

非利き手による筆記作業が注意機能に及ぼす影響

多田 裕紀¹⁾, 原 丈貴²⁾

キーワード：不慣れな動作，ストループテスト，トレイルメイキングテスト

Key words : Unaccustomed movements, Stroop test, trail making test

I. 緒言

人の脳機能には、認知、言語、記憶、遂行、情動等の機能がある。このうち認知機能には、基盤となる注意機能があり、この機能を担っているのが前頭葉の前頭前野である。注意の定義は、「必要な標的に着目して情報の入力、処理、出力を行う脳機能のプロセス」(豊倉, 2008)であり、注意機能には、Sohlberg and Mateer (1989)によって提唱された「持続性注意」、「選択性注意」、「転換性注意」、「配分性注意」の4つのコンポーネントが存在する。まず、持続性注意とは、作業を妨害し得る要因がない静かな環境の中で一定時間作業に集中して取り組む際に発揮される機能である。選択性注意は、テレビや音楽、周囲の騒音、他者の会話などの妨害因子を無視して、本来の作業に集中して取り組む際に必要となる機能である。転換性注意は、1つのことに向けていた注意を他のことに切り替えることで、例えば、メールの返答作業を電話対応のために一時中断し、電話対応の終了後に、再びメールの返答作業に取り組む際に発揮される機能である。一方で、配分性注意は、複数のことに対して同時に注意を向けながら行動する際に求められる機能で、メールの返答作業を中断せずに、電話対応をしながら作業を継続する時などに求められる機能である。これらの注意機能が低下することにより認知機能も低下するといわれ、注意機能の障害は、多くの認知行動障害を引き起こすきっかけになるとされている。

この注意機能を評価する方法として、Stroop test や trail making test (以下, TMT) がある。Stroop test

は、一般的に選択性注意を評価するといわれ、「color naming (以下, CN) 課題」と「incongruent color naming (以下, ICN) 課題」の2つの課題がある。CN 課題は、赤、青、緑、黄の中から画面に示された丸印の色をできるだけ正確に早く答える課題である。ICN 課題は、赤、青、緑、黄の中から、文字が示す色ではなく文字が書かれている色を答える課題である(赤字で「あお」と表示された場合の回答は「あか」となる)。一般的に Stroop test では、CN 課題と ICN 課題を比較すると、ICN 課題の方が反応速度は遅くなり、これをストループ干渉(=ストループ効果)と呼ぶ。反応速度が遅くなる要因としては、色を示す文字の意味に妨害を受けて正確な色を答えるのに影響を受けるためと考えられる。ストループ干渉の大きさは、ICN 課題の測定時間と CN 課題の測定時間の差(以下, 干渉時間)で求めることができ、この時間が短いほどストループ干渉による反応速度への影響は小さいといえる。TMT は、partA と partB の2種類があり、一般的に partA は、選択性注意、partB は、転換性注意、配分性注意を評価するといわれる。TMT-partA は、対象者に1から25までの数字を順番に選択してもらい、最後の25に到達するまでの所要時間を計測するテストであり、TMT-partB は、1から13までの数字と「あ」から「し」までの平仮名がランダムに配置されており、対象者に1→あ→2→い→3…と、数字と平仮名を交互に順番に選択してもらい、最後の13に到達するまでの所要時間を計測するテストである。本研究では、転換性注意、配分性注意を測定するために、TMT-partB を用いた。

また、運動と注意機能の関係についても、Stroop

1) 島根大学大学院人間社会科学部研究科

2) 島根大学教育学部

test や TMT を用いて評価が行われている。Byun et al. (2014) は、低強度 (30% 強度のペダリング運動を 10 分間) の運動が実行機能 (注意・集中, 判断, 計画・行動を調節する高次認知機能) と前頭部の脳血流に及ぼす効果について検討し, Stroop test の測定時間が, 安静時と比べて運動後に有意に短縮したことを報告している。さらに, Byun et al. (2014) は、左前頭前野背外側部と左の前頭極において有意に増加したことを報告している。さらに, Byun et al. (2014) は、左前頭前野背外側部と左前頭極の脳血流の増加は、実行機能の向上と有意な相関がみられたと報告している。また、大森 (2017) が、低強度の運動 (20 分のジョギング) によって、Stroop test の成績は有意に改善したと報告していることから、低強度の運動により選択性注意の機能が向上すると考えられる。加えて、織田ほか (2012) は、近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy: NIRS) を用いて、一過性の運動中 (AT (無酸素性代謝閾値) 強度での 10 分間のペダリング運動) における前頭前野の脳血流の増加と、注意機能との関係について検討した結果、TMT の測定時間は、安静時と比べて運動中に有意に短縮したこと、また TMT の測定時間の短縮幅と TMT 実施時の脳血流 (oxy-Hb 濃度) の増加幅に有意な相関が認められたことを報告している。さらに、AT 強度での 10 分間の運動でも注意機能が向上すること、また運動中の oxy-Hb 濃度の増加が注意機能 (転換性注意, 配分性注意) の向上に関与していることを示唆している。これらの研究より、運動は前頭部の脳血流の増加と注意機能 (選択性注意, 転換性注意, 配分性注意) の向上に関与していることが考えられる。

加えて、習熟していない動作も前頭部を活性化させることが分かっている。人は習熟していない動作 (不慣れた動作) については上手く実行できないが、葛藤を繰り返しながら少しずつ上達し、習熟した動作 (慣れた動作) へと移行していく。この運動学習の過程において、Jenkins et al. (1994) は、前頭前野は新規課題の学習中のみ賦活化し、習熟したスキルでは安静時の賦活レベルと差がないことを述べている。また、同じく Jenkins et al. (1994) は、未習熟であり意識下で学習する場合は、前頭連合野、運動前野、頭頂連合野、小脳が働くが、習熟後の動きには海馬、補足運動野、後頭部領域の働きが重要であると報告していることから、不慣れた動作は、前頭部を活性化させると考えられる。

不慣れた動作として代表的なものに、非利き手での筆記作業や箸操作等が挙げられる。非利き手での動作は、利き手でそれらの動作を行うよりもはるかに困難さを伴

う。その要因としては、非利き手は日常的に使用頻度が少なく、大抵の作業が利き手を使用するため、非利き手で何か作業をすること自体が不慣れた動作であることが考えられる。実際に、村山・村田 (2012) は、利き手が右利きの者を対象に、利き手または非利き手のみを用いて渦巻きを書く作業を実施した時の前頭葉の活動について、NIRS を用いて検討した結果、利き手よりも非利き手を使用した方が、前頭葉の脳血流の増加に有効であることを示している。また小林 (2017) は、NIRS を用いて、利き手と非利き手での書字活動時における脳血液動態について検討しており、前頭部は、非利き手で筆記作業をしている時の方が oxy-Hb 濃度が高くなることを示している。さらに、小林 (2022) は、書字活動 (平仮名五十音を書く = 書写することに特化した単純作業) において、右利き書字者の時は、左手 (非利き手) で書字活動を行っている際に前頭部の脳活動が活性化される可能性が示唆されると報告している。これらのことから、前頭部の活性化には、非利き手の使用が有効であると考えられる。

以上のことより、非利き手による筆記作業は前頭部を活性化させ、その副次的効果によって注意機能が改善されるのではないかと考えられる。しかし、先行研究では、非利き手での筆記作業により、前頭部の脳活動が活性化することは示唆されているが、注意機能との関係は明らかになっていない。筆記作業は、様々な場面で簡易に実施できるものであるため、非利き手での筆記作業によって、注意機能は改善されることが示されれば、注意機能を必要とする仕事や授業等の前に広く活用できる。そこで本研究では、非利き手による筆記作業が注意機能に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 対象

対象は、健常な若年男女 38 名 (男性 22 名, 女性 16 名, 年齢 20.1 ± 1.4 歳) である。対象者の利き手はチャップマン利き手テストより、全員利き手が右であることを確かめた。なお、対象者には研究の主旨と内容、研究への参加は任意であることを説明し、同意を得て研究を開始した。

2. 実験プロトコル

実験は、筆記作業条件が利き手の日と非利き手の日に分け、計 2 日間実施した。1 日目の作業条件はランダムとし、実験 1 日目と 2 日目の実施間隔は 1 日以上とし

た。また、実験日の条件においては、両日ともに午前中になるよう設定し、前日からの就寝時刻、当日の起床時刻、朝食時刻、朝食内容、カフェイン摂取の有無、実験開始時刻の各項目が同じになるよう依頼した。さらに、注意機能テストの慣れによる記録の変化を小さくするために、事前に注意機能テストの練習を行うよう指示した。なお、注意機能の測定では、速さよりも正確さを意識すること、筆記作業では丁寧できれいな文字を書くことを説明し、注意機能テストの正確性と筆記作業の速さで1日目と2日目で差異が生じないようにした。

実験当日は、実験室に来室後、説明を受け、その後 Stroop test と TMT をそれぞれ1度練習した後で、Stroop test と TMT を連続で5回ずつ実施した。筆記作業は、利き手もしくは非利き手で、マス目が描かれたシートに鉛筆で5分間丁寧にきれいな文字を書かせた。なお、今回は筆記作業自体に焦点を当てたため、書く文字は平仮名、片仮名、アルファベット等、対象者の任意とし、間違えても消しゴムを使わずに書き続けるよう指示した。筆記作業後、再び Stroop test と TMT を連続で5回ずつ実施し実験を終了した。

3. 測定方法

注意機能の測定には、Stroop test および TMT を用いた。測定用アプリは、App Store より「Stroop Test (デジタル・スタンダード社製 Hacaro series)」と「Trail Making Test J Lite (Takuya Kawakami 製)」をスマートフォンにダウンロードして使用した。また測定条件は、利き手で机上の端末を操作することとした。

Stroop test は、CN 課題、ICN 課題の2つの課題とし、作業の前後で CN 課題を5回実施した後、ICN 課題を5回実施した。CN 課題、ICN 課題の測定時間、誤答数および干渉時間は、5回の測定から測定時間の最高値と最低値を除く3回の平均値とした。

TMT は、TMT-partB のみを作業の前後でそれぞれ

連続5回実施した。TMT-partB の測定時間についても、5回の測定から最高値と最低値を除く3回の平均値とした。

4. 統計処理

両条件における作業前後での CN 課題、ICN 課題の測定時間、誤答数、干渉時間および TMT の測定時間の比較は、Wilcoxon の符号順位検定を用いて行った。また、両条件間における、CN 課題、ICN 課題の測定時間の変化量、および TMT の測定時間の変化量の比較についても Wilcoxon の符号順位検定を用いて行った。作業前の Stroop test、TMT の測定時間と作業前後での測定時間の変化量の関係については、pearson の積率相関係数を算出して分析した。なお、各データの有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 各条件における注意機能テストの成績

利き手条件、非利き条件における作業前後の各テストの結果を表1に示した。CN 課題の測定時間は、利き手条件 ($p=0.001$)、非利き手条件 ($p<0.001$) の両条件ともに筆記作業後に有意に短縮し、ICN 課題の測定時間についても、利き手条件 ($p=0.003$)、非利き手条件 ($p<0.001$) の両条件ともに筆記作業後に有意に短縮した。CN 課題の誤答数は、利き手条件、非利き手条件の両条件ともに筆記作業後に有意な差はみられなかった。ICN 課題の誤答数も、利き手条件、非利き手条件の両条件ともに筆記作業後に有意な差はみられなかった。干渉時間は、利き手条件、非利き手条件の両条件ともに筆記作業後に有意な差はみられなかった。TMT の測定時間は、利き手条件 ($p=0.027$)、非利き手条件 ($p=0.007$) の両条件ともに筆記作業後に有意に短縮した。

表1 各条件における注意機能テストの成績

	利き手条件		非利き手条件	
	pre	post	pre	post
CN課題(秒)	13.78 ± 1.66	13.23 ± 1.62**	13.98 ± 1.49	13.32 ± 1.28#
ICN課題(秒)	15.36 ± 2.32	14.65 ± 2.22**	15.43 ± 2.39	14.54 ± 1.97#
CN課題の誤答数(個)	0.55 ± 0.86	0.66 ± 0.91	0.47 ± 0.69	0.79 ± 0.96
ICN課題の誤答数(個)	0.82 ± 1.06	1.08 ± 1.78	0.66 ± 0.97	0.74 ± 0.69
干渉時間(秒)	1.58 ± 1.02	1.41 ± 1.00	1.46 ± 1.37	1.22 ± 1.04
TMT(秒)	36.30 ± 6.99	34.69 ± 7.03*	36.69 ± 8.77	34.72 ± 8.31**

pre vs post : * $p<0.05$, ** $p<0.01$, # $p<0.001$

2. 注意機能テストにおける測定時間の変化量の比較

筆記作業の前後における CN 課題, ICN 課題, TMT の測定時間の変化量には, 利き手条件と非利き手条件との間に有意な差はみられなかった (表 2).

表 2 注意機能テストにおける測定時間の変化量

	利き手条件	非利き手条件
CN 課題	0.55 ± 1.06	0.65 ± 0.67
ICN 課題	0.71 ± 1.32	0.89 ± 1.44
TMT	1.61 ± 4.31	1.96 ± 4.59

(秒)

3. 作業前の Stroop test の測定時間と作業前後での測定時間の変化量の関係

利き手条件, 非利き手条件の両条件ともに, 作業前の CN 課題の測定時間と, 作業前後での測定時間の変化量に有意な負の相関関係がみられた ((図 1, 図 2), 利き手条件 ($p=0.028$, $r=-0.356$), 非利き手条件 ($p<0.001$, $r=-0.522$)). また, ICN 課題においても同様の結果がみられ (図 3, 図 4), 作業前の ICN 課題の測定時間と, 作業前後での測定時間の変化量には有意な負の相関関係がみられた (利き手条件 ($p=0.026$, $r=-0.360$), 非利き手条件 ($p<0.001$, $r=-0.567$)).

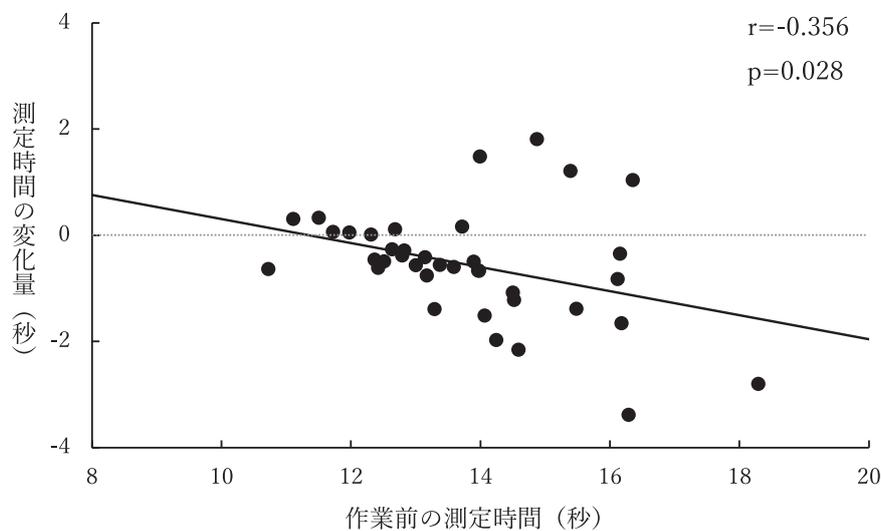


図 1 利き手条件における作業前の CN 課題測定時間と作業前後での測定時間の変化量の関係

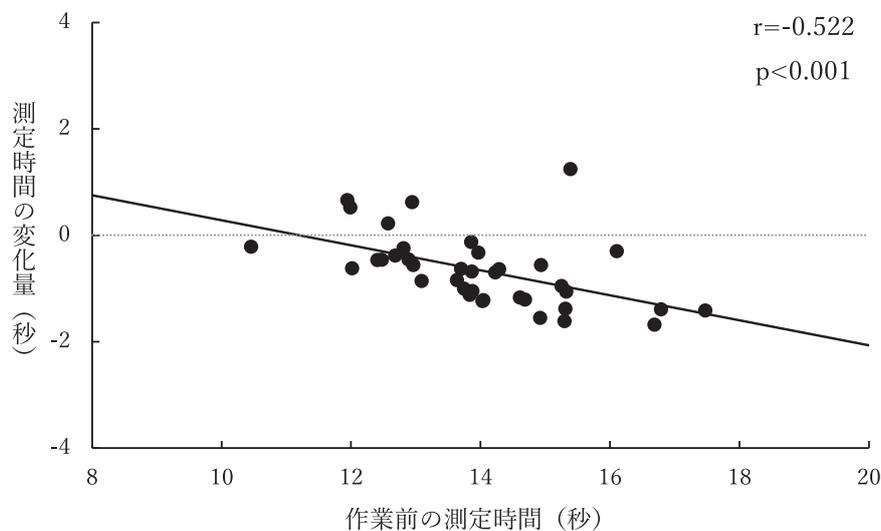


図 2 非利き手条件における作業前の CN 課題測定時間と作業前後での測定時間の変化量の関係

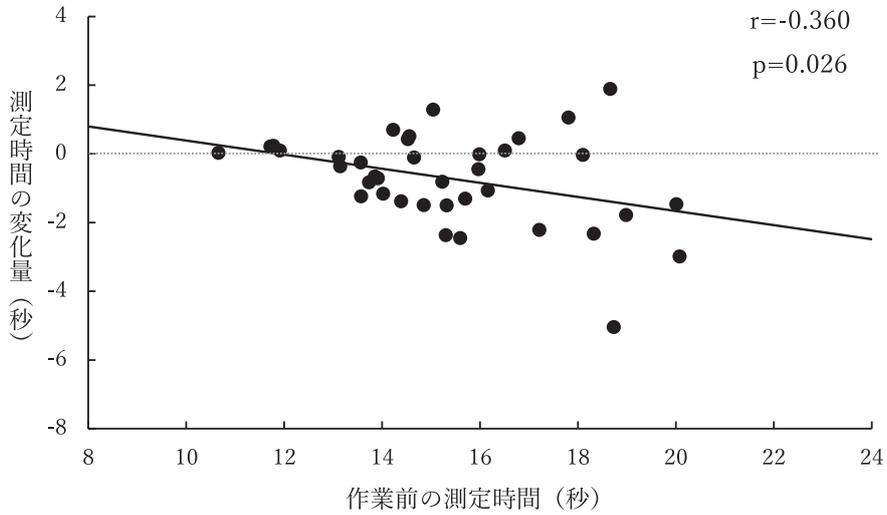


図 3 利き手条件における作業前の ICN 課題測定時間と作業前後での測定時間の変化量の関係

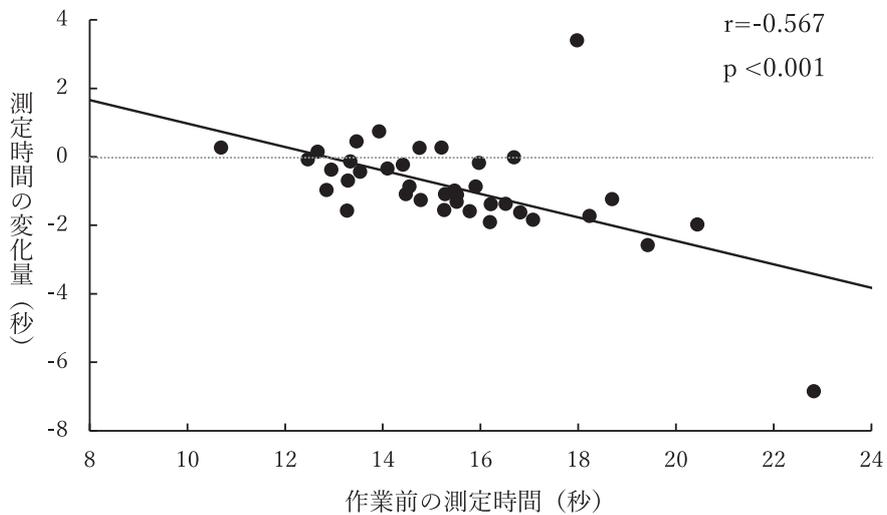


図 4 非利き手条件における作業前の ICN 課題測定時間と作業前後での測定時間の変化量の関係

4. 作業前の TMT の測定時間と作業前後での測定時間の変化量の関係

作業前の TMT の測定時間と、作業前後での測定時間の変化量は、利き手条件において有意な相関関係はみら

れなかった ((図 5), (p=0.067, r=-0.300)) が、非利き手条件においては、有意な負の相関関係がみられた ((図 6), (p=0.026, r=-0.360)).

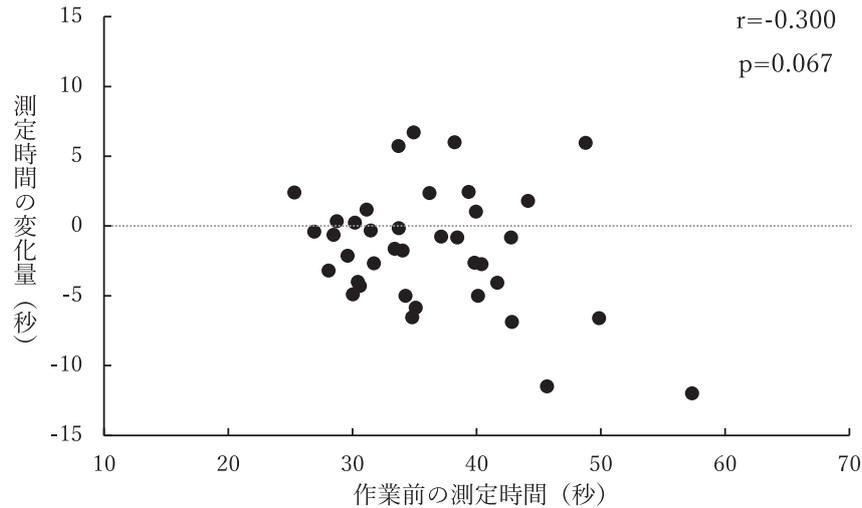


図 5 利き手条件における作業前の TMT 測定時間と作業前後での測定時間の変化量の関係

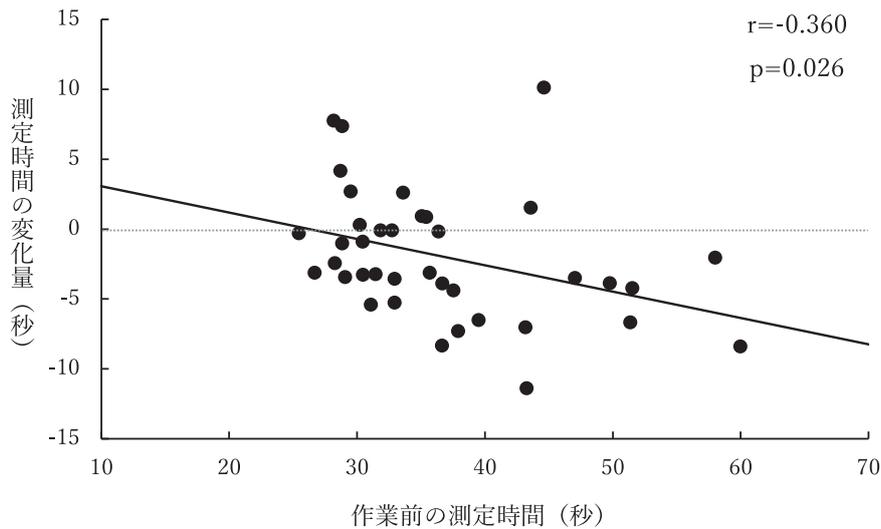


図 6 非利き手条件における作業前の TMT 測定時間と作業前後での測定時間の変化量の関係

IV. 考察

本研究では、Stroop test と TMT を用いて、非利き手による筆記作業が注意機能に及ぼす影響を検討した。その結果、利き手、非利き手に関係なく、5 分間の筆記作業により Stroop test と TMT の測定時間が短縮することが認められたことから、筆記作業によって注意機能は改善することが示唆された。

筆記作業により Stroop test と TMT の成績が改善した要因としては、筆記作業（手を使った運動）が前頭部の脳血流に影響を与えた可能性が考えられる。実際に、Byun et al. (2014) は、10 分間の低強度の運動を実施した結果、運動後は安静条件と比べて左の前頭前野背外側部と左の前頭極の oxy-Hb 濃度が有意に上昇し、Stroop test の成績も改善したことを報告している。また、織田ほか (2012) は、10 分間の一過性の運動（ペダリング運動）中に前頭前野の oxy-Hb 濃度が上昇すること、

TMTによる注意機能が改善すること、TMT時間の短縮とTMT時のoxy-Hb濃度の上昇に有意な正の相関関係が認められることを報告している。今回実施した筆記作業は座位作業であるため、活動強度としてはかなり低いものの、手を使った作業（活動）によって前頭部が活性化され、注意機能の成績が改善されたのではないかと考えられる。

本研究では、非利き手による筆記作業が注意機能に影響を及ぼすと仮説を立てたが、利き手条件と非利き手条件との間で、作業前後における注意機能テストの測定時間の変化量に有意な差はみられなかった（表2）。そのため、両条件ともに注意機能には同程度の影響を及ぼすことが示唆された。先行研究では、渦巻きを書く作業を実施した場合、利き手よりも非利き手を使用した方が前頭葉の脳血流の増加に有効であること（村山・村田, 2012）、書字活動においては、非利き手で行っている際に前頭部の脳血流が増加すること（小林, 2017, 2022）が認められている。しかし、本研究では、注意機能テストの成績改善の度合いにおいて、利き手条件と非利き手条件との間で有意な差はみられなかった。その要因としては、対象者に丁寧できれいな文字を書くことを意識させたことが挙げられる。対象者にとって丁寧できれいな文字を書くことは、利き手であっても無意識的に行う慣れた動作ではなく、意識的に行う不慣れた動作であったと考えられる。Jenkins et al. (1994) は、前頭前野は新規課題の学習中のみ賦活化すること、未習熟であり意識下で学習する場合は、前頭連合野、運動前野、頭頂連合野、小脳の脳血流が増加することを示している。また、備前ほか（2021）は、NIRSを用いて、運動学習が進む過程における脳血流動態の変化について検討し、左右の前頭前野（前頭眼窩、下前頭前野、前頭極、背外側前頭前野）が運動学習初期には有意に賦活したと報告している。従って、利き手による活動であっても丁寧できれいな文字を書く作業が、運動学習初期における不慣れで意識的な活動となったことで、前頭部を活性化させ、注意機能の改善に影響を及ぼした可能性が考えられる。また、本研究において対象者は、文字をなぞるのではなく、マス目の書かれたシートに平仮名、片仮名、アルファベット等を任意に書く作業を行った。そのため、筆記作業が手を動かすのみの作業ではなく、線の長さや文字のバランスなどを考えながら手を動かす作業となったことから、利き手条件においても前頭部への負荷が大きくなり、注意機能が改善したと考えられる。

作業前におけるCN課題の測定時間と、作業前後での測定時間の変化量の関係においては、利き手条件、非利

き手条件の両条件ともに有意な負の相関関係がみられた（図1, 図2）。また、ICN課題においても同様の結果であった（図3, 図4）。TMTにおいては、非利き手ではStroop testと同様の結果がみられたが（図6）、利き手条件においては、負の相関関係を示す傾向がみられた（図5）。従って、作業前の注意機能テストの成績が低い対象ほど、筆記作業が注意機能（選択性注意、転換性注意、配分性注意）に及ぼす影響は大きくなることが示唆された。一方で、作業前の注意機能テストの成績が良い対象は、作業前後における変化量が小さくなっているものの、筆記作業が注意機能に影響しないとは言い切れない。本研究で使用した注意機能テストの測定時間の短縮には、各テストの特性上限界があると考えられるため、作業前の注意機能テストの成績が良い対象に対しては、筆記作業が注意機能に影響を及ぼしていたとしても、本研究で使用した注意機能テストで適切に評価することは難しい。従って、作業前の注意機能テストの成績が良い対象には、本研究で使用した注意機能テスト以外の標準注意検査法（clinical assessment for attention）などの方法で注意機能を評価する必要がある。

本研究の結果から、職場や学校においても、注意機能を必要とする仕事や授業等の前に筆記作業を行うことで、効果的に注意機能を高めることができると考えられる。運動と注意機能との関係を検証した先行研究で用いられている活動内容は、20分間のジョギングや、AT強度での10分間のベダリング運動など、活動場所や、ある程度の活動時間、活動強度を必要とするものであり、実際にその活動を実行することは現場の環境によっては容易ではない。しかし、本研究で用いた方法は、用具や場所の制限が少なく、作業時間も5分間であるため汎用性も高い手法といえる。また、Stroop testは選択性注意、TMTは転換性注意と配分性注意を評価することができるテストであるため、筆記作業だけで、多様な情報から必要な情報のみを選ぶこと（選択性注意）、1つのことに向けていた注意を他のことに切り替えること（転換性注意）、複数のことに対して同時に注意を向けながら行動すること（配分性注意）等の能力が向上する可能性も示唆される。

本研究における研究限界として、まず、筆記作業を行わない条件を設定していないため、注意機能テストに対する慣れの要因を排除できないことが挙げられる。また、本研究では、筆記作業で注意機能が改善することは示されたものの、その要因については言及できない。そのため、対象者の筆記作業を行う際の癖や、筆記作業中に書いた文字の量を統一すること、注意機能テストへの慣れの要

因を排除したデザインで検討することが必要である。また、筆記作業時および注意機能テスト測定時の脳血流と注意機能テストの成績の関係についても検討を進めていく必要がある。これらの検討を進めていくことにより、日常的に行う筆記作業が、注意機能の向上に寄与することをより明確にするとともに、不慣れな動作の基準や、不慣れな動作、前頭部の活性化、注意機能の3つの関連をより解明できると考えられる。さらに、本研究では、筆記作業直後の効果は認められたが、筆記作業効果の持続時間については検証できていないため、作業の効果持続時間についても検討する必要がある。加えて、本研究は横断的な研究であるため、縦断的な視点から、筆記作業が注意機能に及ぼす影響についても検討する必要がある。

V. まとめ

本研究では、健常な若年男女38名を対象に、非利き手による筆記作業が注意機能に及ぼす影響について、Stroop testとTMTを用いて検討した。その結果、利き手条件と非利き手条件ともにStroop testとTMTの成績は有意に改善されたことから、利き手および非利き手による筆記作業は、一時的に注意機能を改善させることが示唆された。

謝辞

本研究の実施にあたり、対象者として研究に参加して頂いた島根大学教育学部健康・スポーツ教育専攻の皆様、島根大学陸上競技部の皆様に心から感謝申し上げます。

文献

備前宏紀・木村大介・大歳太郎・吉弘奈央・水野（松本）由子（2021）運動学習過程における脳血流動態およびグラフ理論を用いた脳内ネットワークの変化から運動課題介入期間の検討。作業療法, 40（3）：281-290.

Byun,K., Hyodo,K., Suwabe,K., Ochi,G., Sakairi,Y., Kato,M., Dan,I., and Soya,H. (2014) Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations : An fNIRS

study. NeuroImage, 98 : 336-345.

Jenkins,I.H., Brooks,D.J., Nixon,P.D., Frackowiak,R. S.J., and Passingham,R.E. (1994) Motor Sequence Learning : A Study with Positron Emission Tomography. J Neurosci, 14（6）：3775-3790.

小林比出代（2017）利き手・非利き手での書字活動時における脳血液動態の比較—NIRS及び筆圧握圧計測装置による測定を通しての試論—。書写書道教育研究,（31）：41-47.

小林比出代（2022）利き手・非利き手の違いによる書字活動時での脳血液動態の差異—「ウェアラブル光トポグラフィ」を用いたデータ蓄積—。信州大学教育学部研究論集,（16）：63-73.

村山菜都弥・村田伸（2012）利き手と非利き手作業時における脳循環動態の比較。理学療法科学, 27（2）：195-198.

大森一伸（2017）低強度運動がストロープテストに及ぼす影響。駿河台大学論叢,（54）：1-5.

織田恵輔・白井達矢・上田真也・桂良寛・吉川貴仁・小林茂・藤本繁夫（2012）運動中の脳血流の増加と注意機能の関係。体力科学, 61（3）：313-318.

Sohlberg,M.M. and Mateer,C.A. (1989) Theory and remediation of attention disorders. Introduction to Cognitive Rehabilitation. In: Sohlberg,M.M. and Mateer,C.A. (Eds.) The Guilford Press: New York, pp. 110-135.

豊倉穰（2008）注意障害の臨床。高次脳機能研究, 28（3）：320-328.

令和5年9月5日 受付

令和6年2月2日 受理