

УДК 612.084

DOI 10.5281/ZENODO.19655763

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
СПЕКТРОСКОПИИ БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА (fNIRS)
ДЛЯ СКРИНИНГА РИСКА РАЗВИТИЯ АЛКОГОЛЬНОЙ
ЗАВИСИМОСТИ У МУЖЧИН**

*Мулик А. Б.¹, Улесикова И. В.¹, Назаров Н. О.², Моисеев Д. В.¹,
Тум М. В.³, Шатыр Ю. А.¹*

¹Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Центр внедрения изменений Министерства здравоохранения Московской области,
Красногорск, Российская Федерация

³ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Российская Федерация
E-mail: mulikab@mail.ru

Изучены возможности применения ближней инфракрасной спектроскопии (fNIRS) для скрининга алкогольной зависимости у мужчин, как категории населения с повышенным риском развития химических аддикций. В исследовании участвовало 49 мужчин 19–25 летнего возраста, проживающих в Республике Крым, Волгоградской и Архангельской областях. Выявлена однонаправленная связь кратности и крепости потребляемого алкоголя со снижением интенсивности церебрального метаболизма. Обосновано использование фонового значения концентрации HbR в передней правой префронтальной коре в качестве индикатора потребления алкоголя. Для отведения AF4 (источник) – AFF2h (детектор) определена критическая величина концентрации $HbR \geq 0,025$ ммоль/л, свидетельствующая о склонности к алкогольной зависимости.

Ключевые слова: функциональная ближняя инфракрасная спектроскопия, fNIRS, нервно-сосудистая связь, алкогольная зависимость.

ВВЕДЕНИЕ

По данным доклада ВОЗ, опубликованном в июне 2024 года, в мире от потребления алкоголя ежегодно гибнет 2,6 млн человек (4,7 % общей численности случаев смерти за год). При этом 2 млн случаев смерти приходится на долю мужчин. Самый высокий показатель смертности в связи с потреблением алкоголя зафиксирован в Европейском регионе ВОЗ и составляет 52,9 случая на 100 000 человек. Смертность, связанная с алкогольной зависимостью, прямо пропорциональна уровню потребления алкоголя. В Российской Федерации на душу населения старше 15 лет удельное потребление алкоголя (в пересчете на чистый этанол) у мужчин составляет 18,1 л, а у женщин – 4,2 л в год [1]. Данная ситуация

актуализирует поиск объективных методов экспресс-скрининга риска развития алкогольной зависимости у мужчин.

Опыт выявления лиц с риском пагубного потребления алкоголя, основанный на традиционных опросных методах скрининга в рамках первичной медико-санитарной помощи, как у нас в стране, так и за рубежом, характеризуется низкой результативностью, в том числе по причине цензуры сознания при ответах на проблемные вопросы [2, 3]. С развитием методов приборной оценки функциональных нарушений церебрального гомеостаза возможности автоматизированного определения симптомов развития алкогольной зависимости существенно возросли. В ряде исследований показаны изменения функционирования коры головного мозга в связи с потреблением алкоголя, зафиксированные с помощью оптической нейровизуализации. Определено, что потребление алкоголя затрагивает многие системы мозга, в частности лобно-лимбическую, лобно-стриарную и лобно-мозжечковую сеть. [4, 5]. Доказано, что при употреблении алкоголя поражаются средняя и верхняя лобные извилины, передняя поясная кора и островковая доля [6, 7].

Представленные данные подтверждают целесообразность дальнейшего изучения возможности применения ближней инфракрасной спектроскопии (fNIRS) для скрининга алкогольной зависимости у мужчин, как категории населения с повышенным риском развития химических аддикций.

Цель работы – определить перспективы применения показателей fNIRS для скрининга алкогольной зависимости у мужчин.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 49 клинически здоровых мужчин 19–25 летнего возраста, европеоидной расы, студенты государственных вузов Архангельска (16 мужчин, средний возраст 20,1 года, SD 1,82), Волгограда (16 мужчин, средний возраст 20,4 года, SD 2,44) и Симферополя (17 мужчин, средний возраст 19,3 года, SD 1,26). Все работы выполнялись в соответствии с принципами Всеобщей декларации о биоэтике и правах человека, в части статей 4 (благо и вред), 5 (самостоятельность и индивидуальная ответственность), 6 (согласие) и 9 (неприкосновенность частной жизни и конфиденциальность). Участие в исследовании было добровольным. До включения в исследование все участники выразили информированное согласие. Исследование было одобрено Этическим комитетом при Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), протокол № 295 от 22.10.2024 г. Потребление алкоголя оценивалось по трем уровням: 1-й – отсутствие потребления; 2-й – потребление 3 раза в месяц и реже; 3-й – потребление 4 раза в месяц и чаще. Учитывалась крепость предпочитаемых алкогольных напитков: слабоалкогольные (до 6 % алкоголя); среднеалкогольные (7–20 % алкоголя); крепкие напитки (свыше 20 % алкоголя). Отдельно учитывалась мотивация потребления алкогольных напитков: от социальной, ситуативно обусловленной, до наличия физической зависимости. Интенсивность церебрального метаболизма оценивалась посредством анализа гемодинамического ответа коры головного мозга в ближнем инфракрасном

диапазоне (fNIRS). Для этого использовали прибор Cortivision Poton Cap (Польша), укомплектованный 20 оптодами (10 источников и 10 детекторов) с частотой дискретизации 7,8125 Гц. Оптоды неинвазивно размещались на голове обследуемого путем установки в гнезда эластичной шапочки «easusap» по ранее разработанной схеме [8], представленной в таблице 1.

Таблица 1

Схема отведения оптодов fNIRS

Номер канала	Тип оптода	Соответствие оптода отведениям ЭЭГ	Место съёма	Поля по Бродману
1	Источник	FFC4h	Правая лобная кора	Дорсолатеральная префронтальная кора (поле 9)
	Детектор	F6		
2	Источник	FFC3h	Левая лобная кора	
	Детектор	F5		
3	Источник	AF4	Правая лобная кора	Передняя префронтальная кора (поле 10)
	Детектор	AFF2h		
4	Источник	AF3	Левая лобная кора	
	Детектор	AFF1h		
5	Источник	FTT8h	Правая височная кора	Передняя, нижняя и средняя височные извилины (поля 20–21)
	Детектор	TTP8h		
6	Источник	FTT7h	Левая височная кора	
	Детектор	TTP7h		
7	Источник	P3	Левая теменная кора	Постцентральная извилина (поля 1–3) и первичная моторная кора (поле 4)
	Детектор	CP3		
8	Источник	P4	Правая теменная кора	
	Детектор	CP4		
9	Источник	O1	Левая затылочная кора	Ядерные зоны зрительного анализатора (поля 17–19)
	Детектор	I1		
10	Источник	O2	Правая затылочная кора	
	Детектор	I2		

Схема исследования включала в себя 3 этапа: 1-й этап – фон fNIRS с открытыми глазами (30''); 2-й этап – предъявление теста «Простая зрительно-моторная реакция» (2') + предъявление теста «Сложная зрительно-моторная реакция» (2') + предъявление теста «Крепелин» (3') + фотостимуляция с частотой 5, 10 и 15 Гц сериями по 15 с паузами 7 с между разными частотами; 3- этап – построгогрузочные значения fNIRS с открытыми глазами (1'). Для последующего анализа данных учитывали среднеарифметические значения концентрации

(ммоль/л) оксигенированного (HbO) и дезоксигенированного (HbR) гемоглобина в соответствующих отделах мозга на этапе фона и постнагрузочных значений fNIRS. Статистический анализ данных выполнялся с использованием U-критерия Манна-Уитни и коэффициента корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наличие артефактов физического или биологического происхождения в результатах fNIRS послужило основанием для исключения из последующего статистического анализа 2 испытуемых, в том числе одного представителя г. Архангельска и одного – г. Симферополя. Условием отбора показателей fNIRS, ассоциированных с алкоголизацией, являлось наличие статистически значимых корреляций и тенденций к статистической значимости ($p < 0,1$) корреляций их выраженности с кратностью потребления алкоголя (рис. 1).

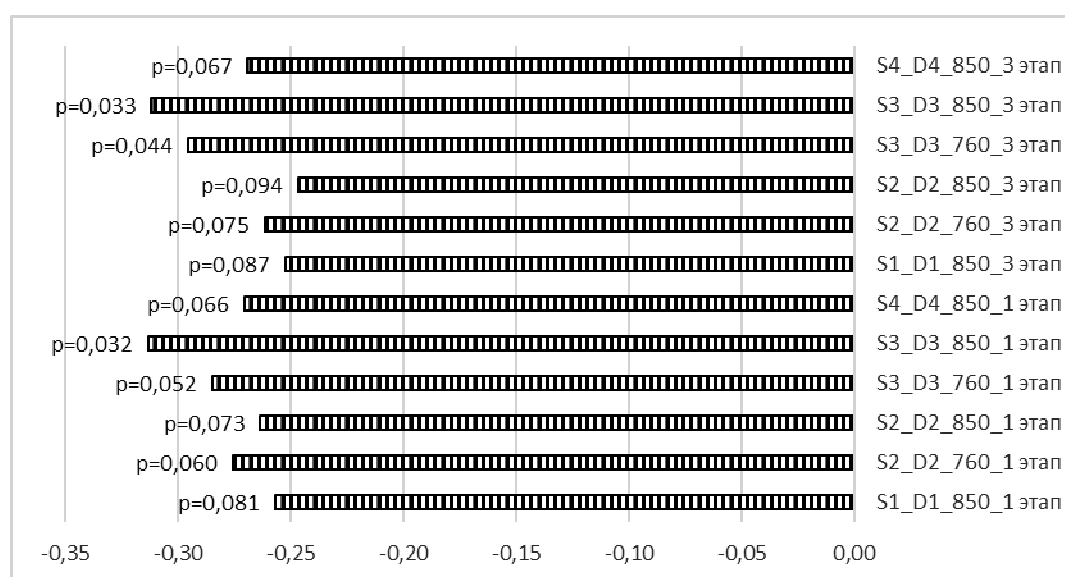


Рис. 1. Корреляционные связи концентрации HbO и HbR в различных отделах головного мозга и кратностью потребления алкоголя у мужчин

Примечание: Sn_Dn_760 – количество дезоксигемоглобина в области мозга, соответствующей отведению n; Sn_Dn_850 – количество оксигемоглобина в области мозга, соответствующей отведению n.

Дополнительно были выделены показатели fNIRS, ассоциированные с крепостью предпочитаемых алкогольных напитков (рис. 2).

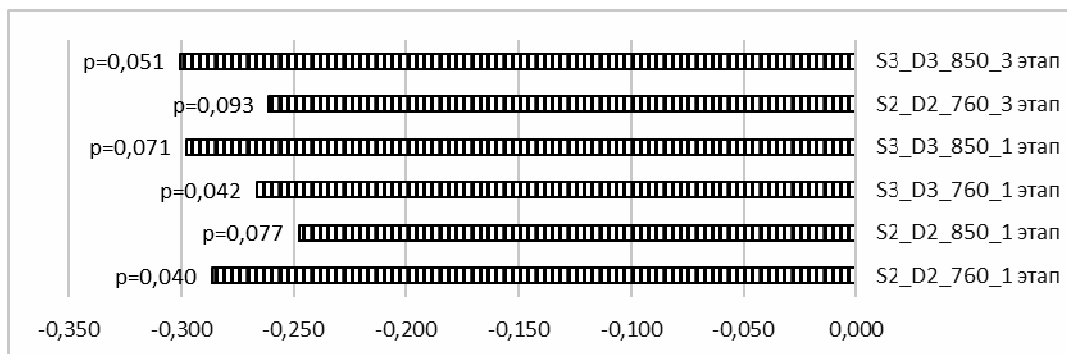


Рис. 2. Корреляционные связи концентрации HbO и HbR в различных отделах головного мозга и крепостью потребляемого алкоголя у мужчин.

Примечание: Sn_Dn_760 – количество дезоксигемоглобина в области мозга, соответствующей отведению n; Sn_Dn_850 – количество оксигемоглобина в области мозга, соответствующей отведению n.

Представленные результаты демонстрируют однонаправленную связь кратности и крепости потребляемого алкоголя у мужчин со снижением интенсивности церебрального метаболизма. По существу, кратность и крепость потребляемого алкоголя отражают величину поступающего в организм этилового спирта. Этанол, легко преодолевающий гематоэнцефалический барьер, поражая ткани головного мозга, по всей видимости снижает сосудистый тонус и церебральный кровоток, что в свою очередь отрицательно влияет на концентрацию HbO и HbR. В отношении отделов головного мозга, ассоциированных с наиболее выраженным снижением интенсивности церебрального метаболизма (дорсолатеральная префронтальная кора и передняя префронтальная кора), следует обратиться к литературным данным, свидетельствующим о селективности алкогольного поражения мозга. Результаты морфометрических исследований выявили повышенную чувствительность к этанолу лобных долей головного мозга [9]. Это нашло своё подтверждение в данных, представленных на рисунках 1 и 2. Дополнительным подтверждением системности проявления негативных последствий потребления алкоголя является идентичность результатов проявления HbO и HbR на первом и третьем этапе исследования, т.е., вне зависимости от отсутствия или наличия экзогенной нагрузки (в том числе ритмической фотостимуляции, стимулирующей дорсолатеральную префронтальную кору), интенсивность церебрального метаболизма у алкоголезависимых мужчин существенно снижена по отношению к лицам непотребляющим или малопотребляющим алкогольные напитки. Кроме этого определено, что у всех слабопьющих мужчин мотивация потребления алкогольных напитков инициируется социальной, ситуативно обусловленной природой, а у сильнопьющих – физической потребностью.

Для конкретизации абсолютных величин анализируемых показателей в исследуемых группах были рассчитаны среднеарифметические значения концентрации HbO и HbR по ранее выделенным отведениям, представленным на

рисунке 1. Выраженность различий изучаемых показателей между непьющими, слабопьющими и сильнопьющими испытуемыми, рассчитанная с использованием критерия Манна-Уитни отражена в таблице 2.

Таблица 2

Выраженность анализируемых показателей fNIRS в группах непьющих, слабопьющих и сильнопьющих мужчин

Показатели	Группы мужчин			Значения <i>p</i> между группами		
	0 – непьющие n = 22	1 – слабопьющие n = 17	2 – сильнопьющие n = 8	0-1	0-2	1-2
S1_D1_850_1 этап	0,026±0,008	0,023±0,004	0,022±0,001	0,095	0,055	0,449
S2_D2_760_1 этап	0,026±0,009	0,022±0,002	0,022±0,001	0,444	0,482	0,662
S2_D2_850_1 этап	0,03±0,015	0,023±0,003	0,023±0,002	0,223	0,336	0,683
S3_D3_760_1 этап	0,101±0,157	0,038±0,034	0,024±0,006	0,581	0,020	0,067
S3_D3_850_1 этап	0,168±0,256	0,056±0,068	0,027±0,008	0,788	0,046	0,036
S4_D4_850_1 этап	0,095±0,15	0,038±0,032	0,027±0,005	0,640	0,425	0,749
S1_D1_850_3 этап	0,026±0,009	0,023±0,004	0,022±0,002	0,157	0,091	0,541
S2_D2_760_3 этап	0,027±0,009	0,023±0,002	0,023±0,001	0,240	0,606	0,449
S2_D2_850_3 этап	0,03±0,017	0,024±0,003	0,024±0,002	0,100	0,399	0,485
S3_D3_760_3 этап	0,101±0,155	0,031±0,019	0,026±0,007	0,428	0,029	0,200
S3_D3_850_3 этап	0,164±0,244	0,059±0,075	0,029±0,01	0,600	0,041	0,033
S4_D4_850_3 этап	0,095±0,148	0,039±0,033	0,027±0,005	0,357	0,291	0,705

Анализ полученных результатов определил максимально выраженные различия ($p=0,02$) между группами не пьющих и сильнопьющих испытуемых по показателю HbR в передней правой префронтальной коре на первом этапе исследования (фоновые значения). Это позволило выделить данный показатель, как диагностически значимый индикатор алкогольной зависимости у мужчин. Было рассчитано критическое значение концентрации HbR (S3_D3_760) равное

0,025 ммоль/л, определяющее границу наличия алкогольной зависимости у мужчин, соответствующее 47 перцентилю выраженности его проявления в выборочной совокупности испытуемых (рис. 3).

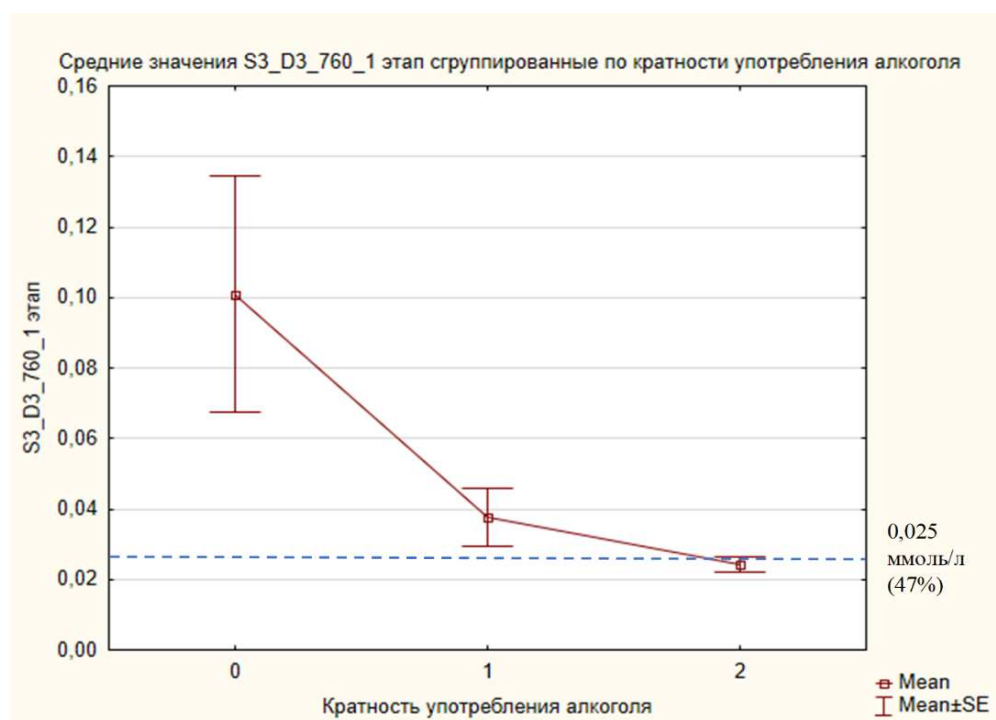


Рис. 3. Критическая величина концентрации HbR в передней правой префронтальной коре.

Результаты исследования позволяют рекомендовать применение fNIRS для скрининга алкогольной зависимости у мужчин по показателю концентрации HbR от 0,025 ммоль/л и выше, оцениваемому в фоновом режиме спектроскопии с открытыми глазами (30") в отведении S3_D3_760, локализованном в передней правой префронтальной коре (поле 10 по Бродману).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований определена перспективность применения анализа гемодинамического ответа коры головного мозга в ближнем инфракрасном диапазоне для объективизации скрининга алкогольной зависимости у мужчин. Обосновано использование фонового значения концентрации HbR в передней правой префронтальной коре в качестве диагностически значимого индикатора потребления алкоголя. Для отведения AF4 (источник) – AFF2h (детектор) рассчитана критическая величина концентрации HbR $\geq 0,025$ ммоль/л, свидетельствующая о склонности мужчины к алкогольной зависимости.

Список литературы

1. Каждый год употребление алкоголя и психоактивных веществ уносит жизни более 3 млн человек, большинство из которых составляют мужчины [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://www.who.int/ru/news/item/25-06-2024-over-3-million-annual-deaths-due-to-alcohol-and-drug-use-majority-among-men> (дата обращения 17.11.2025 г.)
2. Горный Б. Э. Методологические аспекты выявления лиц с риском пагубного потребления алкоголя в ходе диспансеризации взрослого населения: проблемы и возможные пути их решения / Горный Б. Э., Калинина А. М., Бунова А. С. // Профилактическая медицина. – 2018. – Т. 21, №2. – С. 11–14.
3. Summanwar D. Agile implementation of alcohol screening in primary care / Summanwar D., Ropert C., Barton J. [et al.] // BMC primary care. – 2024. – Vol. 25, No 1. – P. 251. doi: 10.1186/s12875-024-02500-7.
4. Dupuy M. Imaging the Addicted Brain: Alcohol / Dupuy M., Chanraud S. // International Review of Neurobiology. – 2016. – Vol. 129. – P. 1–31. doi: 10.1016/bs.im.2016.04.003.
5. Sullivan E. V. Brain-Behavior Relations and Effects of Aging and Common Comorbidities in Alcohol Use Disorder: A Review / Sullivan E. V., Pfefferbaum A. // Neuropsychology. – 2019. – Vol. 33, No 6. – P. 760–780. DOI:10.1037/neu0000557
6. Bottino M. Relating functional connectivity and alcohol use disorder: A systematic review and derivation of relevance maps for regions and connections / Borrino M., Bocková N., Poller N. W. [et al.] // Human Brain Mapping. – 2025. – Vol. 46, No 2. – e70156. <https://doi.org/10.1002/hbm.70156>
7. Honnorat N. Alcohol Use Disorder and Its Comorbidity With HIV Infection Disrupts Anterior Cingulate Cortex Functional Connectivity / Honnorat N., Fama R., Müller-Oehring E. M. [et al.] // Biological psychiatry. Cognitive neuroscience and neuroimaging. – 2022. – Vol. 7, No. 11. – P. 1127–1136. doi:10.1016/j.bpsc.2020.11.012
8. Мулик А. Б. Результаты оценки стандартных показателей функциональной спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона у молодых людей, проживающих в различных регионах европейской части России / Мулик А. Б., Улесикова И. В., Назаров Н. О. [и др.] // Экология человека. – 2024. – Т. 31, №11. – С. 807–818. doi: 10.17816/humeco643398
9. Разводовский Ю. Е. Алкогольное поражение мозга / Разводовский Ю. Е. // Медицинские новости. – 2006. – №1. – С. 13–17.

PROSPECTS FOR USING FUNCTIONAL NEAR INFRARED SPECTROSCOPY (fNIRS) FOR SCREENING THE RISK OF ALCOHOL DEPENDENCE IN MEN

Mulik A. B.¹, Ulesikova I. V.¹, Nazarov N. O.², Moiseev D. V.¹, Tum M. B.³, Shatyr Yu. A.¹

¹*S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation*

²*Center for Change Implementation of the Ministry of Health of the Moscow Region, Krasnogorsk, Russian Federation*

³*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*
E-mail: mulikab@mail.ru

According to a WHO report published in June 2024, alcohol consumption causes 2.6 million deaths worldwide each year (4.7 % of all deaths). Of these, 2 million deaths occur among men. Identifying individuals at risk for harmful alcohol consumption using traditional primary care screening questionnaires is ineffective, in part due to the tendency to censor consciousness when answering challenging questions. With the development of instrumental methods for assessing functional disorders of cerebral homeostasis, the

capabilities of automated detection of symptoms of developing alcohol dependence have increased significantly. Several studies have demonstrated changes in cerebral cortex function associated with alcohol consumption, recorded using optical neuroimaging. The objective of this study was to determine the potential for using near-infrared spectroscopy (fNIRS) to screen for alcohol dependence in men, a population group at increased risk of developing chemical addictions. The study involved 49 men aged 19–25 years, natives of three regions of the European part of Russia: Arkhangelsk, Volgograd regions and the Republic of Crimea. To assess the hemodynamic response of the cerebral cortex in the near infrared range, the Cortivision Poton Cap C20 device (Cortivision, Poland) was used. Eight pairs of optodes were placed according to the international 10–20 system in the frontal, parietal, temporal and occipital regions in the left and right hemispheres, two pairs of optodes were placed to study the prefrontal cortex. The study design included three stages: Stage 1 – fNIRS background with open eyes (30''); Stage 2 – presentation of the Simple Visual-Motor Response test (2') + presentation of the Complex Visual-Motor Response test (2') + presentation of the Kraepelin test (3') + photostimulation with a frequency of 5, 10 and 15 Hz in series of 15'' with 7'' pauses between different frequencies; Stage 3 – post-load fNIRS values with open eyes (1'). For subsequent data analysis, the arithmetic mean values of HbO and HbR concentrations (mmol/l) at the baseline stage and post-load fNIRS values were taken into account. Alcohol consumption was assessed based on the frequency of intake and the strength of preferred drinks. Motivation for drinking alcoholic beverages was taken into account: from social, situationally determined, to the presence of physical dependence. A unidirectional relationship was revealed between the frequency and strength of alcohol consumed and a decrease in the intensity of cerebral metabolism. Ethanol, which easily crosses the blood-brain barrier and damages brain tissue, likely reduces vascular tone and cerebral blood flow, which in turn negatively impacts HbO and HbR concentrations. The most pronounced reduction in cerebral metabolism is observed in the right anterior prefrontal cortex. Further confirmation of the systemic nature of the negative consequences of alcohol consumption is the identical results for HbO and HbR in the first and third stages of the study. This means that, regardless of the presence or absence of exogenous stress (including rhythmic photostimulation stimulating the dorsolateral prefrontal cortex), the intensity of cerebral metabolism in alcohol-dependent men is significantly reduced compared to individuals who do not consume alcohol or consume little. Furthermore, it was determined that in all light drinkers, the motivation for alcohol consumption is initiated by social, situational factors, while in heavy drinkers, it is driven by physical need. To determine the absolute values of the analyzed parameters in the study groups, the arithmetic mean values of HbO and HbR concentrations were calculated for the previously identified leads. Analysis of the obtained results revealed the most significant differences ($p=0.02$) between the groups of abstainers and heavy drinkers in HbR levels in the right anterior prefrontal cortex at the first stage of the study (baseline values). This allowed us to identify this indicator as a diagnostically significant indicator of alcohol dependence in men. For the AF4 (source) – AFF2h (detector) lead, a critical HbR concentration of ≥ 0.025 mmol/L was determined, indicating a tendency toward alcohol dependence. Thus,

the use of the baseline HbR concentration in the right anterior prefrontal cortex as an indicator of alcohol consumption in men is justified.

Keywords: functional near-infrared spectroscopy, fNIRS, neurovascular communication, alcohol dependence.

References

1. *Over 3 million annual deaths due to alcohol and drug use, majority among men* [Electronic resource], World Health Organization. URL: <https://www.who.int/ru/news/item/25-06-2024-over-3-million-annual-deaths-due-to-alcohol-and-drug-use-majority-among-men> (date of access: 17.11.2025 г.)
2. Gorny B. E., Kalinina A. M., Bunova A. S. Methodological aspects of identifying individuals at risk of harmful alcohol consumption during medical examination of the adult population: problems and possible solutions, *Preventive medicine*, **21**, **2**, 11 (2018).
3. Summanwar D., Ropert C., Barton J. [et al.] Agile implementation of alcohol screening in primary care, *BMC primary care*, **25**, **1**, 251. (2024). doi: 10.1186/s12875-024-02500-7.
4. Dupuy M., Chanraud S. Imaging the Addicted Brain: Alcohol, *International Review of Neurobiology*, **129**, 1 (2016). doi: 10.1016/bs.irm.2016.04.003.
5. Sullivan E. V., Pfefferbaum A. Brain-Behavior Relations and Effects of Aging and Common Comorbidities in Alcohol Use Disorder: A Review, *Neuropsychology*, **33**, **6**, 760 (2019). DOI:10.1037/neu0000557
6. Bottino M., Bocková N., Poller N. W. [et al.] Relating functional connectivity and alcohol use disorder: A systematic review and derivation of relevance maps for regions and connections, *Human Brain Mapping*, **46**, **2**, e70156 (2025). <https://doi.org/10.1002/hbm.70156>
7. Honnorat N., Fama R., Müller-Oehring E. M. [et al.] Alcohol Use Disorder and Its Comorbidity With HIV Infection Disrupts Anterior Cingulate Cortex Functional Connectivity, *Biological psychiatry. Cognitive neuroscience and neuroimaging*, **7**, **11**, 1127 (2022). doi:10.1016/j.bpsc.2020.11.012
8. Mulik A. B., Ulesikova I. V., Nazarov N. O. [et al.] Results of the assessment of standard indicators of functional near-infrared spectroscopy in young people living in different regions of the European part of Russia, *Human ecology*, **31**, **11**, 807 (2024). doi: 10.17816/humeco643398
9. Razvodovsky Yu. E. Alcoholic brain damage, *Medical news*, **1**, 13 (2006).