

朝の軽運動が認知機能および前頭前野の脳血流量に及ぼす影響

The influence of light exercise in morning on the cognitive function and blood flow of prefrontal cortex

仁木 甫¹⁾・春日 晃章¹⁾

Hajime NIKI¹⁾ and Kosho KASUGA¹⁾

1) 岐阜大学教育学部保健体育講座

Department of Physical Education, Faculty of Education, Gifu University

キーワード：軽運動，認知機能，前頭前野，脳血流量

Key words: light exercise, the cognitive function, prefrontal cortex, blood flow

I. 緒言

脳の前頭前野は大脳皮質の前方に位置し、実行機能という高次の認知機能の中枢をなしている。認知機能の認知とは理解、判断、論理などの知的機能を指し、精神医学的には知能に類似した意味であり、心理学的には知覚、判断、想像、推論、決定、記憶、言語理解といったさまざまな要素が含まれるが、これらを包括して認知と呼んでいる¹⁾。また、実行機能は社会生活を送るうえで重要な機能である。学童期においては学業成績に関連し暗記力、計算力、読み書き能力および語彙の学習能力と特に強い関係がある^{2,3)}。

動物とヒトの研究において運動と脳、特に認知機能に関する研究は進んでおり、定期的に運動を行うことが脳機能を高めるという研究も存在し、その有用性も実証されている。海外の学校では学習カリキュラムの中に0時限目と表して学習準備のための体育を実施した結果、その授業を受けた生徒は、受けていない生徒よりも授業に対して意欲的になり成績が向上したという報告がある。

運動による認知機能の向上といっても、認知機能にも様々なものがある。認知機能の評価項目は、平成12年度認知機能基礎調査項目の取りまとめ⁴⁾により記憶、判断、注意および知能に分けられている。征矢ら⁵⁾は脳の前頭前野がつかさどる実行機能に着目し、運動の認知機能への影響をStroop課題という認知課題で評価した。ま

た、脳機能を評価する一つの指標として、脳血流動態を測定する方法がある⁶⁾。松尾らの1-2チャンネルの近赤外線分光法による研究では、低-中強度の運動で前頭前野の血液量が増大すると報告している⁷⁾。

つまり、運動を行うことによって脳機能、脳血流量が高められることは明らかであることから、学校の授業が始まる前の特定の時間帯に焦点を絞って運動を行い、認知機能への影響を明らかにすることで、学校現場における運動・スポーツの意義・重要性をもう一度見直すことは可能であろう。

本研究の目的は、朝の低強度の運動が認知機能および前頭前野の脳血流量にどの程度影響を及ぼすのかについて検討することである。

II. 方法

1. 被験者

被験者は男子大学生6人、女子大学生13人、また一般成人女性7人の合計26人であった。被験者の平均年齢は21.6歳であった。

2. 運動条件の設定

村瀬ら⁸⁾が運動中の脳血流量の増加は50% $\dot{V}O_2$ max付近の運動強度が最大となる可能性が示唆されたと報告していること、征矢⁹⁾らの研究でも、最大酸素摂取量の50%の運動強度で実験を行ったことから、本研究の運動強度の設定は推測される最大心拍数を測定し50%予備心拍数 (Heart

Rate Reserve : HRR) と設定した。運動時間は10分間で、運動方法はジョギングとした。また運動中の心拍数測定はHRモニター (POLAR社製RS400TM) を使用した

3. 測定方法

平成12年度認知機能基礎調査成果の取りまとめ⁹⁾では、認知機能は記憶、判断、注意、知能の4つにわけられており、判断の概説は計算能力、推理能力、空間把握能力などとなっている。

本研究においては、判断の中の計算能力に着目し、それを測る測定項目として100マス計算(数的処理調査)を用いた。

また、前頭前野の脳血流量の測定に関しては、多くの先行研究で前頭前野の血流量測定器具には近赤外分光装置 (NIRS) が用いられ、橋本ら¹⁰⁾の研究で、測定に用いた2チャンネルNIRSは、前頭前野賦活課題施行時に、大脳前部の血流量変化を検出可能であることが示唆されたことから、本研究では、頭部近赤外光計測装置(日立製)を使用した。



図1 頭部近赤外光計測装置装着の様子

加えて、運動実施日、運動非実施日それぞれに朝食の有無、起床時間、就寝時間および体温

調査を実施した。また運動実施日のみ、運動前・運動後の心拍数を計測した。

4. 実験手順

同一被験者に対して1日目朝に低強度の運動を行う運動実施日と、2日目運動を行わない運動非実施日の2日間に分け測定を行った。運動実施日は、まずHRRの50%の運動を10分間実践し、15分間の安静後、計算処理テストを行った。運動非実施日は、運動は実践せずに計算処理テストのみを行った。また、被験者の半数は1日目が運動非実施日で2日目が運動実施日とした。

Ⅲ. 結果と考察

1. 運動実施が認知課題の得点に及ぼす影響

表1は基礎統計量、図2.3は運動非実施と運動実施日の達成数、正答数の平均点を比較し表したものである。認知課題の得点の結果を見ると、運動非実施日の達成数全体の平均は58.3点、正答数全体の平均は57.5点、運動実施日の達成数全体の平均は62.8点、正答数全体の平均は62.5点であった。運動非実施日、運動実施日、2つの認知課題から得られた結果について、対応のあるt検定を行った結果、達成数、正答数共に、運動実施日における認知課題の得点が有意に高かった ($P < 0.01$)。

山本ら¹¹⁾の研究では、認知課題としてストループテスト¹²⁾を行い、そこから得られた結果について、対応のあるt検定を行った結果、運動後に実施したストループテストの各stepにおける成績が、有意に改善した ($P < 0.05$)。兵頭ら¹³⁾は若年成人を対象とし、10分間の中強度の運動が実行機能に及ぼす神経基盤を、近赤外線分光法 (functional near infrared spectroscopy: fNIRS) を用いた局所脳血流動態から検証した。

表1 基礎統計量

得点項目	測定日	平均点	t値 (p値)
達成数	運動実施日	62.8±10.8	3.177
	運動非実施日	58.3±9.78	0.0039**
正答数	運動実施日	62.5±10.7	3.494
	運動非実施日	57.5±9.98	0.0018**

**p<0.01

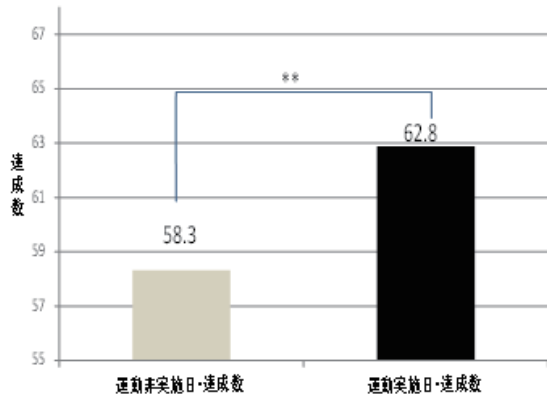


図2 運動非実施と運動実施日における達成数の平均点の比較 (**:p<0.01)

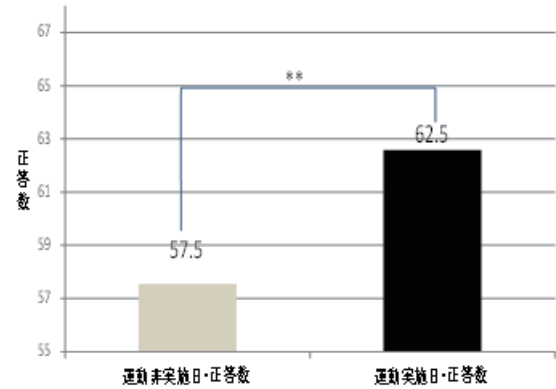


図3 運動非実施と運動実施日における正答数の平均点の比較 (**:p<0.01)

中強度は50% $\dot{V}O_2$ peakとし、運動終了15分後に、実行機能評価課題であるストループテストを行った。安静実験と比較した結果、運動後は課題中、左前頭前野背外側部の血流量が増加し、課題解決能力が高まることが確認された¹⁴⁾。征矢ら¹¹⁾の研究においても、50% $\dot{V}O_2$ peakで10分間という一過性の中強度運動が、脳の中核をなす実行機能を向上させることが明らかになり、運動が認知機能に与える短期的な機能向上効果を、脳領域レベルで実証するという、新しい実験モデルとなりうる¹⁵⁾としている。

以上の報告と、本研究における認知課題の測定結果から、判断の中の計算能力についての認知機能は運動によって高まると推察される。したがって、運動をすることは身体活動量の増加、肥満の防止などの効果だけでなく、学童時期に

においては学業成績に影響を与えるため^{2,3)}、学校現場で授業が始まる前の特定の時間帯に軽運動を取り入れることは、成績の向上につながると考えられる。さらに、運動をすることは脳の機能を高めるだけでなく、ストレス・不安・うつといった精神機能にも効果があることが明らかになっているため、日常的な生活の中で、積極的に運動を取り入れることは有用であろう。

2. 前頭前野の脳血流量の変化

認知課題中の脳血流量を、頭部近赤外光計測装置を使用して測定した結果、図4, 5, 6のような波形が認められた。今回の研究では個人差が大きく、一般化できる特徴は見いだせなかったものの、図からも読み取れるように、被験者の運動非実施日の認知課題中の脳血流量よりも、

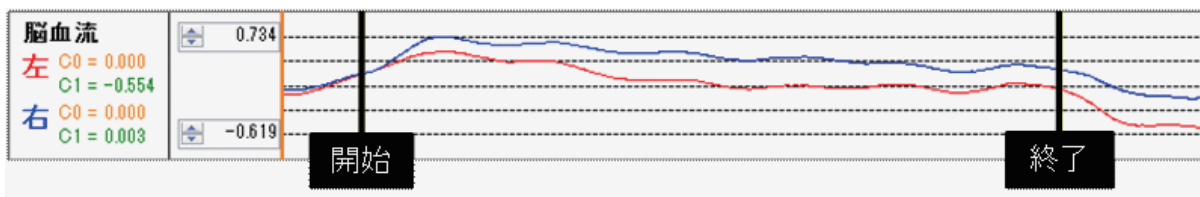


図4 被験者Aの、運動実施日の認知課題中の脳血流量

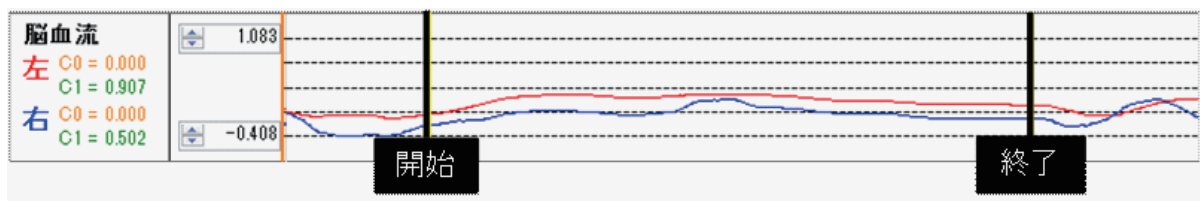


図5 被験者Aの、運動非実施日の認知課題中の脳血流量

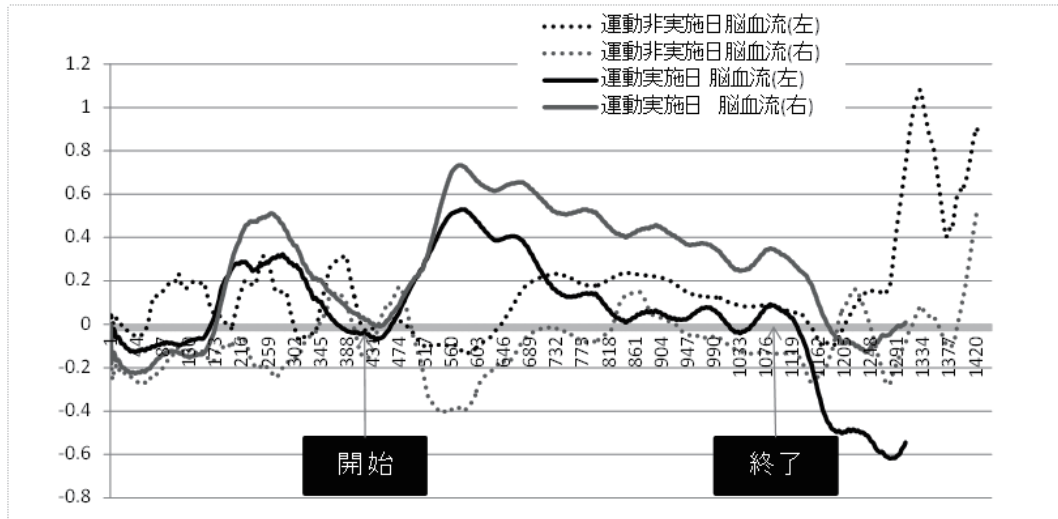


図6 被験者Aの運動実施日、運動非実施日の認知課題中の脳血流量

運動実施日の認知課題中の脳血流量のほうが増加している。上島ら¹⁶⁾の研究では、15分間の下肢連続他動運動を行い、前頭前野の血流変化について調べた結果、個人差が大きく一般化できる特徴はなかったものの、ある被験者では、他動運動直後により、著名な脳血流変化が認められた。村瀬ら⁸⁾の研究では、自転車エルゴメーターを用いて、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) を決定し、各強度は $\dot{V}O_2 \text{ max}$ の25%、50%、85%の3種類の強度を目標強度とし、自転車運動を実施したところ運動中の脳血流量の増加は50% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ 付近の運動強度が最大となる可能性が示唆されたと報告している。以上のことと、本研究の測定結果から運動により前頭前野の血流量は増加することが推測されるが、今後より詳細な分析が必要であると思われる。

IV 参考文献

- 1) 厚生労働省 健康用語辞典
- 2) 藤井勝紀 子どもの体力と生活の変化 子どもと発育発達6 (2), 87-93, 2008
- 3) 征矢英昭 運動・スポーツは脳を育てる 体育科教育 運動・スポーツと脳 10-15, 2011
- 4) 平成13年度厚生労働省受託 ミレニアム・プロジェクト 情報化対応職務能力診断システムの構築に関する研究
- 5) 征矢英昭, 柳澤弘樹, 檀一平太 中強度の運動で高まる実行機能の神経基盤—fNIRSを用いたニュー

- ロンイメージング研究— 体育の科学 60 (4), 242-249, 2010
- 6) 加藤守匡, 征矢英昭 (2002) 運動時の前頭皮質における血流量変化からみた脳の賦活 体育の科学 52 (12), 956-959, 2002
- 7) 松尾善美, 春藤久人, 中前智通, 森川孝子, 山本大誠 運動療法強度が前頭前野の血液動態に及ぼす影響 神戸学院総合リハビリテーション研究 2 (2), 31-36, 2007-03
- 8) 村瀬訓生, 松原 哲, 梶山純一, 勝村俊仁, 浜岡隆文, 永田卓也, 坂本 歩, 下光輝一「自転車エルゴメーター運動中の脳血流量の変化」体力科学 46 (6), 892, 1997
- 9) 征矢英昭, 柳澤弘樹, 檀一平太「中強度の運動で高まる実行機能の神経基盤—fNIRSを用いたニューロンイメージング研究—」体育の科学 60 (4), 2010
- 10) 橋本圭司, 安保雅博, 巻野昌子, 宮野佐年「NIRSを用いた前頭葉機能評価の有用性の検討」リハビリテーション医学：日本リハビリテーション医学会誌 43 (Supplement), S259, 2006
- 11) 山本大誠, 奈良 勲, 春藤久人, 松尾善美, 中前智通, 森川孝子「身体運動が認知機能および脳の神経活動に及ぼす影響」神戸学院総合リハビリテーション研究 2 (2), 37-42, 2007
- 12) Stroop JR. studies of interference in serial verbal reaction. Experimental Psychology 18 (6), 643-662, 1935
- 13) 兵頭和樹, 征矢英昭, 「運動と認知機能」アンチ・エイジング医学—日本抗加齢医学会雑誌 アンチ・エイジング医学 7 (1), 41-45, 2011

- 14) Yanagisawa H, Dan I, Tsuzuki D, et al:
Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. Neuroimage 50 , 1702-1710, 2009
- 15) Yanagisawa H, et al.: Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. Neuroimage 50, 1702-1710, 2010.
- 16) 上島隆秀, 高杉信一郎, 瀬占哲郎, 草葉隆一, 久保田瑠美, 樋口 妙, 砂川みちる, 岩本幸英「下肢連続他運動が及ぼす前頭前野の血流変化—近赤外分光法による評価—」理学療法学 35 (Supplement_2), 563, 2008

