

機関番号：17702

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13187

研究課題名(和文) 視覚を利用した反応トレーニングが中枢処理に与える効果とその簡易的評価の検討

研究課題名(英文) Effect of high-order processing on visual response training and examination of the simple evaluation.

研究代表者

與谷 謙吾 (Yotani, Kengo)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授

研究者番号：10581142

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：視覚-運動関連時間(VMRT)は脳内の処理時間を反映し、それは視覚反応課題時の筋電図反応時間(Pre-motor time)から経頭蓋磁気刺激によって得られる運動誘発電位潜時を差し引くことで算出できる。本研究ではVMRTの短縮に関わるトレーニングや従来と異なる評価法について検討を行った。その結果として、1) VMRTは呈示される反応刺激(光信号)を観るといった取組みだけでも短縮することが明らかになった。2) また、VMRT短縮のためにトレーニングを実施した際、トレーニングに関係ない対側肢でも短縮効果がみられた。3) 一方、VMRTの短縮は鼓膜温へ影響しないことが推察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の反応時間研究と異なる視点から反応パフォーマンス向上に関する検証の試み自体が本研究の学術的な特色である。その成果については、反応刺激(光)を観るだけ、あるいは反応トレーニング効果の転移によって非運動肢でも反応時間を短縮させることができるため、視覚依存の素早い判断が要求される競技にとって身体活動(トレーニング)で生じる疲労を軽減した状態で反応時間を短縮させる取組みに活かすことができる。さらに、本研究は、スポーツのみならず認知症問題(反応・判断処理の低下)に対してその遅延予防のための一助と成り、社会的にも幅広く応用できる可能性をもった内容としてその意義は大きいと感じる。

研究成果の概要(英文)：Visuo-motor related time (VMRT), which is calculated by subtracting the latency of motor-evoked potentials from pre-motor time as measured by electromyography for simple reaction tasks, reflects the time elapsed from visual stimulation to the motor cortex through the visual cortex. The aim of the present study was to investigate the VMRT reduction using noninvasive technique, such as electromyogram or transcranial magnetic stimulator. The main findings were: 1) the VMRT shortens by observation training consisting of careful observation of a visual signal in a relaxed state, 2) the effect of VMRT reduction transfers to non-training limb, such as contralateral hand, as well as response training limb, 3) the VMRT reduction is not so much effect as to influence on tympanic membrane temperature.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：筋電図 反応時間 経頭蓋磁気刺激

1. 研究開始当初の背景

反応時間計測において、外部信号(光)から筋放電活動開始までの期間を評価する Pre-motor time (PMT)は中枢(神経)系の所要時間を反映し、同時に反応課題全体の処理時間の多くを占める(Mero et al., 1990; Winter et al., 1991)。それは一般人(sedentary)だけでなく、身体機能が発達しているスポーツ選手においても同様であり、反応パフォーマンスを左右する重要な時間要素とされる(Lee et al., 1999; 與谷ら, 2007)。従って、PMTの短縮は、日常生活における適応的な行為やスポーツにおける卓越した反応パフォーマンスを促進する上で重要な因子と言えよう。

また、これまでの反応時間研究では、積極的な PMT 短縮を目指した反応トレーニングの介入を主流としてきた(Lee et al., 1999; 与那ら, 1990)。一方、PMTは、1) 脳内の処理に関わる期間と 2) 一次運動野から骨格筋までの下行性の期間を含んでおり、広範囲の神経系の処理期間を捉えているため、PMT 内のどの期間がトレーニングによる影響を受けたのかについては明らかにされていなかった。この問題に対して研究代表者は、光刺激による単純反応課題を実施し、経頭蓋磁気刺激装置(TMS)を用いて、図1で示すように PMTの期間を 運動誘発電位(MEP)潜時と 視覚-運動関連時間(VMRT)に区分して調査を行ってきた。その結果、PMTは反応トレーニングによって短縮し、それは PMT 内の各時間要素において、MEP 潜時ではなく、VMRTの短縮に起因することが明らかになった(Yotani et al., 2011)。つまり、PMTの短縮は神経系の中でも、より高次な処理期間に影響することが示唆された。しかし、これらの反応トレーニングに関する手法は、外部信号(光)から筋出力に至るまでの一連の課題を反復遂行させているにも関わらず、その効果が VMRT のみに起因することを考慮すると、“観て知覚させる”等の高次中枢にアプローチするトレーニングを実施するだけでも PMT を短縮させることができると思われる。また、高次での変化(短縮)は非トレーニング課題へも転移すると思われるが、いずれも明らかになっていないことが現状である。

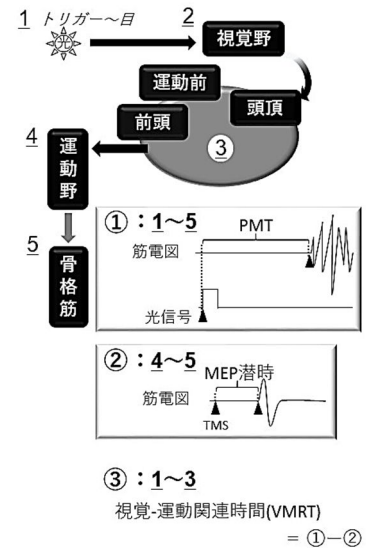


図 1. 反応時間計測の概要.

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究では以下の3つのテーマについて検証することを目的とした。

- 1) 光刺激を用いた観察のみの反応トレーニングが PMT、並びに各時間要素(MEP 潜時, VMRT)に与える影響について明らかにする。
- 2) 光刺激を用いた従来の同一肢での反応トレーニングによる VMRTの短縮が対側の非トレーニング肢へ与える効果について明らかにする。
- 3) 反応トレーニングに伴う VMRT の変化と鼓膜温(TMT)との関連性について明らかにする。

3. 研究の方法

1) 実験 1:

(1) 実験対象者

対象者は健康な成人男性とし、彼らを観察-反応トレーニング(O-TR)群と非トレーニング群(CONT)群に無作為に振り分けた。

(2) 実験手続き

各群(O-TR, Cont)ともに、トレーニング期間の前後で光刺激に対する反応テスト(Pre-test および Post-test)を行った(図 2A)。その際、全対象者はリラックスした状態で椅子に座ってもらい、右第一背側骨間筋(FDI)に筋電図用表面電極を置き、前方で提示される光刺激をトリガーにできるだけ素早く FDI を収縮させる反応課題を実施させた。光刺激の提示は被験者が予測できないように、ランダムな時間間隔(2-6 秒)で提示した(西村ら, 1996)。O-TR 群においては、4 週間(×週 2 回)のトレーニングを行い、その期間中は光刺激を観ることだけを反復させた(図 2B)。

(3) 分析項目

反応テストにおいて、PMTは光信号と FDI の筋電図記録から計測した。また、TMSを用いて運動野から FDI までの MEP を記録し、MEP 潜時は刺激時点から MEP 発生までの期間として同定した。と得られた値より、VMRTは両者の差分によって算出し(図 1 を参照)、テスト間(Pre-test vs. Post-test)で比較した。

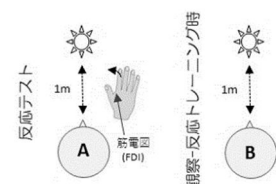


図 2. 実験実施イメージ 1

2) 実験 2 :

(1) 実験対象者

対象者は健常な成人男性とした。

(2) 実験手続き

対象者は、トレーニング期間(4 週間(×週 2 回))の前後で右、並びに左 FDI の収縮課題を反応テスト(Pre-、Post-test)として行った(図 3A)。また、トレーニングは従来と同様の反応トレーニングとし(Yotani et al., 2011; 與谷ら, 2013 etc.)、光刺激を合図に出来るだけ素早く右 FDI のみを収縮させる課題を反復させた(図 3B)。

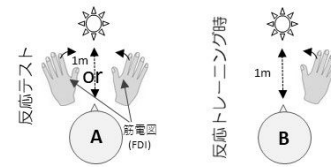


図 3. 実験実施イメージ 2

(3) 分析項目

実験 1 と同様に、左右の反応テスト時における PMT、MEP 潜時、VMRT を評価した。

3) 実験 3 :

(1) 実験対象者

対象者は健常な成人男性とした。

(2) 実験手続き

実験 1 と同様に、対象者は観察-反応トレーニング期間(4 週間(×週 2 回))の前後で光刺激に対する反応テスト(Pre-test および Post-test: FDI 収縮課題)を行い、さらに、各テスト後には左右の耳(鼓膜)から赤外線型の耳式体温計を用いて鼓膜温(TMT)を計測した。

(3) 分析項目

これまでと同様に、VMRT などの時間指標の評価に加え、TMT を計測してテスト間(Pre-test vs. Post-test)で比較を行った。

4 . 研究成果

1) 実験 1 の結果 :

テスト間(Pre-test vs. Post-test)の比較において、CONT 群は全ての項目(PMT, MEP 潜時, VMRT)で差はみられなかった。一方、O-TR 群において、PMT は Pre-test よりも Post-test が有意に短くなった(図 4)。また、VMRT も同様に Pre-test よりも Post-test が有意に短くなり、MEP 潜時においてはテスト間に差はみられなかった。以上のことより、本研究の観察-反応トレーニングは従来のトレーニングと同様に、PMT(特に、VMRT)の短縮を可能にすることが明らかになった。

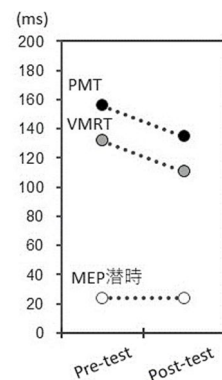


図 4. 反応時間の傾向

2) 実験 2 の結果 :

二要因の分散分析(Pre-, Post-test × 右, 左)を行った結果、MEP 潜時に変化はみられなかった。PMT においては、test で主効果が認められ、Pre-test よりも Post-test が短くなったが、左右間で差はみられなかった。また、VMRT においても同様の結果を示し、いずれも左右間で差が認められなかった。以上のことより、VMRT は反応トレーニングによって短縮し、その効果は非トレーニングの対側肢へも転移することが示唆された。

3) 実験 3 の結果 :

MEP 潜時に差はみられなかったが、PMT 並びに VMRT は Pre-test よりも Post-test が有意に短くなった。一方、鼓膜温(TMT)については左右耳ともにテスト間で差はみられなかった(図 5)。

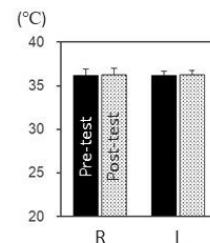


図 5. トレーニング前後の TMT.

以上の 1-3)結果を考慮すると、本研究で実施したトレーニングは、いずれも従来の反応時間研究と同様に PMT を短縮させ、それは下行性の伝導時間(MEP 潜時)ではなく、光刺激から運動野に至るまでの処理時間(VMRT)の短縮に起因することが明らかになった。また、その取組みについては、「観る」だけ、あるいは非トレーニング肢でも短縮効果が認められ、身体活動(トレーニング)で生じる疲労を軽減した状態で反応時間を短縮させることができる新たなトレーニング手法として敏捷性が求められる実践現場でも活かせると考えられる。一方、TMT は簡易的に脳皮質の温度を評価できることに加え、先行研究において、TMT が高くなれば反応時間が長くなることが報告されている(Helton et al., 2009; 2010)。本研究ではその対照的な捉え方として、VMRT が短縮すると TMT も低くなると仮説を立てたが結果は得られず、今後の展望として簡易的な時間評価法の模索が望まれる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Tamaki H., Yotani K., Ogita F., Hayao K., Kirimto H., Onishi H., Kasuga N., Yamamoto N.	4. 巻 16
2. 論文標題 Low-frequency electrical stimulation of denervated skeletal muscle retards muscle and trabecular bone loss in aged rats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Int J Med Sci.	6. 最初と最後の頁 822-830
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7150/ijms.32590	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 Tamaki H., Yotani K., Ogita F., Hayao K., Nakagawa K., Sugawara K., Kirimoto H., Onishi H., Kasuga N., Yamamoto N.	4. 巻 100
2. 論文標題 Electrical stimulation of denervated rat skeletal muscle ameliorates bone fragility and muscle loss in early stage disuse musculoskeletal atrophy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Calcif Tissue Int.	6. 最初と最後の頁 420-430
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00223-017-0250-y	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 -

〔学会発表〕 計28件（うち招待講演 0件／うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Ogita F., Yamatoya K., Yotani K., Tamaki H.
2. 発表標題 Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity interval training under hypoxic conditions on body composition and glucose tolerance
3. 学会等名 24th Annual Congress of European College of Sport Science（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayao K., Tamaki H., Nakagawa K., Yotani K., Ogita F., Tamakoshi K., Takahashi H., Onishi H., Yamamoto N.
2. 発表標題 Repeated bout effect on myofiber permeability and muscle function that is dependent on the intervals between initial and second bouts of eccentric contractions in rat skeletal muscle
3. 学会等名 24th Annual Congress of European College of Sport Science（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 與谷謙吾, 幸篤武, 大和谷健太, 荻田太, 田巻弘之
2. 発表標題 光刺激に対するトレーニング手法の違いが視覚 運動関連時間へ与える効果
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ogita F., Yotani K., Tamaki H.
2. 発表標題 Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity interval training under hypoxic conditions on metabolic risk markers
3. 学会等名 23th Annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 幸篤武, 與谷謙吾
2. 発表標題 VRゲームが脳の類似識別能力に与える影響
3. 学会等名 第81回日本体力医学会中国・四国地方会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 與谷謙吾, 幸篤武, 大和谷健太, 荻田太, 田巻弘之
2. 発表標題 光刺激を用いた観察トレーニングが視覚-運動関連時間へ与える影響
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 Ogita F., Yotani K., Goto K., Katayama K., Tamaki H.
2. 発表標題 Effects of cycling exercise and aquatic exercise in hypobaric hypoxia on vasculature adaptations and glucose tolerance
3. 学会等名 22th Annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tamaki H., Yotani K., Ogita F., Kirimoto H., Hayao K., Takahashi H., Tamakoshi K., Tsubaki A., Onishi H., Kasuga N., Yamaoto N.
2. 発表標題 Streptomycin attenuates the effects of electrical stimulation-induced muscle contraction on reducing trabecular bone loss in the early stages of disuse in old rats
3. 学会等名 Annual Meeting of American Society for Bone and Mineral Research (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田洋一, 與谷謙吾
2. 発表標題 活動後増強がrate of force development scaling factor (RFD-SF)に与える影響
3. 学会等名 第68回日本体育学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 與谷謙吾, 花井詩織, 幸篤武, 荻田太, 田巻弘之
2. 発表標題 反応トレーニングに伴う反応時間、並びに鼓膜温への影響
3. 学会等名 第72回日本体力医学会大会
4. 発表年 2017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
--	---------------------------	-----------------------	----