

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 20 日現在

機関番号：34449

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700561

研究課題名（和文） 高齢者におけるアンチサッケードトレーニングに及ぼす頸部前屈姿勢の影響

研究課題名（英文） Effects of neck flexion on anti-saccade training in the elderly

研究代表者

清田 直恵 (KIYOTA NAOE)

大阪保健医療大学・保健医療学部・助教

研究者番号：90559189

研究成果の概要（和文）：健康な若年者および高齢者を対象に、頸部前屈姿勢でのアンチサッケードトレーニングを3週間実施し、アンチサッケードのパフォーマンスおよびそれに関連した前頭葉機能に対する影響を検討した。両年齢群ともに、トレーニングにより、アンチサッケードのパフォーマンスは向上した。若年者では、前頭葉活動に対する頸部前屈姿勢でのアンチサッケードトレーニングによる相乗効果が認められた。高齢者では、アンチサッケードのパフォーマンスおよび前頭葉活動に対する、頸部前屈姿勢でのトレーニングによる相乗効果が認められた。

研究成果の概要（英文）：We investigated the effects of anti-saccade training with neck flexion for 3 weeks on the eye movement performance and frontal activity in the young and elderly. For both groups, anti-saccade performance was improved through the training nevertheless neck posture during the training. For the young, training with neck flexion showed a synergistic effect on frontal activity. For the elderly, the synergistic effects were found on the performance and frontal activity.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2000000	600000	2600000
2012年度	500000	150000	650000
年度			
年度			
年度			
総計	2500000	750000	3250000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：脳賦活、アンチサッケード、トレーニング、高齢者、姿勢、前頭葉、脳電位、近赤外線分光法

1. 研究開始当初の背景

衝動性眼球運動（サッケード）は、その制御に関わる神経回路がかなり明らかになっており、種々の脳機能を検討する際のモデルに用いられている (Leigh and Zee, 1991; Nieuwenhuis et al., 2004)。適切に行動を遂行するためには、状況に応じて不必要な反

応を抑制する能力が必要となる。その抑制機能を検討するのに適したサッケード課題に、アンチサッケードがある (Munoz and Everling, 2004)。アンチサッケードとは、側方に現れた視標に対する反射性のサッケードを抑制し、視標の反対側へ随意的にサッケードを行わせる課題である (Hallett, 1978)。

アンチサッカーにおいて、サッカーの抑制には前頭前野が重要な役割を担う (Pierrot-Deseilligny et al., 1995)。この脳部位は加齢による萎縮が顕著に生じる部位の1つであり (Raz et al., 2005; Rasnick et al., 2003)、これと関連して高齢者では、抑制機能が反映される、視標への誤反応率が顕著に増加する (Abel et al., 2007; Fujiwara et al., 2010)。したがってこの眼球運動のトレーニングを通じて、抑制機能の改善を目指すことは重要な課題であるだろう。若年者では14日間のアンチサッカートレーニングにより、反応時間および誤反応率が短縮および減少することが示されているけれども (Dyckman and McDowell, 2005)、高齢者におけるトレーニング効果についての研究は見当たらない。

適切な運動機能や認知機能を発揮するには、状況に応じて脳の活動水準を調節することが重要となる。高齢者では、脳の活性化の低下とそれに伴う認知機能の低下が示唆されており、脳の活性化を高める方法の開発が重要視されている (Kawashima et al., 2005; Park and Leuter-Rorentz, 2008)。Fujiwara et al. は、運動時の構え姿勢の一部である頸部前屈姿勢保持時における、サッカーの反応時間の短縮 (2000) や、大脳誘発電位の潜時短縮・振幅増加 (2005; 2009a; 2009b; Kunita and Fujiwara, 2004) を報告してきた。これは、頸部前屈姿勢保持に伴って増加した頸背部筋感覚情報が、脳幹網様体を中心とした賦活系 (Schiff, 2008) を介して大脳全体の賦活状態を汎在性に高めることによると推察される。頸部前屈姿勢保持に伴うサッカー反応時間の短縮の程度は、加齢に伴い小さくなる (Kunita and Fujiwara, 2006)。一方で、頸部前屈姿勢による反応時間の短縮効果は、高速ボールを追従するスポーツ経験 (Fujiwara et al., 2006) やその姿勢を保持したサッカートレーニング (Kunita and Fujiwara, 2009) などを通じて獲得されることが若年者を対象に示されている。これは、頸部前屈姿勢保持に伴う脳賦活作用が学習を通じて利用できるようになることを示唆する。したがって高齢者においても、トレーニングによって頸部前屈姿勢保持による脳賦活作用を利用できるようになる可能性がある。このような上行性の脳賦活作用は、大脳皮質の活性化を補助する役割を有すると考えられる。それゆえ、頸部前屈姿勢を保持してアンチサッカーをトレーニングした高齢者では、そのトレーニング効果が大きくなる可能性が推察される。

頸部前屈姿勢およびトレーニングによる大脳皮質活動の変化を詳細に検討するためには、サッカーのパフォーマンスだけでなく、より直接的に脳機能測定を行う必要があ

るだろう。そこで種々の測定法のうち、頸部前屈姿勢保持した状態での測定が可能な近赤外線分光法 (NIRS) およびサッカー関連脳電位に注目した。NIRS で測定される酸化ヘモグロビン濃度 (oxy-Hb) は、前頭前野における課題に関連した酸素化動態の変化に対して鋭敏であることが報告されている (Miyai et al., 2001; Strangman et al., 2002; Wolf et al., 2002)。我々は、若年者および高齢者ともに、アンチサッカーの遂行により前頭前野の oxy-Hb は増加するが、極めて誤反応率の高い高齢者ではその増加が小さいことを明らかにした (Fujiwara et al., 2009; 2010)。fMRI を用いた研究では、誤反応試行時に比べて適切なアンチサッカー遂行時の方が前頭前野の活動性は強いことが確認されている (Ford et al. 2005)。サッカー関連脳電位のうち、アンチサッカーに先行するサッカー前陰性電位 (PSN) は、サッカーのための準備活動や注意、反応抑制に関連すると考えられている (Everling et al. 1997)。ピーク後の陽性変移 (サッカー前陽性電位 (PSP)) は、皮質における眼球運動の実行過程を表す (Abe et al., 2004) ことから、PSN のピークは、アンチサッカーにおける反応抑制と実行との移行過程を表すものと考えられる。我々は、PSN のピークがアンチサッカーの開始約 100ms 前に認められることを確認した (Furune et al., 2007)。これと一致する時間帯に、前頭前野・前頭眼野・補足眼野に強い活動が認められることが、脳磁図を用いて報告されている (McDowell et al., 2005)。したがって、PSN のピークは、比較的広範囲の前頭葉の活性化水準と処理時間のよき指標となるであろう。誤反応試行時に比べて適切なアンチサッカー試行では、脳電位が大きくなることが報告されている (Everling et al., 1998)。

2. 研究の目的

高齢者における抑制機能の改善と脳賦活トレーニング法の開発を目指し、アンチサッカートレーニングにおよぼす頸部前屈姿勢の影響について、そのパフォーマンス、前頭前野の酸素化動態、およびサッカー関連脳電位を指標として検討する。

3. 研究の方法

初めに、高齢対象者を念頭に入れた測定法およびトレーニング法について検討するために、若年者を対象に、頸部前屈姿勢でのアンチサッカートレーニングを実施し、アンチサッカーのパフォーマンスおよびそれに関連した前頭葉機能に対する影響について検討した。被験者は、頸部前屈姿勢によるアンチサッカー反応時間の短縮が認められない健常若年者 29 名とし、彼らを以下の 3

群に分けた：頸部前屈姿勢（前屈角 20 度）にてトレーニングを行う群 10 名、下顎部を支持台に置いた安静頸部姿勢にてトレーニングを行う群 9 名、トレーニングを行わない群 10 名。中心固視点および 4 箇所（側方視標のうちの 1 つが 1-3 秒のランダムなタイミングで交互に点灯する視覚刺激を用い、30 秒間のアンチサッケード課題を 1 日に 20 回実施した。トレーニングは、週 3-5 回、3 週間に渡って実施された。トレーニングの前後に、安静頸部姿勢および 20° 頸部前屈姿勢の 2 つの姿勢条件にて、アンチサッケードにおける水平眼球運動、前頭前野の oxy-Hb および Cz におけるサッケード前陰性脳電位を測定した。トレーニングおよびトレーニング前後の測定は、全て大学の実験室にて実施した。

次に、健康な高齢者 30 名を対象に研究を実施した。彼らを以下の 3 群に分けた：頸部前屈姿勢（前屈角 20 度）にてトレーニングを行う群 10 名（NFT）、下顎部を支持台に置いた安静頸部姿勢にてトレーニングを行う群 10 名（NRT）、トレーニングを行わない群 10 名（CON）。中心固視点および 4 箇所（側方視標のうちの 1 つが 1-3 秒のランダムなタイミングで交互に点灯する視覚刺激を用い、30 秒間のアンチサッケード課題を 1 日に 20 回実施した。トレーニングは、週 3-5 回、3 週間に渡って実施された。トレーニングの前後に、安静頸部姿勢および 20° 頸部前屈姿勢の 2 つの姿勢条件にて、アンチサッケードにおける水平眼球運動、前頭前野の oxy-Hb および Cz における PSN を測定した。トレーニングは、彼らが居住する地区の公民館にて、験者の確認のもとで実施した。トレーニング前後の測定は、大学の実験室にて実施した。

両年齢群ともに、以下の項目を分析した：

(1) アンチサッケードの反応時間および誤反応率、(2) 適切なアンチサッケードの開始前 600ms 間の脳電位を加算平均して得られる PSN のピーク潜時と振幅およびスパイク電位の開始時点、(3) アンチサッケードの遂行に伴う oxy-Hb の増加量。

4. 研究成果

(1) 若年者における頸部前屈でのアンチサッケードトレーニング効果

頸部姿勢に関わらず、トレーニングにより、アンチサッケードの反応時間および誤反応率は短縮および減少した。頸部前屈姿勢でのトレーニングの特異的な効果は認められなかった。一方、oxy-Hb およびサッケード前脳電位には、頸部前屈姿勢でのアンチサッケードトレーニングによる特異的な変化が認められた。高齢対象者を念頭に入れた測定法およびトレーニング法についての検討とともに、若年者における頸部前屈姿勢でのアンチサッケードトレーニング効果について同定で

きた。脳賦活作用のトレーニングに新たな知見を加えることができたと考えられた。

(2) 高齢者における安静頸部姿勢でのアンチサッケードトレーニング効果

アンチサッケードの反応時間および誤反応率は、両トレーニング群ともに、トレーニングによって若年者のデータと同程度まで向上した（それぞれ -50ms, -24%）（図 1, 2）。高齢者においても、トレーニングによってアンチサッケードのパフォーマンスが大きく向上することが示された。PSN のピークからスパイク電位開始までの時間が、両群ともにトレーニングを通じて短縮した（-16ms）。前頭領域（前頭前野、前頭眼野および補足眼野）から動眼神経ないしは筋に至るまでの処理がトレーニングにより速化し、この速化が反応時間の短縮に関連することが示された。

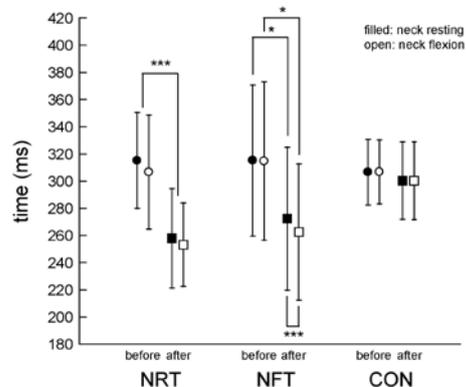


図 1 高齢者におけるアンチサッケード反応時間。before: トレーニング前、after: トレーニング後。黒: 安静頸部条件、白: 頸部前屈条件。

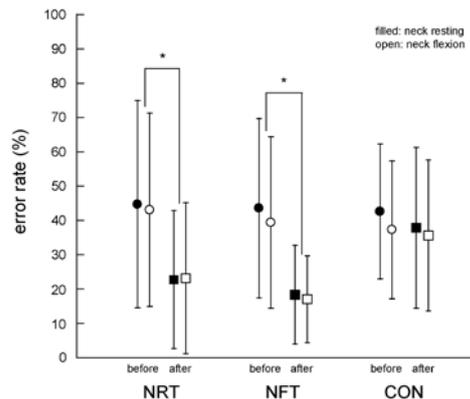


図 2 高齢者におけるアンチサッケード誤反応率。

(3) 高齢者における頸部前屈でのアンチサッケードトレーニングによる相乗効果

頸部前屈でのトレーニング後（NFT 群）においてのみ、トレーニング前には認められな

かった頸部前屈に伴うアンチサッケード反応時間の短縮が 10ms とわずかではあるが認められ(図 3)、PSN 振幅はトレーニング後に有意に増大した。頸部前屈でのトレーニングを通じて頸部前屈に伴う脳賦活作用が有効になり、相乗的なトレーニング効果が得られ、アンチサッケード遂行時に前頭葉(前頭眼野、補足眼野など)の活動が顕著に高まるように変化したものと推察される。高齢者においても、頸部前屈に伴う脳賦活作用にトレーニングの効果が示された。ただし、運動経験を通じてアンチサッケードがトレーニングされている若年被験者では、前頭前野の oxy-Hb がアンチサッケード中に低下すると報告されており、この知見は課題遂行の自動化に関連した前頭前野活動の減少を示すと考えられる。それゆえ本研究の高齢者では、トレーニング効果はアンチサッケードが自動的になるほど十分でなく、より長いトレーニング期間を必要とする可能性が示唆された。

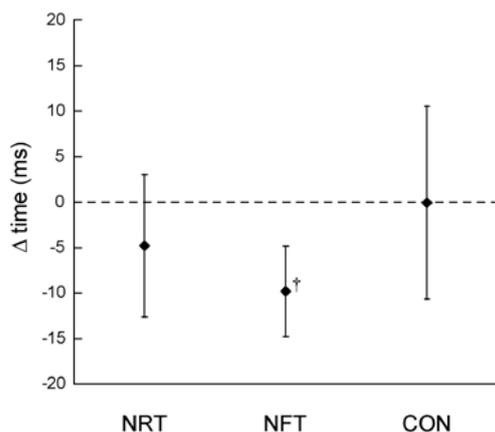


図 3. トレーニング後における頸部前屈によるアンチサッケード反応時間短縮値(頸部前屈条件-安静頸部条件)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

① Kiyota N, Fujiwara K (2010) Effects of anti-saccade training with neck flexion on eye movement performance, presaccadic potentials and prefrontal hemodynamics in the elderly. *Eur J Appl Physiol* 110: 1143-1154.

〔学会発表〕(計 3 件)

① 清田直恵, 藤原勝夫: 高齢者における頸部前屈でのアンチサッケードトレーニング. 日本生理人類学会第 68 回大会, 2013 年 6 月, 石川県金沢市

② Kiyota N, Fujiwara K: Effects of anti-saccade training with neck flexion on eye movement performance, presaccadic potentials and prefrontal hemodynamics in the elderly. 29th International Congress of Clinical Neurophysiology, 2010. 10, Kobe, Japan

③ 清田直恵, 藤原勝夫: 高齢者における頸部前屈でのアンチサッケードトレーニングによる眼球運動、脳電位および局所脳血流量の変化. 日本健康行動科学会第 9 回学術大会, 2010 年 10 月, 石川県金沢市

〔図書〕(計 1 件)

① 清田直恵, 藤原勝夫 (分担執筆): 第 5 章第 9 節「高齢者における頸部前屈でのアンチサッケードトレーニング」. 藤原勝夫 (編): 姿勢制御の神経生理学機構, 杏林書院, 東京, 2011: 191-200

6. 研究組織

(1) 研究代表者

清田 直恵 (KIYOTA NAOE)

大阪保健医療大学・保健医療学部・助教

研究者番号: 90559189