身体上下移動運動における固視機能の研究

—正常者および迷路障害者の観察—

東京女子医科大学耳鼻咽喉科学教室（主任：石井哲夫教授）

鈞 卷 周 子

STUDY OF GAZE FUNCTION DURING VERTICAL BODY OSCILLATION
—ANALYSIS IN NORMAL ADULTS AND LABYRINTHINE LESIONS—

CHIKAKO TURIMAKI, M. D.

Department of Otolaryngology, Tokyo Women's Medical College, Tokyo

Gaze functions during walking and running were investigated by using a vertically oscillating platform with a wide range of amplitude (1-10cm) and frequency (0-5Hz). Head movements and eye movements in the dark and with the subject visually fixating on a target on the wall were analysed in 10 normal adult and 4 patients with bilateral loss of labyrinthine function.

The normal subjects showed no apparent head movement under oscillations at 1Hz. Oscillations at 2 and 3Hz provoked pitching motions of the head accompanied by vertical eye movements of the similar amplitude. A marked blur of vision was perceived when the amplitude exceeded 7 and 3cm at 2 and 3Hz, respectively. The patients with labyrinthine lesions presented similar findings regarding perception as well as eye and head movements, excepting a larger variation.

The pitching motion of the head and vertical eye movement upon the oscillation of 1cm at 2Hz were smaller than those observed during stepping, however, the relationship between the oscillation at 3Hz and running was reversed. The difference between the active and passive motions may result from a lack of stepping during passive motions, being unfavorable to absorb the impact under strong stimulations.

The present study suggested that vertical body oscillations with large amplitudes and high frequencies could physically produce vertical eye movements, and that oscillopsia may be related to irregular linear head movements induced by stepping in addition to VOR insufficiency.

Key words: 起立台上下移動装置, 固視機能, 動揺視
垂直眼球運動, 迷路機能障害

A91—0398—25092

I. はじめに

正常者では頭部運動中固視が保たれる。本機能には、前庭眼反射(VOR)、視運動反射、滑動性追従運動、頸反射が関係するが¹⁾、特に VOR が重要である。両側迷路機能低下により頭部回転中や歩行・駆け足の際に動揺視(jumbling 現象)がおこる。

歩行・駆け足中の固視機能について観察した研究は少ないが、時田²⁾は歩行・駆け足中の頭部・眼球運動をテレメータで同時記録し、正常者と両側迷路機能障害例の固視機能を検討している。その結果、jumbling 現象の発現には直線加速刺激に対する耳石眼反射の破綻が関与する可能性を指摘している。

我々は能動的な足踏み・その場駆け足に伴う頭部・眼球運動を観察し報告してきた³⁾⁴⁾。起立位 locomotion に伴う頭部の前後回転運動は極めて小さく（足踏みで平均0.3度、その場駆け足でも平均4.3度）、身体の上下移動に伴う受動的な運動であることから定量的な分析には限界がある。そこで、歩行・駆け足を身体の上下移動運動として再現する目的で起立台上下移動装置を作製し、その概要を既に報告した⁵⁾。今回は起立台上下移動装置を用いて正常者と両側迷路機能消失例の頭部・眼球運動を観察し、locomotion 中の固視のメカニズム、jumbling 現象の発現機序について考察した。

II. 方 法

起立台上下移動装置

本装置は、3相200ボルト、2馬力の比較的小きな電動モーターを用い、無段変速機、減速ギア、テコおよび滑車によるバランスを併用することにより安定した振子様上下移動運動が得られる。振幅の変化は、ベルトを介して回転する円盤上に溝を設け、回転運動を起立台に直結するテコの上下運動に変えるロッドの位置を変えることにより行った。振幅の上限は10cmで、1-10cmの間の任意の大きさの移動刺激を与えることができる。頻度の調節は無段変速機で行い、各移動振幅において0-5Hzの間の任意の頻度を得ることができる。正常者の能動的な足踏み・その場駆け足の観察から、足踏みは1.0Hz、駆け足は1.5Hzで最も自然に行われる³⁾。受動的な上下移動では左右の足の踏み替えがないので、それぞれ2.0Hz、3.0Hzに相当する。頭部運動および眼球運動の記録

上下移動運動中の頭部の上下、前後への直線移動運動は、被検者の頭部側面に一辺10cmの十字形の蛍光指標を貼付し、望遠カメラで1秒間10回発光のストロボ撮影により測定した。頭部の前後回転運動はジャイロセンサで記録した。受動的上下移動運動中センサを固定するヘッドギアと頭部の運動の間にずれが生じな

いよう、頑丈なベルトで前頭部、頭頂部、後頭部を立体的に固定するセンサ固定用のヘッドギアを作製し、使用した。

垂直眼球運動は、眼窩上下誘導のDC-EOGにより開眼下に記録した。artifactの混入を出来る限り避けるため、電極のコードを顔面の数カ所で固定し、身体、検査装置に触れないよう注意を払った。

検査方法

被検者にDC電極を貼付し、ジャイロセンサを装着した後、暗所で約15分間眼前の赤色ランプ（直径5mmの赤色発光ダイオード）を見させた。暗順応した後、眼前1.5mの半円上に並んだ赤色視標により上下各10度の眼球運動を校正した。ジャイロセンサの増幅度は20度の回転が8mmになるように調節した。検査中、被検者は両手で軽く支持台を握り、起立台に両足を揃えて立ち、頭部は最も自然な水平位に保ち、頸部を緊張させずに自然の動きに任すようにした。

移動頻度1.0、2.0Hzでは移動振幅を1cmから1cm間隔で10cmまで変化させて検査を行った。3.0Hzでは4cmですでに起立台上で跳ねる現象が見られたため検査は5cmまでとした。検査は眼前1.5mの壁上の一点固視および暗所で行った。頭部・眼球運動は毎秒1cmの紙送りでペン書きオシログラフに記録した。同一振幅、同一頻度の条件で少なくとも10-20秒間記録観察し、最も安定した記録波形から頭部の前後回転振幅、垂直眼球運動振幅を手動的に計測し、4カ所の平均値を求めた。頭部の直線移動距離はストロボ撮影のプリントから上下、前後の移動距離を計測し、2回の平均値を求めた。

対象

検査対象は、神経耳科的に異常を認めない健康成人10名（男5名、女5名、平均年齢25歳）および氷水による温度刺激反応が無反応で、回転中固視機能検査を施行している両側迷路機能消失例4名である（表1）。迷路機能消失例中の1例は79歳の高齢者であったた

表1 両側迷路機能消失例4例の内訳

症例	年齢・性	病名	発症後の年数	Jumblingの有無	Caloric test	回転検査のVOR gain (0.85 Hz) 複上の一点固視 暗所	
H.T.	39 男	ストレプトマイシン使用例	7年	有	両側 complete CP	0.78	0.41
H.I.	79 男	ストレプトマイシン使用例	6年	有	両側 complete CP	0.57	0.26
S.K.	56 男	ストレプトマイシン使用例	4年	有	両側 complete CP	1.03	0.34
M.M.	42 女	原因不明の内耳障害	20年	無	両側 complete CP	0.79	0.55

図1 正常者10名(平均±ISD)および迷路機能消失例3例の頭部直線移動距離。上段は上下直線移動距離, 下段は前後直線移動距離。●は迷路機能消失例3例それぞれの平均値。

図2 両側迷路機能消失例における頭部直線運動のストロボ撮影記録(毎秒10コマ, 露光時間1秒)。

め、頭部のストロボ撮影、暗所における眼球運動の観察の一部を省略せざるをえなかった。

III. 結 果

1 頭部の直線運動

1) 正常者

ストロボ撮影の蛍光指標の軌跡から、起立台の各移動頻度、振幅における頭部の上下、前後への直線移動距離の平均値、SD を求めた(図1)。頭部の上下直線移動距離は、起立台移動頻度 1Hz では起立台移動振幅にほぼ一致し、個体間の変動も小さかった。2Hz においては起立台移動振幅 6cm までは両者の値は良く一

図3 固視した場合の正常者(a)および両迷路機能消失例(b)の垂直眼球運動および頭部の前後回転運動の記録。起立台の上下運動(P)、垂直眼球運動(E)、頭部の前後回転運動(H)。スケールの1目盛りは1秒。

致していたが、7cm 以上では頭部移動距離の平均値が起立台移動振幅を上回り、個体間の変動も大きくなった。3Hz では 3cm ですでに頭部移動距離が起立台移動振幅を上回り、個体間の変動も大きな値を示した。頭部移動距離の平均値が起立台移動振幅を上回った 2Hz—7cm, 3Hz—3cm 以上では移動振幅の増大とともに被検者が起立台上で跳ねる現象が観察され、視標のブレを訴える者が多くなった。

頭部の前後直線移動距離は、起立台上下移動振幅の増加に比例して増大したが、移動頻度 1Hz では振幅 10cm においても平均 1.6cm にすぎなかった。移動頻度の増加に伴い前後移動距離の増大の割合も大きくなったが、2Hz—10cm, 3Hz—5cm においても移動距離の平均はそれぞれ 2.7cm, 3.1cm であった。ストロボ撮影の軌跡は移動振幅、移動頻度の増大に従い回転運動の起こることを示していた。

表 2 正常者の起立台上下移動に伴う頭部の前後回転振幅

(N=10, 度, 平均±SD)

移動 振幅	1 Hz		2 Hz		3 Hz	
	指標 (+)	暗 所	指標 (+)	暗 所	指標 (+)	暗 所
1cm	0	0	0	0.1±0.2	0.3±0.4	0.2±0.3
2cm	0	0	0.6±0.6	0.6±0.5	1.5±0.8	1.5±0.9
3cm	0.1±0.3	0.1±0.2	0.9±0.8	0.9±0.8	2.7±1.7	2.7±1.5
4cm	0.4±0.4	0.2±0.3	1.5±0.9	1.4±0.8	5.5±2.2	5.6±1.4
5cm	0.4±0.4	0.2±0.3	1.8±0.4	1.6±0.7	8.2±3.0	7.0±2.7
6cm	0.8±0.7	0.5±0.3	2.5±0.6	2.4±0.9		
7cm	0.8±0.5	0.7±0.3	3.0±1.2	3.0±1.3		
8cm	1.1±0.4	0.9±0.5	4.2±1.9	4.8±2.5		
9cm	1.1±0.7	0.9±0.5	4.7±1.5	4.9±2.0		
10cm	1.0±0.5	0.9±0.3	6.4±2.3	6.8±2.5

図 4 視標を固視した場合の正常者10名の垂線眼球運動振幅(●)と頭部の前後回転振幅(△) (平均±1SD)。

2) 両側迷路機能消失例

ストロボ撮影が可能であった 3 例について計測した(図 1, 2)。頭部の上下移動距離は、正常者よりも大きな値を示す場合があったが、全体的には正常者と同様の傾向を示し、起立台移動振幅の増加と共に増大した。移動頻度 2, 3Hz における起立台上での跳上り現象、視標のブレの程度にも正常者と明らかな差を認めなかった。頭部の前後移動距離についても正常者と同様の傾向を示した。

2 頭部の前後回転運動

1) 正常者

頭部回転記録(図 3 a) から起立台の各移動振幅、移動距離における頭部の前後回転振幅の平均値, SD を求めた(表 2, 図 4, 5)。眼前 1.5m の視標を固視した場合と暗所の間で計測値に有意の差を認めなかった。頭部の前後回転振幅は、起立台移動頻度 1Hz では移動振幅の増加に伴い直線的に増大したが、10cm においても平均値は 1.0 度にすぎなかった。2Hz では移動振幅 7cm までほぼ直線的に増大したが、8cm 以上では直線から外れる大きな値を示し、個体間の変動も増大した。3Hz においても移動振幅 3cm まで頭部回転振幅は直線的に増大したが、4cm, 5cm では大きな値を示した。すなわち、起立台上で被検者が跳ねる移動頻度、振幅の条件においては、頭部の前後回転振幅は非直線的に増大した。各移動頻度における頭部回転振幅の増大の仕方を比較すると、直線的な増大を示す部分では、頻度の増加により等比級数的に増大することが分か

図5 暗所における正常者10名の垂直眼球運動振幅(●)と頭部の前後回転振幅(△) (平均±ISD).

図6 視標を固視した場合の正常者10名と迷路機能消失例4名の頭部の前後回転振幅の比較。障害例は4名それぞれの平均±ISDを示す。

る。
2) 両側迷路機能消失例
眼前1.5mの視標を固視した際の結果を分析した

(図3 b, 6)。起立台移動頻度1Hzでは頭部回転振幅は小さく、正常者と同様に移動振幅の増加に伴わず
かずつ増大した。2Hzでは移動振幅5cm以上、3Hzで

は3cm以上で正常者よりも大きな回転振幅を示す例が見られた。しかし規則性はなく、全体としては正常者と同様に1Hzでは10cm, 2Hzでは7cm, 3Hzでは3cmまでほぼ直線的に増大し、移動頻度の変化により等比級数的に増大した。

3 眼球運動振幅

1) 正常者

眼球運動の記録(図3a)から垂直眼球運動振幅の平均値, SDを求めた(表3, 図4, 5)。眼球運動振幅は視標がある場合と暗所では異なった傾向を示し

表3 正常者の起立台上下移動に伴う垂直眼球運動振幅

(N=10, 度, 平均±SD)

移動 距離	1 Hz		2 Hz		3 Hz	
	指標(+)	暗所	指標(+)	暗所	指標(+)	暗所
1cm	0.4±0.3	0.4±0.5	0.9±0.5	1.0±0.5	1.5±0.7	1.2±0.7
2cm	1.1±0.7	0.5±0.5	1.8±0.9	1.4±0.9	3.1±1.4	2.5±1.5
3cm	1.8±0.4	0.9±0.6	2.5±1.3	2.0±1.0	4.1±1.8	3.4±2.0
4cm	2.3±0.7	1.4±0.7	3.1±1.5	2.5±1.3	5.6±1.5	6.0±1.8
5cm	2.7±0.7	1.9±0.9	2.7±1.0	2.8±0.9	8.3±2.6	8.0±1.3
6cm	3.0±1.0	1.4±0.5	2.7±1.5	2.6±1.6		
7cm	3.1±1.1	1.9±1.1	3.5±1.5	3.1±1.9		
8cm	3.5±1.1	2.4±1.0	4.3±2.7	4.2±2.2		
9cm	3.8±1.3	2.1±1.1	4.6±2.2	4.7±2.6		
10cm	4.1±1.4	2.3±1.0	6.6±3.4	6.8±3.1		

た。起立台移動振幅の増加と共に眼球運動振幅は増大したが、起立台移動頻度1Hzでは固視した場合の眼球運動振幅の平均値は暗所の約2倍であった。2Hzでは起立台移動振幅4cm以下、3Hzでは3cm以下で、固視した場合の眼球運動振幅が暗所のそれを上回った。2Hzの5cm以上、3Hzの4cm、5cmにおいては固視した場合と暗所の眼球運動振幅の平均値はほぼ一致した。

眼球運動振幅と頭部回転振幅を比較すると、起立台移動頻度1Hzにおいては常に前者が後者を上回った。固視した場合、起立台移動頻度2Hzでは移動振幅8cm以上、3Hzでは3cm以上で眼球運動振幅と頭部回転振幅はほぼ同値を示した。

2) 両側迷路機能消失例

固視した場合と暗所における眼球運動振幅を計測した(図3b, 7, 8)。

起立台移動頻度1Hzでは正常者と同様の結果を示し、いずれの移動振幅においても固視した場合の値が暗所の値を上回り、個体間の変動も小さかった。2Hzにおいては固視した場合の眼球運動振幅は正常者と同様の傾向を示すのに対し、暗所では個体間の変動が大

図7 視標を固視した場合の正常者10名と迷路機能消失例4名の垂直眼球運動振幅の比較。障害例は4名それぞれの平均±ISDを示す。

図8 暗所における正常者10名と迷路機能消失例4名の垂直眼球運動振幅の比較。障害例は4名それぞれの平均±ISDを示す。

図9 同一の移動頻度・振幅における頭部の前後回転振幅と垂直眼球運動振幅の関係を示すスキャターグラフ。

きかった。移動振幅 7cm 以上においては正常者よりも大きな値を示す例が見られたが、規則性を見いだせなかった。3Hz においては固視した場合、暗所ともに個体間の変動が大きかった。

図 9 に固視した場合の各移動頻度毎に正常者および迷路機能消失例の眼球運動振幅と頭部回転振幅の対応を示した。いずれの移動頻度においても正常者の群から外れる少数の例が見られたが、大部分は正常者と同様の傾向であった。

IV. 考 按

1. 研究方法について

従来、直線加速刺激が眼球運動に及ぼす影響（耳石眼反射）を調べるため、仰臥位で左右、頭足方向への直線移動刺激、座位で前後、斜め、上下方向への直線加速刺激などが行われてきた^{6)~13)}。しかし、これらの刺激は最も日常的な直線移動運動である歩行・駆け足中の刺激条件とは大きく異なる。足踏み中の頭部運動についての報告は多いが^{14)~17)}、jumbling 現象との関連で歩行・駆け足中の頭部、眼球運動を同時に観察した研究は少ない。これは垂直眼球運動記録の精度不良に加え¹⁸⁾¹⁹⁾、locomotion に伴う頭部運動の三次元的記録の困難性による。

能動的な歩行・駆け足の場合、移動頻度、移動距離を任意に変えることはできない。歩行・駆け足中に身体上下移動が頭部・眼球運動に及ぼす影響を知るためには、能動運動の観察では不十分であり、専用の検査装置が必要である。今回は歩行・駆け足を上下移動運動の特定の頻度・移動距離の組み合わせとして単純化し、起立位身体上下移動運動が頭部運動、眼球運動に及ぼす影響を調べた。このアプローチは、同時に歩行・駆け足の移動頻度・振幅の必然性、特殊性を明らかにするのにも役立つはずである。

大久保らは自然歩行は 0.8—0.9Hz のリズムで行われると述べている¹⁷⁾。メトロノームを用いた正常者の観察では、足踏みは 1.0Hz、その場駆け足は 1.5Hz で最も自然に行われ、その際の上下直線移動距離は、それぞれ平均 0.8cm, 5.5cm であった³⁾。起立台による移動刺激では左右の足の踏み替えがないこと、3Hz では台上で跳ねる現象がおこることにより、歩行、駆け足はそれぞれ 2Hz—1cm, 3Hz—4cm の移動刺激に近い。

2. 正常者における頭部運動と固視

起立台移動頻度 1Hz では頭部の前後回転運動はほとんどおこらず、眼球運動振幅が常に頭部回転振幅を

上回った。この時被検者は視標のブレを自覚しなかった。頭部を固定し眼前 1.5m の視標を固視しながら 10cm の上下移動を行った場合の眼球運動振幅の理論値は 3.8 度であり、移動振幅 10cm における眼球運動振幅の平均値 4.1 度に近似していた。これより、1Hz では VOR はほとんどおこらず、smooth pursuit により固視が維持されると言える。

移動頻度 2Hz, 3Hz では移動振幅がそれぞれ 8cm, 4cm 以上で被検者が起立台上で跳ねた。それまで直線的に増大した頭部回転振幅は急速に大きな値を示し、眼球運動振幅とほぼ同値になり、被検者は視標のブレを訴えた。眼球運動振幅は移動頻度 2Hz, 3Hz でそれぞれ移動振幅 5cm, 4cm から暗所と視標を固視した場合でほぼ同値を示した。これらの結果より、移動頻度 2Hz の 5cm 以上、3Hz の 4cm 以上の上下移動で見られる眼球運動は、頭部の前後回転運動の結果生ずると言える。移動頻度 2Hz の場合、視標のブレを訴える 8cm まで、すなわち頭部の前後回転振幅が 4 度程度までは、smooth pursuit と垂直性 VOR により固視が保たれると言える。

3. 迷路機能障害例における頭部運動と固視

両側の迷路性入力への減少あるいは欠如は姿勢維持機能（立ち直り反射）の低下をもたらす²⁰⁾。起立台上下移動刺激では頭部の前後の直線運動、回転運動の増加が予想された。しかし、前後直線移動距離は正常者との間に差を認めなかった。頭部の前後回転振幅は、移動頻度、移動振幅の増加に伴い正常者より大きな値を示した例があったが、症例が少ないため一定の傾向を指摘することはできなかった。頭部の前後回転運動は迷路性入力による空間的頭位の制御よりも頭部に衝撃的に作用する直線加速度の大きさにより大きく影響されると言える。さらに両側迷路機能消失による perception の低下および骨格筋への前庭性制御の減少の結果生ずるはずの頭部前後回転運動の増大が、陳旧例のために代償された可能性も否定できない。

眼球運動振幅は両側迷路機能障害例で VOR 機能の低下により減少することが予想されたが、計測値はむしろ正常者と同様もしくは増大する個体も見られた。この結果に対しては記録方法および計測指標（VOR ゲインではなく、振幅比）をめぐる問題の他に、水平面と垂直面における VOR の相違、回転頻度の高低による VOR 特性の差、および衝撃運動に伴う非 VOR 性眼球運動を考慮しなければならない。

頭部の水平運動は比較的大振幅の中頻度域を主体と

した能動回転であるが、前後回転運動は上下移動に伴って起こる受動運動でしかも小振幅、高頻度の往復運動である。正常者の大振幅の能動的な水平回転では2Hz以上の高頻度域回転で眼球・頭部の振幅比は1.0より著しく大きくなることが観察されている²¹⁾。しかし、両側迷路機能障害例ではむしろ振幅比は高頻度で低下する。

今回の両側迷路機能障害例は、振子様回転検査の0.85Hzで著しいVORゲインの低下、固視の異常を示している。これより、上下移動で見られる大きな眼球運動は、高頻度におけるVOR特性の変化によるものではなく、水平、垂直の頭部運動の差に原因すると思われる。すなわち、高頻度、大振幅の上下移動による頭部への衝撃は、物理的に非VOR性眼球運動を来す可能性がある。この仮定により、たとえ眼運動振幅が頭部運動に近似していても空間的固視には無力なことが、両側迷路機能障害例における正常者と同様にみられる大きな眼球運動の説明が可能である。

4. 能動運動との比較

星川らは能動的な足踏み、その場駆け足の観察から次のように述べている³¹⁴⁾。足踏みでは頭部の直線運動、回転運動が小さく頭位は空間的に安定しているのに対し、駆け足では上下直線運動の増大に伴い前後回転運動が著明に増大する。しかし、このために頭部に加わる直線刺激が緩和され、垂直性VORが惹起され固視に役立つ。一方、迷路機能障害例では足踏み、その場駆け足共に頭部の左右、前後への直線運動、水平回転運動が増大する。さらに、駆け足では頭部の上下直線運動が増大するにもかかわらず前後回転振幅の減少が見られる。これらの結果から迷路機能障害例では、頭部の左右、前後への平行移動が増大するが、水平性VORの低下に加え、頭部の直線運動からスムーズな前後回転運動への変換の障害がjumbling現象をおこす大きな要因と推測した。

今回の受動所見を星川の能動所見と比較すると、正常者の頭部運動振幅、眼球運動振幅は共に2Hz—1cmの値が足踏みの値よりも小さいが、3Hz—4cmの値はその場駆け足の値を上回った。迷路機能消失例においても同様の傾向であった。

両検査結果の差は、能動と受動の移動様式の違いにより説明される。受動刺激では二足歩行時の左右の足の踏み替えは再現できない。また、3Hz—4cmの起立台移動は駆け足の着地よりも大きな衝撃を与える。足踏みでは左右の足の踏み替えのため迷路機能消失例で

前庭脊髄反射の障害が優位に出、動揺が大きくなるが、起立位の受動的な2Hz—1cmの刺激ではこの現象はおこらない。3Hz—4cmの刺激においても支持台があるために直立は可能であり、前後、左右への頭部運動は増大せず、前後回転のみである。これらの理由により、日常jumbling現象を自覚する症例であったにもかかわらず視標のブレに正常者と明らかな差を見なかったものと思われる。

今回は頭部運動、眼球運動共に回転振幅を指標としたため、迷路機能消失によるVORの障害がどの程度眼球運動の障害として出ているかを正確に言うことはできない。水平回転で証明されている代償性眼球運動の不足による固視の障害が²²⁾²³⁾、jumbling現象の大きな要因であることに疑問の余地はない。これに加え、星川の能動所見、今回の受動所見からは、左右の足の踏み替えに伴う頭部の前後、左右への直線運動の増大と頭部の上下直線運動の前後回転運動への変換の障害がjumbling現象の発現に大きく関与しているものと思われる。

耳石系の垂直眼球運動への関与を示唆する所見は今回の実験からは得られなかった。予備的に行った起立台上の座位における低頻度上下移動刺激(0.33Hz, 0.67Hz, 移動振幅5-10cm)では、眼球運動は暗所では見られず、眼前1.5mの視標を固視した場合の垂直眼球運動振幅はsmooth pursuitによる固視の理論値に一致していた。耳石器から眼運動系への直接の入力は、従来の報告でも極めて限られている。しかし、半規管眼反射への耳石器入力の影響は、耳石器破壊によるoff-vertical-rotationの回転後眼振の持続の変化などで実験的に確認されている²⁴⁾。さらに、耳石器破壊やmicrogravity下では垂直性OKNの性状が変化する²⁵⁾²⁶⁾。これらの報告からは、耳石入力が重力方向への眼運動に抑制的に作用し、水平眼位を維持するよう働くことを示唆している。頭部の前後回転運動の際、半規管眼反射あるいは非VOR性眼球運動を耳石入力が抑制している可能性は十分あり得る。

V. ま と め

1. 歩行・駆け足中の固視機能を明らかにするため、任意の頻度、振幅の組み合わせで振子様上下移動刺激を与える起立台上下移動装置を作製した。足踏み、その場駆け足はそれぞれ2Hz-1cm, 3Hz-4cmの移動条件に相当する。正常者10名および両側迷路機能障害例4名について一点固視および暗所における頭部・眼球

運動を観察した。

2. 正常者の移動頻度 1Hz では頭部運動はおこらず、移動振幅 10cm においても smooth pursuit により固視が維持された。2Hz, 3Hz では頭部の前後回転運動がおこり、移動振幅がそれぞれ 7cm, 3cm までは smooth pursuit と垂直性 VOR により固視が保たれた。しかし、これ以上の移動振幅では視標のブレが経験された。

3. 迷路機能障害例の頭部直線運動(上下, 前後)は正常者の所見に近似し、視標のブレにも差が見られなかった。頭部回転振幅および眼球運動振幅は、高頻度・大振幅で正常者に比べ大きな値を示す場合があったが、大部分は正常者の所見に近似していた。また、眼球・頭部運動の振幅比の分布も正常者と同様であった。これより高頻度・大振幅の上下移動運動においては非 VOR 性の衝撃による物理的眼球運動が起こると思われる。

4. 正常者の頭部前後回転振幅と垂直眼球運動振幅は、2Hz-1cm の移動では能動的な足踏みより小さく、3Hz-4cm の移動ではその場駆け足より大きかった。迷路機能障害例においても正常者と同様であった。この結果は、受動刺激では足の踏み替えがないこと、3Hz-4cm の移動はその場駆け足よりも衝撃が大きいことにより説明される。

5. 以上の結果より、迷路機能障害者における歩行時の動揺視の発現には、半規管眼反射の代償不全の他に、足の踏み替えに伴う直線運動の増大が大きく関与していると考えられた。

参考文献

- 1) Gresty MA, Hess K and Leech J: Disorders of the vestibulo-ocular reflex producing oscillopsia and mechanisms compensating for loss of labyrinthine function. *Brain* 100: 693-716, 1977.
- 2) 時田 喬: 眼振の生理と検査。日耳鼻 75: 1309-1329, 1972.
- 3) 星川治子, 高橋正紘, 藤代武久 他: 足踏み, 駆け足における固視機能の分析の試み。日耳鼻 86: 881-885, 1983.
- 4) 星川治子: 歩行, 駆け足における固視機能の分析。日耳鼻 88: 678-686, 1985.
- 5) 高橋正紘, 緑川周子, 辻田直美 他: 歩行・駆け足中の固視機能の研究。日耳鼻 88: 267-272, 1985.
- 6) Graybiel A et al: Measurement of otolith function in man. *Handbook of sensory physiology*, Springer-Verlag, 1974, pp 233-266.
- 7) 二木 隆: 耳石機能検査法。耳鼻臨床 76: 1715-1723, 1983.
- 8) 佐々木寛: 耳石器官の基礎と臨床。日耳鼻 73: 139-147, 1975.
- 9) 徳増厚二: 耳石器の機能と病態。神経進歩 25: 380-392, 1981.
- 10) 笠井 健: 頭部回転運動時および直線運動時における補償性眼球運動。神経進歩 27: 886-893, 1983.
- 11) 藤野明人: 正弦波直線加速度刺激による代償性眼球運動の研究。日耳鼻 90: 335-347, 1987.
- 12) Malcolm R and Melvill Jones G: Erroneous perception of vertical motion by human seated in the upright position. *Acta Otolaryngol* 77: 274-283, 1974.
- 13) Tokita T, Miyata H, Masaki M et al: Dynamic characteristics of the otolithic oculomotor system. *Ann New York Acad Sci* 374: 56-68, 1981.
- 14) 福島英行, 檜 学: 足踏みの平衡生理。耳鼻臨床 76: 646-657, 1983.
- 15) 田口喜一郎, 平林千春, 菊川正人: 足踏み時頭部動揺の臨床的意義。耳鼻臨床 76: 2418-2425, 1983.
- 16) 松原秀春, 北原正章: 足踏みに見られる片足立ち時の頭部運動。耳鼻臨床 70: 277-281, 1977.
- 17) 大久保 仁, 渡辺 勲, 堤内邦彦 他: 足踏み検査に見られる身体重心動揺軌跡の分析の研究(II)。耳鼻臨床 75: 1105-1112, 1982.
- 18) 上村卓也, 星川治子, 新井寧子 他: 垂直方向における眼と頭の協同運動の分析の試み。耳鼻 28: 1-6, 1982.
- 19) Young LR and Sheena D: Survey of eye movement recording methods. *Behavior Research Methods & Instrumentation* 7(5): 397-429, 1975.
- 20) 福田 精: 運動と平衡の反射生理。医学書院, 1975.
- 21) 高橋正紘, 辻田直美, 秋山育世: 高頻度頭部運動における前庭眼反射と固視。Equilibrium Res 46, in press, 1987.
- 22) Atkin A and Bender MB: Ocular stabilization during oscillatory head movements. *Arch Neurol* 19: 559-566, 1968.
- 23) Takahashi M, Uemura T and Fujishiro T: Compensatory eye movement and gaze fixation during active head rotation in patients with labyrinthine disorders. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 90: 241-245, 1981.
- 24) Igarashi M, Takahashi M, Kubo T et al: Effect of off-vertical tilt and macular ablation on pos-

- trotatory nystagmus in the squirrel monkey. *Acta Otolaryngol* 90 : 93-99, 1980.
- 25) Igarashi M, Takahashi M, Kubo T et al : Effect of macular ablation on vertical optokinetic nystagmus in the squirrel monkey. *ORL* 40 : 312-318, 1978.
- 26) Clement G and Berthoz A : Optokinetic nystagmus and vestibulo-ocular reflex in microgravity. *Barany Society, Abstracts*, pp. 60, 1987.

稿を終えるに臨み、御校閲を賜りました石井哲夫教授

に深甚なる謝意を表します。更に本研究に際し、懇切なる御指導をいただきました高橋正紘助教授に心から感謝致します。また御協力いただきました教室員各位に深く感謝致します。

本論文の要旨は第43回、第44回日本平衡神経科学会および第88回日本耳鼻咽喉科学会総会において発表した。

(原稿受付 昭和62. 7. 20日急載)

別刷請求先 〒974 いわき市錦町落合1-1

呉羽総合病院耳鼻咽喉科 釣巻周子

<div data-bbox="131 1551 151 1744">A 91-0398-25092</div> <div data-bbox="131 1020 151 1083">日 耳 鼻</div> <div data-bbox="178 1164 232 1597"><p>身体上下移動運動における固視機能の研究 ——正常者および迷路障害者の観察—— 釣巻周子 (東女医大)</p></div> <div data-bbox="270 1020 360 1750"><p>歩行・駆け足中の固視機能と動揺視の発現機序を検討するため振り様上下移動装置を用い正常者10名と迷路機能消失例4名の一点固視と暗所における頭部・眼球運動を観察した。</p></div> <div data-bbox="366 1020 525 1750"><p>正常者、迷路機能消失例とも、歩行に相当する上下移動では頭部運動が起こらず固視は維持されたが、駆け足に相当する上下移動では頭部の前後回転運動が起こり視標のブレが経験された。頭部前後回転運動・垂直眼球運動は歩行相当の運動では能動運動より小さかったが駆け足相当の運動では大きくなった。</p></div> <div data-bbox="532 1020 622 1750"><p>高頻度大振幅の上下運動では非 VOR 性の物理的眼球運動が起こり、迷路機能消失例の動揺視には足の踏み替えによる身体の直線運動の増大が大きく関関すると思われた。</p></div>	<div data-bbox="131 774 151 967">A 91-0382-12020</div> <div data-bbox="131 245 151 309">日 耳 鼻</div> <div data-bbox="178 411 266 774"><p>大脳皮質から小脳歯状核への入力 杉内友理子・渡辺 勲 (東医歯大) 二見高弘 (同・第一生理学)</p></div> <div data-bbox="276 233 622 967"><p>ネンブタール麻酔下のネコを用いて、大脳皮質 (6野と4野) から小脳歯状核細胞への入力様式を解析するために、歯状核細胞から細胞内記録を行った。対側赤核から逆行性に伝わる細胞を歯状核の出力細胞とした。橋被蓋網様核または橋核、下オリーブ核を刺激し、それらから逆行性に伝わるか否かにより、歯状核細胞には少なくとも3種の投射パターンが存在することが明らかとなった。大脳皮質 (6野と4野) を刺激すると、歯状核細胞では多くの例でEPSP-IPSP-脱抑制という反応が生じたことから、興奮性入力が存在が明らかとなった。さらに歯状核への興奮性入力については6野からのものが4野からのものより強いことが明らかとなった。</p></div>
<div data-bbox="682 1551 702 1744">A 91-0409-24022</div> <div data-bbox="682 1020 702 1083">日 耳 鼻</div> <div data-bbox="729 1128 790 1636"><p>ヒト視運動性眼振の On-, Off-Response について 坂口文雄 (日医大)</p></div> <div data-bbox="801 1020 904 1750"><p>ヒト OKN の on-, off-response について、正常成人12名を用いて検討した。視運動刺激には Ohm 型視運動刺激装置を用い、ステップ刺激 (30秒持続) に行なった。</p></div> <div data-bbox="911 1020 1173 1750"><p>on-response は、サルや他の動物と異なり眼振第一打目からその緩徐相速度はほぼ最高値に達した。ヒトでは、on-response に関係する smooth pursuit system あるいは direct optokinetic pathway が発達しているためと思われた。steady state は、完全に steady ではなく少しずつ減衰した。off-response (OKAN) の減衰過程は2つの指数関数で最も良く近似され、脳幹におけるヒトの OKN, OKAN 発現機構に関して、2つの神経積分回路が想定された。</p></div>	<div data-bbox="682 774 702 967">A 91-0391-30581</div> <div data-bbox="682 245 702 309">日 耳 鼻</div> <div data-bbox="736 419 796 786"><p>嗅覚障害にともなう風味障害の研究 藤居 庄二郎 (昭和大)</p></div> <div data-bbox="807 237 985 967"><p>嗅覚脱出及び嗅覚減退者853症例で風味障害を訴えるか否かの要因について検討を行った。593症例を用いて数量化分析のための要因決定を行った。その結果、検知平均嗅力損失値、認知平均嗅力損失値、罹病期間、発症時の状態が風味障害を訴えるか否かの要因として関与することが判明した。</p></div> <div data-bbox="991 237 1173 967"><p>さらに一般的要因として年齢、性別の2要因を加え、6要因を数量化分析の要因として用いた。各要因内でのカテゴリーについては年齢が60歳以上、発症の状態は突然に発症、検知平均嗅力損失値2.0~2.9、認知平均嗅力損失値5.0~5.7と5.8以上が風味障害を訴える方向に大きく関与していることが判明した。</p></div>