A STUDY ON THE THRESHOLD OF VESTIBULAR ORGAN TO MOTION STIMULUS OF SINGLE DIRECTION

By
T. MUKASA

*From the Department of Oto-Rhino-Laryngology Nagasaki University
School of Medicine (Director: Prof. T. Goto)*

A stimulating apparatus to give straight movement toward a single direction was devised to test vestibular function, especially function of the ossicles. The lowest threshold of motion sense for straight vertical, lateral and anterior and posterior movement was measured in supine, prone, right and left lateral positions.

In normal adults the lowest threshold in recognizing movement to each direction was between 4cm/sec² and 18cm/sec². Only 2.86 per cent of tested subjects recognized the accelerating motion in 4cm/sec², and all (100 per cent) recognized this motion in 18cm/sec². In regard to the positional difference in motion sense threshold, the sitting position was found to be most sensitive. Among other positions, prone position was most sensitive to vertical and lateral movement, and lateral position to anterior and posterior movement, when the motion stimulus was below 7cm/sec². If the stimulus was over 7cm/sec², no statistically significant difference was found among various positions.

Influence of uni-or bilateral sound stimulus to motion sense threshold was next studied, revealing elevated threshold of motion sense under loud sound stimulus.

This testing method was applied to a case of unilateral labyrinthine disorder (auditory and vestibular dysfunction) and a case of bilateral deafness. As the result elevated threshold or loss of motion sense was found in those who disclosed vestibular dysfunction under ordinary methods.

It was learned by this study that the labyrinth is sensitive to straight motion stimulus and the examination using the swing apparatus is a convenient and clinically useful method to test vestibular function, especially of the ossicles.

直線運動刺激に対する前庭器の 感覚閾値についての研究

長崎大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：後藤敏郎教授）

大学院学生 向 笠 朝 彦
ム カサ トモ ヒコ

目 次
研究目的とその検査方法
検査成績

正常者における直線運動感覚及びその最小閾値
正常者における音刺激の感覚閾値へ及ぼす影響
病的状態における成績
一側迷路障害者及び両側聾

総括と考按
結 語
文 献

人類の平衡器としての前庭迷路の生理には、前庭を反射器としてみる立場と、感覚器としてみる立場との二つの場合があつて、これによつてそれぞれの研究が行なわれてきた。Mach¹⁸⁾, Breuer²⁾, Wodak²³⁾, Fischer¹⁰⁾,

Jongkees¹⁷⁾, 松永⁴⁷⁾, 渡部⁵²⁾等は迷路を主として感覚器と見る立場から観察研究したものである。そのうちで Wodak²³⁾は前庭迷路の探究は両者の立場から行なつていくことが必要であると述べている。

前庭迷路機能の観察には回転運動, 直線運動, 傾斜などの適合刺激と, 温度, 電気などの非適合刺激が用いられ, その刺激に対する反応の観察が行なわれているが, 各刺激についての前庭迷路反応の最小の閾値に関する研究業績は比較的少ない。特に運動感覚の閾値についての報告は更に少ない。前庭迷路に由来する運動感覚は, Breuer (1874)²⁾, Mach (1875)¹⁸⁾によつて迷路は角加速度及び各種方向の直線運動を感受すると述べてから, 回転運動感覚及び直線運動感覚とに分けられる。このうち直線運動感覚については詳細なる加速度閾値の研究に乏しい。また Jongkees¹⁵⁾等の述べるようにその検索には生理的, 物理的ならびに心理的な面からの分析も必要であり, 最小の加速度閾値の測定は研究者により異つてゐる。

しかし前庭迷路を平衡感覚器と見做す立場に立つ場合には, その閾値が問題となる。果してその閾値は他の高度の感覚器である聴覚と同様に感覚器としての閾値を持つものかどうか, 著者はこの閾値の問題を研究の目的とした。直線運動刺激によつて前庭迷路に興奮を惹起させるためには大体, 身体の長軸に対して前後, 上下(垂直), 左右(側方)の刺激が用いられている。刺激装置としては Fischer & Veits²¹⁾はエレベーターによる昇降運動を利用した。Jongkees & Groen¹⁷⁾, 時実³⁹⁾, 戸塚⁴⁰⁾, 渡部⁵²⁾等はブランコ装置(Parallel swing)による往復直線運動を繰返えす加速度刺激をそれぞれ用いている。長谷川⁴²⁾等は上下往復運動刺激装置に家兎を用いて実験を行なつてゐる。また向井⁴⁹⁾はレール上の台が発条の弾力で水平滑走を行なう装置を作製している。

運動感覚は運動自身が感受されるものではなくて, 運動の方向と速度の変化が感受されるものであつて, 等速運動時には運動感覚は惹起されない。

著者は前庭器性の直線運動感覚とその閾値について探究するために, ブランコ装置を作製して自覚的な直線運動感覚の検索を行なつた。① 水平な位置においての各方向からの直線運動刺激に対して正常な人体の前庭迷路の閾値を測定した。② 体位(頭位)と刺激方向との関係によつて運動感覚がいかに影響されるかを検討した。③ 音により迷路が刺激された場合にその迷路機能がい

かに影響されるか。④ 病的状態における観察として, 一側あるいは両側迷路が障害された場合の直線運動感覚の変化を調べた。

I. 検査対象

(1) 健康成人: 本検査における被検者は当大学勤務者, 学生, 看護学校生徒で聴力は正常, 耳疾患及び眩暈感(耳性以外のものも除外した)の既往症のないもの56名を用いた(男子18名, 女子38名)。

また別に音刺激による感覚閾値への影響を観察するために10名を用いた(男子6名, 女子4名)。

(2) 病的状態におけるもの

a) 一側迷路障害者: 聴力検査によつて一側聾あるいは一側の高度難聴の確明せるもので, 前庭機能検査によつて同側の 前庭機能が喪失乃至著しく障害されていると思われるもの8名を本検査の対象とした。本例は迷路炎3名, 頭部外傷2名ならびにメニエル氏病3名であつた。

b) 両側聾: 聴力検査によつて両側聾の確明せるもので, 前庭機能検査によつて両側の 前庭機能が喪失していると思われるもの2名, ならびに両側の 前庭機能がほぼ正常なるもの1名が本検査の対象となつた。

II. 検査方法

(1) 検査室: 本検査は長崎大学医学部耳鼻咽喉科前庭迷路機能検査室で行ない, 感覚を対象とする検査であるから検査室の窓, 扉を閉鎖し黒幕で可及的に室内を暗くし, また音響, 振動などの影響もできるだけさけて行なつた。検査の実施中は両眼を黒布で覆い視覚の影響が加わらないようにした。

(2) 検査装置: 人体に上下(体軸), 左右(体軸と直角), 前後(脊腹)の各方向に直線運動刺激をおこさせる装置として, 水平方向の動揺装置(ブランコ装置 Parallel swing)を作製し使用した(写真)。長さ2.60m

Parallel swing

の4本の吊り索で平板の載台をつり、直線刺激は手動で行なうようにした。動揺刺激の方向は載台の長軸方向(従振り)にも、短軸方向(横振り)にも平行に運動できるようにした。ブランコの平板載台の下に床に白い目盛線をつけ、ブランコ平板載台の下より鋼鉄線で指針するようにした。動揺の周期は被検者をのせたままで3.0秒、振幅は可及的水平運動を行なわせるために両方向ともに最大18cmまでとした。吊り索の長さは被検者を乗せた状態で常に一定になるようにした。被検者の直線運動刺激に対する感受の合図のために赤青など数個の色付きランプを用意した。

(3) 検査の実施法：動揺装置台には身体との接触を緩和するために毛布を敷き、その上に被検者をのせ、体位を背位(仰臥位)、腹位、左右側臥位ならびに坐位に換えさせて行なつた。坐位を除く各位置における頭部には毛布を折重ねて支持し、動揺台と頭部を含む体軸が可及的平衡を保持するように、また坐位の姿勢は仰臥位からそのまゝ腰部を屈曲して起き上つた位置で、頭部と軀幹を結ぶ線が載台と垂直を保持するように注意した。被検者の身体は緊縛せずに載台にのせ、両眼は黒布で覆つた。

被検者は精神的、肉体的条件の良好なる状態で、食後をさけて行なつた。

検査は各体位の変換ならびに各運動方向において充分と思われる一定の間隔(成績の項)において、連続的動揺のために内蔵諸器官など全身の各器官に与える影響を少くするとともに、疲労ができるだけおこらないように注意した。

この動揺装置はParallel swingであるために純粹なる直線運動ではなくて、厳密には大きな円運動の一部であるが、台の振幅は曲率半径に比して極めて小さいので水平面における直線運動であると考えてよい。また一定の周期で往復直線運動を繰返している振子運動は吊り索の長さが一定であれば振幅が違つてもその周期(運動時間)は一定である。しかし振幅が違えばその加速度は異つてくる³¹⁾。この原理から振幅を変えて直線加速度 4cm/sec^2 、 7cm/sec^2 、 11cm/sec^2 、 15cm/sec^2 、 18cm/sec^2 の5つを刺激として負荷できるようにした。

本検査は自覚的な感覚検査であるから両眼を黒布で覆つた被検者を動揺装置台の上に前述の背位の状態に固定した。次で台を静止状態から直線加速度 4cm/sec^2 で5往復、15秒間刺激し、動揺が認知できるかどうかを質問した。その後、載台の長軸方向(従振り)、あるいは

短軸方向(横振り)に平行に任意の方向に加速度 4cm/sec^2 で刺激して、運動速度の変化とともに運動方向識別の認知があれば、夫々の定つた色付きランプの押しボタンをおさして合図をさせた。本検査における各加速度の刺激時間は5往復、15秒間とし、各刺激、各体位における間隔は3分間以上をおいた。この検査は屢々“にせのあやまつた方向感覚”のランプをおすので検査は数回くり返して行なつた。加速度 4cm/sec^2 で運動感覚の認知がなければ、 7cm/sec^2 から 18cm/sec^2 までの加速度を順次に変えて検査し、認知があれば体位を換えて行なつた。なお運動感覚の感受の合図はランプの点滅のみでなく、随時、動揺装置から離れた位置で場所を変えて質問を加えた。検査開始に先立ち、運動刺激を正確に感受し得たことを確信してから応答するように注意を与えた。

最後に不快感、頭重感など検査前の状態と何か変つたことがないか、副症状の有無を質問した。

病的状態における例についても全く同様の方法で行ない、被検者は疲労、睡眠不足をさけ、耳障害以外の身体的疾患のない状態の時に行なつた。更に本検査を行なう前に聴力検査ならびに前庭機能検査を行なつて迷路機能を検討した。

(4) 音刺激の感覚閾値へ及ぼす影響

健康成人の1側あるいは両側迷路に音刺激を与えて、直線運動感覚閾値にいかなる変化が現われるかを10名について観察した。このために小林製 A-1002 D 型 Audiometer による純音を刺激音として用いた。気導受話器を装着して1000cps.で50dbあるいは90dbを1側乃至両側で聴かせながら本検査を行ない、音刺激前の成績と比較検討した。このため Audiometer の受話器のコードを長くした。

また本検査前に1000cps 90dbを30分間、1側耳乃至両側耳に音刺激を与えておいて、再び音刺激を聴かせながら検査を行なつた。

音刺激後に副症状の有無を質問した。

(5) 前庭機能検査方法

病的状態における例のために用いた前庭機能検査は以下に述べる方法で行なつた。

a) 自発眼振検査：Frenzel 氏鏡を用いて肉眼的に観察し、また必要に応じて三栄測器製作の眼振電図記録装置(ENG)を使用した³²⁾。

b) 頭位眼振検査：Frenzel 氏鏡を用いて坐位、仰臥位、左右側臥位、懸垂頭位をとらせ肉眼的に観察し

た³⁵⁾。

c) 偏倚の検査

i) 足踏検査：福田¹²⁾の方法によつた。足踏数 50 歩で廻転角度が 30° 以上、あるいは足踏中に一方向への転倒傾向を示した場合を病的とみなした。

ii) 遮眼書字法：福田¹³⁾の方法を用いた。一連の文字を書かせ、各文字及び一連の文字に 10° 以上の偏書があれば病的とみなし、また文字の乱れの有無をみた。

d) 立直り反射検査

i) 起立検査：Romberg's test Mann's test

ii) 単脚直立検査：閉眼及び閉眼で 30 秒間の接床回数、身体の動揺状態を観察した。

e) 温度刺激検査：Fitzgerald & Hallpike⁸⁾の冷温交互刺激方法から、条件は Jongkees¹⁴⁾ 猪・早川²⁸⁾の 30°C 及び 44°C , 20cc を 10 秒間で注入する方法を用いた。観察は前述の (ENG) 記録を用いた²⁰⁾。

f) 回転後眼振検査：Barany 法¹⁾, Frenzel 氏鏡を用いて肉眼的に観察した。

温度検査ならびに回転後眼振検査は症例によつて施行したものとしなないものがある。

(6) 聴力検査

当教室聴力検査室において小林製、A-1002 D 型 Audiometer を用いて行なつた。

III. 検査成績

検査は前述したように 5 体位に換えさせて行ない、直線加速度刺激は 4cm/sec^2 から 18cm/sec^2 まで 5 段階に分けて負荷できるようにし、また運動方向は動揺装置の長軸方向（縦振り）、短軸方向（横振り）に任意に運動させた。

動揺台の 1 運動刺激ならびに各体位の変換の間には 3 分間以上の間隔をおいたが、この間隔は被検者 10 名について、被検者に秒時計を持たせ刺激終了後から直線運動感覚の消失までの時間を主観的に測定させ、各体位において本検査に用いた直線運動刺激では、刺激間隔を 3 分以上おけばよいことがわかつた。

次に明所と暗所で検査を行ないその影響について観察した。いづれも両眼を黒布で覆い、検査室で直射日光があたらないように注意した明所と、口中暗幕を用いたとき及び夜間暗幕を用いたときの暗所とで本検査を行なつたが、直線運動刺激に対する感覚の認知には特に目立つた差はみられなかつた。しかし可及的に運動以外の影響を排除するために暗所で行なつた。

表 1 健康成人の直線運動感覚閾値

No.	脊 位		腹 位		左臥位		右臥位		坐 位	
	(長)	(短)	(長)	(短)	(長)	(短)	(長)	(短)	(長)	(短)
1	b	b	c	c	d	c	d	c	a	b
2	d	c	c	e	d	c	d	d	b	b
3	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
4	b	d	c	c	c	c	c	c	b	c
5	c	d	c	c	c	c	c	c	c	c
6	b	c	b	b	b	c	b	b	a	c
7	c	c	b	c	c	b	b	b	b	a
8	a	b	a	c	c	b	b	b	a	a
9	b	c	a	c	c	e	c	e	a	a
10	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a
11	b	c	c	b	b	a	b	b	a	b
12	c	c	c	c	b	c	c	d	b	c
13	d	c	d	c	d	c	d	c	c	b
14	a	b	c	c	c	c	c	c	a	e
15	e	e	c	c	c	e	c	e	e	b
16	c	c	c	e	c	e	d	b	b	b
17	c	c	d	c	c	c	d	c	b	b
18	c	c	c	c	c	c	c	c	a	b
19	b	c	c	c	c	c	c	e	b	c
20	c	c	d	d	c	c	c	c	b	b
21	c	c	c	c	c	c	c	c	b	c
22	b	c	b	c	c	d	c	c	b	b
23	c	d	c	d	d	c	d	c	c	c
24	c	c	c	c	c	c	c	c	b	c
25	b	c	b	b	b	c	c	c	a	c
26	c	c	c	b	c	c	c	d	c	b
27	c	c	e	e	d	c	e	d	b	c
28	d	c	e	c	d	c	e	d	d	a
29	c	d	b	c	c	c	b	c	a	a
30	b	b	c	c	c	b	c	b	b	a
31	b	c	d	c	d	c	d	c	b	c
32	b	b	c	c	d	c	d	c	b	c
33	c	c	c	d	e	c	e	c	c	b
34	c	d	d	e	e	d	d	c	c	d
35	c	b	d	d	d	b	d	e	b	d
36	c	b	d	d	d	c	d	c	c	c
37	b	b	a	b	b	a	b	a	a	b
38	c	e	c	b	d	d	d	c	b	c
39	d	d	c	c	c	c	c	c	c	c
40	b	c	c	c	c	c	c	c	b	c
41	c	c	c	d	c	c	c	c	b	b
42	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
43	c	d	b	b	d	c	c	c	b	b
44	b	b	b	c	d	c	c	c	b	b
45	d	e	d	d	d	e	d	d	b	b
46	b	b	d	c	c	c	e	c	b	c
47	b	b	c	c	c	b	c	c	c	c
48	c	c	c	c	d	e	d	d	c	e
49	b	b	c	c	c	b	c	b	b	b
50	c	b	b	b	b	b	b	b	b	b
51	b	c	b	b	b	b	b	b	b	b
52	c	d	d	b	c	e	d	b	b	c
53	b	a	b	b	c	e	b	b	b	c
54	d	d	c	d	e	b	b	b	b	b
55	c	e	d	e	b	b	b	b	b	b
56	e	e	e	e	d	d	e	d	c	c

(長)：動揺台の長軸方向刺激

(短)：動揺台の短軸方向刺激

a：加速度 4cm/sec^2 b：加速度 7cm/sec^2 c： 11cm/sec^2 d： 15cm/sec^2 e： 18cm/sec^2

表 2 健康成人の直線運動感覚（閾値）の感受率（％）

	4cm/sec ²	7cm/sec ²	11cm/sec ²	15cm/sec ²	18cm/sec ²
脊 位 (長)	5.4%	32.2%	48.2%	10.7%	3.5%
脊 位 (短)	3.5	23.2	42.8	17.9	12.5
腹 位 (長)	5.4	21.4	44.7	21.4	7.1
腹 位 (短)	1.8	14.3	53.5	17.9	12.5
左臥位 (長)	1.8	16.1	41.0	30.4	10.7
左臥位 (短)	3.5	17.9	50.0	12.5	14.3
右臥位 (長)	1.8	21.4	37.5	28.6	10.7
右臥位 (短)	3.5	25.0	42.8	21.4	7.1
坐 位 (長)	17.9	48.2	28.6	3.5	1.8
坐 位 (短)	14.3	39.5	39.5	3.5	3.5

表 3 各加速度刺激に対する感受率（％）

	4cm/sec ²	7cm/sec ²	11cm/sec ²	15cm/sec ²	18cm/sec ²
脊 位 (長)	5.4%	37.6%	85.8%	96.5%	100%
脊 位 (短)	3.3	26.7	69.5	87.4	100
腹 位 (長)	5.4	26.8	71.5	92.9	100
腹 位 (短)	1.8	16.1	69.6	87.5	100
左臥位 (長)	1.8	17.9	58.9	89.3	100
左臥位 (短)	3.5	21.4	71.4	83.9	100
右臥位 (長)	1.8	23.2	60.7	89.3	100
右臥位 (短)	3.5	28.5	71.3	92.7	100

(1) 健康成人の直線運動感覚ならびにその閾値

1. 本検査における最も弱い直線運動刺激である加速度 4cm/sec² に対する運動速度の変化は各体位において感受し得たが、運動方向の認知は各例によつて差がみられた。

2. 方向感覚の認知は各体位において直線加速度 4cm/sec² から 18cm/sec² の範囲にあつた。各体位における直線運動感覚の閾値は表 1, 2 及び 3 に示す通りであるが、以下これについて述べる。

3. 各体位、各方向刺激（長軸及び短軸方向）において本検査における最小の加速度閾値である 4cm/sec² を感受し、また全例において加速度 18cm/sec² までの範囲の刺激を感受し得た。即ち脊位、腹位及び左右側臥位における長軸方向刺激は水平面における身体の上（垂直）方向運動、脊位及び腹位における短軸方向刺激は左

右方向運動、左及び右側臥位における短軸方向刺激は前後運動であると見做す考え方もあるが、全ての状態において直線運動感覚の最小加速度閾値は 4cm/sec² であり、またその閾値の幅は 18cm/sec² の範囲内にあつた。

4. しかし総体的に各体位と刺激方向の関係によつて最小加速度閾値 4cm/sec² を感受し得た値に差がみられる。表 1 及び 2 から坐位の状態の最小閾値 4cm/sec² の感受率が高い。

5. 本検査中には何等著明な副症状はみられなかつたが、しかし 6 例 (10.7%) に検査中あるいは終了後に軽度の不快感を訴えたが、これは加速度の強さには特に関係がみられなかつた。

(2) 音刺激の感覚閾値へ及ぼす影響

1 側あるいは両側の迷路に音刺激を与えながら検査を行った成績は表 4 に示す如くである。

1. 1000cps 50db. の音刺激では刺激前の成績と比較して差異が認められない。

2. 1000cps 90db. の音刺激でも 1 側耳及び両側耳刺激とともにその影響が明確に現われてはいない。

3. 初めに 1 側耳あるいは両側耳に 1000cps 90db. の音刺激を 30 分間与えておき、ついで音を聴かせながら行なつた検査では加速度閾値が大となつている。僅少ではあるが影響があるように思われる。

4. 1 側耳刺激と両側耳刺激とでは両者の間に直線運動感覚の閾値の差はみられない。

5. 被検者は音刺激後に一時的な耳鳴を訴えたもの 2 名、刺激側耳の閉塞感を訴えたもの 4 名、両者を同時に訴えたもの 2 名、不快感乃至刺激前と何か異つた状態にあると訴えたものは全例にみられた。

(3) 病的状態における例

1. 一側迷路障害者を対象とした場合

被検者は本検査を行う前に聴力検査及び前庭機能検査を行い、その成績から一側聾あるいは一側の高度難聴者で前庭機能に障害のある者を選んだ。

その成績は表 5 に示す如くであるが、迷路炎 (No. 1～3) 頭部外傷 (No. 4, 5) メニエル氏病 (No. 6～8) と診断したものである。加速度刺激に対する運動感覚は全例において、各体位ともに感受不能であつた。またこのうち 4 名は悪心、不快感、頭重感などを訴えた。

2. 両側聾を対象とした場合

聴力検査を行なつて聾であることを確めた後に、前庭機能検査の成績から両側機能の全く喪失乃至著しく低下していると思われるもの 2 名、ならびに両側機能が殆ん

表 4 音刺激による感覚閾値への影響

No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
頭位												
刺 戟 前	脊 位	(長)	c	d	c	d	b	d	b	b	d	b
		(短)	d	e	c	d	b	e	b	c	e	c
	腹 位	(長)	d	e	c	d	b	c	b	b	e	c
		(短)	d	e	d	e	c	d	c	b	e	d
	左臥位	(長)	d	e	d	d	d	d	c	b	e	e
		(短)	c	e	d	e	c	d	c	b	e	d
	右臥位	(長)	d	e	d	d	d	d	d	c	e	d
		(短)	d	c	c	d	c	c	c	b	d	e
	坐 位	(長)	b	d	b	b	a	c	a	a	c	b
		(短)	b	d	c	c	a	c	a	b	d	c
音 刺 戟	刺 戟 耳	1 側						兩 側				
	1000c/s	50 db		90 db								
	前 刺 戟					30 分				30 分		
刺 戟 後	脊 位	(長)	d	e	d	e	d	e	d	d	e	d
		(短)	d	e	d	—	e	—	d	d	e	d
	腹 位	(長)	d	e	d	—	d	—	e	d	—	e
		(短)	e	—	d	—	e	e	e	c	—	—
	左臥位	(長)	e	—	e	e	e	—	e	d	—	—
		(短)	e	e	e	e	e	e	—	d	—	e
	右臥位	(長)	e	—	e	e	c	e	—	e	—	e
		(短)	e	—	d	—	e	e	e	d	e	e
	坐 位	(長)	d	e	d	c	c	e	c	c	e	c
		(短)	d	e	d	d	c	e	d	c	e	d

—：直線運動刺激に対して感受不能

表 5 1 側聴覚前庭機能障害者

No.	年齢	難聴	耳 鳴	前 庭 検 査							
				S.N	L.N	足 踏	書 字	起 立	単 脚	温 度	
1	28	右 耳	右 断 続 性	⊕	⊕	右 偏	右 偏	(+)	(+)	r. CP	
2	31	左 耳	左 持 続 性	↘	変りい な	左 偏	左 偏	(+)	(+)	L. CP	
3	22	右 耳	右 断 続 性	⊕	⊕	(-)	右 偏	(+)	(+)	r. CP	
4	45	右 耳	右 持 続 性	⊕	⊕	右 偏	右 偏	(+)	(+)	r. CP	
5	51	左 耳	左 持 続 性	⊕	⊕	左 偏	(-)	(-)	(+)	CP+ 病側 DP	
6	31	左 耳	左 断 続 性	⊕	⊕	左 偏	左 偏	(+)	(+)	L. CP	
7	51	右 耳	な 断 続 し	⊕	⊕	右 偏	(-)	(+)	(+)	r. CP	
8	41	左 耳	左 断 続 性	⊕	⊕	左 偏	左 偏	(+)	(+)	L. CP	

S・N：自発眼振 L・N：頭位眼振 C・P：半規管麻痺 D・P：眼振方向優位性 ↘：右向き

表 6 両側聾の前庭機能

No.	年齢	S.N	L.N	足踏	書字	起立	単脚	温度	回転
1	48	母	母	偏倚なし	偏書なし	(±)	閉眼で(十)	両側の反応なし	両側の反応なし
2	23	母	母	〃	〃	(十)	〃 (十)	〃	〃
3	19	母	母	(一)	(一)	(一)	(±)	D.P	正 常

(十) 異常ヲ認ム

表 7 両側聾の直線運動感覚 (閾値)

No.	脊 位		腹 位		左臥位		右臥位		坐 位	
	(長)	(短)	(長)	(短)	(長)	(短)	(長)	(短)	(長)	(短)
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	c	d	d	d	e	d	d	d	c	c

ど正常と思われるもの 1 名を選んだ。その成績は表 6 及び 7 に示す通りである。

前庭機能検査によつて迷路に障害の認められるものは、本刺激に対する運動の感受は不能であつた。しかし、前庭迷路に障害の認められないものゝ運動感覚は健康人と差異がなかつた。

総括と考按

各種方向への直線運動は日常の乗物で人体が普段に感受しているものであるが、この刺激装置を実際に検査室に設備しようとするれば種々の困難を生じる。著者はこのために Jongkees & Veits¹⁷⁾、時実³⁹⁾、渡部⁵²⁾が用いたブランコ装置によつて直線運動を惹起させるようにした。しかし同じブランコ装置で直線加速度刺激は一定であつても、その装置の材料、構造、条件によつて刺激としては幾分の差異が生じてくることは否定できないと思われる。また装置を精確に動揺させるために電氣的に処理することが望ましいことであるが、その設備は簡単にはできない。このために直線運動刺激は手動で行つた。最近まで Barany の回転刺激による眼振の観察は全て手動で行なわれ、朴沢は前庭機能検査法の 1 つであるクプロメトリーを手動回転で行なつて観察し⁴⁶⁾、松永⁴⁷⁾は回転感覚の検査に手動の振子様回転椅子を用いて行なつた。これらの研究によつて手動による刺激によつても充分なる検査が行なえることが認められる。

この刺激の強さを表わすのに周期(時間)と振幅で定めることは Hennebert⁵³⁾ も記載しているが、振子運動においては吊り索の長さを常に一定にすれば、振幅は

異つても周期(時間)は一定となるから、種々に振幅を変えれば異つた加速度 (cm/sec²) を生じてくる。更に Parallel swing は曲率半径の大きな円運動の一部であるから、振幅が小さい程正確に水平直線運動を行なうものである。これらの点から著者は周期・3 秒、振幅・最大 18cm、刺激時間・15 秒間、加速度・4, 7, 11, 15, 18 cm/sec² を定めた。

被検者の本刺激に対する感覚感受の応答は電氣的記録が記録紙の上に描写できれば申し分はないが、これも色々の制約が生じて簡単にはできない。渡部⁵²⁾ は直線運動感覚の検査においてすべての応答を被検者と口答によつて行なっている。しかしこれは渡部も述べているように被検査は一定の判断力を持ち、応答が敏速正確であることが必要であり、このため無誤に検査をすることができない。著者は本検査が自覺的な感覚検査であることから、現在用いられている Audiometer による聴力検査法と同じようにランプの点滅によつて感覚感受の合図をさせ質問を補助的に必要な時に加えた。但し各方向の運動刺激の感受を区別するために数個の色付きランプを用いた。

現在一般的な概念として直線運動感覚を惹起する感受装置は前庭迷路の耳右器にあり、その興奮は前庭神経、前庭神経核を経て大脳皮質に達し運動感覚として知覚されるとされている。本研究においては視覚、聴覚、触覚などのいわゆる判別性感覚 (epicritic sensation) の感覚器、ならびに前庭器以外の内臓、痛覚などのいわゆる原始感覚 (protopathic sensation) の感覚器³⁸⁾ からのインプルスは除外し得たものと考えてゆきたい。

人体を対象とする直線運動刺激に対する運動感覚についての報告は Mach¹⁸⁾、Veits²¹⁾、Fischer¹¹⁾、Bourdon³⁴⁾、Jongkees¹⁷⁾、渡部⁵²⁾ 等によつて行なわれている。

前庭迷路をブランコ装置を用いて直線運動刺激を加える場合に、人体を仰臥位にして体軸と動揺装置が平行に運動するときを上下(垂直)方向運動、体軸と直角に装置が運動するときを左右方向運動、側臥位にして体軸と

直角に運動するときを前後（脊腹）方向運動としてその反応を種々の方法で観察した報告は散見される。

一方 Howlett²⁴⁾, Jongkees¹⁷⁾, Groen²⁰⁾, 三沢⁴⁸⁾ は乗物酔いに対して最も安定した頭位を探究し、頭位によって運動感覚が異ってくることを報告している。

著者は動揺装置台の長軸方向と短軸方向に平行に水平運動を行なわせ、この上に被検者をのせて脊位、腹位、左及び右側臥位、ならびに坐位の各頭位をとらせたが、このうち脊位、腹位、左右側臥位における動揺台の長軸方向の運動は人体に対する上下運動、脊位と腹位における短軸方向の運動は左右運動、左及び右側臥位における短軸方向の運動は前後（脊腹）運動であると見做されるが、これらの運動は人体を水平面に置いた状態の運動であり、起立姿勢における状態ではない。台上の坐位における頭位は重力の方向に対して所謂正常頭位であるが、被検者は腰部を屈曲した状態をとっている点が起立姿勢と異っている。

Hulk-Henkes²⁶⁾, Howlett²⁴⁾, Noble²⁷⁾ は前庭迷路に対する直線運動刺激は上下方向運動が最も敏感に感受されると述べている。前庭器を刺激して直線運動感覚を惹起する加速度の最小閾値の測定についての報告は種々行なわれているが、その測定値は研究者によつて多少異っている。Veits²¹⁾ は垂直性直線運動における最小の閾値は Mach の計測した約 12cm/sec^2 であろうとし、Bourdon³⁴⁾ も同様に 12cm/sec^2 であるとした。Jongkees & Groen¹⁷⁾ は Parallel swing による測定で水平仰臥位における人体の上下方向運動において 12cm/sec^2 であると述べ、また Kunze³⁴⁾ は水平方向運動では $4\sim 20\text{cm/sec}^2$ 、藤田⁴⁵⁾ によれば水平方向運動では $2\sim 20\text{cm/sec}^2$ 、垂直方向運動では $4\sim 12\text{cm/sec}^2$ 、Van Egmond²⁰⁾ は加速度の閾値は 10cm/sec^2 。このように加速度の閾値は文献によつて相当の幅がみられる。

著者の成績表 3 をみると、その 2.86% は水平位における上下、前後、左右の各方向からの運動刺激に対して、最小の加速度刺激である 4cm/sec^2 が感受されている。更に 18cm/sec^2 の刺激は全例において感受されている。即ち各体位ならびに各方向からの刺激に対して 18cm/sec^2 の刺激を 100% の感受率とすると 4cm/sec^2 では 2.86%、 7cm/sec^2 では 17.24%、 11cm/sec^2 では 55.87%、 15cm/sec^2 では 71.95% の割合で加速度を感受している。

表 2 の成績から各体位と刺激方向のちがひによつて運動感覚閾値に差異が生じているかについて X^2 test (カ

イ自乗テスト)³⁷⁾ によつて算定した。この結果、表 2 の成績からは坐位と他の 4 体位との間に有意の差異が認められ（危険率 5%）、最小加速度閾値 4cm/sec^2 の長軸及び短軸方向刺激において坐位が敏感に感受される。即ち坐位の状態の直線運動感覚が最も良いといえる。他の 4 体位相互を比較してみたが有意の差異は認められなかつた。よつてこの 4 頭位について 7, 11, 15, 18cm/sec^2 の加速度について観察することとした。 18cm/sec^2 の加速度刺激の感受はいずれも 100% であるが、爾余の刺激 7, 11, 15cm/sec^2 についての感受率 (%) を調べ（表 3）、これを X^2 test で算定した。

加速度 7cm/sec^2 の刺激では動揺台の長軸方向刺激において脊位が、また短軸方向刺激において脊位と側臥位が他の体位よりも有意（危険率 5%）で感受性が高い。しかしそれより大きい加速度刺激では各体位の間に有意の差異が認められなかつた。このことは加速度 7cm/sec^2 までの刺激に対しては脊位は台の長軸及び短軸方向の刺激に対して腹位及び側臥位よりも敏感であるといえる。また側臥位では短軸方向、即ち水平面における前後運動が最も敏感に感受されている。加速度刺激が 7cm/sec^2 より大きくなれば各体位の間の直線運動感覚には差異が認められていない。

Jongkees¹⁶⁾ は直線運動刺激に対しては両側迷路は同時に同性質の刺激をうけて直線運動を感受するから、敏感な感受のためには両側迷路機能が健全でなければならないと述べている。直線運動刺激に対して正常なる迷路は本検査では 7cm/sec^2 以下の加速度において脊位が最も敏感に長軸方向及び短軸方向の刺激を感受し、側臥位では短軸方向の刺激が最も敏感に感受されたが、加速度が 7cm/sec^2 より大きくなるに従つて体位による感受率の差異は消失した。このことは坐位以外の体位についていえることであるが、坐位をとらせた場合の加速度閾値の成績が他の体位をとらせた場合よりも良いことは、坐位の状態では他の因子が加つているものと考ええる。それは坐位と他の体位の成績をみるとはなはだしく坐位の場合が敏感であるからで、他の体位と異っている条件は、耳石の有毛細胞に対する作用方向が異っていることと、身体が腰部で屈曲しているために身体を一定の体位に支えるために軀幹筋に緊張が起つていることである。これが直線刺激による迷路感覚に影響を与えるものと考えられる。更に腰部を屈曲したために内臓感覚、皮膚感覚などの影響の加わることも考慮される。

人体の乗物酔いに関する報告をみると、三沢⁴⁸⁾ は上下

方向の運動が最も不快に感じられるとし、Noble²⁷⁾、Groen & Jongkees¹⁷⁾ は仰臥位における上下方向の直線刺激に対して、頭部のみを変えて観察すると、後屈頭位をとらせたときが最も感受性が低下すると報告している。この理由として Groen & Jongkees は耳右器官に Quix による盲点 (the blind spot) の存在を仮定し、後屈頭位をとらせると、そこに加速度が作用するからであると説明しているが、Grahe, Fischer⁹⁾ 等はこのような位置をとつた際には頭部へ行く血管の圧迫又は内臓の牽引による影響のために平衡感覚に錯誤をきたすからであると説明している。耳右器官の盲点は頭部を後方へ傾けた時にのみ反応するものか、他の頭位では反応しないものか、盲点そのものにも具体的な証明がない。

著者の検査から刺激が 7cm/sec^2 より小さな場合は体位によつて頭部へ行く血液の循環に僅かながら差異が生じ、これが前庭迷路の感装置に影響を与え、刺激が 7cm/sec^2 より大きくなつた場合には各体位の間に於いて X^2 test に差異が認められなかつた。これは加速度 18cm/sec^2 において各体位及び刺激方向に関係なく全例ともに刺激を感受し得ているために、 18cm/sec^2 に近づくほど成績値に差異が現れにくくなつていく。

Jones, Veits^{42) 21)} は聾啞者が運動感覚が欠除することを報告し、Mach, Breuer⁴⁾ は迷路は各種方向の直線運動を感受するが、その装置は耳右器官にあると述べた。Magnus & de Klijn⁴²⁾ は直線運動は半規管で感受されると述べたが、Fischer, Veits²²⁾ は直線運動におけるリンパ流動説を否定している。Quix⁴²⁾ は垂直方向の直線運動は卵形嚢で、左右方向の直線運動は球形嚢によつて感受されるとしたが、長谷川⁴²⁾ は人体において卵形嚢は矢状方向の直線運動、球形嚢は上下方向の直線運動を感受すると述べている。

解剖学的に耳右器官の位置関係をみると迷路の前庭内部には前方に球形嚢、後上方に卵形嚢があり、両者はそれぞれ平衡斑をもち前庭神経の終末装置が存在する。卵形嚢平衡斑は人体が直立位にあるときはほぼ水平の状態にあり、球形嚢平衡斑は正中面に平行に垂直の状態にある。この2つの平衡斑の機能については Mach, Breuer Magnus, Quix 等によつて解釈に多少の差異があるが、いずれも慣性によつて平衡砂のずれが神経終末への刺激となるものと解釈されている³³⁾。

Maxwell²⁶⁾ は dogfish を用いて、Tait, McNally⁶³⁾ は蛙を用いて耳石器と半規管の機能に関連性があることを報告している。解剖学的に耳右器官と半規管とは

異つたものであつても、人体の耳右器官のみを刺激することはきわめて困難である。

次に音刺激によつて前庭迷路は何等かの影響を受けるか否かについての文献を探すと、Temkin⁵⁴⁾ は騒音によつて前庭迷路は影響をうけないと述べているが、しかし保野⁵⁰⁾ は騒音によつて影響を受けると述べ、菅原は健康人に音刺激を与えた後の前庭迷路機能について観察した³⁶⁾。即ち1側耳に音刺激を与えると書字に偏倚が現れ、立直り反射の障害が現れるが、両側耳に音刺激を与えると偏倚現象と立直り反射に異常を認めないと述べている。

著者は音刺激によつて前庭迷路の直線運動感覚閾値がいかに影響されるかを観察したが、Audiometer 1000 c.p.s. における 50db、乃至 90db. の強さではその閾値に影響は現れない。それで1側あるいは両側にあらかじめ 1000c.p.s. 90db. の音を30分間聴かせ、更に音刺激を加えながら上述の検査を行なつた。

その成績は音の強さと刺激時間に比例して感覚の閾値が大きくなつてくることを示した。これは一側及び両側いずれの刺激の場合にも認められた。1側耳ならびに両側耳の音刺激はともに閾値が大きくなつて、両者の間で差がみられないのは、菅原の行なつた1側前庭刺激によつて偏倚ならびに立直り反射の異常が認められたのと異なり、直線運動刺激によつては両側の前庭迷路がほぼ同じ強さと同じ性質の刺激をうけるから、その感覚閾値が大きくなることは、音刺激によつて前庭迷路機能が低下するものと推論した。

以上で健康成人の直線運動感覚とその閾値について述べてきたが、その臨床的応用の試みとして一側の迷路障害者と両側聾者について同様の検査を行ない、その感覚閾値の変化をみた。

一側の迷路機能に障害が認められたものは、脊位、腹位、側臥位ならびに坐位のすべての頭位において各方向の直線刺激を全く感受し得なかつた。更に両側聾で両側の前庭機能が喪失しているものでは、運動感覚は全く起らなかつたが、前庭迷路機能に異常のないものでは、運動感覚閾値は健康人と同様の値を示し、前庭迷路機能検査の成績と一致した。

健康成人の坐位における感覚閾値は他の体位に比較して最も鋭敏に感受されたが、一側ならびに両側の前庭機能の喪失者には坐位においても運動刺激を感受し得なかつた。この意味において本検査は前庭迷路、特にその耳石器の機能検査のために用うるに便宜な方法である。

従来、直線運動感覚殊にその加速度の最小閾値に関する報告は比較的になく、閾値には相当の幅が認められた。著者の行なつた方法は自覚的なものではあるが、被検者の身体を自然の状態で脊位、腹位、側臥位ならびに坐位をとらせ、刺激の方向を変えて前庭迷路の直線運動感覚閾値を測定する上に、爾余の器官への刺激を極力避け得たものと思う。

今後、ブランコ装置 (Parallel swing) を前庭迷路の興奮性診断の一つの示標としての直線運動感覚閾値測定に用い得ることを知つた。

結 語

- 1) 前庭迷路、特に耳石器官の機能検査法の一つとして Parallel swing を用いて直線運動刺激装置を作製し、脊位、腹位、左及び右側臥位、坐位の状態における上下、左右、前後からの直線運動感覚最小閾値を測定した。
- 2) 検査には健康成人 56 名を用い、直線運動としては加速度 4, 7, 11, 15, 18cm/sec² の振り様運動を用いた。
- 3) 各体位における各方向の刺激に対する直線運動感覚の最小加速度閾値は、およそ 4cm/sec²～18cm/sec² の間にあり坐位を除く他の体位については 4cm/sec² では全例中の 2.9%, 18cm/sec² では全例において感受された。
- 4) 各体位と刺激方向との関係による感覚閾値の差異については、坐位の状態が最も敏感である。その他の体位の間では加速度刺激が 7cm/sec² より小であれば、脊位における上下 (長軸方向) 及び左右 (短軸方向) 刺激が、また側臥位における前後 (短軸方向) 刺激が、坐位を除く他の体位における同刺激に対してよりも敏感に感受された。但し加速度が 7cm/sec² よりも大きくなれば、坐位を除く他の頭位の間に推計学的に有意の差異は現れなかつた。
- 5) 音刺激による直線運動感覚閾値への影響を 10 名について観察した。その結果 1000c.p.s. で 90db. の音刺激では閾値の上昇が認められた。
- 6) 臨床応用例として一側迷路障害者 8 名ならびに両側聾者 3 名について感覚検査を行なつた。その結果、従来の検査法によつて前庭迷路障害と診断された例では、いずれも本閾値の上昇又はその運動感覚の喪失が認められた。
- 7) 本研究によつて前庭迷路は直線運動感覚に対しては敏感であり、前庭迷路特に耳石器官の機能検査にはブラ

ンコ装置による検査が便利であり、臨床上にも応用のできることを知つた。

文 献

- 1) Barany, R.: Untersuchungen über den von Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelisten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen. Monasch. f. Ohren. 40, 352, 1906.
- 2) Breuer, J.: Beiträge zur Lehre vom statischen Sinn. wien. Med. Jahrb. 5, 87, 1875.
- 3) Brown, A.C.: On sense of rotation and anatomy and physiology of the semicircular canals of internal ear. J. Anat. and physiol. 8, 327, 1874.
- 4) Breuer J.: Über die Funktion der Otolithen-Apparate. Arch. f. d. ges. Physiol. 48, 195, 1890.
- 5) Chilow, K.L.: Über den Funktionszusammenhang des Otolithenapparates und des Bogengangssystems. Z. Hals. Nase. Ohren Heilk. 17, 485, 1927.
- 6) Flourens, P.: Recherches experimentelles sur animaux Vertébrés. 1824.
- 7) Francis Miokolczy.: Electronystagmographic studies of Vestibular funktion. Annals O.R. L. 70, 171, 1.
- 8) Fitzgerald G., & Hallpike C.S.: Studies on Human Vestibular Funktion. 1. Observations on the Directional Preponderance of Nystagmus Resulting from Cerebral Lesions. 65, 115, 1953.
- 9) Fischer M.H.: Die Regulationsfunktionen des menschlichen Vestibularapparates und die Zusammenhänge mit verwandten Funktionen. Ergebn. d. Physiol. 27, 209.
- 10) Fischer M.H. u. Wodak E.: Pfluger's Arch. 202, 523, 1924.
- 11) Fischkr M.H. u. Kornmuller A.E.: Zbt. f. Sinnesphysiol. 61, 87, 1930.
- 12) Fukuda T.: The Stepping Test, Acta Oto-laryng. 50, 95, 1959.
- 13) Fukuda T.: Vertical Writing with Eyes covered. Acta O.L. 50, 95, 1959.
- 14) Jongkees L.B.W.: Value of the Caloric Test of the Labyrinth. Arch. Otol. 48, 402, 1948.
- 15) Jongkees, L. B. W. & Klijn, J.: The threshold of the Vestibular organ. acta O.L. 50, 292, 1952.
- 16) Jongkees, L.B.W.: Positional nystagmus of peripheral origin. J. physiol. 110, 447, 1950.
- 17) Jongkees, L.B.W. & Groen, J.J.: The Sensitivity of the Otoliths. Paries, 1944.
- 18) Mach, E.: physikulische versuche uber das Gleichgewichtssinn des Menschen. Sitzungsab. d.

- Akad. d Wissensch. 68, 124, 1873. 19) *Nylén C.O.*: Positional Nystagmus. *J. Laryng. & Otol.* 64, 295, 1950. 20) *Van Egmond, A.A.J., Groen, J.J. & Jongkees, L.B.W.*: The Function of the Vestibular Organ. S. Karger New-York, 1952. 21) *Veits C.*: *Z. Hals-uw. Heilk.* 481, 17, 1832. 22) *Veits C.*: *Arch. Ohrenheilk.* 118: 301, 119: 161, 1928. 23) *Wodak*: *Physio-pathologische Probleme des menschlichen Vestibularapparates. Fortschritte der Hals-Nasen-Ohrenheilk.* 1, 179, 1953. 24) *Howlett, J.G. et al.*: N.R.C. Canada, Rep. No. C. 2507, 1943. 25) *Hulk, J. & Henkes, H.E.*: Die Bedeutung der Otolithen bei der Entstehung der vestibulo-vegetativen Reflexe. *Pract. ot etc.* 12, 65, 1950. 26) *Maxwell, S.S.*: Labyrinth and Equilibrium. Philadel. J.B. Lippincott Co. 1923. 27) *Noble, R.L.*: Symposium on Motion Sickness. London, 1953. 28) 猪初男, 早川富之助: 送路機能検査法としてのカロリテストの吟味, 耳喉科, 23, 9, 1954. 29) 大久保清子: 温度眼振における耳石機能の実験的研究, 日耳鼻, 64, 1, 11, 1961. 30) 切替二郎: 聴覚検査法・前庭送路機能検査法, 医学書院, 1951. 31) 小谷正雄: 物理学概説, 裳華房, 1951. 32) 小池吉郎, 他: 眼振電図 ENG の技術的諸問題, 耳鼻臨, 51, 6~505, 7~587, 8~655, 1958. 33) 後藤敏郎: 耳鼻咽喉科学, 医学書院, 1960. 34) 後藤光治: 日本耳鼻咽喉科全書, 1 巻 1 冊, 1953. 35) 坂田英治, 鈴木淳一, 他: 頭位変化時にみられる眼振(頭位変化眼振)に関する研究一検査法の提案, 日耳鼻, 64, 8, 1402, 1961. 36) 菅原善公: 騒音と前庭送路耳鼻臨, 54, 増刊 1, 83, 1961. 37) 立川清: 例解統計学, 第 1 出版, 1960. 38) 時実利彦: 中外医薬, 15 巻, 1 号, 1961. 39) 時実利彦: 日生理, 13, 518, 1951. 40) 戸塚元吉: 耳鼻咽喉科領域における筋電図の応用一生体の電気現象とその応用, 金原出版, 1956. 41) 西川弛: 所謂内耳性難聴者の前庭機能に関する研究, 日耳鼻, 58, 1, 30, 1955. 42) 長谷川高敏: 送路刺激とその影響, 日耳鼻, 51, 1, 7. 43) 長谷川高敏: 加速度病, 南条書店. 44) 福田精: 運動と平衡の反射生理, 医学書院, 1957. 45) 藤田敏彦, 佐武安太郎: 生理学講義, 南山堂, 1951. 46) 朴沢二郎: 手動式廻転法によるクロメトリーの検討, 日耳鼻, 59, 7, 1027, 1956. 47) 松永亨: 回転感覚検査法の研究(振子様回転刺激時の感覚検査に就いて), 日耳鼻, 61, 11, 1902, 1958. 48) 三沢敬典: 空酔についての綜説, 耳鼻臨, 50, 289, 1957. 49) 向井貞三: 内耳性筋反応に関する研究, 水平直線運動刺激の場合, 日耳鼻, 62, 4, 614, 1959. 50) 保野仁: 騒音の前庭機能に及ぼす影響, 労働科学, 27, 4, 179, 1951. 51) 川形雅俊: 球形囊作用に関する実験的研究, 日耳鼻, 61, 10, 1631, 1958. 52) 渡部哲二郎: 人体の直線反射並に直線運動感覚に関する実験的研究, 日耳鼻, 62, 3, 417, 1959. 53) *Tait, J. & McNally, W.J.*: *Quart. J. Exp. Physiol.* 23, 147, 1933. 54) *Temkin, J.*: Die Schädigung des Ohres durch Lärm und Erschütterung. *M-sch. Ohrenhk. usw.* 67, 259, 1933. 55) *Hennebert, P.E.*: Les réactions vestibulaires aux épreuves sinusoidales. *Acta Oto-laryng.* 46, 221, 1965.

(原稿到着＝昭和 37. 3. 12 日)