前庭機能異常症例の回復過程に対する 重心動揺速度の臨床的意義

——収束指数よりみた前庭神経炎症例の代償機能について——

山 本 昌 彦・小 松 崎 篤

Clinical Significance of Bodily Sway Velocity in the Course of Recovery from Vestibular Disorders

Masahiko Yamamoto and Atsushi Komatsuzaki

(Toho University)

Dysequilibrium associated with vertigo is usually improved rapidly by a compensatory function of the nervous system and the restoration of equilibrium is considered to be largely influenced by patient's ability of adjustment to deranged vestibular functions. Thus, when the sequence of events during the recovery is analysed by certain parameters; the changes of bodily sway velocity during a short period of time (90 sec period from the starting of examination by blind-folding) it would be possible to estimate or predict one's ability to restore from dysequilibrium. For this purpose, the bodily sway analysis with 8 directional velocities was utilized; for a 90 sec study period right after the eyes closure on the platform, the velocity and the velocity difference were computer-analyzed. This study disclosed that a normal individual shows a convergence of velocity, that is, the velocity gets faster as soon as the eyes closed and then gradually slowed down. This appears to be a phenomenon of physiological convergence. This phenomenon is elicited most distinctly when the velocity difference is utilized as a parameter. The compensatory function for dysequilibrium appears to correlate well with the duration and characteristics of convergence phenomenon and thus the recovery from the vestibular dysfunction may be predicted when the convergence process is evaluated.

Key words: vestibular disorder, recovery course, body sway velocity

はじめに

めまい発作時における身体平衡失調からの回復時間は、障害の程度や失調の強さによって異なるが、個々の持っている代償機能がこの回復に大きい影響を及ぼす。即ち、障害の程度がほぼ同様であっても、代償機能の差により回復時

間に差がみられる。代償能力を定量的に測定することが可能であるならば、その人の障害の回復に対する予測が可能となるが、代償機能の程度を定量的に知ることは必ずしも容易でなく、自発眼振や視運動眼振を指標とした報告¹⁾²⁾がみられるにすぎない。

私共は、回復過程の中に代償過程を見ることが出来るのではないかと考えた。つまり、失調時の姿勢立直りの過程は、動揺を押えようとする収束現象として現われており、その収束時間が代償機能の能力と関係がある。そこで、この考えを基に経時的に重心動揺速度の変化を解析し、収束現象を捉え、これを定量的に評価する方法を考案し、前庭神経炎症例について検討した。

被検者ならびに解析方法

被検者は基準値（正常値）を設定するために

健康な正常者27名（男18名，女9名），年齢は21才～48才を使用した。前庭機能異常症例として、前庭神経炎症例4例を使用した。

解析方法は、私共が進めてきた8方向別重心動揺解析法³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾を基にして動揺方向別に経時的動揺速度解析を行なった。方向別速度を5秒毎の平均速度として、90秒間の経時的速度変化を解析した。重心動揺データは90秒間であり、閉眼時から閉眼に移った直後からの閉眼時重心動揺データを使用した。その理由は、ヒトが直立姿勢にて立っている時に、外力を加え

図1 重心動揺右方向，左方向別動揺速度の経時変化

図2 重心動揺速度差の経時変化

られた場合、動揺は大きくなり、ある時間内で元の動揺状態にもどる。この過程は物体を振動させた時の静止までの過程である減衰振動現象に似ている。そこで、この外力を加えるかわりに、閉眼という負荷による動揺の増大を利用することとした。つまり、ヒトは閉眼にした後に動揺の増大現象を示し、次第に落ち着いてくる。この動揺の中に収束現象を見ることができないのではないかと考えた。図1は正常者における90

秒間の左右方向別重心動揺速度である。図の上方は右方向動揺速度を示し、下方は左方向動揺速度を示している。しかし、この方向別動揺速度には収束現象を明確に捉えることが出来なかった。そこで、左右方向速度を速度の差として現わしてみた。図2はこの左右方向速度差を示したものである。ここに閉眼時まもなくより動揺速度差の増大と、次第に速度差の小さくなって来る収束現象を見ることができた。そのため、

図3 収束時間の決定不能な重心動揺速度差の経時変化

$$\text{収束時間} = \text{最小速度差時} - \text{最大速度差時}$$

図4 動揺速度収束時間の決定法

この動揺速度差によって収束現象を捉え、これを解析することとした。

解析システムは、重心動揺計として IGO 2 型（三栄測器）を使用し、解析はパーソナルコンピュータ PC 8801にて行なった。データ記録時の条件として、開眼時には、3 m 前方の 1 点を注視させた。開眼、閉眼各90秒間記録。姿勢は閉足位、直立とした。

結 果

1. 重心動揺速度収束過程の定量化

図2に示したような収束現象は、閉眼まもな

くより起る動揺速度差の増大現象の後に見ることが出来る。この動揺速度差は姿勢の安定さに関係しており、不安定なほど大きくなる。正常者で見た場合、閉眼直後より増大する例から、30～40秒後に増大するもの、図3に示したように、ほとんど変化を示さない例も認められる。これらの違いもまた、平衡機能の能力に関係しているものと考ええる。

収束現象を定量的なパラメーターとするために、収束現象の測定方法としての条件を決めた。図4に収束時間の決定法を示した。最大動

表 1

正常者における前後方向重心動揺速度差と収束時間（閉眼負荷）

正 常 者	最大速度差	収束時間	正 常 者	最大速度差	収束時間
1 ■■■ 28M	9.21	35	15 ■■■ 22M	5.28	30
2 ■■■ 27F	24.08	35	16 ■■■ 22M	7.24	20
3 ■■■ 31M	7.80	20	17 ■■■ 24M	19.95	30
4 ■■■ 24F	15.54	30	18 ■■■ 24M	11.08	15
5 ■■■ 35M	4.85	25	19 ■■■ 47F	11.98	20
6 ■■■ 24F	3.40	30	20 ■■■ 21F	7.02	25
7 ■■■ 30F	6.15	25	21 ■■■ 23M	13.07	25
8 ■■■ 25M	7.91	15	22 ■■■ 24M	7.51	35
9 ■■■ 34F	4.54	10	23 ■■■ 26M	10.04	20
10 ■■■ 48F	13.71	20	24 ■■■ 25M	14.38	20
11 ■■■ 34M	7.38	10	25 ■■■ 27M	13.66	15
12 ■■■ 30M	9.81	25	26 ■■■ 26M	12.65	10
13 ■■■ 22M	10.22	15	27 ■■■ 21F	5.07	25
14 ■■■ 22M	9.02	30			

	最大速度差	収束時間
平均	10.09 mm/sec.	22.8 sec.
SD	4.79 mm/sec.	7.6 sec.

表 2

正常者における左右方向重心動揺速度差と収束時間（閉眼負荷）

正 常 者	最大速度差	収束時間	正 常 者	最大速度差	収束時間
1 ■■■ 28M	27.05	60	15 ■■■ 22M	5.11	25
2 ■■■ 27F	14.06	30	16 ■■■ 22M	8.00	15
3 ■■■ 31M	6.24	35	17 ■■■ 24M	19.63	20
4 ■■■ 24F	18.09	25	18 ■■■ 24M	8.99	35
5 ■■■ 35M	10.29	35	19 ■■■ 47F	12.49	40
6 ■■■ 24F	8.66	30	20 ■■■ 21F	13.30	25
7 ■■■ 30F	5.54	25	21 ■■■ 23M	5.85	25
8 ■■■ 25M	8.32	20	22 ■■■ 24M	25.85	25
9 ■■■ 34F	9.95	25	23 ■■■ 26M	16.01	25
10 ■■■ 48F	12.70	10	24 ■■■ 25M	14.10	35
11 ■■■ 34M	13.80	10	25 ■■■ 27M	8.99	25
12 ■■■ 30M	8.85	35	26 ■■■ 26M	9.83	10
13 ■■■ 22M	7.49	10	27 ■■■ 21F	11.84	10
14 ■■■ 22M	13.10	25			

	最大速度差	収束時間
平均	12.01 mm/sec.	25.6 sec.
SD	5.57 mm/sec.	11.2 sec.

揺速度差から最小動揺速度差までであるが、最大動揺速度差は閉眼時より最初に起った最大値の時間とし、そこから最初に最小動揺速度差を示した時間までとした。収束を示した後に再び速度差の増大を認めても、最初の増大をとることとした。また、最小動揺速度差は 3 mm/sec 以下とし、最小動揺速度差と、この時間の 5 秒

前の動揺速度差との速度差が 4 mm/sec 以下とした。これ以上の速度差を示す場合は、収束なしとした。以上の条件によって収束時間を決めたが、収束時間は最大動揺速度差に影響される可能性が有るために、収束時間だけで比較することは出来ないことが予想される。そこで、最大動揺速度差と収束時間の関係について検討

表 3

正常者前後方向重心動揺の収束指数（閉眼負荷）

正 常 者			速度差 収束時間	正 常 者			速度差 収束時間
1	■■■	28M	0.26	15	■■■	22M	0.18
2	■■■	27F	0.69	16	■■■	22M	0.36
3	■■■	31M	0.39	17	■■■	24M	0.67
4	■■■	24F	0.52	18	■■■	24M	0.74
5	■■■	35M	0.19	19	■■■	47F	0.60
6	■■■	24F	0.11	20	■■■	21F	0.28
7	■■■	30F	0.25	21	■■■	23M	0.52
8	■■■	25M	0.53	22	■■■	24M	0.22
9	■■■	34F	0.45	23	■■■	26M	0.50
10	■■■	48F	0.69	24	■■■	25M	0.72
11	■■■	34M	0.74	25	■■■	27M	0.91
12	■■■	30M	0.39	26	■■■	26M	1.27
13	■■■	22M	0.68	27	■■■	21F	0.20
14	■■■	22M	0.30				

平均 0.49

SD 0.27

表 4

正常者左右方向重心動揺の収束指数（閉眼負荷）

正 常 者			速度差 収束時間	正 常 者			速度差 収束時間
1	■■■	28M	0.45	15	■■■	22M	0.20
2	■■■	27F	0.47	16	■■■	22M	0.53
3	■■■	31M	0.18	17	■■■	24M	0.98
4	■■■	24F	0.72	18	■■■	24M	0.26
5	■■■	35H	0.29	19	■■■	47F	0.31
6	■■■	24F	0.29	20	■■■	21F	0.53
7	■■■	30F	0.22	21	■■■	23M	0.23
8	■■■	25M	0.42	22	■■■	24M	1.03
9	■■■	34F	0.40	23	■■■	26M	0.64
10	■■■	48F	1.27	24	■■■	25M	0.40
11	■■■	34M	1.38	25	■■■	27M	0.36
12	■■■	30M	0.25	26	■■■	26M	0.98
13	■■■	22M	0.75	27	■■■	21F	1.18
14	■■■	22M	0.52				

平均 0.57

SD 0.35

した。

表1は正常者における前後方向重心動揺の最大動揺速度差と収束時間を示したものである。最大速度差の平均は 10.09 mm/sec で標準偏差値 (SD) = 4.79であり、収束時間の平均は 22.8 sec, SD=7.6 であった。このときの相関係数 $p=0.165$ (危険率 5%) で優位な相関は認めない。表2は左右方向重心動揺の最大動揺速度差と収束時間を示してある。最大動揺速度差は 12.01 mm/sec, SD=5.57であった。収束時間は平均 25.6 sec, SD=11.2であった。このときの相関係数 $p=0.307$ (危険率 5%) で優

位な相関は認めなかった。つまり、動揺速度差の大きさと収束時間はあまり関係が無いことが判った。このことは個々の収束能力が全く異なることを意味している。そこで新たに比較するためのパラメーターとして最大動揺速度差を収束時間で割り、これを収束指数と仮称した。このようにすることにより、速度差が大きくとも収束時間の小さいものは大きい値を示し、速度差が小さくとも収束時間の大きいものは小さい値を示す。このように収束指数の大きいものほど動揺の回復が良いと考えられる。表3に示したのは正常者の前後方向重心動揺における収束

図5 重心動揺左右方向速度と速度差 (経時変化)
右前庭神経炎 (左方向眼振) 65Y. F. (371-2)

図6 重心動揺左右方向速度と速度差 (経時変化)
右前庭神経炎 (左方向眼振) 52Y. M. (351-1)

指数を示した。平均=0.49で、SD=0.27であった。表4に示したのは左右方向重心動揺における収束指数である。平均=0.57, SD=0.35であった。この収束指数を基準値(正常値)として前庭神経炎症例の解析をおこなったが、今回は、収束指数の大きい左右方向重心動揺の収束指数によって観ることとした。

2. 前庭神経炎症例における収束指数よりみた代償過程

先の方法によって前庭神経炎症例の解析を行った。失調の強さの異なる症例によって比較

するために失調の程度を重心動揺移動距離の大きさによって決め、症例は、非注視下に眼振を認めている例を使った。

症例1. 右前庭神経炎, 65才, 女性である。発症10病日で非注視下に軽度眼振を認める。温度眼振反応では、半規管機能中等度低下を認める。図5に示したのが、90秒間の経時的左右方向動揺速度差である。上方が右方向速度優位の速度差を示し、下方は左方向速度優位の速度差である。重心動揺移動距離は、692.3 mm (60 sec) である。最大動揺速度差は、5.63 mm/sec

図7 重心動揺左右方向速度と速度差(経時変化)
右前庭神経炎(左方向眼振) 46Y. F. (108-10)

図8 左右方向重心動揺速度差の経時変化
左前庭神経炎(発症1病日右方向眼振) 43Y. F.

で、収束時間は15秒、この時の収束指数は0.38であった。

症例2. 右前庭神経炎, 52才, 男性である。発症5病日で非注視下に軽度眼振を認める。温度眼振反応では、半規管機能軽度低下を認める。図6に経時的左右方向動揺速度差を示した。動揺移動距離は、1320.2 mm (60 sec) であった。最大動揺速度差は17.64 mm/sec, 収束時間は20秒であり、収束指数は0.88であった。

症例3. 右前庭神経炎, 46才, 女性である。発症14病日で非注視下に軽度眼振を認める。温度眼振反応では、半規管機能高度低下であった。図7に経時的左右方向動揺速度差を示した。動揺移動距離は1703.6 mm (60 sec) であり、最大動揺速度差は24.35 mm/sec, 収束時間は40秒で収束指数は0.61であった。

症例4. 左前庭神経炎, 43才, 女性である。発症1病日の記録で、注視、非注視下に眼振を認める。非常に大きい動揺を示し、温度眼振反応では半規管機能高度低下であった。図8に経時的左右方向動揺速度差を示した。全体に右方向速度優位を示しているが、最大動揺速度差は33.5 mm/sec であるが、最小動揺速度差を決める条件に当てはまらない。つまり、収束時間を決定出来ず、収束指数はほぼ0となる。

前庭神経炎症例では、症例4を除いて3例の収束指数が正常内の値を示し、失調の回復過程の代償機能が良く働いていることを示している。症例4では、失調が強過ぎるためか、代償機構の働きは掴みきれないと思われる。

考 案

身体平衡失調でも、末梢前庭系の障害は非常に回復が早い。これは、代償機構に障害が無く、その機能が十分に働くためと考えられる。しかし、この代償機能がどの程度あるのかについては、機能の良い者ほど回復が早いとしか表現されない。代償機能が平衡能力と大きく拘っているのであろう事は臨床上良く感じるところである。つまり、姿勢制御機構の中で失調を回復させようとする代償機能は、正常時に持っている

個々の代償能力によるところが大きい。代償能力とは、言い換えるならば運動平衡能力とも言える。

直立姿勢において、開眼時よりも閉眼時の身体動揺が大きくなることは、周知のことである。視覚系を除いた状態での姿勢保持は、一つの負荷をかけた状態と考えられる。この負荷のために動揺の増大を示し、常に同じ動揺速度で揺れているのではなく、時に大きい偏倚を立直らせるための動揺を示す。この大きい揺れも、閉眼後直ちに起るのではなく、ある時間の経った後に起こってくる。この間の時間は、開眼に続いた安定した動揺から次第に大きい動揺となって来る。安定している時期は、開眼時の記憶の上に成立している制御であろうと考えられる。この記憶が弱くなった頃に大きい偏倚が持たられる。この安定している時間もまた、平衡能力と関係していると考えている。

方向別に分けた動揺速度から示される速度差も、失調の程度と深く関係し³⁾⁵⁾、失調が強いほど動揺速度差は大きくなる。速度差が小さいことは、安定した状態と考えられる。このことより、動揺の収束現象を見る場合、動揺速度の収束現象で捉えることも、動揺速度差で捉えることも同じと考えられる。今回は、動揺速度差で明確な収束現象を捉えることが出来たのでこの方法を使用した。

前庭神経炎症例での代償機能は、収束指数で見た場合、急性期を過ぎてからは正常内の結果をしめしたが、発症間もなくの急性期には代償機能が障害の強さに押えられていると考えられた。しかし、中枢機構に問題が無い場合には、代償機能が障害中にも十分働いていると思われる。今後、急性期における代償過程を捉えるためには、今回のように解析データが90秒間であることが、収束時間を正確に捉えることが出来ない事も考えられる。また、経時的な速度が5秒間隔では間隔が荒いために詳細な経時変化を捉えることが出来ず、収束指数も精度的に悪くなることは否めない。今後、この方法に検討を

加えもっと詳細な解析をすすめ、代償機能の定量化による、平衡障害の回復過程の推定を試みたい。

本研究は厚生省特定疾患調査研究費の補助を受けて行われたものである。

文 献

- 1) Lange F und Kornhuber HH: Zur Bedeutung peripher- und zentral-vestibulärer Störungen nach Kopftraumen. Arch Ohren- Nasen- und Kehlkopfh 179: 366, 1962.
- 2) 小松崎 篤, 鈴木淳一, 徳増厚二, 他: めまいの手術療法 (その2). 迷路破壊手術後の経過観察—OKP テストを中心に—. 耳喉 33: 842~847, 1961.
- 3) 山本昌彦, 小松崎篤: 身体重心動揺における方向別速度成分の解析—眼振との関係—. 耳鼻臨床 77: 2206~2216, 1984.
- 4) Yamamoto M: Velocity and distance of sway of the center of gravity. Proceedings of the Third Symposium on Postural Reflex and Body Equilibrium (Nara Japan). 100~115, 1982.
- 5) 山本昌彦, 小松崎篤: 前庭機能異常症例の程度および代償過程および代償過程の判定に対する重心動揺速度の意義. 耳鼻臨床 78: 2611~2614, 1985.
- 6) Yamamoto M and Komatsuzaki A: Relationship between nystagmus and velocity of lateral sway. Proceedings of 7yh Int. Symp. Int. Soc. Posturography (Vestibular and Visual Control on Posture and Locomotor Equilibrium). Houston, Tex., 1983, Karger, Basel, 105~109, 1985.
- 7) 福田 精: 運動と平衡の反射生理. 医学書院, 東京, 1957.
- 8) 田口喜一郎: 重心動揺軌跡距離測定法. 日耳鼻 79: 835~843, 1976.
- 9) 山本昌彦: 重心動揺の解析—重心動揺パターンの定量化について—. 耳鼻臨床 76: 183~196, 1983.

(別刷請求先: 山本昌彦
〒143 東京都大田区大森西 5-21-16
東邦大学医学部耳鼻咽喉科学教室)