

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K10959

研究課題名(和文) 手指の運動は高次脳機能を向上させるのか?脳機能計測を用いた認知機能の検討

研究課題名(英文) Manual movement can enhance the higher brain function related to body recognition

研究代表者

和坂 俊昭 (Wasaka, Toshiaki)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60390697

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：手指は大脳皮質における支配領域が他の身体部位と比較して広いことから、手指の運動によって脳の多くの領域が活性化することが想定される。本研究では、手指の運動が脳の感覚運動領域を活性化させるのかを明らかにし、その運動が高次脳機能に与える影響を検討した。

手指を用いて物体を操作する時、体性感覚情報の処理が促進することを明らかにした。さらに、この運動が高次脳機能に与える影響を検討した結果、運動した手指の画像に対する反応時間は有意に減少し、運動を行わなかった手指の画像に対する反応時間には差がみられなかった。これらの結果より、手指の巧緻的運動が身体の認識に関わる脳機能に影響を与えることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運動が脳機能に与える影響は注目されており、ジョギングやサイクリングといった全身を用いた持続的運動が認知機能を高めることは一致した見解である。本研究は、全身運動ではなく、局所的な身体運動においても脳機能を高めることができるのかを検討するものである。手指を用いた局所的な運動は、いつでも手軽に行うことができるため、小児から高齢者までの幅広い年齢層に対して、高次脳機能を高める新しい神経トレーニング法となる可能性を秘めている。

研究成果の概要(英文)： Since the cortical areas that innervating the fingers is wider than those of other body parts, it is assumed that the movement of the fingers activates large cortical network in relation to motor control and higher brain function. In this study, we investigated what kind of finger movement activates the sensorimotor region of the brain, and investigated the effect of that movement on higher brain function.

We found that manipulating an object with fingers could enhance the information processing in sensorimotor areas. Furthermore, this manual movement promoted the higher brain function. The results showed that the reaction time to the image of the finger with movement was significantly reduced, whereas there was no difference in the reaction time with the image of the finger without movement. From these findings, present study clarified that the dexterous movement of the fingers affected on the brain function related to the recognition of the body.

研究分野：運動生理学

キーワード：巧緻的運動 手指 身体認識 脳磁図

1. 研究開始当初の背景

身体運動は生活習慣病を予防・改善し、健康の維持や介護予防に効果的なことは周知の事実である。運動によって生じる身体の変化は、呼吸循環器系や筋骨格系の機能が高まることは広く知られている。これまで我々は、中強度のサイクリング運動後に認知機能が促進し、反応時間が短縮することを明らかにし (Kamijo et al., 2004)、運動の新たな効用として、高次脳機能を促進することが注目されている。

運動と脳機能の関連については、手指の運動によって脳機能が高まるというトピックが雑誌やインターネットで盛んに紹介されている。しかし、手指の運動を行うことで認知機能や注意などの高次脳機能を促進することができるのかという問題については、脳機能計測を用いた定量的な検討は行われておらず、科学的な根拠は明らかにされていない。哲学者のカントは「手は第二の脳である」という言葉を残している。手指の運動は外界への働きかけを行うと同時に、外界の情報を生体(脳)に取り込む働きがある。手指の運動の背景には、運動の局面に合わせて、脳の運動領域が活性化すると同時に、手指からの感覚情報を積極的に取り入れる神経機構が働いている (Wasaka et al., 2017)。そこで、本研究では、手指の運動による脳領域の活性化は、中枢神経系の多くの領域を賦活し、認知機能や記憶に関連する脳領域にも影響を与えると想定している。

2. 研究の目的

本研究は、高次脳機能を高める新しい神経トレーニング方法を確立するために、(1)どのような手指の運動が脳内の神経ネットワークを活性化させるのかを明らかにし、(2)その運動の遂行によって促進される脳機能を明らかにするものである。

3. 研究の方法

(1) 手指の運動制御に関わる脳内メカニズムの解明

手指のどのような運動が感覚運動領域を活性化させるのかを明らかにすることを目的としている。運動制御の観点から、手指の運動を統制する要因は、手指での物体の操作(物体の操作の有無)、手指間の動きのタイミング(すべての指が同期する動き、指と指の間に協調がある動き)、運動(筋収縮)の強度などがある。運動の違いによって体性感覚情報のフィードバックの必要性(感覚運動統合)が変化することから、脳磁図を用いて運動のパラメータ(物体の操作、手指間の動きのタイミング)が異なる手指の運動課題時の脳活動(体性感覚領域の感覚運動統合過程)を定量化し比較した。被験者は10名(右利き)であり、名古屋工業大学と生理学研究所の生命倫理審査委員会の承認後、全員からインフォームドコンセントを得て実験を実施した。

脳活動記録：306チャンネル脳磁計

運動課題(図1)：右手を用いた物体の単純な操作(PM課題)と複雑な操作(PTM課題)



積み木(長さ5cm、重さ18g)

PM課題: 積み木を掴んで移動

PTM課題: 積み木を掴んで180度回転させて移動
(下図)



図1 運動課題(PM課題、PTM課題)

(2) 手指の運動による高次脳機能の促進

全身の持続的な運動により高次脳機能が高まることは報告されている。本研究課題では、局所的な運動を用いた新しい神経トレーニング法を開発することを目的としている。そこで、これまでの研究において明らかとなった感覚運動領域の活動が活性化する手指の運動を用いて、高次脳機能の変化を検討した。

感覚運動領域の活動が高まる運動として、手指を用いた物体の操作が有効であることが明らかとなったため、局所的な運動として手指の把持運動を用いた視覚追従課題を用いた。この運動課題における把持力の目標値は、150gから400gの間に設定した(VM課題)。また対照課題と

して、同じ範囲の把持力を用いて、目標値なしで単純に把持力を増減させる Control 課題を行わせた。これらの二つの運動課題は別の日程で行い、順番は被験者間でランダムに設定した。1回の運動課題の実施に要する時間は90秒であり、休憩を挟まずに2回実施した(計180秒)。両運動課題は非利き手である左手で実施した。

本研究で注目する高次脳機能は、空間処理能力や身体の認識に関わる能力であり、左右の手の画像を用いたメンタルローテーション課題を用いて評価した(図2)。メンタルローテーション課題では、90度毎で回転させた左右の手掌と手背の画像(16種類)がランダムに提示され、被験者は画像が右手と判断した場合は右手で、左手と判断した場合には左手でボタン押しを行った。実験には9名の被験者が参加し、全員右利きであった。被験者は左手の運動課題前と課題直後(Post1)、15分後(Post2)、30分後(Post3)にメンタルローテーション課題を行い、反応時間とエラー率を比較した。

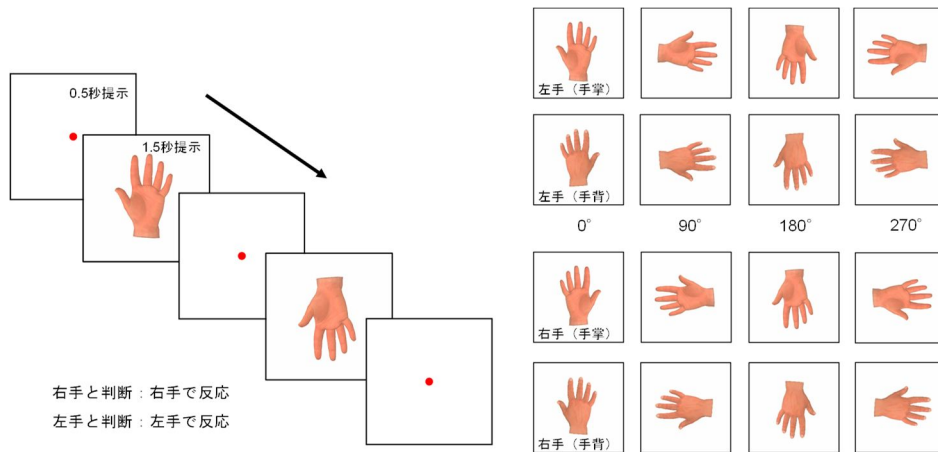


図2 実験パラダイムと左右の手の画像(16種類)

4. 研究成果

(1) 手指の運動制御に関わる脳内メカニズムの解明

物体を掴んで離す単純な運動である PM 課題では、一次体性感覚領域の活動が減少した。この結果はこれまでに報告されている運動時における体性感覚情報の抑制と一致したものである。しかし、単純な運動に複雑な運動を追加した PTM 課題では、一次体性感覚野の活動は抑制に続いて増大することが明らかになった(図3)。

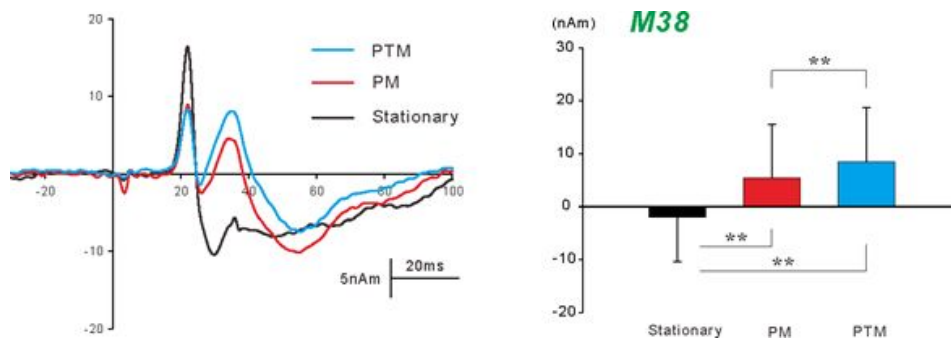


図3 PM 課題と PTM 課題における体性感覚領域の活動

これまでの報告では、運動時における体性感覚情報は、遂行する運動に関連しない反射などの筋収縮が起らないように、運動する身体部位からの体性感覚情報を抑制すると考えられてきた。しかし、手指の巧緻的な運動時には、体性感覚情報が運動の制御に対して重要な働きを担っているため、一次体性感覚野の活動が増大したものと考えられる。

(2) 手指の運動による高次脳機能の促進

16種類の左右の手掌と手背に対する反応時間について、左右の手に分けて平均反応時間を算出した。図4に運動課題後の反応時間の変化量を示している。値が負になると、運動課題後に反応時間が速くなっていることを示している。左手の画像に対して、VM課題の直後に反応時間が大きく変化していることが確認できる。統計解析の結果、運動した側の手指の画像(左手)に対する反応時間は有意に減少し、運動を行わなかった手指の画像(右手)に対しては差がみられな

かった。また、エラー率には有意差は認められなかった。

今回の研究においては、手指の巧緻的な運動が脳機能に影響を与えたのは運動直後のみであった。運動 15 分後は、反応時間が速くなる傾向があったが、統計的有意差は認められず、運動後 30 分では運動の影響は消失していた。

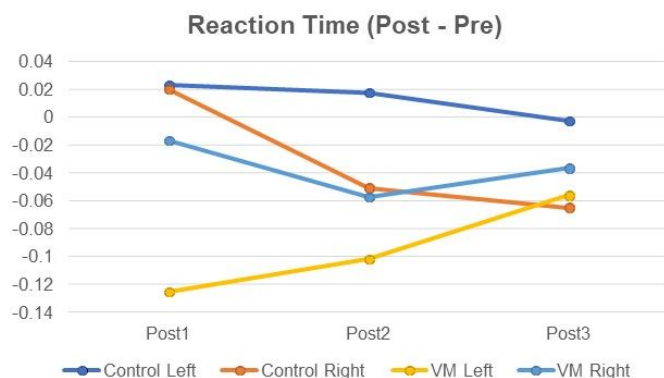


図 4 メンタルローション課題の平均反応時間

手指の運動課題は、全員左手を用いて実施したため、VM 課題において運動と同側の手に対する身体の認識に関わる高次脳機能に影響を及ぼすことが明らかとなった。しかしながら、Control 課題では左手の画像に対して変化はみられない。VM 課題と Control 課題は同じ把持運動であるが、VM 課題は発揮している把持力と目標値の差を視覚情報として修正を行うフィードバック制御が行われており、これと同時に、提示されている目標値に対して把持力の発揮量を予測して調整するフィードフォワード制御も行われている。Control 課題は、運動している手指を見ているが、筋肉がどの程度の張力を発揮しているのかは自らの固有受容器感覚のみでモニタしている。そのため、運動遂行のための文脈の違いが、身体部位の認識に対して影響を与えたことが考えられる。

手指は運動器官として巧みに発達していると同時に、感覚器官としても非常に優れており、人体の中でも特に巧緻性が高い身体部位である。本研究の成果は、手指の巧緻的な運動が身体部位の認識に作用することであり、高齢者の運動機能の向上、児童の運動トレーニング、運動麻痺を有する患者に対するリハビリテーションの分野に適用されることが期待される。運動が脳機能に与えるメカニズムについては不明な点が残されているため、今後も継続した研究が必要である。

< 引用文献 >

Kamijo K, Nishihira Y, Hatta A, Kaneda T, Wasaka T, Kida T, Kuroiwa K: Differential influences of exercise intensity on the information processing in the central nervous system. *European Journal of Applied Physiology*, 2004;92(3):305-311

Wasaka T, Kida T, Kakigi R: Facilitation of information processing in the primary somatosensory area in the ball rotation task. *Scientific Reports*, 2017; 7: 15507

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Wasaka T, Kida T, Kakigi R	4. 巻 54
2. 論文標題 Dexterous manual movement facilitates information processing in the primary somatosensory cortex: A magnetoencephalographic study.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 4638-4648
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/ejn.15310	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 西出圭佑, 坂口正道, 和坂俊昭	4. 巻 24
2. 論文標題 視覚と触覚を同時に提示するボール回しシステムの運動錯覚の検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本パーチャルリアリティ学会論文集	6. 最初と最後の頁 413-420
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18974/tvrsj.24.4_413	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6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 和坂俊昭
2. 発表標題 手指と脳：体性感覚情報と運動の統合過程
3. 学会等名 第29回日本運動生理学会大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和坂俊昭
2. 発表標題 手指の巧緻的運動時における体性感覚領域の活動
3. 学会等名 電気生理学的手法を用いたヒト脳神経活動の計測
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 和坂俊昭, 木田哲夫, 柿木隆介
2. 発表標題 手指の巧緻的運動時における一次体感覚野の活動特性
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 和坂俊昭, 木田哲夫
2. 発表標題 手指運動時における一次体感覚野の活動促進
3. 学会等名 第27回日本運動生理学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和坂俊昭, 安田和正, 森田良文
2. 発表標題 経皮的神経電気刺激による把持機能の促進
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和坂俊昭, 木田哲夫, 柿木隆介
2. 発表標題 手指運動時における体性感覚誘発脳磁場の変動
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会学術大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究 分担 者	木田 哲夫 (Kida Tetsuo) (80419861)	愛知県医療療育総合センター発達障害研究所・障害システム 研究部・室長 (83902)	

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