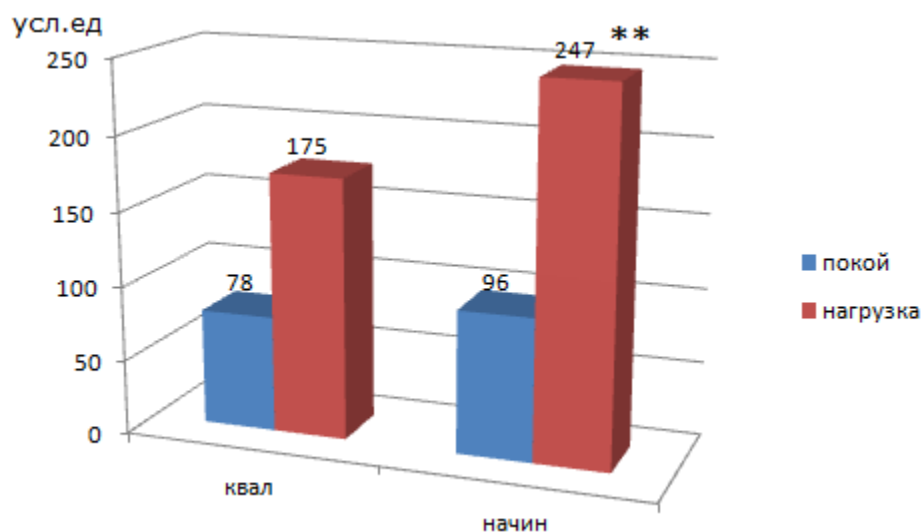


Рис. 3. Индекс Робинсона у боксёров с разным уровнем квалификации в покое и после нагрузки.

Активная реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку у начинающих боксёров с увеличением двойного произведения более чем в два раза относительно покоя, и превышая на 41,3 % ($p < 0,01$) показатели квалифицированных спортсменов, так же характеризовала сниженный уровень адаптационных резервов.

Таким образом и энергетический и регуляторный компоненты формируют приспособление боксёров к тренировочным и соревновательным нагрузкам различной модальности, интегральным показателем которых могут являться механизмы регуляции сердечной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. У квалифицированных спортсменов как в покое ЧСС был меньшим на 20 % ($p < 0,05$), на 33 % ($p < 0,05$) на первой ступени и на 15 % ($p < 0,01$) на второй ступени нагрузочного теста.
2. При снижении уровня вестибулярной устойчивости у боксёров, Квва увеличивался в среднем на 20,0 % ($p < 0,05$) соответственно в каждой группе. Так в группе с устойчивым уровнем Квва достигал значений $0,75 \pm 0,05$ усл.ед., в группе с компенсированным уровнем – $0,95 \pm 0,05$ усл.ед., в группе с неустойчивым уровнем – $1,15 \pm 0,05$ усл.ед.
3. Отражая сниженные резервы приспособления к вестибулярной нагрузке, Ку в группе начинающих спортсменов в два раза превышал данные в группе квалифицированных боксёров ($p < 0,001$). Так же на 19,2 % ($p < 0,01$) у боксёров со стажем значения МПК превышали значения начинающих занимающихся.
4. Активная реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку у начинающих боксёров с увеличением двойного произведения более чем в два раза относительно покоя, и превышая на 41,3 % ($p < 0,01$) показатели

квалифицированных спортсменов, характеризовала сниженный уровень адаптационных резервов.

5. Энергетический и регуляторный компоненты формируют приспособление боксёров к тренировочным и соревновательным нагрузкам различной модальности, интегральным показателем которых могут являться механизмы регуляции сердечной деятельности.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А. Этюды об адаптации и путях сохранения здоровья / Н. А. Агаджанян, А. И. Труханов, Б. А. Шендеров – М., 2002. – 156 с.
2. Бекетов А. И. Кровообращение при укачивании (физиологический и фармакологический аспекты) / Бекетов А. И., Свистов В. В., Скоромный Н. А. // Труды Крымского мед. ин-та. – Симферополь: Изд-во Крымского мед. ин-та, 1983. – Т. 98. – С. 23–34
3. Лапутин А. Н. Формирование массы и динамика гравитационных воздействий тела человека в онтогенезе / А. Н. Лапутин, В. А. Кашуба – К.: Знания, 1999. – 201 с.
4. Ким В. В. Роль сенсорных систем в вегетативном обеспечении мышечной работы / В. В. Ким, М. Н. Щансков // Функциональные резервы спортсменов различной квалификации и специализации : Межвуз. Сб. научн. Трудов. – Л., 1986 – С. 86–90.
5. Аветикян Ш. Т. О типологической систематизации адаптивных реакций (на примере антиортостатического воздействия) / Ш. Т. Аветикян // Физиология человека. – 1982. – Т.8. – С. 130–140.

REGULATORY PECULIARITIES OF ADAPTATION OF CARDIOHEMODYNAMIC TO LOADS OF DIFFERENT MODALITIES IN BOXERS

Minina E. N., Minin V. V., Hait N.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: cere-el@yandex.ru*

Ensuring a high level of fitness is directly related to the improvement of regulatory mechanisms in response to external stimuli. The leading role in the complex neurodynamics underlying the reactions of balance, orientation in space and coordination of movements in the dynamic conditions of boxing belongs to the vestibular analyzer and the complex system of unconditional vestibulosomatic and vestibulovegetative reflexes. Under the action of vestibular stimuli during training in boxers, the participation of vegetative components in the response of the body increases sharply and can lead to the appearance of a stress response.

In qualified boxers with different levels of vestibular stability, significant differences in functional reserves were revealed, quantitatively expressed by the coefficient of vestibular and vegetative adaptability, which can be used to rank boxers according to the degree of their adaptive capabilities.

Given the changes in the mechanisms of vegetative regulation in contingents with different levels of vestibular stability, the question arises of a quantitative assessment of

the qualitative effects of the vestibular apparatus on the vegetative support of activity. Methods of measuring vegetative regulation reserves in order to analyze the effectiveness of the training process are insufficiently covered in literary sources.

In this regard, the aim of our study was to identify the regulatory features of the adaptation of cardiohemodynamics to loads of different modality in boxers and the possibility of using the coefficient of vegetative-vestibular adaptivity (Cvva) in the quantitative assessment of regulatory reserves.

It was revealed that the level of adaptation of boxers to physical and vestibular loads is directly related to the vegetative provision of cardiohemodynamics when performing loads of different modality and depends on the level of qualification or training experience, as well as the level of general physical performance.

In boxers with different levels of vestibular stability, significant differences in functional reserves were revealed, quantitatively expressed by the coefficient of vestibular and vegetative adaptability.

In qualified athletes at rest, the indices of heart rate and double work were significantly lower with an increase in the ability to perform physical load, and the values of VO₂ max in experienced boxers exceeded the values of beginner boxers by 19.2 % ($p < 0.01$).

Reflecting the reduced reserves of adaptation to vestibular load, the coefficient of stability in the group of novice athletes was twice significantly higher than the data in the group of qualified boxers, and with a decrease in the level of vestibular stability in boxers, the coefficient of vegetative and vestibular adaptability also increased.

Thus, both the energy and regulatory components form the adaptation of boxers to training loads, the integral indicator of which can be the mechanisms of regulation of cardiac activity.

Keywords: coefficient of vestibular and vegetative adaptation, cardiohemodynamics, vestibular stability, boxers.

References

1. Agadzhanyan N. A., Truhanov A. I., SHenderov B. A. *Etyudy ob adaptacii i putyah sohraneniya zdorov'ya*, 156 s. (M., 2002).
2. Beketov A. I., Svistov V. V., Skoromnyj N. A. Krovoobrashchenie pri ukachivanii (fiziologicheskij i farmakologicheskij aspekty), *Trudy Krymskogo med. in-ta*, **98**, 23 (Simferopol': Izd-vo Krymskogo med. in-ta, 1983).
3. Laputin A. N., Kashuba V. A. *Formirovanie massy i dinamika gravitacionnyh vozdeystvij tela cheloveka v ontogeneze*, 201 s. (K.: Znaniya, 1999).
4. Kim V. V., SHCHanskov M. N. *Rol' sensoryh sistem v vegetativnom obespechenii myshechnoj raboty, Funkcional'nye rezervy sportsmenov razlichnoj kvalifikacii i specializacii* : Mezhvuz. Sb. nauchn. Trudov, 86 (L., 1986).
5. Avetikyan SH. T. O tipologicheskoy sistematizacii adaptivnyh reakcij (na primere antiortostaticheskogo vozdeystviya), *Fiziologiya cheloveka*, **8**, 130 (1982).