

カテゴリー

上肢, 脳科学

タイトル

麻酔したサルの上肢の初期位置の違いによる脊髄運動出力の調節

Modulation of spinal motor output by initial arm postures in anesthetized monkeys

PubMed [へ](#)

Yaguchi H et al : J Neurosci. 2015 Apr 29;35(17):6937-45

内 容

概 要

- ・ 随意運動の適切な実行には、四肢の初期位置に基づく感覚運動変換が必要である
- ・ 例えば、安定した標的に到達することに成功するためには運動開始時の四肢の位置に応じて異なる筋肉群の動員が必要である
- ・ 初期の四肢の姿勢に応じて異なる運動プログラムを実行する必要がある
- ・ 無限に可変な初期状態に対応する為に、どのように CNS を作成し、スマートなコマンドを調整するのか？の方法は完全には理解されていない

- ・この初期状態は、固有受容体および皮膚受容体によって最初に感知される
- ・これらの受容体からの一次求心性線維の信号の集合体による活性は、CNS内でそれらを統合することによって四肢の状態の局所的変化として表される
- ・灰白質の中間領域に位置する脊髄介在ニューロン（INs）は、より高次からの下行路の大部分からの投影を受ける
- ・また、異なるモダリティおよび受容野を有する末梢の一次求心性神経からの収束入力を受ける
- ・それらは自発的運動の準備と実行に積極的であり、それらの重要な役割を示唆している
- ・したがって、入力の収束性の性質を介して初期位置の配置が脊髄介在ニューロンの随意運動のコマンドに表出され、統合されると仮定することは妥当である
- ・腕と手の動きを制御するために、霊長類における重要な役割を果たすことができる姿勢依存性の脊髄神経機構があるということを提案する

実験 1

- ・3匹の猿にマルチチャンネル微小電極アレイを脊髄のC6セグメントに移植し、筋電図電極を12本の筋肉（5本手・4本肘・3本の肩の筋肉）に埋め込んだ

・ 脊髄内微小刺激 (ISMS) を適用し, 筋電図 (EMG) を用いて誘発された痙攣反応を記録

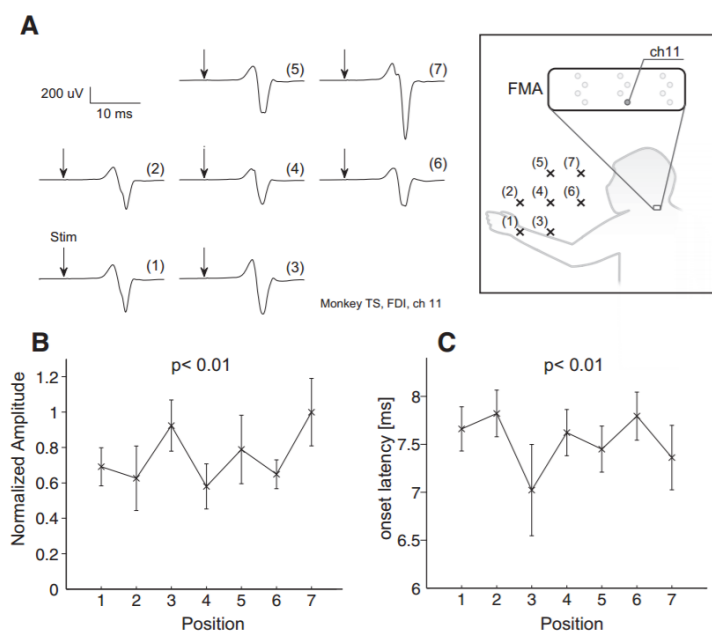
・ 電極埋め込み箇所 手の筋肉: 内転筋, 第 1 背側骨間筋 (FDI), 浅指屈筋, 橈側手根伸筋, 橈側手根屈筋

肘の筋: 腕橈骨筋, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋長頭, 上腕三頭筋短頭

肩の筋肉: 三角筋の鎖骨部, 三角筋後部, 大胸筋

・ 各電極: 筋肉対における誘発された応答の大きさおよび発症潜伏期を, うつ伏せに寝かされた猿の手の位置を水平面内の 7 つの位置に体系的に変化させることによって調査

実験 1 の結果



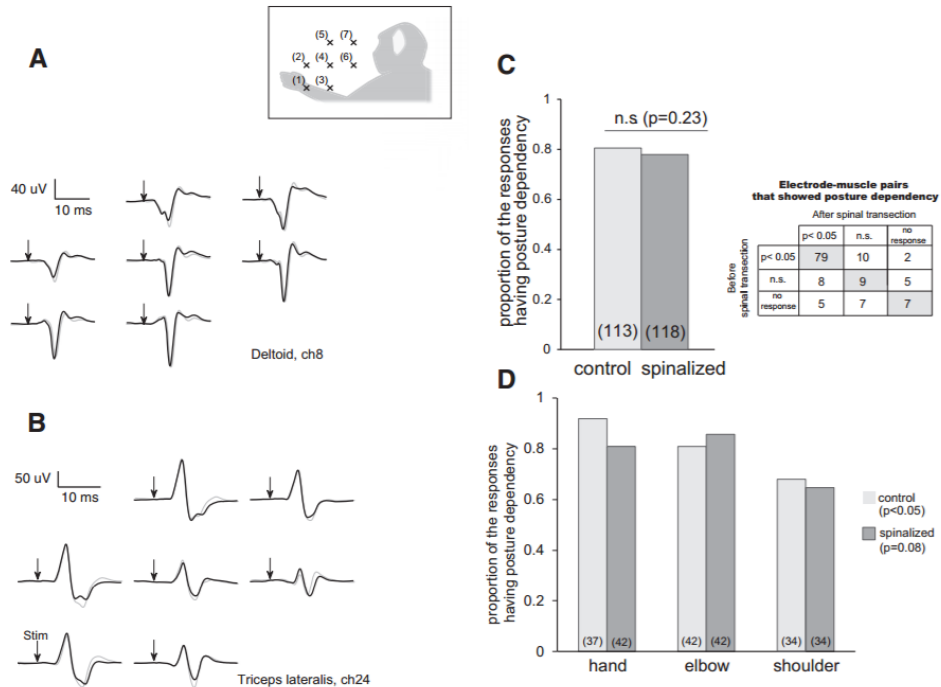
- ・ 第1背側骨間筋における有意な EMG 応答が7つの姿勢全てで観察された
- ・ 応答の大きさは姿勢の間で異なった
- ・ 手が額7番の近くに置かれた時に最も大きい応答が得られ、手が4番中央にあるときに最も小さい応答が得られた
- ・ 手の初期位置に応じて脊髄刺激による筋反応は変化する
- ・ 初期位置依存性(姿勢依存性)は観察した脊髄部位-筋ペアの80%で観察された
- ・ より細かい特徴を見ていく付加実験では、手・肘・肩の筋肉における姿勢依存性を示す応答の割合はそれぞれ89%、81%、および70%であった
- ・ つまり近位筋に比べて手の筋肉の大部分が姿勢依存性を示した
- ・ 標的筋肉によって、姿勢依存応答が異なる可能性が示唆された
- ・ 屈筋と伸筋の間に差異は見出されなかった

実験 2

- ・ 脊髄内部位の興奮性は、直接経路（例えば分節反射経路）または脳幹を通るより間接的な経路および皮質等から信号を受ける
- ・ より高次の部分からマスクまたは調節される可能性があり、これらの直接的および間接的な姿勢依存性のメカニズムを解明するために脊髄を上頸部レベル（C2）で切断して、切断前後の姿勢依存性の比較を可能にした
- ・ 対照実験(1)の後、神経鞘を引き裂くことによって C2 レベルで切断
- ・ 切断を確認するために、ゼラチンスポンジを脊髄の切断端の間の空間に挿入
- ・ 30 分の間隔の後、ISMS は対照実験と同じ手順で適用された

実験 2 の結果

- ・ C2 レベルで切断された後も、筋紡錘の出力の姿勢依存性は維持されていた
- ・ これらの結果は、頸髄における興奮性は脊髄反射経路を通る初期の上肢の姿勢によって影響されることを示唆している



Yaguchi H et al : 2015 PubMed へ

今後の課題

- 姿勢依存性の根底にあるメカニズムは、高次だけでなく脊髄反射経路内など末梢にも存在する

- しかし、今回の実験の条件下で結論付ける事は未だ出来ず、さらなる研究が求められる

- 同じパラメータを使用する ISMS は、四肢の初期姿勢に依存して、著しく異なる四肢運動を引き起こす可能性がある

・ ISMS 適用時の刺激電極の周辺のニューロンの興奮性と四肢の姿勢との関係を知らなければ研究は達成されない可能性がある

・ 静止姿勢に対応する初期値を設定することも、皮質的に制御された脳-機械境界面における課題である

私見・明日への臨床アイデア

・ ただ筋力トレーニングを闇雲に行うよりも、姿勢はじめ筋アライメント（筋各セグメントまで）考慮し、治療介入していくことが動作のはじめ運動の動員から変化させることに大事だと思わせる内容

・ 出力だけでなく入力も考える

・ 治療の位置にこだわることは、同じ練習でも質が変化すると思われる

氏名 Syuichi Kakusyo

職種 理学療法士
