

平成22年05月17日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2008～2009

課題番号：20800033

研究課題名（和文） 上肢の左右空間位置情報が随意運動指令に与える影響

研究課題名（英文） Effects of the crossed upper limbs on the voluntary drives

研究代表者

梁 楠 (LIANG NAN)

広島大学・大学院保健学研究科・助教

研究者番号：70512515

研究成果の概要（和文）：本研究では、上肢の左右空間位置情報の違いによる中枢運動指令の違いについて、選択的反応時間課題を用いて行動学レベル及び大脳神経細胞レベルで検討した。左右肢空間位置の逆転によって、運動パフォーマンスの違いが認められたと同時に、中枢神経系では運動肢の対側及び同側の皮質脊髄路の興奮性の増大が認められた。したがって、左右空間位置情報を操作することで中枢神経系の興奮性を増加させることができ、中枢神経系損傷者の運動回復を促す可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：The present study has examined using healthy humans the question of whether the crossed upper limbs effect on the central voluntary drives in humans. A choice reaction time task was utilized, and the motor performance and the motor cortex excitability were assessed. There was a significant difference in performance and in excitability of the bilateral motor cortex between conditions of crossed and uncrossed upper limbs, suggesting the effectiveness of modulating the spatial information of the limbs in the motor recovery of patients with lesions of the central nervous system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,340,000	402,000	1,742,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,540,000	762,000	3,302,000

研究分野：運動生理学、神経生理学、循環生理学

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：神経科学、生理学、脳・神経、医療・福祉、リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

近年、基礎神経科学領域における新しい知見や運動学習に伴う脳・神経の可塑性に関する研究結果によって、中枢神経系損傷患者に対して脳・神経の再構築に注目したニューロ

リハビリテーションが行なわれている。我々はヒトの随意運動に関わる中枢制御機構、とりわけ大脳半球間の相互作用についての基礎的研究を行ってきた。大脳両半球は基本的にそれぞれ対側の身体を支配しているが、

一側肢の随意運動によって対側半球だけではなく、同側半球の興奮性も向上することが知られている。また運動中だけではなく、運動直前や直後、さらに運動の方向と出力量によってもその興奮性の変化が異なることから、一側肢の随意運動に含まれる様々な要素が両側皮質脊髄路の興奮性に影響を与えることが分かってきた。その背景には、脳梁を介した大脳半球間の促通・抑制の変化が関わっていると考えられている。

本研究は、大脳両側半球の興奮性と四肢の空間位置情報との相互作用に注目した。左と右は自分の身体を中心とした枠組み(Body-centered frame of reference)と外部環境を中心とした枠組み(Externally-based frame of reference)として捉えることができる。日常生活において、私たちは自分の左手を「左側の手」、右手を「右側の手」として無意識的に認識し、それぞれ左と右の空間を取り組んでいる。つまり、上述した2つの枠組みにおいて「左」と「右」が一致しているのである。そこで、自分の身体を中心線からみた左右と外部環境の左右が一致しない時、運動の出力機構はどう変わるかは明らかではない。本研究は、両手を交差しない肢位と交差する肢位において、随意運動時における大脳、とりわけ両側一次運動野の興奮性の変化に焦点を当てた。

2. 研究の目的

本研究では選択反応時間課題を用いて以下の目的で実験を行なった。

- (1) 両上肢交差しない時と交差する時の運動パフォーマンスの違いを明らかにする。
- (2) 経頭蓋磁気刺激法(transcranial magnetic stimulation, TMS)を用いて、両上肢交差しない時と交差する時の対側と同側運動野の興奮性の変化を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 対象者

被験者は右利きの健常成人計 17 名。実験 1 では 8 名(男 1 名, 女 7 名, 平均年齢 24 ± 3 歳)、実験 2 では 9 名(男 4 名, 女 5 名, 平均年齢 24 ± 1 歳)が参加した。実験に先立ち被験者には実験の目的と方法を説明し、書面による実験参加の同意を得た。なお本研究は、広島大学大学院保健学研究科心身機能生活制御科学講座倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号 0934)。

(2) 実験プロトコル

被験者は安静座位、両手は交差しない肢位(Uncrossed、図 1a)と交差する肢位(Crossed、図 1b)とした。前方に設置したモニターで刺激(○)を提示し、左か右かを判断しできるだ

け早く左側か右側の示指でボタンを押すように指示した。実験 1 では、モニター中心(●)の周辺 34 箇所(○)をランダム順番で提示し、1セッションで 64 個の視覚刺激を連続的に提示した。実験 2 では、ランダム順番で 1 つずつ刺激を提示し、1 試行の反応時間を計測し、各被験者で TMS を与えるタイミングを決定した。

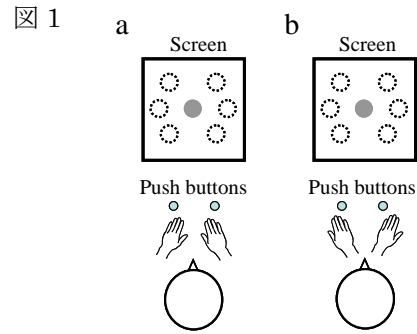


図 1

(3) データ記録

TMS(Magstim200)は 8 の字コイル(Magstim Company)を用いて被験者の左・右一次運動野にそれぞれ与え、右・左第一背側骨間筋(first dorsal interosseous muscle, FDI)の表面筋電図(surface electromyogram, EMG)から運動誘発電位(motor evoked potential, MEP)を記録した。TMS の刺激強度は安静時閾値の 120%とした。EMG は増幅後 2 kHz のサンプリング周波数で AD 変換し(WE400、横河電機)、コンピュータで記録した。LabVIEW プログラム(LabVIEW 8.5, National Instruments)を用いて刺激を提示し、まず各被験者において反応時間を計測した。なお、反応時間は刺激提示から左・右 FDI の筋放電(EMG)開始までの時間とした。各被験者における反応時間に基づき、EMG 開始 70ms 前に TMS を与えた(図 2)。各実験課題における左・右示指の回数と左・右運動野の刺激回数は 12 回とした。

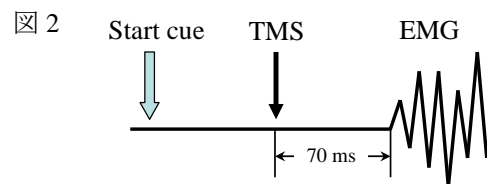


図 2

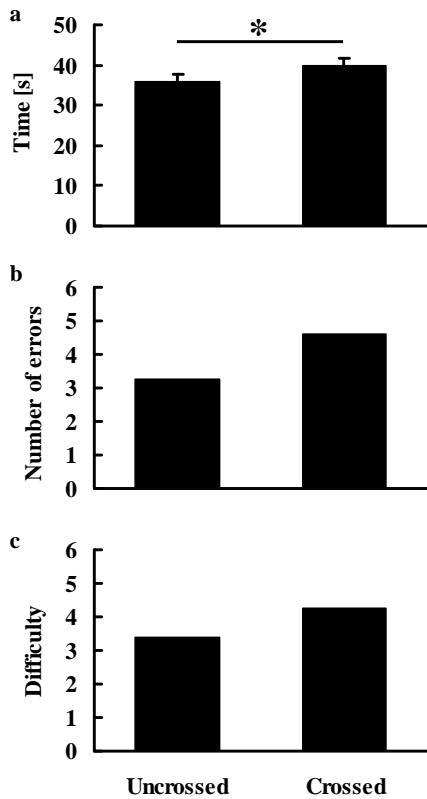
(4) データ解析

反応時間を用いて左右手の運動パフォーマンス(遂行時間、エラー数と難易度)を評価し、MEP の振幅値を用いて左右運動野の興奮性の指標とした。条件間の反応時間の違いや MEP 振幅値の違いについては繰り返しのある二元配置分散分析、post-hoc test は逐次棄却型多重比較法を用いた。有意水準は $P < 0.05$ とし、結果は平均値と標準誤差で示した。

4. 研究成果

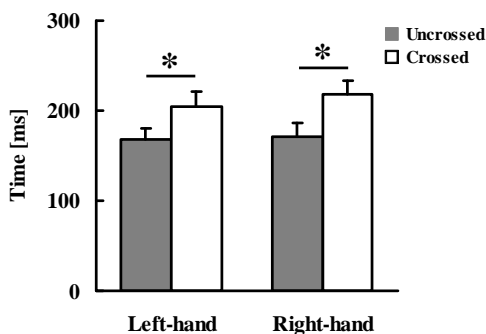
- (1) 刺激を連続的に提示した時、全 64 試行の遂行時間、エラー数と難易度の結果を図 3 に示す(N=8)。交差しない肢位に比べ、交差する肢位では遂行時間が有意に長かった($P<0.001$, 図 3a)。また、交差する肢位のほうではエラー数が多く(図 3b)、より難しいと感じる傾向にあるが(図 3c)、交差しない肢位と統計的に有意な差がみられなかった。

図 3



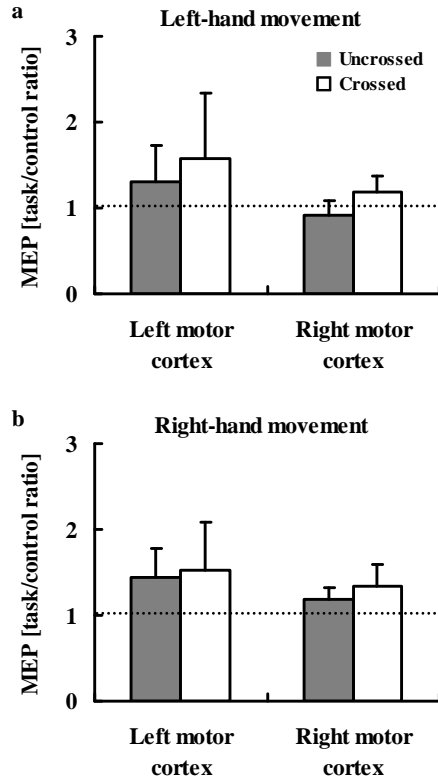
- (2) 刺激に対する左右示指それぞれの反応時間を図 4 に示す(N=9)。左右差はなかったが、肢位による有意な差が認められた($F=37.593$, $P<0.0001$)。上肢を交差しない肢位に比べ、交差する肢位では左右示指ともに反応時間が有意に延長した($P<0.001$, $P<0.001$)。

図 4



- (3) 反応時間課題時、EMG 放電開始前での MEP 振幅値(%コントロール)を図 5 に示す(N=4)。交差しない肢位に比べ、交差する肢位では MEP 振幅値が増加する傾向にあり、右示指運動時(図 5b)よりも左示指運動時(図 5a)のほうが顕著であった。また、左・右示指運動や対側・同側運動野に関わらず、課題遂行時では右運動野よりも左運動野の興奮性のほうが高い傾向にあった。

図 5



- (4) まとめ

本研究は選択反応時間課題を用いて、上肢の左右位置の違いによって運動パフォーマンスと中枢神経系の興奮性の変化について検討した。同じ左手/右手の運動にも関わらず、空間位置の違いによって反応時間が有意に延長し、大脳中枢における情報処理時間が異なることが示唆された。また、上肢を交差しない肢位よりも交差する肢位のほうが両側運動野の興奮性が増加する傾向にあり、四肢空間位置の情報の違いによって同じ運動でも中枢神経系の興奮性が変化する可能性が示唆され、今後は対象者を増やして確認する必要がある。さらに、左手/右手の運動、あるいは運動肢の対側・同側運動野に関わらず、右運動野よりも左運動野の興奮性が高い傾向にあることから、右利きのヒトでは左大脳半球が優位半球であることが確認された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Tomohiro Narita, Nan Liang, Takuya Morishita, Masato Ninomiya, Kazushi Morisaki, Tatsuya Kasai, Kozo Funase, Spinal neuronal mechanisms explaining the modulation of soleus H-reflexes during sustained passive rotation of the hip joint, Clinical Neurophysiology, 査読有、印刷中、2010.
- ② Kozo Funase, Nan Liang, Takayuki Tabira, Izumi Tsukazaki, Tomohiro Narita, Tatsuya Kasai, Bilateral facilitation of hand-motor cortices during a reading task, Advances in Exercise and Sports Physiology, 査読有、14巻、2008、57-62.

[学会発表] (計6件)

- ① 高橋 真、梁 楠、関川 清一、稲水 惇、連合性ペア刺激の反応時間課題への影響、第64回日本体力医学会大会、2009年9月18日、新潟。
- ② Nan Liang、Kanji Matsukawa、Tomoko Nakamoto、Seina Mochizuki、Kyoko Oda、The differential cardiovascular responses to voluntary and electrically-evoked involuntary static contraction between ankle extensor and flexor muscles in humans、International Sports Science Network Forum (IUPS2009 satellite symposium)、2 August 2009、Nagano、Japan.
- ③ Nan Liang、Seina Mochizuki、Kyoko Oda、Tomoko Nakamoto、Kanji Matsukawa、The cardiovascular responses to voluntary and electrically-evoked involuntary static exercise of ankle plantar and dorsal flexion in humans、The 36th International Congress of Physiological Sciences (IUPS)、30 July 2009、Kyoto、Japan.
- ④ Makoto Takahashi、Yoshimi Yamauchi、Nan Liang、Kiyokazu Sekikawa、Tsutomu Inamizu、Interhemispheric effects of paired associative stimulation、The 36th International Congress of Physiological Sciences (IUPS)、29 July 2009、Kyoto、Japan.
- ⑤ 梁 楠、運動指令に伴う同側運動野の興奮性と半球間抑制の動態について、第25回筋電図の会、2008年9月17日、大分。
- ⑥ 梁 楠、船瀬 広三、松川 寛二、笠井 達哉、片側肢の随意運動に伴う半球間抑制

の動態—両側運動野経頭蓋磁気刺激法を用いた解析—、第63回日本体力医学会大会、2008年9月19日、大分。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梁 楠 (LIANG NAN)

広島大学・大学院保健学研究科・助教

研究者番号：70512515

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：