

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350812

研究課題名(和文) 運動に伴う筋感覚情報が高齢者認知機能低下に及ぼす影響

研究課題名(英文) Influences of Kinesthetic Information during Exercise on Cognitive Functions of the Elderly

研究代表者

西平 賀昭(NISHIHIRA, Yoshiaki)

筑波大学・体育系・名誉教授

研究者番号：20156095

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は筋などの体性感覚情報が脳の認知機能に及ぼす影響を及ぼすか、またそれらの体性感覚情報が脳のどの部位と連結しているかを脳の感覚情報を客観的に測定できる体性感覚誘発電位、認知機能を解析できるP300電位、注意機能を反映するN140電位、認知機能テストなどを用いて明らかにし、高齢者の認知機能低下や軽度認知障害者回復のための運動処方を提示することである。その結果、高齢者や軽度認知障害者の認知機能向上・回復には有酸素運動ばかりではなく、最大筋力40～50%の程度の筋高強度運動とされていると筋力維持の運動処方は是非必要であることが推察された。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to clarify the influences of somatosensory information, such as that provided by muscles, on cognitive functions, as well as brain areas receiving it, using: somatosensory evoked potentials that facilitate the objective measurement of sensory information received by the brain, P300 potentials useful for cognitive function analysis, N140 potentials reflecting attention, and cognitive function testing, as a basis for effective exercise therapy to improve the cognitive functions of the elderly and those with mild cognitive impairment. The results highlighted the necessity of not only aerobic exercise, but also high-intensity exercise to be performed with 40 to 50% of the maximal muscle strength to improve and restore their cognitive functions.

研究分野：運動生理学

キーワード：有酸素運動 認知機能テスト 注意機能 体性感覚誘発電位 高強度筋感覚情報 中枢内感覚経路 高齢者 軽度認知障害者

1. 研究開始当初の背景

運動が脳機能に好影響を及ぼすことは多く報告されている。研究代表者らは文部科学省の21世紀COEプログラム(健康・スポーツ科学研究の推進)の研究で中強度運動は若齢者の認知機能を促進し、また有酸素能の向上を伴う運動を長期間続ければ高齢者の認知機能が改善することを確認している。さらに運動は脳血流の増加やBDNF(脳由来神経栄養因子)の発現、インシュリン様成長因子などでニューロンが新生することや、ネプリライシンの増加、ストレス耐性によるコルチゾールの適量化などを生じさせることが報告されている。しかし現実的にかかりの運動習慣を持っている人でも認知症を発症している。今日までの研究によれば認知症は遺伝的要因よりは運動を含め環境的要因が大きいことが知られている。その中でも運動が果たす役割が大きいことが提唱されているのに現実には期待されているほどの効果は発揮されていない。研究代表者らの研究協力者の一人は現場で軽度認知障害者を指導しているうちに次のような共通項目に気づいている。軽度認知障害者は筋感覚が鈍くなっていくということ。また軽度認知障害者は健常者に比べて脚の筋の疲労や痛みなどを感知する能力が減退していることである。これらの軽度認知障害者に3カ月にわたって高強度の筋感覚情報を与えた結果、鍛えている部位の筋感覚を感知するようになったことを確認し認知機能を推測できるテストをした結果、認知機能が向上したことを確認している。これらの現場の結果から運動神経生理学的に推察してみると、認知機能向上や軽度認知障害者の回復には運動強度を考慮した運動ばかりではなく、運動に伴う筋感覚情報が非常に重要であることが理解できる。しかしながら筋感覚情報が脳内の感覚-運動処理機能に及ぼす影響を与えるか、またどの程度の筋感覚強度の情報を与えれば有効か、また感覚情報の種類などについてはほとんど明らかにされていない。

運動神経生理学の今日までの研究は筋・皮膚・痛みなどの体性感覚情報が遮断されたならヒトは動きも認知機能も低下することを報告している。また筋などの体性感覚情報は筋感覚神経を経て覚醒機能に關与する脳幹網様体、ヒトの注意に關与する視床をたどり認知感覚機能領野にいたることも知られている。それゆえ今日までの運動神経生理学的研究と既述の現場の報告から研究代表者らは高齢者の認知機能低下や軽度認知障害者は筋などの体性感覚情報と脳内の感覚-運動処理機能との連結が緩くなっていっていると推測した。そこで本研究においては筋などの体性感覚情報が脳の認知機能に及ぼす影響を及ぼすか、またそれらの体性感覚情報が脳のどの部位と連結しているかを脳の感覚情報を客観的に測定できる、体性感覚誘発電位、認知機能を解析できるP300電位、注

意機能を反映するN140電位、認知機能テストなどを用いて明らかにし、これらの基礎的研究成果を現場に応用し、高齢者の認知機能低下や軽度認知障害者回復のために、筋などの体性感覚情報を脳内の感覚-運動処理機能と連結させるためにはどの程度の筋感覚強度・種類の体性感覚情報を与えれば有効かを具体的に提示することである。最終的には筋などの体性感覚情報を脳内の感覚-運動処理機能と連結させるための運動処方提示することである。高齢者認知機能低下者を含め認知症予備群は約2400万人にも及ぶとされている現在、運動に伴う体性感覚情報の研究が高齢者の認知機能低下や軽度認知障害者回復のために有効であることを確認できれば、多くの認知症予備群の認知症への移行を抑制することができる可能性が出てくる。

今日まで運動が脳機能に好影響を及ぼすことは多く報告されているが、現実的には高齢者の認知機能低下や軽度認知障害者回復のために期待されているほどの効果は発揮されていない。そこで研究代表者らは高齢者認知機能低下者や軽度認知障害者は筋などの体性感覚情報と脳との連結が減弱されるのではないかと推測し、運動強度を考慮した運動ばかりではなく、体性感覚情報を脳内の感覚-運動処理機能と連結させる運動処方作成が必要不可欠であることに気がついた。現在高齢者の認知機能低下や軽度認知障害者回復のために、筋感覚などの体性感覚情報を脳内の感覚-運動処理機能と連結させるためにはどの程度の筋感覚強度・種類の体性感覚情報を与えれば有効かを明らかにした研究は国内外においても見当たらない。研究代表者らが主張しているように高齢者認知機能低下者と軽度認知障害者が筋などの体性感覚情報と脳内の感覚-運動処理機能との連結の減弱にその要因の1つがあるのなら、本研究で設定した目的を達成することで高齢者認知機能低下の回復や軽度認知障害者をその前駆段階で防ぎ、約2400万人いるとされている認知症予備群が認知症へ移行することを減少させることが可能であり、運動科学、健康科学的立場から認知症予防という国民的課題に応えることができると確信している。

2. 研究の目的

本研究においては筋などの体性感覚情報が脳の認知機能に及ぼす影響を及ぼすか、また体性感覚情報が脳のいかなる部位と連結しているかを脳の筋感覚情報を客観的に測定できる体性感覚誘発電位、認知機能を解析できるP300電位、注意機能を測定できるN140電位、認知機能テストを用いて明らかにし、高齢者の認知機能低下や軽度認知障害者回復のために、筋などの体性感覚情報を脳内の感覚-運動処理機能と連結させるためにはどの程度の筋感覚強度・種類の体性感覚情報を与えれば有効かを具体的に提示する

とともに、最終的には筋などの体性感覚情報を脳内の感覚-運動処理機能と連結させるための運動処方方を提示することである。

3. 研究の方法

本研究を通して基本的なことは筋などの感覚情報が脳の認知機能にいかなる影響を及ぼすか、またそれらの体性感覚情報が脳のどの部位と連結しているかを脳の感覚情報を客観的に測定できる体性感覚誘発電位、認知機能を解析できる P300 電位 (図 1)、注意機能を反映する N140 電位 (図 2)、認知機能テストなどを用いて明らかにし、どの程度の筋感覚情報また種類が適切かを確認し、高齢者認知機能低下者及び軽度認知障害者が認知症へ移行することを抑制する運動処方作成の資料を収集することである。

実験 は一般高齢者を対象に筋などの感覚情報が脳の認知機能にいかなる影響を及ぼすか、またそれらの体性感覚情報が脳のどの部位と連結しているかを脳の感覚情報を客観的に測定できる体性感覚誘発電位、認知機能を解析できる P300 電位、注意機能を反映する N140 電位、認知機能テストなどを用いて明らかにすることである。

参加者と課題内容: 参加者は自立した生活をおくる高齢者 30 名。研究分担者の介護予防教室に参加している者である。運動課題としては 30 分間の有酸素運動後、数秒間の最大筋力 40~50% の程度の筋力維持や座った状態で片足を水平に伸ばしてもらいそのまま 10 cm 上げて太ももが痛くなるまで行う。これらの動作課題を数回繰り返す。さらに 20 分間の有酸素運動後かなり強度なブラッシングを手足に付加し、それを数回繰り返す。参加者はこれらの運動プログラムを週 2 回、3 カ月にわたって行い動作課題を参加者の健康体力状態を考慮し適切に選択する (図 3)。3 カ月間の介入実験の間に参加者の測定結果を考慮し、運動課題の時間、強度を変え適切な運動強度、時間を確認する。

実験 は認知機能テストにより軽度認知障害者と判定された被験者を対象に平成 26 年度で有効と確認された各種動作課題、トレーニングプログラムを適用しその効果を認知機能テスト、脳の感覚情報を客観的に測定できる体性感覚誘発電位、認知機能を解析できる P300 電位、注意機能を反映する N140 電位を測定・確認し運動プログラム作成の資料を収集する。その後運動プログラムを作成したならばそのプログラム効果を既述の測定項目を用いて確認する

実験 は高齢者や軽度認知障害者 10 名を対象に、30 分間の有酸素運動後、数秒間の最大筋力 40~50% の程度の筋力を維持し、高強度の筋感覚情報を中枢に与え状態で手首の正中神経から電気刺激を与え中枢内を経過していく体性感覚反応を体性感覚誘発電位で捉え、注意機能を N140 電位で測定し高齢者や軽度認知障害者の認知機能向上には有

酸素運動の他に高強度の筋感覚情報の重要性を確認する。

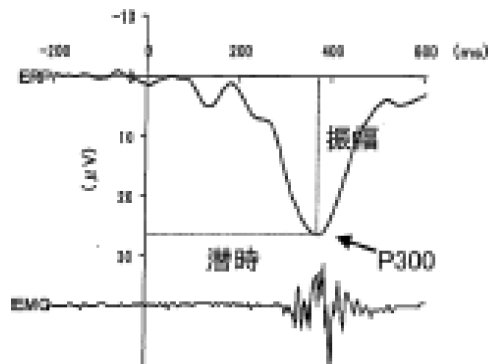


図 1. 安静時の P300 電位の典型的な波形

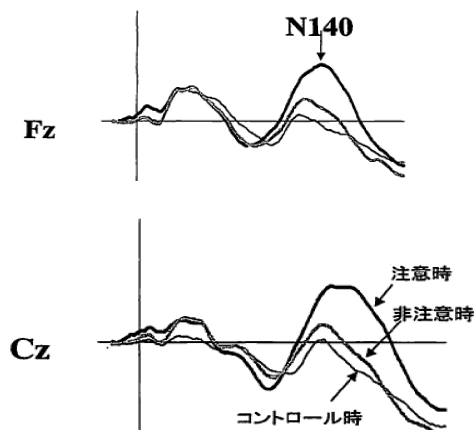


図 2. 安静時の N140 電位の典型的な波形



図 3. 本実験の手順

4. 研究成果

(1) 運動群高齢者は運動習慣を持たない高齢者よりも筋電図反応時間 (運動群高齢者 279 ± 10 , 3msec、運動習慣を持たない高齢者 332 ± 13 , 9msec) は有意に速い結果を示した。認知機能を反映すると考えられている P300 電位については、運動群高齢者が運動習慣を持たない高齢者よりも有意に高振幅 (運動群高齢者 $10.11 \mu v$ 、運動習慣を持たない高齢者 $6.54 \mu v$) を示した。さらに N140 電位はいくつかの感覚情報を与え運動させた方が運動群高齢者、運動習慣を持たない高齢者両群とも振幅が増加した。これらは皮膚、関節節などからの感覚情報は中枢内感覚経路に変容をきたしていることを示している。また感覚

情報を伴う有酸素運動は高齢者の認知機能の維持・向上に有益であることが推察される。(2) 認知機能と強い相関があることが確認されているペグ移動テストと P300 電位、筋電図反応時間 (EMG-RT) 関係を調べてみると、ペグ移動時間が早い被験者群が他の群と比較して筋電図反応時間 (EMG-RT) が短縮していた。さらに課題に関わらず P300 電位潜時はペグ移動テストの遂行能力の高い被験者群が短縮し、かつ P300 電位振幅が高い傾向にあった。さらにペグ移動時間は筋電図反応時間 (EMG-RT)、P300 電位潜時と有意な相関があることが確認された。さらにペグ移動時間が早ければ注意機能を評価できる N140 電位の振幅も有意に高いことが確認された。従ってペグ移動時間課題は反応処理系に加えて脳内の刺激評価処理時間を含む認知機能を反映する動作課題であることが確認された。従ってペグ移動時間課題は軽度認知障害者と判定された群の脳内の認知機能を評価するのに有効であることが示唆された。さらに本実験ではトレイルメイキングペグテスト (TMT) 課題に伴う P300 電位、注意機能を評価できる N140 電位を測定した結果、TMT 課題と脳電位は高い相関があることが確認された。従って TMT 課題は軽度認知障害者の認知機能を簡便に評価できるパフォーマンステストとして有用であることが推察された。さらに、最大筋力 40~50% の程度の筋力維持した後の体性感覚誘発電位成分の N18-20 電位、N30-32 電位は著明に増加し、N140 電位も著明に増加を示した (図 4、5)。体性感覚誘発電位成分の N18-N20 電位は脳内の視床から感覚野までの興奮性の変化を示し、N30-32 電位は脳内の体性感覚野の変化を示していることが明らかにされているので最大筋力 40~50% の程度の筋力維持、つまり高強度の筋感覚情報は脳内の感覚認知機能を改善することが推察される。従って高齢者や軽度認知障害者の認知機能向上・回復には有酸素運動ばかりではなく、最大筋力 40~50% の程度の高強度と称されていると筋力維持の運動処方 が是非必要であることが推察される。

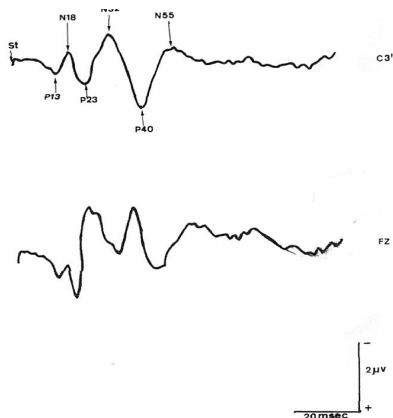


図 4 . 高強度筋力維持後の体性感覚誘発電位の典型的な波形

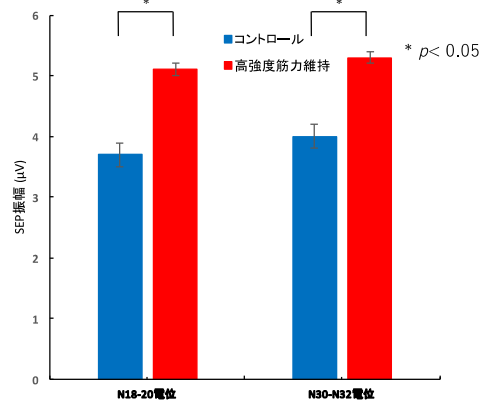


図 5 . 高強度筋力維持後の体性感覚誘発電位成分の変化

5 . 主な発表論文等

(雑誌論文) (計 7 件)

- 1) Hiroyuki FUKUMOTO, Yoshiaki NISHIHARA, Yukako KITADA, Kazuo KUROIWA, Sachiyo OGAWA, Young Su Jung: Event-related potentials while focusing on a somatosensory stimulation in long-term athletes. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 22(2): 29-38, 2016, 査読あり
- 2) 黒岩一雄, 西平賀昭, 福本寛之, 碓井外幸: 局所的な高強度運動が運動抑制過程に及ぼす影響. *日本運動生理学雑誌*, 23 (1): 1-9, 2016, 査読あり
- 3) Hiroyuki FUKUMOTO, Yoshiaki NISHIHARA, Natsuki SAKEMOTO, Syuhei OKABE, Kazuo KUROIWA, Sotoyuki USUI, Young Su Jung: Influence of performing dual-task on cortical inhibition. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 21(3): 53-58, 2015, 査読あり
- 4) Hatta A, Nishihira Y, Akiyama-Ogawa S: Central Sensorimotor Processing Preceding Voluntary Movement.. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 20(2): 29-33, 2014, 査読あり
- 5) Hiroyuki FUKUMOTO, Natsuki SAKEMOTO, Yoshiaki NISHIHARA: Changes in Corticospinal Excitability during Dual Task. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 20(2): 45-50, 2014, 査読あり
- 6) Yuka HAYASHI, Yoshiaki NISHIHARA, Takuro HIGASHIURA: The effects of different intensities of exercise on night sleep. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 20 (1): 19-24, 2014, 査読あり
- 7) 河原靖典, 西平賀昭, 福本寛之, 八田有洋, 碓井外幸: 随意的な筋弛緩動作に先行する運動関連脳電位の変化. *臨床神経生理学*, 42(1): 1-10, 2014, 査読あり

〔学会発表〕(計7件)

- 1) 福本寛之,西平賀昭,麓正樹,碓井外幸:
長期的な運動トレーニングが二重課題
遂行時の皮質脊髄路興奮性に及ぼす影
響.第24回日本運動生理学会大会,熊
本大学(熊本県熊本市),2016.7.24
- 2) 麓正樹,碓井外幸,福本寛之,西平賀昭:
無意識的な視覚情報処理過程と反応時
間の関係-視覚ミスマッチ陰性電位によ
る検討-.第24回日本運動生理学会大会,
熊本大学(熊本県熊本市),2016.7.24
- 3) 福本寛之,西平賀昭,酒本夏輝,岡部秀
平,碓井外幸:二重課題の遂行が皮質抑
制性に及ぼす影響.第23回日本運動生
理学会大会,日本体育大学(東京都世田
谷区),2015.7.26
- 4) 麓正樹,碓井外幸,小宮山伴与志,西平
賀昭,:間欠的全力ペダリング運動前後
の脳波解析.第23回日本運動生理学会
大会,日本体育大学(東京都世田谷区),
2015.7.26
- 5) 東浦拓郎,西平賀昭,八田有洋,金田健
史:長期運動トレーニングとディトレ
ーニングが認知機能に及ぼす影響.第23
回日本運動生理学会大会,日本体育大学
(東京都世田谷区),2015.7.25
- 6) 福本寛之,西平賀昭:二重課題の遂行が
皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響.第
69回日本体力医学会大会,長崎大学(長
崎県長崎市),2014.9.19
- 7) 福本寛之,西平賀昭,酒本夏輝,岡部秀
平,:二重課題遂行時の皮質脊髄路の興
奮性の変化.第22回日本運動生理学会
大会,川崎医療福祉大学(岡山県倉敷市),
2014.7.20

6. 研究組織

(1)研究代表者

西平 賀昭 (NISHIHIRA, Yoshiaki)
筑波大学・体育系(名誉教授)・名誉教
授

研究者番号:20156095

(2)研究分担者

八田 有洋 (HATTA, Arihiro)
東海大学・体育学部・准教授
研究者番号:20312837

麓 正樹 (FUMOTO, Masaki)
東京国際大学・人間社会学部・准教授
研究者番号:40339180

碓井 外幸 (USUI, Sotoyuki)
東京国際大学・人間社会学部・教授
研究者番号:60389822

(3)研究協力者

福本 寛之 (FUKUMOTO, Hiroyuki)