

Значение опережающей реакции вегетативной нервной системы в условиях когнитивной нагрузки у условно здоровых студентов

Е.А. Арчибасова¹, В.Ю. Куликов¹, М.И. Воевода²

¹ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия

²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины», Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Опережающие механизмы регуляции позволяют человеку более эффективно адаптироваться к воздействию средовых факторов с формированием оптимальной структуры ответной реакции.

Цель. Выявить особенности опережающей реакции вегетативной нервной системы в условиях когнитивной нагрузки у условно здоровых студентов.

Материалы и методы. В исследовании участвовали 30 студентов медицинского университета в возрасте 18–19 лет. Участники были разделены на две группы (15 чел. в каждой). В группе 1 в качестве нагрузки применялся тест «семантическая вербальная беглость», в группе 2 – тест Амтхауэра. Кардиоинтервалограммы у обследуемых юношей записывались в условиях контроля и нагрузки. Оценивались показатели вариабельности сердечного ритма (BCP) – RRNN, TP, HF, LF, VLF.

Результаты. Анализ BCP в группе 1 выявил, что после нагрузки показатели RRNN, TP, HF, LF достоверно снижаются, в группе 2 после нагрузки показатели TP и LF достоверно повышаются относительно контрольных значений. Методом корреляционного анализа выявлены отличия между показателями BCP на момент подготовки к выполнению когнитивного теста между исследуемыми группами. В группе 1 в отличие от группы 2 отсутствовала корреляционная зависимость между показателями RRNN и HF, TP и LF, HF и LF, LF и VLF. После проведения теста в группе 1 выявлена достоверная положительная корреляция между показателями RRNN и HF. В группе 2 определены корреляционные взаимоотношения между показателями RRNN и LF, взаимодействие между HF и LF увеличилось, корреляция между параметрами LF и VLF отсутствует. Отличия между показателями BCP на момент подготовки к выполнению когнитивного теста показали, что ожидание предстоящей нагрузки определяет реакцию регуляторных механизмов BCP на действие нагрузки.

Заключение. Различные варианты когнитивных нагрузок способствуют изменению активности отделов вегетативной нервной системы в регуляции BCP. Характер этих изменений зависит от исходного уровня регуляторных возможностей BCP, определяющих опережающий вариант реагирования на предъявляемую когнитивную нагрузку.

Ключевые слова: опережающая реакция вегетативной нервной системы, когнитивная нагрузка, вариабельность сердечного ритма.

Образец цитирования: Арчибасова Е.А., Куликов В.Ю., Воевода М.И. Значение опережающей реакции вегетативной нервной системы в условиях когнитивной нагрузки у условно здоровых студентов // Journal of Siberian Medical Sciences. 2022;6(2):18–27. DOI: 10.31549/2542-1174-2022-6-2-18-27

Autonomic nervous system antedating response significance in the apparently healthy students under conditions of cognitive load

E.A. Archibasova¹, V.Yu. Kulikov¹, M.I. Voevoda²

¹Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

²Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. Anticipating regulatory mechanisms allow a person to more effectively adapt to the impact of environmental factors with the formation of an optimal response structure.

Поступила в редакцию 20.05.2021
Прошла рецензирование 21.12.2021
Принята к публикации 18.01.2022

Автор, ответственный за переписку
Арчибасова Елена Алексеевна: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. 630091, г. Новосибирск, Красный пр., 52.
E-mail: helen280776@rambler.ru

Received 20.05.2021
Revised 21.12.2021
Accepted 18.01.2022

Corresponding author
Elena A. Archibasova: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny pr., Novosibirsk, 630091, Russia.
E-mail: helen280776@rambler.ru

A i m . To reveal the features of the antedating response of the autonomic nervous system under conditions of cognitive load in apparently healthy students.

M a t e r i a l s a n d m e t h o d s . The study involved 30 medical university students aged 18–19 years. The participants were divided into two groups (15 people in each). In group 1, the semantic verbal fluency test was used as a load, in group 2 – the Intelligence Structure Test (IST) by Amthauer. RR intervals in the examined young men were recorded under control and load conditions. The indicators of heart rate variability (HRV) were assessed – RRNN, TP, HF, LF, VLF.

R e s u l t s . Analysis of HRV in group 1 revealed that after exercise, RRNN, TP, HF, and LF indicators significantly decreased; in group 2, after exercise, TP and LF indicators significantly increased relative to control values. Using correlation analysis, we revealed differences between the HRV indicators at the time of preparation for the cognitive test between the studied groups. In group 1, unlike group 2, there was no correlation between RRNN and HF, TP and LF, HF and LF, LF and VLF. After the test in group 1, a significant positive correlation was found between RRNN and HF. In group 2, the correlation relationships between the RRNN and LF indicators were determined, the interaction between HF and LF increased, there were no correlation between the LF and VLF indicators. Differences between the HRV indicators at the time of preparation for the cognitive test showed that the anticipation of the upcoming examination determines the response of the HRV regulatory mechanisms to the action of the load.

C o n c l u s i o n . Different variants of cognitive loads contribute to changes in the activity of the autonomic nervous system in the regulation of HRV. The nature of these changes depends on the initial level of regulatory capabilities of HRV, which determine the antedating response to the cognitive load.

Keywords: antedating response of the autonomic nervous system, cognitive load, heart rate variability.

Citation example: Archibasova E.A., Kulikov V.Yu., Voevoda M.I. Autonomic nervous system antedating response significance in the apparently healthy students under conditions of cognitive load. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2022;6(2):18–27. DOI: 10.31549/2542-1174-2022-6-2-18-27

ВВЕДЕНИЕ

В организме сочетаются два принципа регуляции – регуляция по принципу отклонения и регуляция по принципу возмущения. В первом случае деятельность регуляторных систем начинается, если какой-либо из параметров внутренней среды отклоняется от нормальной величины. Передача информации об отклонении включает регуляторную систему, достижение результата, т.е. приведение параметра к норме является сигналом для прекращения деятельности системы регуляции. В случае возникновения сигнала опасности включается регуляция по принципу возмущения. Нервные и гуморальные механизмы в данном случае работают с опережением, готовят организм к активной деятельности. В физиологическом плане представление об опережающем возбуждении И.П. Павлов описал как состояние «предупредительной деятельности». Это означает, что организм должен подготовить себя по сигналу к предстоящим, последовательно развивающимся событиям для того, чтобы их можно было результативно осуществлять. П.К. Анохин развил эту точку зрения и представил ее в форме теории «опережающего возбуждения» [1], которая характерна только для человека и реализуется в рамках специфической функциональной системы с активным включением процессов актуализации памяти. Такое опережающее отражение действительности позво-

INTRODUCTION

Two principles of regulation are combined in the body – regulation according to the principle of deviation and regulation according to the principle of perturbation. In the first case, the activity of regulatory systems begins if any of the parameters of the internal environment deviates from the normal value. The transmission of information about the deviation includes the regulatory system, the achievement of the result, thus bringing the parameter to the normal range is a signal for the termination of the regulation system activity. In the event of a danger signal, the perturbation-based regulation is activated. Nervous and humoral mechanisms in this case work in advance, prepare the organism for vigorous activity. In physiological terms, the idea of advanced excitation by I.P. Pavlov described it as a state of “preventive activity”. This means that, on a signal, the organism must prepare itself for upcoming, sequentially developing events so that they can be effectively carried out. P.K. Anokhin developed this point of view and presented it in the form of the theory of anticipating excitation [1], which is characteristic only for humans and is realized a specific functional system with the active involvement of memory actualization processes. Such an antedating reflection of reality allows a person to more effectively adapt to the impact of environmental factors of various modalities with the formation of an optimal response structure, which significantly reduces

ляет человеку более эффективно адаптироваться к воздействию средовых факторов различной модальности с формированием оптимальной структуры ответной реакции, что существенно снижает соответствующие энергетические затраты на ее реализацию.

В нашем исследовании мы оценивали особенности регуляции variability сердечного ритма (BCP) у студентов при различных вариантах когнитивной нагрузки. Известно, что изменения вегетативного баланса играют важную роль в процессах адаптации во время обучения. В ряде исследований [2–4] показано, что когнитивные процессы жестко связаны с динамикой вегетативной регуляции кардиоритма посредством общей нейрофизиологической основы. Определение параметров BCP до предстоящего испытания является методом, позволяющим оценить опережающую реакцию вегетативной нервной системы. Механизмы такого варианта регуляции готовят организм к активной деятельности, т.е. эффект возмущающего воздействия прогнозируется и организм заранее к нему готовится [5].

Таким образом, понимание опережающего характера реагирования системных механизмов регуляции физиологических процессов при разных вариантах когнитивной нагрузки у студентов определило цель настоящего исследования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявить особенности опережающей реакции вегетативной нервной системы (ВНС) в условиях когнитивной нагрузки (тесты: семантическая вербальная беглость и устный счет) у условно здоровых студентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 30 студентов медицинского университета в возрасте 18–19 лет, которых разделили на две группы. В группе 1 (15 чел.) в качестве нагрузки применялся тест «семантическая вербальная беглость», суть которого заключалась в мысленной генерации (воспроизведении) списка слов, принадлежащих определенной семантической категории. В группе 2 (15 чел.) в качестве нагрузки применялся тест Амтхауэра (устное решение арифметических задач). Запись кардиоинтервалограммы в условиях контроля (когда осуществлялся соответствующий инструктаж) проводилась в течение 15 мин в положении сидя, без нагрузки. Запись с нагрузкой проводилась в идентичных условиях. Для анализа были использованы показатели, отражающие механизмы

the corresponding energy expenditure for its implementation.

In our study, we evaluated the features of the regulation of heart rate variability (HRV) in students with different types of cognitive load. It is known that changes in autonomic balance play an important role in adaptation processes during training. A number of studies [2–4] have shown that cognitive processes are closely related to the dynamics of autonomic regulation of heart rate through a common neurophysiologic basis. Determination of HRV parameters before the upcoming test is a method to assess the antedating response of the autonomic nervous system. The mechanisms of such a variant of regulation prepare the body for vigorous activity, i.e. the effect of the perturbing influence is predicted and the organism prepares for it in advance [5].

Thus, understanding the anticipating nature of the response of systemic regulatory mechanism of physiological processes in different variants of cognitive load among students determined the purpose of this study.

AIM OF THE RESEARCH

To reveal the features of the antedating response of the autonomic nervous system (ANS) under conditions of cognitive load (semantic verbal fluency and verbal counting tests) in apparently healthy students.

MATERIALS AND METHODS

The study involved 30 medical university students aged 18–19 years, who were divided into two groups. In group 1 (15 people), the semantic verbal fluency test was used as a load, the essence of which was the mental generation (reproduction) of a list of words belonging to a certain semantic category. In group 2 (15 people), the Intelligence Structure Test (IST) by Amthauer (oral solution of arithmetic problems) was used as a load. Recording of RR intervals under control conditions (when appropriate instruction was carried out) was carried out for 15 min in a sitting position, without load. Recording with a load was carried out under identical conditions. For the analysis, indicators were used that reflect the mechanisms of HRV regulation and affect its features [6]. These are: RRNN, mc (average value of RR intervals); TP (Total Power), mc² (total power in the frequency range ≤ 0.4 Hz); HF (High Frequency), mc² (power in the range of high (0.15–0.4 Hz) frequencies, waves with a duration of 2.5–6.5 s); LF (Low Frequency), mc² (power in the range of low (0.04–0.15 Hz) frequencies, waves with a duration of 6.5–25 s); VLF (Very Low Frequency), mc² (power in the

регуляции ВСР и влияющие на его особенности [6]. Это: RRNN, мс (среднее значение интервалов RR); TP (Total Power), мс² (общая мощность в диапазоне частот ≤ 0.4 Гц); HF (High Frequency), мс² (мощность в диапазоне высоких (0.15–0.4 Гц) частот, волны длительностью 2.5–6.5 с); LF (Low Frequency), мс² (мощность в диапазоне низких (0.04–0.15 Гц) частот, волны длительностью 6.5–25 с); VLF (Very Low Frequency), мс² (мощность в диапазоне очень низких (≤ 0.04 Гц) частот, волны длительностью более 25 с).

Полученные результаты обрабатывались с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel, STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc.). Для обработки полученных данных использовались непараметрические методы анализа, как для зависимых, так и независимых переменных. Корреляционный анализ проводился по методу Спирмена. Зависимость показателей определялась с помощью дисперсионного анализа ANOVA. Различия считались достоверными при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования проводилась оценка показателей ВСР в группе исследования 1, в которой в качестве нагрузки применялся тест «семантическая вербальная беглость», и в группе 2, в которой в качестве нагрузки применялся тест Амтхауэра. Полученные данные представлены в табл. 1 и 2.

Как видно из представленных в табл. 1 данных, после нагрузки показатели RRNN, TP, HF, LF достоверно снижаются.

range of very low (≤ 0.04 Hz) frequencies, waves with a duration of more than 25 s).

The results obtained were processed using the Microsoft Excel, STATISTICA 7.0 software package (StatSoft Inc.). To process the obtained data, non-parametric methods of analysis were used, both for dependent and independent variables. The Spearman's rank correlation test was carried out. The dependence of indicators was determined using the analysis of variance (ANOVA). Differences were considered significant at $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

At the first stage of the study, HRV indicators were assessed in group 1 in which the semantic verbal fluency test was used as a load, and in group 2, in which the IST by Amthauer was used as a load. The data obtained are presented in Table 1 and 2.

As can be seen from the Table 1 data, after the load, the RRNN, TP, HF, LF indicators significantly decrease.

As can be seen from the Table 2 data, after the load, the TP and LF indicators significantly increase.

When comparing HRV indicators between groups 1 and 2, no significant differences were found before the study, significant differences were found after the study. The data are presented in Table 3, 4.

Before the load test, the HRV indicators in both groups of subjects did not differ; after the load test, the nature of the HRV reaction changed which, in our opinion, is due to the variant of the cognitive load and a certain influence of the ANS antedating response to the upcoming testing [7, 8]. Therefore, at

Таблица 1. Показатели ВСР в группе исследования 1 (тест «семантическая вербальная беглость»), $M \pm m$
Table 1. HRV in group 1 (semantic verbal fluency test), $M \pm m$

Показатель Indicator	До нагрузки Before the load	После нагрузки After the load	<i>p</i>
RRNN, мс (мс)	798.7 $\pm$ 48.0	736.7 $\pm$ 49.4	0.02
TP, мс ² (мс ²)	3227.9 $\pm$ 580.2	1468.3 $\pm$ 330.5	0.005
HF, мс ² (мс ²)	1015.2 $\pm$ 216.7	291.9 $\pm$ 89.02	0.005
LF, мс ² (мс ²)	1167.9 $\pm$ 274.6	496.1 $\pm$ 136.6	0.006
VLF, мс ² (мс ²)	1044.7 $\pm$ 303.09	680.2 $\pm$ 212.5	0.2

Таблица 2. Показатели ВСР в группе исследования 2 (тест Амтхауэра), $M \pm m$
Table 2. HRV indicators in group 2 (IST by Amthauer), $M \pm m$

Показатель Indicator	До нагрузки Before the load	После нагрузки After the load	<i>p</i>
RRNN, мс (мс)	793.7 $\pm$ 33.5	759.8 $\pm$ 32.09	0.1
TP, мс ² (мс ²)	3760.4 $\pm$ 692.7	5427.4 $\pm$ 823.2	0.01
HF, мс ² (мс ²)	854.06 $\pm$ 246.9	1385.2 $\pm$ 316.6	0.06
LF, мс ² (мс ²)	1535.06 $\pm$ 284.2	1984.1 $\pm$ 337.8	0.03
VLF, мс ² (мс ²)	555.6 $\pm$ 90.6	768.9 $\pm$ 121.7	0.07

Таблица 3. Показатели ВСР в группах исследования 1 и 2 до проведения нагрузочного теста, $M \pm m$
Table 3. HRV indicators in groups 1 and 2 before the load test, $M \pm m$

Показатель / Indicator	Группа 1 / Group 1	Группа 2 / Group 2	<i>p</i>
RRNN, мс (мс)	798.7 $\pm$ 48.0	793.7 $\pm$ 33.5	0.9
TP, мс ² (мс ²)	3760.4 $\pm$ 692.7	3760.4 $\pm$ 692.7	0.5
HF, мс ² (мс ²)	1015.2 $\pm$ 216.7	854.06 $\pm$ 246.9	0.6
LF, мс ² (мс ²)	1167.9 $\pm$ 274.6	1535.06 $\pm$ 284.2	0.3
VLF, мс ² (мс ²)	1044.7 $\pm$ 303.09	555.6 $\pm$ 90.6	0.08

Как видно из представленных в табл. 2 данных, после нагрузки показатели TP и LF достоверно повышаются.

При сравнении показателей ВСР между группами исследования 1 и 2 до проведения исследования достоверных отличий не выявлено, достоверные отличия выявлены после проведения исследования. Данные представлены в табл. 3, 4.

Перед проведением нагрузочного теста показатели ВСР в обеих группах исследуемых не отличались, после проведения нагрузочного теста характер реакции ВСР изменился, что, по нашему мнению, обусловлено вариантом когнитивной нагрузки и определенным влиянием опережающей реакции ВНС на предстоящую нагрузку [7, 8]. Поэтому на втором этапе исследования проводился корреляционный анализ показателей ВСР в группах исследования 1 и 2, который более глубоко выявляет характер перестройки межсистемных взаимоотношений в условиях предъявляемых организму нагрузок и отражает более ранние изменения системы вегетативно-метаболической регуляции в условиях адаптации [9, 10]. Корреляционные отношения между показателями определялись до и после проведения нагрузочного теста. Полученные данные представлены в табл. 5–8. В этих таблицах указаны достоверные значения корреляций ($p < 0.05$).

В группе 1 корреляционные взаимоотношения между показателями изменились. После проведения теста выявлена достоверная положительная корреляция между показателями RRNN

the second stage of the study, a correlation analysis of HRV indicators was carried out in groups 1 and 2, which more deeply reveals the nature of the restructuring of intersystemic relationships under the load conditions, and reflects earlier changes in the autonomic-metabolic regulation system accompanying adaptation [9, 10]. Correlation relationships between the indicators were determined before and after the load test. The data obtained are presented in Tables 5–8. These tables show significant correlation indicators ($p < 0.05$).

In group 1, the correlation relationships between the indicators have changed. After the test, a significant positive correlation was found between RRNN and HF ($p < 0.05$). Thus, the cardiac cycle length depends on the regulatory influence of the parasympathetic nervous system, when there is a significant decrease in its activity, and shortening of the cardiac cycle time. Correlation relationships between the RRNN and LF indicators were not revealed, and the TP indicator (total power of the range) is in a positive correlation relationship with the HF indicator. Thus, the main influence in the regulation of HRV in group 1 after the load semantic verbal fluency test belongs to the parasympathetic NS.

In group 2, a significant positive correlation between the studied indicators was also revealed. After the load test, the correlation relationships appear between the RRNN and LF indicators. The interaction between the sympathetic and parasympathetic divisions of the ANS is enhanced. After the load, there is no correlation between the LF and VLF indicators, while at baseline, a correlation was

Таблица 4. Показатели ВСР в группах исследования 1 и 2 после проведения нагрузочного теста, $M \pm m$
Table 4. HRV indicators in groups 1 and 2 after load test, $M \pm m$

Показатель / Indicator	Группа 1 / Group 1	Группа 2 / Group 2	<i>p</i>
RRNN, мс (мс)	736.7 $\pm$ 49.4	759.8 $\pm$ 32.09	0.6
TP, мс ² (мс ²)	1468.3 $\pm$ 330.5	5427.4 $\pm$ 823.2	0.0009
HF, мс ² (мс ²)	291.9 $\pm$ 89.02	1385.2 $\pm$ 316.6	0.01
LF, мс ² (мс ²)	496.1 $\pm$ 136.6	1984.1 $\pm$ 337.8	0.002
VLF, мс ² (мс ²)	680.2 $\pm$ 212.5	768.9 $\pm$ 121.7	0.7

Таблица 5. Корреляционная матрица (Спирмена) для показателей ВСП в группе исследования 1 до проведения нагрузочного теста**Table 5.** Correlation (Spearman's) matrix for the HRV indicators in group 1 before the load test

	HF	LF	VLF	TP
RRNN				
TP	+0.9		+0.87	
HF			+0.75	
LF				

Таблица 6. Корреляционная матрица (Спирмена) для показателей ВСП в группе исследования 1 после проведения нагрузочного теста**Table 6.** Correlation (Spearman's) matrix for the HRV indicators in group 1 after the load test

	HF	LF	VLF	TP
RRNN	+0.79			
TP	+0.79		+0.67	
HF				
LF				

и HF ($p < 0.05$). Таким образом, продолжительность сердечного цикла зависит от регуляторного влияния парасимпатического отдела ВНС, когда наблюдается достоверное снижение активности этого отдела и уменьшение времени сердечного цикла. Корреляционных взаимоотношений между показателями RRNN и LF не выявлено, а также показатель TP (общая мощность спектра) находится в положительных корреляционных взаимоотношениях с показателем HF. Таким образом, основное влияние в регуляции ВСП в группе 1 после проведения нагрузочного теста «семантическая вербальная беглость» принадлежит парасимпатическому отделу ВНС.

В группе 2 также выявлена достоверная положительная корреляционная зависимость между исследуемыми показателями. После нагрузоч-

found between the sympathetic NS and the metabolic component of regulation. Thus, after the load, in group 2 the main influence of HRV regulation belongs to the sympathetic part of the autonomic nervous system.

At the third stage of the study, in groups 1 and 2 an ANOVA of TP, LF, and HF indicators was performed, which showed their significant ($p < 0.05$) change after the cognitive test (Fig. 1–3).

As can be seen from the presented figures, at baseline the TR, LF, HF indicators do not differ in both groups, however, after the loading test, these indicators significantly ($p < 0.05$) increase in group 2 relatively to group 1.

The revealed correlation differences between the HRV indicators at the time of preparation for the cognitive load test suggest that the anticipation

Таблица 7. Корреляционная матрица (Спирмена) для показателей ВСП в группе исследования 2 до проведения нагрузочного теста**Table 7.** Correlation (Spearman's) matrix for HRV indicators in group 2 before the load test

	HF	LF	VLF	TP
RRNN	+0.63			
TP	+0.88	+0.78	+0.94	
HF		+0.61	+0.74	
LF			+0.82	

Таблица 8. Корреляционная матрица (Спирмена) для показателей ВСП в группе исследования 2 после проведения нагрузочного теста**Table 8.** Correlation (Spearman's) matrix for HRV indicators in group 2 after the load test

	HF	LF	VLF	TP
RRNN	+0.52	+0.52		
TP	+0.79	+0.71	+0.86	
HF		+0.88	+0.52	
LF				

ного теста появляются корреляционные взаимоотношения между показателями RRNN и LF. Взаимодействие между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС усиливаются. После нагрузки отсутствует корреляция между параметрами LF и VLF, при этом в «исходном» состоянии выявлена корреляционная зависимость между симпатическим отделом ВНС и метаболическим звеном регуляции. Таким образом, основное влияние регуляции в ВСР после нагрузки в группе 2 принадлежит симпатическому отделу вегетативной нервной системы.

На третьем этапе исследования проведен дисперсионный анализ ANOVA показателей TP, LF, HF в группах исследования 1 и 2, которые достоверно ($p < 0.05$) изменились после проведения когнитивного теста (рис. 1–3).

Как видно из представленных рисунков, показатели TP, LF, HF в «исходном» состоянии не отличаются в обеих группах исследования, однако после проведенного нагрузочного теста эти показатели достоверно ($p < 0.05$) увеличиваются в группе 2 относительно группы 1.

Выявленные корреляционные отличия между показателями ВСР на момент подготовки к выполнению когнитивного нагрузочного теста позволяют предполагать, что ожидание предстоящей нагрузки определяет реакцию регуляторных механизмов ВСР на действие самой нагрузки (когнитивного теста). Таким образом, мы рассматриваем такой вариант регуляции как регуляцию

of the upcoming test determines the response of the HRV regulatory mechanisms to the action of the load itself (cognitive test). Thus, we consider such a variant of regulation as regulation ahead of schedule, while the regulatory mechanisms are switched on before a real change in the parameter of the regulated process (indicator). The conceptual basis for solving the problem of anticipatory adaptation can be the idea of antedating reflection, under which P.K. Anokhin understands adaptation to future events that have not yet occurred. The phenomenon of anticipatory adaptation was reflected in the work of A.A. Nalchadzhyan, who considers preliminary adaptation, or pre-adaptation, as one of the adaptive strategies used by people in problem situations [11].

CONCLUSION

The results obtained indicate that different variants of cognitive loads contribute to a change in the activity of the ANS divisions in the regulation of HRV. The nature of these changes also depends on the baseline level of regulatory capabilities of HRV, which underlies the antedating response to the cognitive load presented. Cognitive load can be considered as a method for identifying the pathogenic mechanisms of the development of cardiovascular pathology. This approach is a particular version of a more fundamental pattern related to the problem of self-assessment of one's abilities. In essence, the tested students really assess their ability to perform

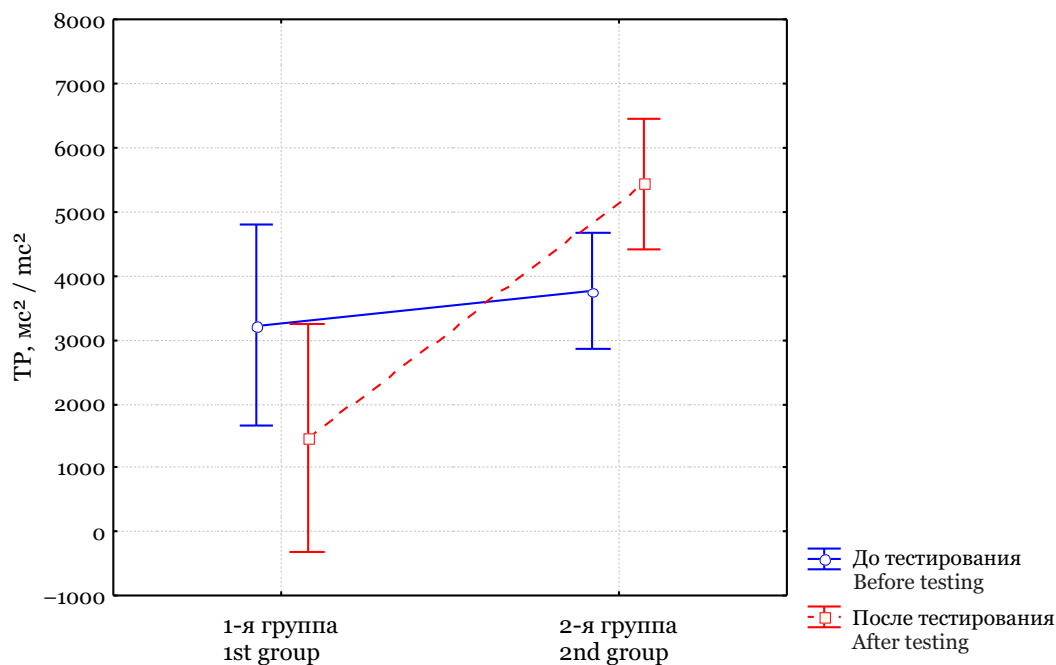


Рис. 1. Показатель TP в группах исследования 1 и 2 до и после проведения нагрузочного тестирования
Fig. 1. TP indicator in groups 1 and 2 before and after the load test

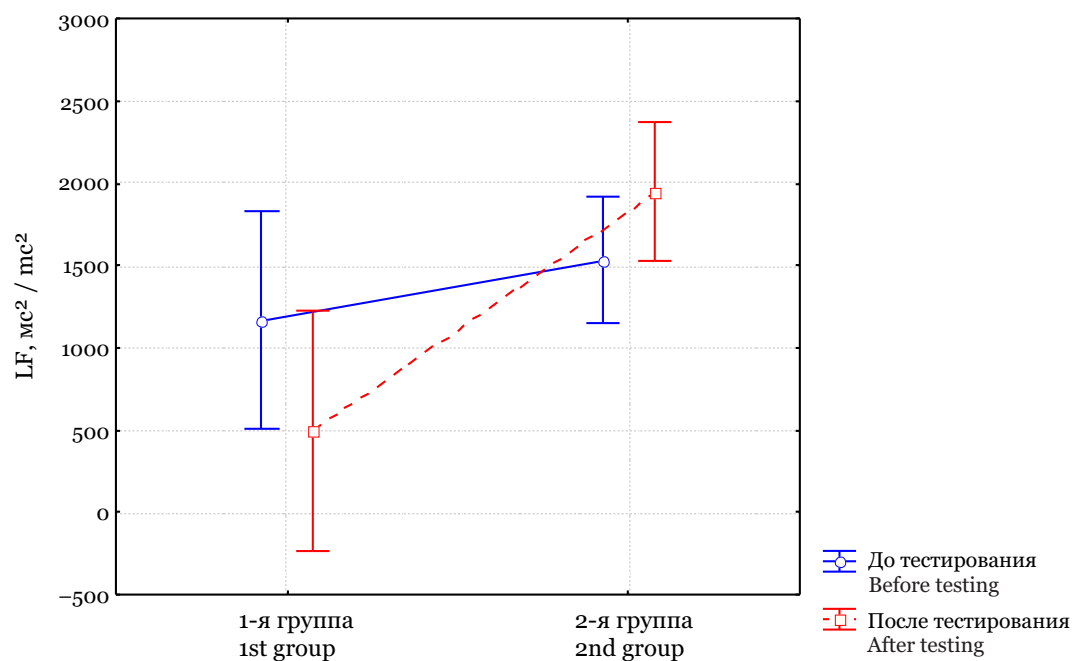


Рис. 2. Показатель LF в группах исследования 1 и 2 до и после проведения нагрузочного тестирования
Fig. 2. LF indicator in groups 1 and 2 before and after the load test

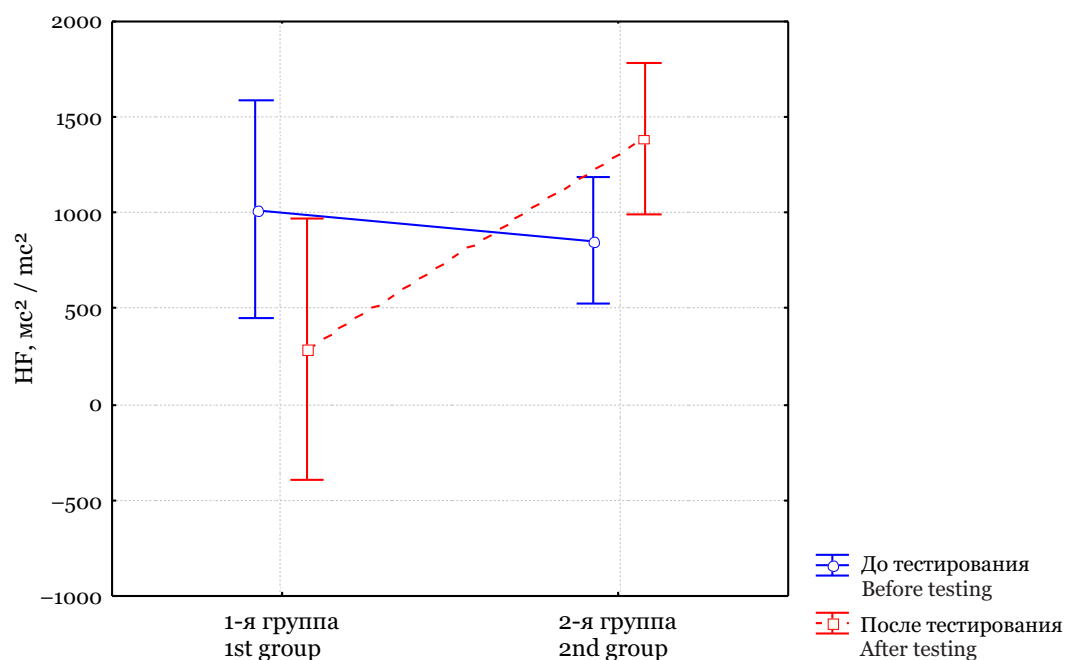


Рис. 3. Показатель HF в группах исследования 1 и 2 до и после проведения нагрузочного тестирования
Fig. 3. HF indicator in groups 1 and 2 before and after the load test

по опережению, при этом регулирующие механизмы включаются до реального изменения параметра регулируемого процесса (показателя). Концептуальной основой решения проблемы упреждающей адаптации может выступать идея опережающего отражения, под которой П.К. Анохин понимает приспособление к будущим, еще не наступившим событиям. Явление упреждаю-

a certain test, and if for some it is not difficult to pass, then for others it causes the development of a stress reaction, which indicates various predetermined mechanisms for processing incoming information.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

щей адаптации получило отражение в работе А.А. Налчаджяна, который рассматривает предварительную адаптацию, или преадаптацию, в качестве одной из адаптивных стратегий, используемых людьми в проблемных ситуациях [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в ходе исследования, свидетельствуют о том, что различные варианты когнитивных нагрузок способствуют изменению активности отделов ВНС в регуляции ВСР. Характер этих изменений также зависит от исходного уровня регуляторных возможностей ВСР, который лежит в основе опережающего варианта реагирования на предъявляемую когнитивную нагрузку. Когнитивную нагрузку можно рассма-

тривать как метод выявления патогенетических механизмов развития сердечно-сосудистой патологии. Такой подход является частным вариантом более фундаментальной закономерности, связанной с проблемой самооценки своих способностей. По существу, обследованные студенты реально оценивают свои возможности для выполнения определенного теста, и если для одних его прохождение не представляет сложностей, то для других он вызывает развитие стрессорной реакции, что свидетельствует о различных преддетерминированных механизмах обработки поступающей информации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин П.К. Теория отражения и современная наука о мозге. М.: Знание, 1970. 46 с.
2. Critchley H.D., Mathias C.J., Joseph O. et al. Human cingulate cortex and autonomic control: converging neuroimaging and clinical evidence // *Brain*. 2003;126(10):2139–2152. DOI: 10.1093/brain/awg216.
3. Fuentes-García J., Villafaina S., Collado-Mateo D. et al. Differences between high vs. low performance chess players in heart rate variability during chess problems // *Front. Psychol.* 2019;10:409. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.00409.
4. Manser P., Thalmann M., Adcock M. et al. Can reactivity of heart rate variability be a potential biomarker and monitoring tool to promote healthy aging? A systematic review with meta-analyses // *Front. Psychol.* 2021;12:686129. DOI: org/10.3389/fpsyg.2021.686129.
5. Георгиевский А.Б. Эволюция адаптаций: историко-методологическое исследование. Л.: Наука, 1989. 187 с.
6. Бань А.С., Загородный Г.М. Вегетативный показатель для оценки вариабельности ритма сердца спортсменов // *Мед. журн.* 2010;4(34):127–130.
7. Арчибасова Е.А., Куликов В.Ю., Воевода М.И. Особенности регуляции вариабельности ритма сердца при различных вариантах когнитивной нагрузки у студентов // *Сиб. мед. вестн.* 2021;1:57–67. DOI: 10.31549/2541-8289-2021-1-57-67.
8. Solhjoo S., Haigney M.C., McBee E. et al. Heart rate and heart rate variability correlate with clinical reasoning performance and self-reported measures of cognitive load // *Sci. Rep.* 2019;9(1):14668. DOI: 10.1038/s41598-019-50280-3.
9. Huth A.G., de Heer W.A., Griffiths T.L., Theunissen F.E., Gallant J.L. Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex // *Nature*. 2016;532:453–458. DOI: 10.1038/nature17637.
10. Scult M.A., Knodt A.R., Swartz J.R., Brigidi B.D., Hariri A.R. Thinking and feeling: individual differences in habitual emotion regulation and stress-related mood are associated with prefrontal executive

REFERENCES

1. Anokhin P.K. (1970). *Reflection Theory and Modern Brain Science*. Moscow: Znanie. 46 p. (In Russ.)
2. Critchley H.D., Mathias C.J., Joseph O. et al. Human cingulate cortex and autonomic control: converging neuroimaging and clinical evidence. *Brain*. 2003;126(10):2139–2152. DOI: 10.1093/brain/awg216.
3. Fuentes-García J., Villafaina S., Collado-Mateo D. et al. Differences between high vs. low performance chess players in heart rate variability during chess problems. *Front. Psychol.* 2019;10:409. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.00409.
4. Manser P., Thalmann M., Adcock M. et al. Can reactivity of heart rate variability be a potential biomarker and monitoring tool to promote healthy aging? A systematic review with meta-analyses. *Front. Psychol.* 2021;12:686129. DOI: org/10.3389/fpsyg.2021.686129.
5. Georgievskiy A.B. (1989). *The Evolution of Adaptations: A Historical and Methodological Study*. Leningrad: Nauka. 187 p. (In Russ.)
6. Ban A.S., Zagorodnyj G.M. Vegetative indicator for assessing the heart rate variability of athletes. *Med. Journal*. 2010;4(34):127–130. (In Russ.)
7. Archibasova E.A., Kulikov V.Yu., Voevoda M.I. Peculiarities of regulation of heart rate variability in different variants of cognitive load in students. *Siberian Medical Bulletin*. 2021;1:57–67. DOI: 10.31549/2541-8289-2021-1-57-67. (In Russ.)
8. Solhjoo S., Haigney M.C., McBee E. et al. Heart rate and heart rate variability correlate with clinical reasoning performance and self-reported measures of cognitive load. *Sci. Rep.* 2019;9(1):14668. DOI: 10.1038/s41598-019-50280-3.
9. Huth A.G., de Heer W.A., Griffiths T.L., Theunissen F.E., Gallant J.L. Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex. *Nature*. 2016;532:453–458. DOI: 10.1038/nature17637.
10. Scult M.A., Knodt A.R., Swartz J.R., Brigidi B.D., Hariri A.R. Thinking and feeling: individual differences in habitual emotion regulation and stress-related mood are associated with prefrontal execu-

control // Clin. Psychol. Sci. 2017;5:150–157. DOI: 10.1177/2167702616654688.

11. Налчаджян А.А. Социально-психическая адаптация личности (формы, механизмы и стратегии). Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1988. 262 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Арчибасова Елена Алексеевна – канд. мед. наук, доцент кафедры нормальной физиологии и основ безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0001-8482-3319.

Куликов Вячеслав Юрьевич – д-р мед. наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры нормальной физиологии и основ безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия.

Воевода Михаил Иванович – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины», Новосибирск, Россия.

tive control. Clin. Psychol. Sci. 2017;5:150–157. DOI: 10.1177/2167702616654688.

11. Nalchadzhyan A.A. (1988). *Social and Psychic Adaptation of Personality (Forms, Mechanisms and Strategies)*. Yerevan. 262 p. (In Russ.)

ABOUT THE AUTHORS

Elena A. Archibasova – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Normal Physiology and Fundamentals of Life Safety, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0001-8482-3319.

Vyacheslav Yu. Kulikov – Dr. Sci. (Med.), Honored Scientist of the Russian Federation, Professor, Department of Normal Physiology and Fundamentals of Life Safety, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia.

Mikhail I. Voevoda – Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia.