

令和 4 年 5 月 18 日現在

機関番号：32610

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K19804

研究課題名(和文)手の心的回転課題を用いた運動イメージ訓練と臨床研究の発展に寄与する基礎的研究

研究課題名(英文)Basic research for training of motor imagery and clinical study using hand mental rotation task

研究代表者

長島 泉(nagashima, izumi)

杏林大学・保健学部・助教

研究者番号：20713548

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文):本研究では,手の心的回転課題の,遂行能力・遂行方略への加齢の影響を調査した.遂行能力の指標には,正答率と,応答時間から運動時間を減じた認知時間を用いた.遂行方略は,手画像の提示角度による認知時間の長さの変化によって推測した.15-88歳の多年代を対象とし,300名を超えるデータを解析した.手背画像では,若者全体と,中年者と高齢者の平均以上の遂行能力を持つ群においては,手画像をイメージ上で回転させて左右手を判断する視覚イメージ方略優位,手掌画像では年齢や能力によらず,イメージ上で手画像に自分の手を重ね合わせるような運動をして左右手を判別する運動イメージ方略優位であった.

研究成果の学術的意義や社会的意義

手の心的回転課題において,手背画像の手の左右を判別する方略が,年齢によって異なること,及び中年期以降は課題遂行能力によって課題遂行方略が異なることの可能性について示すことができた.これは身体を基盤として発達する認知機能やボディイメージが加齢による影響を受けること,及びその時期は中年期ころから始まることを示唆するものであり,学術的意義は大きいと考える.さらに,手の心的回転課題をリハビリテーションに用いる場合は,対象者の年齢と課題遂行能力,及び提示する手画像の種類について,検討・調整する必要があるという知見を得ることができたため,社会的にも貢献しうる成果となった.

研究成果の概要(英文):In this study, we investigated the effects of aging on the performance and strategy of the hand mental rotation task. The correct answer rate and the cognitive time obtained by subtracting the motion time from the response time were used as the index of the performance ability. The execution strategy was estimated by the change in the length of cognitive time depending on the presentation angle of the hand picture. We analyzed data from more than 300 people in multiple age groups aged 15-88. In the back hand picture, the visual imagery strategy was superior in that the hand picture was imaginarily rotated to judge the left and right hands in the whole young people and the group having the performance ability above the average of the middle-aged and the elderly. In the palm picture, the motor imagery strategy was superior in that the left and right hands were discriminated by imagining the movement of superimposing one's hand on the hand picture regardless of age and ability.

研究分野:リハビリテーション科学

キーワード:応答時間 課題遂行方略 運動イメージ 視覚イメージ メンタルローテーション 加齢

1. 研究開始当初の背景

様々な向きに回転させた左右どちらか片方の手が写っている画像を見て、その手が左手か右手かを判断する課題である手の心的回転課題では、左手か右手かを判断する際の方略に関心が集まっている。手画像が提示されてから左手か右手かを判断するまでの応答時間 (Response Time, RT) が長くなったり短くなったりすることは、課題遂行方略を推測する手がかりの一つである。手の心的回転課題を遂行する際に、最も有力だと想定されている方略は、運動イメージ方略である。これは提示された手画像に、実験対象者自身の手を重ね合わせるような運動をイメージするという方略であり、その根拠は RT プロフィールに Medial-lateral (ML) 効果が見られることである。ML 効果とは、中指の指尖が身体中心線側 (medial) に向きイメージ上で手を重ね合わせやすい手画像への RT は短く、重ね合わせにくい反対側 (lateral) では RT は長くなるというプロフィールである。これは、主に手掌画像を用いた手の心的回転課題において年齢を問わず確認されている。一方、若者の手背画像遂行時においては、視覚イメージ方略も確認されている。また脳性麻痺患者では、課題遂行能力の低下と、手背・手掌画像ともに視覚イメージ方略を用いていることが報告されている。この場合の RT プロフィールには ML 効果はみられず、手画像の回転角度のみが RT の長さに影響する。一方、脳卒中者が運動イメージ方略を用いたとする報告もある。

手の心的回転課題はリハビリテーションにおける mental practice のひとつとして応用されようとしている。手の心的回転課題を臨床で使用するためには、その前提として、実験対象者の RT プロフィールに ML 効果が見られる、つまり手の心的回転課題遂行によって潜在的に運動イメージが引き起こされていなければならない。しかし、今まで述べてきたように、どの年齢層の対象者にも、どの課題遂行能力の対象者にも、手背画像でも手掌画像でも、運動イメージが引き起こされているとは限らない。

手の心的回転課題遂行における加齢の影響を検討したこれまでの研究により、若者に比べて高齢者の RT が延長すること、その RT プロフィールに ML 効果が見られること、60 歳台前半の前期高齢者から RT が延長すること、若者に比べて高齢者の正答率が低いことが明らかにされている。しかし、いずれの研究においても、高齢者の手の心的回転課題遂行能力によって、対象者の RT プロフィールに違いがみられるのか、つまり運動イメージが引き起こされるのか否かに違いがみられるのか、については検討されていない。われわれは、高齢者 106 名を手の心的回転課題遂行能力によって 4 群に分け、おのおの群の RT プロフィールを手背画像と手掌画像に分けて検討し、手の心的回転課題遂行能力によって手背画像における課題遂行方略が異なることを見出した (Nagashima et al. 2019)。しかしその研究においても、中年期については検討されていない。中年期は、高齢期の前段階として注目すべき年代である。手の心的回転課題遂行の基盤となっている認知機能は、おおよそ 30 歳前から低下しはじめ、それがゆるやかに 60 歳くらいまで続き、60 歳以降はその傾向が強くなる可能性が示されている。一方、成人期以降 60 歳くらいまでは安定しているとする報告もある。手の心的回転課題における 30-39 歳の中年期の者の RT は、70-81 歳の高齢者のそれよりも短いことも報告されている。しかしその課題遂行方略については検討していない。手の心的回転課題遂行における加齢の影響を検討した研究において、中年期の者を対象とした報告は他にみあたらない。中年期は脳卒中発症が増え始める年代であり、手の心的回転課題を脳卒中のリハビリに臨床応用するのであれば、中年期の対象者における手の心的回転課題遂行方略の検討が不可欠である。また、その中年期の対象者の課題遂行能力差によって課題遂行方略の違いがみられるかについても検討が必要である。その理由は、高齢者において課題遂行能力差によって課題遂行方略の違いがみられる (Nagashima et al. 2019) のであれば、その現象はすでに中年期ではじまっているかもしれないからである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、30 歳未満を若者、30-59 歳を中年、60 歳以降を高齢者として、それら 3 群内において課題遂行能力差によって対象者を分け、その課題遂行能力差によって課題遂行方略の違いがみられるかについて明らかにすることとした。

3. 研究の方法

【研究参加者】

研究参加者は地域在住の右手利きの 307 名で、年齢により 3 年代に分けられた (年代, 年齢幅, 男性/女性; 若者群, 15-29 歳, 23/38 名; 中年群, 30-59 歳, 50/58 名; 高齢群, 60-88 歳, 59/79 名)。中枢神経障害と精神障害の既往がないこと、実験実施時において上肢機能障害と視機能障害がないことを自記式調査票で確認した。利き手をエジンバラ利き手テストで評価し、利き手指数が 65 を超えなかった 6 名は除外した (若者群 3 名, 中年群 3 名)。研究参加者には、書面と口頭にて本研究の目的と方法を説明し書面にて同意を得た。本研究は杏林大学倫理審査委

員会の承認を得て実施された(受理番号: 27-32) .

【実験手順】

静かな部屋において、研究参加者は、外付けキーボードとつながった画面サイズ15.6インチのラップトップコンピュータと顎台が配置された机の前の椅子に着座した。研究参加者が安楽に座位を保てるよう椅子と机と顎台の高さを調整した。ラップトップコンピュータの画面中央と研究参加者の鼻尖との距離は60cmとした。外付けキーボードのFキーには左第2指を、Jキーには右第2指を置かせ、参加者の手元はカバーで覆い隠した。

矢印の左右選択課題をまず実施し、6枚の手画像を用いて手の心的回転課題の練習を行ったのち、手の心的回転課題の本試験を行った。矢印の左右選択課題では、左もしくは右を向いた矢印がそれぞれ15回提示された。手の心的回転課題では、全指が開き、第3指が垂直方向0度となる位置から時計回りに60度おきに6段階に回転された手画像が用いられた。手画像の総提示枚数は、左手・右手×手背・手掌×提示角度×繰り返し4回の合計96枚とした。画像の提示順序はランダムに施行された(図1)。参加者は順次提示された1枚の矢印画像の向きまたは手画像の左右を判断し、左と判断した際にはFキーを、右と判断した場合にはJキーを押して回答した。参加者は可能な限り正確に速く押すよう教示された。これらの矢印や手の画像は参加者が応答すると消失し、次の画像が提示されるまでの1.5秒間、直径3cmの注視点が提示された。画像が提示されてからキーを押すまでの時間と正誤を記録した。これらの画像提示と計測にはE-prime 2.0を用いた。

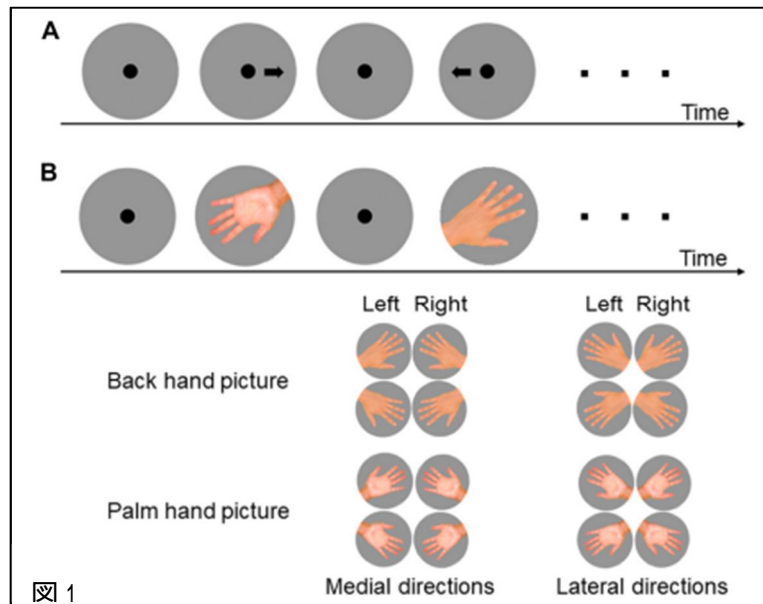


図1

【正答率と応答時間の算出】

研究参加者ごとに、矢印の左右選択課題における正答率と平均RTを算出した。この平均RTを運動反応生成時間とし、左右それぞれ8-15番目に提示された矢印に対するRTが平均された。手の心的回転課題の各手画像においては、正答率を算出するとともに、RTから運動反応生成時間を減算して平均した ΔRT を算出した。RTは正答時のみを算出対象とした。同じ手画像4回すべてを間違えた研究参加者は解析から除外された。

本研究では、 ΔRT をさらに正答率で割ることで逆効率スコア(Inverse Efficiency Score, IES)を算出し、年代ごと手画像の種類ごとにIESの平均値と標準偏差を算出した。各年代において、全手画像で平均した $IES \pm 3SD$ の範囲にあった研究参加者を分析対象とし、年代ごとにIESの短い順に3つのperformance groups (IESの短い順からshort, medium, longグループ)に分けられた。最後に、medialとlateralの手画像(図1)に対する平均IESを算出した。

【統計学的解析とその結果】

年代による手の心的回転課題遂行特徴を確認するために、同じ手画像4回すべて間違えた人数と、各年代の平均値 $\pm 3SD$ の範囲外となった人数について、カイ二乗検定を実施した。また、単純な左右の判断の正確さと素早さの年代による違いを確認するために、矢印の左右選択課題の正答率と運動反応生成時間について、被験者間要因を年代、被験者内要因を左右矢印とした2元配置分散分析を実施した。いずれも危険率は5%未満とした。

performance groupによる手の心的回転課題遂行方略の違いを検討するため、平均IESについて、手背と手掌それぞれの、年代 × performance groups × medial-lateralの3元配置分散分析を実施した。ここで2次の交互作用が見られた際には、年代ごとに単純交互作用を検討した。単純交互作用が有意となった場合は、performance groupsごとに単純・単純主効果の検定を実施した。また、performance groups間の運動反応生成時間の違いを確認するため、一元配置分散分析を実施した。その後の多重比較においてはBonferroni法を用いた。各分散分析における危険率は5%とした。分析ソフトはSPSS Statistics (Ver.24.0)を使用した。

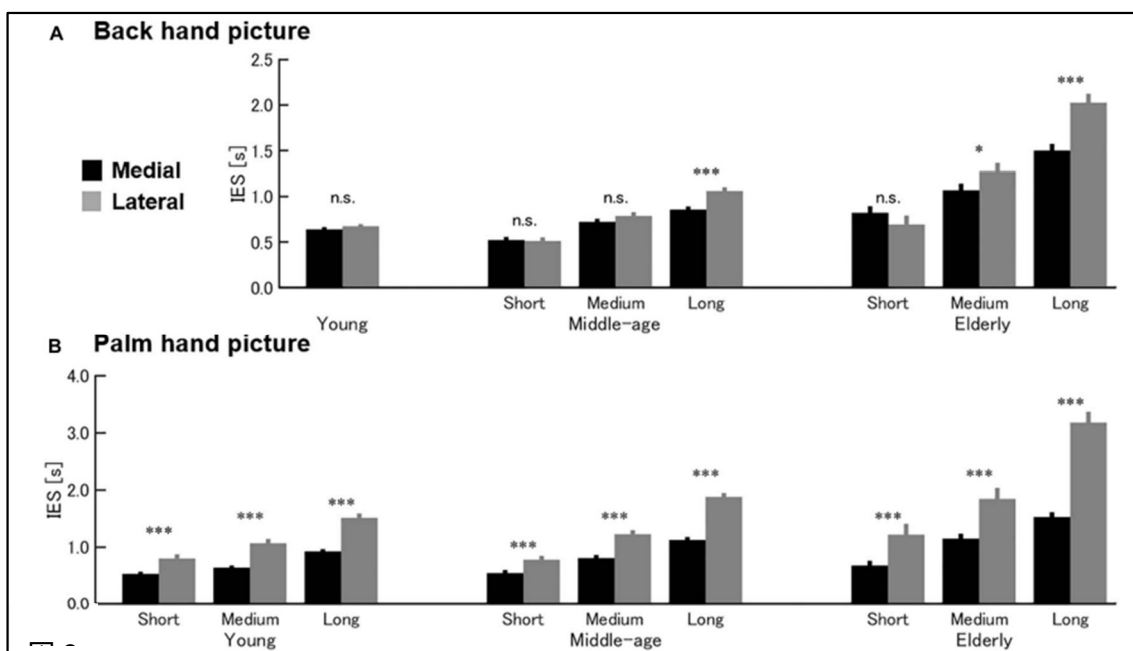
同じ手画像4回すべて間違えた研究参加者は合計54名(若者群2名, 中年群10名, 高齢群42名)で、高齢群は他の年代よりも有意に多かった($p = .000$)。年代ごとのIES平均値 $\pm 3SD$ の範囲に入らなかった者は合計63名(若者群14名, 中年群27名, 高齢群22名)で、年代に

よる違いはみられなかった ($p = .129$)。そのため、分析対象者は 184 名となった。

矢印の左右選択課題の正答率の 2 元配置分散分析の結果、年代の主効果のみみられ、高齢群 (99.1%) は他年代 (若者群, 100%; 中年群, 99.7%) よりも有意に低かった。運動反応生成時間の 2 元配置分散分析の結果、年代の主効果のみみられ、高齢群 (0.40 秒) は他の年代 (若者群, 0.29 秒; 中年群, 0.31 秒) よりも有意に長かった。また、若者群と中年群において主効果はなく、performance groups による違いはみられなかった。高齢群においては、主効果はみられたものの、その後の多重比較においては performance groups による違いはみられなかった。

手背画像の 3 元配置分散分析の結果、2 次の交互作用は有意であったため、年代ごとに単純交互作用を検討した。若者群では、medial-lateral の主効果、および performance groups と medial-lateral の交互作用はみられなかった。中年群と高齢群においては、performance group と medial-lateral の交互作用がみられた。ML 効果は、中年群においては long group のみ、高齢群においては medium と long groups においてみられた (図 2)。

手掌画像の 3 元配置分散分析の結果、2 次の交互作用は有意であったため、年代ごとに単純交互作用を検討した。すべての年代において、performance group と medial-lateral の交互作用がみられた。ML 効果は、いずれの年代のすべての performance group においてみられた (図 2)。



4. 研究成果

本研究では、年代ごとに手の心的回転課題遂行能力によって分けた performance groups において課題遂行方略の違いがあるかを調査した。若者群においては課題遂行能力による方略の違いはなく、手背画像では視覚イメージ方略優位、手掌画像では運動イメージ方略優位であった。中年群と高齢群では手背画像において遂行能力による方略の違いがあった。遂行能力が平均以下の performance group では運動イメージ方略優位、平均以上では視覚イメージ方略優位であった。特に、中年群の手の心的回転課題遂行方略は、これまで明らかではなかったが、高齢群に近い特徴を持つ可能性が示された。一方、手掌画像においては遂行能力によらず運動イメージ方略優位の課題遂行であった。

本研究によって、手の心的回転課題を上肢運動機能回復のための mental practice として用いる場合は、対象者の年齢と課題遂行能力、及び提示する手画像の種類について、検討・調整する必要があるという知見を得ることができた。

本報告は、印刷公表された下記 2 つの論文を完結にまとめたものであり、図は論文 2 から引用した。

1.Nagashima I, Takeda K, Shimoda N, Harada Y, Mochizuki H: Variation in Performance Strategies of a Hand Mental Rotation Task on Elderly. *Front Hum Neurosci.* 2019 Jul 19;13:252. doi: 10.3389/fnhum.2019.00252. eCollection 2019.

2.Nagashima I, Takeda K, Harada Y, Mochizuki H and Shimoda N (2021) Age-Related Differences

in Strategy in the Hand Mental Rotation Task. *Front. Hum. Neurosci.* 15:615584. doi:
10.3389/fnhum.2021.615584

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Nagashima Izumi, Takeda Kotaro, Harada Yusuke, Mochizuki Hideki, Shimoda Nobuaki	4. 巻 15
2. 論文標題 Age-Related Differences in Strategy in the Hand Mental Rotation Task	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 615584
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnhum.2021.615584	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 Nagashima Izumi, Takeda Kotaro, Shimoda Nobuaki, Harada Yusuke, Mochizuki Hideki	4. 巻 13
2. 論文標題 Variation in Performance Strategies of a Hand Mental Rotation Task on Elderly	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 252
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnhum.2019.00252	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 Mochizuki Hideki, Takeda Kotaro, Sato Yutaka, Nagashima Izumi, Harada Yusuke, Shimoda Nobuaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Response time differences between men and women during hand mental rotation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0220414
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0220414	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 長島泉, 武田湖太郎, 望月秀樹, 原田祐輔, 矢倉義久, 下田信明
2. 発表標題 年代によって手の心的回転課題遂行方略は異なる - 遂行時間を用いて分けた群による検討
3. 学会等名 第11回日本ニューロリハビリテーション学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長島泉, 望月秀樹, 武田湖太郎, 原田祐輔, 下田信明
2. 発表標題 高齢者における手の心的回轉課題遂行能力差による課題遂行方略の違い
3. 学会等名 第10回日本ニューロリハビリテーション学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長島泉, 武田湖太郎, 原田祐輔, 望月秀樹, 下田信明
2. 発表標題 手の心的回轉課題遂行方略の年齢による違い
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会/第1回CJK 国際会議(国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

杏林大学保健学部作業療法学科 運動イメージ研究会 http://www.kyorin-u.ac.jp/univ/user/health/MI_hmrt/ 杏林大学保健学部作業療法学科 運動イメージ研究会 http://www.kyorin-u.ac.jp/univ/user/health/MI_hmrt/
--

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
---------	---------