Исследование функциональной латерализации процесса вычислений в теменной коре с учетом доминирующей руки с помощью fNIRS-томографии

Maria A. Sitnikova, Christina Artemenko, Mojtaba Soltanlou, Thomas Dresler, Hans-Christoph Nuerk

- «Рукость» может рассматриваться как надежный инструмент оценки латерализации головного мозга у людей.

- Достоверно выявлено, что «рукость» связана с функциональной латерализацией некоторых когнитивные функции, такие как речевая функция (Somers et al., 2015) пространственное мышление (Vogel, Bowers, & Vogel, 2003).

- Представленные в мировой науке нейрокогнитивные модели числового познания и процесса решения математических заданий характеризуют специфику мозговой активации праворуких людей, которые составляют популяционное большинство. Тогда как левшей и леворуких, которые также относятся к популяционной норме и охватывают от 10% до 12% здоровых людей, традиционно исключают из числа испытуемых, чтобы сделать выборку более однородной, а полученные научные результаты «чистыми» (Willems et al., 2014).

ЦЕЛЬ И ГИПОТЕЗА ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель – изучить специфику функциональной латерализации процесса выполнения математических вычислений, основываясь на показателе «доминирующей руки», как наиболее наглядно проявляющемся на поведенческом уровне индикаторе функциональной латерализации;
- выявить паттерны мозговой активации в процессе решения математических примеров у леворуких и праворуких испытуемых с помощью функциональной NIRS-томографии.

Гипотеза: леворукие испытуемые в сравнении с праворукими демонстрируют менее явную левостороннюю активацию и более выраженную правостороннюю активацию в теменной коре из-за функциональной латерализации.

ОТБОР ИСПЫТУЕМЫХ

Для отбора испытуемых использовалась
формула Индекса рукости по Эдинбургскому опроснику (Oldfield, 1971):

(П-Л) ÷ (П+Л) × 100,

где П – правосторонние моторные предпочтения,
Л – левосторонние моторные предпочтения

Выявлены:

тип леворуких (с преобладанием левосторонних признаков) - диапазон от -100 до -40 – 23 человека;
тип праворуких (с преобладанием правосторонних признаков) - диапазон от +40 до +100 – 23 человека;
смешанный тип - диапазон от -40 до +40, 9 человек.

2 группы испытуемых в итоговом анализе данных:

23 праворуких студента (из них 8 мужчин), средний возраст 24.05 (SD = 3.22), Индекс рукости составил 44.44 – 100; M = 76.34; S = 17.12;

23 леворуких студента (из них 4 мужчины), средний возраст 24.12, (SD = 5.61), Индекс рукости составил -100 – -53.85; M = -79.55, S = 29.53

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ:

Решение двузначных примеров методом подбора (approximate calculation) → выбрать вариант ответа, который ближе всего к правильному ответу

ОПЕРАЦИИ:

Сложение с переходом / без перехода через десяток

45 + 26

56 74

32 + 16

49 54

Вычитание с заимствованием/без заимствования десятка

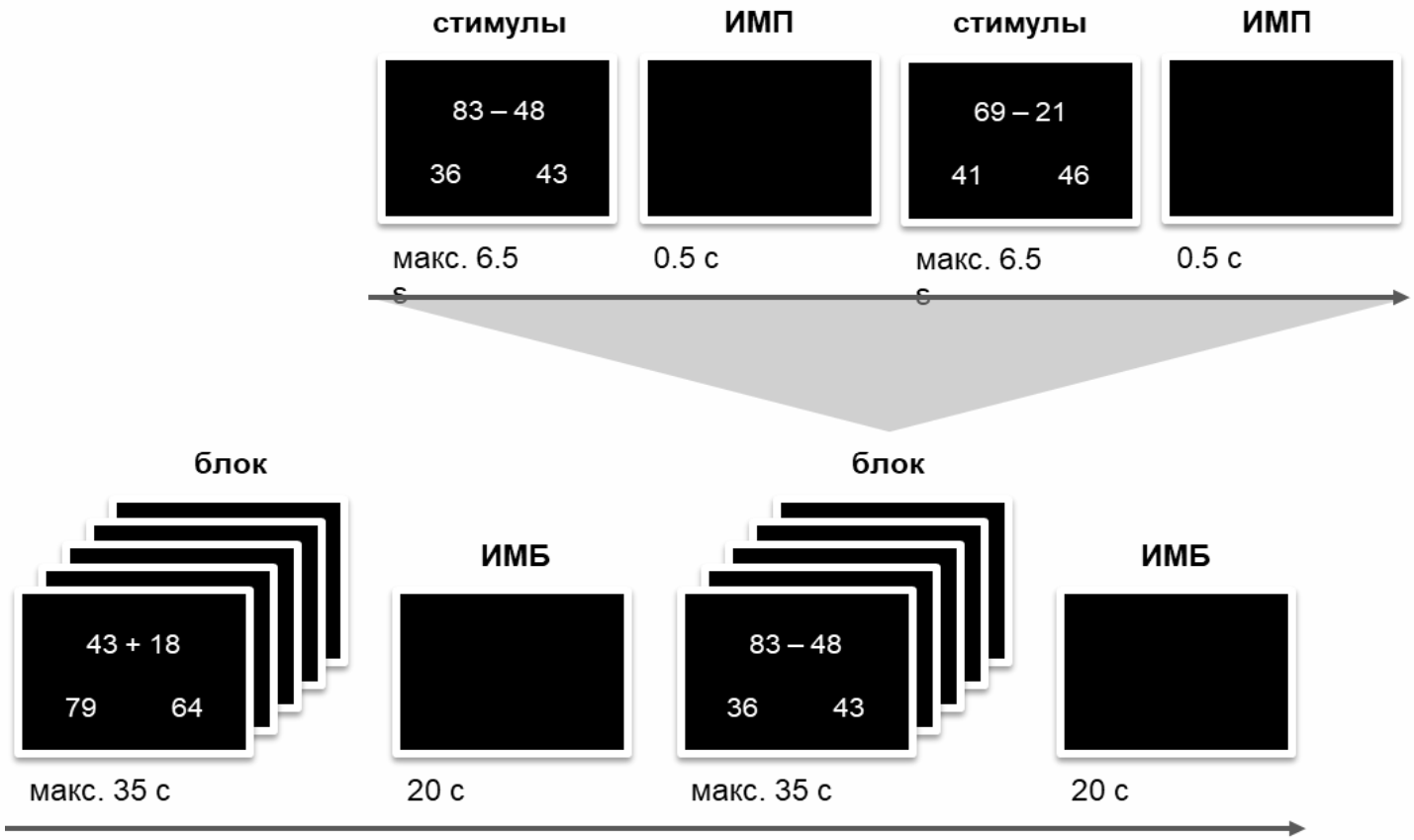
41 - 18

28 20

98 - 74

39 22

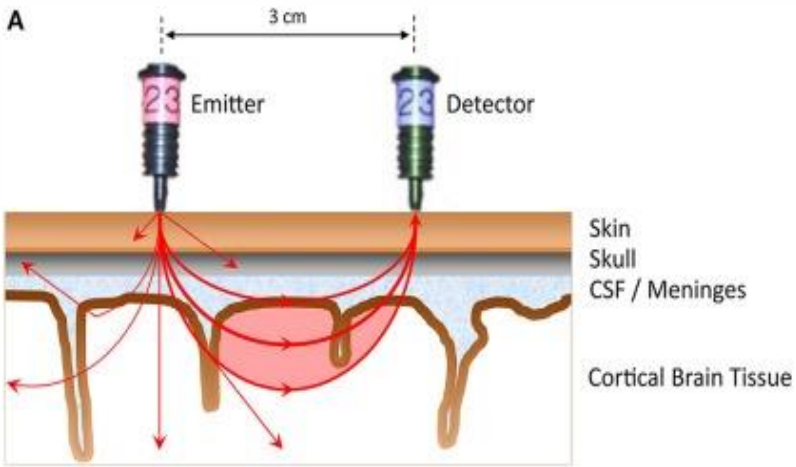
ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ



ИМП – интервал между попытками

ИМБ – интервал между блоками

МЕТОД НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ В ИССЛЕДОВАНИИ

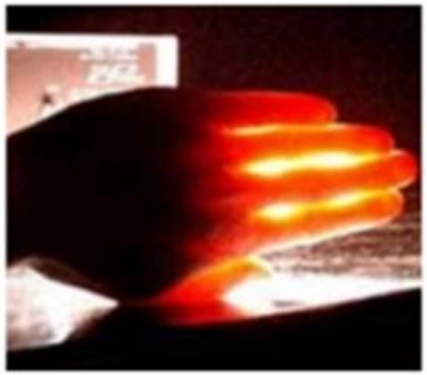


Функциональная NIRS-томография (functional near-infrared spectroscopy) – это способ нейровизуализации, в котором используется ближнее инфракрасное излучение (спектр от 650 нм до 950 нм) для измерения оптического спектра абсорбции гемоглобина в зависимости от насыщения мозга кислородом в отдельных участках головного мозга под влиянием активации (Cutini et al., 2012).

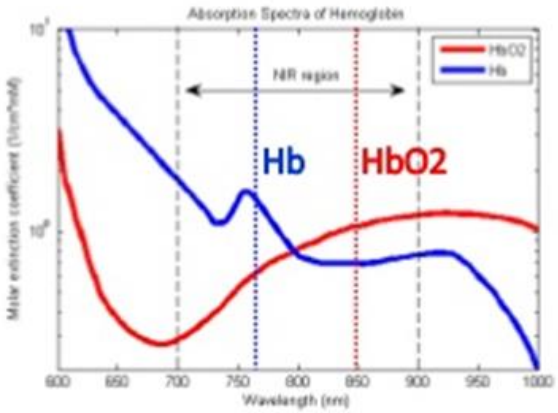
ТЕХНОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В БЛИЖНЕМ ИНФРОКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ

3. Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS)

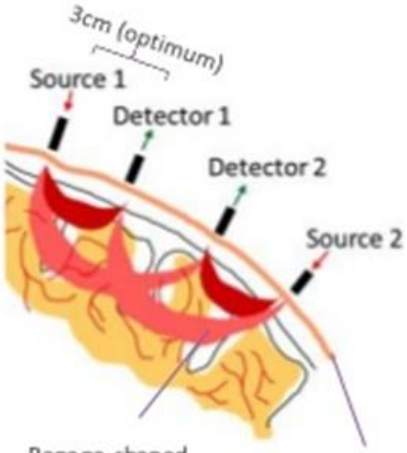
Working principles of fNIRS



Red light penetrating in biological tissue



Absorption spectra of Hb



Banana-shaped pathway of photons

Head surface

Основывается на двух главных принципах:

- Ткани человека относительно прозрачны для света в ближнем ИК-диапазоне.
- Гемоглобин – самый крупный абсорбент света в ближнем ИК-диапазоне.

Инфракрасный свет поглощается двумя специфическими хромофорами гемоглобина: оксигенированным (HbO2) и дезоксигенированным (HHb) в красных кровяных клетках головного мозга

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ NIRS-ТОМОГРАФИЯ

Преимущества:

- отсутствие вредных кумулятивных эффекты, что обеспечивает возможность проводить повторные (через короткие промежутки времени) или в непрерывном режиме (в течение длительного времени) измерения;

- отсутствие инструментального шума и ненавязчивость измерений (позволяет выполнять умственные задачи без напряжения и стресса);

- возможность выполнять задания в привычном и комфортном сидячем положении без существенных ограничений в двигательной и речедвигательной активности;

- портативность, т.е возможность проводить исследования в естественных условиях, например, в образовательных учреждениях.

Недостатки:

- Низкое пространственное разрешение - не более 1-3 см вглубь, что позволяет измерять активацию только в корковых отделах головного мозга.

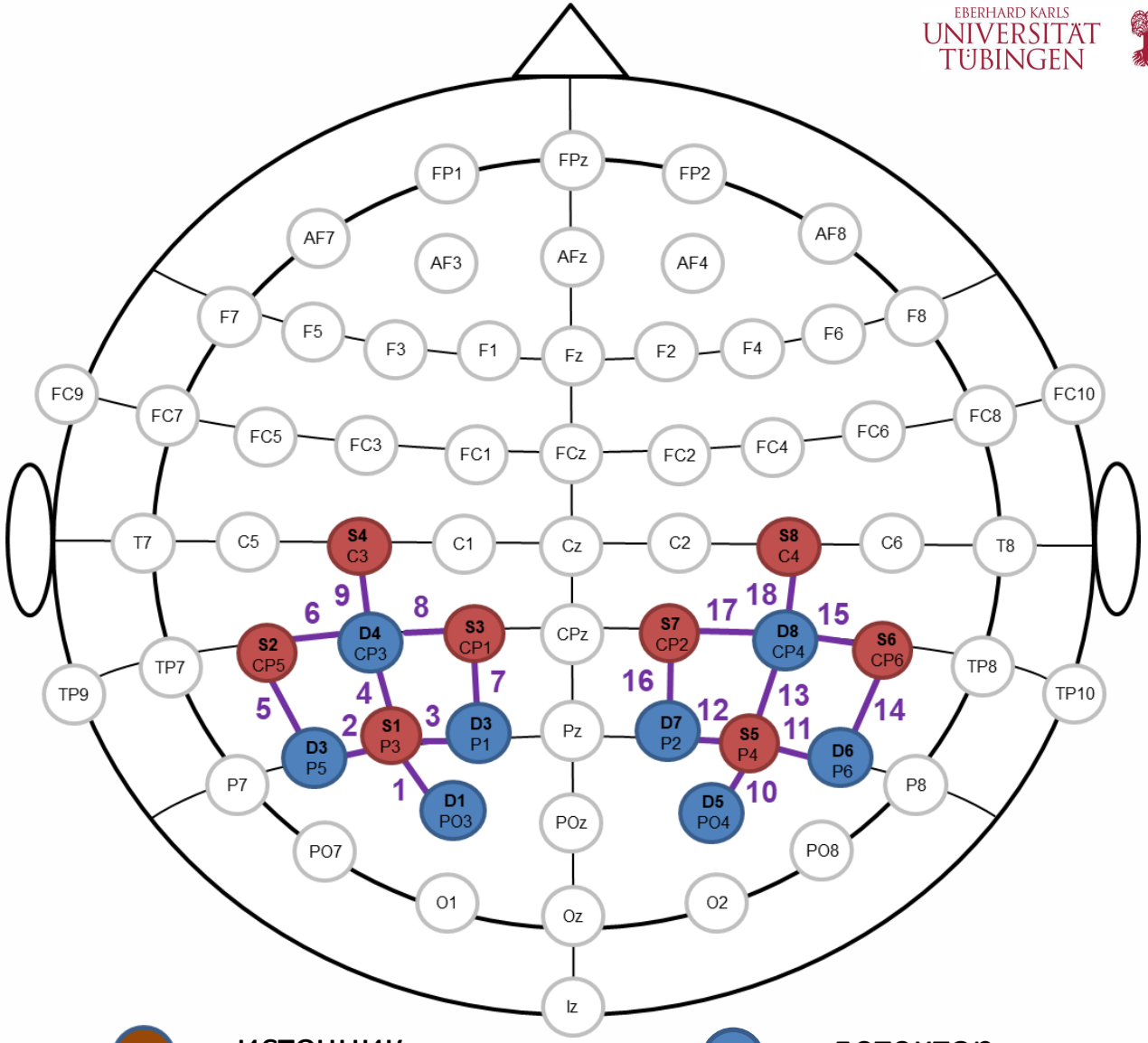
НЕЙРОСКРИНИНГ

В исследовании применялась портативная многоканальная система спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне NIRSport Model 88, NIRx Medical Technologies.

В данной модели оптического томографа 16 оптодов (8 излучателей и 8 детекторов, расположенные в соответствие с системой «10-20» на расстоянии 3 см друг от друга), с помощью которых регистрировалась гемодинамическая активность в 18 каналах.

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПТОДОВ В ТЕМЕННОЙ КОРЕ

Локализация: билатеральная теменная кора, непосредственно между верхней (SPL) и нижней теменными дольками (IPL), включая внитритеменную борозду (IPS).



- источник

- детектор

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ НЕЙРОДАННЫХ

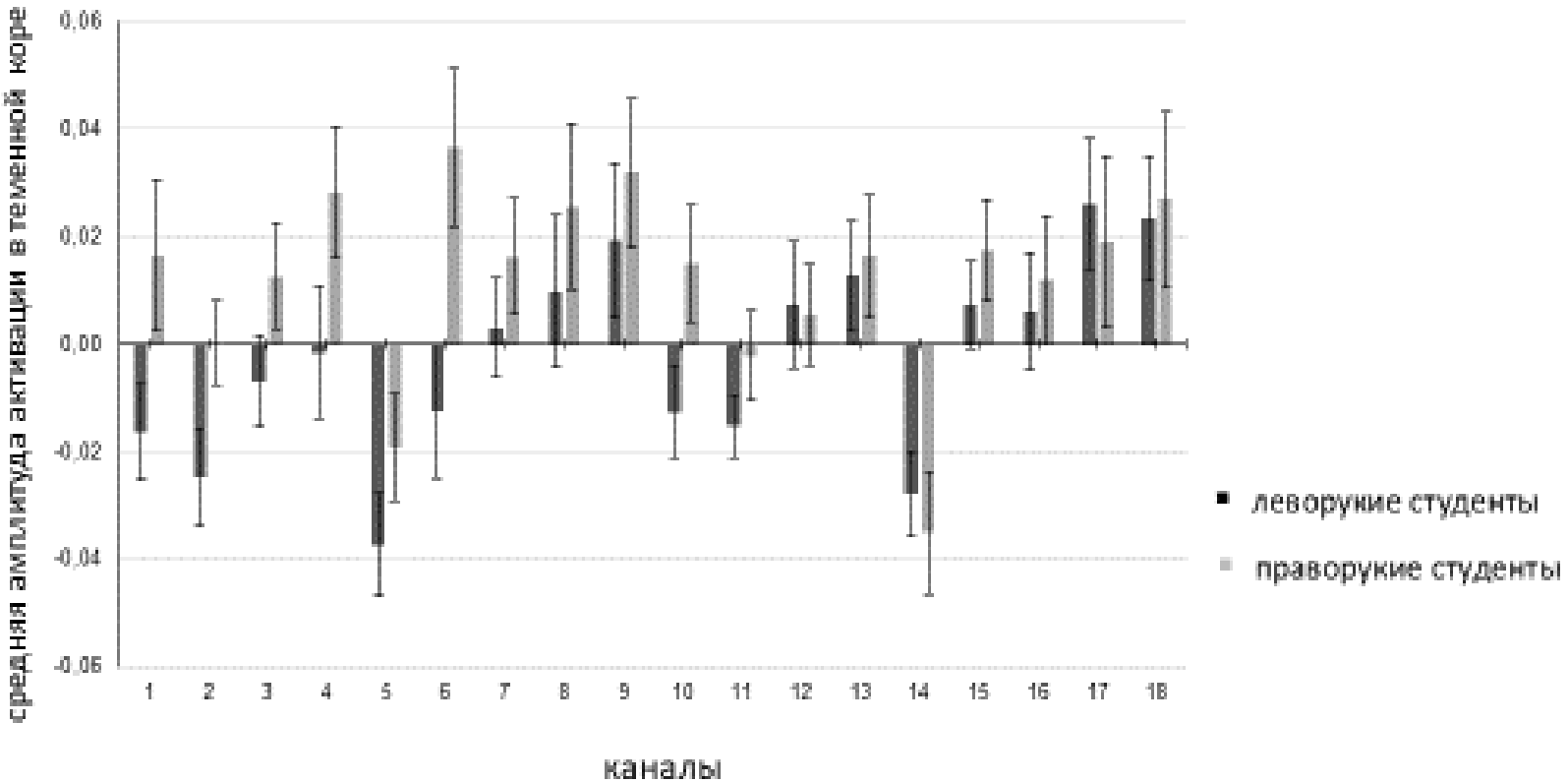
По каждому fNIRS каналу были выделены относительные изменения концентрации оксигенированного (O2Hb) и дезоксигенированного гемоглобина (HHb).

Предварительная обработка fNIRS данных включала:

- интерполяцию «зашумленных» каналов по данным смежных каналов;
- фильтрацию, отсекающую все данные за пределами 0,01-0,2 Гц.;
- корректировку артефактов.

Индекс латерализации (ИЛ), определяющий функциональную мозговую активацию, вычислялся для каждого канала в левом и правом полушарии по формуле (R-L)÷(abs(R)+abs(L))×100 (Kennan, Kim, Maki, Koizumi, & Constable, 2002; Watanabe et al., 1998).

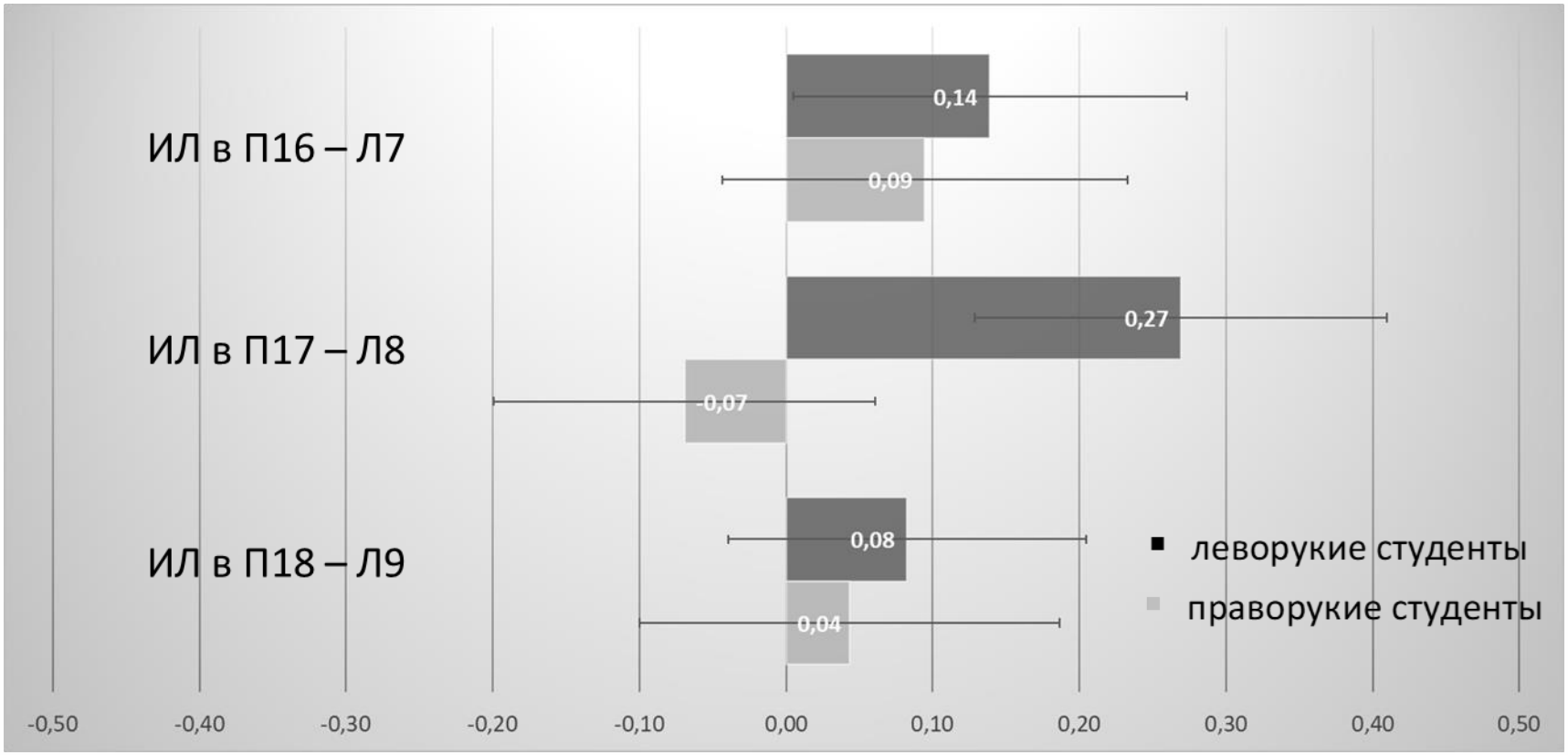
НЕЙРОКОГНИТИВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



Анализ fNIRS данных выполнялся с использованием пользовательских сценариев MATLAB для вычисления средней амплитуды активации по каждому каналу в правом и левом полушариях.

ИЛ рассчитывался только для каналов, в которых была выявлена активация (а не деактивация) во время решения математических задач в обеих группах.

НЕЙРОКОГНИТИВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



Индекс латерализации (LI) в области теменной коры для симметричных пар каналов П16-Л7 (верхняя теменная долька), П17-Л8 (внутритеменная борозда) и П18-Л9 (нижняя теменная долька) у праворуких и леворуких испытуемых.

НЕЙРОКОГНИТИВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Статистически значимые различия выявлены для симметричной пары каналов П17(правое полушарие) -Л8 (левое полушарие [t (44) = 2,21, p = 0,33].

Статистически значимая правосторонняя латерализация у леворуких [t (22) = 2,27, p = 0,33] в сравнении с праворукими студентами в области внутритеменной борозды.

ВЫВОДЫ

- Паттерны мозговой активации отличаются у праворуких и леворуких людей в процессе выполнения вычислений.

- Традиционно выявляемая билатеральная теменная активация в процессе выполнения операций с числами (Dehaene et al., 1999) подвержена влиянию функциональной латерализации мозга, что проявляется в том, что правосторонняя и левосторонняя внутритеменная борозда по-разному активируется в процессе выполнения вычислений у леворуких и праворуких людей.

- Общепринятые в науке модели процесса решения математических примеров и оперирования числами, полученные при изучении праворуких испытуемых, не подходят для абсолютного большинства людей; эти модели необходимо уточнить и расширить с учетом различий в функциональной латерализации у праворуких и леворуких людей.

НИУ БелГУ
BELGOROD STATE UNIVERSITY (BelSU)

EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!