

УДК 612.821:159.91

DOI: 10.37482/2687-1491-Z123

**ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИКИ МОЗГА СТУДЕНТОВ
С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕАКТИВНОСТИ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОГНИТИВНОЙ ЗАДАЧИ**

А.И. Талеева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9346-6357>

Н.В. Звягина* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8384-0424>

И.С. Чуб* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8593-2808>

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
(г. Архангельск)

Быстрые социально-экономические и технологические перемены в современном обществе обуславливают необходимость освоения большого объема информации за короткий промежуток времени. В связи с этим актуальными становятся выявление физиологических и психофизиологических маркеров успешности когнитивной деятельности и оценка физиологической цены такой деятельности в условиях дефицита времени. **Цель работы** – изучить особенности гемодинамики мозга студентов с разным типом вегетативной реактивности при выполнении когнитивной задачи в произвольном темпе и в условиях дефицита времени. **Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 110 студентов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. У лиц с разным типом вегетативной реактивности методом тетраполярной реоэнцефалографии оценивали параметры мозговой гемодинамики при когнитивной деятельности в разных временных условиях, одновременно фиксировали успешность выполнения когнитивной задачи. **Результаты.** Установлено, что у студентов с нормотоническим и парасимпатотоническим типами вегетативной реактивности в процессе выполнения когнитивной задачи при введении лимитирующего временного фактора происходят разнонаправленные перестройки центральной гемодинамики. Отмечаются избыточные реакции по регионам кровотока полушарий у студентов с парасимпатотоническим типом по сравнению с представителями нормотонического типа. Также у студентов с данными типами вегетативной реактивности происходит уменьшение пульсового кровенаполнения в сосудах мозга, что влечет за собой компенсаторное увеличение тонуса артерий разного калибра: при нормотоническом типе – в окципитальных областях обоих полушарий, при парасимпатотоническом типе – во фронтальной области левого полушария. У студентов с симпатотоническим типом вегетативной реактивности при решении когнитивной задачи в условиях дефицита времени статистически значимых изменений центральной гемодинамики не

Ответственный за переписку: Талеева Анна Ильинична, адрес: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17; e-mail: a.taleeva@narfu.ru

Для цитирования: Талеева А.И., Звягина Н.В., Чуб И.С. Особенности гемодинамики мозга студентов с разным типом вегетативной реактивности при выполнении когнитивной задачи // Журн. мед.-биол. исследований. 2022. Т. 10, № 4. С. 338–349. DOI: 10.37482/2687-1491-Z123

выявлено, параметры эффективности чтения у представителей этой группы студентов были статистически значимо выше аналогичных показателей студентов с нормотоническим и парасимпатотоническим типами.

Ключевые слова: гемодинамика головного мозга, тип вегетативной реактивности, эффективность когнитивной деятельности, психоэмоциональный стресс, дефицит времени.

Современный мир отличается динамичным развитием, активным дополнением имеющейся и появлением новой информации из разных областей знаний, что влечет за собой необходимость усвоения большого объема данных за короткий временной промежуток. Деятельность в условиях цейтнота характеризуется использованием дополнительных физиологических резервов и может повлиять на качество выполненной работы. Дефицит времени рассматривают как стресс-фактор, поскольку длительное влияние временных ограничений может сопровождаться развитием стресс-реакций [1, 2]. Поскольку на данном этапе развития человека и общества умственная деятельность является ведущей, что определяет переход к когнитивному обществу, актуальными становятся выявление физиологических и психофизиологических маркеров успешности и оценка физиологической цены такой деятельности в условиях временного дефицита.

Реализация любой когнитивной функции сопровождается активацией не только соответствующих мозговых центров, но и систем, которые обеспечивают трофику работающего мозга, поддерживают необходимый для реализации мозговой деятельности уровень кислорода и т. п. Известно, что при моторной, перцептивной и иных видах деятельности в различных зонах коры головного мозга активизируются локальные процессы. Эти функциональные сдвиги могут выражаться в виде изменений показателей биоэлектрической активности нервных структур, параметров кровоснабжения мозга и др. [3, 4]. Выявлено, что различные когнитивные нагрузки вызывают сдвиги церебрального кровотока в системе внутренней сонной артерии: усиление пульсового кровена-

полнения [5, 6], снижение сосудистого тонуса в артериях мелкого и среднего калибров [7]. Эти функциональные сдвиги могут происходить в правом и левом полушариях мозга, в зависимости от локализации функциональной активности [8]. При этом интенсивность изменений гемодинамики мозга определяется эндогенными (в т. ч. индивидуальными особенностями реактивности вегетативной нервной системы (ВНС)) и экзогенными (например, временными условиями выполнения когнитивной задачи) факторами. ВНС регулирует работу внутренних органов и системы кровообращения и таким образом принимает активное участие в обеспечении реализации многих функций, в числе которых и когнитивная деятельность.

Изменения гемодинамики в процессе выполнения когнитивных задач в обычных условиях и условиях временного дефицита зависят от индивидуальных особенностей вегетативной регуляции. Для оценки типа реакции ВНС на стресс широко используются параметры variability ритма сердца (ВРС), которые также демонстрируют уровень адаптационных возможностей организма и являются индикаторами стресса [9]. Высокая информативность параметров ВРС для оценки стрессовых реакций сердечно-сосудистой системы при различных нагрузках была показана Р.М. Баевским [10]. Выявлено, что показатели ВРС значительно меняются при напряженной когнитивной деятельности [11, 12]. В некоторых исследованиях показаны явные индивидуально-типологические различия в реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку [13, 14]. В ситуации мобилизационной готовности и при выполнении когнитивных заданий в условиях стресса представители разных типов реактивности облада-

ют и разными вариантами вегетативного обеспечения организма. Так, парасимпатотоники, в отличие от симпатотоников, характеризуются более низким уровнем функционального напряжения организма. У симпатотоников преобладают активационные процессы [15].

Таким образом, особенности развития современного общества, требующие работы с большим объемом информации, выполнения профессиональных задач и принятия ответственных решений за короткий промежуток времени, актуализируют необходимость определения диапазона вариабельности функциональных изменений с учетом индивидуальных особенностей вегетативной регуляции. Целью исследования явилось изучение особенностей гемодинамики мозга студентов с разным типом вегетативной реактивности при выполнении когнитивной задачи в произвольном темпе и в условиях дефицита времени.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 110 студентов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова в возрасте $19,0 \pm 1,5$ лет. Все студенты были практически здоровы, не имели заболеваний сердечно-сосудистой и зрительной систем. Исследование проводилось на добровольной основе с соблюдением всех принципов биомедицинской этики.

На первом этапе исследования определяли реактивность ВНС студентов по изменениям параметров ВРС при ортостазе относительно покоя. Это позволило разделить студентов на три группы с учетом реактивности ВНС (симпатотонический, нормотонический, парасимпатотонический типы вегетативной реактивности) и осуществить дифференцированный подход в выявлении эффективности деятельности и анализе гемодинамики головного мозга в процессе решения когнитивной задачи в разных временных условиях. Вегетативную реактивность студентов определяли с помощью компьютерного комплекса «ВНС-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново). Запись электрокардиограммы проводили в первом стандартном отведении в двух состояниях продолжительностью 2 мин каж-

дое: в состоянии спокойного бодрствования сидя (фоновая) и при ортостатической пробе. Для определения индекса напряжения регуляторных систем (ИН, у. е.) регистрировали показатели вариационной пульсометрии по Р.М. Бавскому. ИН отражает активность симпатического звена вегетативной регуляции и степень централизации управления сердечным ритмом. Установлено, что: чем меньше ИН, тем больше активность парасимпатического отдела и автономного контура; чем больше ИН, тем выше активность симпатического отдела и степень централизации управления ритмом [10]. Вегетативную реактивность определяли по изменению ИН в ортостатической пробе по сравнению с фоном: если ИН увеличивался более чем на 10 % относительно фонового значения, респондентов относили к группе с симпатотоническим типом реактивности; если ИН уменьшался более чем на 10 % – к группе с парасимпатотоническим типом; если колебания ИН оставались в пределах $\pm 10\%$ – к группе с нормотоническим типом.

На втором этапе исследования изучали эффективность когнитивной деятельности и особенности гемодинамики головного мозга студентов с разным типом реактивности ВНС при решении когнитивных задач без временных ограничений и с ними. Когнитивная нагрузка состояла из двух наборов по 40 слов (существительные из 4 букв в именительном падеже) с пропущенной второй буквой, которые предъявляли с экрана монитора последовательно. Необходимо было прочитать слова вслух, вставляя пропущенную букву, сначала в произвольном темпе, затем в условиях ограниченного времени (экспозиция набора слов в условиях лимита времени с демонстрацией таймера – 1 мин). Фиксировали количество верно прочитанных слов, общее время выполнения задания и время чтения одного слова. Эффективность когнитивной деятельности студентов с разной вегетативной реактивностью рассчитывали как отношение количества верно прочитанных слов к общему количеству слов в стимуле, умноженное на 100 %.

Выполнение когнитивной задачи происходило одновременно с записью параметров гемодинамики мозга, которую осуществляли методом тетраполярной реоэнцефалографии на аппаратно-программном комплексе «Рео-Спектр-2» («Нейрософт»). Для исследования кровоснабжения головного мозга использовали схему с фронтально-мастоидальным и окципитально-мастоидальным расположением электродов. Фронтально-мастоидальные отведения дают информацию о кровотоке в бассейне внутренних сонных артерий, окципитально-мастоидальные – показывают информацию о кровоснабжении в бассейне позвоночных артерий [16]. Анализировали следующие показатели: пульсовое кровенаполнение (у. е.), тонус магистральных (с), крупных (Ом/с), средних и мелких (Ом/с) артерий.

Статистическую обработку данных исследования осуществляли программными средствами SPSS 22.0 для Windows. Для проверки равенства численности групп использовали непараметрический критерий «хи-квадрат». Из 110 обследованных студентов был отобран

81 человек, вывод о равенстве групп осуществляли на уровне значимости $p \leq 0,05$. Значимость различий параметров гемодинамики и эффективности когнитивной деятельности между группами определяли с помощью критерия Краскела–Уоллиса. Для сравнения зависимых выборок использовали критерий Вилкоксона. Непараметрические критерии применяли, поскольку распределение выборки оценивалось как ненормальное. Данные представляли в виде медианы (Me) и первого (25 %) и третьего (75 %) квартилей ($Q_1; Q_3$).

Результаты. В ходе первого этапа исследования все студенты были разделены на три группы по типу вегетативной реактивности: нормотонический (20 % обследованных), симпатотонический (48 %), парасимпатотонический (32 %).

На втором этапе исследования были выявлены статистически значимые различия успешности выполнения когнитивных задач студентами с разным типом вегетативной реактивности в разных временных условиях деятельности (рис. 1). Согласно результатам

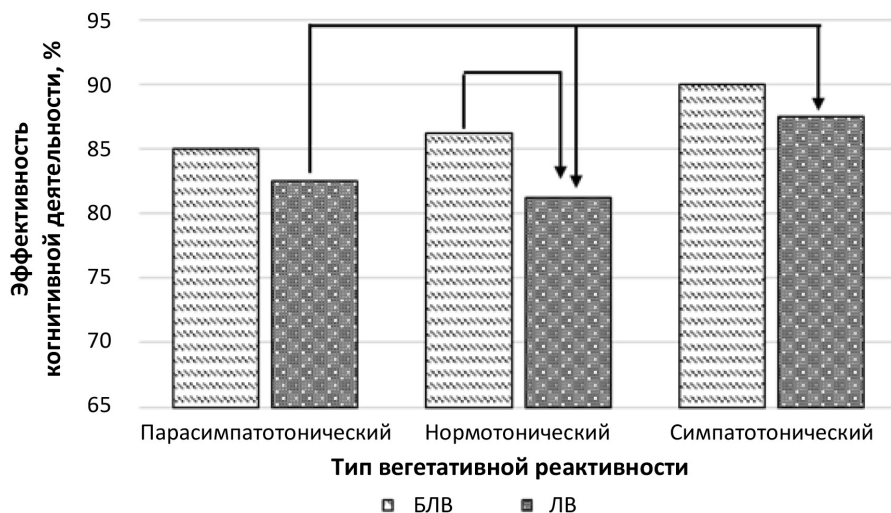


Рис. 1. Эффективность когнитивной деятельности без временного лимита (БЛВ) и с временным лимитом (ЛВ) у студентов с разным типом вегетативной реактивности (стрелками обозначены статистически значимые отличия параметра, $p \leq 0,05$)

Fig. 1. Efficiency of cognitive activity with and without a time limit in students with different types of autonomic reactivity (arrows indicate statistically significant differences in the parameter, $p \leq 0.05$)

статистического анализа, у студентов с симпатотоническим типом эффективность решения когнитивных задач без ограничения времени была выше, чем у студентов с нормотоническим и парасимпатотоническим типами, на уровне тенденции на 4 и 6 % соответственно; при введении лимитирующего временного фактора эффективность когнитивной деятельности у студентов с симпатотоническим типом оказалась статистически значимо выше, чем у представителей других типов, на 6 и 8 % соответственно ($p = 0,03$). У всех студентов, независимо от типа вегетативной реактивности, эффективность решения когнитивных задач без ограничения времени была выше, чем при работе в условиях временного лимита. У студентов с нормотоническим типом эта разница была статистически значимой ($p = 0,03$): в свободном временном режиме эффективность

когнитивной деятельности у лиц этой группы составила 86,25 %, в условиях дефицита времени – 81,25 %.

Известно, что интенсивность и характер изменений гемодинамики мозга зависят от преобладания регулирующего влияния симпатического или парасимпатического отделов ВНС. Исследование гемодинамики головного мозга студентов выявило статистически значимые различия ($p \leq 0,05$) между лицами с разным типом вегетативной реактивности по времени магистрального кровенаполнения при выполнении когнитивной задачи как без ограничения времени, так и временным ограничением (рис. 2). Согласно результатам статистического анализа, при работе без лимита времени у студентов с нормотоническим типом, в отличие от студентов с симпатотоническим типом, статистически значимо уменьшалось время

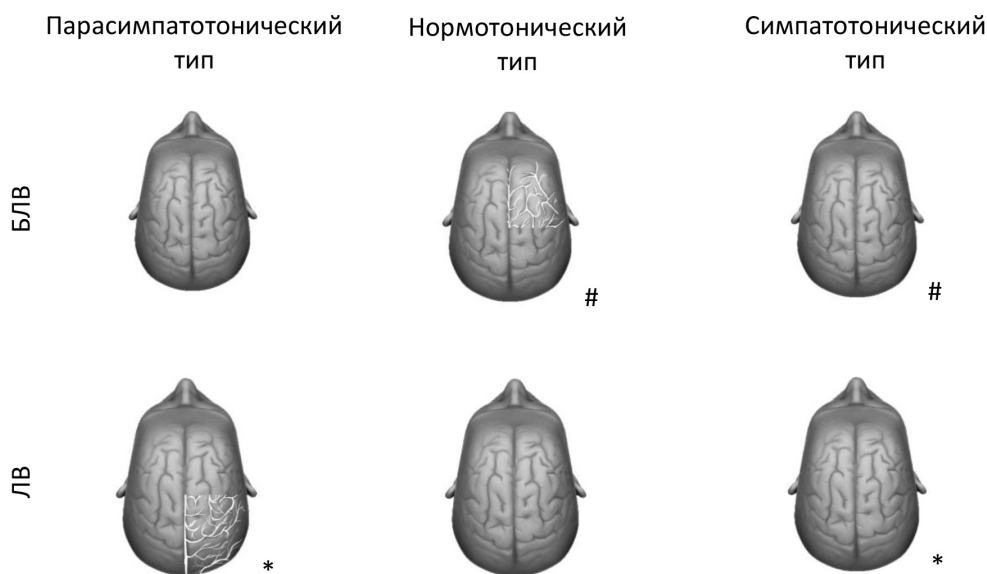


Рис. 2. Изменения времени магистрального кровенаполнения сосудов головного мозга при выполнении когнитивной задачи без временного лимита (БЛВ) и с временным лимитом (ЛВ) у студентов с разным типом вегетативной реактивности (маркировка сосудов белым цветом – уменьшение времени магистрального кровенаполнения; значками # и * отмечены статистически значимые различия между группами, $p \leq 0,05$)

Fig. 2. Changes in the blood filling time of the main cerebral vessels in students with different types of autonomic reactivity when performing a cognitive task with and without a time limit (white colour shows a decrease in the blood filling time of the main cerebral vessels; signs # and * indicate statistically significant differences between the groups, $p \leq 0.05$)

магистрального кровенаполнения (на 14 %, $p = 0,049$) в бассейне правой внутренней сонной артерии, что связано с повышением тонуса данных сосудов. Статистически значимое понижение времени магистрального кровенаполнения при деятельности в условиях лимита времени отмечалось также у студентов с парасимпатотоническим типом (на 14 %, $p = 0,027$) в бассейне правой позвоночной артерии, в отличие от студентов с симпатотоническим типом, что также свидетельствует о повышении тонуса данных сосудов.

При сравнении показателей гемодинамики мозга студентов с разным типом реактивности ВНС при выполнении когнитивной задачи в разных временных условиях были обнаружены статистически значимые отличия (см. таблицу).

Установлены изменения по показателю «пульсовое кровенаполнение» в группах студентов с нормотоническим и парасимпатотоническим типами при работе в условиях ограниченного времени. У студентов с нормотоническим

типом данный показатель статистически значительно снижался на 2 % во фронтальных и окципитальных отделах правого полушария ($p = 0,01$; $p = 0,05$), у студентов с парасимпатотоническим типом – снижался на уровне тенденции на 8 % в бассейне внутренней левой сонной артерии, а в бассейне правой позвоночной артерии – повышался на уровне тенденции на 21 %.

Сравнительный анализ скоростных показателей кровенаполнения сосудов головного мозга выявил статистически значимые различия в группах студентов с нормотоническим и парасимпатотоническим типами при деятельности в разных временных условиях. У студентов с парасимпатотоническим типом вегетативной реактивности при работе с ограничением времени установлено статистически значимое повышение тонуса магистральных артерий в бассейне левой внутренней сонной артерии на 14 % ($p = 0,04$). Деятельность в условиях лимита времени по сравнению с работой без временного ограничения у студентов с нормотоническим

**ПАРАМЕТРЫ ГЕМОДИНАМИКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА
У СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕАКТИВНОСТИ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОГНИТИВНОЙ ЗАДАЧИ В РАЗНЫХ ВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
CEREBRAL HAEMODYNAMIC PARAMETERS IN STUDENTS
WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC REACTIVITY
WHEN PERFORMING A COGNITIVE TASK WITH AND WITHOUT A TIME LIMIT**

Тип вегетативной реактивности	Отведение	Норма параметра	Значение параметра, $Me (Q_1; Q_3)$, при выполнении задачи		p
			без лимита времени	с лимитом времени	
<i>Пульсовое кровенаполнение, у. е.</i>					
Парасимпатотонический	Fms	1,2–1,6	1,39 (0,85; 1,77)	1,28 (0,66; 1,59)	0,08
	Fmd		1,42 (0,78; 1,71)	1,29 (0,88; 1,72)	0,21
	Oms	1,0–1,4	0,65 (0,45; 0,86)	0,61 (0,35; 0,97)	0,20
	Omd		0,56 (0,42; 0,95)	0,71 (0,36; 0,88)	0,07
Нормотонический	Fms	1,2–1,6	1,17 (0,88; 1,50)	1,16 (0,85; 1,52)	0,22
	Fmd		1,16 (0,90; 1,58)	1,14 (0,75; 1,43)	0,01
	Oms	1,0–1,4	0,67 (0,57; 1,50)	0,69 (0,50; 0,94)	0,66
	Omd		0,66 (0,54; 0,89)	0,65 (0,44; 0,86)	0,05
Симпатотонический	Fms	1,2–1,6	1,02 (0,89; 1,52)	1,00 (0,71; 1,52)	0,74
	Fmd		1,18 (0,80; 1,50)	1,00 (0,73; 1,68)	0,64
	Oms	1,0–1,4	0,70 (0,48; 0,92)	0,69 (0,53; 0,88)	0,64
	Omd		0,56 (0,48; 1,05)	0,66 (0,49; 0,90)	0,91

Окончание таблицы

Тип вегетативной реактивности	Отведение	Норма параметра	Значение параметра, $Me (Q_1; Q_3)$, при выполнении задачи		p
			без лимита времени	с лимитом времени	
<i>Тонус магистральных артерий, с</i>					
Парасимпатотонический	Fms	0,12–0,18	0,15 (0,14; 0,17)	0,13 (0,08; 0,17)	0,04
	Fmd		0,15 (0,13; 0,17)	0,14 (0,12; 0,17)	0,30
	Oms	0,16–0,22	0,14 (0,13; 0,16)	0,14 (0,10; 0,16)	0,19
	Omd		0,15 (0,14; 0,16)	0,14 (0,12; 0,16)	0,36
Нормотонический	Fms	0,12–0,18	0,16 (0,14; 0,17)	0,15 (0,12; 0,16)	0,19
	Fmd		0,15 (0,14; 0,17)	0,15 (0,12; 0,17)	0,52
	Oms	0,16–0,22	0,15 (0,14; 0,16)	0,14 (0,13; 0,15)	0,53
	Omd		0,15 (0,13; 0,17)	0,15 (0,14; 0,16)	0,73
Симпатотонический	Fms	1,2–1,6	0,16 (0,14; 0,18)	0,15 (0,14; 0,17)	0,54
	Fmd		0,16 (0,15; 0,18)	0,16 (0,14; 0,17)	0,93
	Oms	1,0–1,4	0,16 (0,14; 0,17)	0,15 (0,14; 0,16)	0,49
	Omd		0,15 (0,14; 0,17)	0,15 (0,14; 0,16)	0,86
<i>Тонус крупных сосудов, Ом/с</i>					
Парасимпатотонический	Fms	1,10–2,10	2,32 (1,30; 3,03)	1,93 (1,22; 2,99)	0,14
	Fmd		2,17 (1,39; 2,93)	2,23 (1,29; 3,09)	0,46
	Oms	0,7–1,5	1,16 (0,82; 1,67)	1,00 (0,70; 1,74)	0,11
	Omd		1,06 (0,80; 1,82)	1,20 (0,63; 1,93)	0,19
Нормотонический	Fms	1,10–2,10	1,87 (1,34; 2,61)	1,87 (1,48; 2,33)	0,27
	Fmd		2,07 (1,48; 2,73)	2,06 (1,42; 2,53)	0,26
	Oms	0,7–1,5	1,13 (0,95; 1,42)	1,02 (0,87; 1,43)	0,02
	Omd		1,15 (0,95; 1,36)	1,05 (0,78; 1,20)	0,007
Симпатотонический	Fms	1,2–1,6	1,58 (1,11; 2,43)	1,53 (1,10; 2,40)	0,61
	Fmd		1,64 (1,06; 2,38)	1,54 (1,15; 2,89)	0,96
	Oms	1,0–1,4	1,01 (0,73; 1,49)	0,92 (0,76; 1,32)	0,27
	Omd		1,00 (0,76; 1,77)	1,00 (0,82; 1,44)	0,56
<i>Тонус средних и мелких сосудов, Ом/с</i>					
Парасимпатотонический	Fms	0,6–1,4	1,23 (0,74; 1,69)	1,06 (0,64; 1,64)	0,12
	Fmd		1,22 (0,77; 1,65)	1,13 (0,79; 1,71)	0,16
	Oms	0,2–0,8	0,58 (0,46; 0,75)	0,57 (0,36; 0,99)	0,89
	Omd		0,58 (0,47; 0,95)	0,68 (0,36; 1,05)	0,19
Нормотонический	Fms	0,6–1,4	1,00 (0,75; 1,25)	1,04 (0,76; 1,27)	0,67
	Fmd		1,11 (0,85; 1,40)	1,05 (0,76; 1,43)	0,46
	Oms	0,2–0,8	0,56 (0,46; 0,81)	0,59 (0,41; 0,82)	0,01
	Omd		0,65 (0,50; 0,78)	0,53 (0,41; 0,66)	0,03
Симпатотонический	Fms	1,2–1,6	0,81 (0,65; 1,25)	0,82 (0,64; 1,27)	0,84
	Fmd		0,86 (0,58; 1,34)	0,98 (0,65; 1,51)	0,86
	Oms	1,0–1,4	0,50 (0,42; 0,76)	0,54 (0,40; 0,65)	0,67
	Omd		0,56 (0,36; 0,93)	0,57 (0,42; 0,79)	0,92

Примечание. Полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

типом характеризовалась статистически значимым повышением тонуса крупных сосудов в системе позвоночных артерий на 10 % в обоих бассейнах ($p = 0,02$; $p = 0,007$), увеличением тонуса средних и мелких сосудов в бассейне правой позвоночной артерии на 19 % ($p = 0,03$), снижением тонуса средних и мелких сосудов в бассейне левой позвоночной артерии на 5 % ($p = 0,01$). У студентов с парасимпатотоническим типом на уровне тенденции выявлены функциональные перестройки в системе мозговой гемодинамики при деятельности в условиях лимита времени: понижение тонуса крупных, средних и мелких сосудов во фронтальных и окципитальных отделах правого полушария, повышение тонуса крупных, средних и мелких сосудов в бассейне левой сонной артерии. У представителей симпатотонического типа вегетативной реактивности статистически значимых изменений гемодинамики головного мозга при когнитивной деятельности в разных временных условиях не отмечено.

Обсуждение. Дефицит времени является сильным стресс-агентом, который может значительно снизить параметры внимания и работоспособности, однако в работе Т.Ю. Базарова и Д.Г. Туманян показано, что дефицит времени может иметь стимулирующий эффект и в некоторых случаях при ограничении времени находятся решения, значительно более продуктивные и эффективные [17]. Все это свидетельствует о важности и актуальности изучения деятельности в условиях лимита времени и неоднозначном влиянии этого фактора на конечный результат.

Как показало наше исследование, введение лимитирующего временного фактора снижает эффективность когнитивной деятельности студентов. Наиболее чувствительны к такому ограничению лица с нормотоническим и парасимпатотоническим типами вегетативной реактивности – у них были зафиксированы наиболее низкие показатели эффективности когнитивной деятельности. Следует отметить, что именно у представителей этих двух типов были выявлены и статисти-

чески значимые изменения церебральной гемодинамики.

Известно, что в процессе когнитивной деятельности активизируются соответствующие области мозга [6]: зрительные, ассоциативные области коры больших полушарий, зона Брока, латеральная префронтальная кора, что вызывает изменения параметров гемодинамики каротидного и вертебробазилярного бассейнов. Усиление тонуса крупных сосудов способствует ускорению притока крови к функционально активным нервным центрам головного мозга, которые характеризуются наиболее интенсивной деятельностью. Основой функциональной устойчивости мозгового кровотока является реактивность сосудов – их способность адекватно и своевременно реагировать на тот или иной вид воздействий с целью обеспечения эффективной деятельности головного мозга.

У студентов с нормотоническим и парасимпатотоническим типами вегетативной регуляции в процессе выполнения когнитивной задачи при введении лимитирующего временного фактора происходят разнонаправленные перестройки центральной гемодинамики. Работа в условиях дефицита времени у студентов с парасимпатотоническим типом характеризуется процессом вазодилатации, ростом кровенаполнения в окципитальных отделах правого полушария, которое сопровождается снижением тонического напряжения сосудов распределения; во фронтальных отделах левого полушария наблюдается процесс вазоконстрикции. У студентов с нормотоническим типом при введении лимитирующего временного фактора происходит снижение пульсового кровенаполнения во всех отделах сосудистого русла, значимые изменения зафиксированы только в правом полушарии; при этом повышается тонус сосудов распределения в бассейне позвоночных артерий. Иными словами, кровоснабжение функционально активных для когнитивной деятельности мозговых структур у студентов как с нормотоническим, так и с парасимпатотоническим типом обеспечивается опосредованно, за счет системы коллатералей виллизиева кру-

га. Анатомическая связь между бассейнами сонных и позвоночных артерий направлена на сохранение стабильного мозгового кровотока при уменьшении или увеличении диаметра некоторых артерий и на обеспечение равномерности поступления крови к различным частям головного мозга человека. Таким образом, дефицит кровоснабжения активизированных нервных структур компенсируется за счет замкнутой сосудистой системы между этими бассейнами и/или за счет изменения параметров гемодинамики внутренних сонных и позвоночных артерий, что отражает компенсаторно-приспособительные специфические изменения кровоснабжения головного мозга у представителей парасимпатотонического и нормотонического типов вегетативной реактивности. Эти изменения требуют подключения дополнительных функциональных и временных ресурсов и могут негативно отражаться на эффективности когнитивной деятельности.

Статистически значимых изменений центральной гемодинамики у студентов с симпатическим типом вегетативной реактивности при решении когнитивной задачи в условиях дефицита времени не выявлено, а эффективность чтения у представителей этой группы

была статистически значимо выше, чем у студентов других групп. Симпатическая нервная система обладает катаболическим действием и мобилизует скрытые функциональные резервы организма на активную деятельность, выполняет адаптационно-трофическую функцию и обеспечивает приспособление организма к изменяющимся условиям. Именно поэтому у студентов-симпатотоников была зафиксирована более высокая эффективность когнитивной деятельности независимо от временных условий.

Таким образом, когнитивная деятельность в условиях дефицита времени сопровождается специфическими изменениями гемодинамики мозга у студентов с разным типом вегетативной реактивности, что может отражаться и на параметрах эффективности деятельности. Полученные результаты перспективны, но имеют определенные ограничения в применении из-за выбранного метода (деления на группы по изменению ИН (прирост/убыль более чем на 10 %, колебания в пределах ± 10 %) при ортопробе (сидя-стоя)) в связи с отсутствием в имеющейся литературе аналогичных исследований и требуют дальнейшего уточнения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Rendon-Velez E., van Leeuwen P.M., Happee R., Horváth I., van der Vegte W.F., de Winter J.C.F. The Effects of Time Pressure on Driver Performance and Physiological Activity: A Driving Simulator Study // *Transp. Res. Part F: Traffic Psychol. Behav.* 2016. Vol. 41, pt. A. P. 150–169. DOI: [10.1016/j.trf.2016.06.013](https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.06.013)
2. Бабаева Ю.Д., Ротова Н.А., Сабатов П.А. Детерминанты выполнения теста интеллекта в условиях ограничения времени // *Психол. исследования.* 2012. Т. 5, № 25. Ст. № 4. DOI: [10.54359/ps.v5i25.744](https://doi.org/10.54359/ps.v5i25.744)
3. Депутат И.С., Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В., Большевидцева И.Л., Старцева Л.Ф. Анализ распределения уровня постоянного потенциала головного мозга в оценке функционального состояния организма (обзор) // *Экология человека.* 2015. № 10. С. 27–36.
4. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., Клопов В.И., Танашиян М.М., Лагода О.В. Сосудистая реактивность, вызванная когнитивной нагрузкой, у больных дисциркуляторной энцефалопатией // *Асимметрия.* 2014. Т. 8, № 3. С. 4–22.
5. Zohdi H., Scholkmann F., Wolf U. Individual Differences in Hemodynamic Responses Measured on the Head Due to a Long-Term Stimulation Involving Colored Light Exposure and a Cognitive Task: A SPA-fNIRS Study // *Brain Sci.* 2021. Vol. 11, № 1. Art. № 54. DOI: [10.3390/brainsci11010054](https://doi.org/10.3390/brainsci11010054)
6. Русанов В.Б. Влияние информационной среды на функциональные особенности мозгового кровообращения формирующегося организма // *Медлайн.Ру.* 2007. Т. 8. С. 445–454.

7. Зарипов В.Н., Баринова М.О., Булыгин А.Н. Влияние умственной нагрузки на состояние сердечно-сосудистой системы организма студентов // Вестн. Иванов. гос. ун-та. Сер.: Естеств., обществ. науки. 2013. № 2. С. 8–13.
8. Микадзе Ю.В., Богданова М.Д., Лысенко Е.С., Шахнович А.Р., Абузайд С.М. Оценка латерализации церебральной гемодинамики при выполнении вербальных мнестических заданий методом функциональной транскраниальной доплерографии // Эксперим. психология. 2015. Т. 8, № 3. С. 62–73. DOI: [10.17759/exppsy.2015080306](https://doi.org/10.17759/exppsy.2015080306)
9. Ryu K., Myung R. Evaluation of Mental Workload with a Combined Measure Based on Physiological Indices During a Dual Task of Tracking and Mental Arithmetic // Int. J. Ind. Ergon. 2005. Vol. 35, № 11. P. 991–1009. DOI: [10.1016/j.ergon.2005.04.005](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.04.005)
10. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клин. информатика и телемедицина. 2004. Т. 1, № 1. С. 54–64.
11. Jóhannsdóttir K.R., Magnúsdóttir E.H., Sigurjónsdóttir S., Guðnason J. The Role of Working Memory Capacity in Cardiovascular Monitoring of Cognitive Workload // Biol. Psychol. 2018. Vol. 132. P. 154–163. DOI: [10.1016/j.biopsycho.2017.12.001](https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.12.001)
12. Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Баранцев С.А., Герасимов М.М. Функциональное состояние школьников 15–16 лет с разными аэробными возможностями при когнитивных нагрузках // Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2020. № 10(188). С. 195–202. DOI: [10.34835/issn.2308-1961.2020.10.p195-202](https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2020.10.p195-202)
13. Carroll D., Ginty A.T., Whittaker A.C., Lovallo W.R., de Rooij S.R. The Behavioural, Cognitive, and Neural Corollaries of Blunted Cardiovascular and Cortisol Reactions to Acute Psychological Stress // Neurosci. Biobehav. Rev. 2017. Vol. 77. P. 74–86. DOI: [10.1016/j.neubiorev.2017.02.025](https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.02.025)
14. Carroll D., Phillips A.C., Der G., Hunt K., Benzeval M. Blood Pressure Reactions to Acute Mental Stress and Future Blood Pressure Status: Data from the 12-Year Follow-Up of the West of Scotland Study // Psychosom. Med. 2011. Vol. 73, № 9. P. 737–742. DOI: [10.1097/PSY.0b013e3182359808](https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3182359808)
15. Овчинников К.В. Взаимосвязь variability сердечного ритма и психофизиологических показателей у лиц с разным типом вегетативной нервной системы: дис. ... канд. биол. наук. Ростов н/Д., 2006. 178 с.
16. Комплекс реографический «Рео-Спектр». Методические указания. Иваново: ООО «Нейрософт», 2010. 143 с.
17. Базаров Т.Ю., Туманян Д.Г. Влияние дефицита времени на решение творческих задач // Нац. психол. журн. 2012. № 2(8). С. 116–123.

References

1. Rendon-Velez E., van Leeuwen P.M., Happee R., Horváth I., van der Vegte W.F., de Winter J.C.F. The Effects of Time Pressure on Driver Performance and Physiological Activity: A Driving Simulator Study. *Transp. Res. Part F: Traffic Psychol. Behav.*, 2016, vol. 41, pt. A, pp. 150–169. DOI: [10.1016/j.trf.2016.06.013](https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.06.013)
2. Babaeva Yu.D., Rotova N.A., Sabadosh P.A. Determinanty vypolneniya testa intellekta v usloviyakh ogranicheniya vremeni [Determinants of Intellectual Test Performance Under Time Pressure]. *Psikhologicheskie issledovaniya*, 2012, vol. 5, no. 25. Art. no. 4. DOI: [10.54359/ps.v5i25.744](https://doi.org/10.54359/ps.v5i25.744)
3. Deputat I.S., Nekhoroshkova A.N., Griбанov A.V., Bolshevidceva I.L., Startseva L.F. Analysis of DC-Potential Level in Assessment of Body Functional State (Review). *Hum. Ecol.*, 2015, no. 10, pp. 27–36 (in Russ.).
4. Fokin V.F., Ponomareva N.V., Klopov V.I., Tanashyan M.M., Lagoda O.V. Sosudistaya reaktivnost', vyzvannaya kognitivnoy nagruzkoy, u bol'nykh distsirkulyatornoy entsefalopatiey [Vascular Reactivity Induced by Cognitive Task in Patients with Vascular Encephalopathy]. *Asimetriya*, 2014, vol. 8, no. 3, pp. 4–22.
5. Zohdi H., Scholkmann F., Wolf U. Individual Differences in Hemodynamic Responses Measured on the Head Due to a Long-Term Stimulation Involving Colored Light Exposure and a Cognitive Task: A SPA-fNIRS Study. *Brain Sci.*, 2021, vol. 11, no. 1. Art. no. 54. DOI: [10.3390/brainsci11010054](https://doi.org/10.3390/brainsci11010054)
6. Rusanov V.B. Vliyanie informatsionnoy sredy na funktsional'nye osobennosti mozgovogo krovoobrashcheniya formiruyushchegosya organizma [Influence of the Information Environment on the Function of Cerebral Circulation of a Developing Body]. *Medlayn.Ru*, 2007, vol. 8, pp. 445–454.

7. Zaripov V.N., Barinova M.O., Bulygin A.N. Vliyanie umstvennoy nagruzki na sostoyanie serdechno-sosudistoy sistemy organizma studentok [Influence of Mental Load on the State of the Cardiovascular System in Female Students]. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvennye, obshchestvennye nauki*, 2013, no. 2, pp. 8–13.
8. Mikadze Yu.V., Bogdanova M.D., Lysenko E.S., Shakhnovich A.R., Abuzaid S.M. Assessment of Hemodynamic Cerebral Lateralization During the Performance of Verbal Mnestic Tasks with the Use of Functional Transcranial Doppler Ultrasound. *Ekspertimental'naya psikhologiya*, 2015, vol. 8, no. 3, pp. 62–73 (in Russ.). DOI: [10.17759/expsy.2015080306](https://doi.org/10.17759/expsy.2015080306)
9. Ryu K., Myung R. Evaluation of Mental Workload with a Combined Measure Based on Physiological Indices During a Dual Task of Tracking and Mental Arithmetic. *Int. J. Ind. Ergon.*, 2005, vol. 35, no. 11, pp. 991–1009. DOI: [10.1016/j.ergon.2005.04.005](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.04.005)
10. Baevskiy R.M. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma: istoriya i filosofiya, teoriya i praktika [The Analysis of Heart Rate Variability: History and Philosophy, Theory and Practice]. *Klinicheskaya informatika i teleditsina*, 2004, vol. 1, no. 1, pp. 54–64.
11. Jóhannsdóttir K.R., Magnúsdóttir E.H., Sigurjónsdóttir S., Guðnason J. The Role of Working Memory Capacity in Cardiovascular Monitoring of Cognitive Workload. *Biol. Psychol.*, 2018, vol. 132, pp. 154–163. DOI: [10.1016/j.biopsycho.2017.12.001](https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.12.001)
12. Krivolapchuk I.A., Chernova M.B., Barantsev S.A., Gerasimov M.M. Funktsional'noe sostoyanie shkol'nikov 15-16 let s raznymi aerobnymi vozmozhnostyami pri kognitivnykh nagruzkakh [Functional State of Adolescents Aged 15–16-Years Old with Different Aerobic Abilities Under Cognitive Loads]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2020, no. 10, pp. 195–202. DOI: [10.34835/issn.2308-1961.2020.10.p195-202](https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2020.10.p195-202)
13. Carroll D., Ginty A.T., Whittaker A.C., Lovallo W.R., de Rooij S.R. The Behavioural, Cognitive, and Neural Corollaries of Blunted Cardiovascular and Cortisol Reactions to Acute Psychological Stress. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2017, vol. 77, pp. 74–86. DOI: [10.1016/j.neubiorev.2017.02.025](https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.02.025)
14. Carroll D., Phillips A.C., Der G., Hunt K., Benzeval M. Blood Pressure Reactions to Acute Mental Stress and Future Blood Pressure Status: Data from the 12-Year Follow-Up of the West of Scotland Study. *Psychosom. Med.*, 2011, vol. 73, no. 9, pp. 737–742. DOI: [10.1097/PSY.0b013e3182359808](https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3182359808)
15. Ovchinnikov K.V. *Vzaimosvyaz' variabel'nosti serdechnogo ritma i psikhofiziologicheskikh pokazateley u lits s raznym tipom vegetativnoy nervnoy sistemy* [Correlation Between Heart Rate Variability and Psychophysiological Parameters in Individuals with Different Types of the Autonomic Nervous System: Diss.]. Rostov-on-Don, 2006. 178 p.
16. *Kompleks reograficheskoy "Reo-Spekt". Metodicheskie ukazaniya* [Rheographic Complex "Reo-Spect". Guidelines]. Ivanovo, 2010. 143 p.
17. Bazarov T.Yu., Tumanyan D.G. Vliyanie defitsita vremeni na reshenie tvorcheskikh zadach [Time Constraints Effect on Solving Creative Problems]. *Natsional'nyy psikhologicheskyy zhurnal*, 2012, no. 2, pp. 116–123.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z123

*Anna I. Taleeva** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9346-6357>
*Natal'ya V. Zvyagina** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8384-0424>
*Igor' S. Chub** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8593-2808>

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russian Federation)

CEREBRAL HAEMODYNAMICS OF STUDENTS WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC REACTIVITY WHEN PERFORMING A COGNITIVE TASK

In modern society, rapid socioeconomic and technological changes make it necessary to obtain and process large amounts of information in a short period of time. As a result, the identification of physiological and psychophysiological markers of the success of cognitive activity and the assessment of the physiological cost of such activity under a time limit become relevant. The **aim** of this paper

was to study cerebral haemodynamics of students with different types of autonomic reactivity when performing a cognitive task at their own pace under a time limit. **Materials and methods.** The research involved 110 students of Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. Tetrapolar rheoencephalography was used to assess the parameters of cerebral haemodynamics in subjects with different types of autonomic reactivity performing a cognitive task (reading words with one missing letter) with and without a time limit, the success being recorded simultaneously. **Results.** We detected multidirectional restructuring of central haemodynamics in normotonic and vagotonic students in the process of performing a cognitive task with and without a time limit. Excessive reactions are noted in the blood flow regions of the hemispheres in vagotonic students, compared with normotonic subjects. Students with these types of autonomic reactivity demonstrate a decrease in pulse volume in the cerebral blood vessels, which results in a compensatory increase in the tone of arteries with different diameters: in the normotonic group, in the occipital regions of both hemispheres, while in the vagotonic group, in the frontal region of the left hemisphere. Sympathicotonic subjects, when solving a cognitive task under a time limit, showed no significant changes in central haemodynamics; the parameters of reading efficiency in this group were significantly higher than those in normotonic and vagotonic students.

Keywords: cerebral haemodynamics, type of autonomic reactivity, efficiency of cognitive activity, psychoemotional stress, time limit.

Received 11 May 2022
Accepted 5 September 2022
Published 14 November 2022

Поступила 11.05.2022
Принята 05.09.2022
Опубликована 14.11.2022

Corresponding author: Anna Taleeva, address: nab. Severnoy Dviny 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: a.taleeva@narfu.ru

For citation: Taleeva A.I., Zvyagina N.V., Chub I.S. Cerebral Haemodynamics of Students with Different Types of Autonomic Reactivity When Performing a Cognitive Task. *Journal of Medical and Biological Research*, 2022, vol. 10, no. 4, pp. 338–349. DOI: 10.37482/2687-1491-Z123

