中枢障害患者の重心動揺の特徴†

——主として椎骨脳底動脈循環不全症について——

小 高 修 司*・村 岡 秀 樹
大久保 仁・渡 辺 勲**

我々は前に¹⁾、末梢前庭障害患者の重心動揺の特徴を、「前庭機能の代償」の観点からまとめ発表した。この度中枢障害——特に椎骨脳底動脈循環不全症——患者に対して重心動揺検査を行い、其の特徴的所見について検討した。椎骨脳底動脈循環不全症の患者を障害部位別にまとめるための手段として、温度眼振検査の結果を参照した。

本研究の目的は、中枢性の前庭障害がある時、視覚条件や自己受容器からの情報を変化させることで、重心がどのように変化するかを見て、視覚—前庭—自己受容器の三系の相互作用を検討すること。そして比較的客観データに乏しい椎骨脳底動脈循環不全症 (VBI) に対し、重心動揺検査が診断の為に有力な検査手段足りうるかどうかを見極めることにある。そしてもし有用であるならば、其の特徴的所見が如何なるものであるのかを見いだすことである。

方法及び対象症例

今までに眩暈及び平衡失調の既往のない健康な成人 (N. S.) 22 名を対照被検者とした。平均年齢は 26.0 才 (19-53 才)。

対象症例として視標追跡検査 (以下 ETT) の滑動眼運動検査及び、或は衝動眼運動検査に異常所見の認められた者、また 60 度/秒の等速・30 秒間刺激法による視運動眼振検査 (以下 OKN) の初期立ち上がりが 40 度/秒以下の者、或は刺激時間 2 秒の時と 30 秒の時の緩徐相速度 (SPV) の比が 1/3 以下の者 (decline) そして後眼振 (OKAN) が欠如する者を中枢障害として選択、更に CT スキャンや脳血管撮影で明らかな異常を認めなかったものを VBI とした。これは視覚動眼系の神経ルートは末梢前庭を経由しないという解剖学上の事実⁵⁾ に基づ

き、末梢障害者は視標追跡検査や視運動眼振検査に異常を示さないと考えられるからである。対象症例数は 55 名。この患者を温度眼振検査の結果に基づき 6 グループに分けた (表 1)。前庭動眼反射の神経ルートを經由する温度眼振検査は¹⁰⁾、ルート上の障害部位により温度眼振検査の障害のパターンが異なることが推測される。最大緩徐相速度 (max. SPV) と visual suppression (以下 v. s.) の結果を組み合わせることで、異なった前庭動眼反射のルート上の部位が同定できるであろうという想定の下に、このグループ分けを行った。各グループ共に両側耳の結果が条件を満足するものを選択した。このうち C と F の両群は分類された症例数が少なかったため、今回の検討から割愛した。

重心計は SG-1 (アニメ製) を用い、パラメーターは 1 秒間の重心移動距離 (Length/Time (以下 LNG/T)、重心動揺実効値 (Root Mean Square 以下 RMS)、及び平均動揺面積 (Standard Deviation Area 以下 SD-Area) とした。

重心計のデータは個人差が大きく、また同一人でも心身の状態により大きく変化する可能性がある。そこで様

表 1 温度眼振検査の結果によるグループ分け及びその人数
(最大緩徐相速度 (max. SPV) 及び visual suppression (v. s.) の有無による)

Group	max. SPV	v. s.	Numbers
A	(↑)	(-)	15
B	(↑)	(+)	10
C	(N)	(-)	4
D	(-)	(+)	8
E	(N and ↓)	(+)	16
F	(↓)	(-)	2

SPV { (-): 0-5 deg/sec
(↓): 5.1-15
(N): 15.1-25
(↑): over 25 } v. s. { (+): over 50(%)
(-): under 50

†Characteristic Body Sway of Patients With Vertebro-Basilar Insufficiency

*Shuji Kotaka

**Hideki Muraoka, Jin Okubo and Isamu Watanabe

*東京都立豊島病院耳鼻咽喉科

**東京医科歯科大学耳鼻咽喉科

表 2、18種類の計算方法及びその条件

Calculations and their conditions.

Calculation		Condition	The difference of postural sway between A and B	
			A	B
	3' subtract from 1'	In the light	On the flat plate	On the S-G plate
	4'	In the dark	Flat	S-G
	2'	On the flat plate	In the light	In the dark
	4'	S-G	Light	Dark
	6'	Flat	Dark	Tracking a spot
	5'	S-G	Dark	Tracking a spot
I	(9'+10')/2	1' Flat	Light	Looking OKN
II	(7'+8')/2	3' S-G	Light	OKN
III	(9'+10')/2	2' Flat	Dark	OKN
IV	(7'+8')/2	4' S-G	Dark	OKN
V	(13'+14')/2	1' Flat	Light	LED with OKN
VI	(11'+12')/2	3' S-G	Light	LED with OKN
VII	(13'+14')/2	2' Flat	Dark	LED with OKN
VIII	(11'+12')/2	4' S-G	Dark	LED with OKN
IX	(13'+14')/2	(9'+10')/2 Flat	Looking OKN	LED with OKN
X	(11'+12')/2	(7'+8')/2 S-G	OKN	LED with OKN
XI	(7'+8')/2	(9'+10')/2 Looking OKN	On the flat plate	On the S-G plate
XII	(11'+12')/2	(13'+14')/2 LED with OKN	On the flat plate	On the S-G plate

1つの共通項目と2つの異なる条件における重心動揺の状態を見る（詳細は本文参照）。

々な負荷条件下の重心計のデータを標準化する必要がある。そのために比較の変動することが少ないと思われる、明所開眼時のデータを1とした。それ以外の暗所・ETT 負荷時・OKN 負荷時・OKN を負荷しながら視野中心の赤点（LED）を固視させる方法、そして散弾銃の玉を1cm 間隔に敷き詰めた板（以下 S-G 板）の上に立ち、自己受容器系の入力を変化させたときの動揺の結果など14種類の負荷条件下の動揺の値を、明所開眼時のデータで割る操作を加えた。このようにして得られた各パラメーターごとの値について、更に表2のような18種類の計算を行った。これは一つの共通する条件下で、二つの異なる負荷条件の間にどのような重心動揺の違いが認められるかを検討するために行った。このことで異なる条件の持つ生理的な意味が、重心動揺に及ぼす影響を見ることが出来る。こうして得られた全てのデータを、正常者グループ及び各疾病グループごとにまとめ平均値と分散を求め、ついで相互間の有意差検定（F検定とT検定）を行った。統計処理は PC-9801 VM2（NEC Co.）で Lotus 1-2-3 を用いて行った。

結 果

検定の結果各群間に有意差の認められたのは、正常群とA群、B群、D群およびE群の間（表3）、各中枢群間ではA群とE群の間、B群とD群、E群及びA群の間であった（表4）。表3及び表4に示した有意差の認めら

表 3 正常群（N.S.）と各中枢群との間の動揺に有意差の認められた項目。

Diff. Calcul.	N.S. with A			N.S. with B			N.S. with D			N.S. with E		
	L	R	S	L	R	S	L	R	S	L	R	S
1'-3'												
2'-4'		*									*	
1'-2'							*					
3'-4'					*					*		
2'-6'												
4'-5'					*							
I												
II												
III		*										
IV					*	*						
V												
VI											*	
VII												
VIII		*	*		**	**						
IX					*	*	**					
X							**					
XI												
XII												

** : 1%の危険率で有意差有り。

* : 5%の危険率で有意差有り。

L : LNG/T, R : RMS, S : SD-Area

A, B, D, E : 中枢A群, B群, D群, E群。

れた項目について、それぞれの群の平均値及び分散を
示した(図1, 2)。

以上の結果の意味するところをまとめると

表4 各中枢群の間における動揺に
有意差の認められたもの。

Diff. Calcul.	A with E			B with D			B with E			A with B		
	L	R	S	L	R	S	L	R	S	L	R	S
1'-3'												
2'-4'												
1'-2'				*	*							
3'-4'							*	**		*	*	*
2'-6'												
4'-5'							*					
I												
II												
III												
IV	*											
V												
VI							*	*				
VII											*	
VIII								*				
IX												
X			*									
XI										*		
XII												

1) 正常群の動揺の特徴(以下この項では“……の動
揺”を省略する。)

イ) 平板上: 暗所 $\geq$ 明所 (LNG/T)

暗所=OKN>LED (RMS)

OKN $\geq$ LED (SD-Area)

ロ) S-G 板上: 暗所>明所, OKN>LED (LNG/T)

暗所 $\geq$ 明所=LED, 暗所>OKN (RMS)

暗所 $\geq$ OKN $\geq$ LED (SD-Area)

2) A群の動揺の特徴

イ) 平板上: 暗所>OKN・LED (RMS)

ロ) S-G 板上: OKN $\geq$ 暗所>明所 (LNG/T)

暗所 $\geq$ 明所・LED (RMS)

LED>暗所>明所 (SD-Area)

3) B群の動揺の特徴

イ) 平板上: LED $\geq$ 暗所・OKN (RMS)

暗所 $\geq$ 明所 (RMS, SD-Area)

ロ) S-G 板上: OKN>LED=明所 (LNG/T)

暗所 $\geq$ 明所・ETT (LNG/T)

明所・OKN・LED>暗所 (RMS)

明所・OKN・LED>暗所 (SD-Area)

4) D群の動揺の特徴

イ) 平板上: 暗所>明所 (LNG/T, RMS, SD-Area)

LED>OKN (LNG/T)

ロ) S-G 板上: LED $\geq$ OKN (LNG/T)

5) E群の動揺の特徴

イ) 平板上: なし

図1 正常群と各中枢群の間に有意差の認められた計算項目の平均値及び分散
点線の矩形は正常群の分散の範囲を示し、黒丸及び各種の棒は図示し
てある各中枢群の平均値及び分散を示す。

図2 各中枢群の間に有意差の認められた計算項目の平均値及び分散
隣りあう2種の棒の組合せがそれぞれの有意差の認められた
項目における平均値及び分散を示す。

表5 自己受容器系情報の差による動揺の変化

計算 (共通条件)	正常	A	B	D	E
1'-3' (明所)	S-G	S-G	S-G	S-G	S-G
2'-4' (暗所)	S-G	平		平	
X (OKN)	平	S-G			
XII (LED)	S-G	S-G	平	平	平

空欄はパラメーターにより正負が分かれたことを示す。

S-G: S-G 板上の動揺>平板上の動揺

平: 平板上の動揺>S-G 板上の動揺

□) S-G 板上: 暗所>明所・OKN・ETT (LNG/T)
LED≧明所 (LNG/T, RMS)
暗所>LED (SD-Area)

6) 各群の間の有意差を示すのは S-G 板上が多い (15/21=71.4%)

7) 次に各群は平板と S-G 板のどちらの条件の時、動揺が大きくなるかを見てみた (表5)。

ここに示したごとく明所では全ての群が S-G 板上の動揺の方が大きく、暗所では正常群は S-G 板上の動揺が大きい、A・D群は平板上の方が大きくなる。

正常群は、OKN 負荷時に唯一平板上の方が動揺が大きくなる。

LED 注視時は正常群と A 群の場合 S-G 板上が大きい

が、B・D・E群の場合は平板上の方が大きくなる。

A 群は暗所の時のみ平板上動揺が大きくなる。

D 群は明所の時のみ S-G 板上の動揺が大きく、他の条件ではほとんど平板上の方が大きい。

考 按

種々の視覚的な負荷を加えた場合、また小鉄玉を敷き詰めた板 (S-G 板) の上に立つことで、足底の触覚・圧覚・深部知覚などの自己受容器系の情報量が増加する時、重心動揺が如何に変化するかを検討した。

当初正常人の場合は、散弾板 (S-G 板) の上に立つことで自己受容器系の情報が増えるので、視覚条件の如何に拘らず、動揺が減少するものと予想していた (しばしば用いられるマットレスの上に立つ場合は、逆に自己受容器系の情報が減少し、動揺が増加する⁸⁾)。ところが正常群の場合、明所・暗所・LED 固視時には予想に反して平板上の方が動揺が少なく、ただ OKN 負荷時のみ S-G 板上の方が安定する結果となった。一方 VBI グループでも明所の動揺は散弾板上の方が大きかった。しかし他の視覚条件のとき、特に LED 注視時には B・D・E 群は、平板上の動揺が大であった。

一般的に正常群における OKN 負荷時、中枢群における LED 注視時などは、動揺が増加する視覚条件である。ところがこの時散弾板上の動揺が平板上より少なくなるという結果から考えられることは、これらの視覚負荷により増加した動揺の為に、足裏への自己受容器系の刺激が増加し、それが重心の安定に役立っているというこ

とであろう。とすれば自己受容器系への刺激の増加を、たんに外乱とのみ考え処理することは間違いであるのではないだろうか。A群はS-G板上で動揺が増加する事が多く、暗所でのみ平板上の動揺が大きくなり、正常者との間に有意差を認めた(RMS)。脊髄前庭系→前庭脊髄系へのルートに視覚系が絡み合って、各群毎に特徴有的状態を呈していると考えられる。

次に視覚条件による各群の動揺の特徴を見てみると(この項も“……時の動揺を省略する”)

- 1) 正常群は全般に、暗所 $\geq$ OKN $>$ LED=明所という順である。
- 2) A群の特徴はS-G板上、LED $>$ 暗所(SD-Area)である。
- 3) B群はS-G板上、暗所の動揺が明所・OKN・LEDより小さいこと(RMS, SD-Area)。
また平板上でLED $\geq$ 暗所・OKN(RMS)である。
- 4) D群は平板上・S-G板上共にLED $\geq$ OKN(LNG/T)であり、一般にLNG/Tに特徴が出易い。
- 5) E群は明らかな特徴に乏しい。

Brandtら⁴⁾は90度/秒のOKN負荷時とLED注視時の両方共に回転感の上からは同じであると述べているが、この研究から重心計の上では明らかに動揺形態に違いが認められる。

D群は温度眼振の解発が悪い群であるが、対照症例は末梢障害が否定されているので、障害部位として前庭神経核が最も考えられる^{2),5)}。一方前庭神経核は滑動眼運動に関与している⁶⁾。また視覚情報がどの様な神経ルートを経て前庭脊髄路に至るか依然として不明ではあるが、Brandtら⁷⁾は皮質ルートと皮質下ルートを考えている。網膜黄斑部から入力し、外側膝状体を経て、大脳の視覚領野に至り、前庭神経核に至る皮質ルートは、Robinson⁸⁾やKohenらの眼球運動の数学モデル^{9),10)}の中の視覚ルートの、いわゆる直接ルートに相当すると思われる。一方皮質下ルートは、多分上丘が主要な位置を占めるルートで、入力は黄斑部に限局せずに周辺部を含めた網膜の広い範囲から行われると考えられる。

OKN刺激が在る状態でLEDを注視することの意味は、黄斑部でLEDを捕らえつつ、網膜全体とくに周辺部からOKNの情報が入力することである。正常群ではこの条件の時重心が安定するのは、LEDを注視することが大きな役割を果たしていると思われる。ところが中枢群の場合この条件の時動揺が増加すると云うことは、網膜周辺部からのOKNの入力が、つまり皮質下ルートを經由する情報が、安定性を低下させていると考えられる。ただこの動揺の増加もA群はSD-Area、B群はRMS、D群はLNG/Tと、そのパラメーターが異なっ

ていることは、その障害部位との関連性を示唆して興味深い。

残念ながら基礎的解剖・生理学のデータが未だ不十分な段階であるため、今回のデータから直接診断学への応用は不可能であるが、今後末梢障害データと中枢障害データとの比較などを行うことで、更に検討を加えて行きたいと思っている。

ま と め

視覚-前庭-自己受容器の三系の相互作用を重心計を用いて検討した。温度眼振検査の結果に基づいてグループ分けされた椎骨脳底動脈循環不全症(VBI)を、正常被検者を対照にして、また各グループ相互に、重心動揺の検定を行った。

その結果各グループの動揺の特徴が見つかり、今後症例数を増やすことで一層詳細な分析が可能となり、ひいては重心計を診断学に応用できるようになると期待された。

本研究の一部は第45回日本平衡神経科学会(1986)に於て講演発表した。

文 献

- 1) 小高修司, 村岡秀樹, 大久保仁, 渡辺 勲, 他: 前庭障害の代償. *Equilibrium Res* 46: 131-136, 1987
- 2) Shimazu H: Neuronal organization of the premotor system controlling horizontal conjugate movements and vestibular nystagmus. In ed Desmedt JE. *Motor control mechanisms in health and disease*. pp 565-588, Raven Press, New York, 1983
- 3) Pyrkko I, et al: Evaluation of vestibular deficiency using posturography. In ed Claussen CE & Kirtane MV. *Vertigo, nausea, tinnitus and hearing loss in cardio-vascular diseases*. pp 363-370, Elsevier, Amsterdam. 1986
- 4) Brandt Th, Dichgans J, Koenig E: Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric and exocentric motion perception. *Exp Brain Res* 16: 476-491, 1973
- 5) Bender MB, Shanger S: Oculomotor pathways defined by electric stimulation and lesions in the brain stem of monkey. In ed Bender MB. *The Oculomotor System*. pp 81-140, Harper & Row, New York, 1964
- 6) Precht W: Visual-vestibular interaction in vestibular neurons: Functional pathway organization. *Ann NY Acad Sci* 374: 230-248, 1981
- 7) Brandt Th, Paulus W, Straube A: Vision and

Posture. In ed Bles W, Brandt Th. Disorder of posture and gait. pp 157-175, Elsevier, Amsterdam, 1986

- 8) Robinson DA: Control of eye movements. Ined "Handbook of Physiology" the Nervous System II. pp 1275-1320, American Physiol Soc 1981
- 9) Bles W, et al: Some modeling aspects of nystagmus due to somatosensory-visual-vestibular interactions in stepping around. In ed Igarashi M and Black FO. Vestibular and visual control on posture and locomotor equilibrium, 7th Int. Symp. Int. Soc. Posturography, Houston, Tex., 1983, pp 38-42, Karger, Basel, 1985
- 10) 小高修司, 渡辺 勲, 大久保仁: 小脳虫部欠損症における自己受容器系-視覚系-前庭系の相互作用について. 脳と神経36: 1083-1088, 1984

Abstract

With a micro-computer-gravicorder SG-1, the Length/Time (LNG/T), Root Mean Square (RMS) and Standard Deviation Area (SD-Area) of body sway were analyzed automatically in 14 kinds of visual and somatosensory condition. The test was done in 22 normal subjects (NS) and 55 patients with vertebro-basilar insufficiency who were classified into 6 groups by the results of caloric testing.

Eighteen kinds of calculation and statistical analyses were done with a computer to compose NS and each

patient group. All the groups showed different characteristic body sways under different external conditions.

1) In the NS group, body sway in the dark > body sway while looking at OKN > body sway while watching LED = body sway in the light.

2) In group A, the SD-Area of body sway while watching LED was larger than in the dark on the S-G board.

3) In group B, the RMS and the SD-Area in the dark was smaller than while looking at OKN, while watching LED or in the light on the S-G board. The RMS while watching LED was larger than in the dark or while looking at OKN on the flat board.

4) In group D, the LNG/T while watching LED was larger than while looking at OKN on both boards.

5) In group E, there were no characteristic findings. With those tests, we could demonstrate the effects of visualvestibular-somatosensory interactions on body sway.

Key words: center of gravity, neural disorder, body sway

(原稿到着: 昭和62年9月4日
別刷請求先: 小高修司
〒173 東京都板橋区栄町33-1
東京都立豊島病院 耳鼻咽喉科)