

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 7 月 14 日現在

機関番号：34605

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01546

研究課題名（和文）脳卒中片麻痺上肢の運動イメージ能力を表現する定量的評価手法の開発と臨床応用

研究課題名（英文）Development and clinical application of a quantitative evaluation method for motor imagery ability of hemiplegic upper limb after stroke

研究代表者

森岡 周 (Morioka, Shu)

畿央大学・健康科学部・教授

研究者番号：20388903

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：脳卒中患者の上肢運動イメージ能力を定量的に測定する方法として、両手協調運動課題（BCT）を開発した。BCTを臨床応用した結果、中等度から軽度の上肢運動障害を有している脳卒中患者において、運動イメージ能力は麻痺側上肢の日常生活における使用頻度を増大させ、その使用の際の動作の質に直接的に関係していることがわかった。また、縦断的なケーススタディーによって、運動イメージ能力の基盤と考えられている運動主体感が回復するにつれて、日常生活での上肢の使用頻度が増大し、上肢運動麻痺が改善することが示唆された。一方で、横断調査の結果、脳卒中患者の中には非麻痺側の運動主体感が低下していることも確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中後の運動機能回復において、運動イメージ能力が関連することは多くの研究によって支持されている。また、脳卒中後の上肢運動機能回復に対して運動イメージ課題が貢献することも示唆されている。しかし、これまで開発された運動イメージ能力を評価する方法は、レイティング評価に頼ってきたため、個人のバイアスに大きく影響を受けてしまう問題があった。本研究によって開発された運動イメージ能力の評価法は、個人のバイアスを極力排除できる。今回の研究によって開発された評価法は、リハビリテーション過程において、運動イメージ能力の変化を簡便に調べる方法として有用性が高く、臨床的価値かつ社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We developed the bimanual circle-line coordination task (BCT) as a quantitative method to measure the motor imagery ability of the upper limb in stroke patients. The results of clinical application of the BCT showed that motor imagery ability increased the frequency of daily use of the paralytic side of the upper limb in stroke patients with moderate to mild upper limb motor deficits and was directly related to the quality of movement during the use of the paralytic side. The longitudinal case study suggested that as the sense of agency, which is considered to be the basis of motor imagery ability, was recovered, the frequency of use of the upper limb in daily life increased and the upper limb motor paralysis improved. On the other hand, a cross-sectional study showed that the sense of agency on the non-paralyzed side decreased in some stroke patients.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：脳卒中 運動イメージ 上肢機能 運動麻痺 運動主体感

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 運動イメージ課題は、脳卒中後の上肢運動障害に対して開発され、先行研究によってその効果が検証され、一定の医学的根拠が明確になっている。
(2) 運動イメージの評価については、その鮮明度を主観的に捉える The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) が開発され、リハビリテーション医療において比較的良好に用いられている。しかし、主観を得点化する手続きから、個人のバイアスが混在する可能性が十分考えられる。ゆえに、運動イメージ能力を定量的に捉える評価法の開発が求められる。

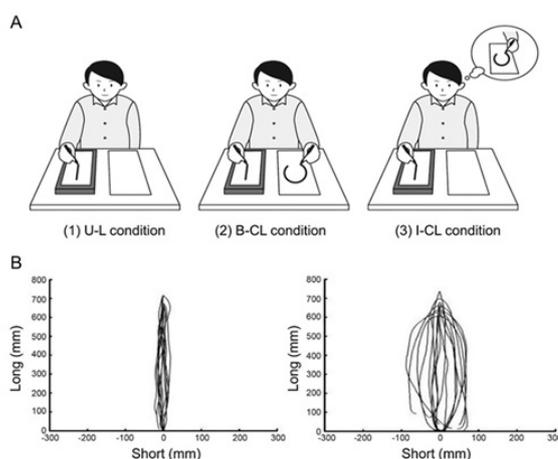
2. 研究の目的

(1) 本研究では、運動イメージ能力の定量的評価として両手協調運動課題 (bimanual circle-line coordination task: BCT) の適応が可能なかを検証する。具体的には、BCT で得られた麻痺側上肢の運動イメージ能力と運動機能ならびに日常生活での麻痺側上肢の使用頻度との関係を探る。
(2) 運動イメージ能力の基盤となる運動主体感と運動機能、ならびに麻痺側上肢の使用頻度の関係を横断的かつ縦断的に捉える。

3. 研究の方法

(1) 実験 1: 対象は脳卒中片麻痺患者 31 名とした。BCT にはタブレット型 PC を使用し、その課題は unimanual-line (U-L): 非麻痺側のみで直線を描く条件、 bimanual circle-line (B-CL): 非麻痺側で直線を描き麻痺側で円を描く条件、 imagery circle-line (I-CL): 非麻痺側で直線を描き麻痺側で円を描くイメージを行う 3 条件 (図 1) で行い、各々 12 秒間 3 セット、ランダムに実施した。描かれた直線を記録し、その軌跡を 1 周期ごとに分解し、その歪みを数値化するために ovalization index (OI = [X 軸データの標準偏差/Y 軸データの標準偏差] × 100) を算出した。

運動麻痺の評価には Fugl-Meyer Motor Assessment (FMA)、日常生活での使用頻度には Motor Activity Log (MAL) の Amount of Use (AOU)、動作の質には MAL の Quality of Movement (QOM) を用いた。



A: 3 条件の概要, U-L condition ; 非麻痺側上肢で直線を描く課題, B-CL condition ; 非麻痺側上肢で直線を描きつつ麻痺側上肢で円を描く課題, I-CL condition ; 非麻痺側上肢で直線を描きつつ麻痺側上肢で円を描くイメージを行う課題. B: 代表的なケースの軌跡, 向かって左は U-L の軌跡, 右は I-CL の軌跡. I-CL の ovalization index から U-L の ovalization index を減算した値を Image OI (運動イメージ能力) と定義した。

図 1 BCT 課題の概要

(2) 実験 2: 対象は脳卒中片麻痺患者 10 名とした。モニタ上に水平に表示されたターゲットラインをなぞるように、ペンタブレット上で水平運動を対象に求めた (図 2)。この際、視覚フィードバックとしてカーソルが表示された。カーソルの動きに、自分のリアルタイムの運動が反映されている場合 (自己運動条件) と、事前に記録した他者運動が反映されている場合 (他者運動条件) を設定した。対象は、自分の実際のペン運動とカーソル運動の時空間的な一致性に基づいて、カーソルが自己運動と他者運動のどちらを反映しているか判断することを求められた。

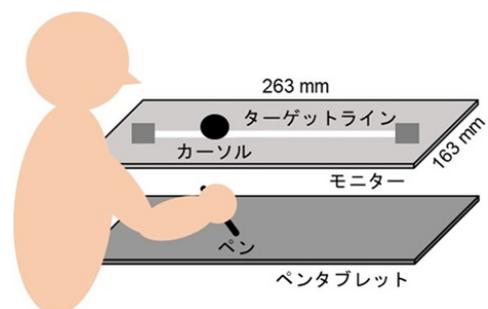


図 2 実験装置

4. 研究成果

(1) 実験 1: OI 値は, UL に対して BCL および ICL で有意な増加を認めた。BCL と ICL の間には有意差が見られず, BCL あるいは ICL の OI 値から UL の OI 値を減算した Image OI 値においても, BCL と ICL の間に有意差が見られなかった。ゆえに, 脳卒中片麻痺患者においても, 運動イメージ能力を有していることが明らかになった。

FMA と AOU の値を用いてクラスター分析した結果, 2 つのクラスター (クラスター 1: 10 名,

クラスター2 : 21名) に分けられた。このうち、クラスター2のみ FMA と AOU あるいは QOM に有意な相関が得られた。クラスター2 のデータを用いて媒介分析を行ったところ、媒介なしの場合では Image OI と FMA の間に有意な相関が認められたが、AOU あるいは QOM を媒介させると、それらの間に有意な相関が示されず、Image OI と AOU あるいは QOM の間に有意な相関、そして、AOU あるいは QOM と FMA の間に有意な相関が確認された (図 3) ¹⁾。

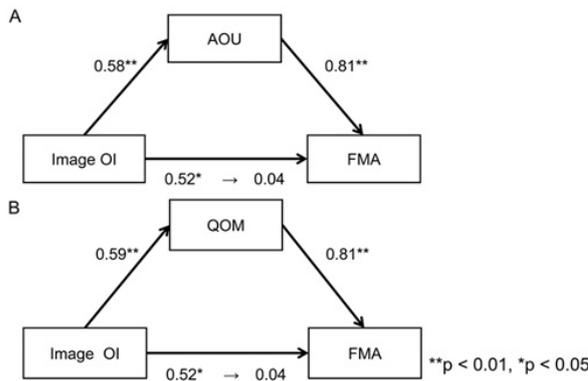
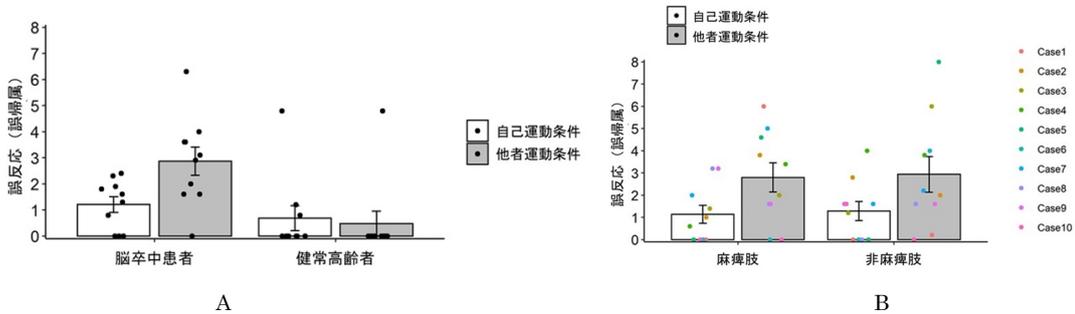


図 3 媒介分析の結果

媒介なしの場合では Image OI と FMA の間に有意な相関をみとめたが、AOU あるいは QOM を媒介させると有意な相関がなくなった。一方、AOU 媒介モデル (A) では、Image OI と AOU の間に有意な相関、AOU と FMA の間に有意な相関を認めた。他方、QOM モデル (B) においても Image OI と QOM の間に有意な相関、QOM と FMA の間に有意な相関を認めた。AOU/QOM を介した Image OI と FMA の間接効果は、ブーストラップ信頼区間 (95%CI) から有意な正の効果を示すことがわかった。

(2) 実験 2 : 健常高齢者に比べ脳卒中患者では、他者運動を自分の運動と判断してしまう誤った自他帰属をすることが示された。また、興味深いことに、この誤帰属は非麻痺肢における運動でも同様に観察された ²⁾。



健常高齢者に比べ脳卒中患者では、他者運動条件において有意に誤帰属 (他者運動のカーソルを自分の運動と判断) したことが示された (A)。また、この誤帰属は非麻痺肢で運動を遂行したときでさえ観察された (B)。

図 3 運動の自他帰属における誤反応

(3) 実験 2 に参加した対象の中から縦断データの抽出が可能であった 2 名の脳卒中患者を対象に、運動主体感と脳卒中後運動障害の関係性について縦断的に検証した。その結果、運動障害がごく軽度で日常で麻痺肢を使用できている脳卒中患者では誤帰属を認めなかった一方、運動障害を有し日常で麻痺肢を使用できていない脳卒中患者では、発症後 4 週目で他者運動を自分の運動と判断してしまう誤帰属を認めた。また興味深いことに、この誤帰属は、運動障害が回復し日常生活で麻痺肢をほぼ正常に使用し出した時点で改善した ³⁾。

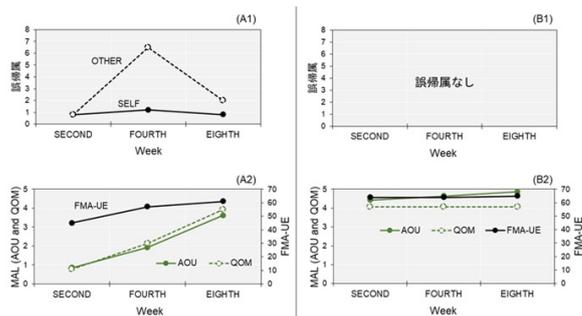


図 4 患者 A・B の誤帰属と上肢運動機能/麻痺肢使用頻度

A1 と A2 は患者 A の結果を示し、B1 と B2 は患者 B の結果を示す。

患者 A では、4 週目で OTHER 条件における有意な誤帰属 (他者運動のカーソルを自分の運動と判断) を認めた一方、患者 B では全ての地点で誤帰属を認めなかった。患者 A の誤帰属は、MAL の値が向上 (日常生活で麻痺肢をほとんど正常に使用) した 8 週目で大幅な改善を認めた。

(4) 上記の実験結果をまとめると、中等度から軽度の上肢運動障害を有している脳卒中患者においては、運動イメージ能力は麻痺側上肢の日常生活における使用頻度を増大させ、その使用の際の動作の質に直接的に関係していることがいえる。また、縦断的なケーススタディーによって、運動イメージ能力の基盤と考えられている運動主体感が回復するにつれて、日常生活での上肢の使用頻度が増大し、上肢運動麻痺が改善することが示唆された。一方で、横断調査の結果、脳卒中患者の中には非麻痺側の運動主体感が低下していることも確認された。これらの見解が、一連の研究によって証明された。

<引用文献>

- 1) Morioka S, Osumi M, Nishi Y, Ishigaki T, Ishibashi R, Sakauchi T, Takamura Y, Nobusako S. Motor-imagery ability and function of hemiplegic upper limb in stroke patients. *Ann Clin Transl Neurol*. 2019 Feb 17;6(3):596-604. doi: 10.1002/acn3.739. PMID: 30911582; PMCID: PMC6414480.
- 2) Miyawaki Y, Otani T, Morioka S. Agency judgments in post-stroke patients with sensorimotor deficits. *PLoS One*. 2020 Mar 18;15(3):e0230603. doi: 10.1371/journal.pone.0230603. PMID: 32187207; PMCID: PMC7080267.
- 3) Miyawaki Y, Otani T, Morioka S. Dynamic Relationship between Sense of Agency and Post-Stroke Sensorimotor Deficits: A Longitudinal Case Study. *Brain Sci*. 2020 May 15;10(5):294. doi: 10.3390/brainsci10050294. PMID: 32429071; PMCID: PMC7288005.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Mizuta N, Hasui N, Nakatani T, Takamura Y, Fujii S, Tsutsumi M, Taguchi J, Morioka S.	4. 巻 10
2. 論文標題 Walking characteristics including mild motor paralysis and slow walking speed in post-stroke patients.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sci Rep	6. 最初と最後の頁 11819
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-68905-3.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Miyawaki Y, Morioka S.	4. 巻 82
2. 論文標題 Confusion within feedback control between cognitive and sensorimotor agency cues in self-other attribution.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Atten Percept Psychophys	6. 最初と最後の頁 3957-3972
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3758/s13414-020-02129-5.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miyawaki Y, Otani T, Morioka S.	4. 巻 10
2. 論文標題 Dynamic Relationship between Sense of Agency and Post-Stroke Sensorimotor Deficits: A Longitudinal Case Study.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Brain Sci.	6. 最初と最後の頁 294
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/brainsci10050294.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Miyawaki Y, Otani T, Morioka S.	4. 巻 15
2. 論文標題 Agency judgments in post-stroke patients with sensorimotor deficits.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLoS One.	6. 最初と最後の頁 e0230603
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0230603.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Miyawaki Y, Otani T, Morioka S.	4. 巻 15
2. 論文標題 Agency judgments in post-stroke patients with sensorimotor deficits.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 PLoS One
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0230603	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miyawaki Y, Otani T, Morioka S.	4. 巻 10
2. 論文標題 Dynamic Relationship between Sense of Agency and Post-Stroke Sensorimotor Deficits: A Longitudinal Case Study.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Brain Sci	6. 最初と最後の頁 E294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/brainsci10050294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fuchigami T, Morioka S.	4. 巻 2019
2. 論文標題 Differences between the Influence of Observing One's Own Movements and Those of Others in Patients with Stroke.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Stroke Res Treat.	6. 最初と最後の頁 2019:3083248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2019/3083248	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Morioka S, Osumi M, Nishi Y, Ishigaki T, Ishibashi R, Sakauchi T, Takamura Y, Nobusako S.	4. 巻 6
2. 論文標題 Motor-imagery ability and function of hemiplegic upper limb in stroke patients.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ann Clin Transl Neurol.	6. 最初と最後の頁 596-604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acn3.739.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Osumi M, Sumitani M, Otake Y, Morioka S.	4. 巻 110
2. 論文標題 Fear of movement modulates the feedforward motor control of the affected limb in complex regional pain syndrome (CRPS): A single-case study.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Med Hypotheses	6. 最初と最後の頁 114-119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mehy.2017.12.002.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ishigaki T, Imai R, Morioka S.	4. 巻 8
2. 論文標題 Association between unintentional interpersonal postural coordination produced by interpersonal light touch and the intensity of social relationship.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Front Psychol	6. 最初と最後の頁 eCollection
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2017.01993.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Osumi M, Sumitani M, Morioka S	4. 巻 236
2. 論文標題 A "matched" sensory reference can guide goal-directed movements of the affected hand in central post-stroke sensory ataxia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Exp Brain Res	6. 最初と最後の頁 1263-1262
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00221-018-5214-6.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計15件(うち招待講演 6件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Miyawaki Y, Otani T, Morioka S
2. 発表標題 Inconsistency between agency judgment and motor control in post- stroke patients: Illusory self-attribution in explicit agency.
3. 学会等名 13th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miyawaki Y, Hayashida K, Morioka S
2. 発表標題 Cue integration strategy for self-other sensory attribution in motor control.
3. 学会等名 21st conference of the European Society for Cognitive Psychology. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayashida K, Miyawaki Y, Nishi Y, Morioka S
2. 発表標題 Diffusion of responsibility and the outcomes on sense of agency.
3. 学会等名 21st conference of the European Society for Cognitive Psychology. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miyawaki Y, Shionaka Y, Morioka S
2. 発表標題 Top-down modulation of motor resonance through affective attitude toward a non-biological object.
3. 学会等名 society of neuroscience 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shionaka Y, Miyawaki Y, Morioka S
2. 発表標題 Influence of anti-social behavior in top-down modulation of motor resonance.
3. 学会等名 society of neuroscience 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤口 諒,池田勇太,高村優作,奥埜博之,森岡 周,河島則天
2. 発表標題 慢性期脳卒中患者の把持力調節の特徴 上肢機能ならびに使用頻度と の関係に着目して
3. 学会等名 第 17 回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森岡周
2. 発表標題 脳科学から身体性システム科学へ
3. 学会等名 第 54 回日本理学療法学術研修大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森岡周
2. 発表標題 身体性の科学とリハビリテーション医学の接点
3. 学会等名 第 56 回日本リハビリテーション医学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森岡周
2. 発表標題 脳科学から身体性システム科学へ-理学療法あるいはリハビリ テーション医療の方向性-
3. 学会等名 第 70 回北海道理学療法学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森岡周
2. 発表標題 身体性システム科学から考える「一歩先」の神経理学療法
3. 学会等名 第 17 回日本神経理学療法学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森岡周
2. 発表標題 身体性システム科学とリハビリテーション
3. 学会等名 第 35 回東海北陸理学療法学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Morioka S
2. 発表標題 Rehabilitation Based on Cognitive Neuroscience Research -The Nature of Medical and Physical Therapy-
3. 学会等名 International workshop for physical therapy in Chulalongkorn University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 1)Morioka S, Osumi M, Ishibashi R, Sakauchi S.
2. 発表標題 The relationship between motor imagery ability and motor function, and frequency of body use in upper limb stroke hemiplegia.
3. 学会等名 12th the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine (ISPRM) World Congress. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森岡 周, 大住倫弘, 坂内 掌, 石橋凜太郎, 小倉 亮, 河野正志
2. 発表標題 脳卒中片麻痺上肢における運動イメージ能力と運動機能ならびに身体使用頻度との関係
3. 学会等名 第52回日本理学療法学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morioka S, Hayashida K, Nishi Y, Osumi M, Nobusako S
2. 発表標題 Sense of agency and motor performance are stronger when an individual is capable of motor prediction
3. 学会等名 Cognitive Neuroscience Society 24th Annual Meeting (Boston 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 森岡 周	4. 発行年 2020年
2. 出版社 協同医書出版社	5. 総ページ数 380
3. 書名 高次脳機能の神経科学とニューロリハビリテーション	

1. 著者名 森岡 周(編)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 杏林書院	5. 総ページ数 241
3. 書名 脳とこころから考えるペインリハビリテーション ひとをみるという志向性	

1. 著者名 吉尾雅春, 森岡周, 阿部浩明 (編)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 医学書院	5. 総ページ数 416
3. 書名 標準理学療法学 神経理学療法学第2版	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>脳卒中後に自他帰属のエラーが生じることを上肢運動タスクで解明 https://www.kio.ac.jp/nrc/press_20200319 脳卒中後の運動主体感は運動障害によって影響されるか？ https://www.kio.ac.jp/nrc/press_20200521 脳卒中後の上肢運動機能に関連する運動イメージ能力(畿央大学ニューロリハビリテーション研究センター) http://www.kio.ac.jp/nrc/kio_nrc_press_20190219 畿央大学ニューロリハビリテーション研究センター http://www.kio.ac.jp/nrc/</p>

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------