

# Увеличение нейропроизводительности (neuroperformance) в случае непрямого использования метода биологической обратной связи

Евдокимов С.А. <sup>1</sup>, Пахтусова А.В. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН институт мозга человека им. Н. П. Бехтеревой РАН, Россия, С.-Петербург, ул. Акад. Павлова, д. 9, s\_evdokimov@mail.ru  
<sup>2</sup>Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Детский психоневрологический санаторий "Комарово"»



## РЕШАЕМАЯ ПРОБЛЕМА

Метод биологической обратной связи (БОС) используется уже несколько десятилетий в нейротерапии. Как правило параметры БОС выбирают для коррекции тех значений, что отличаются от нормативных. В данной работе использовался метод БОС-тренинга вариации сердечного ритма (The HeartMath Inner Balance) для улучшения параметров работы мозга, которые **от нормы не отклоняются.**

## ПОДХОД, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Метод БОС-тренинга вариации сердечного ритма (The HeartMath Inner Balance) для тренировки улучшения связи дыхания и вариабельности частоты сердечного ритма имеет очевидный физиологический механизм действия. При выдыхании происходит ускорение сердцебиения, при выдыхании сердечный пульс замедляется. Такая связь является не жесткой. При этом в стандартных условиях человек не следит за периодичностью своего дыхания. В данном БОС-тренинге в режиме реального времени добровольцу на экране предьявляется значение его пульса. Подсчитывается когерентность колебаний пульса, который является тренируемым параметром. Когерентность выше 1 считается хорошей, при этом колебания пульса хорошо выражены. Пример успешного тренинга представлен на Рис.1.

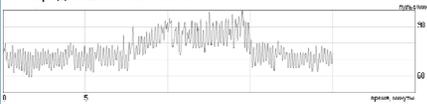
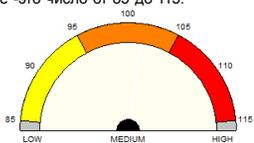


Рис. 1. Пример тренинга сердечного ритма.

ЭЭГ записывалась в состоянии спокойного бодрствования с открытыми и закрытыми глазами до и после курсов тренингов для оценки влияния БОС-тренинга на активность головного мозга (методом количественного анализа ЭЭГ, QEEG).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

- В экспериментальной работе принимало участие 9 испытуемых, средний возраст 13.7 лет,  $\pm 2.9$ , из них 5 мальчиков.
- Использовался прибор для БОС-тренинга HRV emWave®, пример изменения сердечного ритма (пульса) представлен на Рис.1.
- Курс занимал от 2 до 4 недель. Тренинги проводились 1-2 раза в день по 10-20 минут, в зависимости от состояния испытуемого. Эффективность каждого тренинга на основании количества эпох с когерентностью выше 1 оценивалась программой прибора на уровне в среднем выше 80%..
- Регистрация ЭЭГ производилась с помощью 19-канального цифрового электроэнцефалографа «Мицар» в состоянии спокойного бодрствования с открытыми и закрытыми глазами. Запись ЭЭГ проводилась дважды - до и после курса занятий.
- Для выделения компонент спектров ЭЭГ использовали метод Infomax, описанный Makeig et al. 1996.
- Для определения локализаций выделенных компонент и получение трехмерных изображений источников их генерации был использован метод томографии низкого разрешения sLORETA, который описан в работе Pascual-Marqui, 2002.
- Для оценки нейропроизводительности (neuroperformance) была использована программа NeuroGuide. Метод ее оценки описан в работе Thatcher et al. 2005.. В его основе использован метод дискриминантного анализа ЭЭГ данных, который может давать точность оценки выше 85%, Евдокимов и др. 2014.
- Значение нейропроизводительности в данной работе - это число от 85 до 115:



## ОСНОВНОЙ РЕЗУЛЬТАТ

Было выделено две группы по успешности результатов тренинга. В первую группу вошли 5 человек, значение нейропроизводительности (neuroperformance) которых достигло 110-115 пунктов (на Рис.3 они отмечены зеленым), вторая группа из 4 человек, у которых это значение после окончания тренингов оказалось ниже 110 пунктов (на Рис.3 они отмечены красным). Результаты сравнения спектров ЭЭГ для этих двух групп в состоянии с открытыми глазами представлены на Рис.2А.

- Источники активности от 10 до 13 Гц предположительно по sLORETA локализируются в 39 поле по Бродману для указанного состояния.
- Для состояния с закрытыми глазами значимое различие представлено на Рис.2Б, предположительно источники активности от 6 до 10 Гц по sLORETA - поля 8 и 9 по Бродману.

Также на спектрах видно, что медленноволновая активности меньше 4 Гц для состояния с закрытыми глазами увеличивается, в то время как для состояния с открытыми глазами уменьшается для всех испытуемых в целом по всем отведениям.

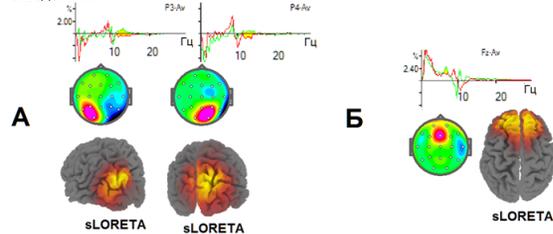


Рис. 2. Сравнительный анализ спектральных изменений ЭЭГ в состоянии с открытыми (А) и закрытыми (Б) глазами.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, АНАЛИЗ

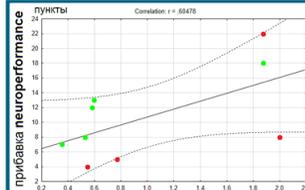


Рис. 3. Скатерограмма связи частоты тренингов и прибавки нейропроизводительности (neuroperformance)

На первоначальном этапе оценивалось влияние длительности занятий, количества тренингов и число занятий в день на изменение нейропроизводительности. Выявлено только влияние количества занятий в день, корреляция  $r = 0.6$ , на уровне статистической значимости  $p < 0.07$ , скатерограмма представлена на Рис.3.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Тренинг вариабельности сердечного ритма известен давно. В России он применяется при подготовке спортсменов к соревнованиям для увеличения стрессоустойчивости. Пилотные результаты этого исследования на небольшой группе испытуемых позволяют сделать выводы о более широком влиянии такого тренинга, в том числе и на работу головного мозга, в частности на его нейропроизводительность (neuroperformance).

## ВЫВОДЫ

- Для БОС тренинга больший вклад в успешность вносит частота тренингов (количество тренингов в день), чем их продолжительность.
- Увеличение нейропроизводительности связано с увеличением активности в диапазоне 10 - 13 Гц в теменно-височных областях в состоянии с открытыми глазами, для состояния с закрытыми глазами эти изменения - в лобно-центральной области в диапазоне от 6 до 10 Гц.

## ЛИТЕРАТУРА

- Makeig S., Bell A.J., Jung T.P. et al. 1996. Independent component analysis of electroencephalographic data. Adv. in Neural Information Processing Systems. MIT Press, Cambridge, MA, 8, 145.
- Pascual-Marqui R.D. 2002. Standardized low resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. Methods & Findings in Exp. & Clinical Pharmacology, 24D, 5-12.
- Thatcher R.W., Northa D., Bivera C. 2005. EEG and intelligence: Relations between EEG coherence, EEG phase delay and power. Clinical Neurophysiology, 116, 2129-2141.
- Евдокимов С.А., Пронина М.В., Полякова Г.Ю. и др. 2014. Анализ независимых компонент вызванных потенциалов пациентов с установленными диагнозами шизофрения, обсессивно-компульсивное и депрессивное расстройство // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 64, 5, с. 500.