ON CRITICAL ZONE OF THE OPTOKINETIC NYSTAGMUS

By

HIROYUKI MOTOHASHI M.D.

*From the Department of Otolaryngology (Head: Prof. M.HINOKI M.D.) and the
Department of Hygiene and Publichealth (Head: Prof. M.UEMATSU M.D.)
Iwate Medical College*

The present work was designed to elucidate a frequency of optokinetic nystagmus in normal subjects.

Five healthy adult men and five women with normal vestibular function were examined with regard to horizontal and vertical nystagmus by rotating the optic cylinder, which was rotated for 180 seconds with angular acceleration $1^\circ/\text{sec}^2$. In both of horizontal and vertical nystagmus, the frequencies of nystagmus reach at the maximum value between $40^\circ/\text{sec}$ and $100^\circ/\text{sec}$, and then, maintain

this level or decrease gradually.

By analysing the frequency obtained, the equation of critical ellipse for the horizontal nystagmus or for the vertical (downwards or upwards) nystagmus in any subject was made.

According to the author's opinion, it seems to be useful for the examination of the equilibrium function of patients to survey horizontal and vertical nystagmus by rotating the optic cylinder and to evaluate the result by putting the obtained data on the patient into the above-mentioned formula.

視性眼振検査の規準値に関する研究

岩手医科大学耳鼻咽喉科学教室（主任： 檜 学教授）

岩手医科大学公衆衛生学教室（主任： 植松 稔教授）

本 橋 弘 行
もと はし ひろ ゆき

目 次

- 1) はじめに
- 2) 観察対象
- 3) 視刺激負荷装置
- 4) 眼振記録装置とその記録法
- 5) 視性眼振観察方法
- 6) 眼振の測定
- 7) 観察成績
 - i) 視性水平性眼振の観察
 - ii) 視性垂直性眼振の観察
 - a) 左傾頭位における観察
 - b) 右傾頭位における観察
- 8) 棄却楕円面による棄却検定

- 9) 症 例
- 10) 考 案
- 11) む す び

1) はじめに

視覚が身体平衡の維持に必要なことは、古くより知られている。平衡反射の一つである視性眼振が、最近ようやく、ヒトの平衡機能検査法として取り上げられつつあることは、当を得た試みと考えられる。しかし、これまでの文献を展望してみると、視性水平性眼振の検索は盛んに行なわれているが、垂直性眼振の研究は少なく、特に、後者の眼振を臨床的に応用し、眩暈、平衡失調の分析に系統的に資せんとした報告はほとんどみられない。

さて、ヒトの生活をみるに、その回転運動は、多くは

水平面上で身体長軸を軸として行なわれるものであり、その際受ける視刺激は、水平面上で左から右、または右から左への水平性視刺激が多い。これに比し、矢状面上での頭部または身体運動に際して受ける上から下、または下から上への垂直性視刺激は、前者に比すると比較的少ない。したがって、ヒトにあつても、水平性眼振を成立せしむべき視刺激と垂直性眼振を惹起するそれとは、これらに対する生体の反応は、身体平衡の点からかなり異なつた様相を呈するものようである。したがって、ヒトの平衡を分析する場合にも、ヒトが日常よく遭遇する水平性視刺激を使用するのみならず、比較的遭遇することの少ない垂直性視刺激を用いて潜在的の視器系の平衡失調をより明瞭に表出しよう、とする試みもなされてよいであろう。そして、われわれが眩暈症の患者を問診する場合、視刺激により眩暈が誘発される、と訴える例をしばしば認めるが、この際、視刺激の方向の相異により誘発される眩暈の度合が異なる、と答える場合もある。このように考えると、視性眼振の検査には、従来のように水平性眼振を検査するに留めないで、同時に垂直性眼振をも検査することが妥当のように思われる。なお、視刺激を负荷する場合、これまで筆者⁷⁾がヒトおよび動物について実験した成績に鑑み、ヒトの視性平衡を視性眼振の点より究明する際には、等速度視刺激より加速度視刺激を负荷し、漸次増加する視刺激に視器がいかに対応していくか、を検討することがより合理的と考えるので、以下述べる検査には加速度視刺激を加えた。

また、従来加速度視刺激による水平性眼振および垂直性眼振の正常域値を統計学的に詳細に検討したものは少なく、臨床応用にすこぶる不便を感じていた。本論文では、得られた成績を統計学的に処理し、臨床応用への道をさらに開いた。

2) 観察対象

前庭機能検査を行ない、迷路機能に異常を認めない正常成人 10 人を観察の対象とした。

3) 視刺激负荷装置

視刺激负荷装置として、図 1 に示すように、直径 2m、高さ 2m の白布製円筒を用いた。この円筒の内面には、幅 4cm の黒い縦線 15 本が等間隔に附してある。円筒は電気で回転され、controlling panel により $0.5^\circ/\text{sec}^2$ より $6^\circ/\text{sec}^2$ までの角加速度が $0.5^\circ/\text{sec}^2$ 区分で加えられるよう作製され、また、各速度の等速度回転をも负荷しうるとく設計されている。かつ、その回転方向も右または左に自由に変換できるように仕組みられている。な

図 1 電動式視性大円筒
(一部を開き内部を示す)

お、図 1 では、円筒の一部を開いて内面を示してあるが、視刺激负荷時にはこれを閉ざして用いることは言うまでもない。

4) 眼振記録装置とその記録法

眼振記録装置は三栄測器株式会社製 N-G 203 型万能記録装置 (2 channel) を用いた。電極は平板銀電極を使用した。水平性眼振記録の場合には前額部および左右両外眼角部に電極を置き、垂直性眼振記録の場合には右眼の外眼角部、および上下眼瞼よりそれぞれ 2.0cm 離れた箇処に電極を置いた。なお、水平性眼振記録時の前額部の電極および垂直性眼振記録時の外眼角部の電極はアース電極である。

5) 視性眼振観察方法

視性円筒の中央に被検者を椅座させ、円筒の黒い縦線を注視するごとくあらかじめ指示する。視刺激は次のごとく加える。すなわち、視性円筒を初速 0 より $1^\circ/\text{sec}^2$ の角加速度にて回転し角速度 $180^\circ/\text{sec}$ に至らしめ、この速度に達すると被検者に閉眼を命じ、視刺激を遮断する。視性水平性眼振観察の場合には正頭位で椅座させ、頭は固定することなく視刺激を上述べのとく加えた (図 2)。視性垂直性眼振観察の場合には、頸部をまげさせて頭部を椅子に取り付けた支持台上に置かせ、眼窩縦軸が水平面とほぼ平行になるよう位置せしめた (図 3)。かくのごとく操作すると、円筒を左または右に回転することにより眼窩縦軸に平行する眼振、すなわち上下への垂直性眼振が得られる。しかし垂直性眼振観察の場合に

図 2 水平性眼振の観察 (ENG 装着)

は、左傾頭位、右傾頭位それぞれについて円筒を右および左に回して観察した。すなわち計 4 回の観察を行なっている。これに対して水平性眼振の観察は円筒を右および左に各 1 回ずつ、計 2 回回転し観察を行なっている。

6) 眼振の測定

眼振電計は眼振の原波形と微分波形を同時に記録し、その paper speed は毎秒 0.5cm とした。また、水平性眼振記録の場合、上方への spike は右への眼振を、下方への spike は左への眼振を示すごとく設計した。垂直性眼振記録の場合はいずれも右眼で測定され、眼窩上縁に向かつて速期を有する眼振を発生した際には上方への spike が、眼窩下縁に向かつて速期を有する眼振を発生した際には下方への spike が出現するよう設定した。眼振の変動を表示する際には、180 秒間の視刺激負荷中に出現した眼振を $20^\circ/\text{sec}$ ずつに区切つて、その間の眼振電図より算出し表示してある。したがつて、 $180^\circ/\text{sec}$ までの視刺激負荷時の眼振数を 9 区分して眼振図より計測し表示してある。

7) 観察成績

正常成人 10 人における個々の成績は、原則的に相似ているので、ここでは観察例の 1 人、27 才男子の成績を述べ、他の観察例については眼振数の変動を表示するにとどめる。

i) 視性水平性眼振の観察

視性円筒を右回転すると左へ向かう眼振の発生をみる。円筒回転速度が増すにつれて眼振の打数を増加する。眼振の頻度は $100^\circ/\text{sec}$ から $140^\circ/\text{sec}$ において最

図 3 垂直性眼振の観察 (ENG 装着)

高となり、 $20^\circ/\text{sec}$ 間に 77 打を認め、 $160^\circ/\text{sec}$ をこすとやや減少して $20^\circ/\text{sec}$ 間に 65 打を認めた。

次に、円筒を左回転すると右へ向かう眼振が生じ、円筒回転速度が速くなるにつれて眼振の打数は増加し $120^\circ/\text{sec}$ から $140^\circ/\text{sec}$ において最大となり 73 打を認める。 $160^\circ/\text{sec}$ 以後やや眼振は減少し 67 打を認めた。

ii) 視性垂直性眼振の観察

a) 左傾頭位における観察

円筒を右回転すると眼窩上縁に向かう眼振、すなわち上方への垂直性眼振が生ずる。眼振は円筒回転速度に従つて増加し、 $80^\circ/\text{sec}$ から $100^\circ/\text{sec}$ において最大となつて 73 打を認め、以後はほぼ一定となるが、 $160^\circ/\text{sec}$ 以後は減少しはじめ $160^\circ/\text{sec}$ から $180^\circ/\text{sec}$ に間に 62 打を認めた。

次に円筒を左回転すると眼窩下縁に向かう眼振、すなわち下方への垂直性眼振が生ずる。眼振は $120^\circ/\text{sec}$ から $140^\circ/\text{sec}$ において最大となり 82 打を認め以後はやや減少をはじめ、 $160^\circ/\text{sec}$ から $180^\circ/\text{sec}$ 間に 59 打を認めた。

b) 右傾頭位における観察

円筒を左回転すると眼窩上縁に向かう垂直性眼振を生ずる。この際上方への眼振は、円筒回転速度の増加に従つて眼振打数を増加し、 $100^\circ/\text{sec}$ から $120^\circ/\text{sec}$ において最大となり 69 打を認める。以後は漸次減少を始め、 $160^\circ/\text{sec}$ から $180^\circ/\text{sec}$ 間に 54 打を認める。

円筒を右回転すると、下方への垂直性眼振を生ずる。円筒回転速度の増加に従つて眼振は増加をはじめ、 $100^\circ/\text{sec}$

表 1 視性水平性眼振

正 頭 位

		角速度 (°/sec)	0° 21° 41° 61° 81° 101° 121° 141° 161°										総 眼 振 数
			眼振数										
			眼振方向										
			0°	21°	41°	61°	81°	101°	121°	141°	161°		
			20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°		
1	27 才	左 右	30	48	60	68	67	77	77	74	65	566	
	♀		36	53	67	69	68	73	75	68	67	576	
2	32 才	左 右	27	39	54	57	57	54	54	45	54	441	
	♂		45	53	60	60	60	61	61	61	60	521	
3	29 才	左 右	29	55	60	72	68	67	49	46	40	486	
	♂		31	60	68	67	65	62	41	27	19	440	
4	24 才	左 右	18	48	49	52	66	64	57	55	55	464	
	♂		18	35	45	55	54	58	53	56	59	433	
5	19 才	左 右	27	56	69	61	58	57	50	45	45	468	
	♀		24	44	65	72	73	74	65	60	55	532	
6	97 才	左 右	45	74	79	77	71	65	55	47	32	545	
	♂		50	75	74	76	74	81	71	73	66	640	
7	22 才	左 右	24	46	52	60	55	55	42	33	30	397	
	♀		30	46	48	48	35	30	33	34	16	320	
8	25 才	左 右	34	46	57	59	49	55	48	54	53	455	
	♀		32	52	53	65	63	66	64	53	55	503	
9	25 才	左 右	47	43	58	63	64	66	49	51	48	489	
	♀		19	38	54	53	62	70	64	58	51	469	
10	17 才	左 右	30	61	67	76	69	59	59	45	45	511	
	♀		23	51	59	68	56	58	56	55	55	481	

/sec 以後ほぼ一定となり 20°/sec 間に 77 打から 79 打を認める。

表 1, 2, 3 には代表例をも含めた 10 人の視性眼振の時間的推移のありさまを示す 図 4, 5, 6 は各眼振の分布図である。これらの表および図にみられるように、各眼振は、視性円筒の回転速度が増加するに従つて眼振打数を増加し、40°/sec から 100°/sec に至り最大となり、以後やや減少していく。また、垂直性眼振において、下向きの垂直性眼振が上向きのそれに比しやや発生頻度が大である。

8) 棄却楕円面による棄却検定²⁾³⁾⁴⁾

1°/sec² の角加速度で視性円筒を回転させた際、時間の経過に伴つて 0°/sec~20°/sec, 21°~40°/sec, 41°~60°/sec, 61°~80°/sec, 81°~100°/sec, 101°~120°/sec,

図 4 視性水平性眼振

視性円筒回転角速度: 1°/sec²

表 2 視性垂直性眼振

左傾頭位

		角速度 (°/sec)	0°	21°	41°	61°	81°	101°	121°	141°	161°	総 眼 振 数
		眼振数	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	
1	27 才	上	45	61	70	70	73	73	69	71	62	594
	♂	下	32	52	64	65	73	80	82	71	59	578
2	32 才	上	32	44	52	51	40	42	41	31	37	370
	♂	下	54	61	64	61	60	61	56	56	50	523
3	29 才	上	24	47	48	55	52	43	38	31	32	370
	♂	下	39	61	82	84	77	76	71	51	55	596
4	24 才	上	28	45	55	48	48	44	34	39	37	378
	♂	下	23	43	56	56	63	57	64	54	51	467
5	19 才	上	23	57	61	49	48	48	47	35	35	403
	♀	下	32	53	70	68	68	70	54	42	41	498
6	27 才	上	26	51	80	79	73	62	50	44	48	513
	♂	下	23	51	63	73	64	68	50	53	45	490
7	22 才	上	24	50	58	42	36	27	16	14	14	281
	♀	下	17	31	52	58	53	51	45	40	50	497
8	25 才	上	41	53	41	47	40	43	40	30	29	364
	♀	下	35	52	65	67	56	45	50	47	41	458
9	25 才	上	23	46	68	52	37	36	28	37	38	365
	♀	下	13	37	52	58	61	55	45	35	29	385
10	17 才	上	29	45	50	49	34	50	45	40	33	375
	♀	下	23	50	53	61	73	55	58	60	56	389

121°~140°/sec, 141°~160°/sec, 161°~180°/sec というように眼振打数が記録されることは、前述のとおりである。各被検者について得られるこれら9個の値を9次元ベクトルの直交成分とみなせば、正常人について得られる値を用いて棄却楕円面をつくることができる。ただし、実際には、9次元ベクトルの解析にはかなりの手数を要するので、以下述べるように、3次元解析を試みた。すなわち、円筒回転速度のうち、後記の3点を取り、その測定値を総合したものを一つの指標として判断することにした。

筆者が予備実験で、視性円筒を種々なる角速度で等速回転させて眼振の発来状況をしらべたところ、視性水平性、垂直性眼振いずれの眼振の発来も、視性円筒が 90°/sec 前後の角速度で回転するとき最も活潑であった。

図 5 視性垂直性眼振（上への眼振）

視性円筒回転角速度：1°/sec²

表 3 視性垂直性眼振

右傾頭位

		角速度 ($^{\circ}/\text{sec}$)	0 $^{\circ}$	21 $^{\circ}$	41 $^{\circ}$	61 $^{\circ}$	81 $^{\circ}$	101 $^{\circ}$	121 $^{\circ}$	141 $^{\circ}$	161 $^{\circ}$	総 眼振 数
			～ 20 $^{\circ}$	～ 40 $^{\circ}$	～ 60 $^{\circ}$	～ 80 $^{\circ}$	～ 100 $^{\circ}$	～ 120 $^{\circ}$	～ 140 $^{\circ}$	～ 160 $^{\circ}$	～ 180 $^{\circ}$	
1	27 才	上	34	56	54	55	62	69	69	61	54	514
	♂	下	23	41	63	65	66	77	76	79	79	569
2	32 才	上	39	44	44	41	37	37	23	19	29	313
	♂	下	39	51	61	62	66	61	64	51	57	512
3	29 才	上	17	43	53	52	48	46	42	42	28	371
	♂	下	17	45	58	60	62	49	55	55	43	444
4	24 才	上	16	35	39	47	50	46	41	41	34	349
	♂	下	12	31	46	61	53	54	40	45	40	382
5	19 才	上	30	54	71	57	44	55	41	53	25	430
	♀	下	18	55	61	66	76	80	66	62	25	509
6	27 才	上	39	67	64	60	72	70	68	65	58	563
	♂	下	18	48	68	71	72	65	68	59	60	529
7	22 才	上	38	49	50	45	44	33	25	28	21	333
	♀	下	37	58	68	79	67	59	57	36	43	504
8	25 才	上	40	42	47	66	37	36	25	40	34	369
	♀	下	25	38	56	62	60	62	45	39	30	417
9	25 才	上	25	50	62	67	68	55	59	50	50	486
	♀	下	16	39	51	56	57	59	48	51	39	416
10	17 才	上	18	33	45	55	53	53	55	54	52	418
	♀	下	13	39	48	70	73	64	74	70	62	513

回転速度がこれよりも大きくなって 180 $^{\circ}/\text{sec}$ に至ると眼振発現はやや減少する。そこで、円筒回転中の 0 $^{\circ}$ から 20 $^{\circ}/\text{sec}$ における眼振頻度、41 $^{\circ}/\text{sec}$ から 60 $^{\circ}/\text{sec}$ における眼振頻度、および 161 $^{\circ}/\text{sec}$ から 180 $^{\circ}/\text{sec}$ における眼振頻度、計 3 測定値を取り出し、これを 3 次元ベクトルの直交成分とみなす。

図 4, 5, 6 に明かなように、正常成人にみられる水平性眼振にあつては左、右の回転方向による差は認められない。そこで、10 例について測定した値を左回転右回転合算して 20 例として取り扱った。垂直性眼振の場合にも、左傾および右傾頭位で上向き眼振や下向き眼振に差を生ずることはないと考え、上向き眼振は 10 例 20 測定値とし、下向き眼振もこれに準じた。

視性水平性眼振を例にとつてみる。まず、水平性眼振

図 6 視性垂直性眼振（下への眼振）

の健康正常人N人について先に選んだ3測定値をそれぞれ x_{1i} , x_{2i} , x_{3i} (それぞれ x_1 , x_2 , x_3 と略記する) とする.

$$\Sigma x_1 = (x_{1.1} + x_{1.2} + x_{1.3} + \cdots + x_{1.N})$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{N} (x_{1.1} + x_{1.2} + x_{1.3} + \cdots + x_{1.N})$$

$$\Sigma x_1^2 = (x_{1.1}^2 + x_{1.2}^2 + x_{1.3}^2 + \cdots + x_{1.N}^2)$$

これらに実際の数値をいれると

$$\Sigma x_1 = (30 + 36 + 27 + \cdots + 23)$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{20} (30 + 36 + 27 + \cdots + 23)$$

$$\Sigma x_1^2 = (30^2 + 36^2 + 27^2 + \cdots + 23^2) \text{ (表1参照)}$$

となつて, 表4に示したような結果がえられる. x_2 および x_3 についても同様である.

表4 x_1 , x_2 および x_3 の和, 平均および平方和

	x_1	x_2	x_3
Σx	619	1198	970
$\bar{x}$	30.95	59.90	48.50
Σx^2	20885	73274	51072

棄却楕円面の方程式は

$$F_0 = \frac{(N-k) N}{(N+1) k} \sum_{\alpha=1}^k \sum_{\beta=1}^k \psi_{\alpha\beta}$$

で表わされる. いまの例では

$$N=20 \quad k=3 \quad \text{である.}$$

$\psi_{\alpha\beta}$ は

$$\phi_{\alpha\beta} = \Sigma x_{\alpha} x_{\beta} - \frac{\Sigma x_{\alpha} \Sigma x_{\beta}}{N}$$

で表わされる. 表5に $\psi_{\alpha\beta}$ の数値を示す. この表にみられるように, $\phi_{\alpha\beta}$ と $\phi_{\beta\alpha}$ とは相等しい. さらに, $\psi_{\alpha\beta}$ を求めるための9個の方程式からなる連立方程式は, その特徴を利用して表6のように表わすことができる. 表中, A, B, Cそれぞれが3つの方程式を表わしている. すなわち, Aについてみると

$$r=1 \text{ に対しては } 1726.95\psi_{11} + 950.9\psi_{21} + 176.5\psi_{31} = 1$$

$$r=2 \text{ に対しては } 1726.95\psi_{12} + 950.9\psi_{22} + 176.5\psi_{32} = 0$$

$$r=3 \text{ に対しては } 1726.95\psi_{13} + 950.9\psi_{23} + 176.5\psi_{33} = 0$$

を表わしているのである. B, Cについても同様である. A, B, C すなわち9個の未知数 ψ_{11} , ψ_{12} , ψ_{13} , $\cdots$, ψ_{33} を含む連立方程式は, 消去法によつて逐次未知数の数を減らすことによつて解くことができる. その過程を略記して表7に示す

表5 $\phi_{\alpha\beta}$ の値

$$\phi_{11} = 20885 - \frac{619^2}{20} = 1726.95$$

$$\phi_{12} = \phi_{21} = 38029 - \frac{619 \times 1198}{20} = 950.9$$

$$\phi_{13} = \phi_{31} = 30198 - \frac{619 \times 970}{20} = 176.5$$

$$\phi_{22} = 73274 - \frac{1198^2}{20} = 1513.8$$

$$\phi_{23} = \phi_{32} = 58101 - \frac{1198 \times 970}{20} = -2$$

$$\phi_{33} = 51072 - \frac{970^2}{20} = 4027$$

表6 $\psi_{\alpha\beta}$ を求めるための連立方程式の係数

	ψ_{1r}	ψ_{2r}	ψ_{3r}	$r=1$	$r=2$	$r=3$
A	1726.95	950.9	176.5	1	0	0
B	950.9	1513.8	-2	0	1	0
C	176.5	-2	4027	0	0	1

A', B', C' は A, B, C をそれぞれ ψ_{1r} の係数で割つて得たものであつて, これにより A, B, C はいずれも ψ_{1r} の係数が1である方程式に書き直されたことになる. D は B'-A' でつくられたもので, これによつて ψ_{1r} が消去される. E も D と同様 ψ_{1r} を消去した式である. D, E からそれぞれ D', E' をつくつて ψ_{2r} の係数を1に直し D'-E' で ψ_{2r} を消去したものが F, これを ψ_{3r} の係数で割つたものが F' である. したがつて F' から直ちに

$$\psi_{31} = -0.0000394$$

$$\psi_{32} = 0.0000250$$

$$\psi_{33} = 0.0002501$$

が得られる. これを E' に入れて

$$\psi_{21} = -\{(-14.23190) \times (-0.000394)\} = -0.0005607$$

および

$$\psi_{22} = -(-14.23190 \times 0.0000250 + 0.0006559) = 0.0010117$$

を得る. 次に ψ_{21} と ψ_{31} の値を C' に入れて ψ_{11} を求めることができる.

$$\psi_{11} = 0.01133 \times (-0.0005607) - 22.81586 \times (-0.0000394) = 0.0008926$$

以上で, さきの連立方程式の根, $\psi_{\alpha\beta}$ が全部求められた. これら $\psi_{\alpha\beta}$ の値を使つて, 棄却楕円面の式は次のように表わされる.

表 7 表 6 の 連 立 方 程 式

	ψ_{1r}	ψ_{2r}	ψ_{3r}	$r = 1$	$r = 2$	$r = 3$
A	1726.95	950.9	176.5	1	0	0
A'	1	0.5506239	0.1022033	0.0005791	0	0
B	950.9	1513.8	-2	0	1	0
B'	1	1.5919655	-0.0021033	0	0.0010516	0
C	176.5	-2	4027	0	0	1
C'	1	-0.0113314	22.8158640	0	0	0.0056657
D = B' - A'		1.0413416	-0.1043066	-0.0005791	0.0010516	0
D'		1	-0.1001656	-0.0005561	0.0010099	0
E = B' - C'		1.6032969	-22.8179673	0	0.0010516	-0.0056657
E'		1	-14.2319038	0	0.0006559	-0.0035338
F = D' - E'			14.1317382	-0.0005561	0.0003539	0.0035338
F'			1	-0.0000394	0.0000250	0.0002501

$$\frac{(20-3) \times 20}{3 \times (20+1)} \{0.000893 (x_1 - 30.95)^2 + 0.001012 (x_2 -$$

$$59.90)^2 + 0.000250 (x_3 - 48.50)^2 - 2 \times 0.000561 (x_1 - 30.95) (x_2 - 59.90) - 2 \times 0.000039 (x_1 - 30.95) (x_3 - 48.50) + 2 \times 0.000025 (x_2 - 59.90) (x_3 - 48.50)\} =$$

$$F_{20-3}^2(0.05) = 3.1968$$

さらに整理して表 8 の最上段に掲げる式が得られる。

任意の被験者について視性水平性眼振をしらべて得た 3 つの測定値 x_1 , x_2 , x_3 をこの式の左辺に代入して得られた値が 1 より大きい場合には、この水平性眼振は危険率 5 % で正常でないと判定することができる。上述の解析を上向きおよび下向き垂直性眼振, 10 人 20 側に行ない、それぞれ表 8 に示すような棄却楕円面の式が得られ

る。

9) 症 例

以上得られた式を用いて一症例を検討してみる。

症例 ○沢○二 8 47 才

現病歴 昭和 38 年 9 月 2 日, 交通事故で右側頭部受傷(荒木分類Ⅳ型), 受傷後軽度の立ちくらみを訴える。

現症(受傷 4 カ月後)

耳鼻鏡検査に著変はない。

平衡機能検査

i) 立直り検査

両脚直立(－), 単脚直立(+), Mann's Test(+)

ii) 偏倚検査

特発性眼振(－)

表 8 棄 却 楕 円 面 の 方 程 式

	棄 却 楕 円 面 の 方 程 式 (危険率 5%)
水平性眼振	$0.00151 (x_1 - 30.95)^2 + 0.00171 (x_2 - 59.9)^2 + 0.00042 (x_3 - 48.5)^2$ $- 0.00189 (x_1 - 30.95) (x_2 - 59.9) + 0.00084 (x_2 - 59.9) (x_3 - 48.5)$ $- 0.00013 (x_3 - 48.5) (x_1 - 30.95) = 1$
上 向 き 垂直性眼振	$0.00243 (x_1 - 30.05)^2 + 0.000098 (x_2 - 55.6)^2 + 0.00064 (x_3 - 37.5)^2$ $+ 0.00119 (x_1 - 30.05) (x_2 - 55.6) - 0.00059 (x_2 - 55.6) (x_3 - 37.5)$ $- 0.000035 (x_3 - 37.5) (x_1 - 30.05) = 1$
下 向 き 垂直性眼振	$0.00128 (x_1 - 25.45)^2 + 0.00778 (x_2 - 60.05)^2 + 0.00056 (x_3 - 47.75)^2$ $- 0.00216 (x_1 - 25.45) (x_2 - 60.05) - 0.00024 (x_2 - 60.05) (x_3 - 47.75)$ $- 0.00009 (x_3 - 47.75) (x_1 - 25.45) = 1$

表 9 症 例 ○沢○二の視性眼振検査成績

角速度(°/sec)		0°	21°	41°	61°	81°	101°	121°	141°	161°
眼振方向 検査方法	～	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
	～	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
水平性眼振	左	22	51	62	58	50	48	48	45	44
	右	31	47	61	61	59	53	52	43	48
垂直性眼振	左傾頭位	上	25	49	51	47	38	47	35	19
		下	23	39	38	42	21	0	2	0
	右傾頭位	上	10	22	6	2	0	0	0	0
		下	26	42	40	44	38	42	28	30

頭位性眼振(+) directional changing form

遮眼書字検査 右への規則型偏書

足踏検査 軽度の Ataxia を伴う左への偏倚

iii) 実験的眼振検査

Caloric Test 左側 CP

視性眼振検査 表9に示す。

表9の3点 x_1, x_2, x_3 ($0^\circ/\text{sec} \sim 20^\circ/\text{sec}$, $41^\circ/\text{sec} \sim 60^\circ/\text{sec}$, $161^\circ/\text{sec} \sim 180^\circ/\text{sec}$) を取り出し 8) で得られた表 8 の式に代入する。

◎水平性眼振(左への眼振)

$$0.00151 (22-30.95)^2 + 0.00171 (62-59.9)^2 + 0.00042 (44-48.5)^2 - 0.00189 (22-30.95) (62-59.9) + 0.00084 (62-59.9) (44-48.5) - 0.00013 (22-30.95) (44-48.5) = 0.15$$

このように、左へ向かう水平性眼振は0.15と1より小さいから、棄却することはできない。すなわち、異常であるとはみなしえない。右へ向かう水平性眼振についても同様に3点を代入して次のごとき結果が得られる。

右への水平性眼振 0.001

◎垂直性眼振

左傾頭位	上方への眼振	0.26
	下方への眼振	4.68
右傾頭位	上方への眼振	4.08
	下方への眼振	3.24

この数値より、本症例の視性眼振は水平性眼振は正常域内にあるが、垂直性眼振、特に右傾頭位の場合、上方への眼振および下方への眼振共に正常域を越えていることがわかる。

10) 考 案

冒頭で述べたように、視性眼振は一種の平衡反射である。したがって、この眼振を指標としてヒトの平衡機能

を検出しようとする試みは充分なされてよいと思う。ところで、これまでの検査で視性眼振が測定される場合、多くは水平性眼振の検査にとどまり、垂直性眼振の系統的検査を欠いていた。また、この検査を眩暈、平衡失調症例の平衡機能検査に応用するには、正確な推計学的処理を欠いていたため、多くの不備をまぬがれなかつた。

筆者らは、すでに報告したように、ヒトおよび動物を対象とする実験成績より、視性眼反射は水平性眼振および垂直性眼振共に測定することが望ましいこと、そして視刺激を与える場合は、円筒を等速回転するよりは加速回転して視性眼振の発来の変化を観察することが異常の検出方法としてはすぐれていることを知った。この点を考慮して、上述したように、視性眼反射を水平性ならびに垂直性眼振で検索し、かつ、加速度視刺激を採用した。ちなみに、筆者が視刺激装置として視性大円筒を選んだ理由は、この方法では被検者の視野全体に刺激が加わり、従来の小型視性ドラムでは得られない強い視刺激が得られるので、より高率に潜在性平衡失調を検出しようことにあつた。

この検査法で問題となるのは、垂直性眼振の検査を斜傾頭位で行なっている点であろう。この点は今後多くの問題点を残していることを否定はしない。この姿勢では、頸反射、迷路反射(前庭耳石系)が加わるほか、頸部の諸器官に血管(頸椎動脈)の形態異常がもたらされる可能性があり、また、この頭位では、頭蓋内の循環障害が惹起される恐れがある。検査時、これら視刺激以外の多くの因子が加わっている点が問題となる。

然し、この事実は、立場を変えてみると、大きな意味をもつものと思う。正常人や正常動物にあつては、視器、迷路、頸部、頸部深部受容器が互に密なる連関を有することは、これまでも報告があるが、最近教室の寺

山⁹⁾ がより詳細な動物実験を行なつて証明している。たとえば、上述の方法で頸部を右または左に傾斜するとすれば、前庭耳石系は刺激され、これからのインパルスは視刺激と合して、正常頭位での視性反射とは異なつた視性反射を産むであろう。特にこの際、この頭位で異常な迷路性インパルスが生じ、これが視性反射に介入する場合には、正常頭位では認められぬ異常な視性眼振が生ずる可能性を充分にもつている。しかしこの際、視性反射と頸部反射との間にもこれと類似した関係の成立することを否定できない。すなわち、かかる姿勢を強制して視性垂直性眼振を検査することは、できるだけ単純な条件下に一つの平衡器を刺激して、その際の反射を測定し、これにてヒトや動物の平衡機能を考察しようとする方針とは全く逆である。しかし、ヒトや動物の平衡が視器、迷路、深部受容器等の密なる連関のもとに円滑に保たれている事実より考えると、積極的に迷路反射が頸反射等を介入させ、その際の視性平衡を測定し、軽微な平衡失調を明瞭に表明しようとする方法もとつてよいのではあるまいか？

いずれの検査方針で行なつた方がよりよい効果をあげるかは、なお多くの比較検討を必要とするので決断は許されない。しかし、上述の方法で、われわれは従来の視性眼振検査では得られない高率の異常を表出し得ていることは事実であり、また、この方法で得られた特異な処見が病巣の鑑別診断に役立ちうることもしばしばあることを経験している。

おわりに、この論文で採用した統計的処理法、ならびにその成果について記す。前項 8) に記載した解析の前提として、各時点における正常成人 10 人の眼振数が正規分布をしていることが必要である。表 1, 2 および 3 にみられるように、いずれの眼振にあつても、各時点における眼振数は、それぞれの平均値よりも大きいものと、それよりも小さいものとが、ほぼ同じ例数ずつみられる。すなわち、各時点における眼振数がおおむね正規分布している、との仮定を否定することはできない。

正常人について得られた値を用いて、 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}/\text{sec}$ における眼振頻度、 $21^{\circ}\sim 40^{\circ}/\text{sec}$ における眼振頻度、…、というように、個々の時点ごとに、眼振頻度の平均値、正常範囲、あるいは、棄却限界を定めることは、もちろん容易である。しかし、このようにして、個々の時点ごとに眼振頻度の棄却限界を定めたとしても、その棄却限界は、ある患者の眼振の現われ方が正常人と異なっているか否かの判断には、理論上も実際上もほとんど役

立たない。

わたくしたちが、ある患者の眼振の現われ方を観察して、その結果が正常であるか否かを判断する場合には、 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}/\text{sec}$ における眼振頻度、 $21^{\circ}\sim 40^{\circ}/\text{sec}$ における眼振頻度、……、 $161^{\circ}/\text{sec}\sim 180^{\circ}/\text{sec}$ における眼振頻度、というように、9 個の値を全体としてみているのであつて、個々の値だけをみているのではないからである。9 個の値を 9 次元ベクトルの直交成分とみなして棄却楕円面を定めることも可能であり、かつ、理論的には妥当である。しかし、このようにして得られる棄却楕円面の方程式の項数は、 $(x_1-\bar{x}_1), (x_2-\bar{x}_2), \dots, (x_9-\bar{x}_9)$ 、の各偏差の平方の項が 9 項、および、これらの偏差 9 個のうちから 2 個ずつをとつて乗じた項が 36 項、計 45 項にも達するものとなる。かかる多項式は、実用に適しないであろう。

得られる棄却楕円面の方程式としては、実用上の目的からは、なるべく項数の少ないものが望ましい。ここで、眼振頻度 x は、 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}/\text{sec}$ ($t=10$) では小で、 $21^{\circ}\sim 40^{\circ}/\text{sec}$ ($t=30$)、 $41^{\circ}\sim 60^{\circ}/\text{sec}$ ($t=50$) と大きくなり、爾後ふたたび小さくなつていく。 x を t の関数 $f(t)$ とし、かりに、

$$x=f(t)=a+bt+ct^2+\dots$$

で表わせるものとすれば、少なくともはじめの 3 項は省略することができない。また、逆に、 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}/\text{sec}$ 、および $161^{\circ}\sim 180^{\circ}/\text{sec}$ で小さく、中間で大きい値をとる $x=f(t)$ の曲線は、近似的には

$$x=a+bt+ct^2$$

なる放物線の一部とみなすことができる。この放物線の式の係数 a, b および c を決定するために必要にして充分な条件は、 t が t_1, t_2 または t_3 なる値をとるときの x の値 x_1, x_2, x_3 が与えられることである。

かかる根拠に基づいて、前項 8) に述べたような 3 次元解析を行なつたのであつた。そして表 8 に示したように、各 6 項よりなる棄却楕円の方程式を得た。この式が眼振の診断に有用なことは、前項 9) で実例について示したとおりである。

11) む す び

迷路機能に異常を認めない正常成人 10 人を対象とし、これに水平性、上向きまたは下向き垂直性視刺激を負荷した場合の眼振を記録観察した。

この観察結果に基づいて、視性水平性眼振、上向き垂直性眼振および下向き垂直性眼振に対する棄却楕円面の方程式を導いた。この式が、患者について視性眼振を検

査した場合、その眼振が正常であるか否かの判定に有用であることを示した。 1066, 1964.

文 献

1) 本橋弘行：眼振の方向優位性に関する研究，日耳鼻，68, 18, 1965. 2) 統計科学 研究会編：新編統計数値表，東京，河出書房，163, 1952. 3) 増山元三郎：少数例の纏め方と実験計画の立て方，東京，河出書房，54, 1949. 4) 鳥居敏雄他：医学・生物学のための推計学，東京，東京大学出版会，55, 1954. 5) 寺山邦昭：視器，迷路と頸筋項筋の自己受容器，日耳鼻，67,

稿を終わるにあたり，終始御懇篤な御指導と御校閲を賜わった檜学教授および植松稔教授に心から感謝すると共に，種々御助言をいただいた北原正章助教授ならびに教室員各位に御礼申し上げます

(原稿到着＝昭和 40. 2. 10 日)