

ГЕМОДИНАМИЧЕСКАЯ АСИММЕТРИЯ И АЛЬФА-АСИММЕТРИЯ ПОЛУШАРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ ТЕЛА

А.Ф. Сагиров* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4924-3487>

*Институт экспериментальной медицины
(Санкт-Петербург)

Межполушарная асимметрия интенсивно изучается психо- и нейрофизиологией с преимущественным применением электроэнцефалографии и функциональной магнитно-резонансной томографии. Однако имеется мало данных о характере биоэлектрической и гемодинамической асимметрии головного мозга человека при постуральных воздействиях на организм. В описываемом пилотном исследовании предложена сочетанная методика одновременной регистрации гемодинамической и биоэлектрической асимметрии головного мозга в разных положениях. **Целью** исследования являлось сравнение между собой коэффициентов асимметрии в разных положениях тела и определение областей коры головного мозга, наиболее активно изменяющих свою гемодинамику и мощность альфа-ритма в ответ на смену положения. **Материалы и методы.** В исследовании приняло участие 12 здоровых добровольцев, равномерно разделенных по полу, в возрасте 20–25 лет (средний возраст – $21,4 \pm 1,5$ лет). Гемодинамическая и биоэлектрическая активность мозга оценивалась методами реоэнцефалографии и электроэнцефалографии соответственно. Регистрировались реографический индекс и спектральная мощность альфа-ритма в трех положениях (сидя, лежа на спине и при наклоне вниз головой на 45°), после чего высчитывались коэффициенты гемодинамической асимметрии (K_{nda}) и альфа-асимметрии (K_{aa}). **Результаты.** Статистический анализ изменений K_{nda} показал отсутствие межполовых различий и значимой разницы данного показателя в трех положениях, что можно объяснить непосредственным влиянием барорефлекса и цереброваскулярной ауторегуляции. При статистическом сравнении K_{aa} электроэнцефалографических сигналов всех электродных отведений между собой и в каждом из положений выяснилось, что K_{aa} в парах P3/P4, T5/T6 и F3/F4 имел значимые изменения в мужской части выборки. Это может указывать на вовлеченность в информационную обработку постуральных воздействий задней теменной коры обоих полушарий и левой теменно-височной области, ответственных за восприятие положения тела в пространстве, а также дорсолатеральной префронтальной коры, участвующей в регуляции тонуса мышц тела для коррекции осанки.

Ключевые слова: межполушарная асимметрия, электроэнцефалограмма, альфа-ритм головного мозга, реоэнцефалограмма, гемодинамика головного мозга, постуральные нагрузки, задняя теменная кора, дорсолатеральная префронтальная кора.

Ответственный за переписку: Сагиров Арлан Фаритович, адрес: 197022, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12; e-mail: arlansagirov@gmail.com

Для цитирования: Сагиров А.Ф. Гемодинамическая асимметрия и альфа-асимметрия полушарий головного мозга человека при различных положениях тела // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 2. С. 133–141. DOI: 10.37482/2687-1491-Z135

Межполушарная асимметрия – давно изучаемый нейробиологический феномен, заключающийся в функционально-когнитивной разности левого и правого полушарий головного мозга. Множество нейрофизиологических и неврологических исследований, начиная с пионерских работ Брока и Вернике и заканчивая современными [1–5], выделяют доминантную половину мозга, в большинстве случаев левую с присущей ей когнитивной специализацией в речевом процессе, решении задач, логических интерпретациях и конкретном мышлении, и субдоминантную половину, чаще всего правую, которая ответственна за целостный взгляд в зрительно-пространственных задачах, например в решении головоломок и восприятии геометрических фигур.

Асимметрия головного мозга уже в течение десятилетий изучается нейрофизиологами, психофизиологами и психопатологами электрофизиологическими методами. Часто исследования асимметрии мозговых биопотенциалов заключаются в регистрации мощности альфа-ритма в лобных и теменных областях и нахождении ее межполушарной разности. Альфа-ритм считается ритмом спокойного бодрствования и обратно коррелирует с активностью мозга при умственном напряжении [6, 7]. Применительно к мозговой асимметрии преобладание альфа-активности в правом полушарии свидетельствует о доминантном левом и, наоборот, относительно широкая распространенность альфа-ритма в левом мозге, по сравнению с правым, говорит о правополушарном доминировании. Чтобы выявить степень индивидуальных различий между левым и правым полушариями, используются различные формулы вычисления асимметрии по мощности альфа-ритма – например, рассчитывается коэффициент латерализации (межполушарной асимметрии). Как правило, расчеты основаны на определении разности мощностей альфа-волн в правой и левой сторонах мозга.

В данной работе предлагается сочетать электроэнцефалографию (ЭЭГ) и реоэнцефа-

лографию (РЭГ) для одновременной регистрации гемодинамического и биоэлектрического профиля головного мозга, его асимметрии. Было решено использовать различные положения человеческого тела в качестве внешних условий для оценки возможных изменений асимметрии и их отличий в отношении гемодинамической и биоэлектрической активности. Учитывая, что литературные данные по сравнению асимметрий ЭЭГ- и РЭГ-сигналов головного мозга отсутствуют, настоящая работа играет роль пилотного исследования, где определяется диагностический потенциал такой комбинированной методики. В конечном итоге внесение большей ясности во взаимосвязь мозговой гемодинамической и биоэлектрической активностей и их асимметрий может послужить основой для усовершенствования медико-диагностических процедур, связанных с лечением психоневрологических заболеваний.

Чтобы подробнее исследовать особенности функциональной асимметрии головного мозга, целью настоящего исследования стало сравнение динамики коэффициентов асимметрии при перемене положений тела и определение наиболее реактивных областей коры головного мозга, изменяющих свою гемодинамику и мощность биопотенциалов в ответ на смену положения.

Материалы и методы. В исследовании принимало участие по 6 добровольцев мужского и женского пола в возрасте 20–25 лет (средний возраст – $21,4 \pm 1,5$ лет) без каких-либо медицинских, психических или неврологических заболеваний по данным опроса и внешнего осмотра. Все добровольцы, участвующие в данном исследовании, ознакомились с его содержанием и дали письменное согласие.

Регистрация параметров биоэлектрической активности и мозгового кровообращения у испытуемых проводилась в трех положениях: сидя, лежа на спине и при антиортостатическом наклоне (вниз головой на 45°). Одновременная запись ЭЭГ и РЭГ занимала 5 мин в каждом из трех положений в условиях спокойного бодрствования с закрытыми глазами.

В данной экспериментальной работе использовались механургический поворотный стол и приборы для регистрации ЭЭГ и РЭГ, а также тонометр для мониторинга артериального давления и частоты сердечных сокращений. На поворотном столе с фиксацией нижних конечностей обеспечивались два положения испытуемого: горизонтальное и антиортостатическое (вниз головой на 45°). Для регистрации биоэлектрической активности применялся многоканальный топографический электроэнцефалограф Mitsar (Санкт-Петербург). Запись осуществлялась с униполярного отведения, использовались 16 гелевых электродов из хлорида серебра, наложенных на кожу головы в соответствии с Международной системой 10–20, референтные электроды были прикреплены к мочкам ушей. Скорость ЭЭГ-записи составила 30 мм/с, чувствительность – 100 мкВ/см, применялись фильтр высоких частот – 1,0 с (0,16 Гц), фильтр низких частот – 50 Гц и режекторный фильтр – от 45 до 55 Гц. Анализ полученных ЭЭГ осуществлялся с помощью программного пакета WinEEG. Реоэнцефалографическое оборудование представляло собой 4-канальный 3-полосный частотный реоэнцефалограф «Диамант-Р» (Санкт-Петербург) с собственным программным обеспечением. РЭГ регистрировалась с фронто-мастоидальных и окципито-фронтальных отведений со скоростью 25 мм/с. Полученные записи ЭЭГ и РЭГ прошли визуальную и автоматическую коррекцию артефактов.

Для анализа ЭЭГ использовались симметричные пары медиальных (ближе к средней линии) и латеральных отведений. Медиальную парную группу отведений составили: F3/F4 (лобно-теменные области), C3/C4 (центрально-теменные области) и P3/P4 (теменно-затылочные области). Латеральная группа парных отведений состояла из: F7/F8 (лобно-височные области), T3/T4 (височные области) и T5/T6 (височно-затылочные области). Для оценки половых различий биоэлектрической и гемодинамической асимметрий выборка была разделена по полу.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Prism 9. Использовались параметры описательной статистики – среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (σ). Нормальность распределения оценивалась по критериям Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. Для анализа различий при изменении значений гемодинамической асимметрии был использован парный t -критерий Стьюдента, а для оценки межполовых различий в каждом из положений – непарный t -критерий Стьюдента. В обоих случаях уровень критической значимости был выбран $p < 0,05$. Статистическая разница в изменениях альфа-асимметрии между тремя положениями вычислялась с помощью одностороннего метода ANOVA ($p < 0,05$).

Результаты. После визуальной и автоматической обработки из РЭГ- и ЭЭГ-записей были удалены артефакты. Далее из записей, произведенных в каждом положении тела, было взято по три 30-секундных неперекрывающихся отрезка. Отрезки записей РЭГ выбирались так, чтобы они совпадали по времени с полученными ранее отрезками записей ЭЭГ. Для нахождения и анализа коэффициентов асимметрии использовались реографический индекс (РИ) и спектральная мощность альфа-ритма.

Расчет коэффициентов асимметрии альфа-ритма (%) производился с помощью известной формулы [8, 9]:

$$K_{aa} = 100 \cdot (R - L) / (L + R),$$

где R, L – спектральная мощность альфа-ритма ЭЭГ-сигнала, записанного с электрода правого и левого полушария соответственно.

Нахождение коэффициентов гемодинамической асимметрии (%) осуществлялось по аналогичной формуле:

$$K_{hda} = 100 \cdot (R - L) / (L + R),$$

где R, L – РИ в правом и левом полушарии соответственно.

Коэффициенты асимметрии, полученные из трех 30-секундных отрезков записей РЭГ и ЭЭГ, усреднялись для каждого положения испытуемого. В зависимости от того, какие значения принимали средние K_{hda} и K_{aa} (положи-

тельные или отрицательные), делался вывод о гемодинамическом и биоэлектрическом преобладании правого или левого полушария.

В первую очередь необходимо отметить различия биоэлектрической асимметрии по альфа-ритму между полами. При оценке межполушарной асимметрии в положении сидя (рис. 1) видно, что у мужской части выборки наблюдается более выраженный сдвиг K_{aa} вправо и более широкий разброс его значений в теменно- и височно-затылочных областях коры полушарий мозга – под парами отведений P3/P4 ($44,8 \pm 35,7\%$) и T5/T6 ($30,3 \pm 22,4\%$) – по сравнению с женской половиной ($6,9 \pm 27,2\%$ и $8,3 \pm 10,8\%$ соответственно).

Биоэлектрическая асимметрия альфа-ритма у всех испытуемых в большинстве регистрируемых областей головного мозга не превышала диапазон средних значений – от $-12,5 \pm 10,8\%$ до $8,5 \pm 16,9\%$. У мужчин в теменно-затылочных

(P3/P4) и височно-затылочных (T5/T6) областях она имела выраженный правополушарный характер и мало изменялась при последующих сменах положения тела, кроме увеличения разброса своих значений (рис. 2). Постуральные нагрузки не оказали значительного влияния и на показатели женской части выборки.

Рассчитываемые показатели для всех групп, полученных при делении по полу и по положениям тела для каждого из двух РЭГ-отведений и всех симметричных пар ЭЭГ-отведений, имели нормальное распределение.

Статистический анализ изменений коэффициентов гемодинамической асимметрии в выборке испытуемых под действием постуральных нагрузок показал отсутствие значимых различий между всеми тремя положениями, а также между мужскими и женскими группами в данных положениях. При сравнении асимметрии между фронто-мастоидальными

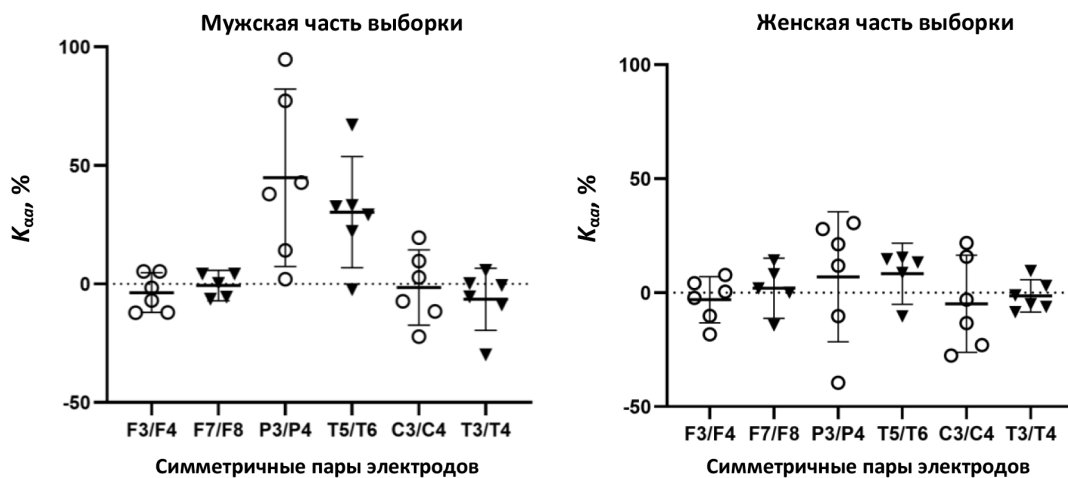


Рис. 1. Межполовые различия коэффициента альфа-асимметрии (K_{aa}) в симметричных парах отведений у лиц 20–25 лет в положении сидя. Каждая точка на графике обозначает значение K_{aa} каждого испытуемого в определенной паре отведений. Отрезком с чертой посередине показаны доверительный интервал и среднее значение. Пустые кружки относятся к значениям K_{aa} пар отведений, расположенных ближе к средней линии головы, а черные треугольники обозначают значения K_{aa} пар отведений, расположенных сбоку от нее

Fig. 1. Sex differences in alpha asymmetry coefficient (K_{aa}) of symmetrical lead pairs in 20–25-year-old subjects during sitting position. Each dot on the graph represents K_{aa} of one subject in a certain lead pair. The segment with a line in the middle shows the confidence interval and the mean value. Blank round dots represent K_{aa} of the lead pairs medial to the midline of the head, while black triangles show K_{aa} of the lead pairs that are lateral to the midline

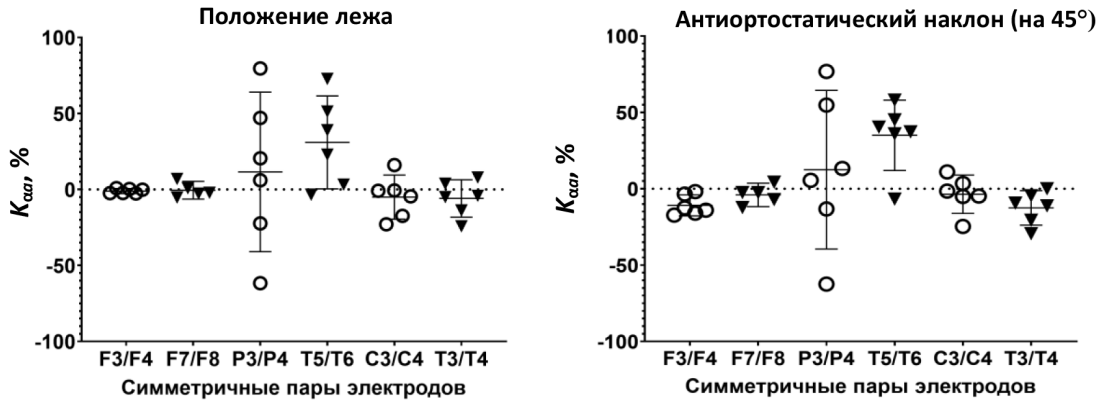


Рис. 2. Сравнение коэффициента альфа-асимметрии в симметричных парах отведений у мужчин 20–25 лет в положении лежа на спине и при антиортостатическом наклоне (на 45°). Обозначения – см. рис. 1

Fig. 2. Change patterns of alpha asymmetry coefficient between symmetrical lead pairs in male subjects aged 20–25 years during supine position and head-down tilt (45°). For notation see Fig. 1

и окципито-мастоидальными отведениями во всей выборке прослеживалась тенденция отклонения выборочных значений K_{hda} в окципито-мастоидальном отведении в отрицательную сторону (влево) в положении лежа ($-5,1 \pm 9,7\%$) и в антиортостатическом наклоне на 45° ($-4,3 \pm 9,7\%$) по сравнению с положением сидя ($-1,0 \pm 11,6\%$). Однако статистическая оценка по непарному t -критерию Стьюдента ($p < 0,05$) не выявила значимых различий между фронтально-мастоидальными и окципито-мастоидальными отведениями в исследованных положениях тела.

Статистически значимое различие альфа-асимметрии у мужской части выборки в разных положениях тела обнаружилось только для значений K_{aa} в F3/F4 между наклонным положением ($-10,9 \pm 6,5\%$) и положением лежа ($-1,1 \pm 1,6\%$). При наклоне и положении лежа K_{aa} в данной паре отведений статистически значимо не отличался от показателя в положении сидя ($-3,7 \pm 8,0\%$). Полученные различия сложно интерпретировать как достоверные для генеральной совокупности, можно лишь предполагать, что при большем объеме выборки различия в альфа-асимметрии между исследуемыми положениями тела были бы более ясными.

При проверке статистической значимости различий коэффициентов альфа-асимметрии между собой в каждом из положений с помощью одностороннего метода ANOVA статистически значимая разница была установлена для мужской части выборки: в положении сидя для K_{aa} пары отведений P3/P4 при сравнении с K_{aa} остальных пар, за исключением T5/T6, а также в положении сидя и в наклоне для K_{aa} в T5/T6 только в отношении K_{aa} в T3/T4 (рис. 1 и 2).

Обсуждение. Тенденция к низкой степени гемодинамической асимметрии или ее отсутствию, зафиксированная у испытуемых, может быть объяснена влиянием цереброваскулярной ауторегуляции, которая стремится сохранить физиологичный диапазон артериального давления и оптимальный уровень мозгового кровотока между полушариями мозга. Также стоит учитывать и активацию барорефлекса при смене положения тела.

При анализе распределения альфа-асимметрии между парами электродов видно, что в P3/P4 и T5/T6 проявляется высокая асимметрия мощности альфа-ритма. Для пары отведений T5/T6 это выглядит закономерным в

свете функционально-анатомических различий левого и правого полушарий мозга, которые наиболее отчетливо проявляются в височной области [10]. Данные электроды отводят биопотенциалы с теменно-височных областей, которые содержат несколько сенсорных ассоциативных полей, конвергирующих информацию со зрительных, слуховых и соматосенсорных корковых областей. Так как наличие альфа-ритма является признаком покоя и относительно сниженной активности популяций нейронов, справедливо предположить, что мы наблюдаем пик биоэлектрической активности в левой теменно-височной области во время сидячего и наклонного положений, а в положении лежа этот пик смещается уже в правую теменно-височную область. Возможным объяснением этой смене биоэлектрической активности может служить изменение характера обработки информации о положении тела в пространстве, т. к. теменно-височная область граничит сверху с задней теменной корой, также ассоциативной. Задняя теменная кора является основной областью, где происходит анализ полимодальной информации (зрительной, слуховой и соматосенсорной) и восприятие положения тела и его частей (морфосинтез) [11]. Вероятно, левая теменно-височная область чаще всего активизируется совместно с левой задней теменной корой при переходе тела в два крайних положения – ортостатическое (сидя) и антиортостатическое (наклон вниз головой). Нижняя часть задней теменной коры попадает под проекцию отведений P3 и P4, с которых регистрировался стабильный правополушарный характер альфа-ритма, а это значит, что левая задняя теменная кора была более активной, чем правая, независимо от положения тела.

Также необходимо учитывать синдром одностороннего пространственного игнорирования, который заключается в потере способности реагировать на раздражители, поступающие в левосторонние периферические отделы анализаторных систем [10, 12]. Нейропсихологический и психофизиологический

патогенез данного феномена пока мало изучен, однако высказываются идеи, что правая и левая области задней теменной коры действуют в содружестве. Правополушарная часть перерабатывает информацию быстро, но неточно и передает ее через мозолистое тело в левополушарную часть, где происходит более медленная и осознанная обработка стимула. При повреждении правой задней теменной коры или мозолистого тела в левую теменную кору не поступает достаточное количество стимулов для осознания и развивается одностороннее игнорирование [13]. Результаты нашего исследования согласуются с данной мыслью, если принять предположение, что быстрая обработка информации о положении тела в правой задней теменной коре не требует значительной активизации этой области и, соответственно, сопровождается более высокой фоновой мощностью альфа-ритма.

Наличие изменений K_{aa} в отведениях F3/F4 при перемене положения тела возможно объяснить следующим образом. Отведения F3 и F4 приблизительно находятся над дорсолатеральной префронтальной корой, которая связана с пространственной обработкой афферентной информации, приходящей по ассоциативным волокнам из различных участков коры, в т. ч. и из задней теменной, последовательно моделирует план действий или готовность к действию, а также корректирует осанку [12, 14, 15]. Соответственно, при переходе тела в другое положение, особенно в такие «напряженные» положения, как сидя и антиортостатический наклон, эта зона коры головного мозга должна быть активной слева или справа (в зависимости от доминантного полушария) для регуляции положения тела в пространстве.

Таким образом, в ходе нашего поискового исследования удалось опробовать совместное применение методик РЭГ и ЭЭГ для определения одновременных изменений коэффициентов асимметрии гемодинамики и альфа-ритма, а также продемонстрировать феномен изменения активности участков коры головного мозга, задней теменной коры и дорсолатеральной префронтальной

ной коры, ответственных за обработку сенсорной информации, при смене положений тела.

В дальнейшем планируется провести сравнительное исследование, направленное на выявление параллелей между гемодинамической и

биоэлектрической асимметриями. Для этого предполагается обеспечить больший объем выборки и дополнительные поструральные воздействия.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Gazzaniga M.S. Forty-Five Years of Split-Brain Research and Still Going Strong // *Nat. Rev. Neurosci.* 2005. Vol. 6, № 8. P. 653–659. DOI: [10.1038/nrn1723](https://doi.org/10.1038/nrn1723)
2. Toga A.W., Thompson P.M. Mapping Brain Asymmetry // *Nat. Rev. Neurosci.* 2003. Vol. 4, № 1. P. 37–48. DOI: [10.1038/nrn1009](https://doi.org/10.1038/nrn1009)
3. Manning L., Thomas-Antérion C. Marc Dax and the Discovery of the Lateralisation of Language in the Left Cerebral Hemisphere // *Rev. Neurol.* 2011. Vol. 167, № 12. P. 868–872. DOI: [10.1016/j.neurol.2010.10.017](https://doi.org/10.1016/j.neurol.2010.10.017)
4. Innocenti G.M., Schmidt K., Milleret C., Fabri M., Knyazeva M.G., Battaglia-Mayer A., Aboitiz F., Ptito M., Caleo M., Marzi C.A., Barakovic M., Lepore F., Caminiti R. The Functional Characterization of Callosal Connections // *Prog. Neurobiol.* 2022. Vol. 208. Art. № 102186. DOI: [10.1016/j.pneurobio.2021.102186](https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2021.102186)
5. Shi G., Li X., Zhu Y., Shang R., Sun Y., Guo H., Sui J. The Divided Brain: Functional Brain Asymmetry Underlying Self-Construction // *NeuroImage.* 2021. Vol. 240. Art. № 118382. DOI: [10.1016/j.neuroimage.2021.118382](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118382)
6. Pfurtscheller G., Müller G.R., Pfurtscheller J., Gerner H.J., Rupp R. ‘Thought’ – Control of Functional Electrical Stimulation to Restore Hand Grasp in a Patient with Tetraplegia // *Neurosci. Lett.* 2003. Vol. 351, № 1. P. 33–36. DOI: [10.1016/s0304-3940\(03\)00947-9](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(03)00947-9)
7. Müller-Putz G.R. Electroencephalography // *Handb. Clin. Neurol.* 2020. Vol. 168. P. 249–262. DOI: [10.1016/b978-0-444-63934-9.00018-4](https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63934-9.00018-4)
8. Reznik S.J., Allen J.J.B. Frontal Asymmetry as a Mediator and Moderator of Emotion: An Updated Review // *Psychophysiology.* 2018. Vol. 55, № 1. Art. № e12965. DOI: [10.1111/psyp.12965](https://doi.org/10.1111/psyp.12965)
9. Конарева И.Н. Межполушарная асимметрия альфа-ритма как предиктор индивидуально-психологических различий // Уч. зап. Крым. федер. ун-та им. В.И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. 2018. № 4. С. 74–83.
10. Ибадуллаев З.П. Синдром односторонней пространственной агнозии при поражении глубоких структур правого полушария головного мозга // *Неврол. журн.* 2003. Т. 8, № 4. С. 22.
11. Gray’s Clinical Neuroanatomy: The Anatomic Basis for Clinical Neuroscience / ed. by E.L. Mancall, D.G. Brock. Philadelphia: Elsevier/Saunders, 2011. 448 p.
12. Rode G., Fourtassi M., Pagliari C., Pisella L., Rossetti Y. Complexity vs. Unity in Unilateral Spatial Neglect // *Rev. Neurol. (Paris).* 2017. Vol. 173, № 7-8. P. 440–450. DOI: [10.1016/j.neurol.2017.07.010](https://doi.org/10.1016/j.neurol.2017.07.010)
13. Буклина С.Б. Мозолистое тело, межполушарное взаимодействие и функции правого полушария мозга // *Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2004. № 5. С. 8–14.
14. Паникратова Я.Р., Власова Р.М., Сеницын В.Е., Печенкова Е.В. Состояние регуляторных функций и функциональные связи дорсолатеральной префронтальной коры // *Когнитивная наука в Москве: новые исследования: материалы конф., Москва, 15 июня 2017 г. / под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. М.: Буки-Веди: Ин-т практ. психологии и психоанализа, 2017. С. 266–271.*
15. Catani M. A Little Man of Some Importance // *Brain.* 2017. Vol. 140, № 11. P. 3055–3061. DOI: [10.1093/brain/awx270](https://doi.org/10.1093/brain/awx270)

References

1. Gazzaniga M.S. Forty-Five Years of Split-Brain Research and Still Going Strong. *Nat. Rev. Neurosci.*, 2005, vol. 6, no. 8, pp. 653–659. DOI: [10.1038/nrn1723](https://doi.org/10.1038/nrn1723)
2. Toga A.W., Thompson P.M. Mapping Brain Asymmetry. *Nat. Rev. Neurosci.*, 2003, vol. 4, no. 1, pp. 37–48. DOI: [10.1038/nrn1009](https://doi.org/10.1038/nrn1009)

3. Manning L., Thomas-Antérion C. Marc Dax and the Discovery of the Lateralisation of Language in the Left Cerebral Hemisphere. *Rev. Neurol. (Paris)*, 2011, vol. 167, no. 12, pp. 868–872. DOI: [10.1016/j.neurol.2010.10.017](https://doi.org/10.1016/j.neurol.2010.10.017)
4. Innocenti G.M., Schmidt K., Milleret C., Fabri M., Knyazeva M.G., Battaglia-Mayer A., Aboitiz F., Ptito M., Caleo M., Marzi C.A., Barakovic M., Lepore F., Caminiti R. The Functional Characterization of Callosal Connections. *Prog. Neurobiol.*, 2022, vol. 208. Art. no. 102186. DOI: [10.1016/j.pneurobio.2021.102186](https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2021.102186)
5. Shi G., Li X., Zhu Y., Shang R., Sun Y., Guo H., Sui J. The Divided Brain: Functional Brain Asymmetry Underlying Self-Construction. *NeuroImage*, 2021, vol. 240. Art. no. 118382. DOI: [10.1016/j.neuroimage.2021.118382](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118382)
6. Pfurtscheller G., Müller G.R., Pfurtscheller J., Gerner H.J., Rupp R. ‘Thought’ – Control of Functional Electrical Stimulation to Restore Hand Grasp in a Patient with Tetraplegia. *Neurosci. Lett.*, 2003, vol. 351, no. 1, pp. 33–36. DOI: [10.1016/s0304-3940\(03\)00947-9](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(03)00947-9)
7. Müller-Putz G.R. Electroencephalography. *Handb. Clin. Neurol.*, 2020, vol. 168, pp. 249–262. DOI: [10.1016/b978-0-444-63934-9.00018-4](https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63934-9.00018-4)
8. Reznik S.J., Allen J.J.B. Frontal Asymmetry as a Mediator and Moderator of Emotion: An Updated Review. *Psychophysiology*, 2018, vol. 55, no. 1. Art. no. e12965. DOI: [10.1111/psyp.12965](https://doi.org/10.1111/psyp.12965)
9. Konareva I.N. Mezhpolusharnaya asimmetriya al’fa-ritma kak prediktor individual’no-psikhologicheskikh razlichiy [Hemispheric Alpha Asymmetry as a Predictor of Individual-Psychological Differences]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal’nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Sotsiologiya. Pedagogika. Psikhologiya*, 2018, no. 4, pp. 74–83.
10. Ibadullaev Z.R. Sindrom odnostoronney prostranstvennoy agnozii pri porazhenii glubinnnykh struktur pravogo polushariya golovnoy mozga [Unilateral Spatial Agnosia with Damage to the Deep Structures of the Right Hemisphere]. *Nevrologicheskiy zhurnal*, 2003, vol. 8, no. 4, p. 22.
11. Mancall E.L., Brock D.G. (eds.). *Gray’s Clinical Neuroanatomy: The Anatomic Basis for Clinical Neuroscience*. Philadelphia, 2011. 448 p.
12. Rode G., Fourtassi M., Pagliari C., Pisella L., Rossetti Y. Complexity vs. Unity in Unilateral Spatial Neglect. *Rev. Neurol. (Paris)*, 2017, vol. 173, no. 7-8, pp. 440–450. DOI: [10.1016/j.neurol.2017.07.010](https://doi.org/10.1016/j.neurol.2017.07.010)
13. Buklina S.B. Mozolistoe telo, mezhpolusharnoe vzaimodeystvie i funktsii pravogo polushariya mozga [Corpus Callosum, Interhemispheric Interaction and Functions of the Right Hemisphere]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 2004, no. 5, pp. 8–14.
14. Panikratova Ya.R., Vlasova R.M., Sinityn V.E., Pechenkova E.V. Sostoyanie regulatorynykh funktsiy i funktsional’nye svyazi dorsolateral’noy prefrontal’noy kory [The State of Regulatory Functions and Functional Connections of the Dorsolateral Prefrontal Cortex]. Pechenkova E.V., Falikman M.V. (eds.). *Kognitivnaya nauka v Moskve: novye issledovaniya* [Cognitive Science in Moscow: New Studies]. Moscow, 2017, pp. 266–271.
15. Catani M. A Little Man of Some Importance. *Brain*, 2017, vol. 140, no. 11, pp. 3055–3061. DOI: [10.1093/brain/awx270](https://doi.org/10.1093/brain/awx270)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z135

Arlan F. Sagirov* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4924-3487>

*Institute of Experimental Medicine
(St. Petersburg, Russian Federation)

HAEMODYNAMIC ASYMMETRY AND ALPHA ASYMMETRY OF HUMAN BRAIN HEMISPHERES IN DIFFERENT BODY POSITIONS

Hemispheric asymmetry has been intensively studied by psycho- and neurophysiology mostly using electroencephalography (EEG) and functional magnetic resonance imaging. However, there is little data available on the characteristics of bioelectrical and haemodynamic asymmetry of the human brain during postural changes. This pilot study introduces a combined technique of simultaneous recording of brain haemodynamic and bioelectrical asymmetry in different body positions. The **aim** of the paper

was to compare asymmetry coefficients in three different body positions and to establish cortex areas with the most active shift in blood flow and alpha power in response to postural changes. The research involved 12 healthy volunteers aged between 20 and 25 years (mean age 21.4 ± 1.5 years) evenly distributed by sex. **Materials and methods.** Bioelectrical and haemodynamic activity of the brain was assessed by means of rheoencephalography and EEG, respectively. Rheographic index and spectral power of alpha waves were recorded in three body positions (sitting, supine and 45° head-down tilt), followed by the calculation of haemodynamic asymmetry (K_{nda}) and alpha asymmetry ($K_{\alpha a}$) coefficients. **Results.** Statistical analysis of K_{nda} showed no sex differences or significant differences in this parameter between the body positions, which can be explained by direct effects of baroreflex and cerebrovascular autoregulation. Statistical comparison of $K_{\alpha a}$ of EEG signals from all electrode leads with each other and in each position demonstrated significant changes in $K_{\alpha a}$ of P3/P4, T5/T6 and F3/F4 pairs in male subjects. These findings can indicate that posterior parietal cortex of both hemispheres and left parieto-temporal region, which play an important role in spatial perception, as well as dorsolateral prefrontal cortex, which participates in muscle tone regulation for posture correction, are actively involved in bioelectrical response to postural changes.

Keywords: *hemispheric asymmetry, electroencephalography, alpha waves, rheoencephalography, cerebral blood flow, postural changes, posterior parietal cortex, dorsolateral prefrontal cortex.*

Received 14 October 2022

Accepted 7 March 2023

Published 3 April 2023

Поступила 14.10.2022

Принята 07.03.2023

Опубликована 03.04.2023

Corresponding author: Arlan Sagirov, address: ul. Akademika Pavlova 12, St. Petersburg, 197022, Russian Federation; e-mail: arlansagirov@gmail.com

For citation: Sagirov A.F. Haemodynamic Asymmetry and Alpha Asymmetry of Human Brain Hemispheres in Different Body Positions. *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, vol. 11, no. 2, pp. 133–141. DOI: 10.37482/2687-1491-Z135