

# 大脳皮質の興奮性と ジャンプパフォーマンスの関係

プロジェクトメンバー：黒川貞生\*、杉崎範英、齋藤里美、加藤考基（非常勤講師）（\*：代表者）

## プロジェクトの目的

運動を学習する際に、経頭蓋直流電気刺激法（tDCS: transcranial Direct Current Stimulation）を用いると、技能の習得が促進することが報告されている（Nitché and Paulus, 2000）。tDCSとは、頭蓋上に貼付した電極から微弱な直流電流を与え、簡便かつ非侵襲的に大脳皮質興奮性を促進・抑制する手法である。近年、米国スキー＆スノーボード協会（USSA）のスポーツ研究グループにより、スキージャンプの選手にtDCSを用いてトレーニングさせると、驚くべきことにそのジャンプ力が最大で1.7倍向上したことが報告された（Nature, vol. 13 No. 6, 2016）。しかし、ジャンプ力が向上するメカニズムは明らかになっていない。

跳躍運動の際には、下腿の筋（ヒラメ筋、腓腹筋）、腱が伸張した後に短縮する伸張－短縮サイクル（SSC: stretch-shortening-cycle）による筋力発揮メカニズムが関わっていることが報告されている（Kurokawa et al., 2001）。さらに近年、吉田ら（2016）により、ジャンプパフォーマンスは、SSCの能力に加え、大脳皮質の抑制回路が関与することが報告された。したがって、tDCSによるジャンプパフォーマンスの向上には、大脳皮質の抑制回路の変化が寄与していることが考えられる。

そこで本研究では、ジャンプトレーニングを行う際にtDCSを用いて脳活動を修飾し、その前後のパフォーマンスをバイオメカニクスの解析により評価するとともに、大脳皮質抑制回路の変化を二連発経頭蓋磁気刺激法を用いて明らかにすることを目的とする。なお、本年度については、tDCSを用いて一過性に脳活動を修飾し、その前後におけるジャンプのパフォーマンスを地面反力および筋電図を用いて比較検討することを目的とした。

## 実験方法

被験者（本学バレーボール部部員）を対象に、

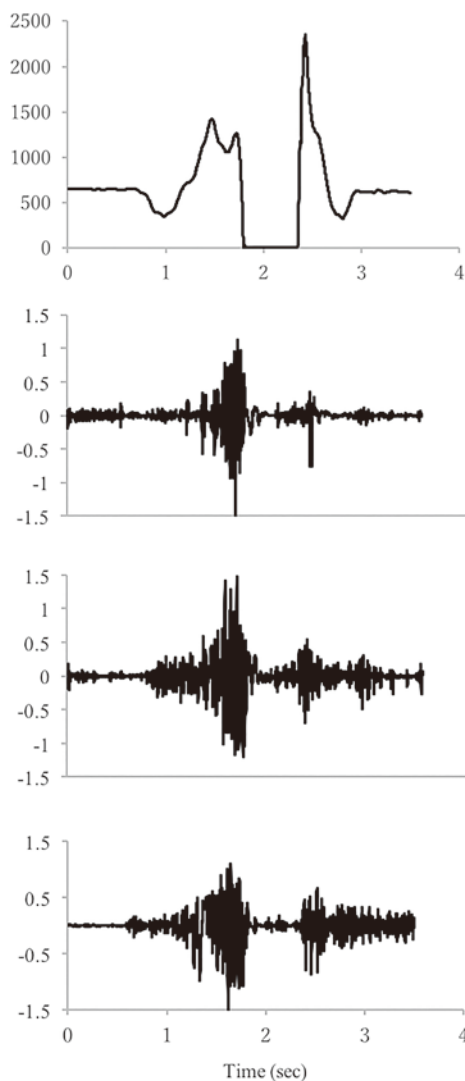


図1 ジャンプ動作中の地面反力および筋電図（上段からヒラメ筋、腓腹筋、外側広筋）の典型的タイムヒストリー

tDCSを一次運動野の領域に負荷した。なお、刺激強度は2mAで、刺激時間は20分（tDCS陽極刺激、陰極刺激）とした。その間、1分に1回の頻度で最大努力による反動動作を用いた垂直方向へのジャンプ（CMJ）を行わせた。各被検者には、20分にわたるこのtDCSを負荷しながらのCMJ運動前後において、疲労の無い状態で、最大努力によるCMJを各々3回行わせ、その運動中にフォースプレート（Kistler社製）による床反力信号および筋電図信号（ヒラメ筋、腓腹筋、外側広筋、内側広筋）をPower Lab(AD INSTRUMENT社製)を用いてA/D変換して、PCに保存した。床反力は身体質量で除し身体重心の加速度を求め、それを2回積分して鉛直方向の変位を算出した。筋電図についてはpush-off局面におけるiEMG（筋電図積分値）を求めた。加えて、膝関節90°における等尺性トルクも測定した。tDCSの前後における各パラメータについてはt検定を用いて統計処理を行った。なお、有意水準は5%とした。

## 結果および考察

表1に示したように、一過性のトレーニング前の跳躍高は $0.35 \pm 0.02$ cmであり、陽極刺激下における一過性のトレーニング後のそれは $0.37 \pm 0.03$ cmで、有意なトレーニング効果は認められなかった。ヒラメ筋、腓腹筋および外側広筋のiEMG値に有意な差はなかった（SOL: $0.12 \pm 0.10$  VS  $0.10 \pm 0.02$ 、MG： $0.18 \pm 0.02$  VS  $0.16 \pm 0.04$ 、VL： $0.13 \pm 0.03$  VS  $0.11 \pm 0.02$  mVs）。また、表2に示したごとく、一過性のトレーニング前後における膝関節伸展トルクについても、有意なトレーニング効果は認められなかった（ $191.98 \pm 6.02$  VS  $181.08 \pm 15.22$  Nm）。

陰極刺激下における一過性のトレーニング前後の跳躍高について有意な差は認められなかった（ $0.35 \pm 0.03$  VS  $0.37 \pm 0.01$  cm）。膝関節伸展トルクについても（ $167.78 \pm 5.60$  VS  $156.87 \pm 4.76$  Nm）一過性のトレーニング前後で有意な差は認められなかった。

以上の結果からすると、tDCSを一次運動野の領域に施しながら一過性のトレーニングを行っても、ジャンプパフォーマンスおよび筋出力に影響がないことが明らかとなった。そのメカニズムとして、iEMGの値に有意な差がないことから、脳の興奮性に変化がなかったことが考えられる。今後は被検者数をもう少し増やしたり、tDCSのセット数を増やしたり（例えば2、3セット）して、条件を変えて追加実験を行う予定である。また、一過性のトレーニングではなく、長期にわたるtDCS（陽極刺激および陰極刺激）下でのトレーニングの効果について検討もしたい。

表1 陽極刺激下における一過性のトレーニング前後の跳躍高

	Pret tDCS	Post tDCS
Mean (cm)	0.35	0.37
SD	0.02	0.03

表2 陽極刺激下における一過性のトレーニング前後の膝関節伸展トルク

	Pret tDCS	Post tDCS
Mean (Nm)	191.98	181.08
SD	6.02	15.22

## 参考文献

- Nitsche MA., Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol* 527;633-639, 2000
- Reardon S. Performance boost paves way for 'brain doping'Electrical stimulation seems to boost endurance in preliminary studies. *Nature* 531;283-284, 2016
- Kurokawa S., Fukunaga T.,Fukashiro S. Behavior of fascicles and tendinous structures in human gastrocnemius during vertical jumping. *J Appl Physiol* 90:1349-1358, 2001
- 吉田 拓矢、中 宗一郎、苅山 靖、林 陵平、高橋和孝、図子 あまね、図子 浩二. ドロップジャンプにおけるパフォーマンス獲得に至るまでの時系列的な運動連関. *体力科学* 65:479-489, 2016