

Relationship between muscle activity of the neck and reaction time of eye movement during neck flexion

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/16827

頸部前屈位での頸筋の筋活動量と 眼球運動反応時間との関係

国田賢治*・藤原勝夫**

Relationship between muscle activity of the neck and reaction time of eye movement during neck flexion

Kenji KUNITA* and Katsuo FUJIWARA**

Abstract

This study investigated the relationship between the muscle activity of the neck and the reaction time of eye movement (RTEM) during neck flexion.

This study consisted of two experiments: (1) the relationship between RTEM and the angle of neck flexion with the condition that the chin was placed or was not placed on a fixed stand, and (2) the relationship between RTEM and muscle activity of the neck extensor muscles under hanging weight so as to increase the moment around the joints of neck. Seven male subjects, aged 23 to 28 years, sat on a chair and the trunk was stabilized. The angle of neck flexion, which is defined as the angle between perpendicular line and tragus-acromion line, was established using an angular detector with the baseline angle (0°) being the angle between both lines at rest. The subjects were instructed to pursue a light target which moved horizontally and tectangularly with an amplitude of 10° for a random duration of 1-3 seconds; (1) while maintaining the angle of neck flexion at 10° and 20° under the condition that the chin was placed or was not placed on a fixed stand, and (2) while maintaining the neck at 20° with hanging the weights ranging from ten per cent to 50% of the maximal strength of the neck extensor muscles. Analysis items were RTEM and the relative muscle activity (RMA) of the upper trapezius muscle. The results were as follows:

1) When the chin was not placed on the fixed stand, RTEM shortened and RMA increased as the angle of neck flexion increased. However, when the chin was placed on the fixed stand, RTEM and RMA did not change at any angle. These results suggest that RTEM is shortened not by the changes in the angle of neck flexion but by the physiological factors accompanying the increase of muscular action of the neck extensor muscles.

2) The relationship between mean RTEM and mean RMA showed that RTEM was similarly reduced between approximately 5% and 20% compared with that in the quiet posture, but was prolonged by approximately 30% RMA causing the smallest RTEM ranged from 2.5% to 22.4% in each subject. These results suggest that RTEM is reduced when the muscular action of the neck extensor muscles increased somewhat, that subject-to-subject variance is relatively large, and that the mechanism which prevents the reduction of RTEM operates when muscle activity is above the optimal RMA.

Key words: Flexion, Neck, Eye movement, Reaction time, Relative muscle activity.

* 金沢大学大学院自然科学研究科 (〒920 石川県金沢市宝町13-1)

* Graduate Student, Graduate School of Natural Science and Technology, The University of Kanazawa, Takara-machi, Kanazawa 920, Ishikawa, Japan.

** 金沢大学教養部 (〒920-11 石川県金沢市角間町)

** College of Liberal Arts, The University of Kanazawa, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-11, Ishikawa, Japan.

I. 緒 言

ヒトは立位姿勢を基本として、各種の運動を行っている。運動の多様さは、1つには保持する姿勢の多様さによって保証されていると考えられる。Howarth¹²⁾は、ヒトの各種の運動姿勢を観察し、多くの運動に共通した基本的動的姿勢 (basic dynamic posture) があることを見いだした。それは、慣性モーメント、パワー、バランス、及びリズムなどの条件が最適となるような構え姿勢であり、膝関節、股関節及び足関節を軽く屈曲し、頭部及び軀幹を軽く前傾した姿勢である。

この基本的動的姿勢を保持すると視標追従能や姿勢反射が亢進したり³⁾、全身反応時間が短縮することなどが知られている¹⁶⁾。各種の運動場面では、このいずれも重要な生理的意味を持つと考えられる。筆者らもこの点を考慮して動的姿勢についての検討を重ねている⁵⁾¹⁷⁾。

基本的動的姿勢を保持することによる全身反応時間の短縮については、その短縮の要因の1つに体性感覚器からの感覚情報の増加などによる中枢の覚醒が重視されている¹⁶⁾。この他に反応時間を左右する他の要因として、脊髄レベルでの促進現象及び関節トルクや筋力の大きさなどがあげられている¹⁵⁾。脊髄レベル、関節トルクや筋力などの要因が直接大きく作用しないような指標を用いることができれば、姿勢が変化することによる中枢神経由来の反応時間の短縮を検討しやすくなると考えられる。

このような観点で眼球運動に注目した。なぜなら眼球の質量が7.0~7.5gと小さく、関節窩に似た形や働きを持つ眼球鞘が眼球を取り巻き、その間の摩擦が非常に小さい。また、他の身体部位と関節で連結しておらず、他の身体部位の運動に伴う物理的影響を受けない。そのうえ、脳幹の網様体などの中枢が、脊髄を介さず眼球運動を直接調節している¹³⁾²⁴⁾。このように眼球運動は、四肢の運動に比べて物理的影響を受けにくく、しかも脊髄より上部の中枢の状態を比較的良好に反映するものと考えられる。

これに加えて眼球運動に注目した理由に次のようなことがある。すなわち、ヒトにおいては、網膜上の中心窩が非常によく発達しており⁸⁾、この中心窩を素早く視対象に合わせることにより、迅速かつ正確に視覚情報を獲得し、外界の状況や視対象に正確に素早く対応することを保証していると考えられる

からである²⁴⁾²⁵⁾。

これらのことから、筆者ら¹⁷⁾は、眼球運動の反応時間をとりあげ、基本的動的姿勢のどの部位の姿勢変化がその反応時間を短縮するかについてすでに報告した。その中で、頸部前屈位及び膝屈曲位での反応時間が安静立位時に比べ短くなるとの結果を得た。この頸部前屈位において、眼球運動の反応時間の短縮に影響を及ぼす要因として、頸部の関節角度の変化と背部頸筋の筋活動量の増加が考えられた。そこで本研究では、光刺激に対する眼球運動反応時間について次の2つの状況下で検討した。(I)下顎部を固定台に置いた場合と置かない場合とで、頸部を10°ないし20°に前屈させた。(II)下顎部を固定台に置かないで頸部を20°に前屈させ、頸筋の最大伸展力の10%から50%までの重量を10%刻みで頭部から下垂した。

II. 方 法

被験者は、健康な成人男子7名(23~28歳)からなる。本研究は、次の3つの測定から構成されている。(1)頸部前屈角度20°にて、重力方向と逆方向への頸筋の最大伸展力の測定をする。(2)頸部を10°、20°に前屈し、頭部の支持ができる固定台に下顎部を置いた場合(P条件)とそうでない置かない場合(NP条件)で眼球運動反応時間を測定する。(3)NP条件で頸部を20°に前屈し、頸筋の最大伸展力の10%から50%までの重量を10%刻みで頭部から重力方向へ下垂し、眼球運動反応時間を測定する。すべての測定は、被験者に座位姿勢を保持させ、体幹を体幹固定装置により図1のように固定して実施した。頸部の前屈角度は、安静時のものを基準(0°)として定めた。また、耳眼水平線と頸部前屈角度の設定は、前屈角度検出器によって正確に行い、前庭迷路からの情報を一定に保った。

(1)の測定では、頸部前屈角度が20°となるよう、ヘルメットとひずみゲージ式変換器(共和電業LU-SB34D)の間の鎖の長さを調節した後、重力方向と逆方向への頸筋の最大伸展力を3秒間発揮させた(Fig.1)。その最大伸展力は、ひずみゲージ式変換器で検出し、ストレージスコープ(岩通電子DS-6612)に記録して求めた。また、同時に、テレメータ筋電計(日本光電ZB-241G)による右側僧帽筋の上部線維の筋電を検出し、データレコーダー(共和電業RTP-501AL)に記録した。筋力測定

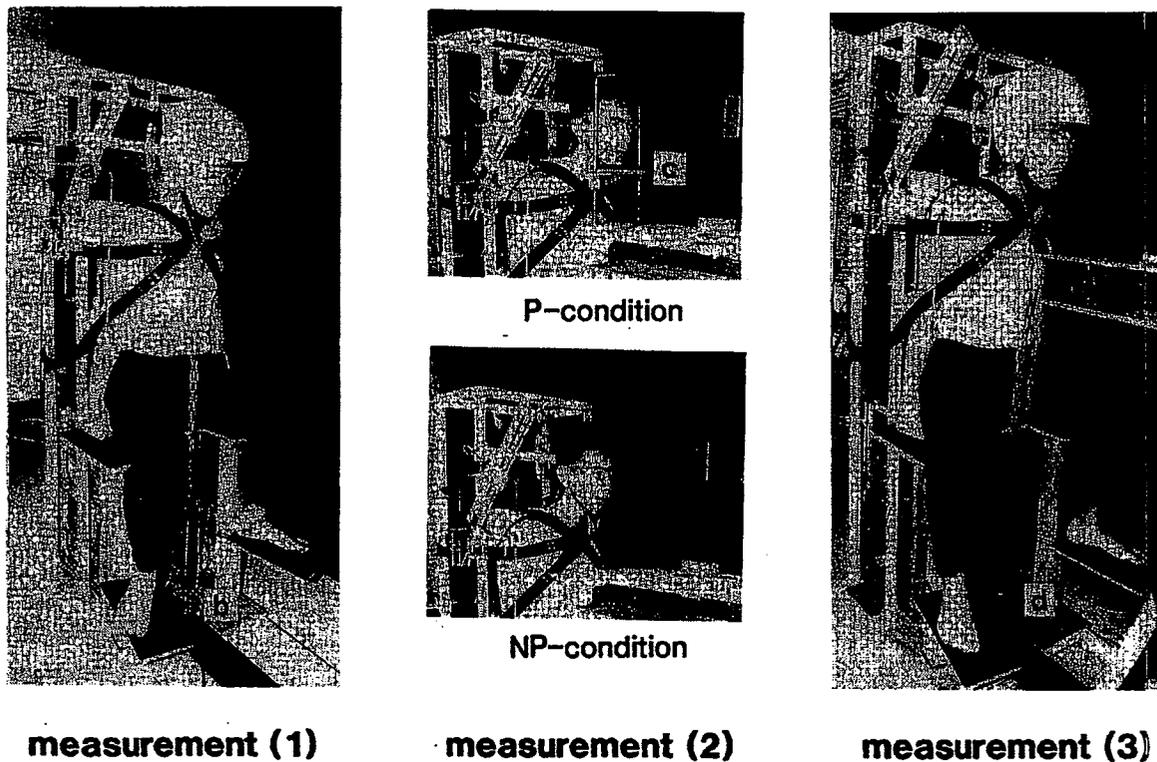


Fig. 1 Apparatus and posture in each measurement.

a: angular detector.

b: strain gauge transducer for measuring the maximum extensor strength of neck.

c: fixed stand for support of the head.

d: weight.

は2回行い、大きい筋力値の方を代表値とした。

筋電に関しては、後刻、データレコーダーを再生して最大伸展力発揮時の平均振幅を求めた。その計算は、サンプリング間隔1 msec. でA/D変換した後、マイクロコンピュータ(NEC PC-9801VX)によった。

(2)と(3)の測定では、上述に示した条件のもとで、振幅 10° でステップ状に移動する視標を追随させた(Fig. 1)。視標は、D/A変換器内蔵のマイクロコンピュータ(NEC PC-9801CV)を用いて、自作のプログラムによって、ランダムな時間間隔で移動させた。その時間間隔は、1~3秒を10段階に分けた。このいずれの測定でも、試行回数は、各姿勢及び各重量負荷で3回とし、1回の試行時間は30秒間とした。なお、各試行毎に(2)の測定では1分間以上、(3)の測定では、3分間以上の休憩をとった。検出項目は、眼振計用増幅器(日本光電、

AN-601G)による角膜網膜電位及びテレメーター筋電計による右側僧帽筋の上部線維の筋電である。これらの検出項目は、データレコーダーに収録した。データレコーダーには、視標の移動信号も併せて記録した。

後刻、データレコーダーを再生し、分析を行った。分析に用いたデータ長は、試行開始5秒目以降の20秒間とした。視標の移動信号及び角膜網膜電位については、ユニコーダ(日本電子、T-938)を用いてペーパースピード10cm/秒で記録し、視標の移動に対する眼球運動の反応開始の遅延時間(眼球運動反応時間とする)を求めた(Fig. 2)。僧帽筋の筋電のデータについては、(1)の測定と同じ方法を用いてその平均振幅を算出した。そして、(1)の測定で得られた最大伸展力発揮時の筋電の平均振幅の値を100%として、各条件での相対的筋活動量を求めた。

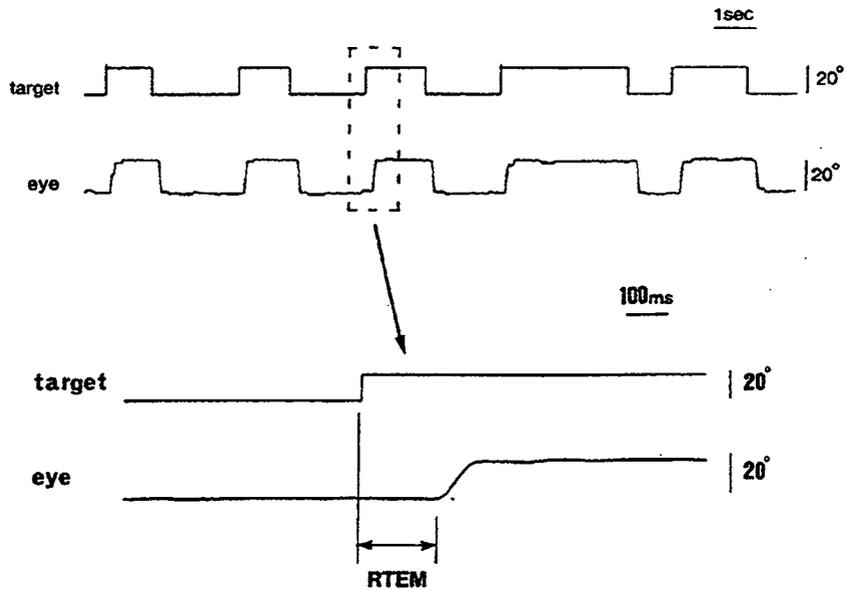


Fig. 2 Analysis of reaction time of eye movement.
RTEM: reaction time of eye movement.

統計処理の有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結 果

Fig. 3-aに(2)の測定での各姿勢における眼球運動反応時間の平均値及び標準偏差値(SD)を示した。NP条件では、前屈角度が大きくなるにつれて反応時間が有意に短縮した。P条件では全ての前屈角度で有意差が認められなかった。下顎固定の有無の間では、NP条件の方が反応時間が短く、10°、20°で有意差が認められた。

Fig. 3-bに同測定での僧帽筋の相対的筋活動量の平均値及びSDを示した。NP条件では、顕著な筋電が認められ、前屈角度が大きくなるにつれて筋活動量が有意に増加した。P条件では、いずれの頸部前屈角度においても僧帽筋にほとんど筋電が認められず、前屈角度の違いによる筋活動量の有意な差が認められなかった。

Fig. 4の上段に頸筋の最大伸展力に対する負荷重量の相対比と(3)の測定で得られた僧帽筋の相対的筋活動量との関係を示した。この図から相対的な頭頸部重量の平均値を算出した。その値は5.6%であり、これまでに報告された値と近似していた¹⁹⁾。そこで、次式によって各条件での頭頸部込みの相対重量(RW)を算出した。

$$RW = \frac{\text{負荷重量}}{\text{負荷重量} + \text{平均頭頸部重量}} \times 100\%$$

Fig. 4の下段にその相対重量と僧帽筋の相対的筋活動量との関係を示した。その相関係数は、 $r = 0.97$ ときわめて高く、1次回帰式は、 $y = 1.02x + 0.01$ であった。

Fig. 5に、全被験者を対象に、(2)及び(3)のNP条件における僧帽筋の相対的筋活動量と眼球運動反応時間との関係を示した。平均値では、僧帽筋の相対的筋活動量が6.2%~21.8%である時、安静時に比べて反応時間がほぼ同程度に短縮し、また、それに比べて32.4%以上では反応時間が延長した。

この両者の関係を被験者ごとにFig. 6に示した。反応時間が最小となった時の筋活動量(図では○印で囲んだところ)は、2.5%~22.4%であった。

Ⅳ. 考 察

下顎部を固定台に置いた場合、頸部の前屈角度が変化しても僧帽筋の筋活動がほとんど変化しなかったが、頸部の関節包や靭帯などからの感覚情報は、変化しているものと推定される。それにも関わらず、眼球運動反応時間には変化が認められなかった。それに対して、下顎部を固定台に置かない場合には、頸部前屈角度の増大に伴い筋活動量が増し、それに

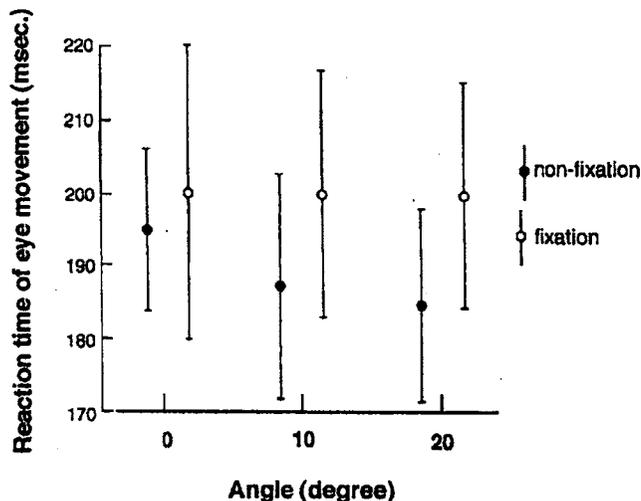


Fig. 3-a Reaction time of eye movement under the condition that chin was put or was not put on the fixed stand.

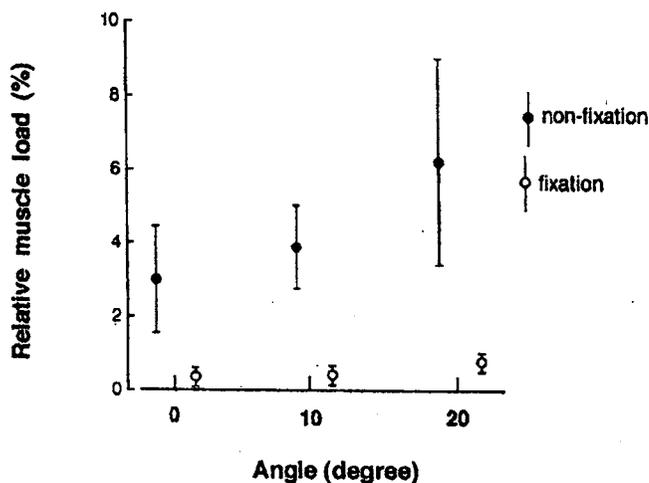


Fig. 3-b Relative muscle activity of the upper trapezius muscle under the condition that chin was put or was not put on the fixed stand.

対応するかのようにより眼球運動反応時間が短縮した。すなわち、頸部前屈を保持する際、角度依存性の要因ではなく、背部頸筋の筋力発揮に伴う何らかの生理的要因が眼球運動反応時間に影響を及ぼしたことを意味していると考えられる。この眼球運動反応時間の短縮の機構については、以下の2つの可能性が考えられる。

これまで、一定間隔、一定方向に連続的に通過する視対象（白地に黒の縦の線条）に対し、追従運動

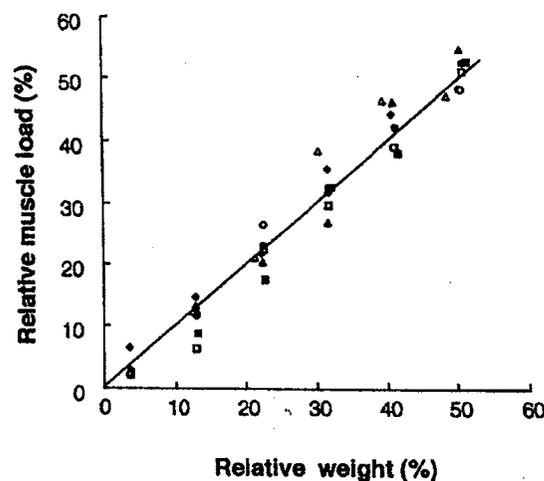
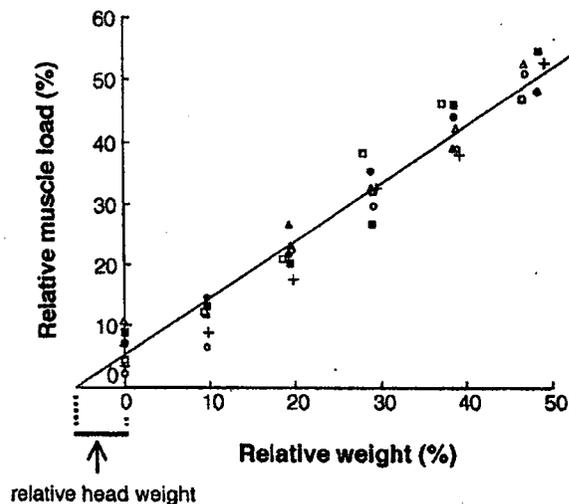


Fig. 4 Relationship between the relative weight and RMA of the upper trapezius muscle in each subject.

と新しい視対象への注視とが交互に行われる眼球運動（視運動性眼振と呼ばれている）が、頸部の体性感覚からの感覚情報に影響されるとの報告がなされている⁶⁾⁹⁾¹⁰⁾。その中で檜⁹⁾は、主に筋固有受容器からの感覚情報が延髄、橋及び中脳の網様体に至り視運動性眼振に影響を及ぼすと報告し、さらに、その眼振における視対象への注視運動の時相（眼振の急速相）に大きく影響すると推察している。また、NakamuraとKosaka²¹⁾は、ヒトを対象に固有感覚神経筋促通手技（PNF）において用いられる促通肢位をとると、大脳皮質全体の覚醒レベルが上昇すると報告している。Hosokawaら¹¹⁾は、皮質の覚醒レベルが上昇すると、四肢の反応時間が短縮すると報告

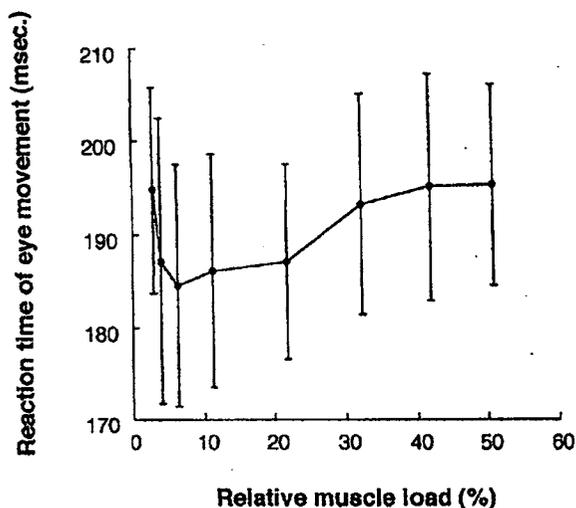


Fig. 5 Relationship between RMA of the upper trapezius muscle and RTEM.

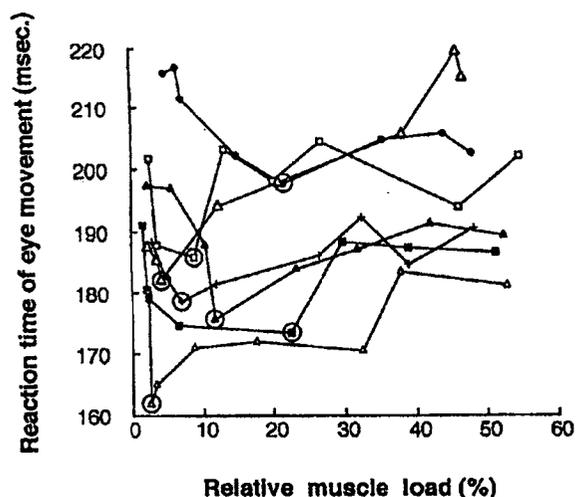


Fig. 6 Relationship between RMA of the upper trapezius muscle and RTEM in each subject.

している。さらに、筋固有受容器の緊張力受容体である筋紡錘においては、ヒトでは頸部において高密度であると報告されている¹⁾²³⁾。等尺性筋収縮の収縮力が増すと、筋紡錘からの放電頻度が高まるとの報告もなされている¹⁴⁾。これらのことから、頸部の前屈角度に対応する関節受容器などからの感覚情報ではなく、頸部前屈位での背部頸筋における筋活動量の増加に伴う筋感覚情報が、橋などの脳幹の網様体を賦活したり、大脳皮質などを覚醒して、眼球運動の反応時間の短縮に影響を及ぼした可能性が考

えられる。

その他に、姿勢を保持したり、身体運動を行う場合にはその準備状態がすでに大脳皮質やその他の上位中枢に存在しており²²⁾²⁷⁾、この状態が脳幹網様体賦活系に影響すると報告されている¹⁸⁾。橋本⁷⁾は、傍正中橋網様体や中脳網様体からのニューロン活動が衝動性眼球運動を起こすのと同時に、脊髓下行路を介して下腿伸筋群の筋活動を増加させていると報告している。これらのことから筋活動を伴う頸部前屈を行う場合、大脳皮質などの上位中枢からの下行経路が脳幹の網様体などへ影響し、眼球運動反応時間が短くなった可能性も考えられる。網様体賦活系に対するこれら2つの系の促通経路の存在については、網様体賦活系の提唱者である Magoun も指摘している。

本研究での頭頸部込みの相対重量と僧帽筋の相対的筋活動量との関係については、その相関係数が $r = 0.97$ ときわめて高く、1次回帰式が $y = 1.02x + 0.01$ であった。このことから筋電の平均振幅によって相対的筋活動量を評価することの信憑性が高いことが示された⁴⁾。この評価法を用いて、(2)及び(3)のNP条件における僧帽筋の相対的筋活動量と眼球運動反応時間の関係について平均値でみると、眼球運動反応時間は、筋活動量が約5%~20%の時、安静時に比べて短縮し、約30%以上では、それらの値に比べて延長した。被験者ごとにみても、反応時間が最も短くなったときの筋活動量は2.5%~22.4%であった。これらのことから、背部頸筋の筋活動量が安静時よりもある程度増加した場合に、眼球運動反応時間が短縮すること、また、その短縮に最適な筋活動量は、個体差が比較的大きいこと、さらにそれ以上の大きな筋活動量となる場合には、反応時間の短縮を妨げる機序が作動することが示唆される。

ただし、本研究では頸筋の最大伸展力の50%までしか重量負荷を行っていない。このことについては、30秒間以上の等尺性収縮を持続できるのが最大筋力の約50%までであるとの Monod²⁰⁾の報告に従った。実際に、それ以上の重量を負荷することは、危険が伴う可能性が見受けられた。従って、これ以上の負荷を行った場合のことについては、言及できないが、上述の機序がより大きく作動することが十分予想される。この短縮を妨げる機序と類似した作用がいくつか報告されている。それは、深層部の頸筋へ電気

刺激を加えて、頸部の深部受容器の興奮を過度に亢進させた場合には適度に亢進しているときに比べ、視運動性眼振の発現が抑制されるというものである¹⁰⁾。また、脳幹網様体が上位中枢からの抑制性の影響を受けるとの報告がなされている¹⁸⁾。この上位中枢からの抑制性の影響については、いくつかの現象が確認されている。姿勢調節に注意が集中する場合に、姿勢保持筋以外の筋の反応開始が遅れるとの報告がなされている²⁾。心理学の分野では、脳の覚醒レベルが非常に高まった場合に、適度な覚醒レベルの時に比べてパフォーマンスの成績が低下するとの報告がなされている²⁶⁾。

本研究において、眼球運動反応時間の短縮に最適な相対的筋活動量の値を被験者ごとにみみると、最も大きいものでも22.4%であり、かなり低い値であるとみなすことができる。このように筋活動量が小さい場合、主に赤筋が活動しているものと予想される。これまで、浅層部の頸筋、深層部の頸筋を対象に、そのどちらが視運動性眼振に大きく影響するのかの検討がなされており、深層部の頸筋の方が大きく影響すると報告されている⁶⁾。この深層部の頸筋は、浅層部に比べて赤筋が多く含まれていると報告されている²³⁾。本研究では、表面筋電図を用いて、背部頸筋の筋活動量を推定しており、背部頸筋の内のどの筋が反応時間に大きく影響を及ぼすかを特定することはできなかった。しかし、赤筋を多く含有する深層部である可能性が推察される。

いずれにせよ、刻々と視対象が変動する運動場面において、背部頸筋の筋活動量がある程度増すように頸部を前屈した場合に、視対象への早期の獲得に大きく貢献することが明らかとなった。また、ヘルメットなどを装着して頸筋の筋活動量を増加させた場合に上述の影響がさらに大きくなる可能性が示された。このことは、運動の構え姿勢の生理的意味と、軽い重量を頸筋に負荷することの運動学的有用性を示唆していると考えられる。

V. まとめ

本研究では、光刺激に対する眼球運動反応時間について次の2つの状況下で検討した。①下顎部を固定台に置いた場合と置かない場合とで、頸部を10°ないし20°に前屈させた。②下顎部を固定台に置かないで頸部を20°に前屈させ、頸筋の最大伸展力の10%から50%までの重量を10%刻みで頭部から下垂

した。

その結果、次の知見が得られた。

- 1) 下顎部を固定台に置かない場合には、頸部の前屈角度が増加すると反応時間が有意に短縮した。しかし、下顎部を固定台に置いた場合には、全ての前屈角度で有意差が認められなかった。このことから、頸部前屈を保持する際、角度依存性の要因ではなく、背部頸筋の筋力発揮に伴う何らかの生理的要因が眼球運動反応時間の短縮に影響を及ぼしたことが考えられた。
- 2) 僧帽筋の相対的筋活動量と眼球運動反応時間との関係について平均値でみると、眼球運動反応時間は、筋活動量が約5%~20%の時に安静時に比べて短縮し、約30%以上では、それらの値に比べて延長した。被験者ごとにみみると、反応時間が最も短くなったときの筋活動量は2.5%~22.4%であり、比較的大きな個体差が認められた。

参考文献

- 1) Cooper, S. and Daniel, P. M. (1963) Muscle spindles in man; their morphology in the lumbricals and deep muscles of the neck. *Brain*, 86: 563-586.
- 2) Cord, P. J. and Nashner, L. M. (1982) Properties of postural adjustments associated with rapid arm movements. *J. Neurophysiol.* 47: 287-302.
- 3) 福田 精 (1957) 運動と平衡の反射生理, 初版, 医学書院, 東京.
- 4) 藤原勝夫, 池上晴夫, 岡田守彦 (1985) 立位姿勢の安定性と下肢筋の相対的筋負担度との関係. 筑波大学体育科学系紀要, 8: 165-171.
- 5) 藤原勝夫, 外山 寛, 浅井 仁, 山科忠彦, 国田賢治 (1992) 反復床加圧運動からみた動的立位姿勢の検討. 日本バイオメカニクス学会第11回大会論集, 動きとスポーツの科学, 561-566, 杏林書院, 東京.
- 6) 福井堅二 (1974) 頸部深部受容器と眼運動系の連繋に関する実験的研究—片側項筋 procanization により誘発される眼振, 眼運動と項筋活動の変化を指標とする観察. *日耳鼻*, 74: 626-661.
- 7) 橋本真徳 (1981) 繰返しサッケードによる姿勢の安定化. *日本生理誌*, 43: 73-83.
- 8) 彦坂興秀 (1984) 随意性の眼球運動. *神経進歩*, 28: 138-152.
- 9) 檜 學 (1988) 姿勢に関連する反射とその病態. 新生理科学体系 (第10巻) 運動の生理学, 初版, 303-316, 医学書院, 東京.
- 10) 檜 學 (1992) めまいの科学—心と身体の平

- 衡一. 初版, 朝倉書店, 東京.
- 11) Hosokawa, T., Nakamura, R., Kosaka, K., and Chida, T. (1985) EEG activation induced by facilitating position. *Tohoku J. exp. Med.*, 147 : 191-197.
 - 12) Howarth, B. (1946) Dynamic posture. *J. A. M. A.*, 131 : 1398-1404.
 - 13) 五十嵐秀一 (1985) 不規則跳躍視標追跡検査による衝動性眼球運動の定量分析. *耳鼻臨床*, 78 : 増3 : 1683-1709.
 - 14) 伊藤文雄 (1989) 筋感覚からみた運動制御. 名古屋大学出版会, 愛知.
 - 15) 河辺章子, 大築立志 (1980) 視標移動の方向変化に対する反応時間. *体育学研究*, 24 : 301-311.
 - 16) 衣笠 隆, 藤田紀盛, 田中英彦 (1985) 全身選択応答時間に及ぼす事前のジャンプの効果. *体育学研究*, 30 : 45-53.
 - 17) 国田賢治, 藤原勝夫, 岡田守彦 (1992) 構え姿勢の違いによる眼球運動反応時間の変化. *日本バイオメカニクス学会第11回大会論集, 動きとスポーツの科学*, 550-554, 杏林書院, 東京.
 - 18) Magoun, H. W. (1958): *The waking brain*, Charles C Thomas Publisher, USA.
 - 19) 松井秀治 (1958) : *運動と身体の重心*. 体育の科学社, 東京.
 - 20) Monod, H. and Scherrer, J. (1965) The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomic*, 8 : 329-338.
 - 21) Nakamura, R. and Kosaka, K. (1986) Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on EEG activation induced by facilitating position in patients with spinocerebellar degeneration. *Tohoku J. exp. Med.*, 148 : 159-161.
 - 22) 大島知一 (1988) 随意運動と賦活系. *新生理科学体系 (第10巻) 運動の生理学*, 初版, 303-316, 医学書院, 東京.
 - 23) Richmond, F. J., Bakker, D. A., and Stacy, M. J. (1988) The sensorium receptors of muscles and joints, Peterson, B. W. and Richmond, F. J. (Ed), *Control of head movement*, 49-52, Oxford-university press, New York.
 - 24) Robinson, D. A. (1964) Eye movement control in primates. *Science*, 161 : 1219-1224.
 - 25) Roll, J.-P., Vedel, J.-P. and Roll, R. (1989) Eye, head and skeletal muscle spindle feedback in the elaboration of body references. *Progress in Brain research*, 80 : 113-123.
 - 26) Schmidt, R. A. (1988) *Motor control and learning*, second edition, Human Kinetic Books, England.
 - 27) Tanji, J. and Evarts, E. V. (1976) Anticipatory activity of motor neurons in relation to direction of an intended movement. *J. Neurophysiol.*, 38 : 1062-1068.

(平成6年9月9日受付)
(平成6年12月12日受理)