

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 26 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500630

研究課題名（和文）複雑動作学習におけるモデル映像提示効果に関する運動神経生理学的研究

研究課題名（英文）Effect of observation combined with motor imagery of a skilled hand-motor task on motor cortical excitability

研究代表者

船瀬 広三（FUNASE KOZO）

広島大学・大学院総合科学研究科・教授

研究者番号：40173512

研究成果の概要（和文）：複雑動作課題のモデル映像提示によるイメージ想起によって観察者が未習得者の場合には運動野興奮性は増大し、観察者が既習得者の場合には映像提示のない自己動作イメージ想起によって運動野興奮性は増大した。また、未習得者にこの動作課題を学習させたところ、既習得者と同様、映像提示のない自己動作イメージ想起によって運動野興奮性の増大傾向が認められた。これらの結果は、複雑動作のモデル映像提示がそのイメージ想起に有用であることを示唆するものである。

研究成果の概要（英文）：We examined the effects of observation combined with motor imagery (MI) of a skilled hand-motor task on motor cortex excitability. In the novices, the motor cortex excitability was significantly increased by video clip observation combined with MI. In contrast, MI without video clip observation significantly increased the MEP amplitude of the experts. These results suggest that action observation of a skilled hand-motor task increases the ability of novices to make their MI performing the task. Meanwhile, experts use their own motor program to recall their MI of the task. According to learning of the task, the motor cortex excitability of novice was increased in MI without video clip observation. These results suggest that action observation of a skilled hand-motor task increases the ability of novices to make their MI performing the task.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：模倣・観察，複雑動作，運動学習，ミラーニューロン，経頭蓋磁気刺激

1. 研究開始当初の背景

スポーツ動作においても日常生活動作においても新たな動作を学習する際には、その動作を行っている他者の動作を観察し模倣することが重要な初期ステップとなる。初めて体験する動作であっても、その動作が単純で容易な場合には、それまでの経験によって脳内に記憶されている動作プログラムを引

き出して即座に対応することが可能であるが、経験したことのないような複雑で難しい動作では、ぎこちない動作から始まり徐々に学習が進み、やがてほぼ自動化された動作となる。いわゆる「からだで覚える」という学習過程である。未習得の複雑動作の学習を如何に効率的に行うことができるかどうかは、スポーツスキルの獲得においても重要な意

味を持つことになる。興味深いことに動作学習の初期段階では運動野の興奮性は増大するが、課題動作が学習によって習得されると逆に運動野の興奮性は低下することが報告されている (Lenard 2002; Pascual-Leone et al. 1994)。課題動作が学習・記憶されると、その動作プログラムが脳基底核や小脳皮質等に保存されることによって、動作実行に関与する運動野の関与はかえって低下するものと考えられる。そこで、本研究では、高い巧緻性を必要とする複雑な動作の学習過程における同動作のモデル映像提示効果について、主たる運動出力経路である皮質脊髄路の興奮性について、経頭蓋磁気刺激 (transcranial magnetic stimulation: TMS) による運動誘発電位 (motor evoked potential: MEP) を用いて調べることを目的とし、以下に示す4つの実験を実施した。

2. 研究の目的

(1) 実験 I : 3BCJ 映像観察と MI が運動野興奮性に及ぼす影響—初心者と熟練者の比較—

巧緻性の高い 3-ball cascade juggling (3BCJ) の映像提示による動作イメージ想起 (motor imagery: MI) 時の手指筋支配運動野の興奮性変化について、3BCJ 未習得者 (novice 群) 及び既習得者 (expert 群) を被験者として検討することを目的とした。

(2) 実験 II : 3BCJ 映像観察と MI が運動皮質内抑制及び皮質内促進に及ぼす影響

実験 I で示された両被験者群における 3BCJ 映像観察と MI 条件における MEP 振幅値の変化の機序の一端を探るために、paired-pulse TMS paradigm を用いて、同条件下における各被験者群の短潜時皮質内抑制回路 (short latency intracortical inhibition: SICI) 及び皮質内促進回路 (intracortical facilitation: ICF) (Di Lazzaro et al. 1998; Hanajima et al. 2003; Kujirai et al. 1993) の動態について検討した。

(3) 実験 III : 3BCJ 学習過程におけるモデル映像観察と MI が運動野興奮性に与える影響について—初心者を対象に—

実験 I で示された 3BCJ 映像観察と MI 条件における両被験者群の結果の違いを受けて、novice 群に 3BCJ の練習を行わせて学習させ、その習得度合によって運動野の興奮性パターンが expert 群のパターンに変化するか否かを検討した。

3. 研究の方法

(1) 実験 I

被験者は神経疾患の既往のない右利き健康成人で、3BCJ 未習得者 (novice 群: 21.8 ± 3.8 歳) および既習得者 (expert 群: 20.4 ± 2.5 歳、

広島大学大道芸サークル遊戯団員) 各 10 名を対象とした。MEP は 3BCJ の遂行中、ボールのキャッチ、保持、リリースに関与すると考えられる右手の第一背側骨間筋 (first dorsal interosseous: FDI)、短拇指外転筋 (abductor pollicis brevis: APB)、小指外転筋 (abductor digiti minimi: ADM) から記録した。利き手の判定は、エジンバラ式利き手テスト (Oldfield, 1971) を用いた。また、実験 I~III は広島大学大学院総合科学研究科倫理委員会の承認を得た上で、被験者に実験の主旨、目的、方法について事前に十分説明し、書面による被同意を得て実施した。

TMS には、磁気刺激装置 (Model 200, Magstim, Whitland, UK) および 8 字コイルを用いた。表面電極を被験筋に添付し、FDI 支配運動野を標的として TMS を実施した。被験者に水泳用帽子を着用させた後、左脳半球の右 FDI の最適刺激部位を探索し同定した。最適刺激コイル位置を水泳用帽子上に記し、実験中常に同じ部位に刺激コイルが置けるようにした。TMS の強度は FDI-MEP の安静時閾値 (resting motor threshold: rMT) の約 120% とした。得られた電位は筋腹上に貼付した 1 対の Ag/AgCl 表面電極から周波数帯域 5~3KHz で増幅・導出し (model 7S12, NEC San-ei Co. Ltd., Japan)、サンプリングレート 10KHz で解析用コンピュータに取り込み off-line で解析した (PowerLab System, Scope version 3.7.6, AD Instruments Pty. Ltd., Australia)。

被験者は安楽椅子に安静座位となり、椅子に取り付けたテーブル上に両上肢を回外位で保持し、被験者の眼前約 3m 前方に設置したホワイトボード (120 × 90cm) に提示された VTR 映像を観察した。提示 VTR 映像および被験者の動作 MI 条件は次の 5 条件とした。1) ホワイトボード中央の直径 2cm の黒丸に視点を固定し、安静状態を保持する条件 (control)、2) 3BCJ の MI を行わない観察条件 (3BCJ obs)、3) 3BCJ の MI を行う観察条件 (3BCJ obs+MI)、4) ボールを使用しない疑似 3BCJ (pseudo-3BCJ) の MI を行う観察条件 (p3BCJ obs+MI)、5) アイマスク着用状態での 3BCJ の自己動作 MI 条件 (3BCJ self-MI) とした。各条件の実施時間は被験者の集中力の維持を考慮して 60 秒間程度とし、5 条件をランダムに 1 セットとし、休憩を挟んで 2 セット実施した。3BCJ obs 条件では MI は行わず映像観察のみを行うように指示した。また、3BCJ obs+MI 条件では「映像と同調してボールを扱っているようにイメージして下さい」と指示し、p3BCJ obs+MI 条件では「映像と同調して腕だけを動かしているようにイメージして下さい」、3BCJ self-MI 条件では「自分自身が 3 つ玉ジャグリングを行っているイメージをして下さい。」と指示した。MI は検査者

の開始の合図で行い、MI 開始約 10 秒後から TMS を開始し 5~6 秒毎に TMS を与えた。背景筋電図が認められた MEP 記録は分析から除外し、各条件 15 例程度の MEP を記録した。TMS のタイミングは 3BCJ の特定の動作位相に同期しないよう注意し、手動トリガーにより行った。図 1 に実際に被験者が観察した 3BCJ 及び p3BCJ の提示映像の静止画像を示す。また、TMS 実施前に映像提示条件の MI の練習を行わせ、visual analog scale (VAS, 10mm の直線上に MI 程度に応じて印をつける) による MI 程度の内省報告を求めた。練習試行に続いて各実験条件実施直後に VAS 測定を行った。

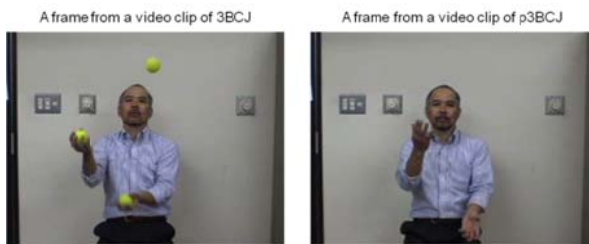


図 1. 被験者が観察した 3BCJ 及び p3BCJ の提示映像の静止画像。

(2) 実験 II

被験者は神経疾患の既往のない右利き健康成人で、3BSJ 未習得者 9 名 (novice 群: 22.0 ± 2.5 歳) および 3BSJ 既習得者 (expert 群: 21.6 ± 1.9 歳, 広島大学大道芸サークル遊戯団員) 9 名 (内 6 名は実験 I にも参加) を対象とした。実験 I において筋間に有意差が認められなかった結果を受けて、実験 II では MEP 誘発筋を右 FDI のみとした。FDI-MEP の rMT 強度の 80% に設定した条件刺激 (conditioning stimulus: CS) に続いて、rMT 強度を 120% に設定した試験刺激 (test stimulus: TS) を与えた。TS と CS の interstimulus interval (ISI) を 3ms と 12ms に設定し SICI と ICF を観察した。TS によって誘発される MEP 平均振幅値の範囲は、novice 群では $0.71 \sim 1.45\text{mV}$, expert 群では $0.69 \sim 1.43\text{mV}$ であった。実験 I と同様、各条件の実施時間は被験者の集中力の維持を考慮し 60 秒程度とし、5 条件をランダムに 1 セットとし、休憩を挟んで 2 セット実施した。TMS 実施法、筋電位の増幅・記録、実験条件は実験 I と同様とした。

(3) 実験 III

被験者は神経疾患の既往のない右利き健康成人で 3BCJ が出来ない学生 10 名とした (21.7 ± 0.48 歳, 男性 1 名, 女性 9 名)。MEP の誘発・記録、3BCJ の映像提示方法及び VAS の記録については実験 I で用いた方法に準じた。実験条件は、1) ホワイトボード中央の直径 2cm の黒丸に視点を固定し、安静状態を保持する条件 (control), 2) 3BCJ の MI を行わない観察条件 (obs), 3) 3BCJ の MI を行

う観察条件 (obs+MI), 4) アイマスク着用状態での 3BCJ の自己動作 MI 条件 (self-MI) とした。被験者内での 3BCJ 動作スキルの習得に伴う MEP 振幅変化を検討するため、被験者 1 名につき 3 回の MEP 測定を行った (実験試行: 1st, 2nd, 3rd)。被験筋は FDI と ADM とした。実験の間隔は 4~6 日とし、この間 3BCJ 習得のために被験者にテニスボール 3 つを与えて練習をするように指示した。被験者への練習の意識付けと振り返りを目的とした記録表を配布し、練習時間とボールタッチ回数を記録させた。スキル習得のための教示は左右の手に持ったボールの数が入れ替わる動作を 1 つの動作単位として実技とともに説明し、その他の教示は行わなかった。また、練習期間中の練習回数や時間の設定はせず、次回測定時にジャグリングテストを行うことのみを伝えた。3BCJ テストは MEP 測定前に 5 回行い、ボールタッチ回数の平均値を記録した。

4. 研究成果

(1) 実験 I

図 2 に VAS score の結果を示す。条件間に有意差はなかったが被験者間に有意差が認められた。また、有意な交互作用が認められた。多重比較の結果、expert 群において 3BCJ obs+MI 条件と 3BCJ self-MI 条件間、及び p3BCJ obs+MI 条件と 3BCJ self-MI 条件間にそれぞれ有意差が認められた。

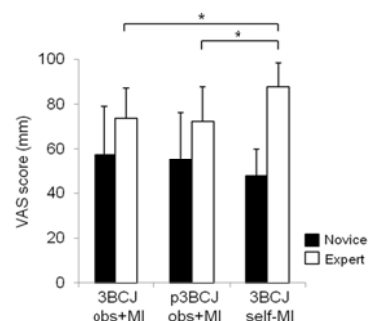


図 2. 各被験者群の VAS score (mm) の平均値 (\pm SD). * $p < 0.05$.

図 3 に novice 群 (A), expert 群 (B) 各条件における MEP 振幅値 (% of control) の平均値 (\pm SD) を示した。両被験者群とも筋間に有意差は認められなかったが、条件間に有意差が認められた。交互作用は認められなかった。多重比較の結果、novice 群では 3BCJ obs 条件と 3BCJ obs+MI 条件間、3BCJ obs+MI 条件と p3BCJ obs+MI 条件間 ($p < 0.01$), 及び 3BCJ obs+MI 条件と 3BCJ self-MI 条件間に有意差が認められた。一方、expert 群では 3BCJ obs 条件と 3BCJ self-MI 条件間、3BCJ obs+MI 条件と 3BCJ self-MI 条件間、及び p3BCJ

obs+MI 条件と 3BCJ self-MI 条件間に有意差が認められた。

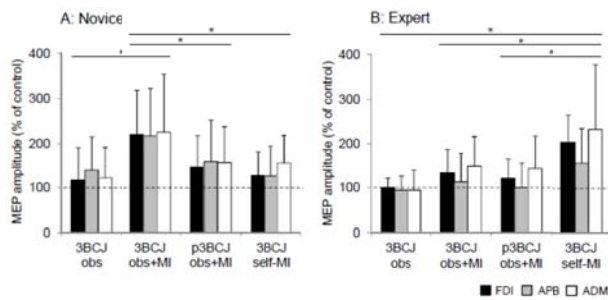


図 3. Novice 群 (A) 及び expert 群 (B) における各条件の MEP 振幅値 (% of control) の平均値 (\pm SD). * p <0.05.

これらの結果から novice 群では、提示映像に同調した MI 条件で運動野の興奮性が増大し、expert 群では自身が既に習得している動作プログラムにしたがった MI 条件で運動野の興奮性が増大することが示された。したがって、3BCJ の未習得者群では映像観察と MI を組み合わせることが重要であると考えられる。他者動作の観察によって運動野の興奮性は変化するという報告 (Strafella and Paus, 2000; Gangitano et al. 2001) があるが、被験者への観察時の指示については詳しく述べられておらず、被験者が他者動作の観察に伴って無意識に MI を行った可能性は排除できない。両群ともに提示映像の観察のみでは運動野の興奮性増大は認められなかったが、提示映像の観察に加えて MI を行ったり、自己動作の MI によって運動野の興奮性増大が認められた。Roosink and Zijdwind (2010) の実験では、passive な観察 (ただ観察するのみ) よりも active な観察 (模倣する意図を持った場合) のほうが運動野の興奮性が高まったことを報告している。実際には動作を行っていないにも関わらず映像観察と MI の組み合わせによって運動野の興奮性増大が見られた背景には、ミラーニューロンシステム (MNS) との関連性が考えられる。MNS は、他者の動作を観察する際に活動するニューロン群のことで、下頭頂葉、腹側運動前野、下前頭領域、運動野にあるとされる (西谷ら 2002)。他者動作観察時における運動野の興奮性変化は腹側運動前野からの投射を介した MNS からの入力により生じた変化であると考えられている (Cerri et al. 2003; Fadiga et al. 2005; Maeda et al. 2002)。Vogt et al. (2007) は fMRI を用いて practiced なギターコードと non-practiced なギターコードの観察・模倣・実行時の脳活動を調査したところ、non-practiced なコードのほうが MNS の活動が高まり、MNS は模倣学習の初期で働くことを報告している。MNS はすでに習得された動作よりも未習得な動作をイメージする際に働くと考えられ、今回の結果を支持しており、novice 群の 3BCJ obs+MI 条件で見られた MEP

振幅の増大の背景には、MNS の賦活が関与している可能性を示している。Sakamoto ら (2009) は、TMS を運動観察、観察と MI を組み合わせて実施した結果、組み合わせ実験群で運動野の興奮性増大が見られたと報告している。Stefan et al. (2008) は TMS 誘発性手指動作のみの練習、TMS 誘発性手指動作方向と一致したモデル映像の観察と練習、TMS 誘発性手指動作と反対方向のモデル映像の観察と練習によってもたらされる MEP 振幅の変化を調べたところ、TMS 誘発性手指動作と一致したモデル映像の観察と練習が最も MEP 振幅を増大させることを報告しており、運動記憶の強化は、観察したモデル映像の動作に一致することが重要であると結論づけている。これらの先行研究は、novice 群の 3BCJ obs+MI 条件で見られた MEP 振幅の増大を支持するものと考えられる。また、Calvo-Merino et al. (2005, 2006) による fMRI を用いた実験では、観察者の運動レパートリーに含まれていない動きの観察よりも、運動経験のある動きのほうが MNS の働きが高まることが報告されている。Expert 群では 3BCJ に対して既に自己動作プログラムが形成されていると考えられ、動作観察が必ずしも MI に影響しなかった可能性が考えられる。VAS の結果からも、novice 群と比較して expert 群では 3BCJ self-MI 条件でスコアが有意に高く、MI の鮮明さを内省報告しており、動作課題の経験の有無や MI 形成の程度が運動野の興奮性に影響しているものと考えられる。

(2) 実験 II

図 4 に novice 群と expert 群、それぞれの各条件での ISI 3ms (A) と ISI 12ms (B) における FDI-MEP 振幅 (安静時単発 TMS による MEP 振幅値に対するパーセンテージ) の平均値 (\pm SD) を示した。両 ISI とも条件間、群間で有意差は認められなかった。

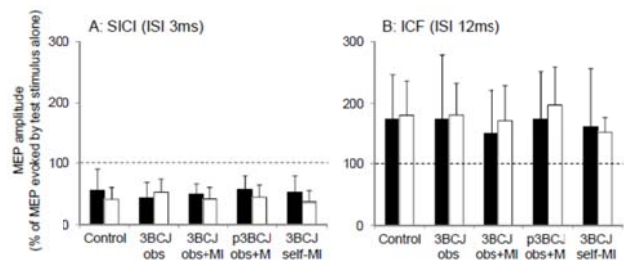


図 4. 各被験者群、各条件における SICI (A) 及び ICF (B) の MEP 振幅値 (% of MEP evoked by test TMS alone) の平均値 (\pm SD)

実験 II の結果から、提示映像の観察と MI 間、被験者群間での SICI や ICF には有意な変化は認められなかった。Smyth et al. (2010) は、新たな手指運動スキルの獲得時には SICI

は減少し ICF は変化しなかったと報告している。運動実行を伴うスキルの獲得においては、SICI が関与しているものと考えられるが、観察や MI 課題においては SICI や ICF は関与しない可能性がある。fMRI を用いた実験で、観察・模倣課題において MNS の活動に加えて、小脳の活動が報告されている (Calvo-Merino et al. 2006; Frey and Gerry 2006; Ertelt et al. 2007)。また、連続する運動の相対的強度や運動の方向を制御したり、多くの並列的・直列的運動の順序を決めることによって、複雑なパターンの筋運動を企画し制御している大脳基底核等の皮質下の脳機能が運動野の興奮性に影響を与えた可能性も考えられる。

(3) 実験 III

図 5 に 3BCJ 未習得者の練習効果を示すボールタッチ回数の平均値 (\pm SE) の変化を示した。個人差は大きいものの練習によって 3BCJ の習得が認められた。

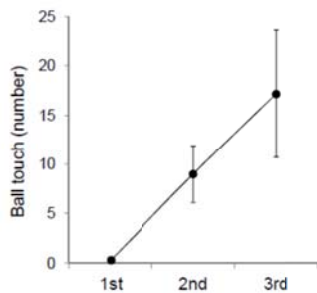


図 5. 各実験試行における 3BCJ テスト (ボールタッチ回数) の全被験者の平均値 ($n=10$, \pm SE) および各被験者の個人データ。各被験者のボールタッチ回数は 5 回のテストの平均値。

図 6 は各試行後に被験者によって報告された VAS の平均値 (\pm SE) である。条件間、実験試行間に有意差が認められ、多重比較の結果、self-MI 条件で実験試行 1st と 3rd 間、2nd と 3rd 間に VAS の有意な増大が認められた。実験試行を重ねるごとに self-MI 条件下における VAS score が有意に増加しており 3BCJ の習得に連れて self-MI 条件でより鮮明な MI が行われたことが示された。

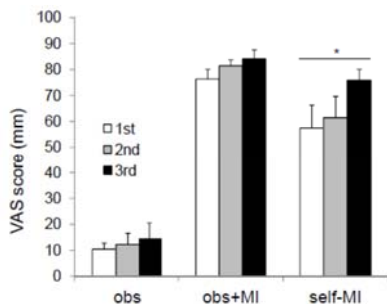


図 6. 各試行直後に測定した VAS の平均値 (\pm SE), * $p<0.05$

図 7 に条件毎に示した各試行別の MEP 振幅値 (ratio to control) の平均値の変化を示した。obs 条件 (図 7A) では、条件間、筋間ともに有意差は見られず、多重比較においても有意差は認められなかった。obs+MI 条件 (図 7B) においても、条件間、筋間ともに有意差は見られなかったが、多重比較の結果、ADM の 1st と 2nd 間に MEP 振幅値の有意な減少が認められた。self-MI 条件 (図 7C) においては、条件間に有意差は見られなかったが、筋間に有意差が見られた。多重比較の結果、有意差は認められなかったものの、ADM の 2nd と 3rd 間に MEP 振幅値の増加傾向が見られた。

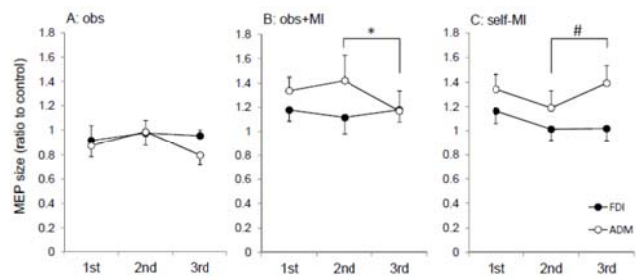


図 7. 実験条件毎に示した各実験試行別の平均 MEP 振幅値の変化 (\pm SE), * $p<0.05$

初回あるいは 2 回目の実験試行時において、obs+MI 条件下で MEP 振幅が増大することは実験 I の結果と一致している。3 回目の測定では更に動作スキルの習得が進んだことで自己動作プログラムの MI 条件である self-MI 条件下においてより MI が明瞭になり、運動野の興奮性が高まったものと考えられる (Williams et al. 2012)。手指動作のスキル習得前には運動野の広い範囲、一次感覚野、感覚連合野、補足運動野、前運動野、頭頂野、前頭前野と視床の一部が活動するのに対し、スキル習得後には主に運動野と小脳、大脳基底核が活動するようになること示されている (Leonard 2002)。また、Pascal-Leon et al. (1994) は、連続反応課題に用いる手指の順序を運動記憶として学習することで手指筋からの MEP が導出される領域が狭くなること報告されており、本実験結果を支持するものであると考えられる。

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 7 件)

1. Izumi Tsukazaki, Kazumasa Uehara, Takuya Morishita, Masato Ninomiya, Kozo Funase, Effect of observation combined with motor imagery of a skilled hand-motor task on motor cortical excitability: difference between novice and expert. *Neuroscience Letters*, 518: 96-100, 2012 (査読有)

2. Takuya Morishita, Kazumasa Uehara, Kozo Funase, Changes in interhemispheric inhibition from the active to resting primary motor cortex during a fine-motor manipulation task. J Neurophysiol, 107: 3086-3094, 2012 (査読有)
3. Kanta Ohno, Toshio Higashi, Ken-ichi Sugawara, Kakuya Ogahara, Kozo Funase, Tatsuya Kasai, Excitability changes in the human primary motor cortex during observation with motor imagery of chopstick use. J Physic Ther Sci, 23: 703-706, 2011 (査読有)
4. Takuya Morishita, Masato Ninomiya, Kazumasa Uehara, Kozo Funase, Increased excitability and reduced intracortical inhibition in the ipsilateral primary motor cortex during a fine-motor manipulation task. Brain Res, 1371: 65-73, 2011 (査読有)
5. Kazumasa Uehara, Takuya Morishita, Kozo Funase, Excitability changes in the ipsilateral primary motor cortex during rhythmic contraction of finger muscles. Neurosci Lett, 488: 22-25, 2011 (査読有)
6. 佐賀里昭, 田平隆行, 長谷川隆史, 磯直樹, 田中浩二, 船瀬広三, 複雑動作や疑似動作の動作観察が皮質運動関連領域に及ぼす影響. 日本作業療法研究学会雑誌, 13: 17-22, 2010 (査読有)
7. Tomohoro 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. Clinic Neurophysiol, 121: 1121-1128, 2010 (査読有)

[学会発表] (計9件)

1. 守下卓也, 上原一将, 船瀬広三, 手指複雑動作課題遂行時における皮質間抑制回路の動態. 第41回日本臨床神経生理学学会, 2011.11.12, 静岡
2. 上原一将, 守下卓也, 船瀬広三, 一側手指の運動リズムの変化が同側皮質一次運動野神経回路網に及ぼす影響について—皮質内抑制, 皮質間抑制の変化に着目して—. 第41回日本臨床神経生理学学会, 2011.11.12, 静岡
3. 塚崎泉美, 守下卓也, 二宮政人, 上原一将, 船瀬広三, 複雑動作映像提示が習得度の異なる観察者の皮質運動野興奮性に及ぼす影響. 第45回日本作業療法学会, 2011.6.24, 大宮
4. Kozo Funase, Izumi Tsukazaki, Asuka Matsuda, Takuya Morishita, Kazumasa Uehara, Masato Ninomiya, Effect of

observation of an unacquired motor task with the motor imagery on motor cortical excitability. 14th European Congress on Clinical Neurophysiology and 4th International Conference on TMS and tDCS, 2011.6.25, Rome, Italy

5. 船瀬広三, 塚崎泉美, 守下卓也, 二宮政人, 上原一将, 複雑動作映像提示が観察者の皮質運動野興奮性に及ぼす影響. 第18回日本運動生理学会, 2010.8.1, 鹿児島
6. Takuya Morishita, Masato Ninomiya, Kozo Funase, Excitability change in ipsilateral motor cortex during complex hand movement. III International Conference of Physical Education and Sports Sciences, 2010.5.26, Singapore
7. Masato Ninomiya, Takuya Morishita, Kozo Funase, Excitability change in the motor cortex of biceps femoris after repetitive knee flexion in a long-distance runner. III International Conference of Physical Education and Sports Sciences, 2010.5.26, Singapore
8. 佐賀里昭, 田口雅也, 長谷川隆史, 田平隆行, 船瀬広三, 複雑動作や疑似動作の動作観察が皮質運動関連領域に及ぼす影響. 第43回日本作業療法学会, 2009.6.19, 福島
9. 東登志夫, 菅原憲一, 木下博, 船瀬広三, 笠井達哉, 運動イメージ想起中の大脳皮質運動野の興奮性変化に対する size-weight illusion の影響. 第3回生理学研究所 Motor Control 研究会, 2009.5.30, 名古屋

[図書] (計1件)

1. 船瀬広三, 真興交易医書出版部, 運動生理学のニューエビデンス, section1-3: 大脳皮質一次運動野の可塑性, 宮村実晴編集, 2010, 462項

[その他]

ホームページ等

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/funase/index1.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

広島大学・大学院総合科学研究科・教授
船瀬 広三 (Funase Kozo)

研究者番号: 40173512