

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 12 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350712

研究課題名(和文) 運動イメージの形成に関わる神経機構の解明と運動学習への応用

研究課題名(英文) Elucidation of the neural mechanism involved in motor image and its application to motor learning

研究代表者

和坂 俊昭 (Wasaka, Toshiaki)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60390697

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：運動イメージは、実際の運動を伴わない脳内における運動の遂行であり、運動に関連する脳領域が活動するため、運動トレーニングに用いることが可能である。本研究では、運動イメージを促進する方法を確立し、運動イメージによる運動学習が行えるのかを調べた。最初に、運動遂行における体性感覚情報の働きをボール回し課題を用いて調べ、物体を操作する巧緻的な手指の運動時には、体性感覚情報の必要性が増大することを示した。そこでボール回しの運動イメージ時に、視覚情報と体性感覚情報を補助的に提示することで、運動イメージが促進するのかを調べ、運動イメージに関する脳活動が促進することを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Motor imagery is the internal movement execution without actual body movement. During motor imagery, it appears an activation in motor-related areas in the brain, and it is possible to use it to facilitate human performance using the imagery training. The aim of this study is to establish a method to promote the ability of motor imagery and investigate whether the motor imagery is beneficial to induce motor learning. First, it showed that the necessity of somatosensory information increased when fingers manipulated objects dexterously using the ball rotation task. Then, we examined whether additional visual and somatosensory information during motor imagery of ball rotation movement promoted the brain activation in relation to motor imagery. The results revealed that additional sensory information could facilitate the ability of motor imagery.

研究分野：運動生理学

キーワード：運動イメージ 運動主体感 運動学習

1. 研究開始当初の背景

運動イメージは内的な運動の遂行であり、身体部位の運動や筋の活動はみられない。運動をイメージする時、自己の中に既に保持している運動の記憶に基づき、内的に運動が想起される。運動イメージ時は心拍数や呼吸数は上昇し (Decety et al., 1991)、実際に運動を行う場合と共通する脳領域 (運動前野、補足運動野、頭頂葉、小脳) が活性化することが報告されている (Lotze and Halsband, 2006)。また、運動イメージの中で筋力トレーニングを行うと、実際の運動を行っていないにも関わらず、筋力が向上することが報告されている (Yue and Cole, 1992)。これらの知見から、運動イメージをスポーツトレーニングのメンタルプラクティスや、神経疾患を有する患者の感覚運動機能障害のリハビリテーションの補助的手段として利用する試みが成されている。しかし、運動イメージは内的な運動の遂行であるため、実際の運動が表出しない。このため、脳内における運動がどのような状況で行われているのかを評価することが出来ない点が問題であった。そこで、運動イメージ時にみられる脳活動に注目し、運動イメージ中の脳活動を高める方法を確立することで、運動イメージを用いた神経トレーニングを開発することができると考えた。

運動イメージによるトレーニング効果を向上させるためには、イメージする運動を正確に描けるだけでなく、鮮やかに描くことも重要であると考えられる。しかし、その方法については不明な点が多く残されている。そこで、運動イメージを行う際、運動に関する感覚情報 (視覚情報や体性感覚情報) を補助的に提示してやることで、運動を行ったという感覚のイメージを作り出すことができるかを検証した。

本研究の知見は、ヒトの運動イメージに関する神経機構を明らかにするものであり、スポーツパフォーマンスの向上の神経機序の解明や、運動がうまく行えない神経疾患患者や高齢者に対する運動イメージを用いた運動学習への応用に対して役立つものであり、実社会へのさまざまな応用が期待される。

2. 研究の目的

運動イメージが形成されるには、身体部位の運動に関する視覚情報と運動感覚 (運動により引き起こされる体性感覚) が想起される必要がある。しかしながら、多種の感覚と運動情報の統合が脳のどの領域で、どのように成されているのかは明らかにされていない。また、この感覚情報と運動情報の統合が、運動イメージにどのような側面に関与しているのかについても明らかにされていない。そこで本研究では、運動イメージ形成に関与する神経機構を明らかにし、その運動学習への効果を明らかにするために、運動イメージ

における感覚情報の働きを明らかにするために、実際の運動遂行における感覚情報の働きと運動イメージの関連性の解明、鮮明な運動イメージは運動学習を促進するのかについての検討を行った。

3. 研究の方法

運動イメージを鮮明に想起することは容易なことではない。その原因として、運動をイメージする時には、運動を視覚的かつ運動が行われたという体性感覚的 (運動感覚的) に想起しなければならないためである。そこで、運動に関連する身体部位の感覚情報を補助的に提示してやることにより、ボトムアップ的に運動イメージの想起を促すことができると考えられる。そこで本研究では、脳波や脳磁図を用いて、イメージされる運動に関連する感覚情報 (体性感覚情報や視覚情報) の働きを解明し、運動イメージの形成に関わる脳領域の働きを調べ、脳活動計測を用いて運動イメージを促進する方法を検討した。

運動制御における体性感覚情報の働き

最初に、運動遂行時の感覚情報の働きについて注目した。運動遂行時には、身体部位の運動状態を視覚情報でモニタし、身体内部の状態を体性感覚情報としてフィードバックしている。そこで、運動遂行と運動イメージに関連する体性感覚情報の働きに注目し、脳磁図を用いて、様々な運動条件時における体性感覚情報の処理を計測した。実験で用いた運動条件は、1) 右手の手掌の上で直径 35mm の 2 個のボールを時計回りに回す条件 (Ball Rotation 条件、図 1) 2) 右手で 2 個のボールを持続的に握る条件 (Ball Grasp 条件) 3) 右手でグーとパーを繰り返す条件 (Stone and Paper 条件) 4) 右手でボールのない状態でボール回しを行っているように指を連続的に収縮させる条件 (Air Rotation 条件) であった。



図 1 手指の巧緻的な Ball Rotation 課題

各運動条件において、体性感覚領域を賦活するために、右手首に電気刺激を与え、その時の脳活動を計測し、4つの運動条件と安静条件で比較した。

運動イメージを用いた運動学習

上記の実験結果を基に、手指の運動遂行時の触覚情報が重要な Ball Rotation 課題に注目し、ボール回し運動のイメージ時に視覚情報と体性感覚情報を提示することで、運動イメージが促進するのかについて検討した。被験者には、運動イメージ中に、あらかじめビデオで撮影したボール回し運動の映像を提示し、同時にモータを用いて2個のボールを回転させることで手掌に体性感覚刺激を与えた。被験者は、ボール回し課題を行ったことないため、運動イメージの学習前にはうまくボール回しの運動をイメージできないが、運動イメージの学習を行うことで、運動イメージがうまく形成されるのかを、脳波計測によって評価した。

4. 研究成果

運動制御における体性感覚情報の働き

これまでの先行研究では、筋収縮中の一次体性感覚領域の活動は低下することが報告されている。本研究においても、一次体性感覚野の活動である 30ms の成分は、4つの運動条件において、安静時と比較して有意な活動の低下がみられた。本研究における注目すべき結果は、刺激提示後約 38ms の成分に特異的な変化がみられた(図2)。

各条件において 38ms の成分の振幅を比較すると、Ball Rotation 課題時のこの成分が他の条件と比較して有意な振幅の増大を示すことが明らかとなった(図3)。すべての実験条件は右手指の運動であるため、Ball Rotation 課題のみに一次体性感覚野の活動増大がみられることは大変興味深い。

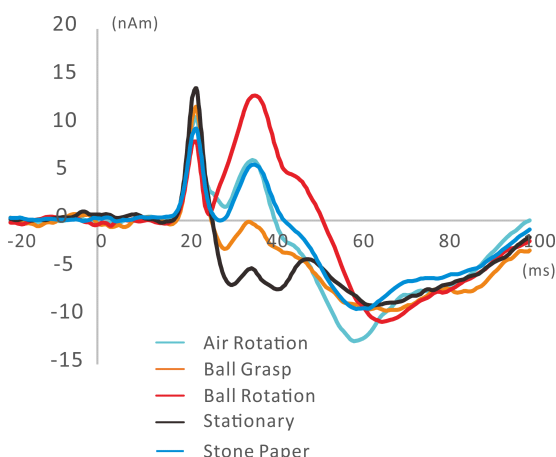


図2 一次体性感覚領域の活動

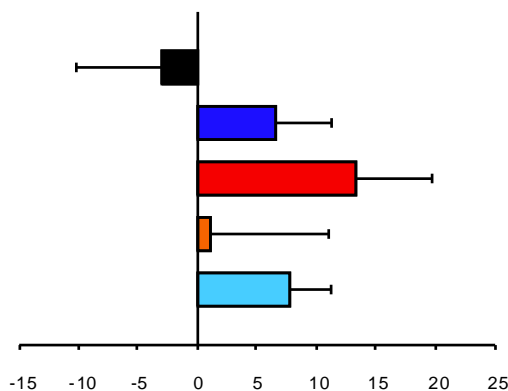


図3 各条件における M38 成分の変動

本実験では、すべての実験条件において、右手指の運動を用いている。物体(2個のボール)を操作する運動を2条件(Ball Rotation 課題、Ball Grasp 課題)、物体を操作しない運動として2条件(Stone Paper 課題、Air Rotation 課題)を設定した。またもう一つの要因として、指の運動の複雑さを操作している。Ball Rotation 課題と Air Rotation 課題は複雑な指の運動であり、Stone Paper 課題と Ball Grasp 課題は単純な指の運動である。Ball Rotation 課題にのみ一次体性感覚野の活動変化がみられたことから、物体を複雑な運動で操作するときには、体性感覚情報の必要性が向上し、一次体性感覚野における活動の促進がみられることが明らかとなった。

運動イメージを用いた運動学習

被験者の内省報告では、感覚情報のない状態で運動イメージを行う時と比較して、視覚情報と体性感覚情報を提示しながら運動イメージを行う時の方が、明瞭な運動イメージを想起できることが明らかとなった。そこで、この装置を用いて運動イメージのトレーニングを行うことで、運動イメージに関する脳活動が向上するのかを検討した。運動イメージのトレーニングには、補助的に視覚情報と体性感覚情報を提示する装置を用いた30秒間の運動イメージを3回行った。運動イメージに関する脳活動の指標としては、運動領域における波(8-13Hz)の脱同期化(ERD)を用いた。

トレーニング前後の運動イメージに伴う脱同期化を比較すると、感覚情報を提示する装置を用いて運動イメージのトレーニングを行うことで、運動領域の波の脱同期化が増大した。運動領域の波の脱同期化は、運動イメージに伴って運動領域が賦活していることを示すものである。この結果は、運動イメージ時に運動に関する感覚情報を補助的に提示することで、運動イメージが明瞭となり、運動イメージの学習が促進することを示唆している。

以上のことから、運動イメージは運動学習に対して用いることが可能であり、運動イメ

ージを鮮明にするために、感覚情報を提示することで、運動イメージの学習硬貨が向上する可能性があることが明らかとなった。

(3) 連携研究者
()

研究者番号 :

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)

(4) 研究協力者
()

[雑誌論文](計1件)

和坂俊昭、身体運動時の体性感覚情報の働き、体力科学、査読有、65、2016、pp. 463-469
DOI : 10.7600/jspfsm.65.463

[学会発表](計8件)

和坂俊昭、柿木隆介、運動遂行における体性感覚領域野の働き、第46回日本臨床神経生理学大会、2016/10/27-29、郡山

和坂俊昭、身体運動制御における体性感覚領域の感覚運動統合、第1回身体運動制御の会、2016/9/23、盛岡

和坂俊昭、木田哲夫、手指ボール回し課題時の体性感覚領域の活動特性、第24回日本運動生理学会学術大会、2016/7/23-24、熊本

和坂俊昭、木田哲夫、運動遂行時の予期しない視覚情報が体性感覚情報処理に与える影響、第70回日本体力医学会大会 2015/9/18-20、和歌山

Wasaka T, Unpredictable visual feedback modulates activation in somatosensory area during movement execution, 17th World Congress of Psychophysiology, 2014/9/ 23-27, Hiroshima

和坂俊昭、自己の身体と運動の認識、第2回運動・行動制御研究会、2014/9/4、徳島

和坂俊昭、運動遂行時における体性感覚情報の働き、第5回奈良女子大学スポーツ科学研究会「運動と体性感覚」、2014/2/14、奈良

和坂俊昭、運動制御における体性感覚情報の役割、第21回日本運動生理学会大会、2013/7/27-28、川越

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和坂 俊昭 (WASAKA, Toshiaki)
名古屋工業大学・工学研究科・准教授
研究者番号 : 6 0 3 9 0 6 9 7

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :