

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K19832

研究課題名(和文) 運動イメージの想起能力が巧緻性へ及ぼす影響とメンタルプラクティスの有用性の検討

研究課題名(英文) Examination of the effect of the ability to recall motor images on dexterity and the usefulness of mental practice

研究代表者

入江 啓輔 (Irie, Keisuke)

京都大学・医学研究科・講師

研究者番号：50792264

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は発達性協調運動障害の子どもにおける協調運動と運動イメージ能力の関係について検討するため、脳画像研究のレビューおよび協調運動と運動イメージ能力の関係を調査した。協調運動と運動イメージ能力の評価にはそれぞれ、Movement Assessment Battery for Children second edition (MABC-2) とN式運動イメージテスト(N式テスト)を用いて相関を分析した。その結果、先行研究同様に神経基盤が特定され、それに加えて左右の脳半球間の差が明らかになった。また、MABC-2とN式テストの総得点には強い相関が認められた($r = 0.81$, $p < 0.05$)。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、これまで学童期の発達性協調運動障害児における病態仮説として提唱されてきた運動イメージ能力と協調運動の関係を、3歳～6歳の未就学児においても認められることを明らかにした。今後は運動イメージ能力に対する介入を行うことで、協調運動パフォーマンスを改善させるかについても検討する必要があるものの、未就学児にまで研究を拡張したという点でリハビリテーションの発展に寄与するものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study reviewed brain imaging studies and investigated the relationship between coordinated movement and motor imagery abilities in children with developmental coordination disorder. The Movement Assessment Battery for Children second edition (MABC-2) and the N-type Motor Imagery Test (N-type Test) were used to assess motor coordination and motor imagery ability, respectively, and their correlations were analyzed. The results identified a neural basis as in previous studies, and in addition, revealed differences between the left and right cerebral hemispheres. In addition, a strong correlation was found between the MABC-2 and the total score of the N-type test ($r = 0.81$, $p < 0.05$).

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：発達性協調運動障害 運動イメージ能力 神経基盤 協調運動

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、脳イメージング技術の発展とともに末梢神経損傷や上肢の固定によって脳の一次体性感覚野や一次運動野、補足運動野の活動が徐々に変容していくことが明らかにされている (Qiu et al,2014;Clark et al,2010). さらに、末梢神経障害後の症例に運動をイメージするタスクを課しても運動関連領域の活性化が認められないことが報告されている。つまり、末梢神経損傷や上肢の固定による不使用状態は運動イメージ (Motor Imagery : MI) の想起能力を低下させている。MI 中に活性化される脳領域は実際に運動実行した際に活性化される脳領域と同様であることが明らかになっており、MI 想起能力の低下は運動パフォーマンスに影響を及ぼしている可能性がある。これらより申請者は、末梢神経障害後や上肢の固定に伴う MI 想起能力の低下が手の巧緻運動障害と関連するのではないかと考えた。しかしながら、整形外科疾患における MI 能力の低下には個人差が大きく、検証するためにはサンプルサイズを増やす必要があった。新型コロナウイルスの影響により対象者数が激減したことを受け、研究対象や方法を変更した。

(2) 発達性協調運動障害 (Developmental Coordination Disorder; DCD) は学童期の子どもの約 2~7% に認められ、知能レベルに問題がないにも関わらず、運動協調発達に問題のある子どもと定義されている (American Psychiatric Association, 2013)。システマティックレビューによって DCD 児における運動制御と学習の根本的な問題は、運動の予測制御と特に関連していることが明らかになってきている。具体的には、DCD 児は定型発達 (Typical Development; TD) 児と比べて MI の能力が低下していることが報告されている (Gabbard & Bobbio., 2011)。この MI 能力の問題は「内部モデリングの問題」とも呼ばれ (Wilson et al, 2005)、DCD の子どもの運動学習能力を損なうと考えられている。

2. 研究の目的

- (1) 文献レビューを行い、DCD 児と定型発達 (TD) 児の脳機能の差異を明らかにすること。
- (2) DCD の協調運動の問題をサブタイプに分類し、日常生活動作との関連を調査すること。
- (3) DCD の病態仮説として提唱されている MI 能力の低下について、未就学児を対象とした調査を行うことで不器用さと MI 能力の関係を明らかにすること。

3. 研究の方法

- (1) DCD 児と TD 児の脳機能の差異を明らかにするために、脳機能イメージングに関する文献レビューを行った。データベースは医療に特化した Medline, CINAHAL, AMED, The Cochrane Library を用いて検索した。検索ワードは、('child' or 'child, preschool' or 'paediatric') and ('motor skills disorders' or "developmental coordination disorder" or 'DCD') and ('Magnetic Resonance Imaging' or 'functional connectivity' or 'neural pathways') であった。MRI を中心とした脳機能イメージング法による研究にて報告されている、各ブロードマンエリア (BA) の活動を 1 つずつ DCD > TD、DCD < TD、報告なしに分けて整理することで協調運動に関連する神経基盤を検討した。
- (2) 3 歳から 6 歳の未就学児 45 名 (男児 30 名、女児 15 名、平均年齢 4.7±1.1 歳) を対象にして協調運動の問題をサブタイプ分類し、サブタイプ別の日常生活動作について調査した。協調運動の評価には、国際的なツールである Movement Assessment Battery for Children Second Edition (MABC-2) を用いた。日常生活動作の評価は Functional Independence Measure for Children

(WeeFIM) を測定した。MABC-2 の測定結果から、微細運動の機能を表す Fine score と粗大運動の機能を表す Gross score を算出し、クラスター分析を行った。また、クラスター分析によって分類されたサブタイプごとに Fine score と Gross score の差を検定し、Fine score・Gross score・WeeFIM についてサブタイプ間の多重比較を行った。

(3) 3 歳から 6 歳の未就学児 28 名 (男児 22 名、女児 6 名、平均年齢 4.8 ± 1.1 歳) を対象にして協調運動の問題と MI 能力の関係を調査した。参加者は、MABC-2 の得点により Motor Clumsy (MC) 群と Non Motor Clumsy (NMC) 群に分類した。年齢や性別、言語能力を統制した状態で幼児を対象とした運動イメージテストである N 式テストを実施した。参加者は特定の姿勢を表した絵が描かれた 5 枚のカードを提示され、Part A では、言語指示にマッチした姿勢が描かれた絵カードを選択するように指示された。Part B では、言語指示に従い、対象児自ら特定の姿勢をとるように指示された。立位で 2 回、四つ這いで 1 回、長座位で 1 回、仰臥位で 1 回の合計 5 回実施した。解析は、データの正規性を Shapiro-Wilk 検定にて確認し、Mann-Whitney U 検定を用い、2 群間の N 式テストの合計得点の差を比較した。MC 群と NMC 群を合わせた MI スコアの関係を調べるために、Spearman の順位相関係数を用いて検討した。

4. 研究成果

(1) ニューロイメージングレビューには、20 の MRI 研究が含まれていた。そのすべての研究で、DCD 児は日常生活での問題を経験し、多くは MABC-2 にて評価されていた。結果は図 1 に示すように、脳の活動が $DCD > TD$ の場合、対応する BA を赤で表示した。逆に $DCD < TD$ の場合には、青色で表示した。多くの矛盾する結果を含む場合 ($DCD > TD$ または $DCD < TD$) には紫で表示した。該当する結果が無い場合には、白色で表示した。先行研究同様に、DCD の神経基盤として前頭葉、頭頂葉、大脳基底核、小脳が該当した (Biotteau et al., 2016)。

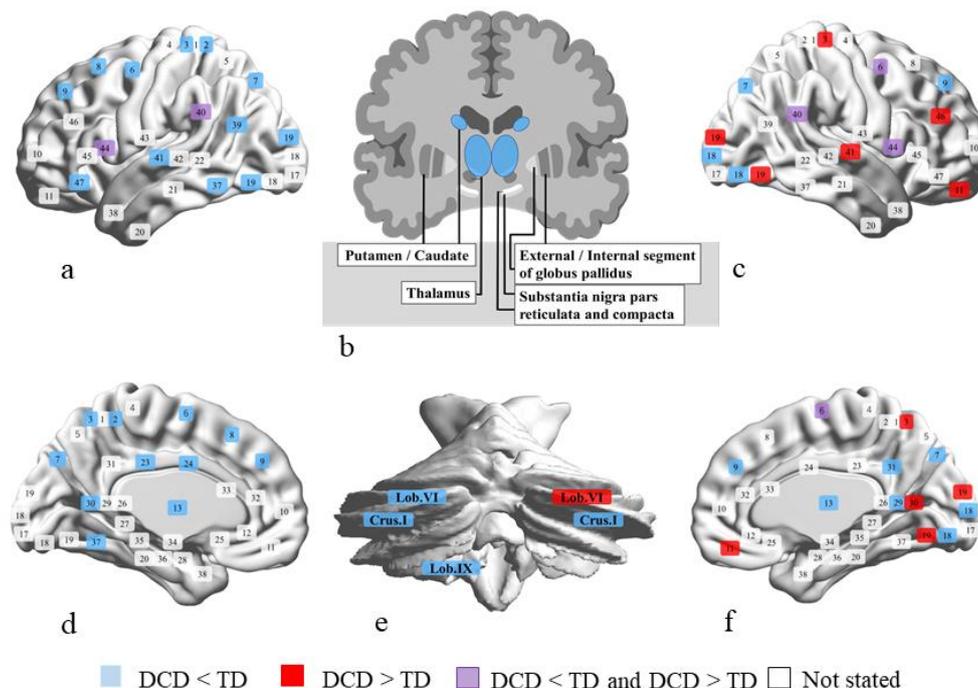


図 1. DCD と TD の脳活動の比較

我々はこれらの知見に加えて、DCD児がTD児よりも左脳の活動が低く、右脳の一部（BA3、11、19、30、41、46、小脳小葉VI）で活動が高くなっていることを見出した。DCD児は、視空間認知、視覚と固有受容覚のマッチングを含むクロスモーダルな情報処理に問題を抱えていることが指摘されている（Gomez et al., 2015）。右脳の活性化は視空間処理による感覚の問題を補おうとした結果である可能性が考えられた。

(2) クラスタ数については、Cubic Clustering Criterion を算出し、適切なクラスタ数が3つであることを確認した。MABC-2を用いたクラスタ分析の結果、対象者は3つのサブタイプに分類した(図2)。Type Iでは、Fine score(13.1±4.9)がGross score (19.9±3.6)より有意に低かった($p<0.001$)。TypeIIでは、Fine score (5.9±3.6)とGross score (7.5±3.7)両方のスコアが最も低く、有意差はなかった。TypeIIIでは、Gross score (23.9±4.2)はFine score (29.5±6.0)より有意に低かった($p=0.018$)。また、上半身の更衣において、Type IIはType IIIより得点が低い傾向

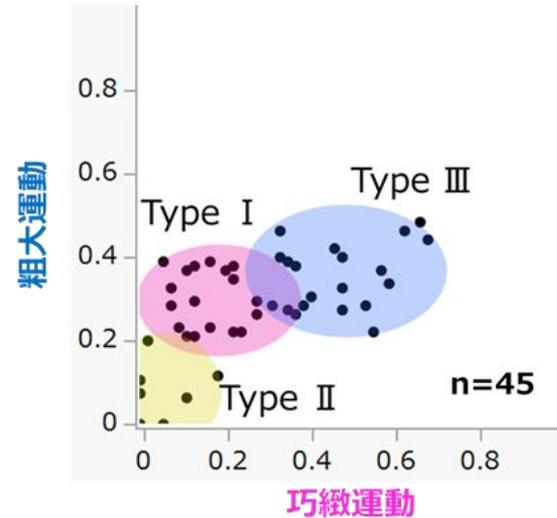


図2. クラスタ分析の結果

($p=0.070$)にあり、下半身の更衣において、Type IIはType IIIより得点が有意に低かった($p=0.046$)。理解と表出では、Type IはType IIIより有意に低く(それぞれ $p=0.011$, $p=0.030$)、TypeIIはTypeIIIより有意に低かった(それぞれ $p=0.013$, $p=0.026$)。Type Iは「微細運動が粗大運動より有意に苦手」、TypeIIは「微細運動と粗大運動の両方が苦手」、TypeIIIは「粗大運動が微細運動より有意に苦手」というタイプであることが示された。さらに、TypeIIの子どもはTypeIIIの子どもに比べて、衣服の着脱が苦手、Type IとType IIの子どもはType IIIの子どもに比べ、コミュニケーション能力が低いという結果であった。

(3) MIに関連する神経基盤として両側PMC、補足運動野、上頭頂小葉および下頭頂小葉、大脳基底核、小脳が報告されている(Hardwick et al., 2018)。これらの脳領域のいくつかはDCDの神経基盤と重複している。そこで、我々はDCDにおける協調運動の問題とMI能力の関係について調査した。

MABC-2のスコアにより2分したMC群(14名)とNMC群(14名)の間に年齢、言語年齢に有意な差は認められなかった(表1, $p>0.05$)。N式テストでは、Part A (MC群: 12.5±4.1, NMC群: 19.0±2.6)およびPart B (MC群: 8.5±3.8, NMC群: 18.0±2.5)の両項目においてMC群はNMC群よりも有意に得点が低いことが明らかになった($p<0.001$)。さらに、N式テストの総得点とMABC-2のスコアには強い正の相関が認められた($r=0.81$, $p<0.05$)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Mukaiyama K., Irie K., Takeda M., Yamashita R., Uemura S., Kanazawa S., Nagai-Tanima M., Aoyama T.	4. 巻 21
2. 論文標題 Load distribution and forearm muscle activity during cylinder grip at various grip strength values	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Hand Surgery and Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 S2468-1229
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.hansur.2021.12.010	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 Irie Keisuke, Yokota Junpei, Takeda Masakatsu, Mukaiyama Kohei, Nishida Yuji, Sato Masaru, Mishima Yasuyoshi, Yamamoto Noritaka, Nagai-Tanima Momoko, Aoyama Tomoki	4. 巻 18
2. 論文標題 Comparison of Forearm Muscle Activation and Relationship with Pressure Distribution in Various Grip Patterns	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Journal of Occupational Therapy	6. 最初と最後の頁 31～37
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11596/asiajot.18.31	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 Irie Keisuke, Zhao Shuo, Okamoto Kazuhiro, Liang Nan	4. 巻 12
2. 論文標題 Examining the Effect of Adverbs and Onomatopoeia on Physical Movement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpsyg.2021.723602	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 Keisuke Irie, Amiri Matsumoto, Shuo Zhao, Toshihiro Kato, Nan Liang	4. 巻 15
2. 論文標題 Neural Basis and Motor Imagery Intervention Methodology Based on Neuroimaging Studies in Children With Developmental Coordination Disorders: A Review.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in human neuroscience	6. 最初と最後の頁 620599
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnhum.2021.620599	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 志岐尾 優太 , 佐賀里 昭 , 入江 啓輔 , 森内 剛史 , 松田 大輝 , 東 登志夫	4. 巻 23
2. 論文標題 化学療法誘発性末梢神経障害を呈した悪性リンパ腫患者の日常生活動作困難感と機能障害との関連	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本作業療法研究学会雑誌	6. 最初と最後の頁 47-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Irie K, Iseki H, Okamoto K, Nishimura S, Kagechika K	4. 巻 32
2. 論文標題 Introduction of the Purdue Pegboard Test for fine assessment of severity of cervical myelopathy before and after surgery	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Phys Ther Sci	6. 最初と最後の頁 210-214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 伊関 浩克, 入江 啓輔, 岡本 聡美, 西村 誠次, 神戸 晃男, 中川 敬夫	4. 巻 -
2. 論文標題 手の寒冷療法が痛み刺激時の脳活動へ与える影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本ハンドセラピィ学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 山下礼華, 入江啓輔, 向山耕平, 竹田将克, 下浦佳南子, 谷間(長井)桃子, 青山朋樹
2. 発表標題 円筒形デバイス (Grip Sensor) の妥当性の検証
3. 学会等名 第5回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 向山耕平, 入江啓輔, 山下礼華, 竹田将克, 下浦佳南子, 谷間(長井)桃子, 青山朋樹
2. 発表標題 円筒把握時の把握力の大きさによる圧力分布と前腕筋活動の特徴
3. 学会等名 第5回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 入江啓輔, 有賀理恵子, 松本杏美莉, 小川明莉, 田平隆行, 梁楠
2. 発表標題 ミスマッチ陰性電位による副詞とオノマトペの感覚情報自動処理に関する検討
3. 学会等名 第15回日本作業療法研究学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 入江啓輔, 竹田将克, 向山耕平, 青山朋樹
2. 発表標題 把握パターンの違いによる圧分布と筋活動の関係
3. 学会等名 第58回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本 杏美莉, 梁 楠, 上田 一, 入江 啓輔
2. 発表標題 ダーツ課題における予測的姿勢制御に対する大脳皮質の関与
3. 学会等名 第98日本生理学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梁 楠, 上田 一, 松本 杏美莉, 田中 伶和, 入江 啓輔
2. 発表標題 ヒト上肢協調運動の短期学習に伴う皮質脊髄路の興奮性変化
3. 学会等名 第98日本生理学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本 杏美莉, 入江 啓輔, 梁 楠
2. 発表標題 片手の運動イメージにおける両側一次運動野の興奮性および半球間抑制の変化-利き手と非利き手に着目して-
3. 学会等名 第14日本作業療法研究学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 入江啓輔, 岡本一宏, 義村さや香, 稲富宏之, 梁楠
2. 発表標題 行為文理解における速度に関する用語が運動シミュレーションに与える影響
3. 学会等名 第14回日本作業療法研究学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 入江啓輔, 義村さや香, 稲富宏之, 十一元三
2. 発表標題 自閉スペクトラム症に対する支援の現状とニーズに関するアンケート
3. 学会等名 第37回障害者歯科学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 入江啓輔, 横田順平, 竹田将克, 青山朋樹
2. 発表標題 グリップ型圧力センサーを用いた把握パターンの違いによる圧分布の検討
3. 学会等名 第32回日本ハンドセラピー学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本 杏美莉, 梁 楠, 上田 一, 入江 啓輔
2. 発表標題 ターツ課題における予測的姿勢制御に対する大脳皮質の関与
3. 学会等名 第98日本生理学会大会(第126回日本解剖学会総会・全国学術集会との合同大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梁 楠, 上田 一, 松本 杏美莉, 田中 伶和, 入江 啓輔
2. 発表標題 ヒト上肢協調運動の短期学習に伴う皮質脊髄路の興奮性変化
3. 学会等名 第98日本生理学会大会(第126回日本解剖学会総会・全国学術集会との合同大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 入江 啓輔, 伊関 浩克, 岡本 一宏, 西村 誠次
2. 発表標題 ハンドセラピーの対象疾患に対する簡易上肢機能検査の改良と検証
3. 学会等名 第31回日本ハンドセラピー学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊関 浩克, 入江 啓輔, 神戸 晃男, 西村 誠次, 影近 謙治
2. 発表標題 手の寒冷療法が痛み刺激時の脳活動へ与える影響
3. 学会等名 第31回日本ハンドセラピー学会学術集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 認知運動機能制御科学研究室
<https://neuroot.hs.med.kyoto-u.ac.jp/CognMotNeurosci/activity.html>

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