

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700597

研究課題名(和文) 運動観察を利用した運動イメージの神経機構の解明

研究課題名(英文) Analysis of the neural mechanism during simultaneous observation and imagery of an action.

研究代表者

坂本 将基 (SAKAMOTO MASANORI)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教

研究者番号：80454073

研究成果の概要(和文)：本研究では、運動を観察しながら同時にイメージした時には、それぞれを単独で行った時と比べて、脳内の運動に関連する領域(運動野)の活動がどのように変化するかを調べた。その結果、ある運動を観察しながら同時にイメージしたときには、それらを単独でおこなったときより、運動野の興奮性が増大することが明らかになった。このことから、イメージトレーニングを行うときには、同時にビデオなどでその動きを観察することで、トレーニング効果が向上することが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The present study investigated whether combining observation and imagery of an action increased brain excitability over the effects of either manipulation performed alone. Simultaneous observation and imagery of the action facilitated brain excitability as compared to that recorded during observation or imagery alone. It is expected that combining observation and imagery of an action could increase the effects of mental practice.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：運動観察、運動イメージ、運動野

1. 研究開始当初の背景

ヒトは新しい運動スキルを学習する際、身体を動かすことはもちろんだが、同時に自身の運動をイメージしたり他者(もしくはビデオなどで自分)の運動を観察したりする。運動のイメージや観察が学習の成立を促進させることは経験的によく理解されている。運動イメージや運動観察の神経機構を解明し、学習の成立過程を理解することは、神経科学にとって大きな研究テーマとなるばかりで

なく、新たな運動学習プログラムの開発を望むスポーツや教育の現場、さらにはリハビリテーションの分野においても重要な意義を持つ。

近年、脳内の神経細胞の活動を間接的に評価できるとされる機能的核磁気共鳴撮像法などを用いた研究により、運動をイメージしている時や運動を観察している時には、一次運動野、運動前野、補足運動野、前頭前野、小脳といった実際に運動を遂行している時

に活動する脳部位が活動していることが明らかにされた (Decety and Grézes, *Trend Cogn Sci*, 1999; Filimon et al, *Neuroimage*, 2007)。さらに、一次運動野の興奮性を評価する経頭蓋磁気刺激法により、運動のイメージや観察が、一次運動野の活動を数十ミリ秒単位で変化させることも報告されていた (Fadiga et al, *J Neurophysiol*, 1995)。現に応募者自身の研究においても、このことは確認済みであった (Neuroscience 2008 で発表)。これらの知見は、運動イメージと運動観察中の脳の活動状態が、実際の運動中のものと非常に類似していることを示唆しており、「運動イメージや運動観察が動作のパフォーマンスを改善する」ことの科学的根拠となり得るものである。

現在まで、運動の観察と運動のイメージを対象とした研究は独立して行われてきた。しかしながら、実際のスポーツの現場では、ビデオに撮影した自分の動作を観察しながら自身の運動イメージを膨らませることがあり、運動の観察と運動のイメージは必ずしも別々に行われるわけではない。スポーツやリハビリテーション領域におけるイメージトレーニングをより効果的なものにするためにも、運動観察と運動イメージを同時に遂行した時の脳活動を詳細に調べる必要があった。

2. 研究の目的

本研究は、運動のイメージと運動の観察を同時に行ったときには、それぞれを別々に行ったときに比べて、脳内の運動に関連する領域（運動野）の活動がどのように変化するかを検討することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、主に運動指令を筋へ出力するとされる一次運動野の活動を測定することとした。一次運動野の興奮性の評価には、経頭蓋磁気刺激法 (Transcranial magnetic stimulation : TMS) を用いた。TMS は被験者の頭皮上に置いたコイルに電流を流すことによりパルス磁場を作り、その磁場に沿って発生する渦電流によって頭蓋骨下にある大脳皮質の神経細胞を興奮させる方法であり、非侵襲的にヒト大脳皮質の運動関連領域の細胞を刺激することができる (Rothwell, *J Neurosci Methds*, 1997)。TMS を与えた後、対象とする筋に貼付した筋電図上からは運動誘発電位が確認できる。この運動誘発電位の振幅の変化から、大脳皮質一次運動野の興奮性の変動を評価した。運動誘発電位には一

次運動野の活動変化を数十ミリ秒単位で反映することができる利点がある (図 1)。

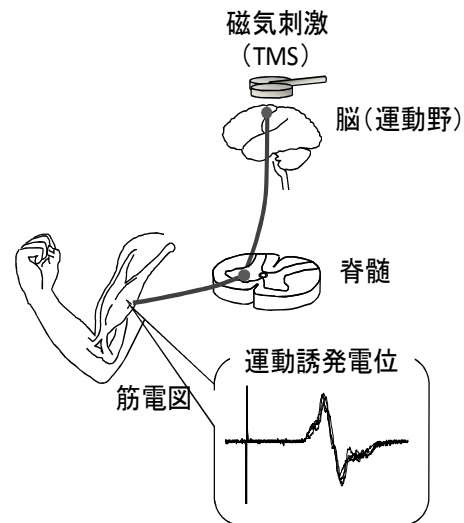


図 1 TMS と運動誘発電位

(1) 実験 1

被験者は神経学的疾患のない健康な大学生・大学院生とした。

観察およびイメージの対象となる動作は、ダンベルを用いた肘の屈曲-伸展運動とした (図 2)。



図 2 観察およびイメージの対象としたダンベル運動

被験者の眼前に設置されたモニター上に、第三者がダンベルの上げ下ろし運動を行っているビデオを流した。課題は、①モニター上の動作をただ単に観察する、②目を閉じて自分自身がダンベルを用いた肘の屈曲-伸展運動を遂行しているイメージを行う、③モニター上のダンベル動作を観察しながら、自分も肘屈曲-伸展運動を遂行しているイメージを行う、の3種類とした。このとき、被験者は筋収縮を行わずに安静を保った。

上記3つの課題を遂行している最中に、上

腕の屈筋を支配する大脳皮質一次運動野を TMS 装置 (マグスティム社, Magstim 200) につないだ 8 の字コイル (マグスティム社) にて刺激した。上腕二頭筋に貼付した筋電図から運動誘発電位を記録し、その振幅を測定した。

(2) 実験 2

本実験では、運動を観察しながらイメージした時の脳活動が、行為者の運動経験に依存するの否かについて検討した。

被験者は、宙返り動作を継続的に 3 年以上行っている大学体操部、トランポリンサークルに所属している学生を体操経験者群とし、宙返り動作を全く経験したことの無い大学生を体操未経験者群とした。

観察およびイメージの対象となる動作は ①体操の経験に関係なく遂行することのできるジャンプ動作と、②体操経験者のみが遂行することのできる宙返り動作 (図 3) であった。これらの動作を観察しながらイメージしたときの、一次運動野の興奮性を被験者の大腿直筋から得られた運動誘発電位から評価した。

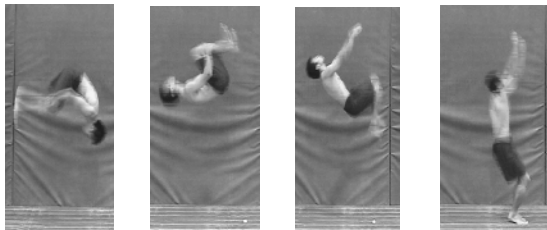


図 3 観察およびイメージの対象とした宙返り動作

4. 研究成果

(1) 実験 1

被験者がダンベルの上げ下ろし運動を観察 (OBS) およびイメージ (IMA) したときに上腕二頭筋で得られた運動誘発電位の振幅 (一次運動野の興奮性) は、安静状態 (control) に比して増大した。さらに、運動を観察しながら同時にイメージを遂行した時には (OBS+IMA)、それらを単独で行ったときより一次運動野の興奮性が顕著に増大することが明らかになった (図 4)。また、このときには、観察する運動とイメージする運動の位相 (タイミング) を一致させる必要があることも確認した。

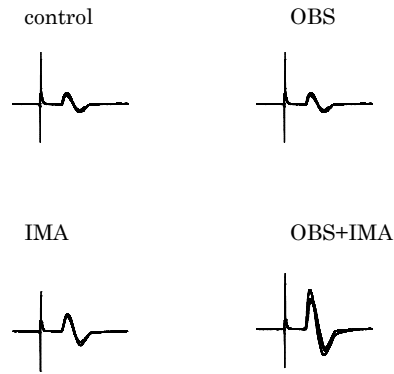


図 4 運動誘発電位 (運動野の興奮性) の典型例

これらの結果から、運動を観察しながら同時にイメージを行うと、それらを単独で行った時より顕著に一次運動野が興奮することが明らかになった。スポーツ選手やリハビリテーションプログラムの実施者がイメージトレーニングを行うときには、同時にビデオなどでその動きを観察することで、トレーニング効果が向上するかもしれない。

(2) 実験 2

ジャンプ動作を観察しながらイメージした時には、体操経験者と未経験者の一次運動野の興奮性に差が認められなかった。しかしながら、宙返り動作を観察しながらイメージした時には、体操未経験者に比して体操経験者の一次運動野の興奮性が増大した。

このことは、経験したことの無い動作はイメージすることが困難である可能性を示唆している。イメージトレーニングの効果を向上させるためには、実際に身体を使ったトレーニングも取り入れる必要があるのかもしれない。

本研究では、運動を観察しながら同時にイメージを行うことで、一次運動野の興奮性が増大することを確認したに過ぎない。この結果を実際のトレーニングに活かすためには、機能的核磁気共鳴撮像法などを用いて一次運動野以外の脳部位がどのような活動を示すのかを調べなければならない。さらに、脳活動の変化と実際のパフォーマンスの改善にどのような関係が認められるのかについても検討する必要がある。

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. M. Sakamoto, T. Muraoka, N. Mizuguchi, K. Kanosue. Execution-dependent modulation of corticospinal excitability during action observation. *Exp. Brain Res.*, 199(1), 2009, 17-25, 査読有
2. M. Sakamoto, T. Muraoka, N. Mizuguchi, K. Kanosue. Combining observation and imagery of an action enhances human corticospinal excitability. *Neurosci. Res.*, 65(1), 2009, 23-27, 査読有

[学会発表] (計 1 件)

M. Sakamoto, T. Muraoka, N. Mizuguchi, K. Kanosue. Execution-dependent modulation of the corticospinal excitability during action observation. 36th International Congress of Physiological Sciences, Kyoto. 2009, 7. 29

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂本 将基 (SAKAMOTO MASANORI)
早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教
研究者番号：80454073