



原著

メンタルローテーション課題における反応速度の違い —個人因子に着目して—

山本陽香¹, 福井渉真², 宮永水紀³, 安田希和⁴, 橋本絢大⁵, 坂口雄哉⁵,
大塚恒弘⁵, 清水大輔⁵, 平上尚吾⁵, 小林隆司⁵, 田中陽一^{5*}

¹ 順心リハビリテーション病院

² みきやまりリハビリテーション病院

³ ふくやま病院

⁴ 西宮協立リハビリテーション病院

⁵ 兵庫医科大学 リハビリテーション学部 作業療法学科

要旨

【背景】

メンタルローテーション (mental rotation: 以下, MR) 課題を用いたり
リハビリテーションは, 運動イメージを用いた介入手段の一つとして広く実
践されてきている. MR 課題に関連する個人因子の検討は, こうした MR
課題の導入や難易度調整において重要である. そこで本研究の目的は,
MR 課題と手指運動能力および過去の活動習慣との関連性を明らかにする
こととした.

【対象】

大学生 70 名を対象とした.

【方法】

過去の活動習慣 (活動内容, 活動期間) についての調査を行った後に,
MR 課題および手指運動能力の評価を行った.

【結果】

これまでの活動内容では手指巧緻性を必要とする活動を実施していたも
のが 13 名, 全身的な活動を実施していたものが 12 名, これらの両活動を
実施していたものが 33 名であった. MR 課題と手指運動能力との間には
有意な相関関係は見られなかった. 一方, 活動習慣に基づく群間比較で
は, 過去の活動期間が長い群の方が短い群よりも MR 課題の成績が有意
に優れていた.

【結語】

これまでの活動期間の長短において, MR 課題に群間差を認めた. 本研
究結果より, 活動習慣といった個人因子を詳細に把握することは, MR 課
題の導入や難易度調整において考慮すべき要因の一助になるのではないか
と思われる.

受付日 2023 年 4 月 2 日

採択日 2024 年 5 月 8 日

*責任著者

田中陽一

兵庫医科大学 リハビリテーシ
ョン学部 作業療法学科

E-mail:

yi-tanaka@hyo-med.ac.jp

キーワード

メンタルローテーション

個人因子

活動習慣

1 はじめに

近年のリハビリテーション領域において, 運動イメ
ージや運動錯覚を用いたりリハビリテーションの効果検証が

活発に進められており, その有用性が証明されてきてい
る¹⁻³⁾. 運動イメージは実際に運動遂行することなしに,
視覚情報や筋固有感覚などを用いて一人称的にイメージ

を行うことを意味し⁴⁾、重度の脳卒中後片麻痺患者においても実際に身体を使った練習と類似した効果を得られることが確認されている⁵⁾。

リハビリテーション場面における運動イメージを惹起させる簡便な手段として、身体の一部である手足の写真を用いたメンタルローテーション (mental rotation: 以下, MR) 課題がある⁶⁾。MR 課題では、画面上に呈示された視覚刺激が右手か左手かを即座に判断するように求められ、判断に掛かった時間 (reaction time: 以下, RT) を測定する。RT は提示される視覚情報の回転角度が大きいほど遅延することが報告されており⁷⁾、左右手の視覚情報をイメージ上で回転させる際には、あたかも実世界の中で回転させているような操作プロセスが脳内に再現されていると考えられている⁸⁾。こうした MR 課題を用いたリハビリテーションは、姿勢の安定性や協調性といった姿勢制御⁹⁾や難治性疼痛患者に対する手指機能の改善¹⁰⁾に有効であったことが報告されており、運動イメージを用いた介入手段の一つとして広く実践されてきている。このような MR 課題を用いた介入効果を最大限発揮するためには、各個人の運動イメージ能力に適した介入を検討する必要がある、そのためにも運動イメージ能力の個人差に対する適切な評価が必要不可欠である。

運動イメージ能力に関連する要因として、年齢¹¹⁾、性差¹²⁾といった要因の他に、手指のポインティング¹³⁾や手のリーチ¹⁴⁾といった運動能力との関連も報告されている。また、健常成人を対象とした研究において、これまでの活動経験の有無が MR 課題のパフォーマンスに関連するという報告もある¹⁵⁾。こうした点を考慮すると、手指運動能力や過去の活動習慣 (活動内容と活動持続期間) といった個人因子が MR 課題に関連している可能性があるが、これまでの先行研究では手指運動能力との直接的な比較や具体的な活動習慣の分析まではなされていない。特に MR 課題と過去の活動習慣の関連が明らかになることで、現状の運動能力だけではなく、これまでの生活歴の把握が、運動イメージ介入を提供する際の重要な視点になりえるかもしれない。そこで本研究の目的は、MR 課題の RT と手指運動能力および過去の活動習慣との関連性を明らかにすることとした。

2 方法

2.1 対象

対象は本学リハビリテーション学部に通う大学生 70 名とした (年齢: 21.1 ± 1.4 歳, 性別: 女性 49 名, 男性 21 名)。対象者には本研究の主旨を文書で説明し、同意を得て行った。尚本研究は、兵庫医科大学の倫理審査委

員会の承認を得て実施した (承認番号: 4585 号 (202403-002))。

2.2 研究手順

過去の活動習慣 (活動内容, 活動期間) についての調査を行った後に、運動イメージ能力と手指運動能力の測定を実施した。

2.3 活動習慣についての調査

Google Form を用いて人口統計学的変数 (年齢, 性別) およびこれまでの活動内容 (ピアノ・手芸など手指の巧緻性を必要とする活動や, サッカー・野球など粗大な活動など)、活動期間 (記載の活動を何年実施していたか, もしくは継続して実施しているか) の調査を行った。尚、活動内容と活動期間は記述式にて回答を求めた。

2.4 運動イメージ能力

運動イメージ能力の測定には、MR 課題を採用した。MR 課題は、提示された画像や物体を心の中で回転させ、その異同を判断する課題である⁶⁾。本研究では、MR 課題の実施に iPhone (Apple California USA) 上で作動するアプリケーション Recognise (Noigroup Ade-

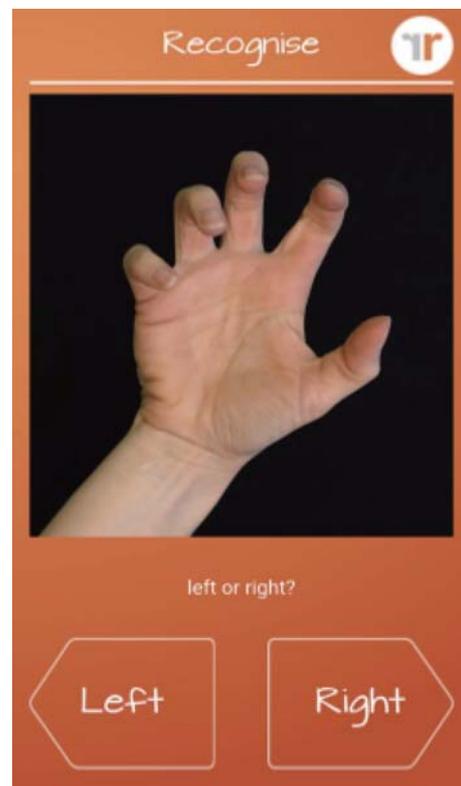


図 1. メンタルローテーション課題の測定画面 (一例)

laide Australia) を用いた。本アプリケーションの信頼性と妥当性は報告されている¹⁶⁾。対象者は、椅子座位姿勢で 6.1 インチの iPhone11 のディスプレイ上に 45° 刻みでランダムに回転表示される手の画像を観察し、提示された画像が右手か左手かを、画面上に表示されている「RIGHT」「LEFT」のボタンアイコンをタッチすることで回答する (図 1)。対象者には事前に、できるだけ早く、かつ正確に判断することを指示した。先行研究を参考に¹⁷⁾、1 施行目はデモンストレーションとして行い、2 施行目のデータを測定値として採用した。2 施行目は提示画像数 10 枚 (右手・左手画像共に 5 枚ずつ)、掲示時間 1 枚当たり 7 秒とし、回答の RT (秒) と正答率 (%) を計測した。統計解析では RT を運動イメージ能力として使用した。先行研究において¹⁸⁾、信頼できるデータ解析のためには正答率は 80% 以上が必要とされているため、正答率が 80% 以下であった対象者は本研究の解析から除外した。

2.5 手指運動能力

手指運動能力の測定には、パデューペグボードテスト (酒井医療社製 A929-1) を用いた。パデューペグボードはパデュー大学で開発された手指運動能力検査である。課題は右手で右側の皿からピンを 1 本つまみあげ、右側の列の最上段にそのピンを置きながら、ワッシャーを左手でつまみ上げる。ピンが差し込まれたらすぐにピンの上からワッシャーを落とす。ワッシャーをピンの上から落としている間に、右手でカラーをつまみ上げる。カラーをピンの上から落としている間に、左手でもう 1 つのワッシャーをつまみ上げ、カラーの上から落とす (図 2)。この組み立て作業をできるだけ早く行うように指示し、1 分間に完成させた部品数を得点とした¹⁹⁾ (以下: ペグテストスコア)。尚、パデューペグボードテスト時に、各参加者の利き手を口頭にて確認し、利き手が左の場合は上記記載の左右を逆にして実施した。

3 統計解析

全対象者の性別、年齢および調査・測定項目の結果を

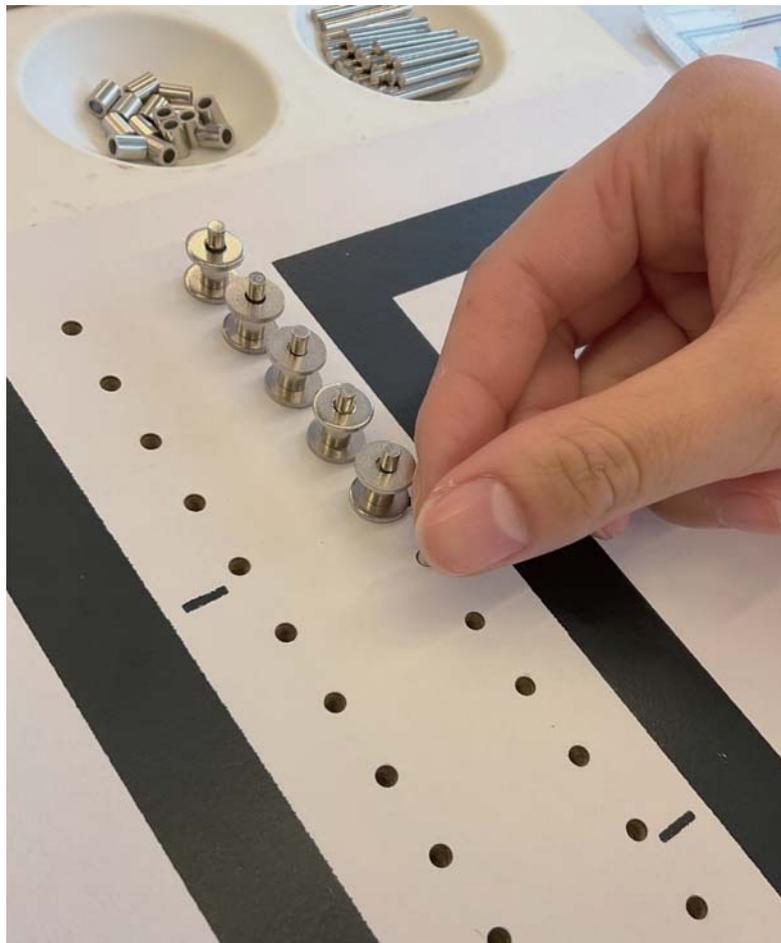


図 2. ペグテストスコアの実施場面

絶対数 (%), もしくは平均 (標準偏差) で示した. 次に, 正規性を確認したうえで, MR 課題の RT とペグテストスコアの相関係数を Spearman の順位相関係数にて求めた. 最後に, これまでの活動習慣によって RT に差が生じるかを検討するために, 活動内容別に群分けした 3 群 (手指巧緻活動経験群, 粗大活動経験群, 両活動実施群), および活動持続期間の平均値で群分けした 2 群それぞれの RT を比較した (Kruskal-Wallis 検定, Mann-Whitney U 検定). これらの統計解析は HAD (ver. 14.101)²⁰⁾を用いて実施し, 有意水準は 5% とした.

4 結果

4.1 対象者情報

本研究では大学生 70 名が参加したが, MR 課題で正答率が 80% 以下であった 9 名, Google Form の調査において欠損があった 3 名を除外し, 統計解析は 58 名で実施した. 表 1 に全対象者情報を示す. これまでの活動内容ではピアノや習字などの手指巧緻性を必要とする活動を実施していたものが 13 名 (手指巧緻活動群), テニスや野球など全身的な活動を実施していたものが 12 名 (粗大活動群), 手指巧緻・粗大両活動を実施していたものが 33 名 (両活動実施群) であった. これらの活動の持続期間は平均 103.7 ± 38.7 ヶ月であった.

表 1. 対象者の基本属性 (n=58)

	人数(%) 平均±SD
性別 (女性)	49名 (84.5%)
年齢	21.1±1.4
MR課題RT (sec)	16.5±5.9
ペグテストスコア	40.7±5.4
活動習慣	
手指巧緻活動群	13名(22.4%)
活動内容: ピアノ, 習字, 編み物, 楽器演奏 etc	
粗大活動群	12名(20.7%)
活動内容: バasketボール, テニス, 野球, バトミントン etc	
両活動実施群	33名(56.9%)
活動持続期間 (ヶ月)	103.7±38.7

MR: メンタルローテーション

RT: 反応時間

ペグテスト: パデュールペグボードテスト

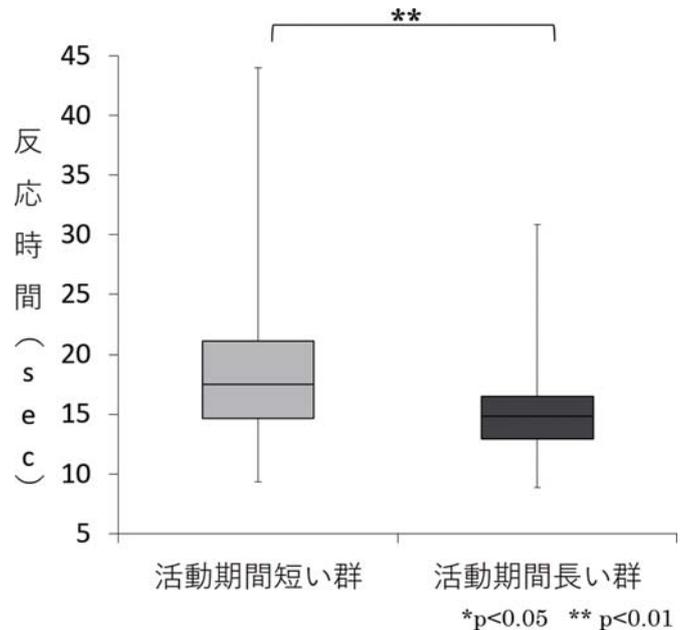


図 3. 活動持続期間を基にした 2 群間の RT 比較

4.2 相関分析

相関分析の結果, RT とペグテストスコアの間には有意な相関関係は見られなかった ($r_s = 0.15, p = 0.26$).

4.3 活動習慣に基づく群間比較

活動内容別の 3 群間では RT に有意な差は見られなかった ($p = 0.881$). 一方, 活動持続期間の平均値 (103.7 ヶ月) を基準に, 平均より期間の長い群と平均より期間が短い群に分類した 2 群間では RT に有意な差が見られ ($p = 0.008$), 活動期間が長い群の方が短い群と比べ RT のパフォーマンスが優れていた (活動期間短い群の RT: 18.6 ± 7.0 秒, 活動期間長い群の RT: 14.9 ± 4.3 秒) (図 3).

5 考察

今回, 大学生を対象に MR 課題の RT と手指運動能力および過去の活動習慣 (活動内容と活動持続期間) との関係性を調査した. 本研究の参加者は, 女性が全体の 85% 弱で年齢は平均 21.1 歳 (± 1.4 歳) であった. 活動習慣では, ピアノ, 習字, 編み物などの手指巧緻活動群が 13 名 (22.4%), バasketボール, テニス, 野球などの粗大活動群が 12 名 (20.7%), 手指巧緻活動および粗大活動の両方経験がある両活動実施群が 33 名 (56.9%) であった.

まず, MR 課題の RT とペグテストスコアの相関分析では有意な相関関係は認められなかった. MR 課題で測定する精神的回転能力は, 加齢とともに経時的に向上

し、10歳ごろには成人と同様のパフォーマンスを示すことが知られている²¹⁾。5~8歳までの児童を対象にMR能力と手指の協調性や器用さの関係を調査した研究では、こうした運動能力がMR能力の強い予測因子であると報告されている^{22, 23)}。このように、精神的回転を実施する際には自身の運動能力が干渉しているとされており、特に児童においてこの関係性が顕著であるが、年長から成人になるに従い、精神的回転における運動能力の干渉は減少していくという報告も存在する²⁴⁾。本研究では大学生を対象としており、ペグテストを用いて検証した「手指」の運動能力においても、前述の先行研究と同様にMR課題に対する干渉が少なく、RTとの相関関係としては表在化しなかったのではないかと考えられる。つまり、成人においては現状の手指運動能力の高低がMR課題には直接影響しないことを示唆しており、リハビリテーション応用の際にも、手指運動能力の低下に関わらず、幅広い対象者に導入していくことが可能ではないかと考えられる。

次に活動習慣とMR課題の関係性については、活動内容ではなく、活動の持続期間に基づく群間において、RTに有意差が認められた。先行研究では、大学生において教育科の学生よりも、音楽科、スポーツ科に属している学生の方がMR能力が優れていることを報告している¹⁵⁾。また、ジャグリングやスポーツ活動のトレーニングを一定期間実施するとMR課題のパフォーマンスが向上することが報告されている^{25, 26)}。こうした先行研究を考慮すると、これまでの活動内容もMR課題のRTに関連することが想定されたが、本研究では活動内容別の3群間の比較では有意差を認めなかった。今回は研究参加者から得られた活動内容を、大きく「手指巧緻性活動」、「粗大活動」に群分けして分析を実施した。しかし、「手指巧緻性活動」に分類した「ピアノ」や「習字」を比較しても、手指を使用するという点では類似しているが、活動実施に必要な身体技能や精神機能は完全に一致しているわけではなく、個々の活動ごとに相違が存在する。本研究で使用した群間比較ではこうした活動間の相違が影響し合い、RTとの関連性が抽出できなかった可能性がある。今後は、群分けではなく、個々の活動ごとにRTとの関連性を検討することでMRと親和性の高い活動が抽出できるかもしれない。本研究では、活動内容問わず、どれだけ活動を実施してきたかという活動期間がMR課題のRTに関連している可能性が示唆された。この点は、前述の先行研究を肯定する結果であると考えられる^{25, 26)}。リハビリテーション場面においても、生活歴の聴取として活動内容に留まらず、活動頻度や活動期間も評価することが、MR課題の導入や難

易度調整の点においても重要ではないかと考えられた。本研究の限界点として、大学生を対象としているため、本研究結果をそのままリハビリテーションでの利用者に適応することは難しいと考えられる。また、前述の通り研究参加者が少なく、RTと個々の活動内容ごとの検証には至っていない。今後、参加者数を増やし、個々の活動ごとにMRとの関連を検討することで本研究とは異なった結果が得られる可能性も考慮する必要がある。

6 結論

本研究では大学生を対象にMRと個人因子との関連性についての調査を行った。これまでの活動期間の長短において、MR課題のRTに群間差を認めた。本研究結果より、活動習慣といった個人因子を詳細に把握することは、MR課題の導入や難易度調整において考慮すべき要因の一助になるのではないかとと思われる。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) Gaggioli A, Morganti F, Walkeret R, et al.: Training with Computer-Supported Motor Imagery in Post-Stroke Rehabilitation. *Cyberpsychol Behav* 7: 327-32, 2004
- 2) Mihara M, Hattori N, Hatakenaka M, et al.: Hino and Ichiro Miyai based Training in Poststroke Victims: A Pilot Study – Imagery mediated Neurofeedback Enhances Efficacy of Motor – Near-infrared Spectroscopy. *Stroke* 44: 1091-8, 2013
- 3) García Carrasco D, Aboitiz Cantalapiedra J.: Effectiveness of motor imagery or mental practice in functional recovery after stroke: a systematic review. *Neurologia* 31:43-52, 2016
- 4) Dickstein R, Deutsch JE.: Motor imagery in physical therapist practice. *Phys Ther* 87: 942-953, 2007
- 5) Page SJ, Levine P, Leonard A.: Mental practice in chronic stroke: Results of a randomized, placebo-controlled trial. *Stroke* 38: 1293-1297, 2007
- 6) Shepard R, Metzler J.: Mental rotation of three-dimensional objects. *Science* 171: 701-7039, 1971
- 7) Parsons LM.: Temporal and kinematic properties of motor behavior reflected in mentally simulated action. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 20: 709-7309, 1994



- 8) Vingerhoets G, Lange FP, Vandemaele P, et al.: Motor imagery in mental rotation: An fMRI study. *Neuroimage* 17:1623-1633, 2002
- 9) Hofmann P, Jansen P.: The Relation of Mental Rotation and Postural Stability. *J Mot Behav* 55: 580-593, 2023
- 10) Moseley GL.: Graded Motor Imagery for Pathologic Pain A Randomized Controlled Trial. *Neurology* 26; 67: 2129-34, 2006
- 11) Mulder T, Hochstenbach JB, Heuvelen MJ, et al.: Motor imagery: The relation between age and imagery capacity. *Hum Mov Sci* 26: 203-211, 2007
- 12) Subirats L, Allali G, Briansoulet M, et al.: Age and gender differences in motor imagery. *J Neurol Sci* 15: 391: 114-117, 2018
- 13) Skoura X, Papaxanthis C, Vinter A, et al.: Mentally represented motor actions in normal aging. I. Age effects on the temporal features of overt and covert execution of actions. *Behav Brain Res* 165: 229-239, 2005
- 14) Robinovitch SN, Cronin T.: Perception of Postural Limits in Elderly Nursing Home and Day Care Participants. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 54: B124-30, 1999
- 15) Pietsch S, Jansen P.: Different mental rotation performance in students of music, sport and education. *Learn Individ Differ* 22: 159-163, 2012
- 16) Williams LJ, Braithwaite FA, Leakeet HB, et al.: Reliability and validity of a mobile tablet for assessing left/right judgements. *Musculoskelet Sci Pract* 40:45-52, 2019
- 17) 合田明夫, 安彦鉄平, 村田伸他. 他. : 児童のロコモティブシンドローム発生と運動イメージ想起能力との関連. *ヘルスプロモーション理学療法研究* 10: 183-188, 2021
- 18) Kodama T, Morita K, Doi R, et al.: Neurophysiological analyses in different color environments of cognitive function in patients with traumatic brain injury. *J Neurotraum* 27:1577-1584, 2010
- 19) 江藤文夫, 原澤道美, 平井俊策. : 手指巧緻動作における加齢の影響. *日本老年医学会雑誌* 20: 405-409, 1983
- 20) Shimizu H.: An introduction to the statistical free software HAD: suggestions to improve teaching, learning and practice data analysis [in Japanese]. *J Media Inf Commun* 1: 59-73, 2016
- 21) Souto DO, Cruz TK, Fontes PL, et al.: Motor Imagery Development in Children: Changes in Speed and Accuracy With Increasing Age. *Front Pediatr* 13: 8: 100, 2020
- 22) Jansen P, Heil M.: The relation between motor development and mental rotation ability in 5-to 6-year-old children. *International Journal of Developmental Sciences* 4: 6775, 2010
- 23) Jansen P, Kellner J.: The role of rotational hand movements and general motor ability in children's mental rotation performance. *Front Psychol* 16: 6: 984, 2015
- 24) Frick A, Daum MM, Walser S, et al: Motor processes in children's mental rotation: journal of cognition and development. *J Cogn* 10, 18-40, 2009
- 25) Lehmann J, Jansen P.: The influence of juggling on mental rotation performance in children with spina bifida. *Brain Cogn* 80: 223-229, 2012
- 26) Jansen P, Pietsch S.: Physical activity improves mental rotation performance. *Creative Education* 1: 58-61, 2010



Original article

Differences in Response Rates to Mental Rotation Tasks-Focusing on Individual Factors

Haruka Yamamoto¹, Shoma Fukui², Mizuki Miyanaga³, Kiwa Yasuda⁴, Kenta Hashimoto⁵, Yuya Sakaguchi⁵, Tsunehiro Otsuka⁵, Daisuke Shimizu⁵, Shogo Hiragami⁵, Ryuji Kobayashi⁵, Yoichi Tanaka^{5*}

¹ Junshin Rehabilitation Hospital

² Mikiyama Rehabilitation Hospital

³ Fukuyama Hospital

⁴ Nishinomiya Kyoritsu Rehabilitation Hospital

⁵ Department of Occupational Therapy, School of Rehabilitation, Hyogo Medical University

ABSTRACT

【Introduction】

The utilization of mental rotation (MR) tasks in rehabilitation has garnered considerable attention as a modality for motor imagery intervention. To optimize the impact of interventions employing MR tasks, it is imperative to contemplate interventions tailored to the motor imagery proficiency of each individual. Hence, meticulous assessment of individual disparities in motor imagery ability is indispensable for this purpose. This study aimed to clarify the relationships between MR tasks and hand motor skills and previous activity habits.

【Subjects】

Seventy university students were included in this study.

【Methods】

After conducting a survey of past activity habits (specifically, activity type and duration), MR task performance and hand motor skills were assessed. MR tasks were executed utilizing the Recognise application on an iPhone, while manual dexterity was evaluated employing the Purdue Pegboard Test.

【Results】

Thirteen participants had participated in activities necessitating manual dexterity, twelve had participated in activities involving whole-body coordination, and thirty-three had participated in both categories of activities. No significant correlation was observed between MR task performance and hand motor skills. In contrast, in the group comparison based on activity habits, participants in the longer activity history group performed significantly better on the MR task than those in the shorter activity history group.

【Conclusion】

The results of this study showed that there was a difference in MR task performance depending on the time spent on the activity previously. This suggests that a detailed understanding of individual factors, such as activity habits, may help to determine which of them are more important when introducing MR tasks and adjusting their level of difficulty.

Key words: Mental rotation, individual factors, activity habits