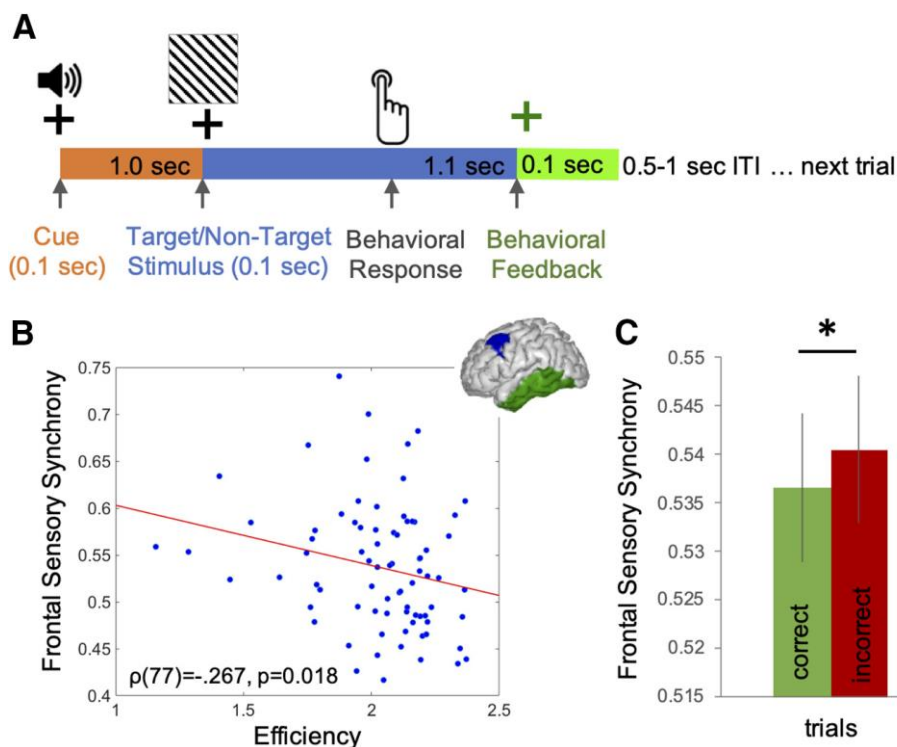


認知神経科学への興味：論文紹介

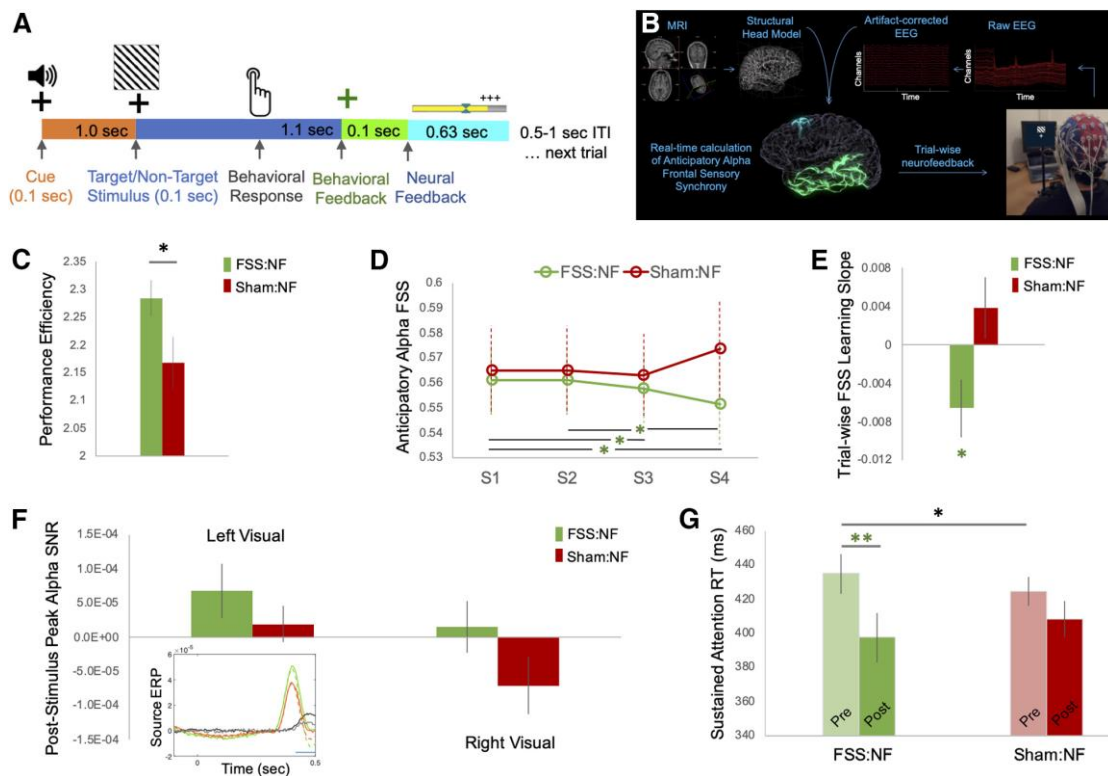
2021年7月-1

Mishra, J. et al. Closed-loop neurofeedback of α synchrony during goal-directed attention. *J. Neurosci.*, 41:5699-5710, 2021.

この論文は、注意関連の課題で、 α 波の Frontal Sensory Synchrony, α FSS の低下と課題の成績が関連することから、 α FSS を脳波の neurofeedback (NFB) で低下させる訓練を行ない、課題への影響を検討した。また、注意欠陥多動 ADHD の参加児に同様の NFB 訓練を行い、課題への影響を検討した。



上の図は、 α FSS の低下が注意関連の課題の成績を上昇させることを示した。図 A は課題である。ITI の後に、Cue (凝視点と 0.1 秒の音) が提示される。その 1 秒後に図形 (5 種類ある) とその中に 45 度/135 度の grating の刺激が 0.1 秒間提示される。特定の図形と傾きの組み合わせが Target (33%) で、それ以外は Non-Target である。Target はブロック単位で変わる。参加者は刺激が Target か Non-Target であるかを、対応するボタンで答える。その後、反応の feedback があり、凝視点の色 (緑が正、赤が誤反応) と音で反応の結果を知らされる。図 B は FSS と成績の関係である。FSS は青の前頭、緑の腹側視覚領域の間で Cue 後 0-0.5 秒のデータに基づき計算された。成績 Efficiency は正誤 (0/1) と反応時間 RT の比である。成績が上がるにつれ、FSS が低下し、有意な負の相関を示した。また、図 C は正誤の試行と FSS の関係で、正反応試行の方が FSS の値は有意に低い。



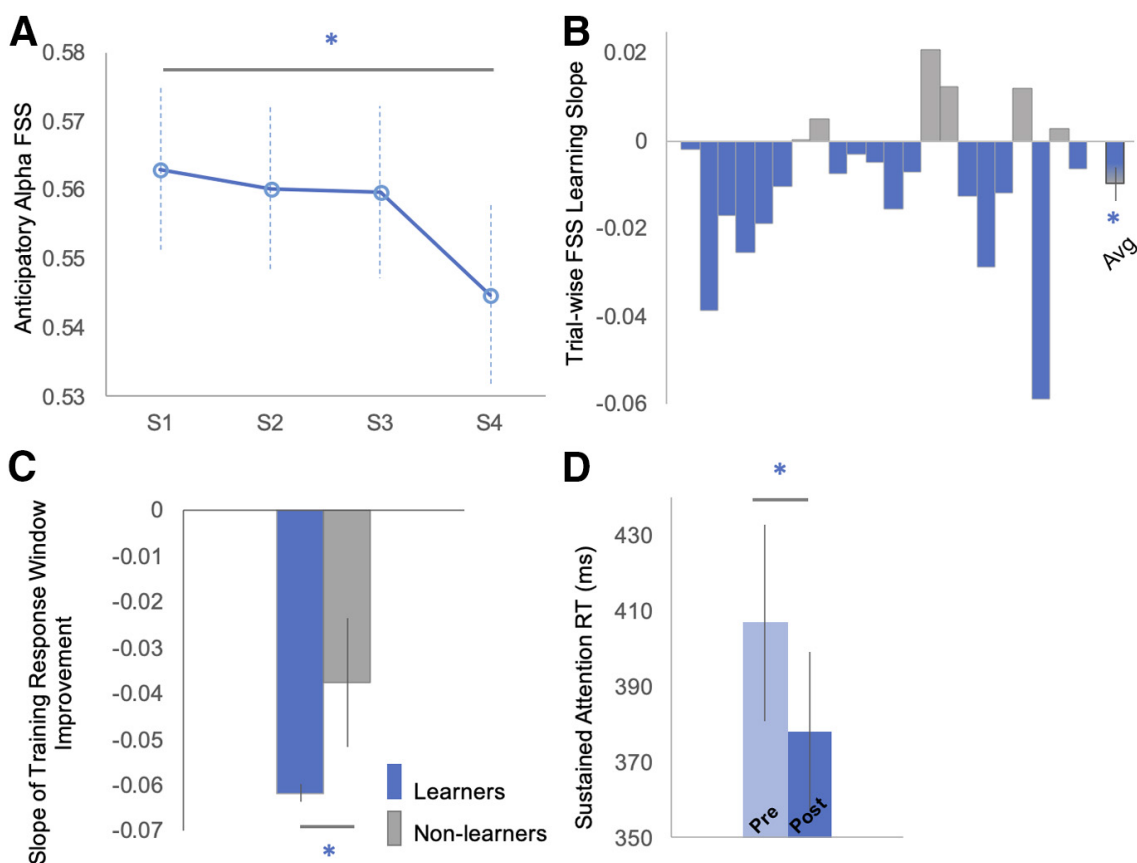
上の図 A は 10 日間行われる脳波の NFB の手続きである。反応への feedback の後に FSS への feedback が続く。FSS の ROI と時間については前ページの baseline 実験と同じである。参加者ごとに baseline の FSS の平均値を 50 とし、+、- 2 SD をそれぞれ 100, 0 とするスケールを作成した。FSS の低下に大きな値を、増加に小さな値を付与し、値を高める (FSS を下げる) ように求めた。そして、閾値 NT を設定したが、最初の NT は 30 とした。FSS が NT を越えると NT を一段階上げ (0.05 SD)、達しない時は下げる上下法を利用して、FSS を低下させる NFB 訓練を行なった。連続し NT を越えるときには、+, ++, +++, +++++ と表示した。逆に NT を越えられない試行が 5 回連続する場合は、3 秒の time-out を与え encourage した。この他に、反応の window (反応時間 RT)、刺激の類似性を操作した adaptive な手続きが導入されたが、それらは論文を参照ください。なお、yoked control として、Sham NF 群を設けた。

+, ++, +++, +++++ をそれぞれ S1, S2, S3, S4 と名付け、10 日間の S1 から S4 までの試行をまとめて、FSS NF と Sham NF の Performance Efficiency の比較を行った。結果が図 C で FSS NF の方が有意に成績がよい。図 D は S1→S4 での α FSS の変化を検討した。FSS NF は+が連続するに従い、 α FSS が有意に低下するのが分かる。図 E は S1→S4 のデータに log fit を行い、その傾きを両群で比較した。両群には有意な差があり、FSS NF のみが有意な負の傾きを示した。

図 F は左右の視覚 ROI における、target と non-target 後の α power のピーク値を比較した (signal-to-noise ratio, SNR) 結果である。群差と半球差が有意だった。NFB は刺激後の処理を変化させた。図 G は訓練前後で課題を行なう RT の変化を両群で比較した結果であ

る。FSS NF 群では、訓練後に RT の有意な短縮が起こったが、Sham NF 群ではそれはなかった。

なお、 θ 、 β 波の FSS は task efficiency と関連しなかった。SNR 分析を θ 、 β 帯域で行ったが、 θ はでは α 波と同様の結果が得られたが、 β 波は有意な結果ではなかった。これらの点は簡単に紹介した。詳しくは論文をお読みください。



最後は、EEG-NFB を ADHD に適用した結果について。Sham NF に対応する群はない。Baseline では α FSS も視覚皮質の α power も課題の efficiency とは関係しなかった。これは年齢か、ADHD によると思われる。図 A は NFB 訓練による α FSS の変化だが、S1→S4 で FSS が有意に低下した。図 B は NFB 訓練による FSS の変化の傾きを個人ごとと平均値である。平均値は有意な負の傾きを示した。そして、学習者 (青) と非学習者 (灰) に分けて表示した。Task efficiency は baseline よりも有意に向上した。FSS の学習の傾きは課題の efficiency と関係しなかった。しかし、図 C にあるように、学習者と非学習者の、RT を早めるための反応の window の訓練の傾きは、学習者の方が有意に大きかった。図 D は訓練前後 Pre/Post の課題の RT だが、訓練後で RT が有意に減少した。この点に関しては、学習者と非学習者で差がなかった。ADHD への α FSS の NFB 訓練は RT へは効果があった。

α FSS の NFB 訓練はこの課題の実行にプラスの効果を持った。