様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 6 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2007～2009
課題番号：19500497
研究課題名（和文）　頚部前屈姿勢保持に伴う瞬目への影響の運動経験による差異と神経系トレーニング効果
研究課題名（英文）　Sports exercise and neural training effects on changes in blinks associated with maintenance of neck flexion

研究代表者
国田　賢治　（KUNITA KENJI）
札幌国際大学・スポーツ人間学部・教授
研究者番号：20316003

研究成果の概要（和文）：本研究では、（１）自発性瞬目の出現数の頚部前屈保持に伴う変化の運動経験による差異、（２）頚部前屈保持を伴う眼球運動反応トレーニング後の、眼球運動反応時間および自発性瞬目数の頚部前屈保持による変化、および（３）自発性瞬目及び随意性瞬目時の運動関連脳電位への頚部前屈保持による影響について検討した。検討の結果、以下のような知見を得た。(１)頚部前屈保持を伴う自発性瞬目数の減少は、高速ボール追従群でのみみられた。（２）頚部前屈を伴う眼球運動反応トレーニングを行うと、反応時間短縮効果がみられるようになったが、自発性瞬目数の減少効果はみられなかった。(３）随意性瞬目時のみ運動関連脳電位がみられ、その電位の立ち上がり先行時間は頚部前屈を保持すると短くなり、その電位のピークは大きくなった。

研究成果の概要（英文）：The present study investigated (1) sports exercise effect on changes in appearance frequency of spontaneous blink with maintenance of neck flexion, (2) changes in saccadic reaction time and the frequency of the blink with neck flexion, after saccadic training with maintaining the neck flexion, and (3) changes in motor related cortical potential associated with spontaneous and voluntary blinks while maintaining the neck flexion. The results were as follows: (1) Decrease of appearance frequency of spontaneous blink during the neck flexion was found for high-speed ball club group, (2) After the saccadic training with maintenance of the neck flexion, the saccadic reaction time decreased during the neck flexion, however, the decrease in frequency of the blink was not found, and (3) The preceding time in motor related cortical potential with voluntary blink decreased during the neck flexion, and furthermore the amplitude in the potential increased.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
２００７年度	**1,900,000**	**570,000**	**2,470,000**
２００８年度	**900,000**	**270,000**	**1,170,000**
２００９年度	**600,000**	**180,000**	**780,000**
年度			
年度			
総　計	**3,400,000**	**1,020,000**	**4,420,000**

研究分野：身体教育学
科研費の分科・細目：脳高次機能学
キーワード：瞬目、姿勢、頚部、脳賦活、眼球運動、反応時間

１．研究開始当初の背景

高い水準の運動機能や認知機能を発揮するには、それら機能の基盤となる中枢神経系の活性化の状態を必要に応じて調節するこ

とが重要となる。これまで我々は、中枢神経系の活性化の状態が運動の開始に先立って保持する構え姿勢によって高まることに着目して検討を行ってきている。検討の結果、身構え姿勢を保持すると、衝動性眼球運動の反応開始の遅延時間(眼球運動反応時間)が短縮するとの知見を得た(藤原,1994)。さらに、この身構え姿勢の一部である頚部前屈姿勢を保持すると、同程度の反応時間短縮がみられるとの知見を得た(Fujiwara et al. 2000; Kunita and Fujiwara 2006)。その他の我々の一連の検討から、頚部前屈保持時の頚背部筋活動に伴う脳賦活作用が眼球運動反応時間短縮機構の一つであることが示唆された(Kunita and Fujiwara 1996; Fujiwara et al. 2001; Kunita and Fujiwara 2004)。さらに我々は、野球、卓球及びテニスなどの高速ボールを追従するスポーツクラブに在籍していた被験者では、頚部前屈保持に伴い眼球運動反応時間の顕著な短縮がみられたが、スポーツクラブに所属したことのない被験者では反応時間に変化がみられないとの知見を得た。このことから、頚背部筋の活動に伴う眼球運動反応時間短縮には、運動学習による形成が重要であることが推察された(Fujiwara et al. 2006)。

これまでの我々の一連の検討では、二点交互に点灯する視標の移動開始に対して衝動性眼球運動による反応を行うという課題を用いてきた。その課題における眼球運動の移動開始後の注視相では、次の視標の移動開始へ注意を向けていることになる。我々は、運動場面での視覚情報獲得時の空白を引きこす瞬目が注意の亢進に伴い抑制されるとの報告 (栢森,1993)に着目した。それは、上述の我々の眼球運動反応課題において、出現する自発性瞬目の数が安静頚部姿勢よりも頚部前屈姿勢保持において少なくなるという現象を知り得たからである。頚部前屈保持に伴う脳賦活作用が注視中の注意機能を高め、その結果として、自発性瞬目の出現数が減少するのではないかと考えるに至った。さらに、この自発性瞬目の出現数の減少には、運動経験による違いがあるものと予想された。またさらに、頚部前屈保持を伴う眼球運動反応課題トレーニングによって、反応時間短縮がみられるようになること、および自発性瞬目の出現が抑制されるようになることも予想された。一方、瞬目には、自発性瞬目の他に随意性瞬目などがあり、これら瞬目の神経機構に違いがみられることが推察されている(Kaneko and Sakamoto,1999)。随意性瞬目と関連する運動関連脳電位への頚部前屈保持による影響がみられるものと予想された。

２．研究の目的

平成 19 年度では、自発性瞬目の出現数の頚部前屈保持に伴う変化の運動経験による差異について検討した。

平成 20 年度では、スポーツクラブに在籍したことのない被験者を対象として、頚部前屈保持に伴う眼球運動反応トレーニングを 14 日間行った。トレーニング前後で頚部前屈姿勢保持に伴う眼球運動反応時間および自発性瞬目数の変化を検討した。

平成 21 年度では、いずれかのスポーツクラブに 4 年以上在籍したことのある被験者を対象として、自発性瞬目及び随意性瞬目時の運動関連脳電位への頚部前屈姿勢保持による影響について検討を行った。

３．研究の方法

（１）平成 19 年度

被験者

被験者は、いずれも大学生であり、スポーツクラブに在籍したことのない対照群 30 名（19.4±1.6 歳）と卓球、野球あるいはテニスのいずれかのクラブに 4 年以上在籍したことのある高速ボール追従群 30 名（20.1±1.3 歳）からなる。

装置およびデータ記録

実験セットアップのアウトラインは、先の研究で示している(Fujiwara, Kunita et al. 2000)。フレーム付きの椅子に被験者を座らせ、体幹の背面を垂直な背もたれにつけた。体幹が前後へ移動しないように胸部および腰部をアクリルベルトで固定した。両膝を約 90°に屈曲し、両足をフットレストの上に置いた。頚部前屈角度は矢状面における肩峰点に対する耳珠の回転角とした。この前屈角度は、肩峰を中心点とし、耳珠までの距離を調節することができる角度検出器を用いて設定した。また、前庭器官からの感覚刺激が一定となるように、頭部傾斜角度を安静座位時と同じ角度に保った。この角度は、角度検出器を側頭部に取り付けて検出した。また、頚背部の伸筋を可能な限り弛緩させる目的で、フレームに取り付けた支持台上に下顎部を置いた。

安静座位時の僧帽筋上部線維の活動状態を把握するために、その双極表面筋電図を検出し、モニターした。その筋電位は生体アンプを用いて増幅し(×2000)、バンドパスフィルター(0.5Hz～3kHz)を介した。僧帽筋の活動状態をモニターするために、筋電位をオシロスコープに入力した。

衝動性眼球運動を誘発するために、視覚刺激装置を用いた。視覚刺激用の左右の LED の点灯は、2～4 秒の任意の時間間隔で交互に行った。LED の高さはいずれも鼻根のそれと同じくした。LED は、視角が 20 度になるように、中心点から左右 10 度の位置に設定した。中心点と鼻根との距離を 50cm とした。水平眼球運動は、左右の外眼角部に表面電極をはり、

電気眼球図法を用いて測定した。
　瞬目を記録するために、右眼の眉毛上部と眼窩下部に表面電極をはり、垂直眼球運動を電気眼球図法を用いて記録した。

手順
　頸部前屈角 0 度にて下顎部を支持台に置いた姿勢（安静頸部姿勢）と、下顎部を支持台に置かずに頸部前屈角 20 度を保持した姿勢（頸部前屈姿勢）にて、（１）２点交互に点灯する視標を注視する眼球運動反応課題および（２）中心点を注視する課題を行った。いずれの課題もそれぞれ 30 秒間、5 回ずつ測定した。

データ分析
　眼球運動反応時間は、視標の移動開始に対する眼球運動の反応開始までの遅延時間とした。1 試行ごとに分析を行った。自発瞬目数は、150 秒間（30 秒間×5 回）で生じた垂直眼球運動の数をもとに 1 分間値を算出した。

（2）平成 20 年度
被験者
　共通教育のスポーツ科学論を受講している 315 名の大学生を対象に、最も長く経験したスポーツ種目の項目を含むアンケートを行い、これまでスポーツクラブに在籍したことのない者を抽出した。さらに、それらを対象に、予備実験にて頸部前屈保持時のプロサッケード反応時間を測定し、その反応時間の有意な短縮が認められなかった 30 名を選択した。被験者は、次のような 3 群に分けた。(1) 下顎部を支持台に置いた安静頸部姿勢にてプロサッケード反応トレーニングを行う群 10 名(安静姿勢群；平均年齢 18.8 歳)、(2) 下顎部を支持台に置かずに頸部前屈角度 20 度を保持した姿勢にてプロサッケード反応トレーニングを行う群 10 名（頸部前屈群；平均年齢 20.1 歳)、およびトレーニングを行わない対照群 10 名（平均年齢 19.6 歳)。

装置及びデータ記録
　実験セットアップは、平成 19 年度と同一であった。

トレーニング内容
　頸部前屈群では、下顎部を支持台に置かない 20 度の頸部前屈角度にてサッケード反応トレーニングを行った。安静姿勢群では、下顎部を支持台に置いた安静頸部姿勢にてサッケード反応トレーニングを行った。両群とも、その反応トレーニングは、2〜4 秒の任意の時間間隔で左右交互に点灯する視標に対してプロサッケードを行うというものであり、それは 1 日につき 1 分間を 10 回ずつ行った。すなわち、サッケードの試行は、1 日約 200 回行うことになる。このようなトレーニングを 14 日間（週末を除いた 3 週間）行った。

手順
　安静頸部姿勢時のサッケード反応時間および頸部前屈時のサッケード反応時間短縮は、日内変動がみられるとの知見を得ている (Kunita and Fujiwara 1998)。このことを考慮して、サッケード反応時間および自発性瞬目数の測定は、トレーニング前後で同一時刻にて行った。下顎部を支持台に置いた安静頸部姿勢、および下顎部を支持台に置かない 20 度の頸部前屈角度にて、（１）２点交互に点灯する視標を注視する眼球運動反応課題および（２）中心点を注視する課題を行った。いずれの課題もそれぞれ 30 秒間、5 回ずつ測定した。

データ分析
　平成 19 年度と同一とした。

(3) 平成 21 年度
被験者
　いずれかのスポーツクラブに 4 年以上在籍したことのある大学生 10 名からなる。

装置及びデータ記録
　平成 19 年度と同一の実験セットアップに加えて、運動関連脳電位を測定するために、国際 10-20 法による Fz、Cz および Pz から脳波記録を行った。その脳波は、生体アンプを用いて増幅し(×20,000)、バンドパスフィルター(0.05Hz〜100Hz)を介した。またさらに、右眼眼輪筋上部からの筋電図記録を行った。その筋電位は生体アンプを用いて増幅し(×2000)、バンドパスフィルター(0.5Hz〜3kHz)を介した。

手順
　下顎部を支持台に置いた安静頸部姿勢、および下顎部を支持台に置かない 20 度の頸部前屈角度にて、（１）２点交互に点灯する視標を注視する眼球運動反応課題、（２）中心点を注視する課題、および（３）随意性瞬目課題を行った。（１）の課題は、30 秒間を 1 セットとし、5 回行った。（２）の課題は 30 秒間を 1 セットし、自発性瞬目が 30 回生じるまで、セットを繰り返した。（３）の課題では、20 回の随意性瞬目を 1 セットとし、それを 5 セット行った。随意性瞬目は 20 秒間隔で行ったが、頸部前屈条件では、頸部前屈を 1 試行ごとに行うこと、およびその姿勢保持約 3 秒後に瞬目を行わせるよう注意を払った。

データ分析
　眼球運動反応時間は、視標の移動開始に対する眼球運動の反応開始までの遅延時間とした。1 試行ごとに分析を行った。各導出部位からの運動関連脳電位は、自発性瞬目では 30 回、随意性瞬目は 100 回分を加算平均した。瞬目に伴う眼輪筋筋電図バーストをトリガーとして、トリガー前 1500ms からトリガー後 500ms までを分析対象とした。NS‘成分の立ち上がり時間およびその成分の最大値を求めた。

４．研究成果
（１）平成 19 年度
　結果
　眼球運動反応時間の平均値とＳＤを図１に示す。安静頚部姿勢での値は、対照群では 192.2±22.7ms、高速ボール追従群では 191.1±20.5ms であり、群間に有意差が認められなかった。対照群では、安静頚部姿勢および頚部前屈姿勢の条件間で反応時間に有意差がみられなかった。一方、高速ボール追従群では、反応時間は頚部前屈姿勢が安静頚部姿勢に比べて有意に短かった(df=29, t=8.80, p<0.01)。
　自発性瞬目数の１分間値の平均値とＳＤを図２に示す。安静頚部姿勢での値は、対照群では 17.1±11.1、高速ボール追従群では 19.6±11.7 であり、群間に有意差が認められなかった。対照群では、安静頚部姿勢および頚部前屈姿勢の条件間で瞬目数に有意差がみられなかった。一方、高速ボール追従群では、瞬目数は、頚部前屈姿勢が安静頚部姿勢に比べて有意に少なかった(df=29, t=5.16, p<0.01)。

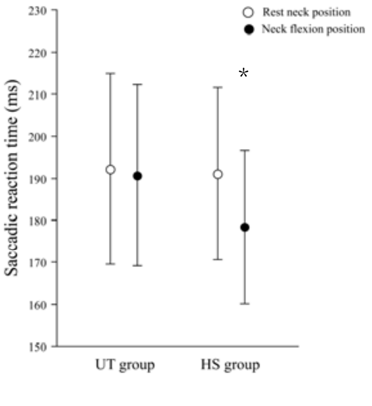

図 1　安静頚部姿勢および頚部前屈姿勢における眼球運動反応時間. UT group:対象群; HS group:高速ボール追従群

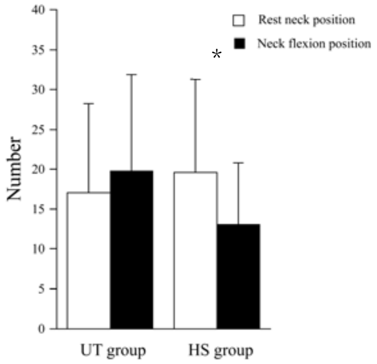

図 2　安静頚部姿勢および頚部前屈姿勢における自発性瞬目数. UT group:対象群; HS group:高速ボール追従群

考察
　高速ボール追従群でのみ、頚部前屈保持に伴う眼球運動反応時間の有意な短縮が認められた。この結果は、これまでの我々の知見と一致するものであった。またさらに、頚部前屈保持に伴う自発瞬目数の減少も高速ボール追従群でのみみられることが明らかとなった。安静頚部角度、頚部前屈の最大可動域や頭部の傾斜角度は、群間で有意な違いがみられなかったことから、上述の群間の差異は、それら末梢性の要因以外の関与が考えられる。これまでの我々の検討によると、頚背部筋活動に伴い、上述した眼球運動反応時間短縮に加えて、上肢筋および姿勢筋の反応時間の短縮、視覚誘発電位 P100 潜時の短縮、中潜時聴覚誘発電位や CNV の振幅の増大などがみられた。これらのことは、頚背部筋の活動に伴う汎在性の脳賦活作用が生じていることを示唆している。以上のことから、高速ボール追従群では、頚部前屈を保持すると脳賦活作用が生じ、それが眼球運動の反応開始の機能を向上させるとともに、視覚情報の空白をもたらす自発性瞬目を抑制させることが推察された。

（2）平成 20 年度
結果
　各群における 14 日間のトレーニング前後のサッケード反応時間の平均値とＳＤを図３に示す。トレーニング前の安静頚部姿勢でのサッケード反応時間は、群間で有意差が認められなかった。対照群は、トレーニング前後、および安静と頚部前屈の条件間で反応時間に有意差が認められなかった。安静姿勢群では、トレーニング前後で反応時間に有意差が認められた。トレーニング後、安静時のサッケード反応時間が有意に短くなり($F_{1,9}$=9.61, p<0.02)、その短縮値は 9.6±9.1ms であった。トレーニング条件と姿勢条件の間に有意な交互作用がみられなかった。頚部前屈群では、

有意な交互作用がみられた（$F_{1,9}$=7.84, p<0.05)。安静時のサッケード反応時間は、トレーニング後有意に短くなり（df=9, t=3.36, p<0.05)、その短縮値は13.2±12.5ms であった。さらに、安静頚部姿勢でのその反応時間に比べて、頚部前屈保持時のそれが有意に短く(df=9, t=4.57, p<0.01)、その短縮値は8.7±6.0ms であった。トレーニング前の安静頚部姿勢とトレーニング後の頚部前屈姿勢の条件におけるサッケード反応時間の差は、21.9±14.5ms であった。

各群における 14 日間のトレーニング前後の自発性瞬目数の平均値とＳＤを図４に示す。その瞬目数は、いずれの群においても、トレーニング前後、および安静と頚部前屈の条件間で有意差が認められなかった。

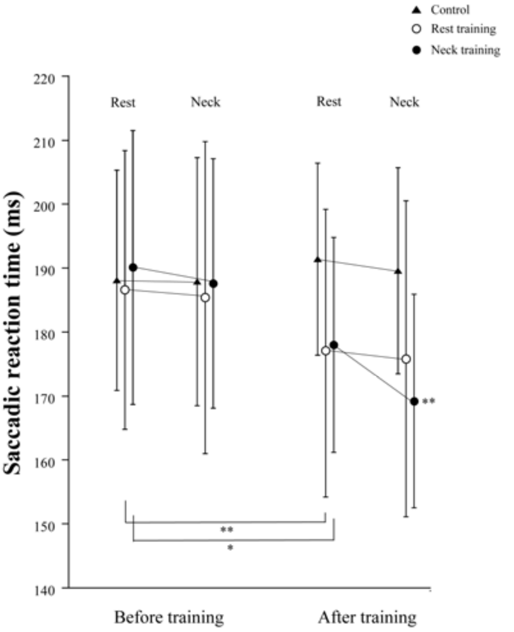

図 3　トレーニング前後での眼球運動反応時間. Control:対照群；Rest training:安静姿勢群; Neck training:頚部姿勢群.

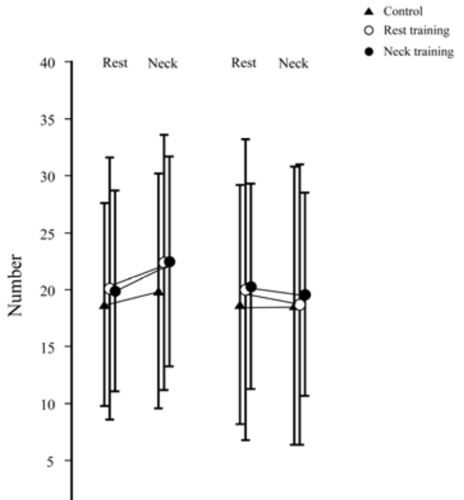

図 4　トレーニング前後での自発性瞬目数. Control:対照群；Rest training:安静姿勢群; Neck training:頚部姿勢群.

考察

安静頚部姿勢にて1-2週間のサッケードトレーニングを行った場合、サッケード反応時間が短縮するとの報告がなされている本研究の結果、両トレーニング群とも、安静頚部姿勢におけるサッケード反応時間がトレーニング後に有意に短縮した。その短縮値は、安静姿勢群では約 10ms、頚部前屈群では約 13ms であった。先行研究で報告されているサッケードトレーニング効果が生じたことが示唆された。このサッケード反応トレーニング効果が生じる要因として、トレーニングを通じた注意機能の向上やサッケード神経回路の促通作用の向上が挙げられている。

我々の先行研究によると、頚部前屈保持時のサッケード反応時間短縮は、高速ボール追従のスポーツを経験している者で顕著に認められ、スポーツクラブに在籍したことのない者では認められなかった (Fujiwara et al. 2006)。頚部前屈時のその反応時間短縮は、動的姿勢を保持しながらの高速ボール追従の運動経験が重要であることが示唆された。本研究では、このことを確証する結果を得た。それは、トレーニング後、安静姿勢群では頚部前屈に伴うサッケード反応時間短縮がみられなかったのに対して、頚部姿勢群では、頚部前屈に伴う反応時間短縮がみられるようになったことである。頚部姿勢群では、トレーニング後、サッケードトレーニング効果に加えて、頚部前屈短縮効果も生じたことが示唆された。頚部前屈を伴うプロサッケードトレーニングを行うと、サッケードトレーニング効果による反応時間短縮に加えて、脳賦活作用が認められるようになることが示唆された。トレーニングによって形成される短縮の神経機構と自発性瞬目数減少の神経機構は、関連性が低いことが推察された。

（3）平成21年度

頚部前屈姿勢での反応時間（178.2±16.4ms)が、安静姿勢での値(186.4±16.3ms)に比べて有意に短かった(df=9, t=2.57, p<0.05)。いずれの被験者も、自発性瞬目では運動関連脳電位がみられず、随意性瞬目ではその電位が認められた。またさらに、眼輪筋の筋電開始に対する運動関連脳電位のNS＇成分の先行時間は、安静頚部姿勢よりも頚部前屈姿勢の方が有意に短かった（図５）。NS＇成分の最大ピーク値は、安静頚部姿勢よりも頚部前屈姿勢の方が有意に大きかった（図６）。

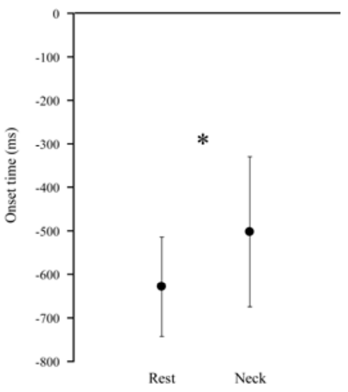

図５　安静頚部姿勢および頚部前屈姿勢におけるNS‘成分の先行時間

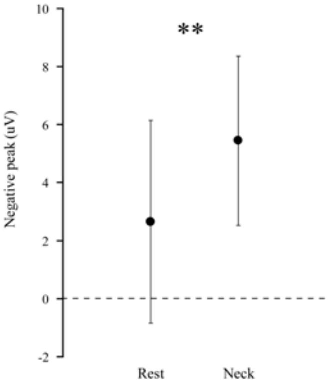

図６　安静頚部姿勢および頚部前屈姿勢におけるNS‘成分の最大ピーク値

考察

頚部前屈保持に伴う眼球運動反応時間の有意な短縮が認められた。この結果は、これまでの我々の知見と一致するものであった。自発性瞬目では運動関連脳電位がみられず、随意性瞬目ではその電位が認められたとの知見は、これまでの先行研究と一致するものであった。眼輪筋の筋電開始に対する運動関連脳電位のNS’成分の先行時間は、安静頚部姿勢よりも頚部前屈姿勢の方が有意に短かった。またさらに、NS’成分の最大ピーク値は、安静頚部姿勢よりも頚部前屈姿勢の方が有意に大きかった。これらのことから、頚部前屈保持に伴う脳賦活作用が、随意性瞬目に関わる運動準備の機能を短時間で大きく高めることが推察された。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計３件）

① Kunita K, Fujiwara K: Neck-shortening effect on prosaccade reaction time formed through saccadic training accompanied by maintenance of neck flexion. European Journal of Applied Physiology, 査読有, 107, 597-602, 2009.

② 国田賢治，片山睦基，藤原勝夫，中川満，渡辺一志: 大学生およびその親におけるスポーツ活動歴とそれらの関連性について. Health and Behavior Sciences, 査読有，6，63-68，2008.

③ 国田賢治，藤原勝夫，片山睦基，渡辺一志: 頚部前屈保持に伴う眼球運動反応時間短縮および自発性瞬目数減少の運動経験による差異.日本生理人類学会誌，査読有， 13特別号(1)，90-91，2008.

〔学会発表〕（計６件）

①国田賢治、藤原勝夫:頚背部筋活動に伴う脳賦活作用の神経機構．日本生理人類学会姿勢研究部会第2回姿勢研究会，2009年5月，金沢

②Kunita K, Fujiwara K, Katayama M, Watanabe H: Sports exercise effect on shortening of saccadic reaction time and decrease of spontaneous blink frequency during neck flexion. Society for Neuroscienece 2008, 2008年11月, Washington, DC

③片山睦基、国田賢治、藤原勝夫、中川　満、渡辺一志：大学生およびその親におけるスポーツ活動歴とそれらの関連性．第7回日本健康行動科学会，2008年10月， 東京

④国田賢治、藤原勝夫、片山睦基、渡辺一志:頚部前屈保持に伴う眼球運動反応時間短縮および自発性瞬目数減少の運動経験による差異．日本生理人類学会第58回大会，2008年6月，大阪

⑤国田賢治、藤原勝夫、片山睦基、渡辺一志:頚部前屈保持を伴うプロサッケード反応トレーニングによるその反応時間短縮効果．日本生理人類学会姿勢研究部会第1回姿勢研究会，2008年6月，大阪

⑥Kunita K, Fujiwara K, Watanabe H: Training effect of saccade with neck flexion on prosaccade reaction time. Society for Neuroscienece 2007, 2007年11月, San Diego

６．研究組織

(1)研究代表者

国田　賢治（KUNITA KENJI）
札幌国際大学・スポーツ人間学部・教授
研究者番号：20316003

(2)研究分担者

藤原　勝夫（FUJIWARA KATSUO）
金沢大学・医薬保健研究域医学系・教授
研究者番号：60190089

渡辺　一志（WATANABE HITOSHI）
大阪市立大学・都市健康・スポーツ研究センター・教授
研究者番号：50167160