

УДК 612.084

DOI 10.5281/ZENODO.19658421

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

**Шатыр Ю. А.¹, Моисеев Д. В.¹, Улесикова И. В.¹, Назаров Н. О.², Кунавин М. А.³,
Тум М. В.⁴, Мулик А. Б.¹**

¹*Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия*

²*Национальный институт качества Росздравнадзора, Москва, Россия*

³*Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия*

⁴*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*
E-mail: mulikab@mail.ru

Изучены возможности применения ближней инфракрасной спектроскопии (fNIRS) для скрининга табачной зависимости у мужчин. В исследовании участвовало 49 мужчин 19–25 летнего возраста, проживающих в Республике Крым, Волгоградской и Архангельской областях. Выявлена обратная связь кратности табакокурения с интенсивностью церебрального метаболизма. Обосновано использование фоновых значений концентрации HbO и HbR локализованных соответственно в правой дорсолатеральной префронтальной коре и в правой височной коре, как диагностически значимых индикаторов табакокурения. Для правой дорсолатеральной префронтальной коры в отведении FFC4h (источник) – F6 (детектор) определена критическая величина концентрации HbO $\leq 0,023$ ммоль/л, а для правой височной коры в отведении FTT8h (источник) – TTP8h (детектор) определена критическая величина концентрации HbR $\leq 0,085$ ммоль/л.

Ключевые слова: мозговой кровоток, нервно-сосудистая связь, функциональная ближняя инфракрасная спектроскопия, fNIRS, табакокурение.

ВВЕДЕНИЕ

Табачная эпидемия – одна из самых серьезных угроз здоровью людей за всю историю человечества. По данным ВОЗ от употребления табака ежегодно в мире умирает более 7 миллионов человек. Вторичный табачный дым является причиной тяжелых сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, включая ишемическую болезнь сердца и рак легких, и каждый год вызывает 1,6 миллиона случаев преждевременной смерти. Табак потребляет каждый пятый взрослый житель Земли. Среди потребителей табака более четырех пятых составляют мужчины [1]. Данная ситуация актуализирует поиск объективных методов экспресс-скрининга табачной зависимости у мужчин.

Опыт выявления лиц с табачной зависимостью, основанный на традиционных опросных методах скрининга в рамках первичной медико-санитарной помощи, характеризуется низкой результативностью, в том числе по причине цензуры сознания при ответах на проблемные вопросы. Так, тест Фагерстрема (Fagerström Test for Nicotine Dependence – FTND), состоящий из 6 вопросов, охватывающих ключевые поведенческие и физиологические аспекты табачной зависимости, наиболее популярный инструмент диагностики никотиновой аддикции, не подтверждает своей эффективности в отношении малокурящих людей [2]. С развитием методов приборной оценки нарушений церебрального гомеостаза возможности автоматизированного определения симптомов развития табачной зависимости существенно возросли. В ряде исследований показаны структурные и функциональные изменения коры головного мозга в связи с потреблением табака. У курильщиков выявлено снижение плотности серого вещества в задней поясной и предклиновидной областях, в лобной доле и правом таламусе коры головного мозга [3]. Определено, что структурные изменения в мозге курильщиков связаны с определёнными нарушениями функциональной связности, особенно в сетях зрительного внимания, исполнительного контроля и сенсомоторных сетях [4]. У хронических курильщиков в магистральных артериях головы установлено значительное (до 50 %) увеличение толщины комплекса интимы-медия, формирование в области бифуркации общих сонных артерий и устье внутренней сонной артерии атеросклеротических бляшек, вызывающих частичный стеноз этих артерий [5].

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

Цель работы – определить перспективы применения показателей fNIRS для скрининга табачной 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.

Для выявления и интерпретации опыта табакокурения испытуемым предлагалось ответить на вопросы: «Вы курите? Если да, как часто?»; «С чем связано Ваше желание закурить в очередной раз?». Кратность табакокурения

оценивалась по трем уровням: 1-й – полное отсутствие курения; 2-й – не ежедневное курение до 4 сигарет в день или ежедневное курение до 3 сигарет в день; 3-й – ежедневное курение 4 и более сигарет в день.

Интенсивность церебрального метаболизма оценивалась посредством анализа гемодинамического ответа коры головного мозга в ближнем инфракрасном диапазоне (fNIRS). Для этого использовали прибор Cortivision Photon 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 «easuscap» по ранее разработанной схеме [6], 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-й этап – постнагрузочные 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 выполнялся с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA), для определения критических значений концентраций HbO и HbR, ассоциированных с табакокурением, применялся анализ перцентилей. Статистически значимыми считались отличия при вероятности ошибочного принятия нулевой гипотезы $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наличие артефактов физического или биологического происхождения в результатах fNIRS послужило основанием для исключения из последующего учета 2 испытуемых, в том числе одного представителя г. Архангельска и одного – г. Симферополя. На первом этапе статистической обработки данных посредством однофакторного дисперсионного анализа произвели сравнительную оценку различий выраженности показателей fNIRS между группами некурящих, малокурящих и курящих мужчин (табл. 2).

Таблица 2

Выраженность показателей fNIRS (ммоль/л) в группах некурящих, малокурящих и курящих мужчин

Показатели	Группы мужчин			p
	Некурящие	Малокурящие	Курящие	
1	2	3	4	5
S1_D1_760_1 этап	0,025±0,008	0,025±0,005	0,022±0,001	0,034
S1_D1_850_1 этап	0,028±0,013	0,029±0,01	0,022±0,001	0,007
S2_D2_760_1 этап	0,081±0,135	0,06±0,051	0,026±0,005	0,306
S2_D2_850_1 этап	0,133±0,222	0,081±0,075	0,033±0,011	0,148
S3_D3_760_1 этап	0,068±0,134	0,053±0,042	0,023±0,003	0,560
S3_D3_850_1 этап	0,078±0,127	0,066±0,058	0,025±0,004	0,800
S4_D4_760_1 этап	0,135±0,175	0,15±0,008	0,053±0,056	0,366
S4_D4_850_1 этап	0,364±0,313	0,611±0,031	0,182±0,296	0,332
S5_D5_760_1 этап	0,116±0,079	0,095±0,089	0,067±0,07	0,031

Продолжение таблицы 2

S5_D5_850_1 этап	0,37±0,312	0,277±0,287	0,214±0,316	0,050
S6_D6_760_1 этап	0,025±0,01	0,023±0,001	0,024±0,005	0,118
S6_D6_850_1 этап	0,034±0,031	0,025±0,001	0,029±0,015	0,254
S7_D7_760_1 этап	0,022±0,004	0,023±0,001	0,026±0,014	0,889
S7_D7_850_1 этап	0,029±0,019	0,029±0,002	0,038±0,043	0,461
S8_D8_760_1 этап	0,023±0,004	0,025±0,004	0,022±0,002	0,323
S8_D8_850_1 этап	0,026±0,009	0,028±0,007	0,023±0,002	0,523
S9_D9_760_1 этап	0,028±0,02	0,056±0,043	0,024±0,002	0,668
S9_D9_850_1 этап	0,032±0,025	0,062±0,05	0,025±0,003	0,380
S10_D10_760_1 этап	0,024±0,008	0,027±0,007	0,022±0,001	0,283
S10_D10_850_1 этап	0,025±0,007	0,029±0,01	0,022±0,001	0,360
S1_D1_760_3 этап	0,025±0,008	0,026±0,005	0,023±0,001	0,089
S1_D1_850_3 этап	0,028±0,014	0,029±0,01	0,023±0,001	0,066
S2_D2_760_3 этап	0,077±0,132	0,064±0,056	0,027±0,006	0,494
S2_D2_850_3 этап	0,132±0,213	0,085±0,08	0,034±0,012	0,244
S3_D3_760_3 этап	0,072±0,146	0,057±0,047	0,023±0,003	0,770
S3_D3_850_3 этап	0,078±0,126	0,069±0,061	0,026±0,005	0,756
S4_D4_760_3 этап	0,142±0,177	0,161±0,01	0,057±0,063	0,320
S4_D4_850_3 этап	0,388±0,336	0,686±0,076	0,19±0,309	0,348
S5_D5_760_3 этап	0,12±0,082	0,102±0,097	0,07±0,076	0,036

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
S5_D5_850_3 этап	0,368±0,307	0,339±0,374	0,225±0,341	0,041
S6_D6_760_3 этап	0,025±0,01	0,023±0,001	0,026±0,007	0,120
S6_D6_850_3 этап	0,035±0,031	0,026±0,001	0,03±0,016	0,249
S7_D7_760_3 этап	0,023±0,004	0,024±0,001	0,027±0,015	0,912
S7_D7_850_3 этап	0,03±0,019	0,029±0,002	0,039±0,046	0,486
S8_D8_760_3 этап	0,024±0,006	0,026±0,005	0,024±0,003	0,239
S8_D8_850_3 этап	0,027±0,011	0,029±0,007	0,024±0,004	0,551
S9_D9_760_3 этап	0,027±0,011	0,052±0,036	0,025±0,004	0,573
S9_D9_850_3 этап	0,031±0,018	0,057±0,042	0,026±0,005	0,402
S10_D10_760_3 этап	0,025±0,008	0,025±0,005	0,022±0,001	0,240
S10_D10_850_3 этап	0,028±0,013	0,029±0,01	0,022±0,001	0,291

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

Для последующего анализа были использованы только те показатели fNIRS, которые отличались статистической значимостью различий или тенденцией к статистической значимости ($p < 0,1$) различий их выраженности между группами испытуемых. На гистограммах представлены средние значения окси- и дезоксигемоглобина в правой дорсолатеральной префронтальной коре (рис. 1) и в правой височной коре (рис. 2) у мужчин с разной степенью табакокурения.

Полученные результаты демонстрируют однотипность проявления выделенных показателей fNIRS в фоновом и постнагрузочном режиме у мужчин в каждой из исследуемых групп. При этом, максимально пониженная концентрация HbO и HbR в группе хронических курильщиков, как на первом, так и на третьем этапе исследования, не зависящая от отсутствия или наличия экзогенной нагрузки (в том числе ритмической фотостимуляции, стимулирующей дорсолатеральную префронтальную кору и височную кору), свидетельствует об устойчивом снижении интенсивности церебрального метаболизма в представленной выборочной совокупности испытуемых. Наблюдаемое явление полностью соответствует известным данным, демонстрирующим системные нарушения мозговой гемодинамики

у хронических курильщиков мужского пола [5]. Никотин, будучи липофильным веществом, легко преодолевает гематоэнцефалический барьер и отличаясь высокой токсичностью поражает ткани головного мозга, что влечет за собой снижение церебрального кровотока. При хроническом табакокурении выявлены структурные изменения в сером веществе мозга курильщиков [4]. Показано повышение индекса сосудистого сопротивления и развитие церебрального атеросклероза. [5].

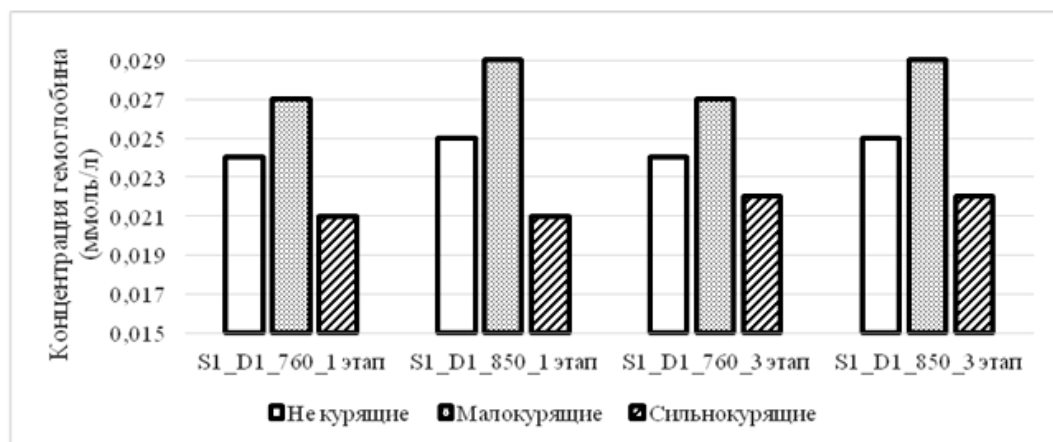


Рис. 1. Средние значения окси- и дезоксигемоглобина в дорсолатеральной префронтальной коре у мужчин с разной степенью табакокурения.

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

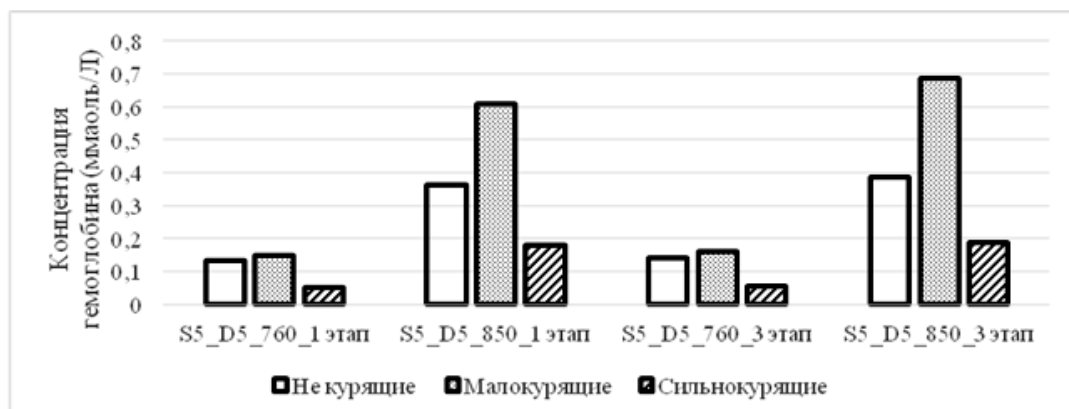


Рис. 2. Средние значения окси- и дезоксигемоглобина в височной коре у мужчин с разной степенью табакокурения.

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

Сравнительная оценка выраженности исследуемых показателей между группами мужчин характеризующихся различным уровнем табакокурения выявила некоторую парадоксальность их проявления, где максимальная выраженность их значений по отдельным позициям наблюдается в группах малокурящих мужчин. Следует предположить, что данный парадокс в отношении малокурящих мужчин, обусловлен, с одной стороны, отсутствием у них хронической никотиновой интоксикации (вызывающей структурные изменения тканей головного мозга), а с другой – стимулирующим эффектом эпизодического низкоинтенсивного табакокурения. Это предположение подтверждается рядом исследований, демонстрирующих различный эффект от поступления в организм никотина в зависимости от стажа и интенсивности табакокурения. У хронических курильщиков на вегетативном уровне фиксируется устойчивое преобладание симпатического тонуса нервной системы, на что указывали повышенные фоновые значения ИН и коэффициента вагосимпатического баланса LF/HF. Причем, однократное выкуривание сигареты у таких мужчин не вызывало существенных немедленных изменений вариабельности сердечного ритма. Напротив, у мужчин с небольшим курительным стажем после однократного выкуривания сигареты отмечалась немедленная, кратковременная значительная централизация управления сердечным ритмом [7, 8]. Аналогичные результаты получены при исследовании женщин [9]. На уровне функциональных эффектов, в некоторых исследованиях демонстрируется улучшение церебральной гемодинамики при незначительном поступлении никотина. Выкуривание одной сигареты, в условиях отсутствия хронической никотиновой интоксикации, на фоне слабого влияния симпатической нервной системы, инициирует снижение тонуса средних и мелких артерий, прекапилляров, посткапилляров, венул и вен мозга [10]. Стабилизирующий эффект низкоинтенсивного табакокурения показан в отношении психоэмоциональной напряженности у женщин в течении овариально-менструального цикла [11]. Как у мужчин, так и у женщин эпизодическое табакокурение отмечается при наличии склонности к функциональной дезадаптации [12]. Кроме этого, в рамках настоящего исследования определено, что у малокурящих мужчин возникновение эпизодического желания табакокурения инициируется ситуативно обусловленной потребностью, а у хронических курильщиков – физической зависимостью, проявляемой в постоянном устойчивом стремлении стабилизировать своё функциональное и психоэмоциональное состояние.

В отношении отделов головного мозга, ассоциированных с наиболее выраженным снижением интенсивности церебрального метаболизма (дорсолатеральная префронтальная кора и височная кора), следует обратиться к литературным данным, свидетельствующим о селективности никотинового поражения мозга. Результаты Воксельной морфометрии, соотнесенные с тестом Фагерстрёма на табачную зависимость, демонстрируют повышенную чувствительность к никотину правой верхней лобной извилины (с уменьшенным объемом серого вещества), правой нижней лобную извилину (треугольная часть) и правой средней лобной извилины [4]. В отношении височной коры отсутствует информация о её структурных изменениях связанных с табакокурением.

С целью выбора показателей-индикаторов табачной зависимости были определены максимально выраженные различия концентрации HbO и концентрации HbR между группами некурящих и интенсивно курящих мужчин по 1 (фоновому) этапу исследования. В силу однотипности проявления исследуемых показателей на 1 и 3 этапе исследования, целесообразность использования постнагрузочных значений fNIRS отсутствует. По заданным условиям выбора в качестве индикаторов табачной зависимости определены 2 показателя: HbO в правой дорсолатеральной префронтальной коре и HbR в правой височной коре. Было рассчитано критическое значение концентрации HbO=0,023 ммоль/л (S1_D1_850_1 этап), соответствующее 70 перцентилю выраженности его проявления в выборочной совокупности испытуемых (рис. 3) и критическое значение концентрации HbR=0,085 ммоль/л (S5_D5_750_1 этап), соответствующее 57 перцентилю выраженности его проявления в выборочной совокупности испытуемых (рис. 4).

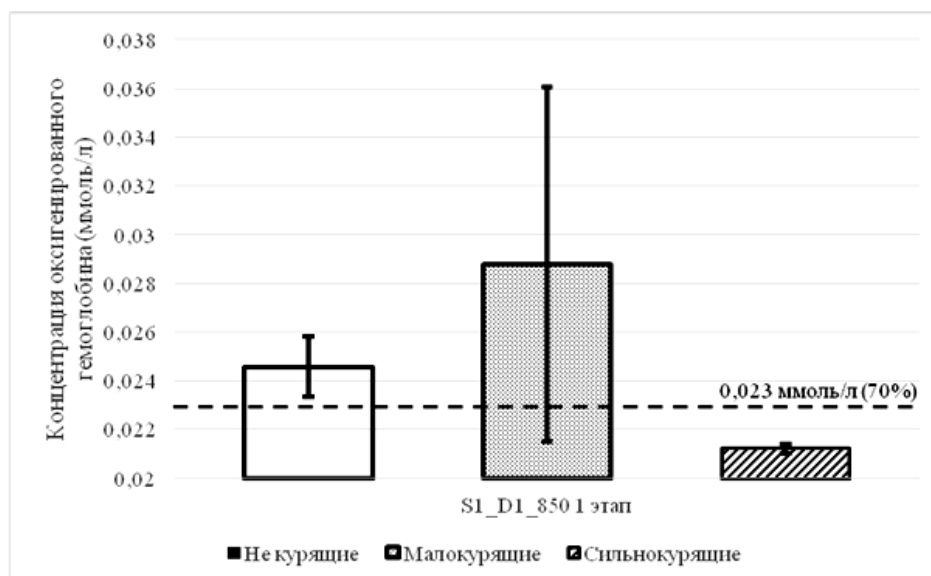


Рис. 3. Среднеарифметические значения и критическая величина концентрации HbO в передней правой дорсолатеральной префронтальной коре в группах не курящих, малокурящих и сильнокурящих мужчин.

Результаты исследования позволяют рекомендовать применение fNIRS для скрининга табачной зависимости у мужчин по двум показателям гемодинамического ответа коры головного мозга в ближнем инфракрасном диапазоне: – по концентрации HbO от 0,023 ммоль/л и ниже, оцениваемому в фоновом режиме спектроскопии с открытыми глазами (30") в отведении S1_D1_850, локализованном в правой дорсолатеральной префронтальной коре (поле 9 по Бродману); – по концентрации HbR от 0,085 ммоль/л и ниже, оцениваемому в фоновом режиме спектроскопии с открытыми глазами (30") в отведении

S5_D5_750, локализованном в правой височной коре (поле 9 по Бродману). Схема локализации оптодов представлена на рисунке 5.

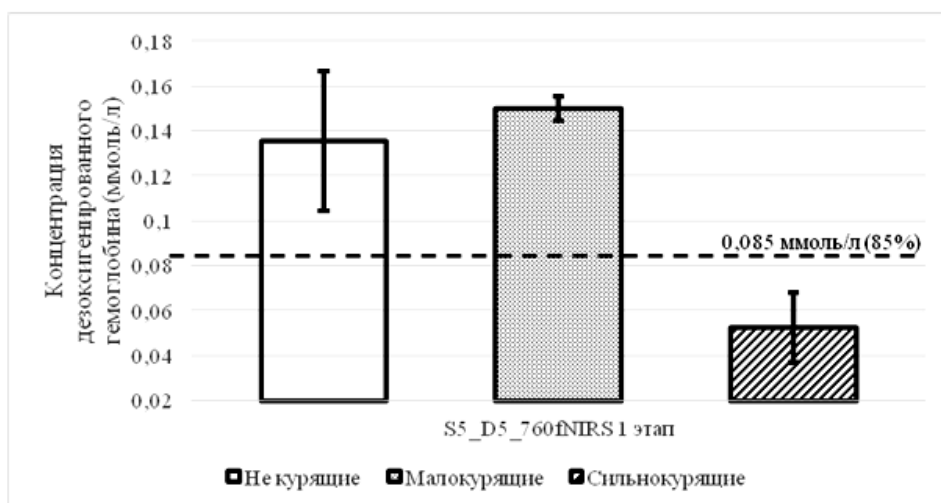


Рис. 4. Среднеарифметические значения и критическая величина концентрации HbR в правой височной коре в группах не курящих, малокурящих и сильнокурящих мужчин.

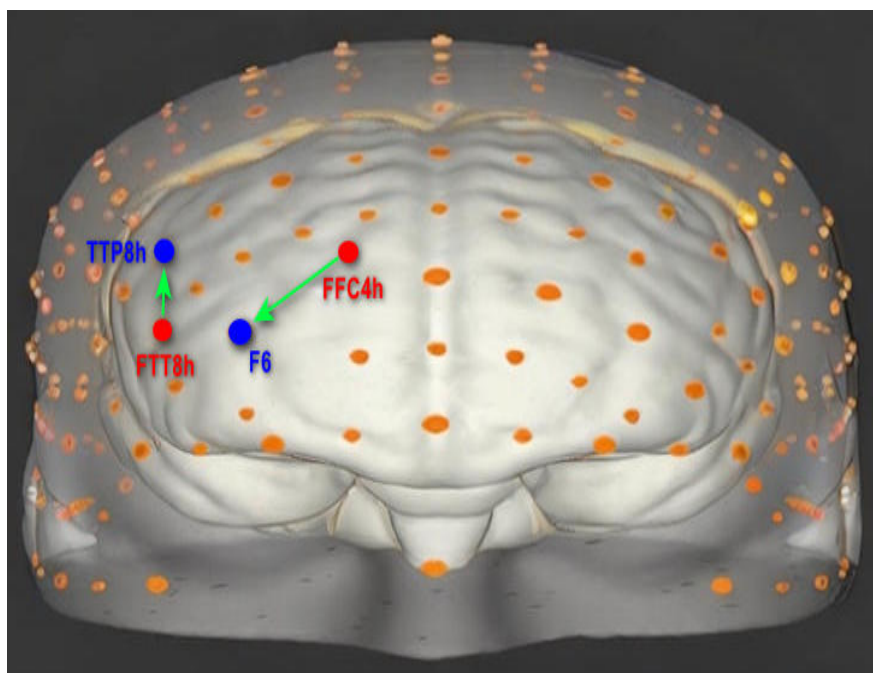


Рис. 5. Локализация оптодов для выявления табачной зависимости у мужчин
Примечание: FFC4h (источник) – F6 (детектор); FTT8h (источник) – TTP8h (детектор).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного исследования определена перспективность применения анализа гемодинамического ответа коры головного мозга в ближнем инфракрасном диапазоне для объективизации скрининга табачной зависимости у мужчин. Обосновано использование фоновых значений концентрации HbO и HbR локализованных соответственно в правой дорсолатеральной префронтальной коре и в правой височной коре, как диагностически значимых индикаторов табакокурения. Для правой дорсолатеральной префронтальной коры в отведении FFC4h (источник) – F6 (детектор) определена критическая величина концентрации HbO $\leq 0,023$ ммоль/л, а для правой височной коры в отведении FTT8h (источник) – TTP8h (детектор) определена критическая величина концентрации HbR $\leq 0,085$ ммоль/л.

Список литературы

1. Global Burden of Disease 2023. [онлайн-приложение]. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation; 2025 URL: [https:// vizhub.healthdata.org/gbd-compare/](https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/) (дата обращения: 09.12.2025)
2. Etter J. F. Validity of the Fagerström test for nicotine dependence and of the Heaviness of Smoking Index among relatively light smokers / Etter J. F., Duc T. V., Perneger T. V. // *Addiction*. – 1999. – Vol. 94, No 2. – P. 269–281. DOI: 10.1046/j.1360-0443.1999.94226910.x.
3. Almeida O. P. Smoking is associated with reduced cortical regional gray matter density in brain regions associated with incipient Alzheimer disease. / Almeida O. P., Garrido G. J., Lautenschlager N. T. [et al.] // *The American journal of geriatric psychiatry: official journal of the American Association for Geriatric Psychiatry*. – 2008. – Vol. 16, No 1. – P. 92–98. DOI: 10.1097/JGP.0b013e318157cad2.
4. Zhang H. Functional Connectivity Disruptions in Grey Matter Volume-Altered Brain Regions Among Male Smokers: A Neuroimaging Study / Zhang H., Tian J., Wang X. [et al.] // *Addiction Biology*. – 2025. – Vol. 30, No 12. – e70096. DOI: 10.1111/adb.70096.
5. Захарчук Н. В. Влияние хронического табакокурения на церебральную гемодинамику. / Захарчук Н. В., Невзорова В. А., Черток В. М., Сарафанова Н. С. // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. – 2017. – Т. 117, №2. – С. 124–129. DOI: 10.17116/jnevro201711721124-129
6. 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
7. Хаит Н. Влияние табачной интоксикации на вегетативную регуляцию сердечной деятельности у мужчин при однократном табакокурении / Хаит Н., Сизова В. А., Сарчук Е. В. // *Juvenis scientia*. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 44–51. DOI: 10.17116/profmed20212408131
8. Arosio E. Effects of smoking on cardiopulmonary baroreceptor activation and peripheral vascular resistance. / Arosio E., De Marchi S., Rigoni A. [et al.] // *European journal of clinical investigation*. – 2006. – Vol. 36, No 5. – P. 320–325. DOI: 10.1111/j.1365-2362.2006.01628.x.
9. Власова О. В. Влияние курения на параметры variability сердечного ритма и гемодинамики у девушек с учетом фазы менструального цикла / Власова О. В., Циркин В. И. // *Медицинский альманах* – 2008. – № 5. – С. 93–97.
10. Попова Г. А. Особенности центральной гемодинамики и мозгового кровотока у некурящих и курящих юношей и их изменение под влиянием выкуривания сигареты / Попова Г. А., Власова О. В., Ковальногова А. В., Циркина В. И. // *Вяткинский медицинский вестник*. – 2008. – № 3-4. – С. 49–57.
11. Мулик А. Б. Поиск маркеров фенотипической обусловленности рисков потребления алкоголя и табакокурения у женщин в динамике овариально-менструального цикла / Мулик А. Б., Назаров Н. О., Улесикова И. В. [и др.] // *Профилактическая медицина*. – 2021. – Т. 24, №8. – С. 31–37. DOI: 10.17116/profmed20212408131

12. Мулик А. Б. Фенотипический портрет курящих студентов - жителей европейской части России/ Мулик А. Б., Шатыр Ю. А., Улесикова И. В. [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. – 2025. – Т. 11(77), № 3. – С. 134–145.

PROSPECTS FOR USING FUNCTIONAL NEAR INFRARED SPECTROSCOPY (fNIRS) FOR SCREENING TOBACCO ADDICTION IN MEN

Shatyr Yu. A.¹, Moiseev D. V.¹, Ulesikova I. V.¹, Nazarov N. O.², Kunavin M. A.³, Tum M. V.⁴, Mulik A. B.¹

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

²*National Institute for Quality, Roszdravnadzor, Moscow, Russia*

³*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia*

⁴*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia*

E-mail: mulikab@mail.ru

The tobacco epidemic is one of the most serious threats to human health in human history. According to the WHO, tobacco use kills more than 7 million people worldwide each year. One in five adults worldwide consumes tobacco. More than four-fifths of tobacco users are men. Identifying individuals with tobacco dependence using traditional questionnaire-based screening methods in primary health care is characterized by low efficiency, including due to the censoring of consciousness when answering problematic questions. With the development of instrumental methods for assessing functional disorders of cerebral homeostasis, the capabilities of automated detection of symptoms of developing tobacco dependence have increased significantly. Several studies have demonstrated changes in cerebral cortex function associated with chronic tobacco smoking, recorded using optical neuroimaging. The objective of this study was to determine the prospects for using near-infrared spectroscopy (fNIRS) indicators for screening tobacco dependence in men, as a population category with an 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. Smoking level was assessed based on the frequency of smoking. Motivation for smoking was taken into account, ranging from social and situational motivation to physical dependence. A comparative assessment of the differences in fNIRS indicator expression between the groups of non-smokers, light smokers, and smokers revealed the lowest HbO and HbR concentrations in the chronic smokers group, both at the first and third stages of the study, independent of the absence or presence of exogenous stress (including rhythmic photostimulation stimulating the dorsolateral prefrontal cortex and temporal cortex). This indicates a sustained decrease in the intensity of cerebral metabolism in the group of chronic male smokers. The observed phenomenon is fully consistent with the known data demonstrating systemic disturbances of cerebral hemodynamics in chronic male smokers. In order to select the indicators of tobacco dependence, the most pronounced differences in the concentration of HbO and the concentration of HbR between the groups of non-smokers and heavy smokers of men were determined. The use of background values of the concentration of HbO and HbR localized in the right dorsolateral prefrontal cortex and in the right temporal cortex, respectively, as diagnostically significant indicators of tobacco smoking is justified. For the right dorsolateral prefrontal cortex in the lead FFC4h (source) – F6 (detector), the critical value of the concentration of HbO ≤ 0.023 mmol/L was determined, and for the right temporal cortex in the lead FTT8h (source) – TTP8h (detector), the critical value of the concentration of HbR ≤ 0.085 mmol/L was determined. Thus, the potential of using near-infrared cerebral cortex hemodynamic response analysis to objectively screen for tobacco dependence in men has been demonstrated.

Keywords: cerebral blood flow, neurovascular coupling, functional near-infrared spectroscopy, fNIRS, tobacco smoking.

References

1. *Global Burden of Disease 2023*. [online-application]. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation; 2025 URL: [https:// vizhub.healthdata.org/gbd-compare/](https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/) (дата обращения: 09.12.2025)
2. Etter J. F., Duc T. V., Perneger T. V. Validity of the Fagerström test for nicotine dependence and of the Heaviness of Smoking Index among relatively light smokers, *Addiction.*, **94**, **2**, 269 (1999). DOI: 10.1046/j.1360-0443.1999.94226910.x.
3. Almeida O. P., Garrido G. J., Lautenschlager N. T. [et al.] Smoking is associated with reduced cortical regional gray matter density in brain regions associated with incipient Alzheimer disease, *The American journal of geriatric psychiatry: official journal of the American Association for Geriatric Psychiatry*, **16**, **1**, 92 (2008). DOI: 10.1097/JGP.0b013e318157cad2.
4. Zhang H., Tian J., Wang X. [et al.] Functional Connectivity Disruptions in Grey Matter Volume-Altered Brain Regions Among Male Smokers: A Neuroimaging Study, *Addiction Biology*, **30**, **12**, e70096. (2025). DOI: 10.1111/adb.70096.
5. Zakharchuk N. V., Nevzorova V. A., Chertok V. M., Sarafanova N. S. The influence of chronic tobacco smoking on cerebral hemodynamics, *Journal of Neurology and Psychiatry named after S.S. Korsakov*, **117**, **2**, 124 (2017). DOI: 10.17116/jnevro201711721124-129
6. 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
7. Khait N., Sizova V. A., Sarchuk E. V. The effect of tobacco intoxication on the autonomic regulation of cardiac activity in men with a single smoking, *Juvenis scientia*, **6**, **2**, 44 (2020). DOI: 10.17116/profmed20212408131

8. Arosio E., De Marchi S., Rigoni A. [et al.] Effects of smoking on cardiopulmonary baroreceptor activation and peripheral vascular resistance, *European journal of clinical investigation*, **36**, **5**, 320 (2006). DOI: 10.1111/j.1365-2362.2006.01628.x.
9. Vlasova O. V., Tsirkin V. I. The influence of smoking on the parameters of heart rate variability and hemodynamics in girls, taking into account the phase of the menstrual cycle, *Medical almanac*, **5**, 93 (2008).
10. Popova G. A., Vlasova O. V., Kovalnogova A. V., Tsirkina V. I. Features of central hemodynamics and cerebral blood flow in non-smoking and smoking young men and their changes under the influence of cigarette smoking, *Vyatkinsky Medical Bulletin*, **3-4**, 49 (2008).
11. Mulik A. B., Nazarov N. O., Ulesikova I. V. [et al.] Search for markers of phenotypic determination of the risks of alcohol consumption and smoking in women in the dynamics of the ovarian-menstrual cycle, *Preventive Medicine*, **24**, **8**, 31 (2021). DOI: 10.17116/profmed20212408131
12. Mulik A. B., Shatyr Yu. A., Ulesikova I. V., Dorofeev I. I., Cherny E. V. Phenotypic portrait of smoking students – residents of the European part of Russia, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Sociology. Pedagogy. Psychology*, **11** (77), **3**, 134 (2025).