

# 運動による前頭葉機能への影響に関する研究 —足趾運動は前頭葉機能に影響を与えることができるのか—

広島大学大学院 車谷 洋  
(共同研究者) 同 村上 恒二

## The Effect of the Exercise on Frontal Lobe Functions Will the Toe Exercise Affect to Frontal Lobe Functions?

by

Hiroshi Kurumadani, Tsuneji Murakami  
*Hiroshima University, Graduate school of Health Sciences*

### ABSTRACT

**OBJECTIVE:** The purpose of this research was to investigate that toe-grasp exercise affected the frontal lobe functions. **SUBJECTS:** 22 community-based elderly people participated in this study. The subjects were randomized to either an intervention or a control group. **METHOD:** The intervention included toe-grasp exercise such as gathering a towel and passing the bean from one place to another. Intervention group carried on toe grasp exercise four or more times a week for six weeks. All subjects were assessed at baseline, after six weeks and after twelve weeks with Frontal assessment battery (FAB), toe-grasp strength, plantar's sensation, Functional reach, reaction time and HDS-R. **RESULTS:** Statistically significant differences were found between baseline and after twelve weeks comparing results at FAB and Functional reach. Statistically significant differences were found both between two groups and within an intervention group comparing results at toe-grasp strength and reaction time. Results of HDS-R at an intervention group differed significantly between baseline and after six weeks. No difference between the groups was found in plantar's sensation. **CONCLUSIONS:** It was suggested that toe-grasp exercise affected frontal lobe functions. This study provides

evidence of the benefit of toe-grasp exercise in the activation of frontal lobe functions.

## 要 旨

本研究の目的は足趾運動が脳前頭葉機能を活性化させることができるのかを調査することである。

地域在住高齢者22名を対象とし、無作為に介入群11名、対照群11名に分類した。介入群の対象者には局所運動として足趾運動を6週間実施した。運動開始前、6週間後、および12週間後に前頭葉簡易機能検査 (FAB)、足趾屈曲力、足底感覚、反応時間、Functional Reach、HDS-Rの各検査を実施した。

FABおよびFunctional Reachでは、介入群が介入前に比して12週後で有意に増加した。足趾屈曲力は介入群が介入前に比して6週後、12週後で有意に増加した。HDS-Rでは、介入群が介入前に比して6週後に有意に増加した。反応時間は、上肢および下肢ともに対照群が有意に延長した。足底感覚は有意な変化がなかった。

これらより、足趾運動介入により運動機能とともに前頭葉機能が活性化されたものと考えられた。

## 緒 言

高齢者の運動機能に関する先行研究は多く、身体機能面に関するものが多い。また、臨床における高齢者へのトレーニングとしても下肢筋力、バランス能力の改善を目標としたものは散見される。

われわれは足趾屈曲力とバランス能力との関係を調査し、両者の間に相関関係があることを報告してきた<sup>1)</sup>。足趾屈曲力とは足趾把握力のことである。足趾把握運動はタオルギャザー運動に代表される運動であり、座位にて日常生活で使用する道具を用いて容易に行える運動である。

石橋ら<sup>2)</sup>は高齢者に足趾把握運動を6週間行っ

た結果、足趾把握力と下肢制動能が有意に改善したと報告している。また、Kobayashiら<sup>3)</sup>は高齢者に足趾把握運動を8週間行った結果、閉眼での外乱刺激への反応が有意に改善したと報告している。これらのことから、6~8週間という短期間の足趾運動により身体機能改善効果が得られるものと考えられる。

このように高齢者へのトレーニングにより身体機能が改善することは先行研究からも明らかにされてきている。

しかしながら、臨床において高齢者で問題となっていることは転倒に結びつく身体機能面のみならず、認知症などの高次脳機能に関するものもある。これからの高齢化社会の中で、特に軽度の認知症症例の認知機能や前頭葉機能を維持できるか否かが社会的にも、臨床的にも重要になってくると考えられる。そこで、身体機能面を維持、向上させる運動が認知機能や前頭葉機能の活性化をもたらすことができれば、身体機能面のみならず認知機能面も維持もしくは向上させることが可能となると考えられる。

Weuveら<sup>4)</sup>はウォーキングなどの定期的な身体活動と認知機能との関連を調査し、定期的な身体運動を行っている高齢者においては認知機能が有意に優れているだけでなく、認知機能の低下も軽度であったと報告している。また、Abbottら<sup>5)</sup>はウォーキングのような軽度な運動が認知症の発症と関連があるかについて調査し、ウォーキングが認知症発症リスクの低下に関連すると報告している。さらに、田中ら<sup>6)</sup>は乳酸性作業閾値以下の強度のステップ運動を24週間実施した結果、認知機能および前頭葉機能が介入期間の延長とともに向上したと報告している。以上のことから、定期的な軽度の全身運動を行うことで、認知機能

や前頭葉機能が維持ないしは改善するものと考えられる。

しかしながら、ウォーキングなどの全身運動は歩行能力が自立している高齢者には可能である。しかし、歩行困難な高齢者、あるいは歩行は可能であるが安定した歩行が困難である高齢者には適切な運動とは言いがたい。また、座位保持が可能な高齢者、車椅子レベルの高齢者には困難な運動である。ところが、座位でも運動の可能な足趾運動であれば、車椅子レベルの高齢者にも適用が可能である。この足趾運動を低強度にて実施することで前頭葉機能が活性化されるのではないかと考えた。

そこで、本研究は低強度の足趾運動を継続することにより、前頭葉機能が維持ないしは改善されるのかを調査することを目的とした。

## 1. 対象

### 1.1 即時効果研究

対象は足部に変形、拘縮などの整形外科的疾患を有してない者で、かつ長谷川式簡易知能評価スケール（以下、HDS-R）の得点がカットオフ値以上である地域在住高齢者5名とした。これらの身体的特徴は身長 $154.6 \pm 5.5\text{cm}$ 、体重 $53.4 \pm 7.9\text{kg}$ 、年齢 $75.6 \pm 5.9$ 歳であった。

### 1.2 介入研究

対象は足部に変形、拘縮などの整形外科的疾患を有してない者で、かつ長谷川式簡易知能評価スケール（以下、HDS-R）の得点がカットオフ値以上である地域在住高齢者22名とした。これらの対象を任意に足趾運動介入群11名および対照群11名に分類した。

身体的特徴は、足趾運動介入群が身長 $148.3 \pm 6.6\text{cm}$ 、体重 $48.8 \pm 10.8\text{kg}$ 、年齢 $79.6 \pm 7.3$ 歳であり、対照群が身長 $148.7 \pm 5.8\text{cm}$ 、体重 $46.0 \pm 6.7\text{kg}$ 、年齢 $81.7 \pm 7.0$ 歳であった。身体的特徴は、

両群間に統計学的有意差はなかった。

事前に研究の主旨を十分に説明した後、これら全ての対象者から書面にて同意を得た。

本研究で対象者をカットオフ値以上としたのは研究の主旨を理解し、同意が得られることを前提としたためである。

## 2. 方法

### 2.1 評価項目および方法

本研究における、対象者の身体機能面、認知機能面の変化を捉えるために以下に示す評価を行った。

#### (i) 前頭葉簡易機能検査 (FAB)

FABはDuboisら<sup>7)</sup>が開発した、前頭葉機能のスクリーニングに用いる評価で、6つの下位項目で構成される。下位項目は、類似性、語の流暢性、運動系列、葛藤指示、GO-NO-GO課題、把握行動からなり、各項目3点の18点満点で評価する。本研究では高木ら<sup>8)</sup>が作成した日本語版FABを用いた。FABで得られた得点は得点率に換算し、測定値とした。

#### (ii) 足趾屈曲力

足趾屈曲力はタオルギャザートレーニングに類似するように作成した足趾屈曲力測定器（図1）を用いた<sup>1)</sup>。足趾屈曲力測定器はロードセル

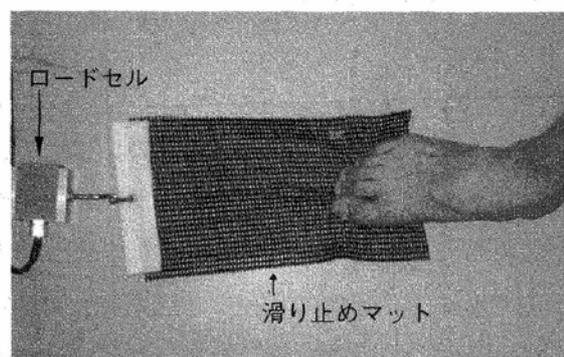


図1 足趾把握力検査

(TEAC社製 TU-BR1kN)、伸縮性のない滑り止めマットで構成し、得られた筋力はデジタル指示計（TEAC社製TD240A）でkg換算して表示した。

測定は股関節および膝関節90°屈曲位の椅子座位にて行い、十分に足部を設置できる状態とした。この状態から、被験者に「かかとを動かさないようにして足の指でマットを手繰り寄せるように引っ張って下さい」と指示を与え、測定を行った。足趾屈曲力は左右各3回ずつ測定し、左右6回分の平均値を測定値とした。

(iii) 身体バランス能力

前後方向へのバランス能力検査として、Functional Reachテスト（以下、FR）を行った。FRは被験者が肩幅に開脚した静止立位で、肩関節90°拳上保持した状態から、踵が地面から離れないようにして身体を前傾させた。この時の、静止立位時の中指指尖から前傾時の指尖までの移動距離（cm）を測定値とした。

(iv) 反応時間課題

反応時間課題は光刺激に対して反応する課題とした。上肢反応時間として、目線と同じ高さにLEDを設置し、LEDが点灯（GO信号）したら直ぐに右手に持たせたボタンを押すように指示した。また、下肢反応時間として、同様の課題を足趾にて行った。足趾で行う場合は足趾屈曲力測定器を用い、LEDが点灯したら直ぐに右足趾を屈曲するように指示した。

光刺激から反応が生じるまでの時間を3回計測し、3回の平均値を測定値とした。

(v) 足底感覚

足底の感覚検査にはSemmes-Weinstein Monofilament（SWと略す）を用いた。SWは20本のモノフィラメントで構成されており、圧覚検査に用いられるもので、圧覚の定量的な閾値検査が可能である。本研究において、圧覚閾値の決定は3回の同様の刺激を正確に答えられない場合を偽とし、その一段階前の値を閾値として採用した。

足底感覚は母指、小指および足底内側部（土踏まず）の3箇所にて評価した。

おのおのの測定箇所から得られた圧覚閾値は

calculated forceに換算し、換算した値を測定値とした。

(vi) 長谷川式簡易知能評価スケール（HDS-R）

HDS-Rより得られた得点は得点率に換算し、測定値とした。

## 2. 2 調査方法

### (i) 足趾運動の種類および方法

本研究では、足趾運動としてタオルギャザー運動と大豆把握移動運動を行った。

タオルギャザー運動には、洗体用の市販のタオルを用いた。座位にて、踵を床面に付けた状態で、タオルの先端に足を置き、足趾でタオルを手繰り寄せるように実施した。最初はタオルのみで実施し、運動に慣れてきたらタオルの反対側に500g程度の重錘となるものを置くように指示した。これを左右両足で行った。

大豆把握移動運動には、大豆200gと大豆を入れる容器を用いた。座位にて、容器の中に入った大豆を足趾で把握して、隣接する容器に移し替えるように実施した。これを左右両足で行った。

### (ii) 即時効果

足趾運動による即時効果を検討するために、以下のことを行った。

1. 運動前評価として、足趾屈曲力、HDS-R、FAB、FR、および反応時間課題の評価を行った。

2. 足趾運動としてタオルギャザー運動と大豆把握移動運動を行った。これらの運動強度の目安として、自覚的疲労感が「ややきつい」となるところまで一回の運動を継続するように行った。

3. 運動後評価として、足趾屈曲力、HDS-R、FAB、FR、および反応時間課題の評価を行った。

### (iii) 介入効果

足趾運動による介入効果を検討するために、介入群および対照群に以下のことを行った。

1. 介入前評価として、足趾屈曲力、HDS-R、FAB、FR、反応時間課題、および足底感覚の評

価を行った。

2. 足趾運動介入として、タオルギャザー運動と大豆把握移動運動を6週間行った。介入群には、足趾運動の運動強度の目安として、自覚的疲労感が「ややきつい」となるところまで一回の運動を継続するように指示した。また、運動頻度は一週間に4回以上とした。

3. 介入6週後の評価として、足趾屈曲力、HDS-R、FAB、FR、反応時間課題、および足底感覚の評価を行った。この時点で介入群には、以後の足趾運動の継続を義務化せず、任意に任せることとした。

4. 介入12週後の評価として、足趾屈曲力、HDS-R、FAB、FR、反応時間課題、および足底感覚の評価を行った。また、介入群には、運動継続の有無を聞き取りにて調査した。

### 2. 3 統計処理

運動前・介入前の状態からの変化を捉えるために、得られた運動後・介入後の結果を運動前・介入前の結果で除して、運動前・介入前を100%とする相対値とした。よって、介入後の値は介入前の値に対する変化率である。

この変化率を用いて以下の統計処理を行った。

即時効果に対して、運動前と運動後を比較する

ために、対応のあるt検定を行った。

介入効果に対して、介入群、対照群と介入期間を要因とする二元配置分散分析を行った。また、post-hoc testにはFisher's PLSD法を用いた。危険率は5%とした。

## 3. 結果

### 3. 1 即時効果

表1に足趾運動による即時効果の結果を示す。FABおよび足趾屈曲力で得点が増加する傾向があった。またその他の検査項目においても若干の正の効果が認められた。しかしながら、全ての項目において有意な変化は無かった。

### 3. 2 介入効果

介入後12週の段階で評価可能であった者は介入群、対照群とも7名であった。介入群7名は全員足趾運動を継続していた。よって、7名の測定

表1 足趾運動の即時効果

	運動前	運動後	p
足趾把握力 (kg)	1.09 ± 0.60	1.40 ± 0.74	NS
FABテスト得点率 (%)	74.4 ± 12.8	87.8 ± 9.1	NS
Functional Reach (cm)	13.0 ± 5.8	15.0 ± 6.4	NS
HDS-R得点率 (%)	86.7 ± 18.7	90.0 ± 17.8	NS
上肢反応時間 (sec)	0.39 ± 0.19	0.35 ± 0.15	NS
下肢反応時間 (sec)	0.39 ± 0.13	0.38 ± 0.05	NS

表2 足趾運動の介入効果

		介入前	介入6週後	介入12週後
足趾把握力 (kg)	対照群	1.49 ± 0.80	1.59 ± 0.66	2.00 ± 0.92
	介入群	1.94 ± 1.37	2.70 ± 1.50	3.21 ± 0.92
FABテスト得点率 (%)	対照群	74.7 ± 14.6	78.8 ± 17.0	80.2 ± 11.0
	介入群	80.3 ± 13.0	83.3 ± 14.9	95.2 ± 5.9
Functional Reach (cm)	対照群	8.0 ± 5.1	13.4 ± 5.6	14.5 ± 8.1
	介入群	12.2 ± 7.9	17.0 ± 7.0	20.4 ± 7.2
HDS-R得点率 (%)	対照群	78.5 ± 16.7	84.5 ± 12.0	83.3 ± 16.4
	介入群	81.2 ± 11.9	92.4 ± 4.5	89.5 ± 7.1
上肢反応時間 (sec)	対照群	0.30 ± 0.08	0.36 ± 0.14	0.33 ± 0.06
	介入群	0.29 ± 0.07	0.26 ± 0.06	0.26 ± 0.06
下肢反応時間 (sec)	対照群	0.42 ± 0.07	0.37 ± 0.09	0.43 ± 0.09
	介入群	0.37 ± 0.11	0.35 ± 0.08	0.30 ± 0.04
母指感覚 (g)	対象群	3.3 ± 4.1	1.9 ± 0.7	1.9 ± 0.3
	介入群	2.7 ± 3.1	3.3 ± 3.1	2.1 ± 1.2
小指感覚 (g)	対象群	2.9 ± 4.2	1.8 ± 0.8	2.1 ± 3.9
	介入群	1.4 ± 0.6	1.6 ± 0.9	1.3 ± 0.7
内側部感覚 (g)	対象群	1.4 ± 1.0	1.4 ± 0.5	1.1 ± 0.6
	介入群	1.7 ± 2.4	1.1 ± 0.7	1.2 ± 0.8

値を統計に用いた。

表2に足趾運動による介入により得られた結果を示す。以下に統計の結果を示す。

FABは介入群で介入前に比して介入12週後で有意に増加していた(図2)。

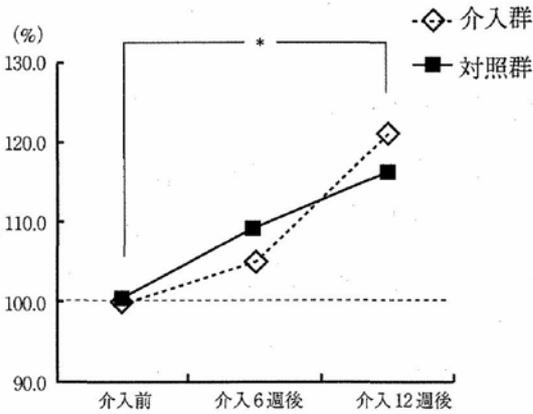


図2 FABテスト結果  
介入前を100%とする変化率 \* : p<0.05

足趾屈曲力は介入群で介入前に比して介入6週後、介入12週後に有意に増加していた。また、介入6週後および介入12週後において、対照群に比して介入群が有意に増加していた(図3)。

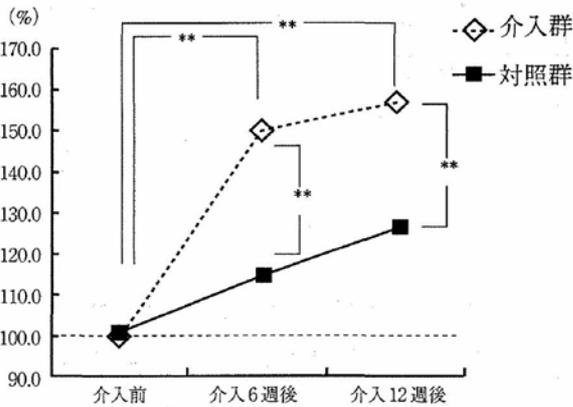


図3 足趾屈曲力結果  
介入前を100%とする変化率 \*\* : p<0.01

FRは介入群で介入前に比して介入12週後で有意に増加していた(図4)。

上肢反応時間は対照群で介入前に比して介入6週後に有意に延長していた。また、介入6週後および介入12週後において、介入群に比して対照群が有意に延長していた(図5)。

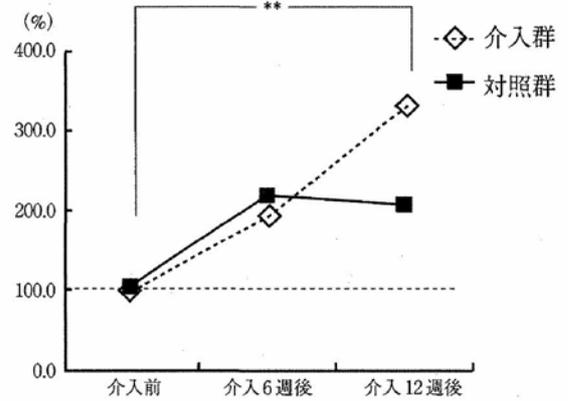


図4 Functional Reachテスト結果  
介入前を100%とする変化率 \*\* : p<0.01

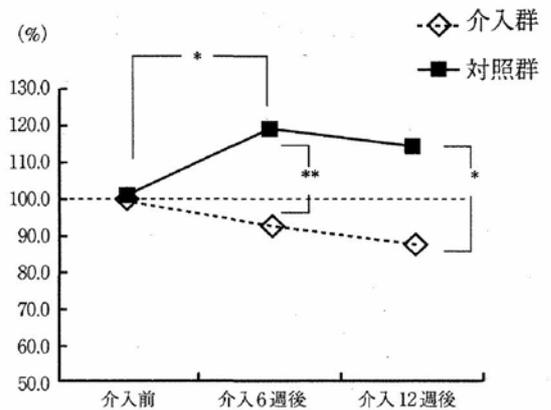


図5 上肢反応時間結果  
介入前を100%とする変化率 \* : p<0.05, \*\* : p<0.01

下肢反応時間は対照群で介入6週後に比して介入12週後で有意に延長していた。また、介入12週後において、介入群に比して対照群が有意に延長していた(図6)。

足底感覚は母指、小指、足底内側部の全てで介入による有意な変化は無かった(図7, 8, 9)。

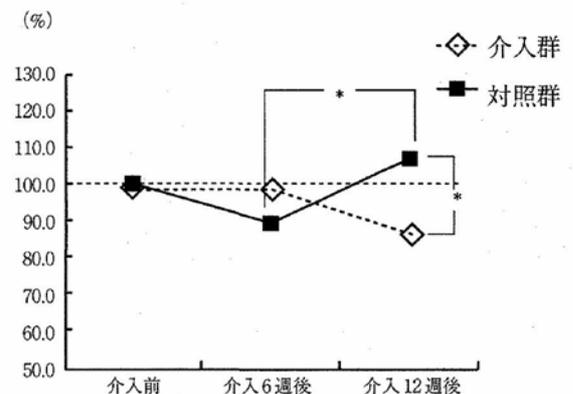


図6 下肢反応時間結果  
介入前を100%とする変化率 \* : p<0.05

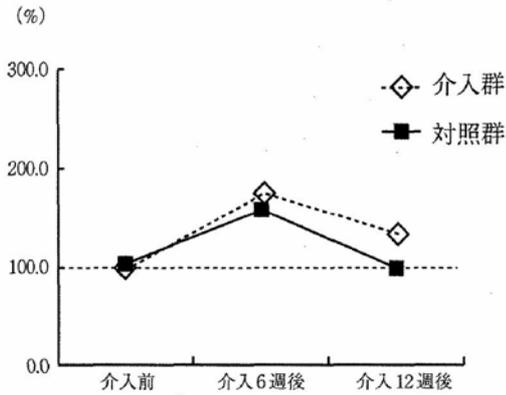


図7 母指感覚結果  
介入前を100%とする変化率

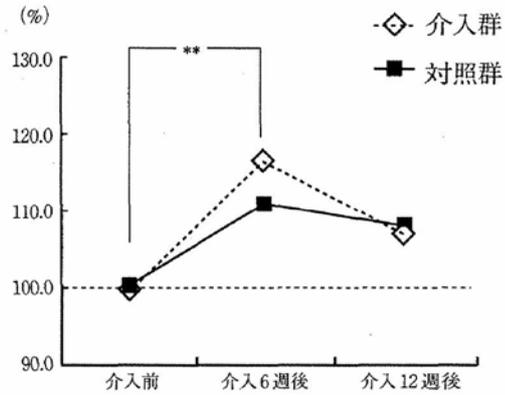


図10 HDS-R 結果  
介入前を100%とする変化率 \*\* : p<0.01

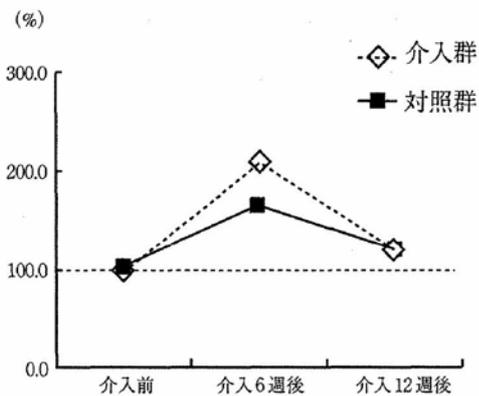


図8 小指感覚結果  
介入前を100%とする変化率

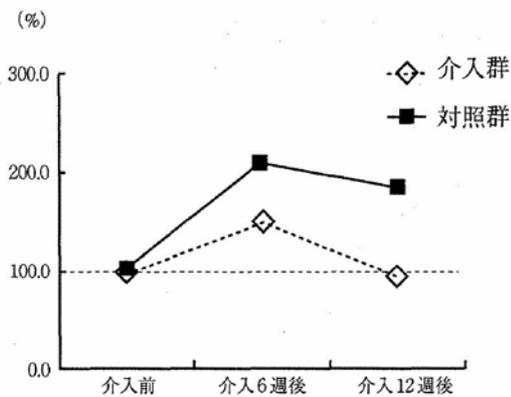


図9 足底内側部感覚結果  
介入前を100%とする変化率

HDS-Rは介入群で介入前に比して介入6週後で有意に増加していた(図10)。

#### 4. 考察

本研究の目的は、足趾運動介入によって前頭葉機能が活性化されるか否かを調査することである。

以下に即時効果、介入効果の検討に分けて考察する。

#### 4. 1 即時効果について

本研究の結果、足趾運動後にFAB得点率の増加傾向はあったが、有意な変化ではなかった。すなわち、運動直後に前頭葉機能の有意な活性化はなかったと考えられる。

この理由として、大脳レベルでの活性化が少なかったことが考えられる。本研究で評価した反応時間課題はGO課題として大脳の感覚野と運動野の統合を表すものといわれている<sup>9)</sup>。感覚野と運動野の興奮が高くなれば、反応時間は速くなると考えられる。すなわち、反応時間が速くなることは、大脳皮質レベルの興奮を示していると考えられる。しかしながら、足趾運動後の反応時間には有意な変化が無かった。このことは、大脳皮質レベルの興奮があまり高くならなかったことを示すものと考えられる。さらに、一次運動野から出力される興奮は運動前野へも伝えられるといわれている<sup>10)</sup>。FABに含まれている下位項目は運動前野、補足運動野などが関係する運動のプログラミングが含まれている。すなわち、運動野からの興奮が運動前野へは伝わってはいるが、前頭葉機能に変化を及ぼすほどの興奮性ではなかったと考えられる。このことは足趾運動の強度(量)によるものか、もしくは足趾運動の難易度(質)によるものなのかは明らかではない。よって、今後、即時効果が期待できる条件を調査する必要があると

考えている。

#### 4. 2 介入効果について

本研究の結果、FABは介入群で介入前に比して介入12週後で有意な増加を示した。すなわち、介入後12週の段階では、前頭葉機能が活性化されていたと考えられる。

この要因を運動機能、感覚機能、神経機能の側面から考察する。

まず、運動機能の側面では、足趾屈曲力が介入群で介入前に比して介入後6週および12週で有意な増加を示した。さらに、FRでは介入群で介入前に比して介入後12週で有意な増加を示した。すなわち、運動機能面では介入後6週で足趾屈曲に関する筋機能への介入の効果が認められ、介入後12週で筋機能を含めた身体バランス能力にまで介入効果が及んだことを示していると考えられる。本研究の結果、運動機能の側面からは、筋機能では介入後6週で、身体バランス能力には介入後12週で介入効果があることが明らかとなった。

石橋ら<sup>2)</sup>は足趾運動を含めた下肢機能への6週間の運動介入により足趾把握力が有意に増加したと報告している。本研究の結果も同様の傾向を示しており、足趾運動は介入後6週間という比較的短期間で運動効果の得られるものと考えられた。

一方、感覚機能の結果より、足底感覚に有意な変化は認めなかった。本研究で足底感覚評価に用いたSemmes-Weinstein Monofilament検査は主に圧覚の感覚受容器の閾値を測定するものである。このことから考えると、末梢の皮膚感覚受容器レベルには足趾運動介入による変化は無かったものと考えられる。

他方、神経機能に関して反応時間課題の結果より、上肢反応時間は介入後6週、12週で介入群に比して対照群では有意な延長を示した。また、下肢反応時間は介入後12週で介入群に比して対照群で有意な延長を示した。すなわち、対照群は介

入群に比して介入後6週、12週において反応時間が遅くなっているという結果である。しかしながら、下肢反応時間に注目すると、介入後12週では介入群の反応時間は短くなり、対照群の反応時間が長くなることで有意差が現れているようにも捉えることができる。このことから、介入後12週の段階では大脳皮質レベルの興奮が介入前に比して高くなっていった可能性があると考えられる。

以上のことをまとめると、運動機能、神経機能が前頭葉機能へ影響を与え、感覚機能は前頭葉機能へ影響を与えていなかったものと思われる。すなわち、足趾屈曲力に始まり身体バランス能力の向上に至った運動機能の向上が神経機能の興奮を高め、結果的に前頭葉機能の活性化がもたらされたものと考えられた。

また、HDS-R得点率も介入群では介入前に比して介入後6週で有意に増加していた。介入後12週の段階では有意な増加ではなかったが、介入後6週の段階で記憶を含めた大脳領域の活性化があったものと思われる。

足趾運動は歩行が困難な症例などへの下肢機能を高める運動の一つとして用いることが可能である。本研究結果から、歩行の困難な症例、座位保持レベルの症例に対する運動として足趾運動を実施することで、下肢機能のみならず、前頭葉機能の興奮性が高められる可能性があると考えられる。

しかしながら、本研究では、脳内の変化を詳細に分析しているわけではないので、今後は足趾運動時の脳内の活動がどの程度賦活されているのかを検討していきたい。

#### 5. 結 語

足趾運動が前頭葉機能を活性化させるのかを調査することを目的として、足趾運動を行った。結果、足趾運動を行うことで、運動機能の向上により前頭葉機能が活性化される可能性があるものと考えられた。

## 謝 辞

本稿を終えるにあたり、研究助成を賜りました財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に心から深謝申し上げます。また、本研究の実施にあたり多大な御協力を賜りました広島大学大学院保健学研究科の安東圭彦先生、海渡聡子先生、大和弘治先生、山崎和博先生ならびに本研究に対して御協力頂きました全ての皆様に深謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 車谷 洋, 村上恒二, 山下剛正, 中島清美, 高齢者の足趾屈曲力とバランス能力に関する調査. 広島転倒予防研究会誌, 4, 10-12 (2004)
- 2) 石橋敏郎, 井原秀俊, 三輪 恵, 浜田哲郎, 高山正伸, 高柳清美, 高齢者における神経運動器協調運動が下肢機能に与える影響. 体力研究, 91, 20-27 (1996)
- 3) R.Kobayashi, M.Hosoda, A.Minematus, H.Sasaki, H.Maejima, S.Tanaka, N.Kanemura, A.Matsuo, K.Shirahama, T.Ueda, C.Kamoda, O.Yoshimura, Effects of Toe Grasp Training for the Aged on Spontaneous Postural Sway. *J. Phys. Ther. Sci.* 11, 31-34 (1999)
- 4) J.Weuve, J.Kang, J.Manson, M.Breteler, J.Ware, F.Grodstein, Physical Activity, Including Walking, and Cognitive Function in *Older Women*. *JAMA*, 292, 1454-1461 (2004)
- 5) R.Abbott, L.White, G.Ross, K. Masaki, J. Curb, H.Petrovitch, Walking and Dementia in Physically Capable Elderly. *JAMA*, 292, 1447-1453 (2004)
- 6) 田中宏暁, 森由香梨, 実例集 ステップ運動—高齢者の体力UP. *JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION*, 14, 15-19 (2005)
- 7) B.Dubois, A.Slachevsky, I.Litvan, B.Pillon; The FAB A frontal assessment battery at bedside. *Neurology*, 55, 1621-1626 (2000)
- 8) 高木理恵子, 梶本賀義, 神吉しづか, 三輪英人, 近藤智善, 前頭葉簡易機能検査 (FAB) —パーキンソン病患者における検討—. 脳神経, 54, 897-902 (2002)
- 9) 松波謙一, 感覚と運動の統合メカニズム. 実験科学, 17, 2176-2184 (1999)
- 10) 丹治 順, 脳と運動—アクションを実行させる脳. 共立出版, 東京 (1999)