

ヒト楔前部に対する経頭蓋集束超音波刺激による 脳ネットワーク活動のモジュレーション

1240338 田 邊 梨 樹 【 認知神経科学研究室 】

1 はじめに

近年、経頭蓋磁気刺激法 (TMS) や経頭蓋直流電気刺激法 (tDCS) と比較して優れた空間分解能を持ち、脳表から深部までを刺激することが可能である経頭蓋集束超音波刺激法 (tFUS) を用いることで、脳ネットワーク活動をモジュレートすることが可能であることが明らかにされた [1].

本研究では、Default Mode network (DMN) に属する脳領域である楔前部を tFUS によって刺激することで、DMN が特異的に増強されるか明らかにする. 先行研究では、左背側前帯状皮質 (dACC) と左後帯状皮質 (PCC) をターゲットとしており、tFUS による刺激後、dACC ではターゲット及び Salience network (SN) において、PCC ではターゲット及び DMN において少なくとも 50 分間は特異的増強が見られている [1].

2 実験方法

2.1 実験装置

本実験は 3 テスラ MRI スキャナー、tFUS 刺激装置及びその周辺機器を用いて行った.

2.2 被験者

実験参加の同意を得られた高知工科大学の教員 (男性, 33 歳, 右利き) に対して実験を行った.

2.3 実験手順

まず、被験者に対して安静時 fMRI を実施し、tFUS による刺激前の脳ネットワーク活動を取得した. 次に、MRI スキャナー外において被験者に対し tFUS による刺激を行った. tFUS のパラメータは先行研究に準拠したが [1], I_{SPPA} のみ変更した ($Power/Ch=13.716W \text{ max}$, $P_{ACTUAL}=6.941 \text{ W/ch}$, $I_{SPPA}=30.00W/cm^2$, $I_{SPTA}=3.00W/cm^2$). 本実験は、シータバースト刺激プロトコル ($PD=20ms$, $PRI=200ms$, $Total \text{ time}=80s$) を採用し、刺激ターゲットを左楔前部とした. なお、刺激ターゲットの位置は別日に実施した構造 MRI によって同定した. tFUS による刺激から 15 分後に、被験者に対して再度安静時 fMRI を実施し、tFUS による刺激後の脳ネットワーク活動を取得した.

2.4 解析

tFUS による刺激が脳ネットワーク活動に影響を及ぼしたか否かを解析した. 前処理を施したデータに対し CONN を用いて、ノイズ除去及び機能的結合解析を行った. 本研究では、DMN, SensoriMotor network (SMN), Visual network (VN), SN, DorsalAttention

network (DAN), FrontoParietal network (FPN), Language network (LN), Cerebellar network (CN), 刺激ターゲットである左楔前部 (LPreCu) の脳ネットワークを対象として解析を行った. tFUS による刺激前後における脳領域間の機能的結合の正方行列をそれぞれ算出し、これらの差分をとった.

3 実験結果

tFUS による刺激前後の機能的結合の差分をとったものを図 1 に示す. 図 1 における「*」は、 $mean \pm 2SD$ ($= -0.032 \pm 0.284$) の範囲外である特に機能的結合の差分が大きかった尾部 5% を示している. tFUS による刺激後、VN と SN や DAN 間において機能的結合の値が特に上昇し、VN と DMN や FPN 間において機能的結合の値が特に低下したことが読み取れる. また、DMN 間における tFUS による刺激前後の機能的結合に有意な差は見られなかった ($P = 0.826$).

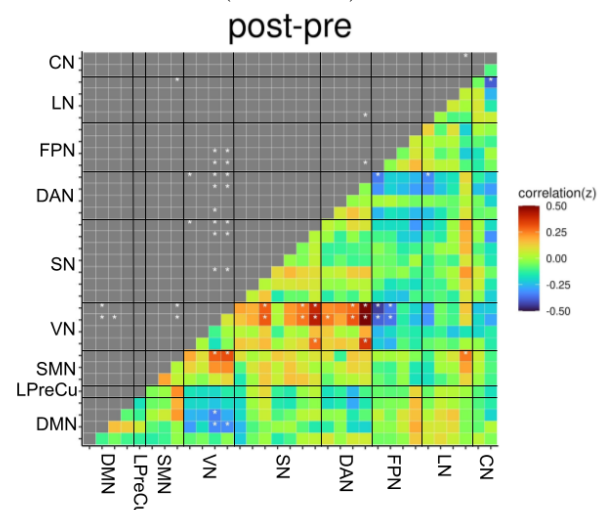


図 1 刺激後の機能的結合 - 刺激前の機能的結合

4 考察・まとめ

本研究において左楔前部に対する tFUS 刺激により、VN と他の脳ネットワーク間において機能的結合の変化が多く見受けられた. 一方、tFUS 刺激による DMN 間の機能的結合に有意な変化は見られなかった. そのため、tFUS による刺激ターゲットの位置が VN の脳領域にずれてしまった可能性が考えられる. 今後の改善点として、刺激ターゲットの位置の調整及び変更を行う、被験者の数を増やす等が挙げられる.

参考文献

- [1] Yaakub et al., Nat Commun 2023