頭と体の立ち直り反射

—— 同時記録による分析 ——

松原 秀春・北原 正章

Righting Reflex of the Head and Body

Hideharu Matsubara and Masaaki Kitahara

(Shiga University of Medical Science)

To investigate the correlation between the righting reflex of the head and the sway of the body's center of gravity in the Romberg position, the acceleration of the head and the body's center of gravity were simultaneously recorded on an X-Y recorder.

From this examination, the following was revealed;

- 1) When the eyes were open, the head had a tendency to remain in a position almost perpendicular to the ground in relation to the lateral movement of the body's center of gravity.
- 2) When the eyes were closed, the head inclined to some degree. However, this inclination of the head did not exceed the extent of inclination produced by the lateral movement of the body's center of gravity.
- 3) The inclination of the head produced by a specific lateral movement of the body's center of gravity was not influenced by the difference in the height of the center of gravity.
- 4) In cases of labyrinthine dysfunction, the pattern of this examination was completely different from that of normal controls.

はじめに

頭部の立ち直り反射と、体の立ち直り反射は相互に関与し合い、又、その関与により、人間の平衡は保持されている。従来、著者らは、頭部の立ち直り反射の指標として頭部の加速度¹⁾²⁾³⁾、体の立ち直り反射の指標として重心動揺⁴⁾に着目し、検討して来たが、本研究では、その両者を同時記録する事により、両者の相互関係が、体の平衡にいかに関わるかを、正常者及び病的例で検討し、新しい知見を得たので報告する。

方 法

装置の概略を図1に示す。まず被検者の前額部に非接着抵抗線型直線加速度計を左右方向の加速度成分が測定出来る様に装着し、その増巾器から出力をX-YレコーダーのY軸記録部に

接続、又、重心動揺は strain-gauge タイプの重心動揺計を用い、その左右方向成分をX軸記録部に接続する。実際の測定方法を説明すると、被検者に加速度計を装着させ、重心動揺計

図1 装置のブロックダイアグラム

図2 重心動揺と頭部加速度の同時記録の関係

に開眼直立させる。その時の記録部のペンが記録紙中央にくる様調節する。図2に示す如く、例えば、重心及び頭部が右へ移動及び傾斜すると、重心移動及び頭部加速度の合成曲線が図2の右に示す様に記録紙の右上に記録される。反対に左へ移動及び傾斜すると、その合成曲線が記録紙の左下に記録される。被検者にまず、開眼 Romberg 肢位を命じ、1分間の重心動揺と頭部加速度の合成曲線を記録し、続いて閉眼 Romberg 肢位で1分間を同様に記録する。つまり、一被検者で、Romberg 肢位の開眼と閉眼の2種の記録を行なう。

次に、得られた合成曲線の分析方法を述べる。分析方法として、一つは得られた曲線の角度、もう一つは曲線のパターンの2指標を用いた。まず、角度に関してであるが、今、仮りに人間が棒状に動くと仮定すると、図3に示す如く、頭の加速度成分は立位における重心の高さと重心移動成分により規定される。つまり、 $\text{頭部加速度成分} = 1G \times \frac{\text{重心移動成分}}{\text{立位重心の高さ}}$ の関係が成り立ち、棒状に動いた場合の得られる合成

図3 人間が棒状に動いた時の関係
H: 立位重心, Y: 重心移動成分
A: 頭部加速度成分

曲線（この場合は直線であるが）の傾きも計算出来る。実際には、人間は棒状に動く事はある得ず、例えば、図4の如く、右に傾いた場合、体軸より以上に頭部が傾斜すると、棒状に動いたと仮定した場合に計算より得られる記録紙上の傾き（以下、棒状角度と表現する）よりも大きな角度の曲線が得られ、逆に体軸より少なく頭部が傾斜すると、棒状角度よりも小さな角度の曲線が記録される事になる。この棒状角度と実際の角度を一つの指標とした。もう一つは、開眼時に得られた曲線に対し、閉眼時のそのパターンの変化を用いた。

尚、頭部動揺の指標としての頭部加速度成分には、頭部の運動による加速度と頭部の傾斜による重力の分力が含まれるが、起立姿勢の場合は、長周期動揺は頭部傾斜を主に表現する事は、すでに北原⁵⁾により明らかにされている。

成

1) 正常者の成績

図6は、平衡機能に何ら異常を認めない正常人4例の開、閉眼 Romberg 肢位、1分間の

図4 頭部傾斜と得られる曲線の関係

図5 立位重心の計算方法

S: 身長, W: 体重, M: ベッドの重さ
F: 体重計で読み取る重さ L: ベッドの長さ
H: 臥位重心, V: 立位重心

それ故、本研究でも頭部傾斜成分を抽出する目的で、増巾器に High Cut Filter を使用した。

又、棒状に動くと仮定した場合に得られる記録紙上の棒状角度を計算するのに必要な立位重心の高さは、まず臥位重心を図5の如く測定し、続いて執行⁶⁾により報告された公式を用いて求めた。

績

記録図を示す。横軸が重心動揺成分（右が右方向、左が左方向）、縦軸が頭部加速度成分（上が右方向、下が左方向）で、右下の Calibrati-

図6 正常例における成績

onは縦が0.01G, 横が1cmを表わす。斜めの直線は、その被検者の棒状角度を示す。

閉眼時に得られた合成曲線の角度は、開眼時の合成曲線に比較し、より棒状角度に近くなっている事が、全症例 共通に認められた。つま

り、開眼時は、重心移動に対して頭部はより垂直位に止まる傾向を示すのに対し、閉眼時は、重心移動に対し相当量の頭部傾斜を示す事が判明した。

次に、正常者において、身長、体重の差、つ

まり立位重心の高さの差が、頭部傾斜に影響を与えるか否かを検討した。なぜなら、図7に示す如く、人間が棒状に動くときと仮定すると、重心の高さに差がある場合は、同じ距離の重心移動に対し、頭部傾斜に差が生ずる事、言い換えると、立位重心が低ければ低い程、一定の重心移動に対し頭部傾斜は大きい事から、その関与が予想されるからである。そこで、立位重心が90cm以下、95cm以上の正常者各5名の閉眼 Romberg 肢位で得られた曲線より、重心移動1cmに対する頭部加速度を算出した。その結果を表1に示す。立位重心90cm以下群の頭部加速度の平均は $1.1 \times 10^{-2}G$ 、95cm以上群は $1.0 \times 10^{-2}G$ で、統計的有意差を認めなかった。つまり、立位重心の高さの差は一定の重心移動に対し、頭部傾斜に実際は影響を与えない事が判明した。

2) 病的例の成績

(症例1). 71歳 男子

患者は左顔面痙攣の為、左ジャネットタ手術を受けたが、その際、左前庭神経及び聴神経にたまたま障害を受けた。術直後はめまい感があったが、術後2カ月目の本検査施行時には軽い動揺感のみであった。

神経耳科学的には、左聴力聾、立ち直り検査で、Romberg テスト正常、Mann テストで右への転倒傾向、単脚直立検査で方向不定の転倒傾向を示した。足踏み検査でも方向不定の転倒傾向を示したが、自発、頭位、頭位変換眼振は

図7 人間が棒状に動いた時、一定の重心移動に対する重心の高さの差と頭部傾斜の関係

表1 立位重心の差と頭部加速度

立位重心	90cm 以下	95cm 以上
頭部加速度	1.0	1.2
	1.1	1.0
	1.1	1.1
	1.3	1.0
	1.0	0.9
平均	1.1	1.0
S. D.	0.12	0.11

(0.01G)

CASE 1

図8 症例1の成績

CASE 2

EYES OPEN

EYES CLOSED

図9 症例2の成績

なく、温度検査は左無反応であった。

本症例の結果を図8に示す。開眼 Romberg 肢位に比較し、閉眼 Romberg 肢位での右記録図では、得られた曲線の傾きが、より棒状角度に近づいている事、又、棒状角度よりも大きな角度の曲線が左向きで得られた事、つまり、左方向への頭部傾斜の増大と、パターン全体の乱れを認め、明らかに左方向への立ち直り反射異常を定量的に示した。

(症例2) 38歳、男子

患者は、動揺感と難聴を主訴として当科受診、レントゲン検査により左聴神経腫瘍の診断を受け、本検査を施行した。

考

支持面が狭く、重心が高く、関節で連結されて物理的に不安な形態を呈す人間が、動的平衡を保ち、安定に起立姿勢を維持できるのは、生体には、頭部、軀幹を絶えず重力に対して正しい位置に立ち直らせる反射（立ち直り反射）がある為である⁷⁾。この立ち直り反射は、視器、迷路、自己受容器、外受容器への刺激で大腦、あるいは脳幹を介し、小脳の統御を受けて現わ

れる反射であり、これらの受容器、神経系に障害を来すと、立ち直り反射が障害され、起立が不安定となり、直立姿勢における動揺が増加する。実際には、起立時に重心が一側に偏倚すると、これに伴い、ある一定の割合で頭部は同側に向く力を受ける。この事は、起立姿勢保持機構からすると、頭部動揺は、重心動揺に附ずいすると同時に頭部動揺により生ずる求心刺激

神経耳科学的には、左中等度難聴を呈し、Romberg, Mann テスト正常なるも、単脚直立検査で方向不定の転倒傾向を示した。足踏み検査は正常範囲で、自発、頭位、頭位変換眼振なく、温度検査で左 CP であった。

本症例の結果を図9に示す。若干のパターンの乱れを示す開眼時 Romberg 肢位における合成曲線（図9左）に比較し、閉眼 Romberg 肢位における合成曲線（図9右）では、左向き頭部加速成分の増大と、パターン全体の乱れの増強を示した。左方向への立ち直り反射異常を明らかに認めた。

按

れる反射であり、これらの受容器、神経系に障害を来すと、立ち直り反射が障害され、起立が不安定となり、直立姿勢における動揺が増加する。実際には、起立時に重心が一側に偏倚すると、これに伴い、ある一定の割合で頭部は同側に向く力を受ける。この事は、起立姿勢保持機構からすると、頭部動揺は、重心動揺に附ずいすると同時に頭部動揺により生ずる求心刺激

は再び反射的に重心動揺を規定する一因子となる可能性がある。この観点から、頭部動揺と重心動揺の相関を検討する事は、立ち直り反射の詳細を研究する上で意義ある事である。

本研究では、上述の観点から、従来別個に検討されて来た頭部動揺と重心動揺の2つの立ち直り反射のパラメーターを同時記録する事、且つ定量的に観察する事を目的とした。その結果、次の事が判明した。正常人においては、閉眼時、直立姿勢で頭部は体軸の傾き程には傾斜しない。つまり、大地に対し正頭位を取ろうとする傾向がある。一方、閉眼時は体軸の傾き相当量の頭部傾斜を示す。しかし、その傾きは決して体軸の傾き以上を取らない。この事は、立ち直り反射に関わる視器よりの反射の欠落を定量的に表わしていると同時に、体の立ち直りに、前庭迷路反射が大きく関わっている事も示している。これは、病的例の検討で、さらに明

らかにされた。つまり、前庭迷路に障害を来すと、頭部傾斜は体軸の傾斜以上に障害側へ傾く事が判った。しかも、この現象は、安定すぎる Romberg 検査、不安定すぎる Mann テスト、単脚起立検査で診断し得なかった症例でも定量的に判定出来た点で、さらに意義深いと考える。

さて、頭位測定に関しては重心の高さが常に問題となり、身長、体重の差が人間の立ち直り反射に影響を与える事が予想される。例えば、外来で日常的に利用されている重心動揺計には、身長、体重補正装置⁸⁾が使用されている。しかし、本研究では、身長、体重により規定される立位重心の高さの差は、頭部の立ち直り反射に、さほど重要な影響は与えない結果が得られ、この事より、立ち直り反射を検索する際には、身長、体重は本質的には無視し得る事が判明した。

ま と め

頭部の立ち直り反射と、体の立ち直り反射の相互関係を検討する目的で、頭部加速度と重心動揺を同時記録する装置を考案し、検討した。その結果、次の事がわかった。

- 1) 閉眼時の重心動揺に対し、頭位は正頭位の事が多い。
- 2) 閉眼時の重心動揺(移行)に伴い、これに相当する重力の方向に対する頭部傾斜が認められる。しかし、頭部傾斜は、重心移動相当量以上のものではない。
- 3) 重心の高い人、低い人で、一定量の重心移動に際し、頭部傾斜に差は認めない。
- 4) 前庭迷路障害例では、得られる記録図のパターンは、正常者のそれと全く異なる。

文 献

- 1) Kitahara, M.: Acceleration registrography; a new method of examinations concerned with the labyrinthine righting reflex. *Ann Otol* **70**: 203-214, 1965.
- 2) Matsubara, H. and Kitahara, M.: Head movement while stepping test. Postural reflex and body equilibrium; 76-84, 1979.
- 3) 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一動的単脚起立検査一. *耳鼻臨床* **70**: 277-281, 1977.
- 4) 三好豊二: 前庭性平衡失調と視運動性平衡失調. *耳鼻臨床* **74**: 増1: 579-588, 1981.
- 5) 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.
- 6) 執行英毅: 姿勢の安定性に関する力学的研究. *耳鼻臨床* **51**: 907-950, 1958.
- 7) 時田 喬, 宮田英雄他: 直立時の身体動揺の分析一動揺の多現象記録と相関分析による一. *耳鼻臨床* **63**: 4: 363-387, 1970.
- 8) 木村雄治: からだの「ゆれ」の測定. *電子医学* **15**: 55-70, 1972.

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