

身体運動が認知機能および 脳の神経活動に及ぼす影響

山本大誠 PT, PhD 奈良 勲 PT, PhD
 春藤久人 MD, PhD 松尾善美 PT, PhD
 中前智通 OT 森川孝子 OT
 神戸学院大学 総合リハビリテーション学部
 医療リハビリテーション学科

【要約】 本研究の目的は、身体運動が認知機能と脳の神経活動に及ぼす影響を明らかにすることである。認知機能と脳の神経活動は、トレッドミル運動の前後で比較した。対象者は、神戸学院大学総合リハビリテーション学部に所属する健常な学生23名（男性17名、女性6名、平均年齢 19.3 ± 1.4 歳）であった。被験者の認知機能はトレッドミル運動前後にストループテスト、脳の神経活動は光トポグラフィーによって計測した。トレッドミル運動は、自覚的運動強度を示すBorgスケールを用いて11~13の段階（嫌気性代謝域値下による快適な運動）で15分間行った。ストループテストは、運動前で 17.5 ± 3.7 秒、運動後で 14.7 ± 2.8 秒であり、課題遂行時間が有意に減少していた。また、脳の神経活動は、運動後の左前頭前野において活性化が認められた。これらの結果から、身体運動が認知機能および脳の神経活動に影響を及ぼす可能性が示唆された。

キーワード： 身体運動、認知機能、光トポグラフィー、脳神経活動

I はじめに

身体運動は体力の向上に加え、欲動の低下、うつ状態、引きこもり、痴呆状態、意識障害などの精神活動低下に対して肯定的な反応を引き出し、身体および精神活動能力を高めることが期待できる。精神活動は脳の前頭前野の働きに支配を受けており、近年、脳科学領域における重要なテーマとされている。精神活動に問題を来した精神疾患患者は認知機能の低下を認め、脳の前頭前野の活動性が低下していることが指摘されている [1, 2]。特に長期療養中の精神疾患患者に対する効果的な治療には、身体運動の介入が重要な課題である [3~5]。

わが国では、身体運動が精神保健に望ましい影響を及ぼすことが指摘されているが、従来から精

神科医療では身体面に対する治療の位置づけは低く、身体評価の再現性の低さやアセスメントの不正確性など、さまざまな要因から身体医学的取り組みが遅れている [6]。しかし、精神保健福祉法の制定以後、精神疾患患者に対する適正な医療が見直され始め、精神医療におけるリハビリテーションの重要性がさらに高まってきた。

近年、コンピュータ技術の応用によって複雑な解析が可能となり、様々な画像計測の手法が開発されている。画像計測技術の向上は、これまで不可視であった脳局在の神経活動を捉えることにより、脳機能の経時的変化を客観的データとして処理することを可能とした [7]。なかでも、近赤外分光法をヒトの脳に適応した光トポグラフィー（日立メディコ社製 ETG-4000）による脳機能計測装置が臨床研究で利用されている [8~10]。

光トポグラフィーは侵襲および身体拘束が少ない特徴を有し、種々の環境下で脳機能の計測が可能である [11]。

これまで、身体運動と認知機能について脳機能計測装置を用いた客観的な検討はなされていない。身体運動が脳の前頭前野を活性化させ、認知機能に望ましい影響を及ぼすかどうかを検証することは、精神疾患患者のリハビリテーションにとって重要な位置づけとなる。これらの背景から本研究は、身体運動が認知機能および脳の神経活動に及ぼす影響について検証することを目的とした。

II 対象と方法

A 対象

対象は、2006年5月から2006年7月までの期間に神戸学院大学総合リハビリテーション学部医療リハビリテーション学科に所属し、本研究の主旨を説明して文書にて同意が得られた健常学生23名(男性17名、女性6名、平均年齢 19.3 ± 1.4 歳)であった。

研究における倫理的配慮として以下の項目について説明し同意を得た。

- ① 研究の目的と方法
- ② 本研究への参加は個人の自由意思に基づき、参加に同意が得られない場合でも対象者へ不利益が及ばないこと
- ③ 研究の実施は対象者の自由意思によっていつでも中止できること
- ④ 対象者から得られた個人情報保護すること

研究実施中に考えられる事故に対しては、研究者および被験者の安全管理には十分に配慮すること、本学教員(医師)による監督のもとに身体運動の介入を行うこと、自動体外式除細動器(Automated External Defibrillator: AED)を準備し、当該施設において適切な対応ができる体制を整えて

研究を実施した。

なお、本研究は2006年3月に開催された神戸学院大学における生命倫理審査会において審査を受け承認されている。

B 方法

研究に文書で同意が得られた23名の対象について、以下の計画のもとに研究を実施した。

1. 問診およびバイタルサイン(血圧・脈拍・体温)の確認
2. 水分補給および光トポグラフィー装置の設定
3. 認知課題(ストループテスト)
4. 運動課題(15分間歩行)
5. 認知課題(ストループテスト)

1 運動課題

運動課題は、トレッドミル(MINATO社製 Auto Runner AR-200)を用いた15分間の歩行を行った。トレッドミルは、歩行や走行することによってカロリー消費や走行距離を計算する機能を有する運動機器である。本研究で使用したトレッドミルは、電動ベルト式の医療用に開発された機器であり、スピード調整および傾斜の調整が可能である。本研究におけるトレッドミルの基本設定は、速度4 km/hおよび傾斜角0度とした。トレッドミルによる身体運動強度の管理は、スピードの調節を随時行い、自覚的運動強度を示すBorgスケールを用いて快適な運動強度である11(楽である)~13(ややきつい)に設定した。歩行中の自覚的運動強度は、Borgスケール表を1分ごとに提示して確認した。

2 認知課題

認知課題は、ストループテスト[12]を行った。ストループテストは、前頭葉機能障害をもつ患者のステレオタイプの抑制を評価する検査として用いられ、黒字で書かれた24個の文字をランダムに

並べた白黒テスト (step 1)、4色で構成された24個の図形の色をランダムに並べたカラーテスト (step 2)、step 1と文字の順序は同じであるが文字の意味とは異なる色で書かれたカラー文字テスト (step 3) から構成されている。step 1は単純に文字を読み上げる検査であり、step 3は文字が何色で書かれているのかを答える検査である。本テストは脳における情報処理を必要とし、反応時間を測定することで数値化が可能である。また、計算や文字の復唱などと異なり各刺激の難易度に差がなく、各対象者の学力による影響は小さいものと考えられることから、本研究における認知課題とした。

3 脳の神経活動

脳の神経活動は、光トポグラフィー (22chの計測が可能である縦3×横5のプローブ) を用いて行った。プローブの装着位置は、国際10-20電極配置法に基づき、前頭葉を中心としてFzの位置がプローブの中心点となるように設定した [13]。脳の神経活動は、酸素化ヘモグロビン (OxyHb) の変化として二次的に捉えられる。本研究は、22chの全てについてOxyHbの変化量を計測し、各被験者についてストループテストにおける各stepの平均値を計算した。

4 データ分析

本研究は、運動課題前後の認知課題の成績は、ストループテストの課題遂行時間を運動前後で対応のあるt-検定を用いてstep 1、step 2、step 3でそれぞれ検討した。光トポグラフィーによる結果は、各チャンネルに対する対象者の平均値を算出して運動前後の認知課題遂行時のOxyHbの変化量について対応のあるt-検定を用いて検討した。なお、全ての解析において統計学的に有意な確率は、両側検定で5%未満とした。

III 結果

A 認知課題の結果

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、運動後における各stepの成績が有意に改善した ($P < 0.05$)。被験者の運動前後におけるストループテストの結果を表1に示した。

B 脳の神経活動

光トポグラフィーによる脳の神経活動は、step 1においてch 1、ch 5、ch10、step 2においてch 5、ch10、step 3においてch 5とch10にそれぞれ有意差が認められた ($P < 0.05$)。有意差が認められた各chについて運動前後の認知課題中の血液動態の変化を表2に示した。

IV 考察

本研究は、認知課題としてストループテストを行った。ストループテストは、テスト-再テストによる尺度の安定性があるとされ、信頼性は種々の研究により検討されている。今回は、運動課題の前後でテストを行い、それぞれの得点を比較した。その結果、認知課題の各stepにおいて有意差が認められた。この結果から、身体運動が認知機能に望ましい影響を及ぼす可能性が示された。認知機能は、感覚および知覚による情報に基づき、推理・思考などの過程から事象の性質を知る高次の機能であり、種々の質的性質を含んでいる。したがって、認知機能の評価に用いる尺度については、十分に検討することが重要である。また、本研究の信頼性をさらに高めるためには、認知課題の学習効果および持ち越し効果などの影響、対照群の設定による無作為化比較対照試験などの計画が必要である。

脳の神経活動は、認知課題遂行中の脳血液動態の変化として、光トポグラフィーのch1、ch5、ch10に有意な値の変化がみられた。この部位は、左の前頭前野の領域であり、これまでの先行研究による報告と同様に [14]、認知課題が前頭前野の活性化を引き起こしていると考えられる。本研

究では、右の前頭前野における神経活動の活性化は認められなかった。今後は被験者を増やし、認知課題の遂行と脳の中核処理過程について検討することが課題であると考ええる。また、光トポグラフィーによる計測は、種々の問題点が指摘されているが [13, 15]、脳の神経活動を巨視的に捉え

表1 運動前後のストループテスト結果

被験者	ストループテスト					
	運動前			運動後		
	白黒	カラー	カラー文字	白黒	カラー	カラー文字
1	9.6	11.6	23.2	10.5	12.8	22.0
2	9.1	9.2	12.9	8.7	9.9	14.4
3	13.3	11.2	17.5	11.7	11.8	16.7
4	9.6	10.7	16.3	8.4	10.6	15.3
5	14.0	12.4	28.7	13.6	13.7	18.5
6	12.7	12.0	16.7	10.8	11.1	17.1
7	11.5	10.9	11.8	8.9	11.1	12.9
8	13.4	14.5	16.9	10.4	11.5	13.4
9	9.5	10.3	17.1	8.8	10.2	13.3
10	10.7	12.0	15.5	10.4	10.3	15.4
11	10.0	10.5	19.1	9.1	8.8	12.9
12	16.7	13.2	21.7	12.3	11.5	14.6
13	9.5	10.5	19.8	8.3	11.3	11.6
14	8.6	8.8	12.6	7.8	8.2	10.8
15	13.5	14.7	16.5	11.0	14.0	15.9
16	11.0	11.1	15.3	9.5	11.8	11.0
17	8.3	9.8	17.2	8.5	8.1	12.3
18	14.3	15.5	19.2	14.6	13.0	19.4
19	9.5	13.7	16.2	10.4	10.0	15.1
20	11.8	12.6	20.1	10.7	11.1	14.5
21	13.1	13.4	17.5	11.6	13.2	16.6
22	9.4	10.4	17.1	9.9	10.7	14.2
23	9.9	10.1	12.8	9.5	10.3	11.3
平均値	11.3	11.7	17.5	10.2	11.1	14.7
標準偏差	2.2	1.8	3.7	1.7	1.6	2.8

単位は秒

表2 光トポグラフィーによる認知課題中の脳血液動態の変化

		運動前		運動後	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
Step 1	ch1	-0.98	0.24	0.46	1.13
	ch5	-0.07	0.24	0.82	1.47
	ch10	-0.07	0.13	0.98	1.31
Step 2	ch5	0.09	0.46	0.85	1.48
	ch10	0.03	0.29	0.94	1.46
Step 3	ch5	0.15	0.53	0.88	1.46
	ch10	0	0.27	0.94	1.39

Stepはストループテストの各テストを示す
単位はmM・mm(Hb濃度×光路長)

るには十分に臨床応用の可能性があると考える。

本研究は、身体運動が脳の前頭前野を活性化させ、認知機能に望ましい影響を及ぼす可能性を示した。これらのことは、身体運動が認知機能の障害を中心症状とする精神疾患患者のリハビリテーションに有益な手段になると考える。今後は、本研究の課題である認知課題、無作為化比較対象試験などについて十分に検討した追従検討が必要であると考え。さらに、今後は精神疾患患者を対象とした身体運動の身体面および精神面に及ぼす影響について検証していくことが課題である。

本研究は2006年度神戸学院大学健康科学助成を受けて実施した。

【文献】

- [1] 福田正人, 亀山正樹, 山岸裕ら. 精神疾患の生理学におけるNIRSの意義. 床精神医学 2004; 33 (6): 787-798.
- [2] 福田正人, 伊藤誠, 須藤友博ら. 精神医学における近赤外線スペクトロスコープ-NIRS測定の意義 —精神疾患の臨床検査としての可能性— . 脳と精神の医学 2003; 14 (2): 155-171.
- [3] 山本大誠, 奈良勲, 岡村仁. 精神疾患と理学療法—デンマークでの体験. PTジャーナル 2003; 37 (1): 63-68.
- [4] 山本大誠, 奈良勲, 岡村仁ら. 統合失調症者に対する理学療法の有効性. 理学療法科学2003; 18 (1): 55-60.
- [5] 山本大誠. からだとこころの相乗作用—精神科領域の理学療法—: 理学療法のとらえ方PART 3 (奈良勲 編), 文光堂, 2005, 67-78.
- [6] 武田秀和, 中原凱文. 精神分裂病患者に対する運動療法の効果に関する研究 全身持久性能力と自覚的負担度からみた検討. 臨床スポーツ医学 2000; 17 (12): 1521-1525.
- [7] 小泉英明, 牧敦, 山本剛ら. 無侵襲高次脳機能イメージング. 電子情報通信学会誌 2004; 87 (3): 207-214.
- [8] 牧敦, 小泉英明. 光トポグラフィーの臨床応用. BME 2003; 17 (4): 61-69.
- [9] 渡辺英寿. 光トポグラフィーによる高次脳機能の計測. MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY 2002; 20 (3): 162-167.
- [10] Gratton E, Toronov V, Wolf U, et al. Measurement of brain activity by near-infrared light. J Biomed Opt 2005; 10 (1): 11008.
- [11] 渡辺英寿. 光トポグラフィー. Clinical Neuroscience 2003; 21 (5): 539-541.
- [12] Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. Experimental Psychology 1935; 18 (6): 643-662.
- [13] 山本大誠, 奈良勲, 春藤久人ら. 上肢イメージングと脳の神経活動 —脳機能画像計測装置を用いた予備的研究— 神戸学院総合リハビリテーション研究 2007; 2 (1): 69-74.
- [14] 川島隆太. 痴呆からの脱出 学習療法の新展開. 遺伝 2004; 58 (3): 83-87.
- [15] 網島均, 内堀朝子, 小島崇ら. ウェーブレット変換を用いた機能的近赤外分光 (fNIRS) 信号の分解と再構成. 日本光脳機能イメージング研究会 2006 抄録集; 22-27.

The effects of therapeutic exercises for cognitive function and nervous activity in the brain

Yamamoto T, PT, PhD **Nara I**, PT, PhD
Shuntoh H, MD, PhD **Matsuo Y**, PT, PhD
Nakamae T, OT, MS **Morikawa T**, OT
Kobegakuin University, Faculty of Rehabilitation
Department of Medical Rehabilitation

The purpose of this study was to clarify the effects of therapeutic exercises for cognitive function and nervous activity in the brain. Blood flow mapping and cognitive function were compared before and after treadmill exercise using optical topography. The subjects for this study were 17 males and 6 females, all in healthy condition. The mean age of subjects was 19.3 ± 1.4 years old. Prior to conducting the treadmill exercise, cognitive function of the subjects was assessed using Stroop test and nervous activity in brain was assessed using optical topography imaging of brain function. Treadmill exercise was conducted for 15 minutes at a comfortable level of anaerobic metabolism threshold of 11 to 13. Immediately following the treadmill exercise, subjects were reassessed for cognitive function and nervous activity in the brain. Cognitive function data at pre test was 17.5 ± 3.7 sec (mean \pm SD) and at post test (after treadmill exercise) was 14.7 ± 2.8 sec. A significant decrease in task performance time after treadmill exercise confirmed improved cognitive function. Imaging data of nervous activity in brain is also changed in comparison to the blood flow mapping. These results suggest that cognitive function can be improved by therapeutic exercise. However, a further study will be necessary to provide more support for these results. Physiotherapy is one of the important interventions to maintain both physical and mental health.

Key Words : therapeutic exercises, cognitive function, optical topography, brain nervous activity