原 著

視運動刺激負荷重心動揺検査による評価

—優れたスポーツマンを見いだすために—

加藤 雅也¹⁾・伊藤 八次¹⁾・水田 啓介¹⁾

久世 文也¹⁾・宮田 英雄¹⁾・山田 剛寛²⁾

Studies of Optokinetic Stimulus on Postural Control

Masaya Kato¹⁾, Yatsuji Ito¹⁾, Keisuke Mizuta¹⁾,
Bunya Kuze¹⁾, Hideo Miyata¹⁾, Takahiro Yamada²⁾

¹⁾ Department of Otorhinolaryngology, Gifu University School of medicine

²⁾ Department of Otorhinolaryngology, JR Tokai Hospital

It is difficult to estimate individual performance in sports because of the complicated relationship of various reflexes, accommodation and mental state. To clarify that part of sports ability, we investigated the effect of horizontal optokinetic stimulus training on body balance.

Experiment A: Male subjects were stimulated optokinetically to the right on stabilometer. The angular velocity of the Ohm type drum was 60 deg/sec and the duration of the stimulation was 60 seconds. This training was conducted twice a day for 4 weeks. Before and during this training, we performed the test every week and then again after a rest period of 2 weeks. Total length, x part (stimulus direction) length, area of sway, locus length per limit area were calculated. These parameters decreased after 2 weeks and were maintained after a period of 2 weeks except for locus length per limit area.

Experiment B: Male subjects were trained as in experiment A and compared with high school baseball players. High school baseball players have a good control of balance as shown in the x part (stimulus direction) and locus length per limit area compared to those in male subjects.

Experiment C: Male subjects were stimulated optokinetically to the right while sitting on a chair and findings were compared to those in male subjects who served as control. The drum was rotated with an acceleration of 2 deg/sec² and this training was conducted twice a day for 3 weeks. Before and after this training, we performed this test. We found out that training while seated on a chair stabilized body balance.

Key words: sports ability, optokinetic stimulus, stabilometer, body balance

¹⁾ 岐阜大学医学部耳鼻咽喉科学教室

²⁾ JR 東海総合病院耳鼻咽喉科

はじめに

訓練により平衡機能が向上することはよく知られている。Hoshino¹⁾ は回転訓練により回転後眼振の減少すること (response decline) を報告した。時田²⁾ は運動選手において視運動性眼振の適応の限界 (optokinetic adaptation limit, OAL) が高いことを報告し、戸村³⁾ は視運動訓練による OAL の上昇を報告している。また、運動能力を評価する 1 つの指標に身体の安定性の良し悪しがある。特に外乱を加えた場合に、身体の安定化をいかに計れるかということは運動能力の一面を表していると思われる。近時、めまい・平衡障害例の身体動揺を評価する方法として重心動揺検査が普及しており、運動選手に対しても重心動揺検査が利用されつつあるが、評価は未だ一定していない。今回、身体の安定さと運動能力の優秀さ (優れた運動選手) を見いだすにはどのような検査が適しているかを検討する目的で、直立時身体動揺に影響を及ぼす視運動刺激を外乱として負荷し、その時の身体動揺を重心動揺検査を用いて評価することを試みた。第 1 に、一般健康男子において視運動刺激負荷時の重心動揺が訓練によりどのように変化するかを検討した。第 2 に、運動能力の高いと思われる高校野球選手に訓練なしでこの検査を行い、訓練を行った一般健康男子の結果と比較検討した。第 3 に、この訓練における視器の影響を検討した。

方 法

A. 一般健康男子の視運動刺激負荷訓練による重心動揺

一般健康男子を対象として、視運動刺激負荷を

加えた時に直立姿勢を保つ訓練を 4 週間行い、訓練が身体の安定化 (訓練の獲得) にどのような効果をもたらすかを視運動刺激負荷時の重心動揺で検討した。また訓練休止 2 週後にこの検査を行い、訓練効果の維持を検討した。

1) 被験者

めまい・平衡障害の既往がなく、スポーツ選手でない一般健康男子 5 名 (25-35 歳) である。

2) 訓練方法

内面に 12 本の線条が付してある直径 1.5 m、高さ 2 m の Ohm 型大円筒の中央に被験者を閉足で直立させ、前方 70 cm に設置した視標を固視させておき、視運動刺激負荷を与えた (図 1)。視運動刺激負荷は、等角速度 60°/sec、右回転のみで、60 秒間与えた。刺激中は頭部を正面に向かってまっすぐに保ち、頭部、軀幹を回旋させないように努めさせた。上記条件で直立時の身体を安定化させる訓練を、1 日朝夕 2 回、4 週間連日行った。

3) 訓練効果の評価方法

a) 訓練の獲得の評価

訓練に用いる Ohm 型大円筒の中央に重心動揺計 (日本電気三栄製 1G06) を置き、その上に被験者を閉足で直立させ、訓練時と同様な条件で重心動揺を記録した。重心動揺計からの出力をデータレコーダーに記録し、シグナルプロセッサー (7 T17) で解析した。視運動刺激開始 10 秒後から 30 秒間の重心動揺の総軌跡長、左右径、外周面積、単位面積軌跡長を検討した。また同時にひらめ筋活動を表面電極で捉え、テレメーターを介してポリグラフ記録した。訓練前、訓練 1 週後、訓練 2

図1 訓練と検査装置

週後、訓練4週後に評価を行った。

b) 訓練効果の維持の評価

訓練効果の維持を検討するために、訓練休止を2週間行い、その後に同様な検査を行い評価した。

B. 高校野球選手の視運動刺激負荷による重心動揺

運動能力の高いと思われる高校野球（岐阜県大会上位チーム）レギュラー選手を対象として、視運動刺激負荷訓練を行わずに視運動刺激負荷を行った重心動揺検査成績と一般健康男子の訓練2週後の視運動刺激負荷時の重心動揺検査成績を比較検討した。

1) 被験者

A群：めまい・平衡障害の既往がなくスポーツ選手でない一般健康男子10名（23-25歳）である。

B群：高校野球レギュラー選手6名（16-17歳）である。

2) 訓練方法と検査方法

a) A群は視運動刺激負荷訓練を行いその前後で重心動揺検査を行った。訓練は前述の一般健康男子に対する訓練と同様の方法で右回転のみ施行した。重心動揺の記録も前述の一般健康男子と同じ条件にて、大円筒左右方向で行い、訓練前、訓練2週後に評価した。評価は視運動刺激開始10秒後から30秒間の軌跡長（特に影響の大きいと考えられた左右方向）、左右径、外周面積、単位面積軌跡長、パワースペクトルを解析した。重心動揺（左右、前後）とひらめ筋筋電図も前述した方法でポリグラフ記録した。

b) B群は訓練を行わず本検査を1回行い、A群と同じ重心動揺の項目を解析した。

3) 検討項目

A群とB群の成績を下記のように比較検討した。

①A群の訓練前後の成績とB群の成績との比較

②パワースペクトルによるA群の訓練前後とB群の比較

③ポリグラフ記録によるA群の訓練前後とB群との比較

成績はノンパラメトリック検定を用いて有意差検定を行った。

C. 座位での視運動刺激訓練による重心動揺

座位での視運動刺激のみの訓練で視運動刺激負

荷した時の重心動揺に与える影響を検討した。すなわち、視運動訓練により視運動性眼振の適応の限界が上昇することはすでに報告されているが、この視運動性眼振の適応の限界の上昇が視運動刺激負荷時の直立身体動揺に影響しているか否かを検討した。

1) 被験者

C群：座位にて視運動訓練を行った一般健康男子7名（24-29歳）である。

D群：座位にて視運動訓練を行っていない一般健康男子7名（26-29歳）である。

2) 訓練方法と検査方法

視運動訓練は、被験者を Ohm 型大円筒の中央の椅子に座らせ、頭部を固定し、等角加速度刺激（ $2^\circ/\text{sec}^2$ 、60秒間、右回転）を1日2回、3週間連日行った。視運動刺激時は被験者に大円筒内面の線状をできる限り1本1本数えて追従するように指示した。

C群は訓練前、訓練1週後、訓練2週後、訓練3週後に検査した。視運動訓練効果の評価として、①等角加速度刺激（ $2^\circ/\text{sec}^2$ ）での視運動性眼振の適応の限界を評価した。円筒速度に比べて $3^\circ/\text{sec}$ までの追従の遅れは正常範囲とし⁴⁾、追従し得た最大の円筒速度とした。②視運動刺激（等角速度 $60^\circ/\text{sec}$ ）負荷時の重心動揺検査を行い、軌跡長（左右方向）、左右径、外周面積、単位面積軌跡長を検討した。

D群は視運動訓練を行わずに、1週毎に3週間、同様に検査した。評価時の視運動刺激負荷による重心動揺は前述の方法に準じて記録した。

3) 検討項目

C群とD群の成績を比較検討した。

結 果

A. 一般健康男子の視運動刺激負荷訓練による重心動揺

1) 訓練の獲得の評価

a) 視運動負荷重心動揺

図2に成績を示した。大円筒はいずれも右回転である。

①総軌跡長：5名中4名は訓練1週後より、1名は2週後より減少した。3名は訓練2週後と4週後の差は少なかったが、2名は訓練4週後でさらに減少した。

②左右径：5名中4名は訓練1週後より、1名

図2 一般健康男子の視運動訓練時の重心動揺

大円筒は右回転である。総軌跡長、左右径、外周面積とも訓練が進むにつれ減少し、単位面積軌跡長は増加する傾向を認めた。訓練休止2週後、総軌跡長、左右径、外周面積の訓練効果は維持されたが単位面積軌跡長は減少した。

は2週後より減少し、2週以後はほぼ一定した。

③外周面積：経過は一定していなかったが、訓練4週後で5名とも訓練前より減少を認めた。

④単位面積軌跡長：訓練4週後で5名とも訓練前より大きくなった。

b) 視運動負荷ひらめ筋活動

訓練前のひらめ筋筋電図は左右ともに筋放電の振幅は変動が大きく不規則であった。訓練2週後には左右ともに放電が持続的で安定しており訓練効果を認めた(図3)。

2) 訓練効果の維持の評価

a) 視運動負荷重心動揺(図2)

①総軌跡長：訓練休止2週後も全例で訓練効果は維持されていた。

②左右径：訓練休止2週後も3名で訓練効果は維持されていた。

③外周面積：訓練休止2週後も訓練効果はやや減じていたが維持されていた。

④単位面積軌跡長：訓練休止2週後には小さくなり訓練効果の維持は認められなかった。

b) 視運動負荷ひらめ筋活動(図3)

訓練休止2週後も左右ともに放電が持続的で安定しており訓練効果は維持されていた。

B. 高校野球選手の視運動刺激負荷による重心動揺

1) 一般健康男子の訓練前後の成績

成績を表1に示した。①軌跡長左右は、視運動刺激と同方向(右回転)で訓練前後に有意差($p < 0.05$)を認め、訓練と逆方向(左回転)でも訓練前後に有意差($p < 0.05$)を認めた。しかし逆方向では訓練効果は小さかった。②左右径は、訓練と同方向で訓練前後に有意差($p < 0.01$)を認め、訓練と逆方向でも訓練前後に有意差($p < 0.01$)を認めた。③外周面積は、訓練と同方向で訓練前後に有意差($p < 0.05$)を認め、訓練と逆方向でも訓練前後に有意差($p < 0.05$)を

認めた。④単位面積軌跡長は、訓練と同方向で訓練前後に有意差を認めず、訓練と逆方向でも訓練前後にて有意差を認めなかった。

2) 一般健康男子の訓練前後の成績と高校野球

図 3 一般健康男子の視運動訓練時のひらめ筋筋電図
訓練前は筋放電の振幅は左右とも変動が大きく不規則であったが、訓練 2 週後より安定した。訓練休止 2 週後も訓練効果は維持されている。

選手の成績との比較

高校野球選手の成績は、軌跡長左右は平均 69.32 cm で健康男子の訓練前と訓練後の成績(平均値)の中間あたりの数値であり、一般健康男子の訓練後の成績と有意差を認めなかった。左右径は平均 3.42 cm で一般健康男子の訓練後より良い成績であった。外周面積は平均 4.40 cm²で一般健康男子の訓練前と訓練後の平均値の中間あたりの数値で訓練後の成績と有意差を認めなかった。単位面積軌跡長は平均 17.59 (1/cm)と一般健康男子の訓練後の成績よりも大きい数値を示した(表 1)。

3) パワースペクトルによる検討

一般健康男子は訓練前に左右方向および前後方向で 0.8-1.0 Hz にピークを認めたが、訓練後このパワーは減少した。代表例として一般健康男子(24歳)の訓練前後の成績を図 4 に示した。高校野球選手では、訓練なしでも 0.8-1.0 Hz にピークは認めず一般健康男子の訓練後の結果と類似していた。

4) ポリグラフ記録による検討

一般健康男子(24歳)と高校野球選手(17歳)のポリグラフ記録を比較観察すると、高校野球選手では視運動刺激負荷訓練をしなくても、重心動揺左右、前後ともに動揺の振幅は小さく、ひらめ筋活動も持続的で安定しており、一般健康男子の訓練後と類似した結果が観察された(図 5)。

C. 座位での視運動刺激訓練による重心動揺

表 1 一般健康男子(A群)と高校野球選手(B群)との比較(視運動刺激負荷重心動揺)

対象	A群 (n=10)				B群 (n=6)
	右回転		左回転		右回転
視運動刺激	訓練前	訓練後	訓練前	訓練後	訓練なし
重心動揺					
軌跡長左右(cm)	94.73	58.09	125.24	87.56	69.32
左右径(cm)	5.07	3.51	7.37	5.63	3.42
外周面積(cm ²)	8.28	3.67	13.73	7.70	4.40
単位面積軌跡長(1/cm)	11.70	15.31	9.12	11.38	17.59

数値は平均値を示す。 * P<0.05
** p<0.01

図4 一般健康男子(24歳)の視運動訓練前後と高校野球選手(17歳)のパワースペクトル

健康男子の訓練前に認めた0.8-1.0 Hzのピークが訓練後には小さくなった。視運動訓練なしの高校野球選手のパワースペクトルは一般健康男子の訓練後の成績と類似している。

1) 視運動性眼振のOALの検討

成績を図6に示した。視運動刺激訓練により全例でOALは上昇した。訓練と同方向で、7名のOALの平均値は訓練前と比べて訓練2週後より上昇し、ノンパラメトリック検定にて1%の危険率にて有意差を認めた。

2) 重心動揺の検討

成績を図7に示した。

①軌跡長左右：視運動刺激のみの訓練1週後より7名中6名で減少し、2週後では全例訓練前より減少した。しかし、OALの上昇をよく認めた被験者(No 1, 6)で軌跡長左右において必ずしも高い訓練効果(減少)は認めなかった。

②左右径：訓練1週後より7名中5名で減少し、2週後では全例が訓練前より減少したが、3週後では1名が訓練前より増加した。しかし、前述の被験者(No 1, 6)で左右径においても必ずしも高い訓練効果は認めなかった。

③外周面積：7名中5名で訓練1週後より減少し、2週後では全例が、3週目では6名が訓練前より減少した。被験者(No 1, 6)では外周面積においても高い訓練効果を認めたが全体としてOALの変化と相関しているとは言い難かった。

④単位面積軌跡長：訓練によるばらつきが大きく一定した傾向を認めなかった。全体としてOALの変化と相関しているとは言い難かった。

3) 座位にて視運動刺激訓練を行った群としない群との比較

訓練を行ったC群では訓練前と訓練2週後を比較すると、軌跡長左右、左右径、外周面積はノンパラメトリック検定により有意差($p < 0.05$)を認めたが、訓練を行っていないD群は変化を認めなかった(図8)。

考 察

空間内での姿勢は、視覚、迷路、自己受容器からの情報と中枢神経系の関与により維持されている。この平衡系に刺激が加わると平衡破綻をきたすが、平衡訓練により各受容器に強い刺激が加わっても平衡破綻を起こしにくくなる^{5)~11)}。スポーツに現われる様々な動きは反射、予測、精神状態などいくつもの要素が複雑に関与しており、そのため運動能力を総合的に評価するのは困難であると考えられる。

今回、我々は日本平衡神経科学会で「スポーツ医学と適正検査」のワークショップ(平成5年~7年)が催されるに当たり優れたスポーツマンを

図5 一般健康男子と高校野球選手のポリグラフ記録

高校野球選手では視運動刺激訓練をしなくても重心動揺左右、前後とも動揺の振幅は小さく、ひらめ筋活動も持続的で安定している。一般健康男子の訓練後の記録と類似している。

見いだす評価ができないかと考え、一つの方法として視運動刺激を外乱として負荷した時の重心動揺検査を用いて運動能力の一面をとらえられないかを検討した。Fischer, et al¹⁰⁾は視運動刺激を与える時に、目と刺激線條の間に固視点を設けると固視点のない場合に比べはるかに強いめまい感を生じると報告した。柳原¹¹⁾、福田⁸⁾、戸村³⁾は、視運動負荷することにより足踏検査で偏倚が増大することを報告している。三好¹²⁾は重心動揺においても固視点の設置は視運動刺激の影響を増大させると報告している。今回我々も固視点を設置して、より強い視運動刺激を負荷するようにし一般健康男子に訓練を行った。また、視運動刺激も $60^{\circ}/\text{sec}$ と比較的速い等角速度刺激を用いた。正常人では視運動刺激を的確に追従する速度は $40^{\circ} \sim 60^{\circ}/\text{sec}$ であるといわれている^{13)~15)}。視運動性眼振の緩徐相速度が線條速度よりも遅れるようになるとめまいが生じるという報告¹²⁾¹⁶⁾もあり、より強い刺激が加えられると考えた。

まず、スポーツマンでない一般健康男子にこの方法にて訓練を行い、訓練効果を検討した。視運動負荷訓練により重心動揺の総軌跡長、左右径、外周面積、単位面積軌跡長とも訓練2週後より訓練効果を認めた。そして訓練を2週間休止しても総軌跡長、左右径、外周面積は訓練効果の維持を認めた。単位面積軌跡長は姿勢制御の微細さを示

図6 OALの訓練効果

視運動訓練により全例でOALは上昇している。平均値は訓練2週後より1%の危険率で有意差を認めた。

図7 坐位による視運動訓練が視運動負荷時重心動揺検査に与える影響

軌跡長左右, 左右径, 外周面積で訓練効果を認めた。単位面積軌跡長は一定の傾向を認めなかった。

図8 坐位による視運動訓練群と非訓練群との比較

訓練群では軌跡長左右, 左右径, 外周面積で訓練2週目より有意差を認めた。非訓練群では変化を認めなかった。

し、脊髄固有反射性姿勢制御を示すパラメーターといわれており、平衡訓練のパラメーターとしても有用であるとされる¹⁷⁾が、訓練休止2週後には、訓練効果は維持されておらず、平衡訓練の敏感なパラメーターと考えた。また、大円筒の右回

転のみの訓練でも、左回転においても軌跡長左右, 左右径, 外周面積は有意な減少を認めた。これは右回転訓練の左回転への訓練効果の移し変えが起こったと考えられる。山田ら¹⁸⁾は、単脚直立の訓練をすることで平衡台上の平衡維持能力の

向上がもたらされるという訓練獲得の移し変えを報告しており、本検査においても、訓練方向は逆方向であるが、視運動刺激負荷による姿勢制御の訓練という面で類似性があることによると考えられた。ひらめ筋筋電図による検討でも、訓練2週後より筋放電が安定した訓練効果を認め、外乱に対する姿勢維持能力の向上によるものと解釈した。

これらの結果をふまえ、次に運動能力の高いと思われる高校野球選手に訓練なしでこの検査を行い、訓練効果を認めた一般健康男子の成績と比較検討した。この際、視運動刺激が水平方向であるので、特に重心動揺の左右方向の軌跡長を用いて評価することにした。高校野球選手の軌跡長左右の平均値は、一般健康男子の訓練前後の中間あたりの数値であった。また、視運動刺激負荷は水平方向に加えており、重心動揺左右径に影響を及ぼすと考えられるが、高校野球選手の左右径の平均値は一般健康男子の訓練後の平均値よりも小さい値であった。すなわち、高校野球選手では軌跡長左右に比べ左右径がより小さく、身体の安定化のために微細な制御が行われていると考えられる。また、単位面積軌跡長は一般健康男子の訓練前、訓練後の値より大きな値であり、高校野球選手の姿勢制御の能力の良さを表わしていると考えられた。優れたスポーツ選手は適切に身体を揺らす能力を身につけており望ましい位置にバランスをとっているという報告¹⁹⁾がある。スポーツにおいては静的状態はありえず身体の揺れは絶えずあり、この揺れの中によくコントロールされた状態があると考えられている。すなわち高校野球の特にレギュラー選手は微細な揺れの中に、一般健康男子に比べ高度な姿勢制御がされていると考えられた。重心動揺のパワースペクトルを検討すると、一般健康男子の訓練前では0.8-1.0 Hzにピークを認め視運動刺激負荷でこの周波数のパワーが増大していることが観察できる。訓練後にはこのパワーは消失しており訓練効果と考えられた。高校野球選手では特定のピークは認めず一般健康男子の訓練後のパワースペクトルと類似していた。ポリグラフ記録においても、一般健康男子の訓練後の成績は左右動揺の振幅が著明に減少し、訓練により平衡失調が起り難くなったと考えられる。高校野球選手も左右動揺の振幅は小さ

く安定していた。ひらめ筋筋電図では高校野球選手の筋活動は視運動刺激負荷訓練を行っていないにもかかわらず、両側ひらめ筋ともに放電が持続的で安定した結果を示しており、普段の練習が自己受容性姿勢制御系の訓練や視運動刺激負荷訓練となっていると思われる。スポーツ選手の中で特に球技選手のOALが高いことは知られている²⁾。戸村³⁾は大円筒内にオトゴニオメーターという固視点を設けた足踏検査においてOAL以下の視運動刺激に対して刺激が大きくなるに従い偏位が大きくなると報告している。今回は座位による視運動訓練でOALが上昇しているにもかかわらず、重心動揺は訓練前より安定していた。訓練で起こる各平衡器官の機能の連係についての報告²⁰⁾を考えると、視器の訓練により各平衡器官の間で訓練効果の影響を認めたといえるかもしれない。しかし今回の検討では、OALの上昇と視運動負荷重心動揺検査の結果の相関は明らかではなかった。OALが高く、単位面積軌跡長が大きい高校野球選手で重心動揺が安定していることを考え併せると、視運動刺激の反復、自己受容器の訓練および前庭への刺激(毎日の訓練)は各平衡器官が相互に連係しつつ平衡と運動能力を高め、外乱に対しても不安定な身体動揺の発現を起りにくくしていると考えられた。

以上、高校野球選手は視運動刺激という外乱に対する姿勢制御という点で優れた能力をもっていることが観察できた。

視運動刺激負荷重心動揺検査で左右径、単位面積軌跡長を指標に運動能力の評価を行える可能性があると考えられた。今後、運動能力レベル別の検討、何か一つのスポーツを始める時から経時的に本検査を行い、スポーツの資質の将来性をみる事ができないか検討することが課題である。

まとめ

優れたスポーツマンを見いだすために、視運動刺激負荷重心動揺検査を用いて検討した。

1. 一般健康男子では、視運動刺激負荷訓練2週後より重心動揺の総軌跡長、外周面積、左右径、単位面積軌跡長ともに訓練効果を認めた。訓練休止2週後も訓練効果の維持を認めた。パワースペクトルは、訓練前の0.8-1.0 Hzに認めたピークが訓練により減少した。ポリグラフ記録では重心動揺左右、前後とも訓練により動揺の振幅

は減少した。ひらめ筋活動も訓練により不規則な放電は減少し安定した。

2. 高校野球レギュラー選手は視運動刺激負荷訓練なしでも、左右径、単位面積軌跡長、パワースペクトル、ひらめ筋活動とも訓練した一般健康男子と同じ様な成績を示した。

3. 座位での視運動訓練により視運動性眼振の適応の限界の上昇を認め、同時に視運動刺激という外乱に対して重心動揺は安定した。

4. 本検査における重心動揺の左右径、単位面積軌跡長は運動能力の評価に有用であると考えられた。

本論文の要旨は、第96回日本耳鼻咽喉科学会総会、第53回、第54回日本平衡神経科学会総会、第2回、第3回スポーツ医学と適性検査のワークショップにおいて口演した。なお、本研究は文部省科学研究費(C)の補助金(番号:07671848)により行われた。

文 献

- 1) Hoshino T: Vestibulare Reflex bewegungen des Auges beim Kaninchen. Acta Otolaryngol (Stockh) 4: 328-338, 1921
- 2) 時田 喬: 電気眼振図の分析. 臨床 ME・新しい診療 8: 13-18, 1984
- 3) 戸村義則: 視運動脊髄反射の検討. 耳鼻臨床 77: 196-218, 1984
- 4) 菱田 登: 小脳障害例の視運動眼振. 耳鼻臨床 47: 910-926, 1954
- 5) 星野貞次, 福田 精, 岡田三郎, 他: 特殊なる回転訓練を施せる学童の回転性後眼振について. 耳鼻臨床 47: 769-775, 1954
- 6) 岡田三郎: 回転後眼振低減の観察. 耳鼻臨床 47: 776-797, 1954
- 7) 前田正明: 乳児の平衡機能とその訓練. 耳鼻臨床 7: 798-803, 1954
- 8) 福田 精: 訓練の生理. 運動と平衡の反射生理. 85-113頁, 医学書院, 東京, 1957
- 9) 時田 喬: 視運動眼振と迷路眼振. 眼振の生理と検査. 20-26頁, 金原出版, 東京, 1973
- 10) Fischer MH, Veits C: Über optokinetische ausgelöste Körperreflexe beim Menschen. Pflugers Arch Gesamte Physiol Menschen Tiere 219: 579-587, 1927
- 11) 柳原亮一: 視性運動失調並びに視性眩暈の研究. 耳鼻臨床 45: 47-55, 1952
- 12) 三好豊二: 体平衡と各種視運動性刺激の関係. 耳鼻臨床 76: 538-547, 1983
- 13) Miyoshi T, Pfaltz CR: Studies on the correlation between optokinetic stimulus and induced nystagmus. ORL 35: 350-362, 1973
- 14) 時田 喬, 宮田英雄, 藤垣 熙, 他: 視機性眼振異常とその解釈. 耳鼻臨床 62: 923-953, 1969
- 15) 玉田 彰, 樋渡章二, 三好豊二: 視標追跡運動における速度, 振幅, 周波数の及ぼす影響力について. Equilibrium Res 40: 38-44, 1981
- 16) Witkin HA, Wapner S: Visual factor in the maintainance of upright posture. Am J Psychol 63: 31-39, 1950
- 17) 大川 剛, 時田 喬, 柴田康成, 他: 重心動揺検査—単位面積軌跡長の意義—健常者における検討. Equilibrium Res 54: 296-306, 1995
- 18) 山田剛寛, 大野通敏, 白戸弘道, 他: 熟練の平衡生理学的研究—平衡台における直立姿勢維持において—. Equilibrium Res 52: 225-236, 1993
- 19) Bohmer D, Herwig H: スポーツにおけるバランスの重要性. 臨床スポーツ医学. 1-9頁, 文光堂, 東京, 1991
- 20) 檜 學: 訓練で起こる各平衡器官の機能の連係. めまいの科学. 65-68頁, 朝倉書店, 東京, 1992

(原稿到着: 平成9年2月14日
別刷請求先: 加藤雅也
〒500 岐阜市司町40
岐阜大学医学部耳鼻咽喉科学教室)