

УДК 612.82:[612.13+611.81]

DOI: 10.37482/2687-1491-Z144

**АСИММЕТРИЯ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ
В БАСЕЙНЕ ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЙ У СТУДЕНТОВ
ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКЕ:
СВЯЗЬ С ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ КОНТРОЛЯ ПОВЕДЕНИЯ¹**

П.А. Продиус*/**/** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1106-120X>

А.Е. Баженов* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2397-9904>

М.Д. Берстнева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8798-6954>

*Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
(Нижний Новгород)

**Приволжский исследовательский медицинский университет
(Нижний Новгород)

***Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия
(Нижний Новгород)

Цель исследования – изучение связи мозгового кровообращения при кратковременной умственной нагрузке с эффективностью контроля поведения. Результаты ранее опубликованных исследований не позволяют получить однозначную картину функциональной перестройки мозгового кровообращения в ответ на умственную деятельность. Одной из причин неоднозначности результатов могут быть индивидуальные различия. Это подтверждается наличием типологических особенностей мозгового кровообращения в покое и при умственной нагрузке. Авторы данной работы обратили внимание на еще одну потенциальную типологическую характеристику – билатеральную асимметрию мозгового кровообращения в бассейне внутренних сонных артерий. Известные данные позволяют предположить связь асимметрии мозгового кровообращения с продуктивностью умственной деятельности и эффективностью контроля поведения. **Материалы и методы.** Методом реоэнцефалографии у 20 студентов (возраст – 19–23 лет) изучались показатели мозгового кровообращения во время умственной нагрузки (проба Go/No-Go). Стимульный материал предъявлялся на мониторе с помощью программы PsychoPy. Оценивалось время реакции и количество ошибок. Реоэнцефалограмма регистрировалась с помощью прибора «Рео-Спектр». Пульсовое кровенаполнение в бассейне

¹**Вклад авторов:** Продиус П.А. – анализ литературы, дизайн эксперимента, научное руководство, вторичный анализ данных, написание статьи; Баженов А.Е. – анализ литературы, регистрация физиологических и поведенческих данных, первичный анализ и обсуждение данных; Берстнева М.Д. – регистрация физиологических и поведенческих данных, первичный анализ и обсуждение данных.

Ответственный за переписку: Продиус Петр Анатольевич, адрес: 603950, Нижний Новгород, просп. Гагарина, д. 25, корп. 1; e-mail: prodiusnn@yandex.ru

Для цитирования: Продиус П.А., Баженов А.Е., Берстнева М.Д. Асимметрия мозгового кровообращения в бассейне внутренних сонных артерий у студентов при кратковременной умственной нагрузке: связь с эффективностью контроля поведения // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 2. С. 184–196. DOI: 10.37482/2687-1491-Z144

внутренних сонных артерий в покое и во время умственной нагрузки оценивалось по амплитудно-частотному показателю, асимметрия кровообращения в лобных отделах – по коэффициенту асимметрии. **Результаты.** При кратковременной умственной нагрузке у студентов наблюдалась тенденция к умеренному увеличению пульсового кровенаполнения в лобных отделах. Установлена отрицательная корреляция между амплитудно-частотным показателем в правой лобной области и количеством ошибок в пробе Go/No-Go. Исследование взаимосвязи асимметрии кровообращения в бассейне внутренних сонных артерий и точности выполнения пробы Go/No-Go выявило положительную корреляцию между преобладанием кровотока в левой лобной области и точностью выполнения пробы. Обсуждается перспективность использования асимметрии церебрального кровообращения в бассейне внутренних сонных артерий для прогнозирования эффективности умственной деятельности.

Ключевые слова: реоэнцефалография, кратковременная умственная нагрузка, Go/No-Go, мозговое кровообращение, бассейн внутренних сонных артерий, адаптация к умственной нагрузке, контроль поведения, функциональная асимметрия мозга.

Одной из важнейших особенностей XXI века является существенное изменение характера деятельности человека. За счет увеличения производительности труда путем автоматизации и роботизации доля физической нагрузки существенно снизилась. Вместе с тем резко выросла информационная нагрузка на мозг человека в виде различных коммуникаций, текстов, мультимедийных источников, гипертекста и т. д. Для удовлетворительной адаптации человека к современной информационной и коммуникационной среде необходима адекватная перестройка мозгового кровообращения. В связи с этим тема адаптации кровообращения к умственной деятельности представляет как академический, так и сугубо практический интерес.

Мозговое кровоснабжение у взрослых людей характеризуется относительным постоянством и определенной пространственной организацией. Пульсовое кровенаполнение сосудов головного мозга в бассейне внутренней сонной артерии более выражено, чем в бассейне позвоночных артерий.

Наряду с отличиями в кровоснабжении передних и задних отделов головного мозга описывается также межполушарная (билатеральная) асимметрия мозгового кровоснабжения, которая может наблюдаться в покое или возникать при функциональных нагрузках. В состоянии покоя в норме коэффициент асимметрии может колебаться в пределах 15–20 %.

При этом асимметрия у взрослых и учеников старших классов чаще проявляется большим кровенаполнением в левой гемисфере [1–3].

Отдельный интерес представляет перестройка мозгового кровообращения при кратковременной и долговременной умственной нагрузке. С одной стороны, существует общее фундаментальное представление об адаптационных механизмах мозгового кровообращения. Умственная деятельность приводит к активации определенных областей мозга, что требует повышения кровотока. Ведущая роль в этом принадлежит нервно-сосудистой единице, включающей нейрон, астроглию и церебральный микрососуд. При активации нейронов через астроциты поступают сигналы к местным артериолам, вызывая их дилатацию и увеличение кровотока [4]. С другой стороны, при изучении литературных данных о перестройке мозгового кровообращения в ответ на умственную деятельность мы столкнулись с довольно пестрыми, а порой и противоречивыми научными данными. В ряде работ указывается, что кратковременная умственная нагрузка не вызывает значимых изменений пульсового кровенаполнения и изменения тонуса сосудов [5, 6]. Есть также исследования, где обнаружено увеличение пульсового кровенаполнения и снижение тонуса артерий в лобных отделах при такой нагрузке [7].

Обобщая данные изменений церебральной гемодинамики при кратковременной нагрузке с результатами, полученными при изучении долговременной адаптации к умственной деятельности [8, 9], можно сказать, что удовлетворительная адаптация к умственной нагрузке характеризуется увеличением пульсового кровенаполнения и уменьшением тонуса сосудов. При длительной нагрузке, большом эмоциональном напряжении или неблагоприятном течении адаптации мозгового кровотока можно наблюдать уменьшение кровенаполнения, повышение тонуса сосудов и затруднение венозного оттока. Вместе с тем по имеющимся данным трудно составить полную картину, как мозг осуществляет быструю перестройку мозгового кровоснабжения и почему у одних испытуемых при этом умственная деятельность более эффективная, а у других сопряжена с совершением ошибок или со снижением темпа.

Можно предположить, что для регуляции мозгового кровообращения имеют значение индивидуальные особенности, которые формируются в процессе онтогенеза при гетерохронном созревании мозга. Существуют данные о типологических отличиях церебрального кровообращения в покое. Например, по реографическому систолическому индексу предложено различать следующие типы мозгового кровообращения: гиповолемический, нормоволемический и гиперволемический [10]. По показателю тонуса сосудов микроциркуляторного русла (дикротический индекс – ДИК) были выделены гиперрезистивный (ДИК > 70 %), норморезистивный (ДИК = 40–70 %) и гипорезистивный типы кровообращения (ДИК < 40 %) [1].

У детей разных возрастных групп ранее было выявлено два типа реакции на умственную нагрузку – увеличение кровенаполнения мозга со снижением тонуса сосудов и снижение кровенаполнения с увеличением тонуса сосудов [11]. Позже выделено три типа: повышение пульсового кровенаполнения, понижение кровенаполнения и неустойчивая реакция [12]. Третий тип реагирования церебрального кровообращения на умственную нагрузку также охарактеризован как тип с повышением ча-

стоты сердечных сокращений и перераспределением кровотока между отделами мозга [13].

В качестве фактора индивидуальных особенностей мозгового кровообращения можно также рассматривать функциональную межполушарную асимметрию. Кратковременная физическая или умственная нагрузка способна вызывать или усиливать межбассейновую и межполушарную асимметрию [3]. Необходимо отметить, что изменение кровотока может зависеть от типа функциональной нагрузки. Например, чтение латерализует кровообращение в левой гемисфере, а пространственный тест – в правой [14].

Умственная деятельность связана с активностью различных отделов коры больших полушарий, но особенно с деятельностью лобной коры, осуществляющей контроль поведения. Функциональные изменения мозгового кровообращения в лобных отделах при умственной и других видах нагрузки могут быть связаны с индивидуальными особенностями, например с темпераментом. У сангвиников наблюдается повышение тонуса сосудов в лобных отделах, у меланхоликов – понижение тонуса и затруднение венозного оттока [15]. Межполушарная асимметрия кровообращения в бассейне внутренних сонных артерий может обуславливать особенности поведения как в норме, так и при нарушениях психических функций. Например, взрослые мужчины с более активным поведением характеризуются выраженной межполушарной асимметрией в бассейне внутренних сонных артерий в отличие от группы с менее активным поведением [16]. У лиц с синдромом дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) наблюдают более импульсивное поведение с совершением большего количества ошибок по сравнению со здоровыми людьми. СДВГ у взрослых проявляется снижением внимания и памяти, а также повышением импульсивности [17]. Для взрослых с СДВГ характерен агрессивный стиль вождения автомобиля, и они чаще становятся виновниками дорожно-транспортных происшествий [18]. Изменения когнитивной сферы и контроля поведения при СДВГ могут быть связаны с билатеральной

асимметрией мозгового кровообращения в лобной коре. По имеющимся данным, у детей 7–10 лет с СДВГ реографический индекс (РИ) и амплитудно-частотный показатель (АЧП) в бассейне правой внутренней сонной артерии больше, чем в бассейне левой [19]. Также по данным околоинфракрасной спектроскопии у детей с СДВГ обнаружены асимметрия уровня сатурации (SpO₂) в лобных отделах и связь между снижением SpO₂ в префронтальной коре и числом ошибочных нажатий No-Go в пробе Go/No-Go [20, 21].

Таким образом, проблема межполушарной асимметрии мозгового кровообращения в большей мере исследовалась как маркер психических нарушений. Как данная асимметрия типологическая особенность изучалась в меньшей степени, в т. ч. ее роль в умственной деятельности и контроле поведения. Приведенные выше данные позволяют предположить, что возможна связь исполнительного контроля с межполушарной асимметрией мозгового кровообращения в бассейне внутренних сонных артерий в покое и во время умственной деятельности.

Целью данной работы стало изучение связи мозгового кровообращения при кратковременной умственной нагрузке с эффективностью контроля поведения. Задачи исследования: изучение временной динамики показателей мозгового кровообращения во время пробы Go/No-Go; анализ связи поведенческих показателей с мозговым кровообращением в правой и левой лобной области; установление особенностей взаимосвязи асимметрии кровообращения в бассейне внутренних сонных артерий с точностью выполнения пробы Go/No-Go.

Материалы и методы. Исследование было проведено на 20 добровольцах-студентах естественно-научного направления в возрасте 19–23 лет (разного пола), подписавших информированное согласие. Испытуемым было предложено выполнить задание на контроль внимания Go/No-Go, состоящее из двух частей длительностью по 7,5 мин с перерывом в 1 мин между ними. При предъявлении стимульного материала в виде частого значимого (Go – бук-

ва Н), незначимого редкого (No-Go – буква И) и незначимого редкого (Novel – различные знаки: @, ?, # и др.) символов испытуемые нажимали определенные кнопки [22]. Стимульный материал предъявлялся на мониторе с помощью программы PsychoPy [23] в случайном порядке.

Реоэнцефалограмма регистрировалась прибором «Рео-Спектр»: в покое (перед выполнением задания, в течение 1 мин) и во время теста Go/No-Go, включая период отдыха между частями. Для исследования кровоснабжения головного мозга применялась схема с фронто-мастоидальным (Fm) и окципито-мастоидальным (Om) расположением электродов. Фронтально-мастоидальные отведения дают информацию о кровотоке в бассейне внутренних сонных артерий, окципито-мастоидальные – в бассейне позвоночных артерий [24]. Пульсовое кровенаполнение в бассейне внутренних сонных артерий оценивалось по данным АЧП – отношения РИ к длительности сердечного цикла в секундах. Эта величина характеризует объемный кровоток в исследуемой области в единицу времени. Коэффициент билатеральной асимметрии мозгового кровообращения в бассейнах внутренних сонных артерий рассчитывался как отношение АЧП в левом фронто-мастоидальном отведении к АЧП в правом фронто-мастоидальном отведении (FMs/FMd). Значение больше единицы означало преобладание кровотока в левой гемисфере, меньше единицы – в правой.

Обработка полученных данных осуществлялась следующим образом: в программе «Рео-Спектр» выделялись 5 циклов в середине минуты, после чего автоматически программой осуществлялось усреднение и вычисление показателей. Одновременно с реоэнцефалограммой регистрировалась электрокардиограмма. Средняя частота сердечных сокращений (ЧСС) определялась автоматически на выделенном участке полиграммы, включающем реоэнцефалограмму и электрокардиограмму, программой «Рео-Спектр» по RR-интервалам.

Проверка на нормальность распределения данных проводилась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Распределение АЧП, ЧСС и чис-

ла ошибочных нажатий No-Go отличалось от нормального, поэтому для анализа данных показателей использовались непараметрические критерии (Манна–Уитни и Вилкоксона), данные описывались при помощи значений медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q_1 ; Q_3). Время реакции подчинялось нормальному распределению и представлялось как среднее значение (M) и ошибка среднего (m), различия устанавливались по критерию Стьюдента. Корреляционный анализ между гемодинамическими и поведенческими показателями выполнялся по Спирмену. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты

Контроль поведения при умственной нагрузке. Среднее время реакции при нажатии кнопки на появление стимула Go в 1-й части пробы составило 0,399 с и незначительно уменьшилось во 2-й части – до 0,392 с (табл. 1). Среднее количество ошибочных нажатий на стимул No-Go в 1-й части пробы составило 6,3, во 2-й части – 6,8. В течение всей пробы ошибку No-Go допускали в среднем 6-7 раз.

Корреляционный анализ показал статистически значимую ($p < 0,01$) сильную отрицательную связь ($r = -0,563$) между средним временем реакции на стимул Go и количеством ошибочных нажатий на стимул No-Go, что характеризует группу испытуемых как неоднородную, которую можно условно разделить на импульсивную и рефлексивную подгруппы. Это подтверждает ранее полученные данные о том, что лица, которые быстрее нажимают кнопку при появлении стимула Go, чаще совершают ошибочное нажатие на стимул No-Go [25].

Частота сердечных сокращений при умственной нагрузке. В ответ на выполнение пробы Go/No-Go с 1-й минуты у студентов в среднем по группе наблюдалось умеренное повышение ЧСС, которое в целом сохранялось до последней минуты 2-й части пробы (рис. 1). Следует отметить, что у нескольких испытуемых не фиксировалось роста ЧСС. Следовательно, повышение ЧСС не являлось общей особенностью перестройки системной гемодинамики во время умственной на-

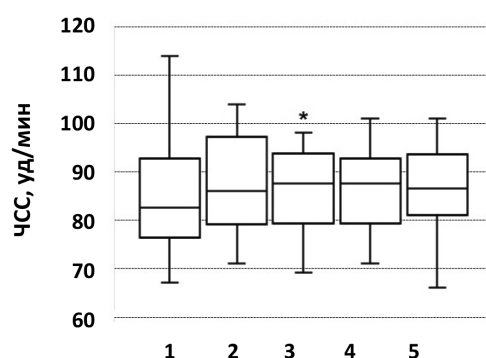


Рис. 1. Динамика частоты сердечных сокращений у студентов при выполнении пробы Go/No-Go, Me (Q_1 ; Q_3). Ось x: 1 – покой; 2 – 1-я минута 1-й части пробы; 3 – последняя минута 1-й части пробы; 4 – 1-я минута 2-й части пробы; 5 – последняя минута 2-й части пробы (* – установлены статистически значимые различия с уровнем покоя ($p = 0,031$))

Fig. 1. Heart rate dynamics in students during the Go/No-Go test, Me (Q_1 ; Q_3). X-axis: 1 – rest; 2 – 1st minute of the 1st part of the test; 3 – last minute of the 1st part of the test; 4 – 1st minute of the 2nd part of the test; 5 – last minute of the 2nd part of the test (* – statistically significant differences from the parameter at rest were detected ($p = 0.031$))

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛИ КОНТРОЛЯ ПОВЕДЕНИЯ У СТУДЕНТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОБЫ GO/NO-GO, $M \pm m$

BEHAVIOUR CONTROL PARAMETERS IN STUDENTS DURING THE GO/NO-GO TEST, $M \pm m$

Показатель	1-я часть пробы	2-я часть пробы	Среднее по пробе
Время реакции, мс	0,399±0,061	0,392±0,056	0,396±0,057
Число ошибок No-Go	6,30±3,35	6,80±5,03	6,55±5,13

грузки. Таким образом, выбор АЧП в качестве показателя пульсового кровенаполнения церебральных сосудов, на наш взгляд, является более адекватным по сравнению с использованием РИ, поскольку дает возможность нормировать данные.

Гемодинамика в бассейне внутренних сонных артерий при умственной нагрузке. Согласно динамике АЧП, во время выполнения 1-й половины пробы Go/No-Go левом (FMs) и правом (FMd) лобном отведении регистрировалось умеренное увеличение кровотока по сравнению с покоем. Во 2-й части пробы показатели незначительно отличались от уровня покоя (табл. 2).

дование дополнило их более подробными сведениями о временной динамике.

Взаимосвязь мозговой гемодинамики в бассейне внутренних сонных артерий с контролем поведения. По динамике АЧП (табл. 2) можно проследить тенденцию преобладания средних значений показателя в левой гемисфере. При этом средний коэффициент межполушарной асимметрии кровотока в течение пробы варьировал от 1,07 до 1,16. Корреляционный анализ не выявил статистически значимых зависимостей мозгового кровообращения в бассейне левой внутренней сонной артерии с поведенческими данными.

Обнаружена статистически значимая ($p = 0,024$) высокая положительная связь ($r = 0,503$)

Таблица 2

**ДИНАМИКА АЧП В БАССЕЙНАХ ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЙ
У СТУДЕНТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОБЫ GO/NO-GO, Me (Q₁; Q₃)**
**AMPLITUDE-FREQUENCY INDEX DYNAMICS
IN THE INTERNAL CAROTID ARTERIES IN STUDENTS
DURING THE GO/NO-GO TEST, Me (Q₁; Q₃)**

Этап исследования	АЧП в бассейне сонной артерии	
	левой	правой
Покой	192 (135; 213)	188 (131; 254)
1-я часть пробы Go/No-Go:		
1-я минута	183 (141; 234)	198 (137; 275)
2-я минута	206 (147; 240)	202 (148; 262)
3-я минута	202 (141; 240)	190 (159; 250)
последняя минута	199 (132; 242)	214 (165; 261)
Отдых	186 (147; 241)	189 (141; 271)
2-я часть пробы Go/No-Go:		
1-я минута	182 (130; 220)	189 (109; 245)
2-я минута	195 (139; 242)	176 (135; 268)
3-я минута	188 (147; 209)	185 (127; 245)
последняя минута	184 (147; 230)	179 (119; 244)

Таким образом, во время умственной нагрузки не было выявлено статистически значимых изменений АЧП. Можно говорить о тенденции к увеличению пульсового кровенаполнения в 1-й части пробы. Эти результаты согласуются с литературными данными [2, 5, 6]. Наше исследование

между АЧП в бассейне правой внутренней сонной артерии в покое и числом ошибочных нажатий на стимул No-Go в 1-й части пробы. Больше ошибочных нажатий на запретный стимул No-Go совершали индивиды с более высоким АЧП в бассейне правой внутренней сонной артерии.

Корреляционный анализ также выявил статистически значимую ($p = 0,002$) очень сильную прямую ($r = 0,647$) зависимость АЧП в бассейне правой внутренней сонной артерии на последней минуте 1-й части пробы и общего количества ошибок No-Go 1-й части пробы (рис. 2).

время умственной деятельности может служить прогностическим показателем эффективности умственной деятельности.

Взаимосвязь асимметрии мозгового кровообращения с контролем поведения. С использованием показателей АЧП для левого и

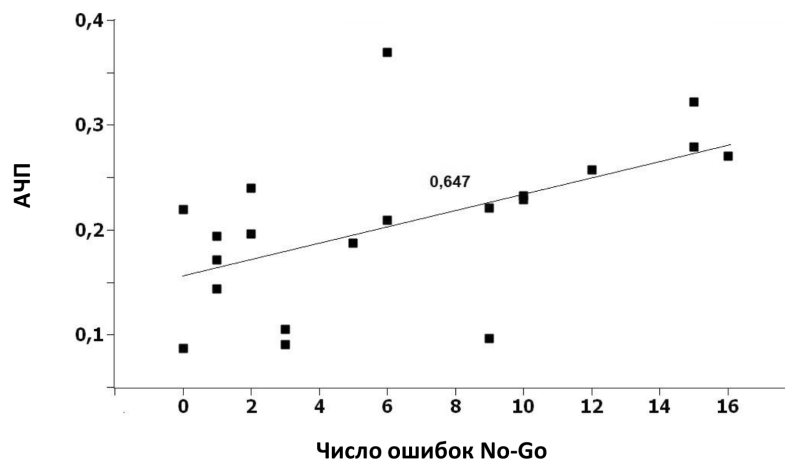


Рис. 2. Скаттерограмма корреляционного анализа АЧП в бассейне правой внутренней сонной артерии у студентов на последней минуте 1-й части пробы Go/No-Go и числа ошибок No-Go в 1-й части пробы

Fig. 2. Scatter plot for amplitude-frequency index analysis in the right internal carotid artery in students in the last minute of the 1st part of the Go/No-Go test (y-axis) and the number of No-Go errors in the 1st part of the test (x-axis)

Интересно также, что корреляционный анализ обнаружил статистически незначимую ($p = 0,111$) среднюю отрицательную зависимость ($r = -0,367$) АЧП в бассейне правой внутренней сонной артерии в покое и среднего времени реакции испытуемых. Данная тенденция также подчеркивает зависимость поведенческих особенностей во время умственной деятельности от церебральной гемодинамики в бассейне правой внутренней сонной артерии.

Более высокий уровень кровенаполнения в правой гемисфере дает более быстрый моторный ответ, но и большее количество ошибок в случаях, где требуется затормозить реакцию, т. е. испытуемые с более выраженным кровотоком в правой лобной области более импульсивны. Таким образом, уровень кровообращения в правой лобной области как в покое, так и во

правого отведений были рассчитаны коэффициенты асимметрии в покое и во время пробы Go/No-Go. Далее для 1-й и 2-й частей пробы вычислили средние значения коэффициента асимметрии АЧП и числа ошибочных нажатий на стимул No-Go. Используя эти данные, провели корреляционный анализ средних значений коэффициента асимметрии АЧП и среднего числа ошибочных нажатий на стимул No-Go, который показал, что асимметрия мозгового кровообращения во время умственной деятельности имеет высокую статистически значимую ($p = 0,021$) отрицательную связь ($r = -0,512$) с количеством ошибок No-Go (рис. 3). Таким образом, испытуемые с преобладанием пульсового кровенаполнения (в покое и, особенно, во время умственной нагрузки) в бассейне левой внутренней сонной артерии допускают мень-

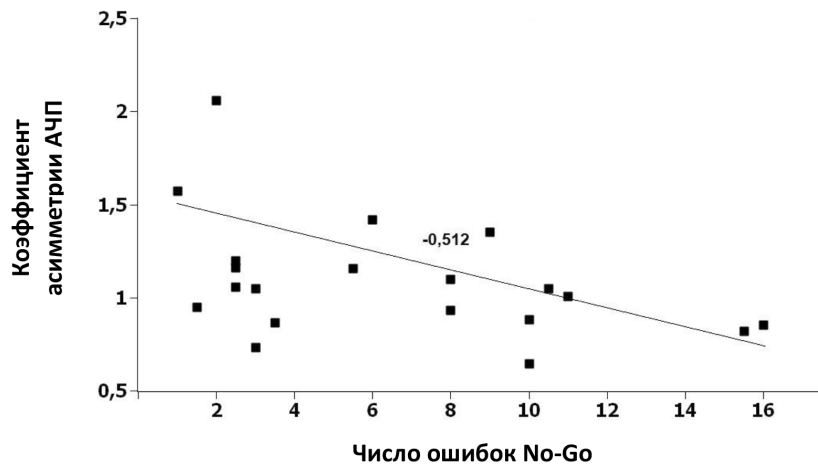


Рис. 3. Скаттерограмма корреляционного анализа коэффициента асимметрии АЧП в бассейне внутренних сонных артерий у студентов при выполнении пробы Go/No-Go и среднего количества ошибок No-Go

Fig. 3. Scatter plot for the correlation analysis of the amplitude-frequency index asymmetry coefficient in the internal carotid arteries in students during the Go/No-Go test (y-axis) and the average number of No-Go errors (x-axis)

ше ошибочных нажатий на стимул No-Go, т. е. обладают более высоким уровнем контроля поведения.

Обсуждение. Из двух подходов к изучению мозгового кровообращения при кратковременной умственной нагрузке (анализ его динамики или межполушарной асимметрии), на наш взгляд, более интересные результаты дал второй подход.

Обнаруженная связь преобладания мозгового кровообращения в правой гемисфере с большим количеством ошибок и более низким уровнем тормозного контроля поведения согласуется с литературными данными [19–21]. В нашем исследовании латерализация мозгового кровообращения должна рассматриваться не как патологический маркер [1, 24], но как типологическая особенность [2, 3, 16]: у лиц с преобладанием мозгового кровообращения в левой гемисфере наблюдается более рефлексивный характер умственной деятельности, с большим временем реакции на стимул Go и меньшим количеством ошибочных нажатий на стимул No-Go; у лиц с преобладанием мозго-

вого кровообращения в правой гемисфере умственная деятельность носит более импульсивный характер, с быстрым ответом на стимул Go и большим количеством ошибочных нажатий на стимул No-Go.

Полученные данные согласуются с результатами исследования спонтанной электрической активности мозга. Для большинства людей характерна левосторонняя активация электроэнцефалограммы в покое, что связывают с латерализацией речевых центров [26]. Существует мнение, что асимметрия электроэнцефалограммы может быть маркером нарушения контроля поведения. Так, повышение импульсивности и снижение тормозного контроля, эмоциональную лабильность и агрессивное поведение при СДВГ связывают с большей активацией правой гемисферы по показателям мощности альфаритма электроэнцефалограммы [27–29]. Однако результаты других исследований позволяют рассматривать асимметрию спонтанной электрической активности мозга как типологическую характеристику. Например, установлено, что более выраженная активация левой геми-

сферы способствует лучшей саморегуляции и контролю эмоциональной сферы и ограничивает развитие выраженной монотонии во время операторской деятельности [30, 31]. Из приведенных выше данных следует вывод о целесообразности использования различных методов нейровизуализации для определения асимметрии обменных и информационных процессов в головном мозге как типологической особенности контроля поведения.

Таким образом, изучение динамики мозгового кровенаполнения в бассейне внутренних сонных артерий во время выполнения пробы Go/No-Go не выявило статистически значимых изменений. При этом установлена статистиче-

ски значимая связь межполушарной асимметрии кровообращения в бассейне внутренних сонных артерий в покое и во время кратковременной умственной нагрузки с показателями контроля поведения. Предлагается рассматривать межполушарную асимметрию кровообращения как один из факторов когнитивного контроля, влияющих на продуктивность умственной деятельности. Вместе с тем следует продолжить поиск других возможных факторов, воздействующих на умственную продуктивность, которые смогут объяснить индивидуальные различия когнитивной деятельности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефелография. М.: Медицина, 1983. 270 с.
2. Поскотникова Л.В., Каменченко Е.А. Показатели реоэнцефалограммы покоя у здоровых подростков 15–17 лет на Европейском Севере // Экология человека. 2011. № 9. С. 36–44.
3. Пешев Л.П., Тумаева Ю.А., Ляличкина Н.А. Биорезонансная коррекция расстройств вегетативного гомеостаза у женщин-операторов персональных компьютеров // Фундам. исследования. 2013. № 9-3. С. 440–443.
4. Wei W., Li Y., Xie Z., Deegan A.J., Wang R.K. Spatial and Temporal Heterogeneities of Capillary Hemodynamics and Its Functional Coupling During Neural Activation // IEEE Trans. Med. Imaging. 2018. Vol. 38, № 5. P. 1295–1303. DOI: [10.1109/TMI.2018.2883244](https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2883244)
5. Мельник С.Н., Мельник В.А., Сукач Е.С., Ткаченко П.В. Влияние физической и умственной нагрузки на состояние центральной и мозговой гемодинамики молодых людей в зависимости от типа кровообращения и церебральной микроциркуляции // Курск. науч.-практ. вестн. «Человек и его здоровье». 2016. № 1. С. 117–123.
6. Чуб И.С., Борейко А.П., Кунавин М.А., Черкасова А.С., Преминина О.С. Особенности мозговой гемодинамики у студентов в процессе выполнения когнитивной задачи // Междунар. журн. приклад. и фундам. исследований. 2021. № 2. С. 16–20.
7. Шаратов А.Н., Сельверова Н.Б., Догаджина С.Б., Кмить Г.В., Рублева Л.В., Безобразова В.Н., Ермакова И.В. Функциональное состояние сердечно-сосудистой и эндокринной систем у подростков 15-16 лет // Новые исследования. 2018. № 3-4(56). С. 39–60.
8. Мандриков В.Б., Севрюкова Г.А., Исупов И.Б., Лиходеева В.А. Церебральное кровообращение российских и иностранных студентов при различных формах умственной деятельности // Вестн. Волгогр. гос. мед. ун-та. 2019. Вып. 1(69). С. 87–90.
9. Markhasina I.P. Rheoencephalographic Study of the Hemodynamics During Mental Work // Bull. Exp. Biol. Med. 1970. Vol. 70, № 6. P. 1355–1357. DOI: [10.1007/BF02066772](https://doi.org/10.1007/BF02066772)
10. Исупов И.Б., Занкович А.А., Кочубеева Е.Н. Типологические особенности кровообращения головного мозга молодых людей // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 7: Философия. Социология и соц. технологии. 2008. № 1(7). С. 124–129.
11. Пономарева Т.А. Особенности адаптации системы периферического кровообращения к операторской деятельности у детей 8-10 лет с разными типами автономной нервной регуляции // Новые исследования. 2004. № 1–2(6–7). С. 316.

12. Безобразова В.Н. Краткосрочная адаптация мозгового кровообращения к умственной нагрузке у детей 7-8 лет // Новые исследования. 2011. № 2(27). С. 90–95.
13. Адамовская О.Н., Орлов К.В., Безобразова В.Н. Изменения церебрального кровотока у детей 8-9 лет при выполнении умственной нагрузки на разных электронных устройствах // Новые исследования. 2020. № 2(62). С. 5–14.
14. Jacqy J., Noel P., Segers A., Huvelle R., Piraux A., Noel G. Regional Cerebral Blood Flow in Children. A Rheoencephalographic Study of the Modifications Induced by Reading // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1977. Vol. 42, № 6. P. 691–696. DOI: [10.1016/0013-4694\(77\)90285-1](https://doi.org/10.1016/0013-4694(77)90285-1)
15. Заринов В.Н., Баринаева М.О. Гемодинамические изменения церебрального кровотока под влиянием умственной нагрузки у студенток с разным типом темперамента // Вестн. Иванов. гос. ун-та. Сер.: Естеств., обществ. науки. 2012. Вып. 2. С. 14–22.
16. Оленко Е.С., Юнатов В.Д., Фомина Е.В., Кодочигова А.И., Коновалова А.А. Зависимость пассивности и активности поведения от состояния мозгового кровотока у здоровых мужчин // Психосомат. и интеграт. исследования. 2019. Т. 5, № 3. С. 305.
17. Adler L.A., Faraone S.V., Spencer T.J., Berglund P., Alperin S., Kessler R.C. The Structure of Adult ADHD // Int. J. Methods Psychiatr. Res. 2017. Vol. 26, № 1. P. 15–55. Art. no. e1555. DOI: [10.1002/mpr.1555](https://doi.org/10.1002/mpr.1555)
18. Bron T.I., Bijlenga D., Breuk M., Michielsen M., Beekman A.T.F., Kooij J.J.S. Risk Factors for Adverse Driving Outcomes in Dutch Adults with ADHD and Controls // Accid. Anal. Prev. 2018. Vol. 111. P. 338–344. DOI: [10.1016/j.aap.2017.12.011](https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.12.011)
19. Грибанов А.В., Мелькова Л.А., Старцева Л.Ф. Мозговая гемодинамика у гиперактивных детей с дефицитом внимания // Экология человека. 2013. № 10. С. 49–54.
20. Monden Y., Dan H., Nagashima M., Dan I., Kyutoku Y., Okamoto M., Yamagata T., Momoi M.Y., Watanabe E. Clinically-Oriented Monitoring of Acute Effects of Methylphenidate on Cerebral Hemodynamics in ADHD Children Using fNIRS // Clin. Neurophysiol. 2012. Vol. 123, № 6. P. 1147–1157. DOI: [10.1016/j.clinph.2011.10.006](https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.10.006)
21. Kaga Y., Ueda R., Tanaka M., Kita Y., Suzuki K., Okumura Y., Egashira Y., Shirakawa Y., Mitsuhashi S., Kitamura Y., Nakagawa E., Yamashita Y., Inagaki M. Executive Dysfunction in Medication-Naïve Children with ADHD: A Multi-Modal fNIRS and EEG Study // Brain Dev. 2020. Vol. 42, № 8. P. 555–563. DOI: [10.1016/j.braindev.2020.05.007](https://doi.org/10.1016/j.braindev.2020.05.007)
22. Gomez P., Ratcliff R., Perea M. A Model of the Go/No-Go Task // J. Exp. Psychol. Gen. 2007. Vol. 136, № 3. P. 389–413. DOI: [10.1037/0096-3445.136.3.389](https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.3.389)
23. Peirce J., MacAskill M. Building Experiments in PsychoPy. London: Sage, 2018. 312 p.
24. Комплекс реографический «Рео-Спектр». Методические указания. Иваново: Нейрософт, 2008. 142 с.
25. Проудиус П.А. Нейрофизиологические маркеры контроля поведения в парадигмах go/nogo и novel // Труды Пятой Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях – 2017», Нижний Новгород, 25–29 сентября 2017 г. Н. Новгород: ИПФ РАН, 2017. С. 176–178.
26. Butler S.R., Glass A. Asymmetries in the Electroencephalogram Associated with Cerebral Dominance // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1974. Vol. 36, № 5. P. 481–492. DOI: [10.1016/0013-4694\(74\)90205-3](https://doi.org/10.1016/0013-4694(74)90205-3)
27. Панков М.Н., Афанасенкова Н.В., Кожевникова И.С., Подоплекин А.Н. Состояние нейроэнергетического обмена у детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью и эмоциональными расстройствами // Междунар. журн. приклад. и фундам. исследований. 2016. № 9-1. С. 66–69.
28. Панков М.Н., Кожевникова И.С., Сидорова Е.Ю., Грибанов А.В., Старцева Л.Ф. Психофизиологические характеристики детей с агрессивным поведением // Экология человека. 2018. № 2. С. 37–44. DOI: [10.33396/1728-0869-2018-2-37-44](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-2-37-44)
29. Hale T.S., Smalley S.L., Dang J., Hanada G., Macion J., McCracken J.T., McGough J.J., Loo S.K. ADHD Familial Loading and Abnormal EEG Alpha Asymmetry in Children with ADHD // J. Psychiatr. Res. 2010. Vol. 44, № 9. P. 605–615. DOI: [10.1016/j.jpsychires.2009.11.012](https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2009.11.012)
30. Луценко Е.Л. Особенности межполушарной асимметрии индекса альфа-ритма у студентов // Вестн. психофизиологии. 2013. № 2. С. 34–40.
31. Лебедева Н.Н., Каримова Е.Д. Нейрофизиологические проявления состояния монотонии у операторов с различной межполушарной асимметрией альфа-активности // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. 2014. Т. 64, № 4. С. 428–438. DOI: [10.7868/S0044467714040108](https://doi.org/10.7868/S0044467714040108)

References

1. Yarullin Kh.Kh. *Klinicheskaya reoentsefalografiya* [Clinical Rheoencephalography]. Moscow, 1983. 270 p.
2. Poskotinova L.V., Kamenchenko E.A. Pokazateli reoentsefalogrammy pokoya u zdorovykh podrostkov 15–17 let na Evropeyskom Severe [Quiet Rheoencephalogram Indicators in Healthy Adolescents Aged 15–17 Years in European North]. *Ekologiya cheloveka*, 2011, no. 9, pp. 36–44.
3. Peshev L.P., Tumaeva Yu.A., Lyalichkina N.A. Biorezonansnaya korrektsiya rasstroystv vegetativnogo gomeostaza u zhenshchin-operatorov personal'nykh komp'yuterov [Bioresonance Correction Disorders of Vegetative Homeostasis of Women Operators of Personal Computers]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2013, no. 9-3, pp. 440–443.
4. Wei W., Li Y., Xie Z., Deegan A.J., Wang R.K. Spatial and Temporal Heterogeneities of Capillary Hemodynamics and Its Functional Coupling During Neural Activation. *IEEE Trans. Med. Imaging*, 2018, vol. 38, no. 5, pp. 1295–1303. DOI: [10.1109/TMI.2018.2883244](https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2883244)
5. Mel'nik S.N., Mel'nik V.A., Sukach E.S., Tkachenko P.V. Vliyanie fizicheskoy i umstvennoy nagruzki na sostoyanie tsentral'noy i mozgovoy gemodinamiki molodykh lyudey v zavisimosti ot tipa krovoobrashcheniya i tserebral'noy mikrotsirkulyatsii [The Impact of Physical Exercise and Mental Load on the State of the Central and Cerebral Hemodynamics of Young People Depending on the Type of Blood Circulation and Cerebral Microcirculation]. *Kurskiy nauchno-prakticheskiy vestnik "Chelovek i ego zdorov'e"*, 2016, no. 1, pp. 117–123.
6. Chub I.S., Boreyko A.P., Kunavin M.A., Cherkasova A.S., Preminina O.S. Osobennosti mozgovoy gemodinamiki u studentov v protsesse vypolneniya kognitivnoy zadachi [Features of Cerebral Hemodynamics in Students in the Process of Performing a Cognitive Task]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2021, no. 2, pp. 16–20.
7. Sharapov A.N., Sel'verova N.B., Dogadkina S.B., Kmit' G.V., Rubleva L.V., Bezobrazova V.N., Ermakova I.V. Funktsional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoy i endokrinnoy sistem u podrostkov 15-16 let [Functional State of the Cardiovascular and Endocrine Systems in 15–16-Year-Old Adolescents]. *Novye issledovaniya*, 2018, no. 3-4, pp. 39–60.
8. Mandrikov V.B., Sevryukova G.A., Isupov I.B., Likhodeeva V.A. Tserebral'noe krovoobrashchenie rossiyskikh i inostrannykh studentov pri razlichnykh formakh umstvennoy deyatel'nosti [Cerebral Circulation of Russian and Foreign Students in Various Forms of Mental Activity]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2019, no. 1, pp. 87–90.
9. Markhasina I.P. Rheoencephalographic Study of the Hemodynamics During Mental Work. *Bull. Exp. Biol. Med.*, 1970, vol. 70, no. 6, pp. 1355–1357. DOI: [10.1007/BF02066772](https://doi.org/10.1007/BF02066772)
10. Isupov I.B., Zankovich A.A., Kochubeeva E.N. Tipologicheskie osobennosti krovoobrashcheniya golovnogogo mozga molodykh lyudey [Typological Features of Cerebral Circulation in Young People]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 7: Filosofiya. Sotsiologiya i sotsial'nye tekhnologii*, 2008, no. 1, pp. 124–129.
11. Ponomareva T.A. Osobennosti adaptatsii sistemy perifericheskogo krovoobrashcheniya k operatorskoy deyatel'nosti u detey 8–10 let s raznymi tipami avtonomnoy nervnoy regulyatsii [Peripheral Circulatory System Adaptation to Operator Activity in 8–10-Year-Old Children with Different Types of Autonomic Nervous Regulation]. *Novye issledovaniya*, 2004, no. 1–2, p. 316.
12. Bezobrazova V.N. Kratkosrochnaya adaptatsiya mozgovogo krovoobrashcheniya k umstvennoy nagruzke u detey 7-8 let [Short-Term Adaptation of Cerebral Circulation to Mental Work in 7–8-Year-Old Children]. *Novye issledovaniya*, 2011, no. 2, pp. 90–95.
13. Adamovskaya O.N., Orlov K.V., Bezobrazova V.N. Izmeneniya tserebral'nogo krovotoka u detey 8-9 let pri vypolnenii umstvennoy nagruzki na raznykh elektronnykh ustroystvakh [Changes in Cerebral Blood Circulation in 8–9-Year-Old Children Using Different Electronic Devices to Mental Tasks]. *Novye issledovaniya*, 2020, no. 2, pp. 5–14.
14. Jacquy J., Noel P., Segers A., Huvelle R., Piraux A., Noel G. Regional Cerebral Blood Flow in Children. A Rheoencephalographic Study of the Modifications Induced by Reading. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1977, vol. 42, no. 6, pp. 691–696. DOI: [10.1016/0013-4694\(77\)90285-1](https://doi.org/10.1016/0013-4694(77)90285-1)

15. Zaripov V.N., Barinova M.O. Gemodinamicheskie izmeneniya tserebral'nogo krovotoka pod vliyaniem umstvennoy nagruzki u studentok s raznym tipom temperamenta [Cerebral Hemodynamics Changes of Girls-Students with Different Type of Temperament Under the Influence of Intellectual Loadings of Various Intensity]. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvennyye, obshchestvennyye nauki*, 2012, no. 2, pp. 14–22.
16. Olenko E.S., Yupatov V.D., Fomina E.V., Kodochigova A.I., Konovalova A.A. Dependence of Passivity and Activity of Behavior on the Condition of the Brain Blood of Healthy Men. *Psychosom. Integr. Res.*, 2019, vol. 5, no. 3, p. 305 (in Russ.).
17. Adler L.A., Faraone S.V., Spencer T.J., Berglund P., Alperin S., Kessler R.C. The Structure of Adult ADHD. *Int. J. Methods Psychiatr. Res.*, 2017, vol. 26, no. 1, pp. 15–55. Art. no. e1555. DOI: [10.1002/mpr.1555](https://doi.org/10.1002/mpr.1555)
18. Bron T.I., Bijlenga D., Breuk M., Michielsen M., Beekman A.T.F., Kooij J.J.S. Risk Factors for Adverse Driving Outcomes in Dutch Adults with ADHD and Controls. *Accid. Anal. Prev.*, 2018, vol. 111, pp. 338–344. DOI: [10.1016/j.aap.2017.12.011](https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.12.011)
19. Griбанov A.V., Mel'kova L.A., Startseva L.F. Mozgovaya gemodinamika u giperaktivnykh detey s defitsitom vnimaniya [Cerebral Hemodynamics in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder]. *Ekologiya cheloveka*, 2013, no. 10, pp. 49–54.
20. Monden Y., Dan H., Nagashima M., Dan I., Kyutoku Y., Okamoto M., Yamagata T., Momoi M.Y., Watanabe E. Clinically-Oriented Monitoring of Acute Effects of Methylphenidate on Cerebral Hemodynamics in ADHD Children Using fNIRS. *Clin. Neurophysiol.*, 2012, vol. 123, no. 6, pp. 1147–1157. DOI: [10.1016/j.clinph.2011.10.006](https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.10.006)
21. Kaga Y., Ueda R., Tanaka M., Kita Y., Suzuki K., Okumura Y., Egashira Y., Shirakawa Y., Mitsuhashi S., Kitamura Y., Nakagawa E., Yamashita Y., Inagaki M. Executive Dysfunction in Medication-Naïve Children with ADHD: A Multi-Modal fNIRS and EEG Study. *Brain Dev.*, 2020, vol. 42, no. 8, pp. 555–563. DOI: [10.1016/j.braindev.2020.05.007](https://doi.org/10.1016/j.braindev.2020.05.007)
22. Gomez P., Ratcliff R., Perea M. A Model of the Go/No-Go Task. *J. Exp. Psychol. Gen.*, 2007, vol. 136, no. 3, pp. 389–413. DOI: [10.1037/0096-3445.136.3.389](https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.3.389)
23. Peirce J., MacAskill M. *Building Experiments in PsychoPy*. London, 2018. 312 p.
24. Kompleks reograficheskoy "Reo-Spektr". *Metodicheskie ukazaniya* [Rheographic Complex "Reo-Spektr". Guidelines]. Ivanovo, 2008. 142 p.
25. Prodius P.A. Neyrofiziologicheskie markery kontrolya povedeniya v paradigmakh go/nogo i novel [Neurophysiological Markers of Behaviour Control in the Go/No-Go and Novel Paradigms]. *Trudy Pyatoy Vserossiyskoy konferentsii "Nelineynaya dinamika v kognitivnykh issledovaniyakh – 2017"* [Proceedings of the 5th All-Russian Conference "Nonlinear Dynamics in Cognitive Research – 2017"]. Nizhny Novgorod, 2017, pp. 176–178.
26. Butler S.R., Glass A. Asymmetries in the Electroencephalogram Associated with Cerebral Dominance. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1974, vol. 36, no. 5, pp. 481–492. DOI: [10.1016/0013-4694\(74\)90205-3](https://doi.org/10.1016/0013-4694(74)90205-3)
27. Pankov M.N., Afanasenkova N.V., Kozhevnikova I.S., Podoplekin A.N. Sostoyanie neuroenergometabolizma u detey s sindromom defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu i emotsional'nymi rasstroystvami [State of Neuroenergometabolism in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Emotional Disorders]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2016, no. 9-1, pp. 66–69.
28. Pankov M.N., Kozhevnikova I.S., Sidorova E.Yu., Griбанov A.V., Startseva L.F. Psychophysiological Characteristics of Children with Aggressive Behavior. *Ekologiya cheloveka*, 2018, no. 2, pp. 37–44. DOI: [10.33396/1728-0869-2018-2-37-44](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-2-37-44)
29. Hale T.S., Smalley S.L., Dang J., Hanada G., Macion J., McCracken J.T., McGough J.J., Loo S.K. ADHD Familial Loading and Abnormal EEG Alpha Asymmetry in Children with ADHD. *J. Psychiatr. Res.*, 2010, vol. 44, no. 9, pp. 605–615. DOI: [10.1016/j.jpsychires.2009.11.012](https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2009.11.012)
30. Lutsenko E.L. Osobennosti mezhpolusharnoy asimmetrii indeksa al'fa-ritma u studentov [Interhemispheric Asymmetry of the Alpha Rhythm Index in Students]. *Vestnik psikhofiziologii*, 2013, no. 2, pp. 34–40.
31. Lebedeva N.N., Karimova E.D. Neyrofiziologicheskie proyavleniya sostoyaniya monotonii u operatorov s razlichnoy mezhpolusharnoy asimmetriey al'fa-aktivnosti [Neurophysiological Manifestations of the Monotony State in the Human-Operators with Different Alpha-Activity Hemispheric Asymmetry]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2014, vol. 64, no. 4, pp. 428–438. DOI: [10.7868/S0044467714040108](https://doi.org/10.7868/S0044467714040108)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z144

*Petr A. Prodius**/**/*** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1106-120X>

*Aleksey E. Bazhenov** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2397-9904>

*Mariya D. Berstneva** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8798-6954>

*National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod
(Nizhny Novgorod, Russian Federation)

**Privolzhsky Research Medical University
(Nizhny Novgorod, Russian Federation)

***Nizhny Novgorod State Agricultural Academy
(Nizhny Novgorod, Russian Federation)

ASYMMETRY OF CEREBRAL CIRCULATION IN THE INTERNAL CAROTID ARTERIES IN STUDENTS UNDER SHORT-TERM MENTAL LOAD: RELATIONSHIP WITH THE EFFICIENCY OF BEHAVIOUR CONTROL

The **purpose** of this paper was to study the relationship between cerebral circulation during short-term mental load and the efficiency of behaviour control. Previous studies failed to provide a clear picture of the functional restructuring of cerebral circulation in response to mental activity. One of the reasons for the ambiguity of their results may be individual differences. This is confirmed by the existing typological differences in cerebral circulation at rest and in response to mental load. In this study, we highlighted another potential typological feature, namely, bilateral asymmetry of cerebral circulation in the internal carotid arteries. The available data suggest that the asymmetry of cerebral circulation is linked with the productivity of mental activity and the efficiency of behaviour control. **Materials and methods.** Rheoencephalography was used to study the parameters of cerebral circulation in 20 students (aged 19–23 years) during mental load (Go/No-Go test). The stimuli were presented on a monitor using the PsychoPy program. The reaction time and the number of errors were evaluated. Rheoencephalograms were recorded using the Reo-Spektr rheoencephalograph. Pulse volume at rest and during mental load in the internal carotid arteries was assessed according to the amplitude-frequency index (AFI). Blood flow asymmetry in the frontal regions was assessed using the asymmetry coefficient. **Results.** Under short-term mental load in students, a tendency towards a moderate increase in pulse volume in the frontal regions was observed. A negative correlation was established between the AFI in the right frontal region and the number of errors in the Go/No-Go test. The research into the relationship between blood flow asymmetry in the internal carotid arteries and execution accuracy of the Go/No-Go test revealed a positive correlation between the predominance of blood circulation in the left frontal area and test execution accuracy. Prospects for using the asymmetry of cerebral circulation in the internal carotid arteries to predict mental activity efficiency are discussed.

Keywords: *rheoencephalography, short-term mental load, Go/No-Go, cerebral circulation, internal carotid arteries, adaptation to mental load, behaviour control, functional brain asymmetry.*

Received 11 October 2022

Accepted 7 February 2023

Published 17 April 2023

Поступила 11.10.2022

Принята 07.02.2023

Опубликована 17.04.2023

Corresponding author: Petr Prodius, address: prosp. Gagarina 25, korp. 1, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation; e-mail: prodiusnn@yandex.ru

For citation: Prodius P.A., Bazhenov A.E., Berstneva M.D. Asymmetry of Cerebral Circulation in the Internal Carotid Arteries in Students Under Short-Term Mental Load: Relationship with the Efficiency of Behaviour Control. *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, vol. 11, no. 2, pp. 184–196. DOI: 10.37482/2687-1491-Z144