

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500582

研究課題名(和文)脳科学的根拠のある利き手・非利き手別リハビリテーションプログラムの開発

研究課題名(英文)Development of Brain Science Evidence Based Hand Rehabilitation Program Depending on the Dominant or Non-dominant Hand

研究代表者

砂川 融 (Sunagawa, Toru)

広島大学・大学院医歯薬保健学研究院(保)・教授

研究者番号：40335675

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：運動課題では利き手であるか否かにより大脳活動は異なり、非利き手の動作では個人差が、特に複雑動作で著明となったが、感覚入力課題に対しては利き手と非利き手で明らかな違いはなく、リハビリテーションにおいて運動課題では利き手を考慮する必要があり、感覚入力課題では考慮する必要がない可能性が示唆された。tDCSは運動課題遂行能力ならびに運動イメージ能力を向上させ、感覚能力も向上させる可能性があることが示唆された。ミラーセラピーは運動課題に対しては有効であることが脳科学的に裏付けられたが、感覚入力課題に対しての有効性は確認できなかった。

研究成果の概要(英文)：The brain activity during motion exercise varied depending on the handedness. There was an individual difference in the movement of the non-dominant hand and the difference became particularly remarkable in complexity movement. However, there was no clear difference in the brain activity between dominant and non-dominant hand during the sensory input exercise. It was necessary to consider handedness during motion exercise, but not to consider it during the sensory input exercise. tDCS improved the ability of motion exercise and motion imagery, and it was suggested that it might also improve the ability for sense. As for the mirror therapy, its effectiveness for the motion exercise was supported by the measurement of brain activation, however, it was not able to confirm its efficacy for the sensory input exercise.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：ハンドセラピー 脳科学 利き手

## 1. 研究開始当初の背景

これまでの障害四肢に対するリハビリテーションでは経験に基づいた理論的根拠のない方法が、また上肢に限れば利き手・非利き手を考慮しない方法が漫然と行なわれ、社会復帰まで3ヵ月から1年を必要としているのが現状である。

研究代表者は過去20年にわたり手・肘関節疾患の治療を行ない、手術的治療の開発を中心に研究を行ってきた。しかし、患者によってはリハビリテーションが進行せず良好な機能回復が得られず(効果に個人差が大きい)そのとき患者には、対象関節を動かすイメージがわからない、関節運動の主動筋のみならず拮抗筋に筋活動が発生する、近接関節との連携運動ができない(運動連鎖の破綻)というような問題があり、また非利き手は利き手と比較し、リハビリテーション開始当初に自動運動を行なうことが困難で治療に長期間を要しかつ機能回復が劣ることがある、ということが経験されており、これは運動中枢である大脳活動の個人差あるいは異常が大きく関与していることは明らかであるが、これを詳細に検討しリハビリテーションに応用した研究報告はない。

一方、脳血管障害に対するリハビリテーションに対しては経頭蓋磁気あるいは直流電気刺激を併用し、その有効性の報告が散見されるようになったが、これを四肢、特に上肢の障害に応用した基礎的あるいは臨床的報告はない。

## 2. 研究の目的

上肢運動中の大脳活動を詳細に調査、検討、分類し、課題動作の違い、動作の組み合わせの違い、経頭蓋電気刺激の影響を調査することで、脳科学的根拠のある新しいリハビリテーション法の開発、構築を行うことを目的に以下の研究を実施した。

## 3. 研究の方法

### (1) 利き手・非利き手別課題動作中の脳活動の調査

同一利き手群での利き手、非利き手運動時の脳活動の特徴を調査する目的で、右利き健常成人30名を対象に、腱のグライディングエクササイズを利き手、非利き手および両手で行った際の左右大脳皮質運動野領域の脳活動を近赤外分光法(fNIRS)を使用して測定した。

課題が単純または複雑動作(リハビリテーション課題)時の脳活動が動作手の違い(利き手あるいは非利き手)により変化するのかを明らかにする目的で、動作中の脳活動を

fNIRSで計測した。

### (2) 利き手・非利き手別感覚入力に対する脳活動の調査

刺激の違い及び利き手、非利き手の違いで、感覚入力に対する脳活動に違いがあるかないかを確認する目的で、示指と小指に触覚あるいは痛覚刺激を両側別々に行ない、脳磁図(MEG)を使用して脳活動を計測した。

### (3) 経頭蓋直流電気刺激(tDCS)が大脳活動とパフォーマンスに与える影響の調査

tDCSの至適刺激強度を検討するために右利き健常成人17名を対象に前頭前野を1又は2mAで10分間電気刺激し、ワーキングメモリー課題を実施した。

運動関連領域へのtDCSが運動イメージに与える影響について明らかにするために以下の研究を行った。右利き健常成人19名を対象に、tDCSは脳の活動性を促進させる陽極刺激(刺激強度1mA)とsham刺激の2条件とし、左運動野を10分間刺激した。運動イメージ課題として手のメンタルローテーション課題(MR課題)を用い、MR課題の反応時間と誤答数をtDCSの刺激前後および刺激条件間で比較した。

tDCSが刺激側と非刺激側の一次体性感覚野に与える影響を右利き健常成人を対象にMEGを用いて調査した。

### (4) 鏡像観察(ミラーセラピー)が大脳活動に与える影響の調査

ミラーセラピーは手あるいは上肢のリハビリテーション課題として用いられる方法で、健常人を対象にミラーセラピーを手の運動課題として行なう際のより効果的な条件設定を脳科学的に調査した。

触覚刺激の鏡像観察が体性感覚野の活動および利き手、非利き手による活動に差があるかをMEGを用いて検討した。

### (5) 日常生活活動での利き手・非利き手別関節運動角度の違いの調査

各種日常生活動作で、利き手、非利き手別で手関節運動角度に差があるか否かを検討する目的で、健常成人を対象に片手で日常生活活動課題をモーションセンサーを装着して遂行し、手関節の運動範囲を計測した。

### (6) 上肢の廃用性または固定が運動イメージに与える影響の調査

全型腕神経叢麻痺患者5名(全例非利き手罹患、受傷後3年以上)を対象にMR課題を実施し、健常成人と比較した。

外傷により手関節を3週間固定した患者5名を対象にMR課題を実施し、健常成人と比較した。尚、手関節固定中も手指を含め非固定関節のリハビリテーションは積極的に行なった。

#### 4. 研究成果

(1) 課題遂行開始に伴い利き手・非利き手・両手課題全てにおいて、一次運動野で Oxy-Hb 濃度の増加がみられた。右手課題時は左運動野領域での活性化はより広範囲で、左手・両手課題時には両側に賦活が見られたが、右半球においてより広範囲であった。一次運動野の Oxy-Hb 濃度変化量を比較した結果、利き手課題では対側の賦活が有意であった ( $p < 0.01$ )。非利き手課題・両手課題時には左右で有意差はなかった。Oxy-Hb 濃度変化量を同一被験者内で比較した結果、利き手課題では 30 名中 28 名において、対側の賦活が同側と比較して有意に認められ ( $p < 0.01$ )。非利き手課題・両手課題時にも有意差のある被験者が存在した。利き手課題時のみ有意差あり群 ( $n=15$ )、利き手・非利き手課題時に有意差あり群 ( $n=7$ )、利き手・両手課題時に有意差あり群 ( $n=3$ )、利き手・非利き手・両手課題時に有意差あり群 ( $n=3$ )、どの課題時にも有意差なし群 ( $n=2$ ) の 5 つに分類された。以上より、腱のグライディングエクササイズを利き手・非利き手・両手で行う際その中枢制御は一定ではなく、リハビリテーションの効果、進行状況に影響を及ぼす一因として考えられた。つまり、障害手が利き手か非利き手であるか、また個人によってリハビリテーションの効果、進行状況が異なる可能性が示唆された。

利き手動作時には、両動作ともに左半球が賦活したが、複雑動作時のみ小さい領域で右半球が賦活した。非利き手動作時には、両動作ともに両半球で賦活があり、賦活領域は単純動作より複雑動作の方が大きい傾向があり、同じリハビリテーション課題でも利き手と非利き手では脳活動に違いがあることが判明した。

(2) いずれの刺激でも一次体性感覚野の賦活部位は同じであり、利き手、非利き手別でも明らかな差異は認めなかった。感覚入力に対しては利き手を考慮する必要はないと考えられた。

(3) 1mA、10 分間刺激することで有意に課題遂行能力が向上することが判明した ( $p < 0.05$ ) が、1mA と 2mA 間には有意差はなかった。課題遂行能力向上のための tDCS は 1mA、10 分間刺激が適当であることが判明した。

陽極刺激後の反応時間は刺激前と比較して有意に短くなった ( $p < 0.01$ ) が、sham 刺激で差はなかった。また、刺激後の反応時間は陽極刺激で sham 刺激より有意に短くなった ( $p < 0.05$ )。誤答数は陽極、sham 刺激ともに有意差はなかった。以上より、運動関連領域への陽極刺激は同領域の活動性を促進することで運動イメージ能力を向上させ、tDCS がより効率的で対象者に優しいリハビリテ

ーション法開発の一助になる可能性のあることが判明した。

陽極刺激時に刺激側の一次体性感覚野の神経活動が刺激前と比較し有意に増加すること、非刺激側の一次体性感覚野には影響がないことが明らかとなった。

(4) 鏡像観察する際には動作手を隠し鏡像のみ観察させることで、非動作側が動作しているように錯覚することが自覚的および脳活動的に証明された。

触覚刺激の鏡像観察が体性感覚野の活動を高めることを脳科学的に示すことはできず、利き手・非利き手で活動に差がないことが明らかとなった。

(5) 巧緻運動課題では非利き手の手関節可動域が有意に大きく、単純動作では利き手の方が大きい傾向があった。利き手と非利き手では動作の違いにより動作戦略が異なることが示唆された。

(6) 患者群では罹患側の MR 課題遂行能力が有意に低下していた。

患者群と正常群の間に有意差は認めなかった。

#### (7) まとめ

運動課題では利き手であるか否かにより大脳活動は異なり、非利き手の動作では個人差が存在し、特に複雑動作では著明となった。感覚入力課題に対しては利き手と非利き手で明らかな違いはなかった。

tDCS は運動課題遂行能力ならびに運動イメージ能力を向上させ、感覚能力も向上させる可能性があることが示唆された。

ミラーセラピーは運動課題に対しては有効であることが脳科学的に裏付けられたが、感覚入力課題に対しては有効性が証明できなかった。

同じ運動課題でも利き手と非利き手では動作戦略が異なることが判明した。

リハビリテーションにおいて運動課題では利き手を考慮する必要があり、感覚入力課題では考慮する必要がない可能性が示唆された。

罹患肢の長期不使用は罹患側の運動イメージ能力が有意に低下することが明らかとなった。

#### (8) 今後の展望

研究期間中に正常人における利き手と非利き手での運動あるいは感覚入力に対する差が脳科学的に明らかとなり、またリハビリテーション課題、tDCS の有効性あるいは無香性が同様に証明された。現在、運動課題の組み合わせ、同様の運動課題と tDCS の組み合わせ、あるいは運動イメージが運動パフォーマンスに与える影響について、脳科学的、運動学的に検討中である。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

1. Date S, Kurumadani H, Sunagawa T. Transcranial direct current stimulation can enhance ability in motor imagery tasks. *Neuroreport* 2015 in press. 査読有り.
2. 伊達翔太, 車谷 洋, 渡辺友志, 砂川 融. 経頭蓋直流電気刺激が運動イメージに与える影響. *日本作業療法学会誌* 17: 41-45, 2014. 査読有り.
3. Hadoush H, Mano H, Sunagawa T, Nakanishi K, Ochi M. Optimization of mirror therapy to excite ipsilateral primary motor cortex. *NeuroRehabilitation* 2013;323:617-624. 査読有り.

[学会発表](計7件)

1. Sunagawa T. Biomechanics of the hand and its interaction with brain. 62<sup>nd</sup> Continuing Orthopedic Education, Indonesian Orthopedic Association. (招待講演) Apr 22-24, 2015. Surabaya, Indonesia.
2. Date S, Kurumadani H, Watanabe T, Sunagawa T. The evaluation of motor imagery ability in orthopedic patients. 6<sup>th</sup> Asian Pacific Occupational Therapy Congress. Sept 14-17, 2015. Rotorua, New Zealand.
3. Kurumadani H, Ueda A, Kawakami T, Sunagawa T. Comparisons of the hand motor area activation during simple and sequential tasks with multi-finger movement. 6<sup>th</sup> Asian Pacific Occupational Therapy Congress. Sept 14-17, 2015. Rotorua, New Zealand.
4. Date S, Kurumadani H, Watanabe T, Sunagawa T. Effects of differences in hand visions on motor imagery during hand mental rotation task: a NIRS study. 16<sup>th</sup> international congress of the World federation of Occupational Therapists. Jun 18-21, 2014. Yokohama, Japan.
5. Date S, Kurumadani H, Watanabe T, Sunagawa T. The effect of transcranial direct current stimulation on motor related area during hand imagery. 20<sup>th</sup> Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology. July 15-18, 2014. Roma, Italy.
6. 伊達翔太, 車谷 洋, 砂川 融. 経頭蓋直流電気刺激が運動イメージに与える影響. 第7回日本作業療法研究学会学術大会. 平成25年10月6日. 広島市.
7. 伊達翔太, 車谷 洋, 砂川 融. 経頭蓋直

流電気刺激は運動イメージ想起能力を向上させるのか-メンタルローテーション課題を用いた検討-. 第10回広島保健学会学術集会. 平成25年12月2日. 広島県三原市.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

砂川 融 (Sunagawa Toru)

広島大学・大学院医歯薬保健学研究院・教授

研究者番号: 40335675

### (2) 研究分担者

小池 康晴 (Koike Yasuharu)

東京工業大学・ソリューション研究機構・教授

研究者番号: 10302978

中西 一義 (Nakanishi Kazuyoshi)

広島大学・病院・病院助教

研究者番号: 60403557

車谷 洋 (Kurumadani Hiroshi)

広島大学・大学院医歯薬保健学研究院・講師

研究者番号: 00335647