

視標追従能力の姿勢及び訓練による差異

藤原 勝夫¹⁾・国田 賢治²⁾・外山 寛¹⁾

浅井 仁³⁾・出村 慎一⁴⁾

Difference of the ability of eye-tracking caused by posture and training

Katsuo Fujiwara¹⁾, Kenji Kunita²⁾, Hiroshi Toyama¹⁾

Hitoshi Asai³⁾ and Shinichi Demura⁴⁾

(Received April 30, 1991)

Abstract

The purpose of this study was to investigate the training effect of high speed ball chase to the ability of eye-tracking and the relationship between posture and ability of eye-tracking. The subjects were consisted of training group and non-training group who were seven male university students, respectively. They were instructed to pursuit a target with standing posture or sitting posture. The target moved sinusoidary in horizontal direction with the amplitude of 25° and the frequency of 0.3Hz to 1.3Hz. Eye movement was derived from a double pole and was recorded by electronystagmography. The ability of eye-tracking was evaluated by the maximum value of cross correlation coefficient (CRCmax) and the rate of amplitude between target movement and eye movement.

Eye movement changed smooth from pursuit eye movement to saccadic eye movement in proportion to frequency increase of target movement. In saccade, before the target arrived at the arrangement point, eye already arrived at it and remained, and after the target passed the arrangement point, eye pursued a target again. But some of training group showed smooth pursuit eye movement with even high frequency. the CRCmax in trainig group was higher than that in non-training group on both postures. These indicated that the ability of eye-tracking in training group was higher than that in non-trainig group. The CRCmax and the rate of amplitude in sitting posture were higher than those in standing posture on both groups. This suggested that ability of eye-tracking in sitting posture was higher than that in standing posture. Furthermore the CRCmax in training group was significantly higher than that in non-trainig group with high frequency of standing posture. This suggested that there were the close relation ship, between the ability of eye-tracking and trainig posture.

Key Word : Eye tracking — Posture — Training — Cross correlation

¹⁾ 金沢大学教養部 College of Liberal Arts, Kanazawa University.

²⁾ 筑波大学大学院体育研究科 Master program in Health and Sports Science, University of Tsukuba.

³⁾ 金沢大学医療技術短期大学部 School of Allied Medical Proffesions, Kanazawa University.

⁴⁾ 金沢大学教育学部 The Faculty of Education, Kanazawa University.

I 緒 言

球技スポーツなどを行う場合、眼球は、対象を追従したり目標を定めたりするのに非常に重要な役割を担っている。眼球の運動を記録する試みについては、1881年のHogyesより行われているが、現在最も多く用いられているのは、角膜—網膜電位差を記録する方法で、実用的であり簡単なものである(Jonkees and Philipzoon; 1964, 小松崎; 1985)。眼球運動の分析には、長い間、ENG記録紙上のパターンを肉眼的に観察する方法がとられてきた(Corvera; 1973)。今日では、コンピューター解析により、眼球運動が定量的に検討されている(Buizza; 1986, 大橋; 1986)。

視覚系と姿勢調節の関係で、職業野球選手が打撃姿勢をとったり、力士が仕切ったりする時、つまり基本的動的姿勢で、眼振の振幅が増大していることを福田(1981)は観察し、姿勢制御のための緊張性頸反射が、眼球運動調節に深くかかわっていると報告している。しかし、視標を追従する眼球運動と姿勢調節との関係についての定量的検討は、十分になされていない。

また、高速ボールを追従し打撃することをよく訓練している野球の選手は、動いているボールが大きく、かつはっきりと停止しているかのように見えると述べている(福田; 1981)。これは、普通の人にとっては、線としてしか追従できないような素早いボールの動きを点として追従でき、高速ボール追従訓練効果があったことを示す現象ととらえられている。しかし、高速ボール追従訓練効果について、定量的検討が十分に行われているとはいえない。

そこで、本研究は、高速ボール追従鍛錬者と非鍛錬者を対象とし、立位と座位の姿勢で視標の動きを追従させた場合の眼球運動について定量的に解析し、眼球運動の制御様式、姿勢と眼球運動との関係及び高速ボールを追従することの訓練効果について検討することにした。

II 方 法

1. 被 験 者

被験者は大学生男子であり、高速ボールの追従鍛錬者としての卓球部員7名(T群)と高速ボール追従非鍛錬者7名(U群)からなる。T群は、当該競技歴 8.3 ± 1.50 年であり、高い競技水準にある者である。U群は、球技系の運動クラブに、最近3年間所属したことがなく、日頃特別の視標追跡訓練を行っていない者である。

2. 実験方法

Fig. 1のように、被験者に立位姿勢と座位姿勢を保持させ、視標を追従するように指示した。そして、いずれの周波数においても、顎を固定装置に乗せ、頭部を動かさないように指示した。視標は、水平方向に正弦波状で動き、振幅は左右25度ずつとした。周波数は、0.3Hzから1.3Hzまで0.1Hzずつ増加させた。各周波数での1回の試行時間を15秒間とし、試行回数を2回ずつとした。眼球運動を双極誘導し、眼振計用増幅器(日本光電, AN-601G)を用いてDC-ENG

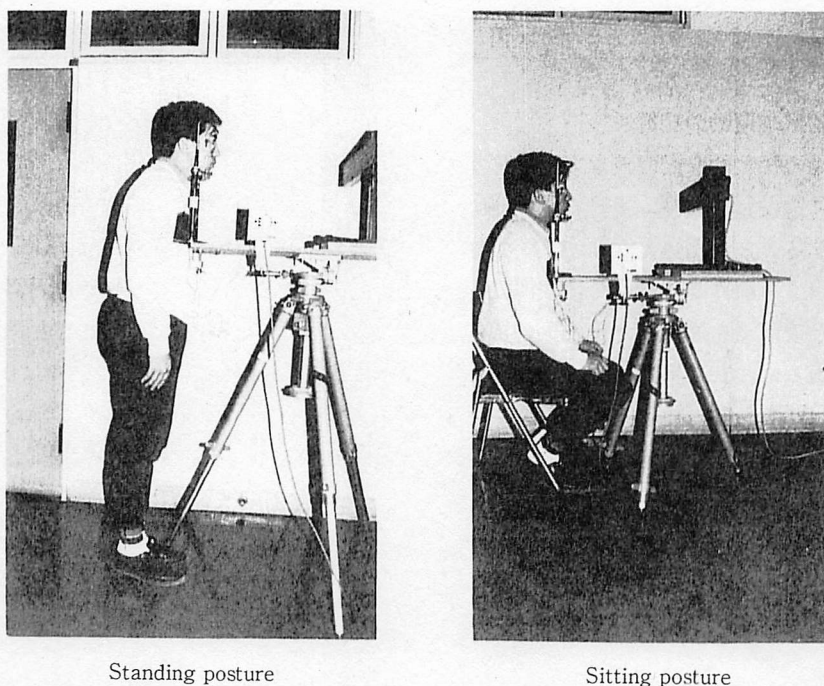


Fig. 1 Postures for experiments. (left figure: standing posture, right figure: sitting posture)

法で増幅し、データレコーダ(共和電業, RTP-501 AL)に収録した。各周波数の測定の前に、較正を行うために、低周波数(0.2Hz)であり、かつ左右25度ずつの振幅で三角波で動く視標を被験者に注視させた。

3. 分析方法

測定開始3秒目からの12秒間のデータを、サンプリング間隔20msecでA/D変換し、その後マイクロコンピュータ(NEC, PC9801VX)を用いて、相互相関分析を行った。なお、まばたきした場合、それが含まれる1周期分のデータは除去した。

これらの分析から得られる相互相関係数の最大値を相関度とし、そのときの視標の動きのデータと眼球運動のデータとの時差を位相差とした。相互相関係数は、正規分布していないため、そのままでは値を比較できない。そこで、相関係数の値をZ-scoreに換算した(岩原; 1988)。

また、記録したデータをサーマル記録計(日本電気三栄, RECTI-HORIZ 8K)に5mm/secで再生し、振幅をpeak to peakで計測した。これらの振幅を各周波数の較正時の振幅で除して振幅比を求めた。

なお、統計処理に用いた有意水準は、いずれも5%とした。

III 結 果

1. 代表的眼球運動の記録

眼球運動の代表的な記録例を Fig. 2 に示した。低周波数の場合、眼球運動は、視標の動きをほぼ正確に追従しており、滑動性眼球運動を行っていた。高周波数になるにつれて、視標を正確に追従することが困難となり、衝動性眼球運動へと変化した。Fig. 2—Fのように、視標が変曲点を通過する前に眼球はすでに変曲点付近に達し(位相進み)、そのまま変曲点付近にとどまり、視標が変曲点を通過した後、再び視標を追従しはじめた(位相遅れ)。この位相遅れは、高周波数になるにつれて顕著となった。しかしながら、Fig. 2—EのようにT群の中には、高周波数(1.1Hz)の視標の動きであっても、視標の動きをほぼ正確に追従できる者も認められた。

以下、眼球運動特性を定量的に検討するために相互相関分析より求めた、相関度と位相差並びに振幅比について述べる。

2. 視標の動きに対する眼球運動の相関度について

眼球運動の視標の動きに対する相関度は、各被験者とも共通して、低周波数において高い値を示し、高周波数になるにつれて低下した。ただし、周波数によるその変化の様相は、個人差

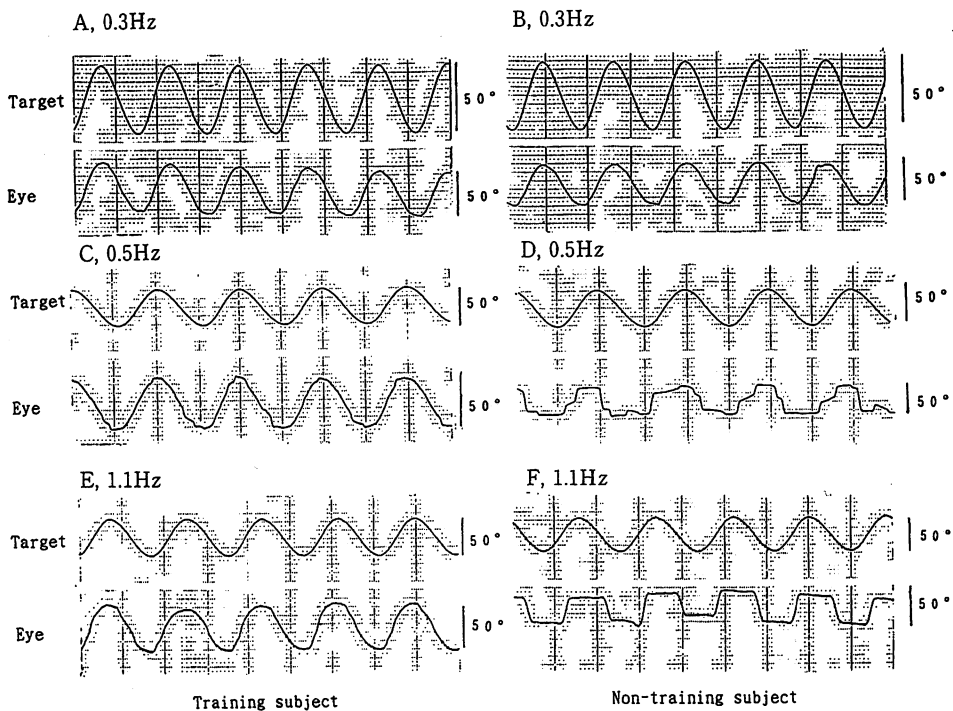


Fig. 2 Typical examples of ENG waveform. (left figure: training subject, right figure: non-training subject)

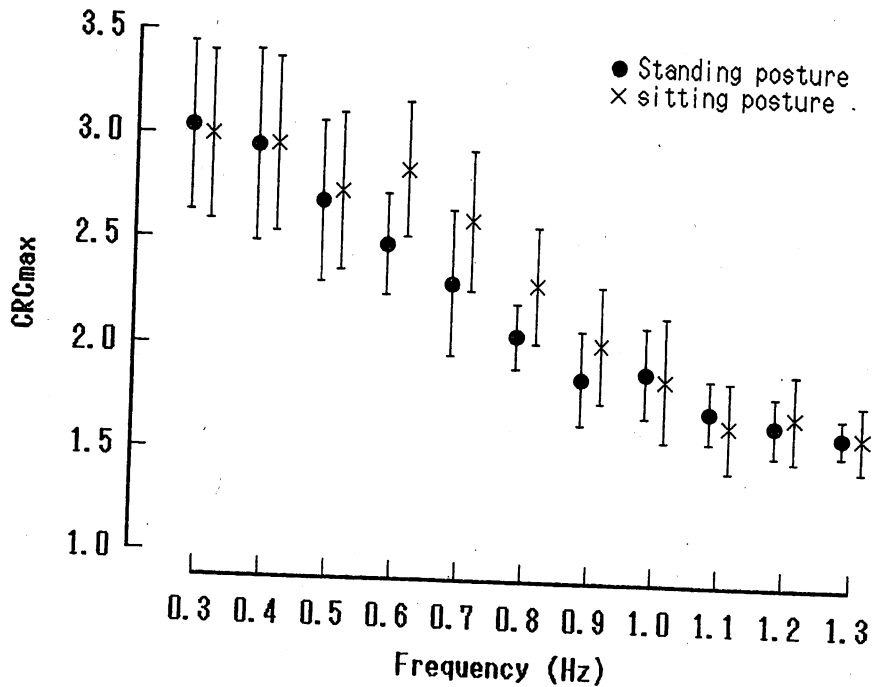


Fig. 3 Mean and standard deviation of maximum cross correlation coefficient between movements of target and eye in training group

や姿勢による差が認められた。

Fig. 3 に T 群の立位と座位における相関度を示した。立位と座位の間では、全体的に座位の方が高い値を示し、0.5Hz、0.6Hz、0.8Hz において有意差を示した。立位においてとなり合う周波数間で有意な減少が認められたのは、立位では0.8Hz と0.9Hz の間、1.0Hz と1.1Hz の間、座位では0.7Hz から0.9Hz の間、1.0Hz と1.1Hz の間であった。

Fig. 4 に U 群の立位と座位における相関度の値を示した。立位と座位の間では、全体的に座位の方が高い値を示し、0.4Hz で有意差を示した。立位において、となり合う周波数間で有意な減少が認められたのは、0.3Hz と0.4Hz の間、1.0Hz と1.1Hz の間、座位では0.7Hz と0.8Hz の間、1.2Hz と1.3Hz の間であった。

群間を比較してみると、立位・座位とも G 群の方が高い相関度の値を示した (立位: $F=9.87$, $p<0.05$; 座位: $F=6.63$, $p<0.05$)。群間で有意差を示した周波数は、立位では1.2Hz と1.3Hz、座位では0.6Hz であった。0.3Hz と他の周波数との相関度の比較を行ったところ、T 群の立位では0.5Hz から、座位では0.7Hz から有意に減少しはじめ、U 群の立位では0.4Hz から、座位では0.6Hz から有意に減少しはじめた。

3. 視標の動きに対する眼球運動の位相差について

眼球運動の視標の動きに対する位相差は、各被験者とも共通して、高周波数になるにつれて、

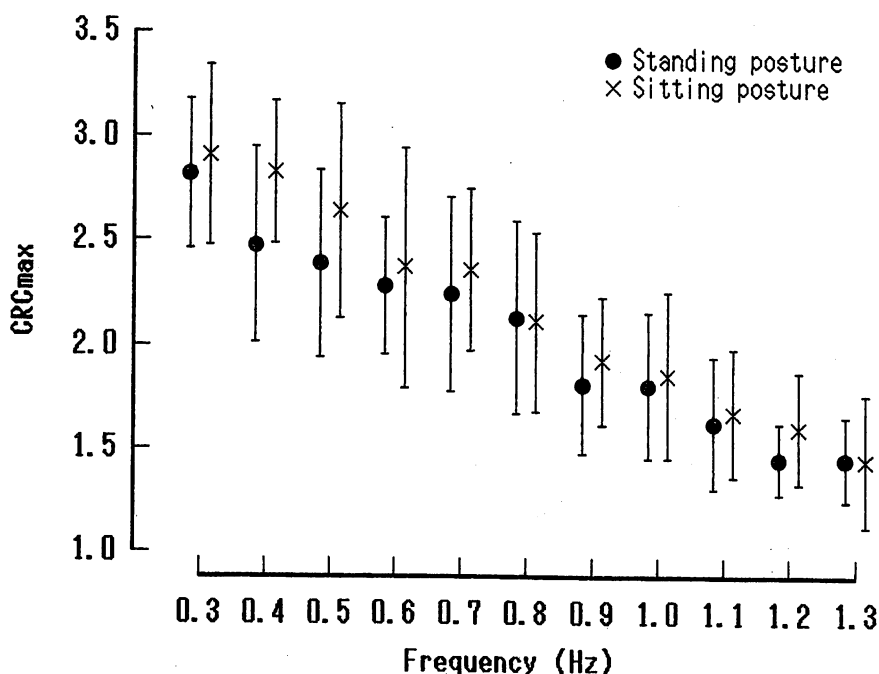


Fig. 4 Mean and standard deviation of maximum cross correlation coefficient between movements target and eye in non-training group

位相遅れを示した。ただし、周波数によるその変化の様相は、個人差や姿勢による差が認められた。

Fig. 5 に、T 群の立位と座位における視標の動きに対する眼球運動の位相差を示した。T 群の位相差は、0.3Hz から 0.9Hz では、立位と座位の間に有意差が認められなかった。その周波数帯域の位相差の平均値は、立位では $18.8 \pm 2.35 \text{ msec}$ の遅れ、座位では $15.9 \pm 2.61 \text{ msec}$ の遅れであった。1.0Hz と 1.1Hz では、座位に比べ立位で位相遅れが有意に大きく、その帯域の位相差の平均値は、立位では $25.0 \pm 0.71 \text{ msec}$ の遅れ、座位では $11.4 \pm 1.43 \text{ msec}$ の遅れであった。

Fig. 6 は、U 群の立位と座位における位相差を示している。U 群においては、0.3Hz から 1.0 Hz までは、立位と座位の間に有意差が認められず、その周波数帯域の位相差の平均値は、立位では $8.2 \pm 7.94 \text{ msec}$ の遅れ、座位では $5.0 \pm 5.55 \text{ msec}$ の遅れであった。1.1Hz と 1.2Hz では、立位の方が有意に大きな位相遅れが認められ、立位では $20.4 \pm 2.5 \text{ msec}$ の遅れ、座位では $4.6 \pm 0.36 \text{ msec}$ の遅れであった。

群間を比較してみると、全体的に、T 群の方が U 群に比べ大きな位相遅れを示した（立位： $F = 7.62$, $P < 0.05$ ；座位： $F = 7.08$, $P < 0.05$ ）。T 群が有意に大きい位相遅れであったのは、立位では 0.3Hz, 0.4Hz, 0.7Hz で、座位では 0.4Hz, 0.5Hz であった。0.3Hz と他の周波数との位相差の比較を行ったところ、G 群では立位・座位のいずれにおいても有意差が認められ

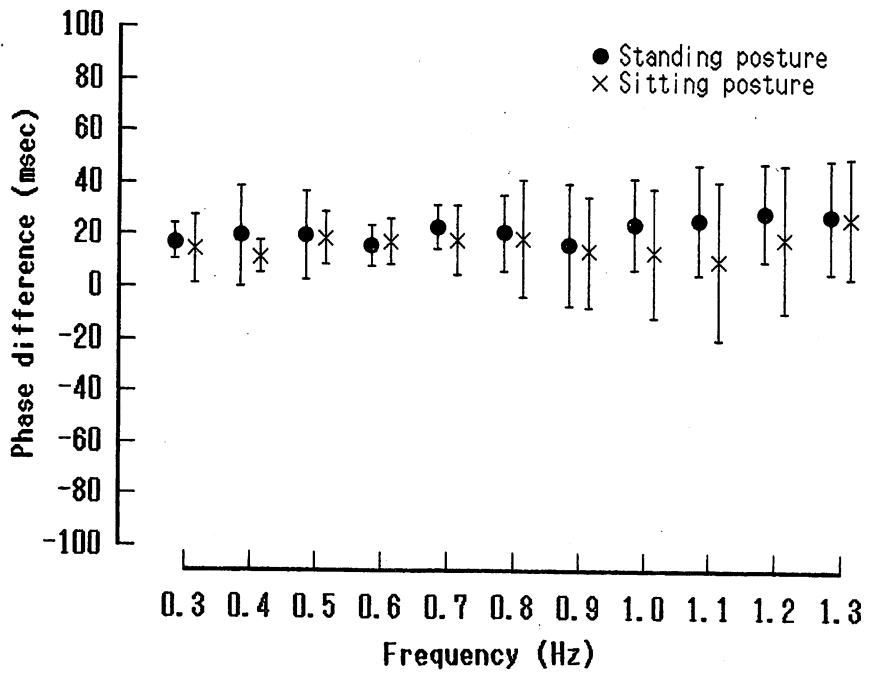


Fig. 5 Mean and standard deviation of phase difference between movements target and eye in training group

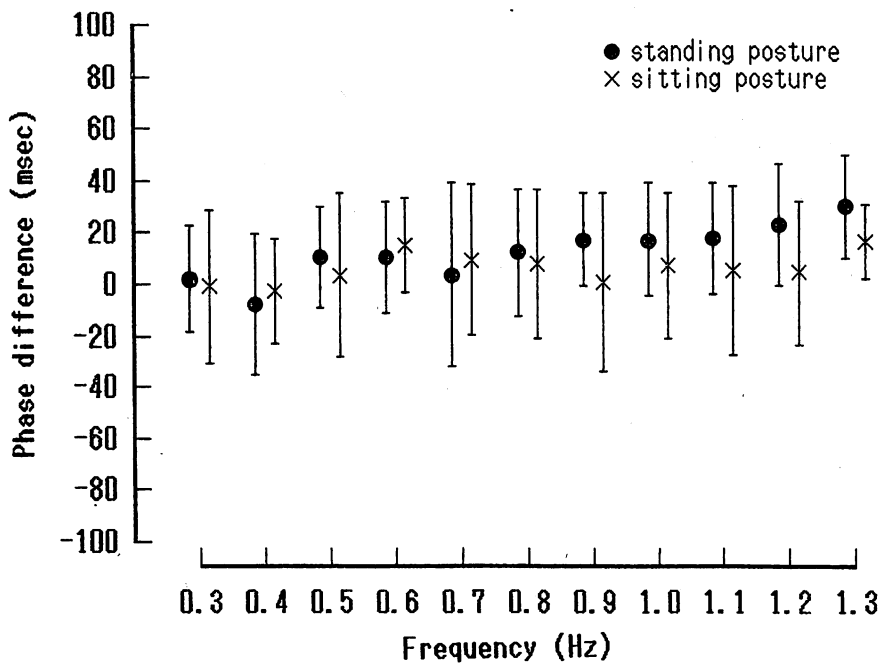


Fig. 6 Mean and standard deviation of phase difference between movements target and eye in non-training group

ず、U群では立位においては1.2Hz以上で、座位においては0.5Hz以上で有意に高い値を示した。

4. 振幅比について

眼球運動の視標の動きに対する振幅比は、各被験者とも共通して、高周波数になるにつれて低下した。

T群の振幅比を Fig. 7 に示した。となり合う周波数間で有意な減少が認められたのは立位では1.1Hzと1.2Hzの間、座位では0.9Hzと1.0Hzの間であった。U群の振幅比を Fig. 8 に示した。同じく有意な減少が認められたのは、立位では0.7Hzと0.8Hzの間及び1.1Hzと1.2Hzの間であった。T群・U群ともいずれの周波数においても、立位と座位の間で有意差は認められなかった。また群間においても有意差が認められなかった。

0.3Hzと他の周波数との相関度の比較を行ったところ、T群では立位においては0.4Hzから、座位においては0.8Hzから有意に減少しはじめ、U群では立位において1.1Hzから、座位においては0.6Hzから有意に減少しはじめた。いずれの周波数においても、群間に有意差が認められなかった。

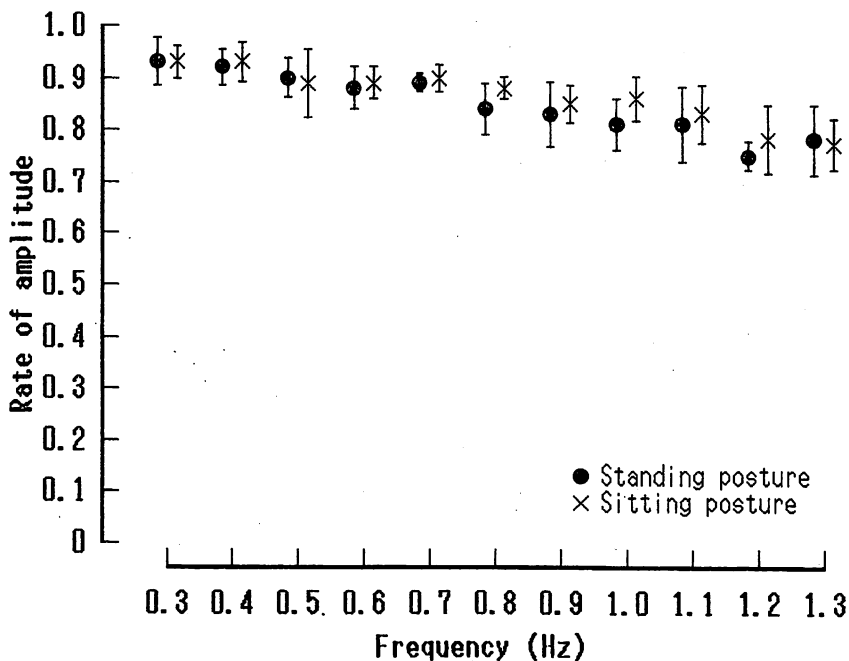


Fig. 7 Mean and standard deviation of amplitude ratio between movements target and eye in training group

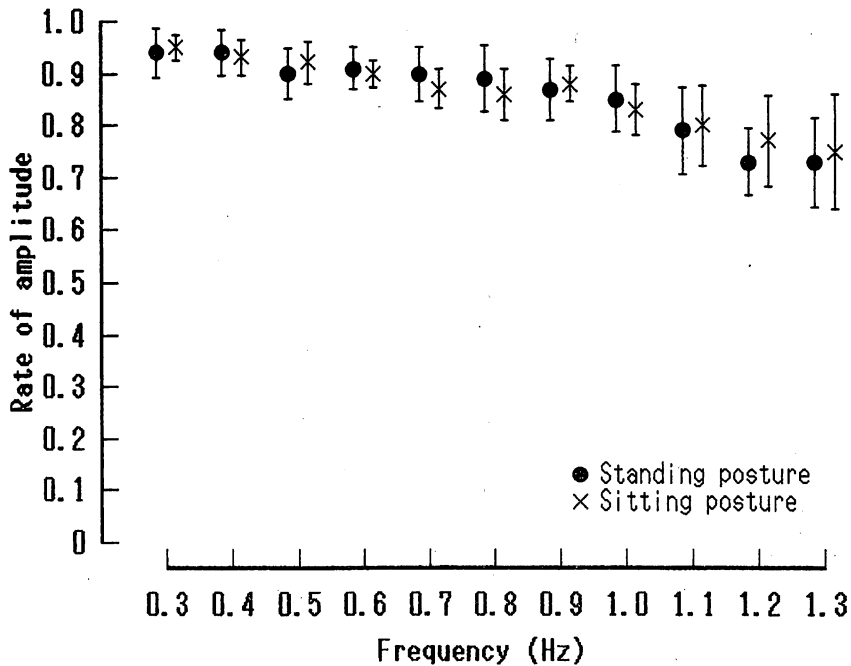


Fig. 8 Mean and standard deviation of amplitude ratio between movements target and eye in non-training group

IV 考 察

1. 眼球運動の制御様式

ENGの波形について詳細に検討したところ、低周波数の場合、視標の動きをほぼ正確に追従する滑動性眼球運動を行っていた。それが高周波数になるにつれて衝動性眼球運動を行うようになった。その衝動性眼球運動は、周波数が高くなるにつれて矩形波に近くなっていった。この位相進みの部分は予測制御がなされ、位相遅れの部分は反応性の制御がなされていたとみることができよう。

視標の動きの周波数の変化と眼球運動の追従方式の変化との間では、次のような関係が認められた。0.3Hzと他の周波数との相関度の比較を行ったところ、両群の立位及び座位のいずれにおいても、0.4Hzから0.7Hzまでの帯域で、有意な減少が認められた。波形については、非段鉋者においては0.4Hzから0.6Hzまでの帯域で、鍛錬者においては0.5Hzから0.7Hzまでの帯域で、衝動性眼球運動が含まれるようになった。ただし、鍛錬者の中には高周波数(1.1Hz)の視標の動きであっても、視標の動きに対応した滑動性眼球運動を行えるものも認められた。これらのことから多くの被験者は、0.4Hzから0.7Hzまでの帯域のいずれかで滑動性眼球運動を行うことが困難となり、衝動性眼球運動へ変化していくと推察される。つまり、0.4Hzから0.7Hzまでの間は、追従方式が変化する帯域であり、追従方式が変化する周波数が、視標の追

従能力を評価するのに適した指標ではないかと考えられる。

2. 姿勢と眼球運動の関係について

ヒトの立位姿勢は、重心位置が高く支持面が狭く、しかもいくつかの関節を持つ分節構造をなしており、物理的にきわめて不安定である。このような立位姿勢を保持するために、視覚系が重要な役割を担っていると報告されている(藤原;1988)。一方、福田(1981)は、釣鐘状回転筒内で被験者にいくつかの姿勢を保持させ、回転筒内の視標の動きを追従させると、他の姿勢に比べ中腰の姿勢において円筒内面の赤線の移動がはっきりと見え、視野範囲が広がる感じがしたと記述している。これらのことから、姿勢と眼球運動は密接な関係があると思われる。しかしながら、姿勢と眼球運動の関係についての定量的な検討は、十分に行われていない。本研究の結果によると、両群において、視標の動きに対する眼球運動の相関度は、座位の方が高かった。そして、0.3Hzと他の周波数との相関度の比較において、両群とも座位の方がより高い周波数で有意に減少し始めた。視標の動きに対する眼球運動の振幅比も、全体的に座位の方が高い値を示した。これらのことから視標追従能力は、座位の方が立位に比べ高いと考えられる。

緊張性頸反射は、眼筋の動きを補い、眼球運動調節に大きな役割を担っていると報告されている(福田;1981)。従って、当初、頸筋の緊張が大きく現れる立位の方が高い追従能力を示すと仮説をたてた。しかし、本研究の結果では、両群とも、座位の方が高い視標追従能力を示した。この理由として、次のことが考えられる。実験の前半に行った立位の視標追従テストにより訓練効果がおこり、座位の方が、高い追従結果を示したのかもしれない。特に、高周波数の視標追従を行ったために訓練効果が顕著となり、座位の低周波数において高い追従結果を示したのかもしれない。また、立位姿勢が、不安定になった場合に、上肢挙上の反応時間が遅くなるとの報告がなされている(Woollacott et al.;1984)。このことから立位においては、姿勢保持のために調節しなくてはならない関節や筋が多く、この影響が出て座位よりも立位で視標追従能力が低くなったとも考えられる。この点に関しては今後さらに検討していきたい。

3. 高速ボール追従訓練効果について

奥(1954)は、釣鐘状回転円筒装置を用いて、モルモットに視標刺激を連日負荷した場合、眼振の数が急激に減少したことを観察し、一つ一つの視標として追従できなかった段階から、高速の視標の動きでも正確に追従できるような段階に変化していったと報告している。また、ヒトの眼球運動の発達についても研究されていて、山崎(1975)は生後3カ月ごろから滑動性眼球運動が現れ、年齢にともない正確に視標追従を行うようになったと報告している。しかしながら、ヒトの視標追従訓練効果については、定量的に十分検討されているとはいえない。本研究の結果から、視標の動きに対する眼球運動の振幅比は、鍛錬者と非鍛錬者の間でほとんど差が認められなかった。しかし、視標の動きに対する眼球運動の相関度は、ほとんどの周波数で鍛錬者の方が高い傾向を示した。また、0.3Hzと他の周波数との相関度の比較を行ったところ、立位及び座位のいずれにおいても鍛錬者の方が非鍛錬者に比べ、より高い周波数で有意な

低下を示した。すなわち、鍛錬者はより高周波数まで滑動性眼球運動を行いうることを示し、高い視標追従能力を有するものと考えられる。また、高周波数において立位及び座位のいずれにおいても、視標の動きに対する眼球運動の相関度の分散は、鍛錬者の方が小さかった。このことは、個体差が少なかったことを示し、鍛錬者に共通して高速ボール追従訓練効果があったと推察される。非鍛錬者の方は個体差が大きく、非鍛錬者の中には、著しく低い視標追従能力を示す者がいた。さらに、立位の高周波数（1.1Hzと1.2Hz）において、視標の動きに対する眼球運動の相関度は、鍛錬者が非鍛錬者に比べ有意に高かった。鍛錬者は、立位姿勢で高速ボール追従訓練を行っており、その姿勢での追従訓練効果が明確に出たという結果から、訓練姿勢と視標追従能力の間に密接な関係があることが推察される。

また鍛錬者は、立位及び座位とも非鍛錬者に比べて、特に低周波数において位相遅れが若干大きかった。この位相遅れは、値としては両群とも大きなものではなく前述したように予測制御過程がなんらかの形で関与していることを示すものであろう。しかし低周波数においては、視標の変曲点付近では、視標の動きを正確に知覚しながら行う反応性の制御過程が関与し、その関与の程度が、鍛錬者ほど強いのではないかと推察される。

また、変曲点付近の眼球運動について定量的に詳しく検討すれば、眼球運動特性は、より明らかになると考えられる。今後の課題としたい。

V ま と め

1) ENGの波形については、視標の動きが低周波数の場合、いずれの被験者においても滑動性眼球運動を行っていた。鍛錬者の中には高周波数においても、滑動性眼球運動を行っていた者も認められた。しかし、このような鍛錬者を除いてほとんどの被験者は、高周波数になるにつれて、衝動性眼球運動を行うようになった。この衝動性眼球運動については、視標が変曲点を通過する前に眼球はすでに変曲点付近に達し（位相進み）、しばらくそこにとどまった後、再び視標追従を行っていた（位相遅れ）。また、鍛錬者の一部を除いたほとんどの被験者は、0.4 Hzから0.7 Hzまでの帯域のいずれかで滑動性眼球運動から衝動性眼球運動に変化した。このような追従方式が変化する周波数が、視標追従能力を評価するのに適した指標ではないかと考えられた。

2) 視標の動きに対する眼球運動の相関度は、両群において座位の方が高かった。そして、0.3 Hzと他の周波数との相関度の比較において、両群とも座位の方が立位に比べ、より高い周波数で有意に減少し始めた。視標の動きに対する眼球運動の振幅比も、全体的に、座位の方が高い値を示した。これらの結果から視標追従能力は、座位の方が高いと推察された。

3) 視標の動きに対する眼球運動の振幅比は、両群でほとんど差が認められなかった。しかし、視標の動きに対する眼球運動の相関度は、ほとんどの周波数で鍛錬者の方が高い傾向を示した。また、0.3 Hzと他の周波数との相関度の比較を行ったところ、立位及び座位のいずれも鍛錬者の方が非鍛錬者に比べ、より高い周波数で有意な低下を示した。すなわち、鍛錬者は、高い視標追従能力を有すると考えられた。そして、立位の高周波数においては、鍛錬者の相関

度が非鍛錬者に比べ有意に高い値を示した。このことから鍛錬者において、立位姿勢での追従訓練効果が明確に出たことを示し、訓練姿勢と視標追従能力の間に密接な関係があるものと推察された。

参 考 文 献

- 1) Adams, J. A.: Anticipatory timing of continuous and discrete responses. *Journal of Experimental Psychology*, 63: 84-90, 1962.
- 2) Baloh, R. W.: Quantitative measurement of smooth pursuit eye movement. *Ann Otol.* 85: 111-119, 1976.
- 3) Buizza, A. and Schmid, R.: Velocity characteristics of smooth pursuit eye movements to different patterns of target motion. 63: 395-401, 1986.
- 4) Dallos, P. J. and Jones, R. W.: Learning behavior of the eye fixation control system. *IEEE Trans AC-8*: 218-227, 1963.
- 5) 藤原勝夫・池上晴夫: 床振動時の立位姿勢の応答特性, *体育学研究* 29(3): 251-261, 1984.
- 6) 藤原勝夫: 幼児における床振動時の立位姿勢調節筋能, *姿勢研究* 6(1): 19-28, 1986.
- 7) 藤原勝夫・池上晴夫, 水平床振動を繰り返し負荷した場合の立位姿勢調節の変化, *体力科学*, 37(1): 25-36, 1988.
- 8) 藤原勝夫・池上晴夫: 身体各部位の動揺の周波数分析による立位姿勢調節の検討, *体育学研究*, 30(3): 241-248, 1985.
- 9) 藤原勝夫: 予測的姿勢制御, *理学療法ジャーナル*, 25(4): 265-272, 1991.
- 10) 藤原勝夫: 立位姿勢保持における水平振動の知覚, *いばらぎ体育スポーツ科学*, 7: 7-14, 1986.
- 11) 福田 精: 運動と平衡の反射生理, *医学書院*: 186-211, 1981.
- 12) 岩原信九郎: 新教育統計法, *日本文化科学社*: 74-83, 1977.
- 13) Jongkees, L. B. and Philipzoon, A. J.: Electro-nystagmography. *Acta Otolaryngol (Suppl)* 189: 7-11, 1964.
- 14) 小松崎篤・竹森節子: 眼振図 とり方・よみ方, 篠原出版: 1-15, 1989.
- 15) 小松崎篤・篠田義一・丸尾敏夫: 眼球運動の神経学, *医学書院*: 2-9, 1985.
- 16) Lee, D. N. and Aronson, E.: Visual Proprioceptive control of standing in human infants, *Perception and Psycho-physics*, 15(3): 529-532, 1974.
- 17) Lisberger, S. G. and Evinger C.: Relationship between eye acceleration and retinal image velocity during foveal smooth pursuit in man and monkey: *J. Neurophysiol* 46: 229-249, 1985.
- 18) Magnus, R.: *Körperstellung*, Julius Springer: Berlin., pp 740, 1924.
- 19) Magnus, R.: Some results of studies in the physiology of posture I and II. *Lancet*, 2: 531-536, 585-588, 1926.
- 20) 森山春子・吉田悦子・竹森節子: 垂直眼球運動の振幅について, *Equilibrium Res*, 43(1): 38-43, 1984.
- 21) 大橋直樹・大村明彦: 滑動性眼運動分析, *Equilibrium Res*. 45(2): 166-169, 1986.
- 22) 大築立志: サイバネテックからみたスキル, 宮下充正 (編), *現代スポーツの科学* 第9巻, 大修館書店, 1978.
- 23) Robinson, D. A.: The mechanics of human smooth pursuit eye movements. *J. Physiol.* 180: 569-591, 1965.
- 24) Stark, L., Vossius, G., Young, L. R.: Predictive control of eye tracking movements. *IRE Trans HFE*(3): 52-57, 1962.
- 25) 高木公三郎・熊本水頼 (編), *身体運動の制御*, 杏林書院, 230-249, 1979.
- 26) 高安助次・香取早苗: 眼筋と頸筋との静的協調性に関する研究, *Equilibrium Res*. 47(2): 210-219, 1988.
- 27) 竹森節子: 固視と眼球運動, *Equilibrium Res*. 41(2): 246-251, 1982.
- 28) 時田浩: 大脳性平衡機能へのアプローチ: Magnusの平衡機能よりの脱却, 鈴木純一 (編) *脳と平衡障害: ヒト大脳の働きについて考える*. 篠原出版, 1981.

- 29) Tokumasu, K. and Tasiro, N., : Relationship between eye movement and body sway during standing, "in Ushio, N., Kitamura, H., and Matunaga, T., Postural reflex and body equilibrium II, Society of Nara Otoneurological Research : Nara, 35-49, 1981.
- 30) 塚原 進 : 人の動作におけるフィードバックとフィードフォワード, 真島英信・猪飼道夫 (編), 生体の運動機構とその制御, 杏林書院, 231-251, 1972.
- 31) Woollacott, M. H. Bonnet, M. and Yabe, K. : Preparatory Process for anticipatory postural adjustments : Moduration of leg muscle reflex pathways during preparation for arm movement in standing man. Exp. Brain Res., 55, 263-271, 1984.