水平保持斜面台検査

村田 忠行・北原 正章

Acceleration Registrogram of the Head During Human Equilibrium Movement

Tadayuki Murata and Masaaki Kitahara

(Shiga University of Medical Science)

Kitahara reported a recording method of momentary sways of the human head during righting reflex with an accelerometer. By means of this method, the acceleration element of the head movement and the tilting angle of the plank, which was maintained horizontally by a subject standing on the plank, were registered. 16 normals and 20 cases with vestibular dysfunction were used in this experiment. The results of the tilting angle and the subjective horizontal level of the plank had no significant difference between the normals and the cases with vestibular dysfunction. The parameters obtained from the head movement were expected to reflect the vestibular function.

はじめに

平衡機能検査の中で「立ち直り検査」は、従来、平衡機能の破綻を指標するものが多く、失調の程度は検者の主観に委ねられる怨みがあった。これに対し、北原¹⁾²⁾³⁾は1963年、斜面台傾斜時の頭部運動加速度成分を連続的に記録し、臨床検査としての有用性を提唱した。本研究では、平衡失調は静的状態より動的状态で明らかになることが多いため、この検査法を更に発展させ、被検者に左右方向へ自動的に傾斜する電動斜面台上で、台を常に水平に保持するよう操作させ、その時の頭部運動加速度成分と斜面台の傾斜度を記録、ついで単に頭位のみでなく、斜面台の傾斜位を基準とした頭位、つまり眼球の反対回旋に相当する頭部の反対回旋（仮称）を測定し、これらのパラメーターへの内耳の関与を、正常人、前庭機能障害者を用い、検討した。

対象と方法

対象は平衡失調、めまいの訴えなく、立ち直り、偏倚、温度性眼振検査で異常を認めない正常人16名、前庭機能障害者20名（メニエール病15名、眩暈を伴う突発性難聴4名、良性発作性頭位眩暈1名）である。

測定装置の概略を図1に示す。被検者の前額部に非接着抵抗線型直線加速度計（共和測器製

type AS-2C, 容量 $\pm 2g$ ）を装置し、直流増幅器①に頭部運動加速度成分を、斜面台傾斜角は、斜面台の前部中央に取り付けた同型加速度計から直流増幅器②に記録する。この電動斜面台は $1.5^\circ/\text{sec}$ の傾斜角速度をもつ。この電動斜面台には、傾斜方向の左右切替手元スイッチが設けられ、被検者は斜面台上で、随時、台を左

図1 A, C: 非接着抵抗線型直線加速度計
B: 左右傾斜切替手元スイッチ,
M: 斜面台左右傾斜装置
DCamp: 直流増幅器

右に傾けることができる。すなわち、スイッチボタンを押している間は斜面台は右に、ボタンを放している間は左に傾くよう設定されている。

実際には、まず、被検者に台の左右切替スイッチを持たせ、遮眼、接足位にて斜面台中央に静止直立させる。電動斜面台を始動すると、手元スイッチのボタンを押す放すに関係なく、斜面台は、たえず右または左に動くが、被検者には、これを水平に保つよう指示する。なお、スイッチの操作などは、検査前に十分馴れるよう練習させる。

模式化した記録図を図2に示す。上段の波形は頭部運動の左右直線加速度成分を、下段の波形は斜面台傾斜の左右直線加速度成分（およそ、傾斜角に相当する。）を経時的に表わしている。本検査では斜面台が 15° 傾いた時、すなわち $g \sin 15^\circ$ (約 $0.259g$) を記録図上 20 mm にとった。紙送り速度は 3 mm/sec である。また、記録図上、基線（水平位）より上は右傾、下は左傾を表わし、それぞれ (+), (-) と符号した。検査開始直後の記録波形は不安定なことが多く、斜面台波形の第3周期目からの5周期を

図2 上の波形は頭部運動の、下の波形は斜面台傾斜の加速度成分を経時的に表わしている。

分析の対象とした。斜面台波形が第3周期目でも不安定な例では、以後の斜面台波形が安定した5周期を分析の対象とした。

検討した因子は、i) 頭部自覚的垂直位：頭位振幅について、図2の $(a-b)/2$ で表わす。ii) 頭部の反対回旋：頭部の自覚的垂直位から、次に述べる斜面台の自覚的水平位を引いたもので、斜面台の自覚的水平位を真の水平位と仮定した場合の頭位、つまり、被検者の頭位が、斜面台上に被検者と同長の剛体があるとした場合に比較し、空間で立ち直っている程度を表わす指標となる。この場合、右傾左傾に関係なく、(+)は立ち直りのある場合、(-)は立ち直りのない場合を示す。iii) 頭位振幅：頭部運動加速度成分の長周期変動波²⁾の振幅で示され、図2のAを指す。iv) 頭部動揺度：斜面台波の一周期、つまり、斜面台の傾斜が一往復する間の頭部運動の短周期変動波²⁾の最大振幅で、図2のcで示される。v) 斜面台自覚的水平位：斜面台波について、図2の $(a-b)/2$ で表わす。vi) 斜面台傾斜度：斜面台波の振幅で示され、図2のBを指す。

成績

I) 正常人の成績

表1は正常人の、頭部自覚的垂直位、頭部の反対回旋、頭位振幅、頭部動揺度、斜面台自覚的水平位、斜面台傾斜度を示す。頭部自覚的垂直位、頭部の反対回旋、斜面台の自覚的水平位の平均値は、左右方向に関係なく、上記因子の変位の大きさを見るために、絶対値で求めた。

頭部自覚的垂直位の平均は $0.028 \pm 0.026 g$ 、頭部の反対回旋の平均は $0.045 \pm 0.039 g$ 、頭位振幅の平均は $0.085 \pm 0.053 g$ 、頭部動揺度の平均は $0.049 \pm 0.027 g$ 、斜面台傾斜度の平均は $0.108 \pm 0.050 g$ 、斜面台自覚的水平位の平均は $0.041 \pm 0.026 g$ で、標準偏差は斜面台自覚的水平位が最も小さく、頭部自覚的水平位と頭部反対回旋とでは、前者がやや小さい値をとった。

斜面台傾斜に対する頭部運動加速度成分の位相差は、図3の如く一見して殆どなく、全例、同位相（斜面台の右傾時には頭部も右傾、斜面台の左傾時には頭部も左傾する）であった。

正常人の記録波形の一例を図3に示す。本例は前記の各因子とも正常範囲内であり、典型的

図3 正常人の記録波

表1 正常人の成績

	頭 部				斜 面 台	
	自 覚 的 垂 直 位	反対回旋	頭位振幅	動 揺 度	自 覚 的 水 平 位	傾 斜 度
1	0	0.044	0.067	0.051	— 0.044	0.109
2	— 0.013	0.034	0.065	0.049	— 0.047	0.121
3	0.026	0.091	0.054	0.039	— 0.065	0.091
4	0.013	0.065	0.067	0.059	— 0.052	0.067
5	0.013	0.062	0.069	0.042	— 0.049	0.111
6	— 0.065	— 0.013	0.044	0.032	— 0.052	0.081
7	— 0.013	0.052	0.086	0.047	— 0.056	0.091
8	0.013	0.013	0.024	0.020	0	0.026
9	— 0.039	0.044	0.059	0.044	— 0.024	0.072
10	— 0.026	0.101	0.234	0.101	— 0.070	0.104
11	0.005	0.101	0.162	0.101	— 0.062	0.104
12	0.008	0.070	0.086	0.007	— 0.005	0.197
13	0.026	0.078	0.144	0.078	— 0.062	0.216
14	— 0.039	0.026	0.078	0.026	+ 0.015	0.145
15	— 0.013	0.038	0.054	0.038	— 0.029	0.052
16	0.019	0.057	0.099	0.057	— 0.026	0.145
$\bar{x}$	0.028	0.045	0.085	0.048	0.041	0.108
$\sigma n-1$	0.026	0.039	0.053	0.027	0.026	0.005
N.R.	— 0.047 ~ + 0.058	— 0.033 ~ + 0.123	0 ~ 0.186	0 ~ + 0.103	— 0.091 ~ + 0.012	0.009 ~ 0.207

単位：g $\bar{x}$ ：平均値 $\sigma n-1$ ：標準偏差 N. R.：正常範囲 アンダーラインは異常値を示す。

な正常波形である。

II) 前庭機能障害者の成績

まず、症例を呈示する。

(症例) 65歳, 男性, 左メニエール病

現病歴: 昭和56年6月より回転性眩暈発作をくりかえす。特に昭和57年2月, 3月は, ほぼ毎日, 左蝸牛症状を随伴する眩暈発作を3~6時間起こしていた。聴力: 右20 dB 高音漸減型感音難聴, 左60 dB 水平型感音難聴。平衡機能: Mann 検査で閉眼時, 左転倒傾向。足踏検査では左に200° 回転。温度性眼振検査では30°C, 50 ml の注水に対し, 右は正常反応, 左は無反応であった。本検査の記録図を図4に示す。頭位振幅は0.114 g, 頭部動揺度は0.057 g, 斜面台傾斜度は0.140 g, 斜面台自覚的水平位は-0.024 gで, いずれも正常範囲内であるが, 頭部の自覚的垂直位は-0.067 g, 頭部の反対回旋は-0.043 gといずれも異常に左に偏し, 空間における頭位, 頭部の反対回旋とも, それらの立ち直り障害は, 本検査以外の立ち直り検査や温度性眼振検査の CP 側から推定される前庭機能低下側と一致した。

(症例) 54歳, 男性, 両側メニエール病

現病歴: 昭和57年7月より, 蝸牛症状を随伴しない回転性眩暈発作を4~5回, 各10分程度くりかえした。聴力: 右70 dB 水平型感音難聴 左50 dB 水平型感音難聴。平衡機能: Mann 検査では閉眼で左転倒傾向, 足踏検査では左に10° 回転, 前方へ1.5 m 移動した。温度性眼振検査では, 左 CP (21%) であった。本例の記

図4 症例 65歳男性

録図を図5に示す。頭部自覚的垂直位は0.005 g, 頭部の反対回旋は0.027 g, 斜面台傾斜度は0.044 gで, いずれも正常範囲内であるが, 頭位振幅は0.212 g, 頭部動揺度は0.234 gと異常に大きな値を示した。本例は左側の前庭機能がより低下していると推定されるが, 空間における頭位, 頭部の反対回旋とも, 立ち直り障害側の前庭機能低下は明白とはならなかったが, 頭位振幅ならびに頭部動揺に平衡失調が強く認められた。

表2は前庭機能障害例の疾患名, 頭部自覚的水平位, 頭部の反対回旋, 頭位振幅, 頭部動揺度, 斜面台自覚的水平位, 斜面台傾斜度を示す。これらの平均値は全て, 正常者に比べ大きな値となっている。異常値の発現頻度は, 頭部動揺度 (10例で50%), 頭部自覚的垂直位 (9例で45%), 頭位振幅 (8例で40%), 頭部の反対回旋 (7例で35%), 斜面台自覚的水平位 (6例で30%), 斜面台傾斜度 (3例で15%) であったが, いずれかの因子が異常値を示す例は, 17例で85%に及んだ。前庭機能低下側と本検査より求められた偏倚側との一致率は, 頭部自覚的垂直位 (9例中8例で89%), 頭部の反対回旋 (7例中6例で86%), 斜面台自覚的水平位 (6例中3例で50%) で, 頭部自覚的垂直位において, 前庭機能低下側と不一致であった一例は, 幼児期発症の両側メニエール病例であった。

図5 症例 54歳男性

表2 前庭機能障害者の成績

	疾患名	頭 部				斜 面 台	
		自 覚 的 垂 直 位	反対回旋	頭位振幅	動 揺 度	自 覚 的 水 平 位	傾 斜 度
1	右メ病	0.078	0.150	0.155	0.104	- 0.072	0.148
2	右メ病	- 0.006	0.009	0.070	0.067	- 0.015	0.062
3	右メ病	0.070	0.074	0.076	0.065	- 0.004	0.128
4	右メ病	0.085	0.201	0.209	0.114	- 0.116	0.160
5	右メ病	0.001	0.033	0.135	0.140	- 0.032	0.111
6	左メ病	0.008	- 0.033	0.126	0.070	+ 0.011	0.340
7	左メ病	- 0.067	- 0.043	0.011	0.057	- 0.024	0.140
8	左メ病	0.039	0.065	0.210	0.135	- 0.026	0.042
9	左メ病	0.036	0.057	0.090	0.049	- 0.021	0.150
10	左メ病	0	- 0.035	0.054	0.065	+ 0.035	0.026
11	左メ病	- 0.079	0.036	0.185	0.102	- 0.043	0.300
12	両メ病 (右<左)	- 0.026	- 0.119	0.568	0.145	+ 0.093	0.181
13	両メ病 (右<左)	- 0.047	0.076	0.130	0.069	+ 0.029	0.140
14	両メ病 (右<左)	- 0.058	0.006	0.120	0.112	- 0.064	0.234
15	両メ病 (左<右)	0.005	0.027	0.121	0.234	- 0.022	0.044
16	右突難	0.175	0.268	0.382	0.114	- 0.093	0.145
17	右突難	0.070	0.078	0.278	0.109	- 0.008	0.024
18	右突難	0.057	0.104	0.195	0.070	- 0.047	0.099
19	左突難	- 0.121	- 0.054	0.206	0.119	- 0.067	0.124
20	BPPV (左<右)	0.009	0.050	0.054	0.062	- 0.041	0.070
$\bar{x}$		0.052	0.074	0.172	0.110	0.043	0.133
$\sigma n-1$		0.045	0.067	0.128	0.044	0.031	0.084

単位: g $\bar{x}$ = 平均値 $\sigma n-1$ = 標準偏差 メ病 = メニエール病 突難 = 突発性難聴
 BPPV = 良性発作性頭位眩暈 (右<左) は右の前庭機能がより低下していることを示す。アンダーラインは異常値を示す。

考 按

斜面台検査は von Stein により創められた転倒角を測定する方法が現在でも一般であるが、これは平衡の破綻である転倒を指標とする検査である。その後、北原¹⁾²⁾³⁾は頭部に加速度計を取り付けることにより、傾斜中の頭部運動加速度成分を記録、分析し、その有用性を強調した。本検査では、これを更に発展させ、被検者を斜面台で、台を常に水平に保つよう操作させながら、頭部運動加速度成分を記録することに

より、空間における頭部立ち直りを測定するとともに、支持台の傾斜を基準とし、眼球の反対回旋に相当する頭部の反対回旋を測定した。

本検査で斜面台傾斜度、自覚的水平位は、前庭機能障害でも正常に保たれる例が多かったが、これは足せき関節を中心とする深部反射の大きい関与によるものと考えられる。また、斜面台自覚的水平位は、正常人16人中、14人、前庭機能障害者20例中、17例が左側に偏してい

たが、これは「利き手・利き脚」に起因するものと考えた。

これに反し、頭部動揺度、頭位振幅は前庭機能障害例で異常値の発現頻度が高く、11例(55%)を数えた。頭部立ち直り障害の方向要素を

もつ頭部自覚的垂直位と頭部の反対回旋で異常値を示した例は、それぞれ、9例中8例、7例中6例が、前庭機能低下側と一致しており、前庭機能低下側を推定する有力な指標であると考えられる。

ま と め

従来の斜面台検査を発展させ、身体の立ち直り障害を把える一方法として、電動斜面台上に立たせた被検者に、台を水平に保持するよう操作させ、その間の頭部運動加速度成分、斜面台傾斜角について検討を加えた。

1) 斜面台の自覚的水平位は、正常人、前庭機能障害者の間に著差を認めず、また、斜面台左右傾斜に対し、頭部はより垂直に保とうとする傾向があった。

2) 頭部動揺度、頭位振幅は前庭機能障害者で異常値の発現頻度が高かった。

3) 頭部自覚的垂直位、頭部の反対回旋で異常値を示した例は、高率に前庭機能低下側に一致して、立ち直り障害がみられた。

本研究は文部省総合研究「平衡機能検査法の診断学的貢献度と基準化に関する研究」の補助金の援助による。

参 考 文 献

- 1) 北原正章：頭部動揺の加速度成分に関する基礎的研究。耳鼻臨床 52: 1044-1063, 1959.
- 2) 北原正章，佐藤利子：加速度記録図の臨床的応用。耳鼻臨床 57: 57-63, 1963.
- 3) 北原正章：立ち直り反射による平衡機能検査：耳

鼻臨床 58: 152-162, 1965.

(別刷請求先：村田忠行
〒520-21 大津市瀬田月輪町
滋賀医科大学耳鼻咽喉科学教室)