

Секция «Психофизиология, когнитивные нейронауки и искусственный интеллект»

Апробация методики функциональной спектроскопии в ближней инфракрасной области для изучения психофизиологических механизмов реципрокной координации

Научный руководитель – Кисельников Андрей Александрович

Абросимова В.Д.¹, Нефельд Е.Е.², Зубко В.М.³

1 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет психологии, Москва, Россия, *E-mail: vasilisaabr@yandex.ru*; 2 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет психологии, Кафедра психофизиологии, Москва, Россия, *E-mail: nefeld.ekaterina@mail.ru*; 3 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет психологии, Кафедра психофизиологии, Москва, Россия, *E-mail: q158veronika@gmail.com*

Введение. Функциональная спектроскопия в ближней инфракрасной области (фНИРС / fNIRS) - это очень перспективный неинвазивный оптический метод функциональной нейровизуализации, который позволяет измерять изменения концентрации оксигенированного и дезоксигенированного гемоглобина в мозговой ткани, сопровождающие психическую активность и поведение. Это достигается путем излучения инфракрасного света, который рассеивается и поглощается областями мозга в разной степени в зависимости от содержания кислорода в крови. Ресиверы принимают преобразованное излучение, и далее количественно оценивается изменение содержания окси- и дезоксигемоглобина в конкретном корковом локусе.

В данной работе с помощью фНИРС-технологии будут в пилотажном формате изучены психофизиологические механизмы выполнения классической нейропсихологической пробы на реципрокную координацию. Данная проба была изначально предложена Н.И. Озерецким [1], после чего стала активно использоваться в лурьевской нейропсихологии. Эта проба заключается в том, что испытуемому нужно положить перед собой руки ладонями вниз, одну из них сжать в кулак, а вторую - выпрямить, затем начать циклически изменять положение рук, сжимая одну и расправляя другую. Выполнение пробы связано с межполушарной интеграцией работы премоторных, моторных и кинестетических областей через передние отделы мозолистого тела, однако, точные психофизиологические механизмы остаются малоисследованными. Для изучения такого рода межполушарной интеграции необходимо привлечь современную методологию “сетевой нейронауки / психофизиологии”, которая позволяет количественно оценивать функциональную связность (functional connectivity) между различными внутри- / межполушарными корковыми локусами, в том числе с помощью фНИРС [3].

Целью данного исследования является пилотажная апробация фНИРС-технологии изучения сетевых психофизиологических механизмов поведения на примере реципрокной координации.

Методика. В эксперименте приняли участие 8 здоровых испытуемых (5 женщин, 3 мужчин), возраст 18-22 лет (средний возраст 20.5 лет). Исследование проводилось на приборе фНИРС OxyMon LS (Artinis Medical Systems, Нидерланды), расположенном на факультете психологии МГУ имени М.В. Ломоносова и эксплуатируемом в рамках Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета "Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект". Для фиксации мозговой активности была выбрана симметричная схема расположения по 7 каналов в области первичной моторной / соматосенсорной и премоторной коры с правой и левой сторон. Для установления локализации использовался ориентир в виде расположения электродов C3-C4 по системе 10-

20% [2]. Была выдвинута следующая поисковая гипотеза: функциональная связность между премоторной корой левого и правого полушария при реципрокной координации будет выше, чем в состоянии покоя. Эксперимент состоял из двух серий: в первой серии участник сидел с закрытыми глазами, с положением рук на столе перед собой, ладонями вниз, без двигательной активности в течение 115 сек., во второй серии он выполнял пробу на реципрокную координацию в течение 25 сек., продолжая держать глаза закрытыми.

Процедура обработки данных. По 14 каналам (7 билатерально-симметричных пар) с частотой дискретизации 50 Гц регистрировались динамические кривые относительной концентрации кислорода, после чего в каждой серии для каждого испытуемого для каждой пары каналов вычислялся коэффициент корреляции по Пирсону внутри каналов пары по всей длине записи. Полученные значения рассматривались как мера функциональной связности между билатерально-симметричными локусами коры правого и левого полушарий. Статистическая значимость отличий между двумя сериями вычислялась по критерию Вилкоксона с помощью пакета IBM SPSS Statistics 26.

Результаты и обсуждение. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Анализ таблицы показывает, что выдвинутая нами гипотеза прямо не подтвердилась, т.к. статистически значимых различий между координацией билатерально-симметричных зон коры полушарий в двух сериях выявить не удалось. Возможно, это связано с пилотажным форматом эксперимента и небольшой выборкой. Однако, по абсолютным значениям средних можно предположить тенденцию к увеличению межполушарной связности при переходе от первой ко второй серии в зонах проекции рук в первичных сенсомоторных областях и премоторных областях кпереди от них, кроме того, в пятой паре каналов обнаруживается результат, значимый на уровне статистической тенденции $p < 0.10$. Можно сказать, что эта пятая пара каналов примерно расположилась над проекцией рук в первичной соматосенсорной коре в районе поля 3 по Бродману (и примыкающих сзади областях), и, с учетом того, что в серии с реципрокной координацией глаза у участников были закрыты и основной обратной связью была кинестетическая связь, получается, что при реципрокной координации с закрытыми глазами мы наблюдаем тенденцию к увеличению межполушарной координации скорее кинестетических, чем кинетических механизмов.

Выводы. Таким образом, нами на примере реципрокной координации была пилотажно апробирована фНИРС-технология как инструмент изучения сетевых психофизиологических механизмов поведения. Такого рода исследования могут быть перспективными для теоретического и прикладного синтеза лурьевской нейропсихологии с современной сетевой психофизиологией. Дальнейшее развертывание из пилотажного исследования экспериментов на больших выборках и проведение дополнительных контрольных серий позволит уточнить полученные предварительные тенденции и продолжить адаптацию фНИРС-технологии под новые перспективные задачи.

Авторы выражают благодарность научным руководителям к.психол.н Артёму Ивановичу Ковалёву и к.психол.н. Андрею Александровичу Кисельникову и оказавшим нам помощь студентам кафедры психофизиологии Максиму Михейкину, Ивану Обрящикову, Полине Кабановой и Евгении Терличенко. Работа была выполнена при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета "Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект".

Источники и литература

- 1) Лурия А.Р. Высшие корковые функции. М.: МГУ, 1969. 504 с.
- 2) Koenraadt K. et al. Hand tapping at mixed frequencies requires more motor cortex activity compared to single frequencies: an fNIRS study // *Experimental Brain Research*. – 2013. – V. 231. – № 2. – P. 231–237.

- 3) Pinti P. et al. The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2020. – V. 1464. – №. 1. – P. 5-29.

Иллюстрации

Таблица 1. Сравнение связности в сериях "Фон" и "Реципрокная координация"			
	Средняя связность в серии "Фон"	Средняя связность в серии "Реципрокная координация"	Уровень статистической значимости по критерию Вилкоксона
пара 1	0.709	0.761	0.674
пара 2	0.538	0.475	0.575
пара 3	0.703	0.805	0.263
пара 4	0.577	0.587	0.889
пара 5	0.577	0.753	0.069
пара 6	0.685	0.694	0.889
пара 7	0.754	0.798	0.327
Среднее	0.649	0.696	0.128

Рис. Таблица 1. Сравнение связности в сериях "Фон" и "Реципрокная координация"