

中枢性平衡障害例における足踏み運動解析[※]

佐々木 修

信州大学医学部耳鼻咽喉科学教室

(主任 : 田口 喜一郎教授)

Stepping Analysis in Disorders of the Central Nervous System

Osamu SASAKI

Department of Otolaryngology, Shinshu University School of Medicine

(Director : Prof. Kiichiro TAGUCHI)

POLGON (polarized light goniometer) was used to evaluate ataxia during stepping movement in patients with locomotion disorders caused by lesions in the central nervous system.

The measurements included the mean angular change of shoulders (M.A.C.S.) and its coefficient of variation (C.V.).

Results are as follows :

1. In patients with spinocerebellar degeneration (SCD)
 - a. M.A.C.S. was larger at 1 step per second than at 1.4 steps per second.
 - b. The C.V. correlated with the degree of advancement of SCD.
 - c. The C.V. was related to the degree of impairment of vertical optokinetic nystagmus (OKN) and visual suppression (VS).
2. In patients with localized damage to the cerebellum or brain stem and with advanced acoustic neurinoma
 - a. No latitude was found in any parameters.
 - b. A significant difference in C.V. at the speed of 1.2 steps per second was observed between the group with advanced acoustic neurinoma and that with concurrent damage to the cerebellar vermis and hemisphere.
 - c. The value of M.A.C.S. was related to the degree of impairment of horizontal OKN and VS.
3. In patients with Parkinson's disease
 - a. M.A.C.S. tended to decrease because of the restricted elevation of the knee.

The results showed that the stepping test using POLGON was useful for estimation of disequilibrium.
Shinshu Med. J., 39 : 751-790, 1991

(Received for publication July 5, 1991)

Key words : polgon, stepping test, spinocerebellar degeneration, acoustic neurinoma, Parkinson's disease

ポルゴン, 足踏み検査, 脊髄小脳変性症, 聴神経腫瘍, パーキンソン病

※ 身体動揺の研究 第34報

I 序 言

身体の動的平衡機能検査として、歩行検査、足踏み検査が一般的に採用されているが、歩行検査についてみると、客観化への試みはおもにリハビリテーション医学^{1)~3)}や生体工学⁴⁾を中心とした分野で近年盛んに行われている。その目的は治療および訓練効果の定量化であり、あるいは2足歩行の運動解析である。しかしこの検査の欠点として、広い空間と高価な装置とを必要とすること、また多くのパラメータが考案されているが、使用される装置により値が異なること、得られるデータの解析には複雑な数学的知識を要求されることが挙げられる。これらの問題により、臨床的な実用性に疑問がもたれるところであるが、この問題点を克服するために、従来よりわれわれはPOLYGONという光学的手法により、比較的限られた空間で容易に施行できる足踏み運動に着目し、身体の動的平衡状態の観察を行ってきた^{5)~9)}。足踏み運動は歩行と異なり、体の重心を進行方向に移動させる行為を伴わない。このため患者の日常生活における活動能力を評価するには不適であるという反論もある¹⁰⁾¹¹⁾。そのような観点より歩行を評価するならば、たとえば階段の昇降なども含めた多くの条件下における歩行状態を観察する必要があり、それは臨床的に不可能である。足踏み運動は歩行より単純な動作であるため、パターン化しやすく、解析も容易である。また重症の平衡障害者においても施行できるため、多数の症例を扱うことができ、これにより疾患群の間の比較も可能である。

足踏み運動時の姿勢維持機構を観察するための指標について、われわれは軀幹の安定性に注目してきた^{5)~9)}。直立時においては、頭部の立直りはおもに迷路反射により維持される。このことは注視機能の保持に合目的であり、頭部の動揺を測定することは直立時の平衡機能の評価に重要である。これに対し、運動時の身体の安定化には重心の属する軀幹が重要な役割を占め、2足歩行は軀幹を移動することが目的と考えれば、左右対象で、安定したデータを得られる両肩の動きを測定すれば、動的平衡機能が評価できると考えられる。

足踏み運動が円滑に行われるには視覚、迷路、自己および外受容器からの平衡反射が維持されるとともに、足踏みリズムの解発系、筋トーン制御系、位相制御系、小脳を介するフィードバック系が正常に機能する必要がある^{12)~14)}。これまでわれわれ^{5)~9)}は正常者およ

び末梢前庭機能異常者を対象として、足踏み運動解析を行ってきたが、今回著者は中枢性平衡機能異常者を対象として、小脳、脳幹および大脳基底核の足踏み運動に果たす役割につき検討した。

また今日の平衡機能検査では、眼球運動系の検査が主流となっているが、これは入出力系が、多次元で複雑な身体平衡に比し、眼球運動系は、入出力系が比較的単純で、また基礎研究の進歩により反射経路がかなり詳細に同定され、病巣の局在診断に有用であることによる。これらの反射経路は、脊髄系の反射経路と解剖学的に近接するため、眼球運動系の機能的障害程度と身体平衡機能の障害程度を比較し知見を得れば、体平衡検査の臨床的有用性は高まるであろう。著者は足踏み検査と眼球運動検査の結果の比較により、病巣によっては足踏み検査は、眼球運動検査と同様に局在診断の有用性があることを明らかにしたので報告する。

II 研究方法

A 研究対象

被検者は脊髄小脳変性症20例、小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例10例、小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍10例、パーキンソン病6例、計46例である。

脊髄小脳変性症は厚生省特定疾患脊髄小脳変性症調査研究班の分類に準拠し、Holmes型小脳萎縮症8例、晩発性小脳皮質萎縮症 (late cortical cerebellar atrophy, 以下LCCAと略す) 4例、Menzel型遺伝性失調症3例、オリブ橋小脳萎縮症 (olivo-pontocerebellar atrophy, 以下OPCAと略す) 5例である。これらの症例の年齢、性別、家族歴、経過年数、神経学的所見、CT・MRI所見を表1, 2に示す。重症度分類は平山¹⁵⁾の分類に従い、足踏み運動が可能な症例のみ選択した。これによると、I度5例、II度13例、III度2例となる。また病変の主座による特徴をみるために、小脳に主病変をもつHolmes型小脳萎縮症とLCCAを小脳型、錐体路症状や錐体外路症状を伴うMenzel型遺伝性失調症とOPCAを小脳・脳幹型と分類した。両型間の比較に際し、重症度の影響を除外するために、重症度II度の症例を対象とした。これによると小脳型8例、小脳・脳幹型5例である。全脊髄小脳変性症症例においては、男性14名、女性6名で平均年齢47歳である。

小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例は表3に示すように、神経学的所見、神経耳科学的所見、画像診断所見および手術所見により診断し得た、男性5名、女

表1 Holmes型小脳萎縮症・LCCA例の神経学および画像診断所見

診断名	症例	年齢	性別	家族歴	経過年数	重症度	神経学的所見				CT・MRI所見
							小脳症状		脳神経	錐体路徴候	
							虫部	半球			
Holmes型	1. I. Y.	68	男	+	1年	I	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	
	2. T. T.	26	男	+	5年	I	起立障害 歩行障害	変換運動障害 構音障害	—	—	
	3. E. Y.	53	女	+	10年	I	起立障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	葉間溝の拡大
	4. Y. S.	22	男	+	6年	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	葉間溝の拡大 第四脳室の拡大
	5. K. K.	25	男	+	6ヵ月	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	
	6. F. F.	65	男	+	4年	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	葉間溝の拡大
	7. S. M.	76	男	+	6ヵ月	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	葉間溝の拡大 第四脳室の拡大
	8. K. S.	45	女	+	2年	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	葉間溝の拡大
LCCA	1. N. A.	66	女	—	5年	I	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	葉間溝の拡大
	2. T. M.	59	男	—	2年	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	葉間溝の拡大 (上虫部)
	3. H. K.	72	男	—	1年	II	歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	葉間溝の拡大
	4. H. T.	56	女	—	4年	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	葉間溝の拡大 第四脳室の拡大 小脳橋角槽の拡大

表2 Menzel 型遺伝性失調症・OPCA 例の神経学のおよび画像診断所見

診断名	症例	年齢	性別	家族歴	経過年数	重症度	神経学的所見				CT・MRI 所見	
							小脳症状		脳神経	錐路徴候		
							虫部	半球				
Menzel 型	1. U. M.	34	男	+	10 年	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	下肢の 腱反射亢進	
	2. I. I.	20	男	+	3 年	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	上下肢の 腱反射亢進	葉間溝の拡大 第四脳室の拡大
	3. H. Y.	32	男	+	10 年	II	歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	下肢の 腱反射亢進	
OPCA	1. N. T.	30	男	—	6 ヶ月	I	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	—	葉間溝の拡大 第四脳室の拡大
	2. A. K.	55	男	—	1 年	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	—	葉間溝の拡大 第四脳室の拡大
	3. T. A.	52	女	—	5 年	II	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	下肢の 腱反射亢進	葉間溝の拡大 第四脳室の拡大 小脳橋角槽の拡大
	4. K. T.	40	女	—	6 ヶ月	III	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	—	
	5. O. S.	52	男	—	1 年	III	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	下肢の 腱反射亢進	葉間溝, 第四脳室の 拡大, 小脳橋角槽, 前 橋槽の拡大

性5名で、平均年齢53歳である。その内訳は、小脳半球および虫部の両方に障害を有するもの5例（腫瘍3例、くも膜嚢腫1例、梗塞1例）、小脳半球障害2例（腫瘍1例、梗塞1例）、脳幹障害3例（腫瘍1例、動脈瘤1例、多発性硬化症1例）である。

小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例は、表4に示すごとく、神経学的所見、神経耳科学的所見、画像診断所見および手術所見により、小脳および脳幹部に増大を示した聴神経腫瘍症例で、男性4名、女性6名よりなり、平均年齢52歳である。

パーキンソン病症例は表5に示すごとく、神経学的所見、神経耳科学的所見により診断された6例である。

重症度分類はYahr分類¹⁰⁾により、対象例はIII度3例、IV度3例である。全パーキンソン病症例では、男性3名、女性3名、平均年齢60歳であり、全例が抗パーキンソン剤を投与されていた。

B 実験装置

POLGON (polarized light goniometer) は光学的に回転角度を測定する装置である。本装置は、投光部である石英ハロゲンランプからの白色光が、毎秒66回転する偏光板を通り、被測定部に取りつけられたセンサを照らす。センサは、光感知素子の前に偏光板が固定されたもので、投光部からの偏光とセンサの偏光軸が一致したときに、センサ内で最大電流が得られる機

表3 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例の神経学および画像診断所見

症例	年 齢	性 別	診 断	病 歴	神 経 学 的 所 見				CT・MRI所見
					小 脳 症 状		脳神経	錐 体 路 徴 候	
					虫 部	半 球			
<u>小脳半球および虫部障害</u>									
1. M. E.	52	女	髄膜腫	H. 2. 6.より体のふらつき	起立障害 歩行障害	—	—	—	MRI: 右半球から虫部にかけてmass. 小脳, 脳幹を後方より圧排
2. K. M.	23	女	血管腫	H. 1. 3.より回転性めまい, 体のふらつき	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	CT: 右半球から虫部にかけて境界鮮明にenhanceされるmass. 第III脳室拡大
3. K. K.	55	女	くも膜嚢腫	S. 62.頃より体のふらつき	歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	CT: 左半球から虫部にかけて境界鮮明な低吸収域(enhanceされない)
4. S. M.	37	男	多発性血管芽腫	S. 63. 9.より体のふらつき, 頭痛	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	
5. Y. S.	73	男	小脳梗塞	S. 51.頃より回転性めまい発作	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	CT: 左半球から虫部にかけて低吸収域
<u>小脳半球障害</u>									
1. Y. A.	45	男	右小脳半球転移性腫瘍(肺癌)	H. 1. 8より体のふらつき	—	—	—	—	CT: 右半球(上半球上葉)に低吸収のmass. 造影にて周囲が染まる
2. I. S.	78	男	左小脳半球梗塞	H. 1. 2.より歩行時のふらつき	—	測定障害 変換運動障害 構音障害	—	—	CT: 左薄小葉から下半月小葉にかけて低吸収域
<u>脳幹障害</u>									
1. K. T.	46	女	多発性硬化症	S. 63.頃より右上下肢の運動障害	起立障害 歩行障害	—	—	右下肢の腱反射亢進	MRI: T2で中脳左側, 大脳脚, 中小脳脚に高信号域. Gd-DTPAにて造影される部位とされない部位あり
2. K. M.	58	男	左三叉神経鞘腫	S. 48.頃より頭痛, 耳鳴	—	—	V	—	CT: 左小脳橋角部からMeckel腔にかけmass (enhanceされる)
3. T. S.	61	女	巨大脳底動脈瘤	S. 58.頃より体のふらつき	歩行障害	—	VI	—	CT: 橋を右前方より圧排するmass. 血管造影にて巨大動脈瘤を確認

表4 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の神経学のおよび画像診断所見

症 例	年 齢	性	診 断	病 歴	神 經 学 的 所 見				CT・MRI 所見
					小 脳 症 状		脳神経	錐体路 徴候	
					虫 部	半 球			
1. M. T.	60	女	右聴神経腫瘍	H. 2. 10.より右難聴, 歩行時のふらつき	歩行障害	—	V	—	MRI: 右小脳橋角部に mass. 小脳半球, 虫部および橋を右より圧排
2. M. G.	63	男	右聴神経腫瘍	H. 1. 9.より右難聴, 歩行時のふらつき	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害 構音障害	V VII	—	MRI: 右小脳橋角部に mass. 小脳半球, 虫部および橋を右より圧排
3. Y. A.	60	女	右聴神経腫瘍	S. 61.頃より右難聴, 耳鳴	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害	—	—	CT: 右小脳橋角部から半球にかけて低吸収域。第III脳室拡大 (enhanceされる)
4. I. S.	52	女	左聴神経腫瘍	H. 1. 3.より左難聴, 耳鳴	起立障害 歩行障害	構音障害	V	下肢の腱反射亢進	CT: 左小脳橋角部から半球にかけて低吸収域 (enhanceされる)
5. S. Y.	59	男	左聴神経腫瘍	H. 1. 8.より体のふらつき, VII麻痺	起立障害 歩行障害	—	VII	—	CT: 左小脳橋角部から半球にかけて低吸収域 (enhanceされる)
6. K. M.	30	女	左聴神経腫瘍	S. 63.頃より左難聴	起立障害 歩行障害	—	V VII	—	MRI: 左小脳橋角部に mass. 小脳半球, 虫部および橋を左より圧排
7. S. K.	75	女	左聴神経腫瘍	S. 62.頃より左難聴	起立障害 歩行障害	—	—	—	MRI: 左小脳橋角部に mass. 小脳半球, 虫部および橋を左より圧排
8. K. K.	19	男	左聴神経腫瘍	S. 62.頃より左難聴, 耳鳴	歩行障害	—	VII	—	CT: 左小脳橋角部から半球にかけて低吸収域 (enhanceされる)
9. A. K.	42	女	左聴神経腫瘍	S. 62.頃より左難聴	起立障害 歩行障害	—	V	下肢の腱反射亢進	MRI: 左小脳橋角部から橋, 中脳, 半球および虫部にかけて mass.
10. M. S.	60	男	左聴神経腫瘍	H. 1. 3.より左難聴, めまい発作	起立障害 歩行障害	測定障害 変換運動障害	VII	—	CT: 左小脳橋角部から半球にかけて低吸収域 (enhanceされる)

表5 パーキンソン病症例における神経耳科学的所見

症 例	年 齢	性 別	経 過 年 数	重 症 度	眼 振 検 査	視 標 追 跡 検 査		視 運 動 性 眼 振 検 査		温 度 眼 振 反 応			
						水平方向	垂直方向	最大緩徐相速度 * 単位は deg/sec 右 左 上 下				反 応 状 況	visual suppression * 単位は%
1. K. S.	63	男	3年	Ⅳ		両側に Saccadic	上下に Saccadic	25	30	40	50	R ; 良好 L ; 良好	R ; 40 L ; 50
2. K. H.	54	男	2年	Ⅳ		Smooth	Smooth	50	60	40	30	R ; 良好 L ; 良好	R ; 70 L ; 80
3. K. K.	56	男	2年	Ⅲ		Smooth	Smooth	80	80	40	40	R ; 良好 L ; 良好	R ; 80 L ; 80
4. T. S.	58	女	5年	Ⅲ		Smooth	Smooth	60	60	50	60	R ; 良好 L ; 良好	R ; 80 L ; 80
5. O. T.	60	女	2年	Ⅲ		両側に Saccadic	上下に Saccadic	35	30	15	45	R ; 良好 L ; 良好	R ; 20 L ; 50
6. I. F.	67	女	2年	Ⅳ		両側に Saccadic	上下に Saccadic	50	45	40	45	R ; 良好 L ; 良好	R ; 70 L ; 70

構になっている。偏光軸は偏光板が1回転する間に2回一致するため、132Hzの信号電流が生じることになる。2つのセンサを基準センサと測定部センサとし、これを同時に照らす場合、2つのセンサの偏光軸に角度差があれば、両センサからの信号電流は位相差を生

じ、この位相差に比例した電圧を得れば、測定部センサの基準センサに対する相対的角度を求めることができる。

この原理に従い、基準センサを身体重心位置（身体正面で床面より身長56%の高さ）に、測定部センサ

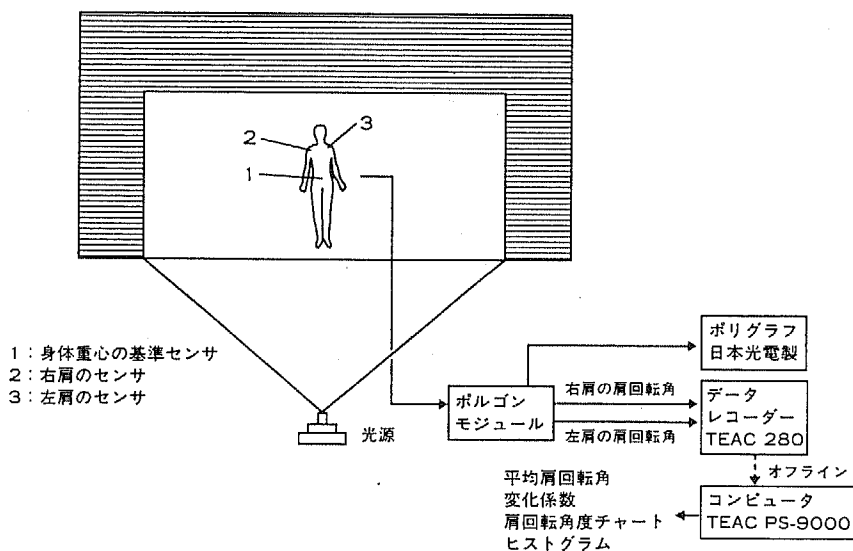


図1 実験のブロックダイアグラム

回転する偏光板を通した光が左右の肩と身体重心のセンサを照らす。センサからの信号はボルゴンモジュールにより身体重心のセンサに対する肩のセンサの相対的角度として出力される。

を右肩と左肩に置き、身体重心位置に対する左右の肩の相対的角度を測定した(図1)。

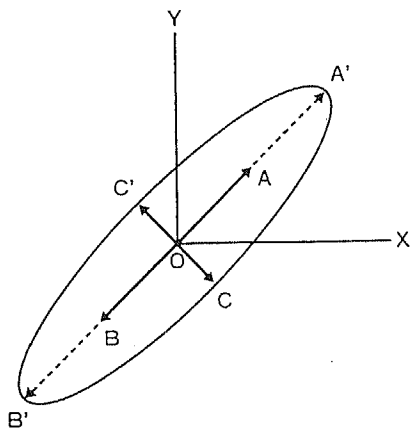
C 足踏み運動

被験者に1.0, 1.2, 1.4steps/secの3種類の足踏みリズムをヘッドホンを通して与え、開眼および閉眼下で50歩の足踏み運動を行わせた。歩高は、中途半端な位置では不揃いになるため、可及的に膝を上げさせ、手は特に意識させないように自然に振らせた。測定に際して各リズムにつき十分に練習させ、各試行の間には十分な休息時間を与えた。

本研究は平衡失調者を対象としているため、転倒により50歩の足踏み運動が不可能な症例もあった。このような症例については、数回の試行を行い、2回の足踏みの安定な部分を切り取り、つなぎ合せて50歩分とした。2回の足踏みで50歩に達しない場合、不能としてその試行は除外した。

D 足踏み運動検査の解析方法

基準センサと左右の肩のセンサからの信号は、Medelec社製ポルゴンモジュールにより処理され、左右の肩の基準センサに対する相対的角度(以下肩回転角と略す)として出力される。この出力は、日本光電製ポリグラフに描出されるとともに、TEAC 280デー



- OA : 右足挙上時のセンサ間の相対的角度差
- OB : 左足挙上時のセンサ間の相対的角度差
- AA', BB' : 50歩足踏みにおける左右への変動
- CC' : 左右の肩動揺の不均衡

図2 肩回転角度チャート

XYレコーダにより軌跡パターンとして描出される。

静止起立時の位置を中心としたベクトルの重ね合わせとしてとらえることができる。

タレコーダにより右肩成分と左肩成分に分けて収録される。データを収録した磁気テープはオフライン式でTEAC PS-9000コンピュータにて処理される。データは10HzでA/D変換され、無効振幅は0.25度とした。得られた肩回転角の経時的変動は、足踏みリズムに一致した50のピークを持つ波形となる。この連続する正のピークと負のピークの差を測定することにより肩回転角が求められる。

足踏み運動を評価する指標として、次のパラメータを用いた。

- 1 平均肩回転角：
50個の肩回転角の平均とそのヒストグラム
- 2 変化係数：
(標準偏差÷平均値)×100(%)
- 3 肩回転角度チャート：

右肩成分をX軸、左肩成分をY軸として、XYレコーダにより描出した軌跡パターン。これは図2に示すように、XY座標上に方向と長さをもつベクトルの重ね合わせとしてとらえることができる。このチャートでは、原点から第1象限に出現するベクトルOAは右足挙上時、原点から第3象限に出現するベクトルOBは左足挙上時に得られるパターンである。そしてAA', BB'は50歩の施行による左右への変動を示し、CC'は左右の肩動揺の不均衡を表している。肩回転角度チャートの評価は、そのチャート図の回帰直線を算出し、この回帰直線への各点からの距離(単位はdeg)の平均を求めることにより、左右の肩動揺の不均衡の指標とし(均衡度)、耳疾患の既往なく、運動異常のない22歳から46歳の正常者10名(男性7名、女性3名)を正常者群とした。

E 眼球運動検査

足踏み運動と同日に眼球運動検査を施行した。

- 1 自発眼振検査、注視眼振検査、頭位眼振検査、頭位変換眼振検査。
- 2 視標追跡検査：日本電気三栄製3G31型視標追跡装置を用い、0.1, 0.14, 0.25, 0.33, 0.5Hzの正弦波刺激に対する滑動性眼球運動を、水平および垂直方向について観察した。記録は日本電気三栄製124A電気眼振計を用い、時定数3秒で原波形を、時定数0.03秒で速度波形を記録した。

判定は、以下のごとく行った。

- ① Smooth：視標を円滑に追従しているもの。
- ② Saccadic：滑動性眼球運動に衝動性眼球運動が混在し、波形が階段状を呈するもの。

③ Ataxic: 滑動性眼球運動に衝動性眼球運動が混在し、正弦波状眼球運動が認めがたいもの。

3 視運動性眼振検査

第一医科製 FS-02 Jung 型視運動性眼振解発装置(半径1m, 幅90cm)を使用した。刺激は $2^{\circ}/\text{sec}^2$ の等角加速度刺激で、最高速度を $120^{\circ}/\text{sec}$ とし、水平および垂直方向について行った。検査に際し、被験者に眼前を通過する線条を1本1本数えながら追うように指示した。記録は視標追跡検査と同様であり、パラメータとして最大緩徐相速度を採用し、眼振原波形より用手的に算出した。

4 温度眼振反応

温度眼振検査は 20°C 、20mlの冷水を20秒で外耳道より注入し反応をみた。記録は視標追跡検査と同様であるが、速度波形はクリッパーを用い急速相をカットし、緩徐相速度を表すようにした。さらに眼振の緩徐相速度が最高に達した時、光をつけ、眼前50cmのと

ころにある検者の指先をみるように指示した (visual suppression test)。抑制率は、(1-固視時の眼振緩徐相速度の平均/固視前の眼振緩徐相速度) $\times 100$ (%) で求めた。

III 研究成績

A 第1部 足踏み運動成績

1 脊髄小脳変性症における成績

a 足踏み運動速度による肩回転角ヒストグラムと肩回転角度チャート

図3に56歳女性、LCCA 症例の各足踏み運動速度における、肩回転角の変化をあらわす原波形と肩回転角度チャートとヒストグラムを示した。肩回転角度チャートでは、1.0step/secにて、肩動揺の不均衡が著明になっていることがわかる。またヒストグラムでは、ばらつきが増加している。

b 足踏み運動速度による平均肩回転角と変化係数

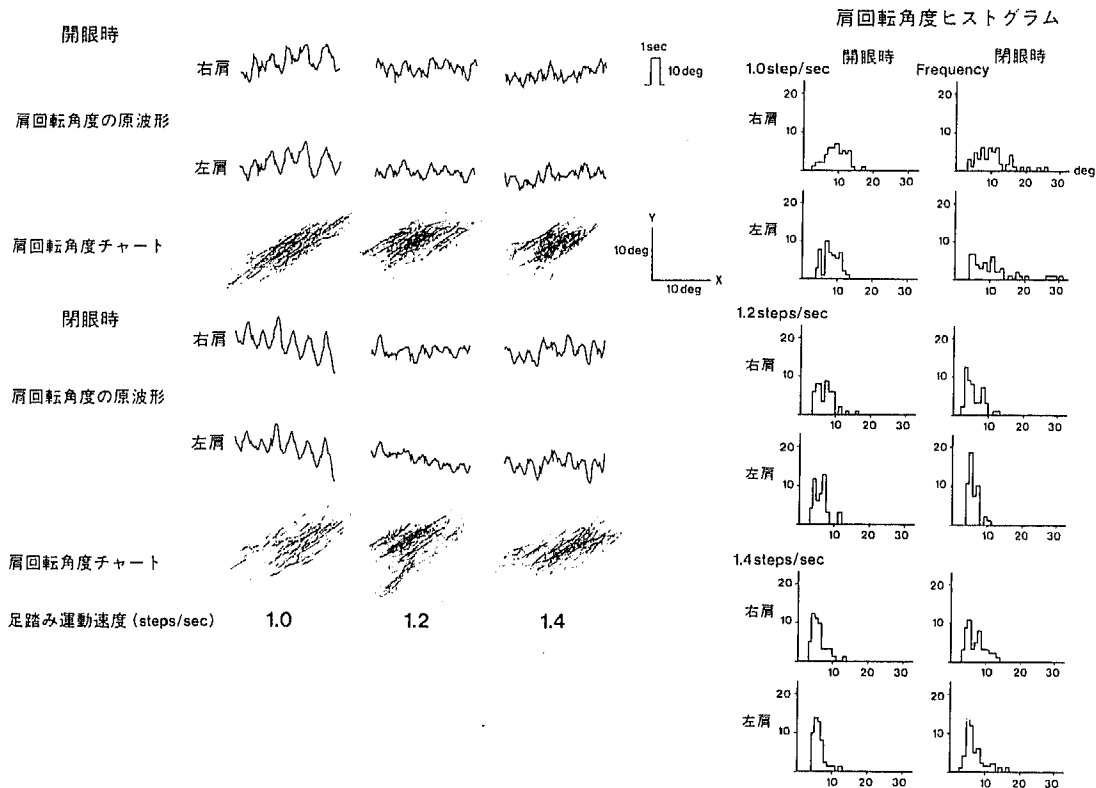


図3 56歳女性、LCCA の足踏み運動速度による肩回転角度の変化の原波形と肩回転角度チャートとヒストグラム

肩回転角度チャートにて1.0step/sec 閉眼下で肩動揺の不均衡が著明になっている。ヒストグラムでもばらつきが大きくなっているのがわかる。

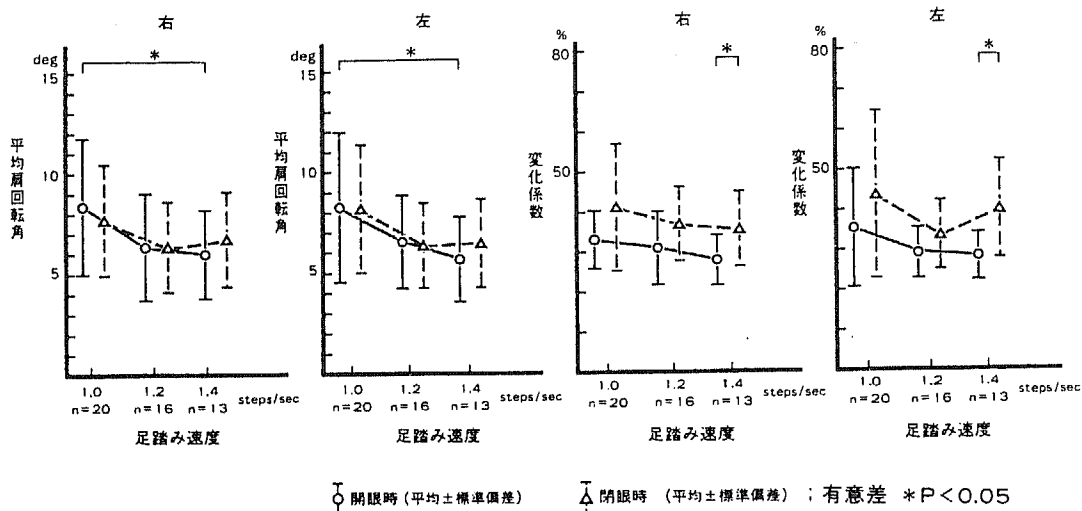


図4 脊髄小脳変性症 (SCD) 症例の足踏み運動速度による平均肩回転角と変化係数
 1.0step/secにて平均肩回転角が増加している。変化係数では有意な差を認めない。

の比較

足踏み運動速度による差を両肩について検討した。平均肩回転角においては、1.0step/secと1.4steps/secの間に、開眼時、左右とも1.0step/secの値が有意に増加を示した (t検定: P<0.05)。変化係数においては、足踏み運動速度による差は認めなかった (t検定)。

各足踏み運動速度における開閉眼差を検討した。平均肩回転角においては、開閉眼差を認めなかった (t検定) が、変化係数においては、1.4steps/secにて左右とも有意差を認めた (t検定: P<0.05) (図4)。

c 重症度分類による平均肩回転角と変化係数の比較

重症度分類では、I度とII度の間について検討を行った。平均肩回転角では、何れの足踏み運動速度においても、I度とII度の間に差を認めなかった (t検定) (図5 a)。しかし変化係数においては、1.0step/secで左右とも閉眼時に、また1.4steps/secでは左右とも開閉眼時に、II度が有意に増加した (t検定: P<0.05)。またI度では開眼と閉眼の間に差をみないが (t検定)、II度においては、1.0および1.4 steps/secにおいて差を認めた (t検定: P<0.05) (図5 b)。

d 型分類による平均肩回転角と変化係数の比較

小脳型と小脳・脳幹型の間で平均肩回転角と変化係数について検討した。平均肩回転角および変化係数の

何れの指標においても、両者の間に統計的有意差を認めなかった (t検定)。また変化係数において、小脳型では各足踏み運動速度において開眼と閉眼の差を認めたが、小脳・脳幹型では左肩において、1.0step/secにおいてのみ差を認めた (t検定: P<0.05) (図6 a, 6 b)。

2 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例における成績

a 足踏み運動速度による平均肩回転角と変化係数の比較

障害部位別に、健側および患側について足踏み運動速度による差を検討した。小脳半球および虫部障害以外の症例は1.2, 1.4steps/secにおける症例数が少ないため、この運動速度における比較は行わなかった。また小脳半球障害は1.0step/secにおいても症例数が少ないため、図の中に実測値のみをプロットした (図7 a, 7 b)。

健側および患側の比較については、各障害部位において、平均肩回転角および変化係数にて、有意差を認めなかった (t検定)。

開閉眼差については、各障害部位において、平均肩回転角および変化係数にて、有意差を認めなかった (t検定)。

3 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例における成績

a 足踏み運動速度による肩回転角ヒストグラムと肩回転角度チャート

中枢性平衡障害例における足踏み運動解析

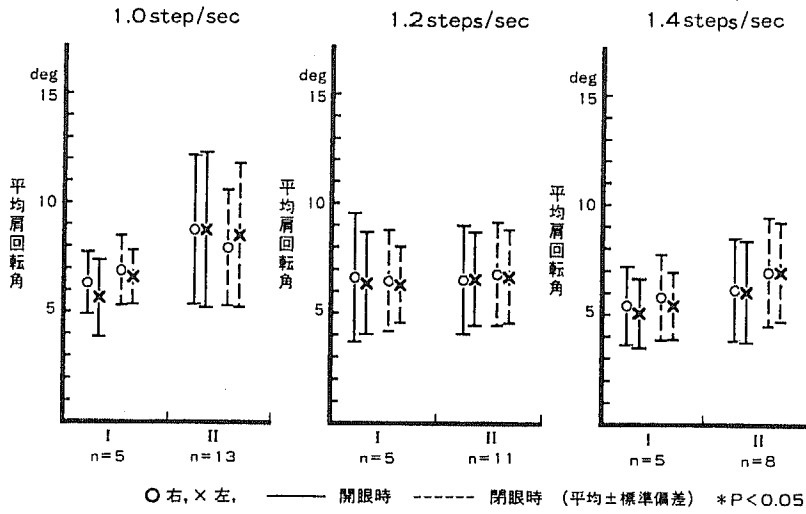


図5 a SCD 症例の重症度による平均肩回転角の比較
重症度による有意な差を認めない。

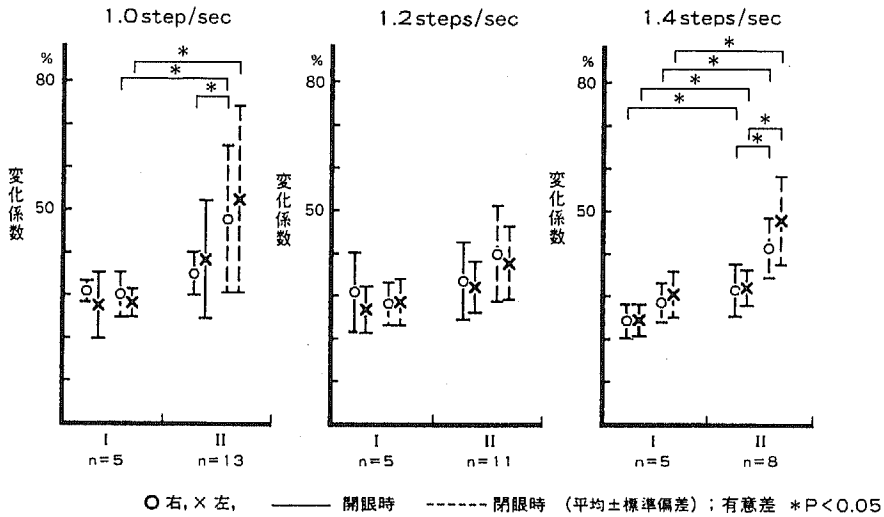


図5 b SCD 症例の重症度による変化係数の比較
1.0, 1.4steps/sec にて重症度による差を認める。

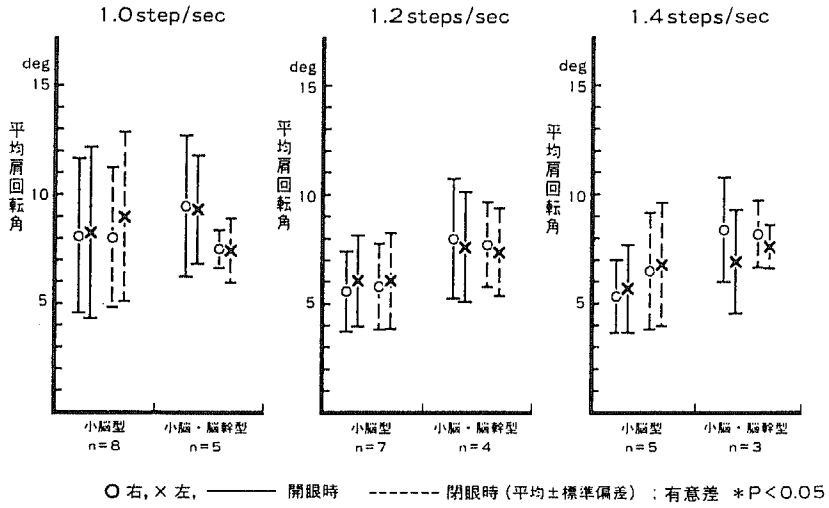


図6 a SCD症例の型分類による平均肩回転角の比較
型分類による有意な差を認めない。

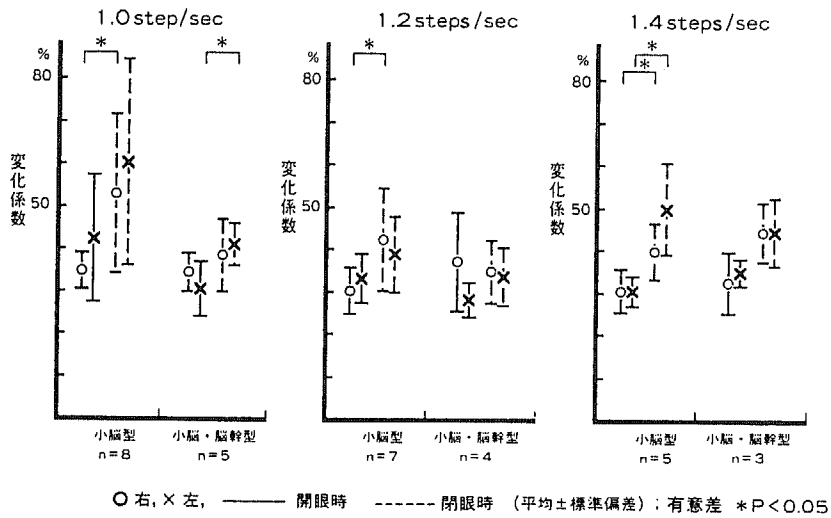


図6 b SCD症例の型分類による変化係数の比較
型分類による有意な差を認めない。

中枢性平衡障害例における足踏み運動解析

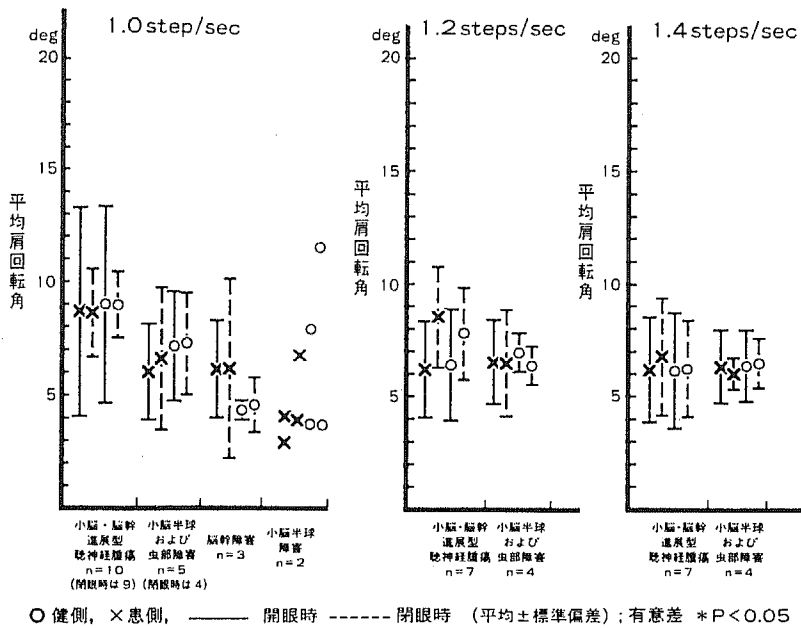


図7 a 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例および小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の平均肩回転角各群において平均肩回転角の増加をみる。

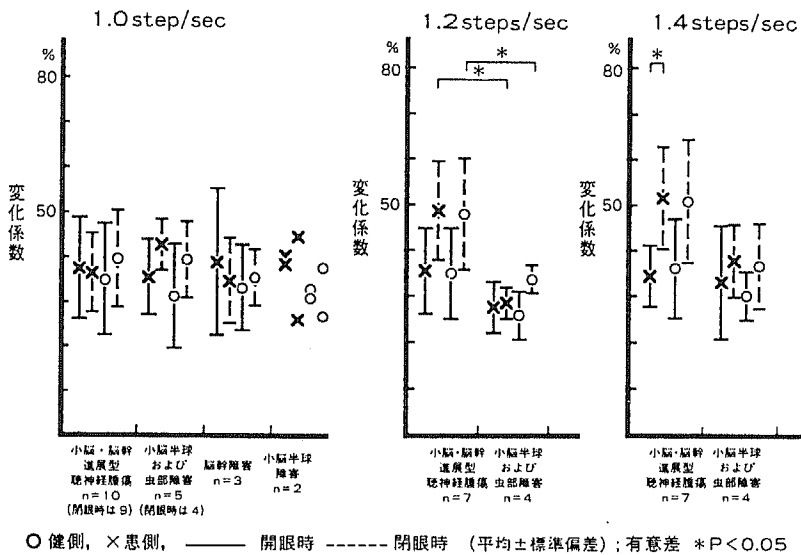


図7 b 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例および小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の変化係数
1.2 steps/secにて小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍群と小脳半球および虫部障害群の間に差を認める。

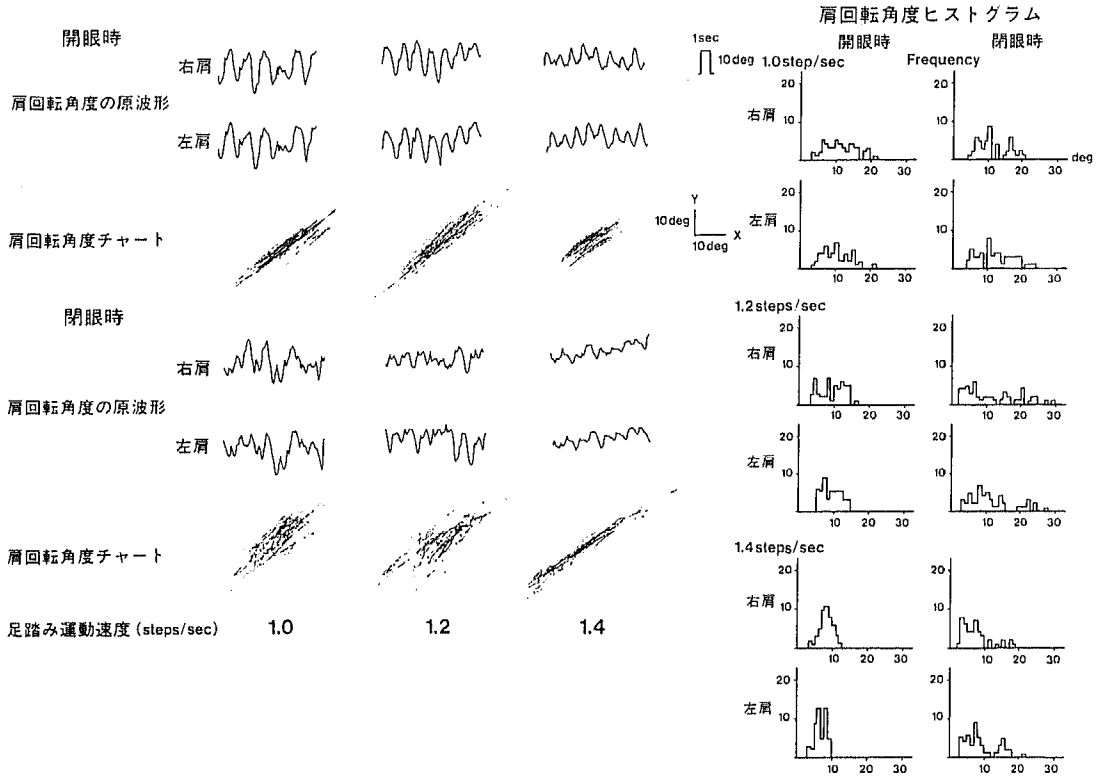


図8 42歳女性、左小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍の足踏み運動速度による肩回転角度の変化の原波形と肩回転角度チャートとヒストグラム
 肩回転角度チャートにて閉眼下で肩動揺の不均衡が著明になっている。
 ヒストグラムでは1.2, 1.4 steps/secにて開閉眼差があきらかである。

図8に42歳女性、左小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の各足踏み運動速度における、肩回転角の変化を表す原波形と肩回転角度チャートとヒストグラムを示した。肩回転角度チャートでは、閉眼下に肩動揺の不均衡が著明になっている。またヒストグラムでは、1.2, 1.4steps/secにて、開閉眼差が明らかである。

b 足踏み運動速度による平均肩回転角と変化係数の比較

健側および患側の比較および各足踏み運動速度間の比較では、平均肩回転角および変化係数にて、有意差を認めなかった (t検定)。

開閉眼差については、1.4steps/sec 患側で、閉眼時に有意な増加を認めた (t検定: $P < 0.05$)。

c 小脳半球および虫部障害例との比較

後頭蓋窩疾患における前庭機能障害の足踏み運動へ及ぼす影響を検討するために、両群間の比較を行った。

平均肩回転角では両群間に差をみない (t検定) が、変化係数にて、小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍群が、1.2steps/sec 閉眼下に、健側および患側とも、有意な増加を示した (t検定: $P < 0.05$) (図7 a, 7 b)。

4 パーキンソン病における成績

a 足踏み運動速度による肩回転角ヒストグラムと肩回転角度チャート

図9に67歳女性、パーキンソン病症例の肩回転角の変化を表す原波形、肩回転角度チャートおよびヒストグラムを示した。肩回転角度チャートでは、やや肩動揺の不均衡が増加しているが、ヒストグラムでは、変動幅が少ない。

b 足踏み運動速度による平均肩回転角と変化係数の比較

パーキンソン病症例において足踏み運動速度による差を検討した。平均肩回転角においては、1.0step/

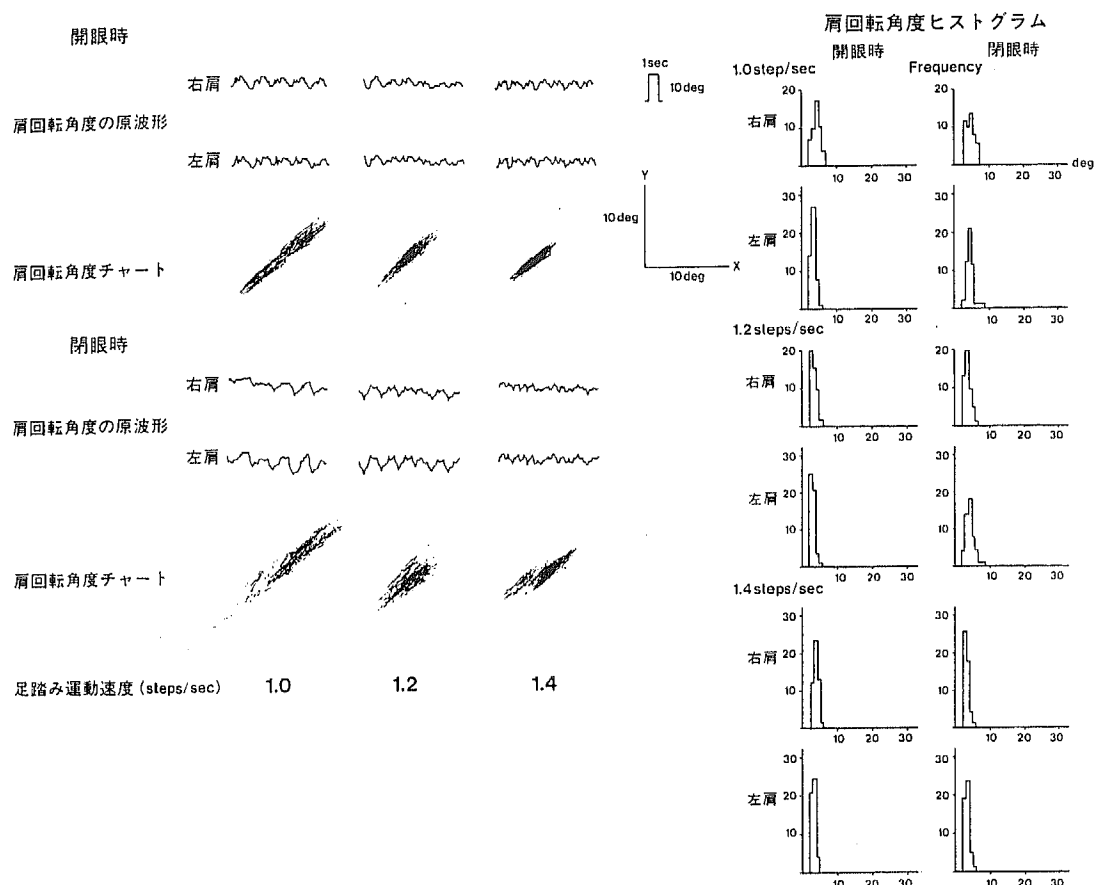


図9 67歳女性，パーキンソン病の足踏み運動速度による肩回転角度の変化の原波形と肩回転角度チャートとヒストグラム
ヒストグラムではばらつきが目立たない。
肩回転角度チャートではやや肩動揺の不均衡が増加している。

secと1.4steps/secの間に、右肩では開眼時、左肩では閉眼時に1.0step/secの方が有意な増加をみた(t検定:P<0.05)。変化係数では、足踏み運動速度による差を認めなかった(t検定)(図10)。

田口と菊川⁵⁾、田口ら⁶⁾、Taguchiら⁷⁾⁸⁾、和田⁹⁾により示された正常者の平均肩回転角と変化係数の棄却限界と比較すると、パーキンソン病では、平均肩回転角においては、正常者に近い値をとるが、変化係数では増加する傾向を認めた。

5 肩回転角度チャートにおける各疾患群の比較

SCD、小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍、小脳半球および虫部障害、パーキンソン病における肩回転角度チャートの特徴を、均衡度を指標として検討した。肩回転角度チャートの均衡度を求める際に、1回の施行で50

歩足踏みが不可能のため2回の施行をつなぎ合わせた症例では、接合による影響が数値にあらわれ、誤差を生じるため、これらの症例は除外した。また部分的に偶発的と思われる波形を呈した症例についても、値のばらつきの原因となるため、これらの症例も除外した。最終的に、信頼性の高い成績の得られたSCD 5例、小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍 5例、小脳半球および虫部障害 3例、パーキンソン病 5例を選出した。これらの結果を正常者10例の結果とともに図11に示した。また正常者の成績を表6に示した。

正常者における成績では、足踏み速度による均衡度の変化は、1.2steps/secで最も安定する傾向をみた。開閉眼による影響は、1.2steps/secと1.4steps/secにて開閉眼差を認めた(t検定:P<0.05)。

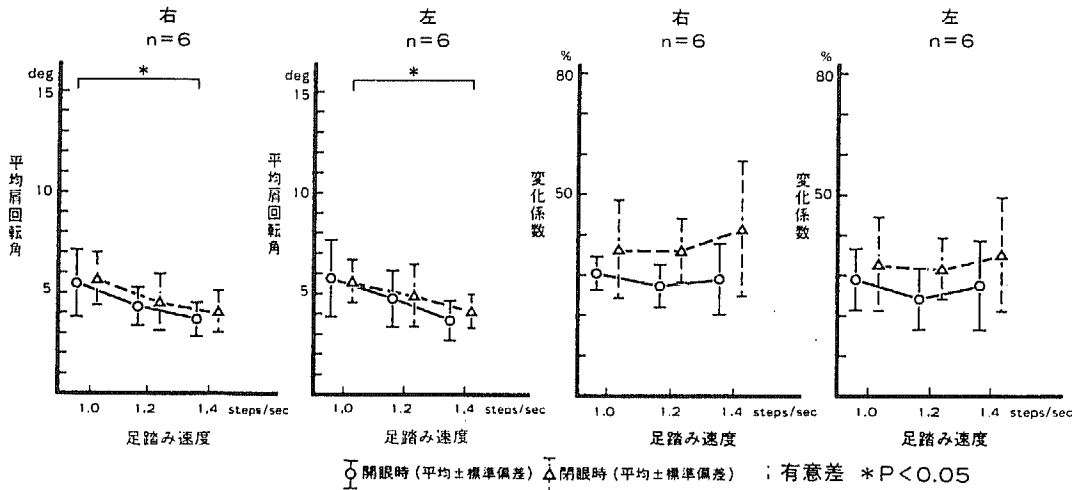


図10 パーキンソン病症例の足踏み運動速度による平均肩回転角と変化係数
平均肩回転角は増加しないが、変化係数は増加する傾向を認める。

正常者群と疾患群との比較では、SCDでは、全ての足踏み速度にて有意の増加が見られた。小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍では、1.0step/secの閉眼下に有意な増加を認めた（t検定：P<0.05）。パーキンソン病では、1.2, 1.4steps/sec閉眼下に、正常者群に比し減少する傾向をみたが、統計的有意差は認めなかった（t検定）。

次に各疾患群における特徴を検討した。SCDでは、足踏み運動速度による差、開閉眼による差を認めなかった。（t検定）。小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍では、足踏み運動速度による差は見ないが、1.0, 1.2steps/secにて、閉眼時に均衡度の増加を見た（t検定：P<0.05）。小脳半球および虫部障害では、症例数が少ないため、統計的検討は行わなかったが、1.0step/sec閉眼時に増加する傾向を認めた。パーキンソン病では、1.2と1.4steps/secの間に開眼下、1.2steps/secが有意に増加したが（t検定：P<0.05）、開閉眼差は認めなかった（t検定）。

B 第2部 眼球運動検査成績による足踏み運動検査成績の検討

眼球運動検査の成績を表5, 7, 8, 9に示した。眼球運動検査成績と足踏み運動検査成績を定量的に検討するために、視運動性眼振検査とvisual suppression testの結果に注目した。

視運動性眼振検査（以下OKNと略記）における最大緩徐相速度および温度眼振反応におけるvisual suppression testの結果により対象群を分類し、足踏み運動における平均肩回転角と変化係数について比較した。対象はSCD、小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例、小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例とし、パーキンソン病は分類により症例数が少なくなるため除外した。

OKNの結果の分類については、われわれの施設における石山¹⁷⁾による成績を参考にした。すなわち、水平性OKNでは、最大緩徐相速度が、A群は46°/sec以上、B群は30~45°/sec、C群は29°/sec以下とし、垂直性OKNでは、A群は41°/sec以上、B群は

表6 肩回転角度チャートにおける均衡度の正常値 (N=10) 単位 deg (°)

足踏み速度 (steps/sec)	1.0		1.2		1.4	
	開 眼	閉 眼	開 眼	閉 眼	開 眼	閉 眼
95%信頼区間	0.538 ±0.206	0.680 ±0.193	0.469 ±0.189	0.660 ±0.214	0.539 ±0.221	0.665 ±0.219
棄却限界 (P<0.05)	0.538 ±0.683	0.680 ±0.640	0.469 ±0.626	0.660 ±0.710	0.539 ±0.735	0.665 ±0.728

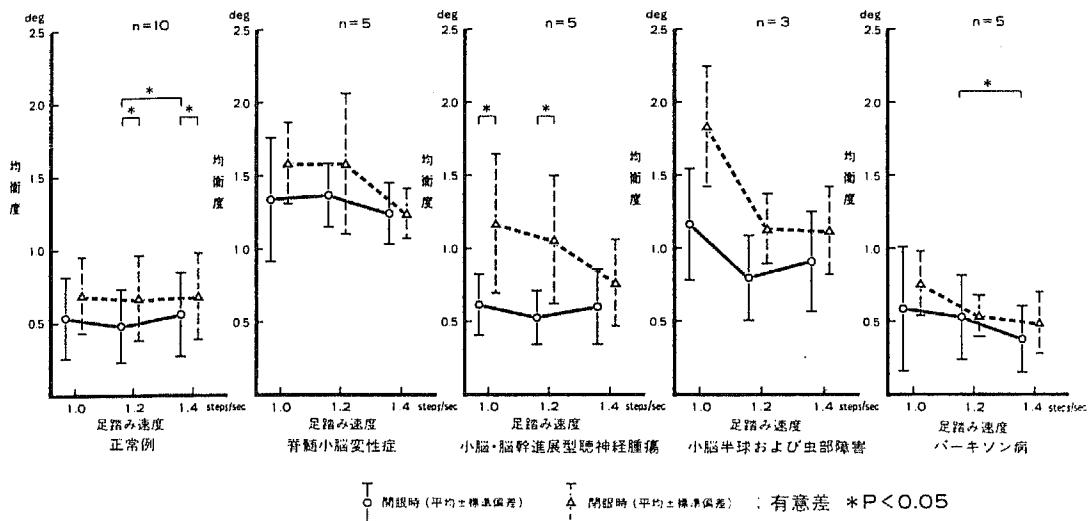


図11 肩回転角度チャートにおける左右の肩動揺の均衡度
各疾患群の特徴がよくあらわれている。

26~40°/sec, C群は25°/sec以下とした。

visual suppression testの結果の分類については、50%以上をa群, 49%以下をb群とした。

判定に際しては、水平性OKNでは左右, 垂直性OKNでは上下, visual suppression testでは左右の障害が強い方の値を採用し, A, B, Cあるいはa, bに分類した。また, 全身状態が悪く, 検査不能であった症例は除外した。

1 SCDにおける成績

対象となった症例はOKNでは19例, visual suppression testでは17例である。

a 水平性OKN分類による足踏み運動検査の検討
平均肩回転角では, C群がA, B群に比して増加する傾向をみたが, 統計的有意差は認めなかった(t検定)(図12a)。

変化係数では各群間に差を認めなかった(t検定)(図12b)。

b 垂直性OKN分類による足踏み運動検査の検討
平均肩回転角については, 1.2steps/secにて, 右肩で閉眼下に, A群がC群に比し有意に増加した(t検定: P < 0.05)(図13a)。

変化係数については, 1.0step/secにて, 開眼下, C群がA, B群に比し増加し, A群がB群に比し増加する傾向をみた(t検定: P < 0.05)(図13b)。

c visual suppression分類による足踏み運動検査の検討

平均肩回転角においては, a, b群間に差をみなかったが(t検定)(図14a), 変化係数では, 1.0step/secにて閉眼下に, b群がa群に比して有意に増加した(t検定: P < 0.05)(図14b)。

2 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例における成績

眼球運動系検査の対象となった症例は水平性OKNでは9例, 垂直性OKNでは7例, visual suppression testでは8例である。また, 水平性OKN分類と垂直性OKN分類による成績は, 分類により群間の症例数の差が大きくなるため, 実測値のみプロットした。

a 水平性OKN分類による足踏み運動検査の検討
平均肩回転角および変化係数にて, 一定の傾向はみられなかった(図15a, 15b)。

b 垂直性OKN分類による足踏み運動検査の検討
分類により各症例数が少なくなり, 統計的比較は困難であったが, 変化係数にて, C群がB, A群に比して比較的大きな値をとった(図16a, 16b)。

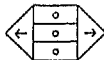
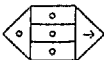
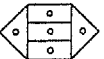
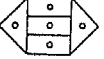
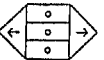
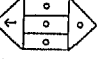
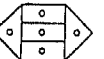
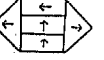
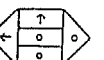
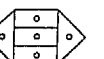
c visual suppression分類による足踏み運動検査の検討

平均肩回転角では, 1.0step/sec開眼下に, b群が増加する傾向を認めた(t検定: P < 0.05)。変化係数では統計的有意差はみないが, 各足踏み運動速度にて, b群が増加する傾向をみた(図17a, 17b)。

3 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例における成績

対象となった症例は水平性OKNでは10例, 垂直性

表7 SCD症例における神経耳科学的所見

症 例	年 齢	性	眼 振 検 査	視 標 追 跡 検 査		視運動性眼振検査				温 度 眼 振 反 応		
				水平方向	垂直方向	最大緩徐相速度 *単位は deg/sec 右 左 上 下				反 応 状 況	visual suppression *単位は%	
						右	左	上	下			
<u>Holmes型</u>												
1. I. Y.	68	男	 Down beat positioning nystagmus	両側に Ataxic	上下に Ataxic	40	40	60	60	R ; 良好 L ; 良好	R ; 20 L ; 50	
2. T. T.	26	男	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	30	40	45	40	R ; 良好 L ; 良好	R ; 60 L ; 20	
3. E. Y.	53	女	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	40	45	40	60	R ; 良好 L ; 良好	R ; 40 L ; 60	
4. Y. S.	22	男	 Slow eye movement	両側に Saccadic	上下に Saccadic	0	0	30	40	R ; CP L ; CP	R ; - L ; -	
5. K. K.	25	男	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	30	35	35	30	R ; 良好 L ; 良好	R ; 50 L ; 0	
6. F. F.	65	男	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	下向きに Saccadic	30	35	35	30	R ; 良好 L ; 良好	R ; 30 L ; 40	
7. S. M.	76	男	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	20	25	15	20	R ; 良好 L ; 良好	R ; 30 L ; 60	
8. K. S.	45	女	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	20	20	0	25	R ; 良好 L ; 良好	R ; 20 L ; 0	
<u>LCCA</u>												
1. N. A.	66	女	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	40	45	40	40	R ; 良好 L ; 良好	R ; 50 L ; 80	
2. T. M.	59	男	 Down beat positioning nystagmus	両側に Ataxic	上下に Saccadic	50	50	40	40	R ; CP L ; CP	R ; 90 L ; 90	

中枢性平衡障害例における足踏み運動解析

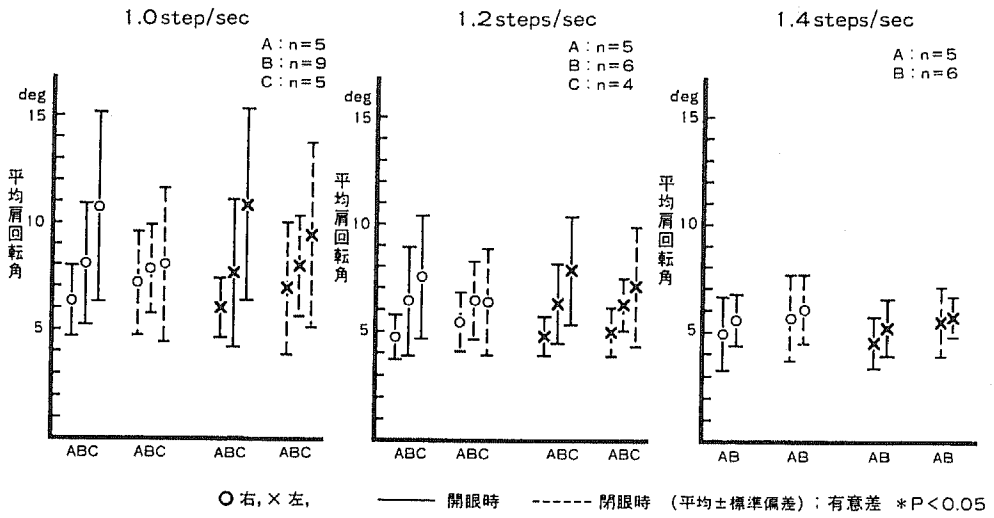
3. H. K.	72	男		両側に Saccadic	上下に Saccadic	25 25 25 20	R ; 良好 L ; 良好	R ; 0 L ; 0	
4. H. T.	56	女	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	50 50 50 60	R ; 良好 L ; 良好	R ; 55 L ; 70	
<u>Menzel 型</u>									
1. U. M.	34	男		両側に Ataxic	—	25 25 — —	施行 できない	施行 できない	
2. I. I.	20	男	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	— — 30 35	施行 できない	施行 できない	
3. H. Y.	32	男		両側に Ataxic	上下に Ataxic	50 50 50 60	R ; 良好 L ; 良好	R ; 90 L ; 90	
<u>OPCA</u>									
1. N. T.	30	男		両側に Saccadic	上下に Saccadic	50 50 40 20	R ; CP L ; 良好	R ; -100 L ; 80	
2. A. K.	55	男		両側に Saccadic	上下に Saccadic	60 60 50 70	R ; 良好 L ; 良好	R ; 20 L ; 30	
3. T. A.	52	女	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	下向きに Saccadic	30 50 10 40	R ; 良好 L ; 良好	R ; 25 L ; 50	
4. K. T.	40	女		両側に Saccadic	上下に Saccadic	45 45 35 50	R ; 良好 L ; 良好	R ; 60 L ; 70	
5. O. S.	52	男	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	40 40 20 30	R ; 良好 L ; 良好	R ; 35 L ; 60	

表 8 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例における神経耳科学的所見

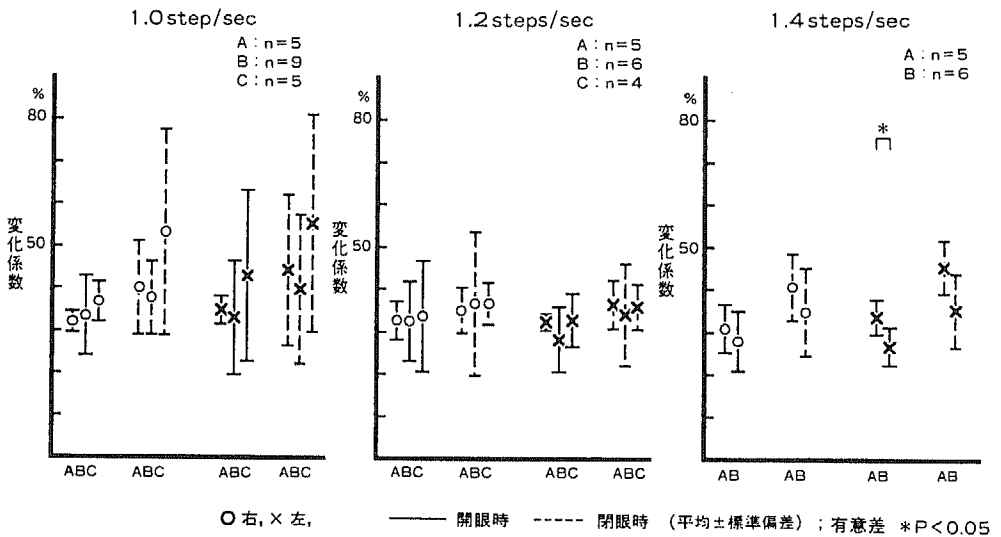
症 例 (年齢) (性)	診 断	眼 振 検 査	視 標 追 跡 検 査		視運動性眼振検査 *単位は deg/sec				温 度 眼 振 反 応	
			水平方向	垂直方向	右	左	上	下	反応状況	visual suppression *単位は%
小脳半球および虫部障害										
1. M. E. (52) (女)	髄膜腫		右向きに Saccadic	上下に Saccadic	30	30	35	30	R ; CP L ; 良好	R ; - L ; 50
2. K. M. (23) (女)	血管腫		右向きに Saccadic	-	-	-	-	-	施行 できない	施行 できない
3. K. K. (55) (女)	くも膜嚢腫		両側に Ataxic	下向きに Saccadic	20	20	20	40	R ; 良好 L ; 良好	R ; 20 L ; 60
4. S. M. (37) (男)	多発性血管 芽腫		Smooth	-	45	60	-	-	施行 できない	施行 できない
5. Y. S. (73) (男)	小脳梗塞		両側に Saccadic	上下に Saccadic	30	40	10	20	R ; 良好 L ; 良好	R ; 45 L ; 65
小脳半球障害										
1. Y. A. (45) (男)	右小脳半球 転移性腫瘍 (肺癌)		Smooth	Smooth	75	75	40	40	R ; 良好 L ; 良好	R ; 80 L ; 90
2. I. S. (78) (男)	小脳梗塞		両側に Saccadic	-	45	45	-	-	R ; 良好 L ; 良好	R ; 90 L ; 90
脳幹障害										
1. K. T. (46) (女)	多発性硬化 症	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	上下に Saccadic	0	0	5	10	R ; 良好 L ; 良好	R ; -100 L ; -100
2. K. M. (58) (男)	左三叉神経 鞘腫		両側に Saccadic	Smooth	30	30	60	60	R ; 良好 L ; CP	R ; 80 L ; 90
3. T. S. (61) (女)	巨大脳底動 脈瘤		両側に Saccadic	Smooth	45	40	35	50	R ; 良好 L ; 良好	R ; 60 L ; 60

表9 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例における神経耳科学的所見

症例 (年齢) (性)	診断	眼振検査	視標追跡検査		視運動性眼振検査				温度眼振反応	
			水平方向	垂直方向	最大緩徐相速度 *単位は deg/sec 右 左 上 下				反応状況	visual suppression *単位は%
					右	左	上	下		
1. M. T. (60) (女)	右聴神経腫瘍		Smooth	—	40	40	—	—	R ; C P L ; 良好	R ; — L ; 50
2. M. G. (63) (男)	右聴神経腫瘍		両側に Saccadic	Smooth	10	20	20	30	R ; C P L ; C P	R ; — L ; —
3. Y. A. (60) (女)	右聴神経腫瘍		両側に Ataxic	上下に Ataxic	20	15	40	45	R ; C P L ; 良好	R ; — L ; -40
4. I. S. (52) (女)	左聴神経腫瘍		右向きに Saccadic	Smooth	35	30	40	45	R ; 良好 L ; C P	R ; 80 L ; —
5. S. Y. (59) (男)	左聴神経腫瘍		両側に Saccadic	上下に Saccadic	20	20	30	20	R ; C P L ; C P	R ; — L ; —
6. K. M. (30) (女)	左聴神経腫瘍		両側に Saccadic	Smooth	20	40	50	50	R ; 良好 L ; C P	R ; 40 L ; —
7. S. K. (75) (女)	左聴神経腫瘍		両側に Saccadic	上下に Saccadic	15	20	40	40	R ; 良好 L ; C P	R ; 40 L ; —
8. K. K. (19) (男)	左聴神経腫瘍		両側に Saccadic	Smooth	40	50	60	50	R ; 良好 L ; C P	R ; 50 L ; —
9. A. K. (42) (女)	左聴神経腫瘍		両側に Saccadic	Smooth	10	20	30	30	R ; 良好 L ; C P	R ; 0 L ; —
10. M. S. (60) (男)	左聴神経腫瘍	 Down beat positioning nystagmus	両側に Saccadic	Smooth	30	40	40	60	R ; 良好 L ; C P	R ; 0 L ; —



○右, ×左, — 開眼時 ----- 閉眼時 (平均±標準偏差); 有意差 *P<0.05
 図12a SCD 症例の水平性 OKN 分類による平均肩回転角の比較
 C群が大きな値をとる傾向をみるが統計的有意差を認めない。



○右, ×左, — 開眼時 ----- 閉眼時 (平均±標準偏差); 有意差 *P<0.05
 図12b SCD 症例の水平性の OKN 分類による変化係数の比較
 変化係数では傾向を認めない。

中枢性平衡障害例における足踏み運動解析

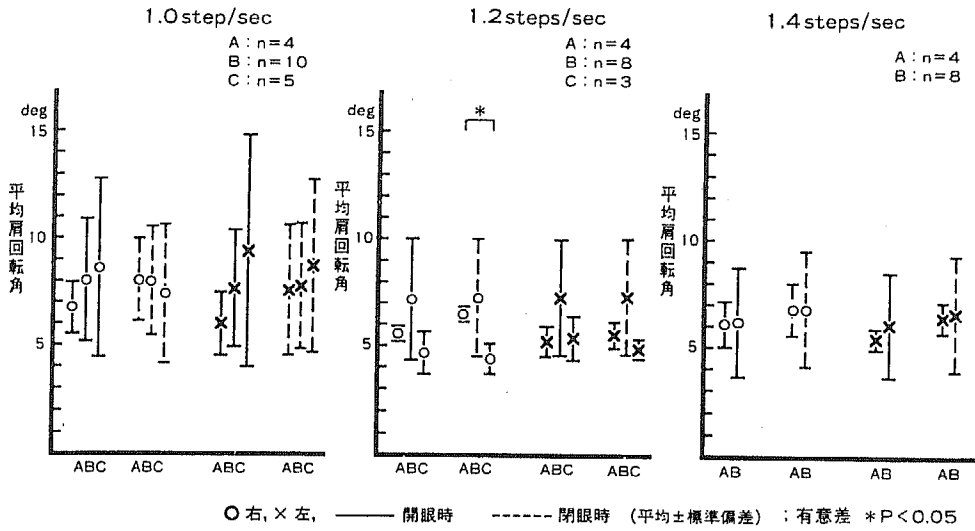


図13a SCD症例の垂直性OKN分類による平均肩回転角の比較
平均肩回転角では傾向を認めない。

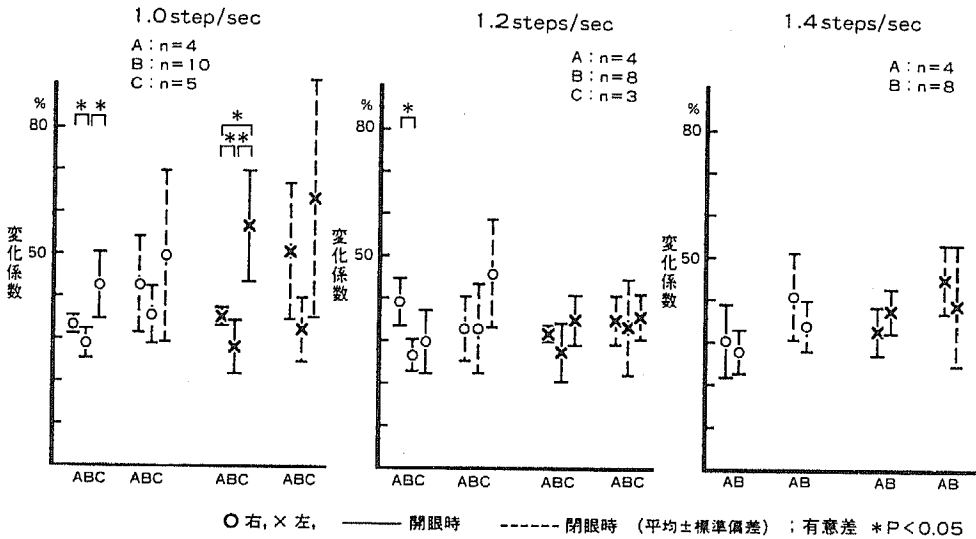


図13b SCD症例の垂直性OKN分類による変化係数の比較
C > A > Bの順に増加する傾向を認める。

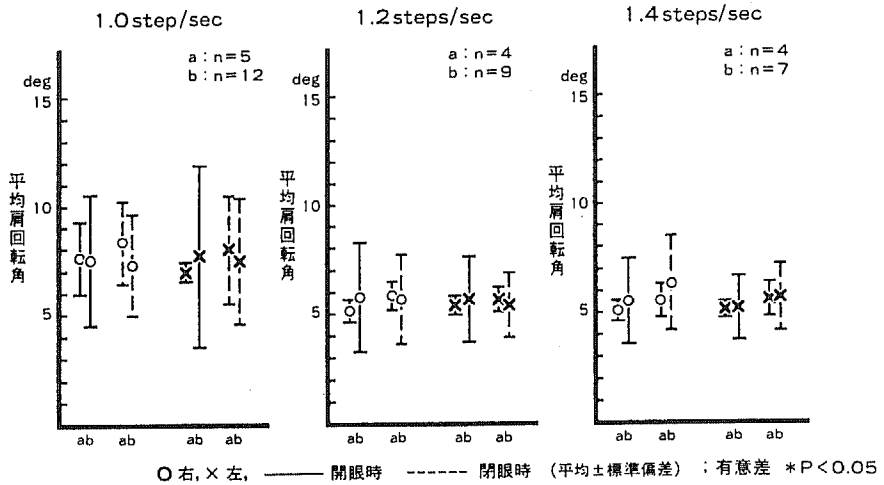


図14 a SCD 症例の visual suppression 分類による平均肩回転角の比較
両群間に差を認めない。

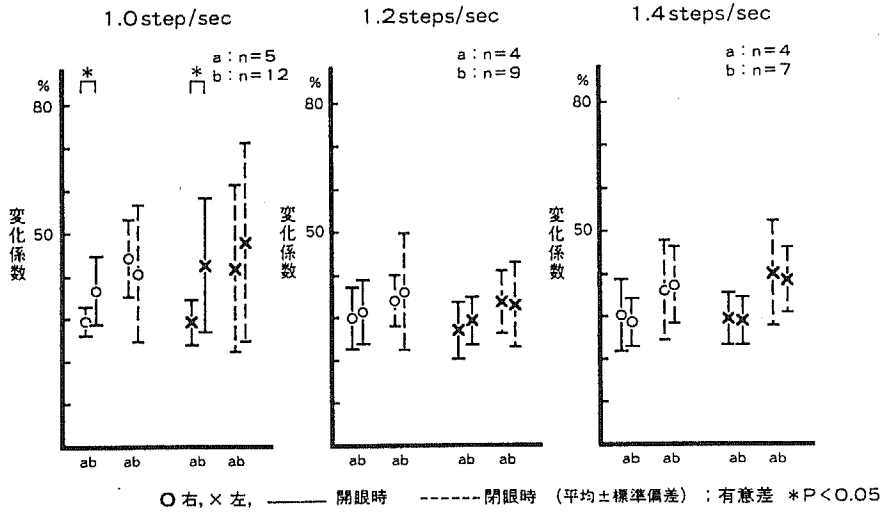


図14 b SCD 症例の visual suppression 分類による変化係数の比較
1.0step/sec にて開眼時に a 群と b 群の間に差を認める。

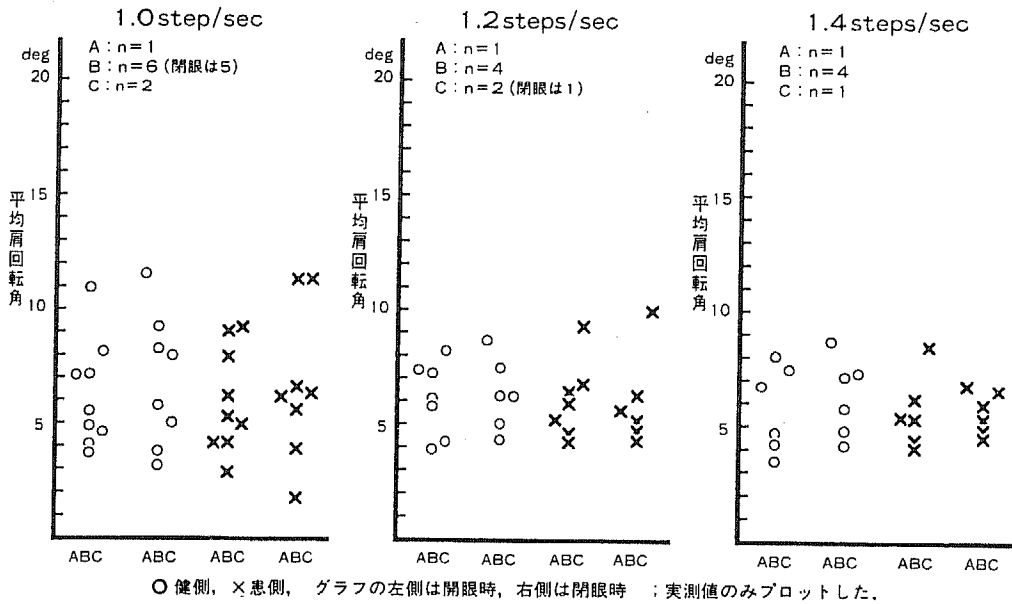


図15a 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例の水平性OKN分類による平均肩回転角の比較
平均肩回転角では傾向を認めない。

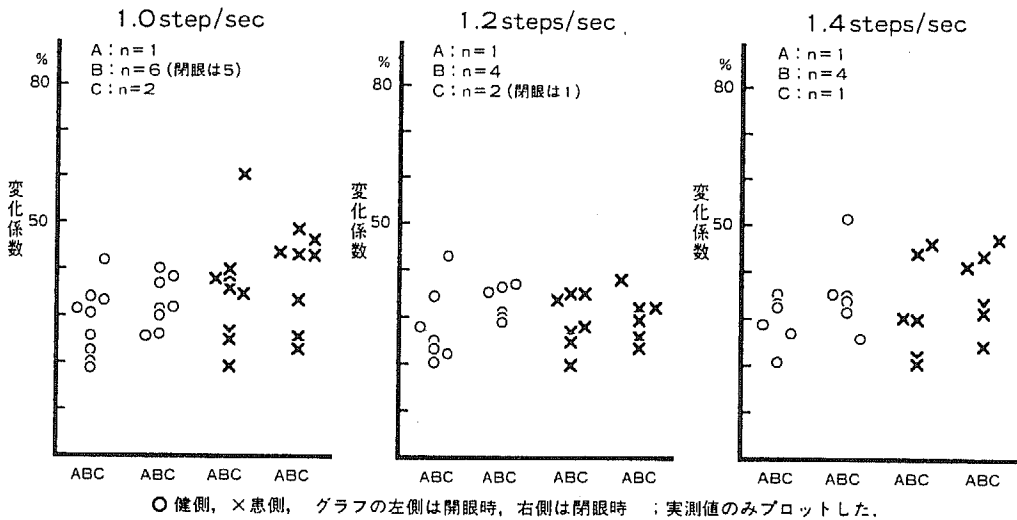
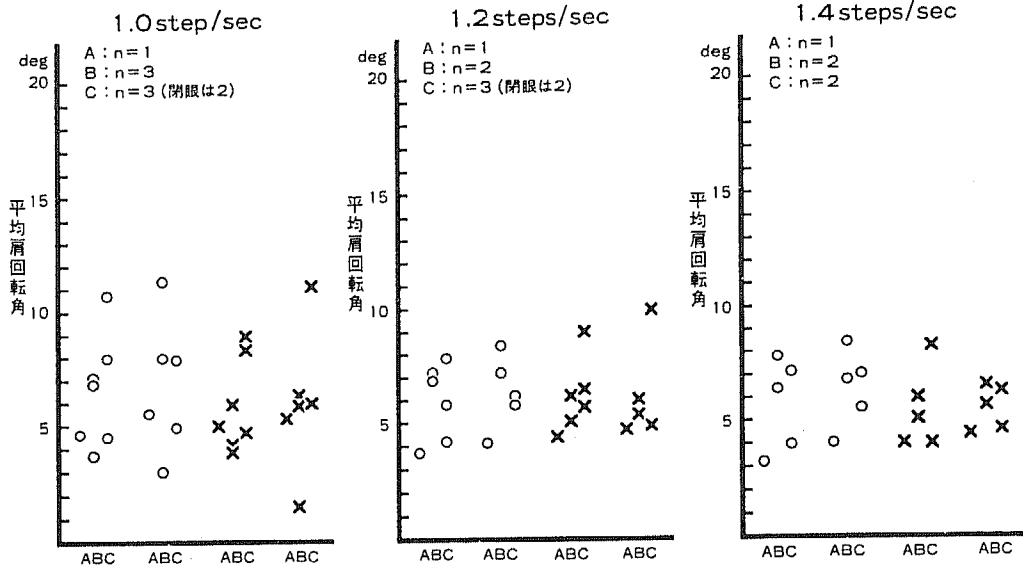
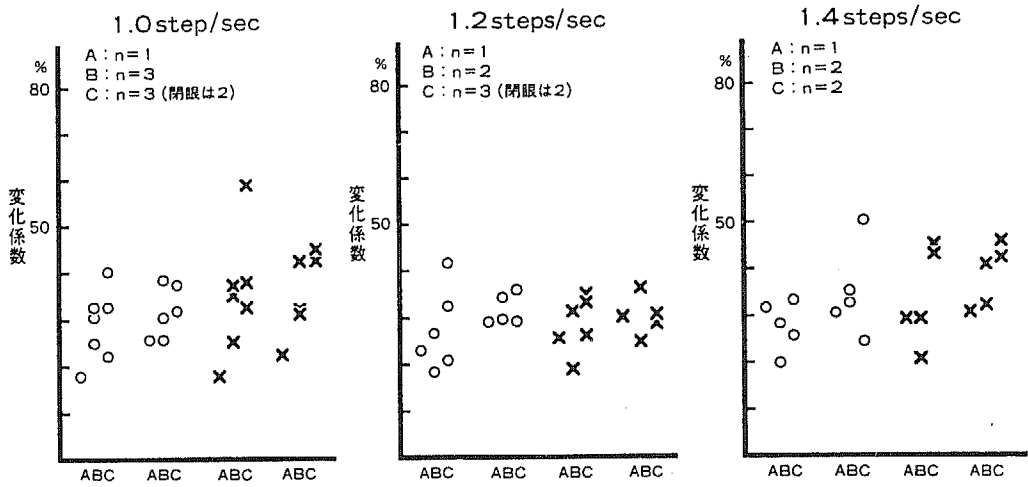


図15b 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例の水平性OKN分類による変化係数の比較
変化係数では傾向を認めない。



○ 健側, × 患側, グラフの左側は開眼時, 右側は閉眼時 ; 実測値のみプロットした。

図16 a 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例の垂直性 OKN 分類による平均肩回転角の比較
平均肩回転角では傾向を認めない。



○ 健側, × 患側, グラフの左側は開眼時, 右側は閉眼時 ; 実測値のみプロットした。

図16 b 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例の垂直性 OKN 分類による変化係数の比較
変化係数では傾向を認めない。

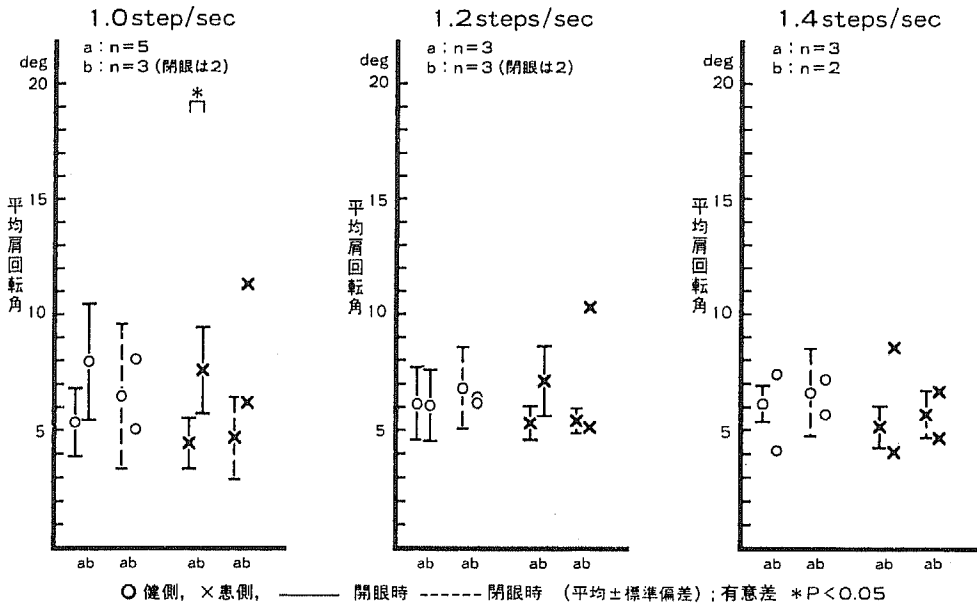


図17 a 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例の visual suppression 分類による平均肩回転角の比較
1.0 step/sec にて b 群が比較的大きな値をとっている。

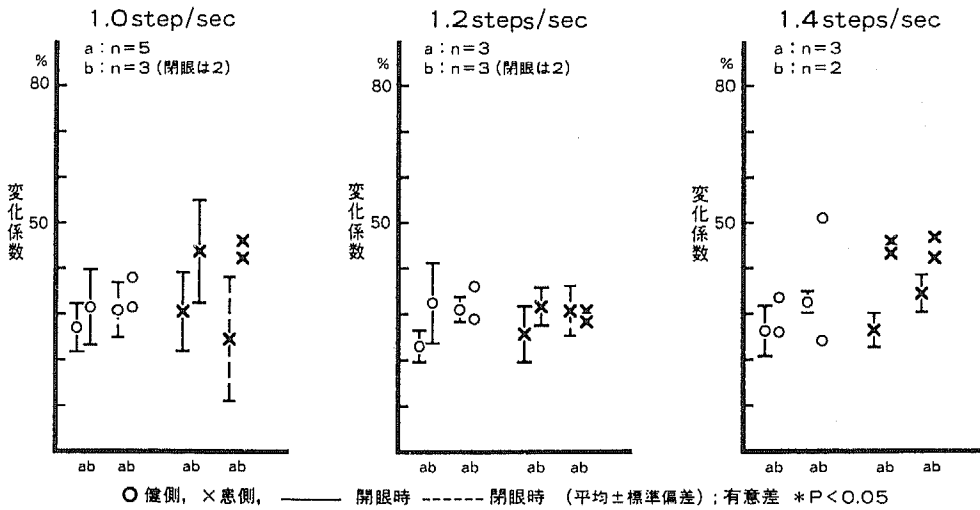


図17 b 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例の visual suppression 分類による変化係数の比較
b 群が比較的大きな値をとっている。

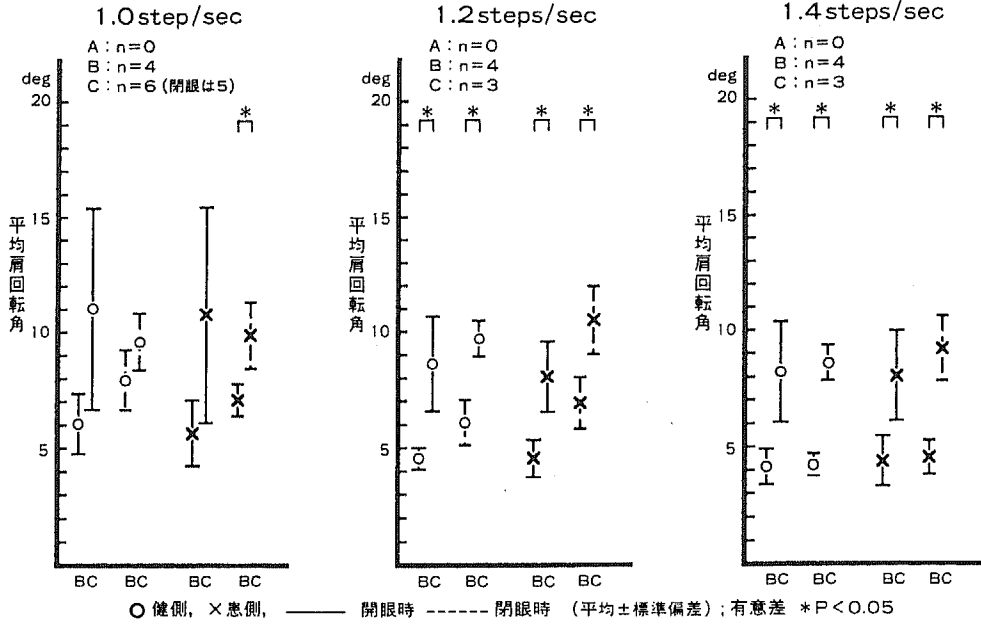


図18a 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の水平性OKN分類による平均肩回転角の比較
C群が有意に増加している。

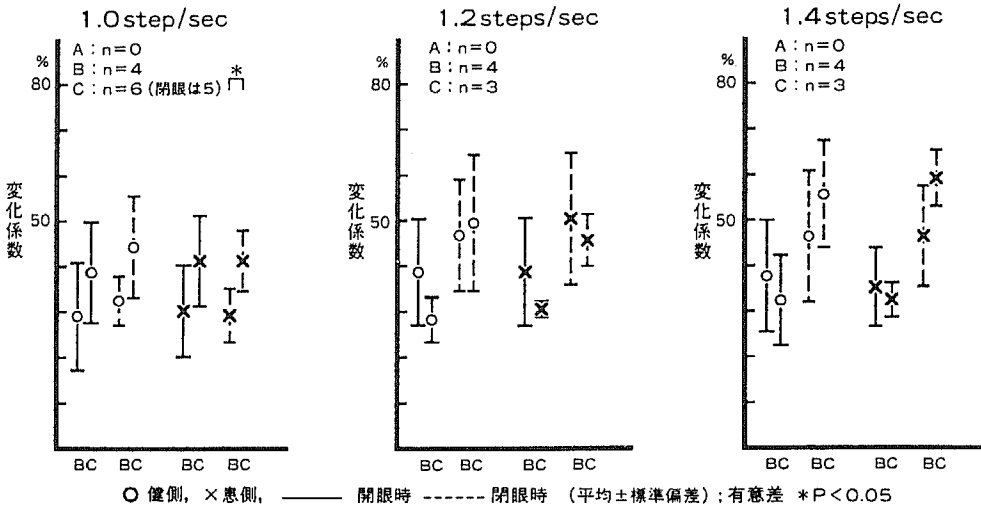
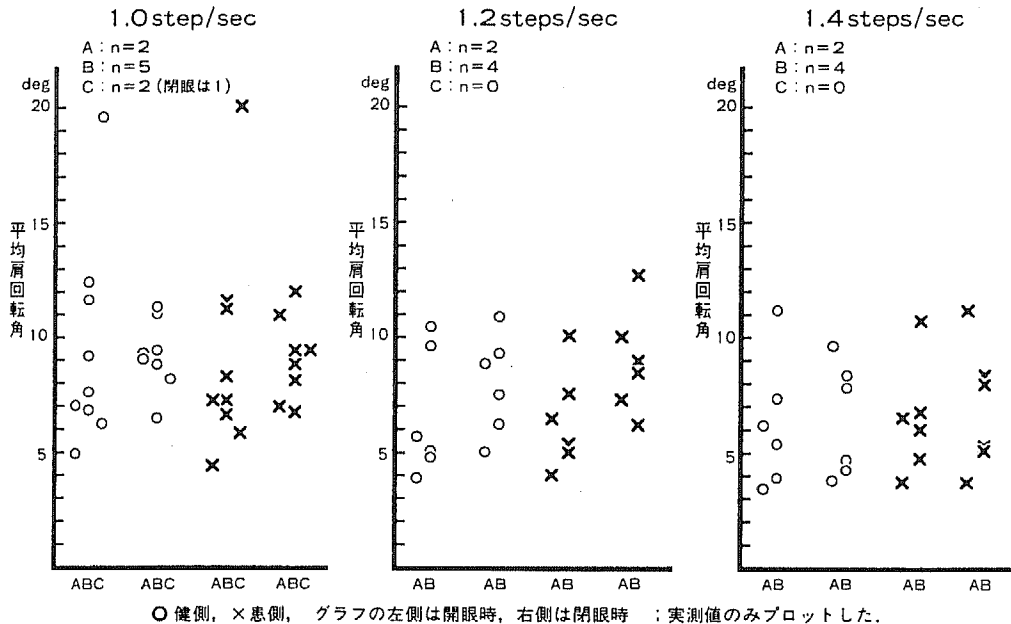
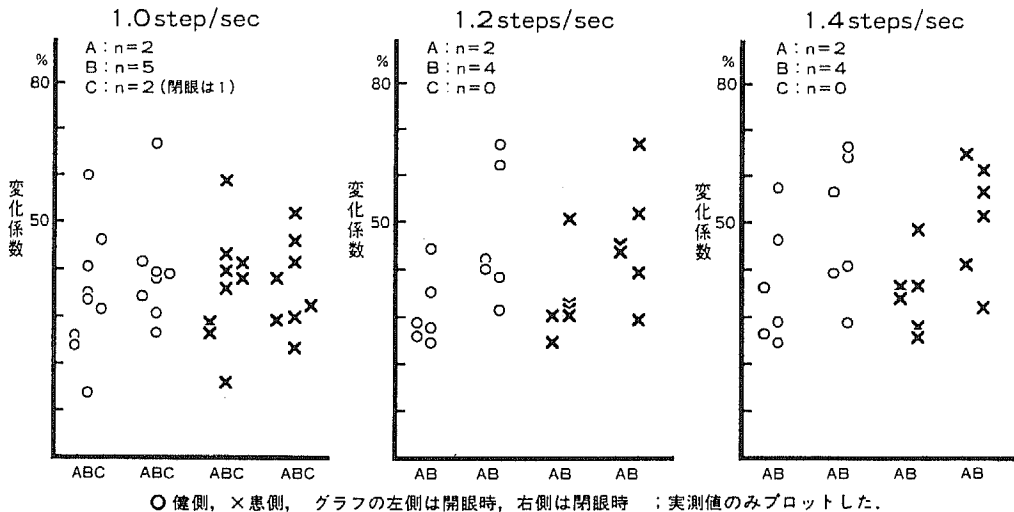


図18b 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の水平性OKN分類による変化係数の比較
C群が増加する傾向をみる。



○ 健側, × 患側, グラフの左側は開眼時, 右側は閉眼時 ; 実測値のみプロットした。

図19a 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の垂直性 OKN 分類による平均肩回転角の比較
平均肩回転角では傾向を認めない。



○ 健側, × 患側, グラフの左側は開眼時, 右側は閉眼時 ; 実測値のみプロットした。

図19b 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の垂直性 OKN 分類による変化係数の比較
変化係数では傾向を認めない。

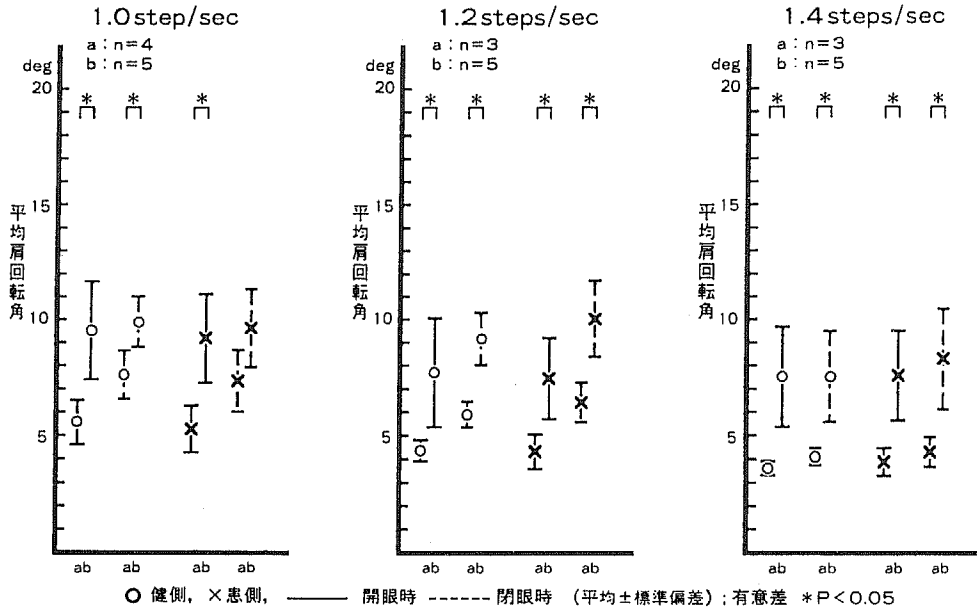


図20 a 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の visual suppression 分類による平均肩回転角の比較
b 群が有意に増加している。

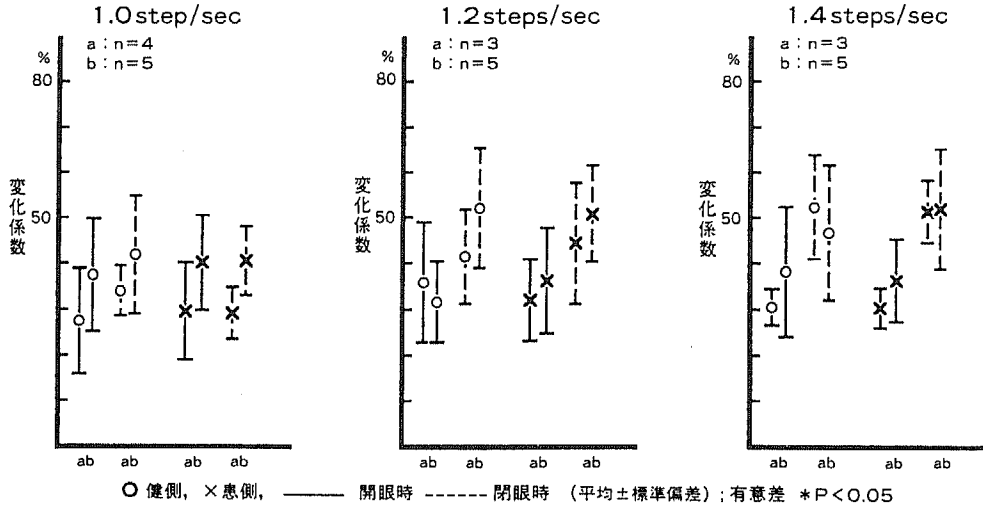


図20 b 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例の visual suppression 分類による変化係数の比較
b 群が増加する傾向をみるが、統計的有意差を認めない。

OKN では9例, visual suppression test では9例である。また, 垂直性 OKN 分類による成績は, 分類により群間の症例数の差が大きくなるため, 実側値のみプロットした。

a 水平性 OKN 分類による足踏み運動検査の検討
平均肩回転角においては, 各足踏み運動速度において, C群がB群に比して有意に増加する傾向をみた (t検定: $P < 0.05$) (図18a)。変化係数においては, 1.0step/secの閉眼下に, 患側で, C群がB群に比して有意に増加した (t検定: $P < 0.05$) (図18b)。

b 垂直性 OKN 分類による足踏み運動検査の検討
平均肩回転角, 変化係数において, 一定の傾向を認めなかった (図19a, 19b)。

c visual suppression 分類による足踏み運動検査の検討

平均肩回転角においては, 各足踏み運動速度にて, b群がa群に比して有意に増加する傾向をみるが (t検定: $P < 0.05$), 変化係数では, b群が増加する傾向をみたが, 統計的に有意差を認めなかった (t検定) (図20a, 20b)。

IV 考 案

A 本研究の動的平衡機能検査における意義

立位における身体の動的平衡機能を評価する方法として, 歩行検査と足踏み検査を挙げることができる。歩行の研究は1682年 Borelli に始まるといわれるが¹⁸⁾, 平衡機能という立場より, キネジオロジーの解明という見地から, 最近成果が報告されている。このような歩行検査の歴史に比して, 足踏み検査の歴史は浅く, 第2次大戦の前後に着手された。1938年 Unterberger¹⁹⁾は, 足踏み運動中に冷水を一側の耳へ注入した際に, 眼振の緩徐相方向への身体の偏倚を認め, 前庭障害の診断に利用できることを示唆し, Tretversuch と名付けた。翌年, Hirsch²⁰⁾は同様の事実を確認し, Waltzing test と呼んだ。その後20年あまり, この業績は注目されず, 新たな展開はなかったが, 1959年 Fukuda²¹⁾によりこの偏倚現象は迷路のインバランスとしてとらえられ, 足踏み検査として確立された。彼は水を一側の耳へ注入しなくても, 内耳合併症を伴わない中耳疾患にて偏倚を認めたとし, 足踏み速度として110歩/分, 歩数として50あるいは100歩を採用し正常値を求めた。しかしその後, Unterberger, Hirsch, Fukuda により開発された足踏み検査は迷路障害の検出に重点が置かれ, おもに迷路の laterality を検出す

る目的に使用され²²⁾²³⁾, 動的平衡機能の評価という立場からは検討されていなかった。しかし, 1970年代に入り, 身体の動的平衡反射調節機構の解明の立場から, Aust²⁴⁾, Claussen²⁵⁾は Cranio-Corpo-Graphie により, 足踏み運動中の頭と両肩の動きをボラロイドカメラで上方より観察し, 前庭性および中枢性平衡障害における足踏み運動のパターンの分類を試みた。また1982年田口と菊川⁵⁾, 田口ら⁶⁾は POLGON を用い, 大久保ら²⁶⁾⁻²⁸⁾は Kinetogravicorder を用い, 独自の解析方法を提唱し, 足踏み検査は再び脚光を浴びてきた。本研究において足踏み運動を動的平衡機能の評価として採用した理由は, 足踏み運動は歩行と異なり, 前進のモーメントがなく, 身体重心が足跡面内に常に確保され, 左右への重心乗換えと片足荷重が交互に行われる²⁷⁾。重心移動が少ないことは, 運動の解析を容易にし, パターンの単純化を可能とする⁶⁾。また歩行は, 正常者においてもその様式に癖を有し, 生活環境に影響されるといわれ²⁹⁾, これらの個人差が正常と異常の判定を困難とする。基準化された足踏み運動はこれらの個人差を減少させ, 両者の比較を容易にすると考えられる。これらの点より, 動的平衡機能評価の対象として足踏み検査を採用した。

B 中枢性平衡障害に対する POLGON 法の適用

POLGON 法は Grieve³⁰⁾により関節角度の測定に初めて用いられ, おもに歩行中の下肢関節の変化の記録に使用されているが³¹⁾³²⁾, われわれの施設では, この方法を足踏み運動時の肩回転角の測定という独自の目的に応用してきた⁵⁾⁻⁹⁾。一側末梢前庭機能障害例に関する田口と菊川⁵⁾, 田口ら⁶⁾, Taguchi ら⁷⁾, 和田⁸⁾の研究では, 足踏み運動中の身体の長軸方向の回転が大きい場合, 光がセンサに到達しなくなり, 測定が困難になるという欠点が指摘されているが, 今回著者が行った中枢性平衡障害例, 特に SCD, 小脳・脳幹局在性病変症例, 聴神経腫瘍症例およびパーキンソン病症例においては, 身体回転による影響はほとんど生じなかった。

中枢性平衡障害を対象とした, 足踏み検査についての定量的な分析はほとんどされていない。今回著者は SCD の体平衡維持機構の解明という立場から, 体幹の動揺を POLGON 法を用いて $r-\theta$ 座標系に明らかにすることができた。

後頭蓋窩腫瘍における動的平衡機能に関する報告は Peitersen と Zilstorff - Pedersen³²⁾, Maurice - Williams³³⁾, Moffat ら³⁴⁾の研究をみるのである。しか

しかこれらの報告は、主観的な推論であったり³³⁾、足踏み運動における回転角度、回転方向、距離のみを指標としており³²⁾³⁴⁾、神経回路網が徐々に解明されつつある現在、平衡制御系を論理的に説明するには不十分と考えられる。

パーキンソン病についてはかなり多くの報告をみる。Knutsson³⁵⁾、Murray³⁶⁾はストロボ撮影により、自由歩行における歩行速度、歩行周期、両脚支持時間を測定し、また下肢の関節や骨盤の動きにつき詳細に報告している。Forssberg³⁷⁾はLEDと床反力計を結合させ、下肢の関節の動きと運動モーメントの異常を指摘している。BuchthalとFernandez-Ballesteros³⁸⁾はtelemetric EMGを使用し、パーキンソン病患者の上肢の動きについて筋電図学的に解析している。しかし軀幹の動きに関する報告はみられず、著者の報告が最初である。

1 SCDにおける足踏み検査成績の検討

a 足踏み運動速度による影響

SCD症例において足踏み運動速度による平均肩回転角の値は、1.0step/secにおいて他の速度より大きな増加を示した。Murray³⁶⁾によると、正常者の自由歩行の歩行周期は 1.03 ± 0.1 secと報告されており、1.0step/secは自由歩行周期にかなり近いスピードであると言える。正常者における成績は和田⁹⁾によると1.0~1.4steps/secの間に差を認めないと報告されている。大久保³⁷⁾によれば、リズム負荷による足踏み運動では、離床時間は変化せず、接床時間により調節されると報告されており、このため遅いリズムでは接床時の片足立ち時間が延長し、SCDでは不安定さが顕著になると考えることができる。また全ての運動速度において田口と菊川⁹⁾、田口ら⁹⁾、Taguchi⁷⁾⁸⁾、和田⁹⁾が報告した正常者の値より増加していたが、1.0step/secより遅いリズムでは、和田⁹⁾、田口と菊川⁹⁾、田口ら⁹⁾、Taguchi⁷⁾⁸⁾の報告で明らかにされているように、正常者においても個人的変動が大きくなるため、ataxiaを明らかにするには、1.0step/secが最も適した検査速度と考えられる。

足踏み運動速度による変化係数の差はみられなかったが、和田⁹⁾が報告した正常者の棄却限界を大きくはずれており、いずれの速度においても、肩回転角に大きなばらつきが生じていることがわかる。SCDにおける足踏み運動時のこのような円滑性と規則性の欠如は如何にして生じるのであろうか。歩行において考えてみると、歩行は随意性と自動性が結合した運動であ

り、自動性の機構については、1966年Shik⁴⁰⁾が除脳ネコの四肢をトレッドミルにのせ、楔状核を刺激することによって歩行運動を引き起こすことに成功して以来、歩行制御に関する研究が盛んに行われてきた。それによると、歩行制御における自動性の機構は4つに分類できる¹²⁾¹⁴⁾。それは、①歩行リズム解発系、②筋トーン制御系、③歩行位相制御系、④姿勢保持のための、おもに迷路を介する動的平衡保持機構である。宮崎⁴¹⁾は床反力計を用いたSCDの歩行時の垂直成分を記録し、各ステップごとのばらつきが大きいことを報告し、ばらつきの原因として、足関節の背屈から底屈への筋活動の切り換えの中枢での制御の破綻を想定している。これらの知見によれば、足踏み運動中の軀幹の動揺が、下肢運動の集約された総合的表現と考えるならば⁴²⁾、2つ以上の関節運動に関与した場合に、いくつかの筋の運動が協調的に働かず、目的とした運動をなし得ない状態である、下肢のdecompositionや⁴³⁾、筋トーンの調節障害すなわちmuscle imbalanceによる運動パターンに異常を生じ、さらに小脳を介する上行性フィードバックのモジュレーションが不正確となり、位相制御が円滑に行われず、ステップごとの変動が増大し、足踏み運動中の過度の重心移動が生じていると考えられる。また小脳の制御系という観点から論ずれば、この制御系については、「小脳の開ループ仮説」が提唱されている⁴⁴⁾⁴⁵⁾。これによれば、練習されていない随意運動は、常に出力系と入力系を結ぶフィードバック回路により閉ループ制御を受けるが、絶えず入力からの情報を確認し出力を修正しなければならず、この場合時間を要し、スムーズな運動を期待できない。これに対し、習熟した運動は小脳を介し、開ループ系で制御されており、あらかじめ運動に関するパターンがシミュレートされており、随意中枢がこのシミュレートされたモデルを駆動することにより、より速く正確に行うことができる。この理論によれば、足踏み運動時の肩回転角のばらつきの増加は、足踏み運動に関するシミュレートされたモデルが駆動せず、閉ループ制御で運動が行われているため、正確な運動を行うには時間を要し、これまで行ってきた速度では誤りが増加している状態、あるいはシミュレートにエラーが生じているため誤った運動が行われている状態と考えることができる。肩回転角度チャートについては、軀幹の動きをパターン化して直観的にとらえられるので、均衡度を指標とすることにより、定量的に検討することが可能である。したがって

直立検査における重心動揺図を併用することにより、静的平衡機能と動的平衡機能を対比して評価することができ、臨床的にきわめて有用な方法といえる。

b 視覚による影響

視覚の影響については、正常者の成績では平均肩回転角では差は認めず、変化係数では差が生じ、一側前庭機能障害では開閉眼の影響が大きいことが報告されている⁵¹⁻⁵³。SCDにおいては、平均肩回転角および均衡度では差は認めなかったが、1.4steps/secにて変化係数で開閉眼差を認めた。直立検査においては、前庭性失調症では閉眼で動揺の著明な増加を認め、小脳性失調では増加しないか軽度の増加をみるのみであることが知られているが⁴⁶、動的平衡機能検査でも直立検査に類似した現象をみることが明らかになった。

視覚の身体動揺に対する役割については、身体の高さ以下の遅い動揺を安定化すると報告されており⁴⁷、足踏みのような比較的速い動揺の補正には、迷路がその安定化に働いていると考えられている^{47,48}。しかし、小脳障害においては迷路機能が保たれているにもかかわらず、迷路性反射の入出力系が破綻している可能性がある。迷路性立直り反射は入力と出力が空間的に離れており、小脳を介する開ループ系制御を受けざるを得ないため、SCDのようにこの制御系に故障が存在する場合、立直り反射が正常に作動することは困難となる。Grimm⁴⁹は小脳性失調では、前庭系の反応が遅く、外乱にたいする迷路の代償的役割が十分に働かないと述べている。

c 重症度の影響

足踏み運動に対する重症度の影響は、平均肩回転角ではI度とII度の間に差をみなかったが、変化係数では1.0および1.4steps/secにおいて両群の間に差を認める成績を得た。廣瀬ら⁵⁰はSCDにおける口唇の動きについて、各計測点の動きの範囲や速度にばらつきが大きく、いったん運動がおこった後の速度は正常に比して遅くなく、リズムカルな筋活動を認めないと報告している。このような運動の規則正しさや円滑性を評価する指標として変化係数を適用すると、重症度が進むと足踏み運動によって生じる軀幹の動揺は規則正しさや円滑性が減少していくことを示唆していると考えられる。村瀬ら⁵¹は、SCDの自由歩行における接床・離床時間、両脚支持期を測定し、歩数の変化係数が重症度と相関すると報告し、望月⁵²は、自由歩行速度は、SCD患者の重症度と相関する制動能力によって規定されるとしている。木村ら⁵³はSCDにおける

手の制御論的解析を行い、小脳失調ではコヒーレンシーの低下を認め、ゲインをさげることにより運動系の安定化を計っていると報告している。歩行と足踏み運動を単純に比較することには問題があるが、村瀬ら⁵¹望月⁵²の結果を、この考え方に従って解釈するならば、開ループ系の障害により、フィードバック系処理の部分が增加して歩行速度が遅くなっていると考えられる。このため、自由歩行に近い速度の足踏み運動では、軀幹の動的平衡は破綻し、動揺の規則性や円滑性が減少したと考えられる。

d 型分類との関係

水野⁵⁴は、SCDにおける病型による四肢平衡機能に明らかな差は認めず、小脳型に比べ、脊髄小脳型がやや平衡障害が強いという程度であったと述べている。本研究でも、平均肩回転角、変化係数において両型に有意な差を認めなかった。動的平衡機能検査におけるSCDの病変の広がりを検討するためには、より多くのパラメータと解析方法が必要であり、これを明らかにすることは、臨床的にきわめて有用であり、今後の研究が待たれる。

2 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例の足踏み運動成績の検討

a 患側と肩回転角との関係

小脳と脳幹は密接な関連をもち、多数の入出力系を介し連絡する。そのおもなものは、入力系では、①橋核小脳路（おもに大脳皮質からの入力）、②下オリブ核小脳路、③脊髄小脳路、④前庭小脳路、などである。出力系では、小脳核からおもに上小脳脚を通り上小脳脚交叉を経て、橋・延髄へ下行するものと、赤核、視床、上丘へ上行する経路の他、いくつか同定されている⁴⁵。

一方、小脳の障害部位による平衡障害は症候学的にはHolmes^{55,56}、Weisenburg⁵⁷、Victorら⁵⁸により検討されており、小脳の片葉・小節の障害は、前庭系の入力の前庭小脳路を介して強く連絡しているため、軀幹の症状を伴わない歩行障害をきたし、前虫部の障害ではアルコール中毒性障害に見られるような下肢優位の失調を認め、また片側性の小脳半球障害では病側に歩行は傾き、病側の上肢の振りが大きくなると報告されている。

このような観点から本実験において局在性病変をもつ症例につき、足踏み運動を施行させ、軀幹の動的平衡状態の客観的評価を試みた。

平均肩回転角、変化係数については、本検査の対象

症例では差を認めず、脳幹障害例を除いて、正常者の値⁵¹⁻⁵³より大きく両側とも増加していた。Taguchiら⁵⁴によるとメニエール病、前庭神経炎、眩暈を伴う突発性難聴では患側が大きく増加すると報告されており、本研究において、末梢前庭機能異常者におけるような患側の平均肩回転角の増加所見をみないことは、特に腫瘍性病変の場合、破壊と代償が存在するとともに、小脳の入出力系の障害の関与により、前庭脊髄反射系の異常が修飾されることによると考える。

b 足踏み運動速度における検討

足踏み運動速度による平均肩回転角、変化係数は、小脳半球および虫部障害においては、運動速度による差を認めず、この結果はSCDにおける結果と異なった。びまん性の病変の広がりを示すSCDに対し、局在性の病変の場合、欠損と代償が生じているとともに、小脳への入力と出力の関係は圧倒的に入力が多く、発散と収束が行われているため⁵⁵、一部が壊れても小脳欠損症状として ataxia が顕性化しない可能性があることを示唆する。また小脳と連絡する脳幹、小脳脚などの病変が存在するため、その程度が症状を複雑にしていることも考慮されなければならない。

3 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例における足踏み運動成績の検討

a 患側と肩回転角との関係

聴神経腫瘍例の足踏み検査における前庭機能のインバランスについて、PeitersenとZilstorff-Pedersen²⁹は大きく患側に回転すると報告している。またMoffatら³⁴は100例の症例につき検討し、腫瘍が3.4 cm以下の場合、ロンベルグ検査より鋭敏に陽性となると報告している。しかしこれらの報告は回転角度や移行距離を指標としたものであり、水平面上における軀幹の前庭系障害の程度に着目した結果であり、軀幹の動揺は左右差を呈しないことを明らかにした著者の成績と異なることは当然といえる。

b 病変の存在部位による影響

病変の存在部位による相違については、1.2steps/sec 閉眼において、小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍群と小脳半球および虫部障害群の間で進展型聴神経腫瘍群の方が増加した。また1.4steps/sec 閉眼では統計的有意差はなかったが、進展型聴神経腫瘍群の方が増加する傾向をみた。このことは、1.0step/secではリズムが遅く両群とも、片足立ち時間の延長による ataxia が顕著になり両者の間に差を認めないが、1.2、1.4 steps/sec においては、迷路性立直り反射の関与によ

り、前庭機能障害の影響が明らかになったと考えられる⁶⁰⁾⁻⁶²⁾。

4 パーキンソン病における検査成績の検討

a パーキンソン病患者における姿勢制御

パーキンソン病の主要な症候は、振戦、筋固縮、無動、姿勢保持障害であることは知られている。この疾患の病巣は基底核にあり、その中で線状体は、大脳皮質のほぼ全域と視床の一部から投射を受け、淡蒼球や黒質と線維連絡を行い、淡蒼球と黒質から視床や上丘へ遠心性線維を送り、出力は運動野にて小脳や大脳連合野からの情報と統合される⁶³⁾。また、基底核が高次的平衡機能に関与する事実として、Bowenら⁶⁴⁾は、パーキンソン病患者では空間的方向感覚の障害が見られると報告している。したがって基底核は随意運動に関する重要な役割を担っていることが推測できる。

パーキンソン病の姿勢保持に関する報告は多々みられ、その特徴をまとめると⁶⁵⁾、立位では前傾前屈姿勢をとり、四肢は軽く屈曲し、軽く押すと転倒しやすい。歩行においては、前傾前屈姿勢で上肢の振りは小さく、歩幅は狭く小刻みに歩く。また時に地面にはりついたように足が前に出ず歩けなくなるが、いったん歩き始めると重心の移動に足がついていかず、次第に速足となり止まらなくなる。この歩行に見られる特徴は、筋固縮による影響もあるが、運動の開始の障害と身体重心の移動に伴う持続的な姿勢の変換の障害が指摘されると思われる。

b 足踏み運動速度の影響

本研究成績において、足踏み運動による平均肩回転角は正常者の棄却限界をはずれず、SCDや小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例の結果と異なった。Knutsson³⁵はストロボ撮影を用いた自由歩行の検討から、パーキンソン病患者では、膝関節の伸展・屈曲の減少、足底屈曲の減少、骨盤回転の消失を認め、筋固縮を補うように歩行すると述べている。BuchthalとFernandez-Ballesteros³⁶⁾は筋電図による上肢の動きに注目し、動きの減少と規則正しい筋活動の消失をみたと報告している。Forssbergら³⁷⁾はLEDと床反力計を用いた実験から、足尖が上がらず、踵から接床する現象が消失し、足尖と踵が同時に接床し、このため垂直方向への分力がほとんどみられないと述べている。著者の得た肩回転角は増加しないという結果は、下肢の上昇が制限されているため軀幹の動揺が減少したものと考えられる。

足踏み運動速度による平均肩回転角の比較では1.0

step/secと1.4steps/secと間に差を認め、1.0step/secが増加し、また均衡度では、1.4steps/secで減少した。Knutsson³⁵⁾の自由歩行におけるパーキンソン病患者の成績では、歩行周期は 1.36 ± 0.29 秒、Murray³⁶⁾によれば、 1.39 ± 0.07 秒で、この速度は0.7steps/secにあたり、著者の採用した速度はかなり速い踏み換えを要求したことになる。足踏み運動速度負荷に関する検討では、大久保ら⁶⁰⁾は正常者ではリズム調節は接床時間で行われ、パーキンソン患者では、左右への重心移動の際、完全な片足荷重にならず、片足荷重時間が短縮すると報告している。また足膝関節の屈曲の減少により重心の移動が制限されることから³⁵⁾³⁷⁾、1.4steps/secという速い運動速度では、この傾向が著明になった可能性がある。

平均肩回転角が増加しないにもかかわらず、変化係数は正常者に比較して増加をみた。Murray³⁶⁾は正常者では歩行中、胸郭と骨盤は互いに逆方向に回転するが、パーキンソン病患者では、両者は同一方向に回転し、時々不規則な多発性の逆回転の動きをみると報告している。足踏み運動においても、このような非生理的な姿勢変動が変化係数の増大を示す一因になったと推測される。

C 眼球運動検査成績と足踏み運動検査成績の検討

1 眼球運動系のメカニズム

眼球運動系検査は、今日では平衡機能検査の主流にあり、electronystagmographyが容易に記録できるようになって以来、神経耳科学の臨床は飛躍的に進歩した。その成果は、基礎的研究の進歩と相まってテント下の眼球運動系の神経回路が徐々に明らかになり、神経耳科学的所見の病巣診断学的意義が高まったことに集約できよう。今回著者は、神経耳科学所見、とくに容易に定量化され、その神経回路が比較的明らかにされているOKNと温度眼振反応におけるVS%を指標として、足踏み運動検査成績と比較を行った。

OKNは眼前を次々と移動する視標を網膜上に像として結ぶための反射であり、古くから鉄路性眼振として知られている。その経路は皮質を介する部分と皮質下を介する部分に分かれ、とくに皮質下を介する部分についてはその詳細な経路が明らかになってきた。また水平性OKNと垂直性OKNでは、若干経路が異なることも近年明らかになりつつある。それによると、水平性OKNの基本的反射経路は視蓋前域から橋被蓋網様体、前庭核を介するものである⁶⁷⁾⁶⁸⁾。またOKN機構は初期急速増加機構と緩徐増加機構から構成され

ており⁶⁹⁾⁷¹⁾、前者には滑動性眼球運動系が関与し、後者にはCohenら⁶⁹⁾が述べる脳幹の速度蓄積機構が関与している。そして制御工学的には、初期急速増加機構は小脳片葉を介する開ループ系であり、緩徐増加機構はフィードバックによる閉ループ系であると言われ⁷²⁾、小脳障害にみられる水平性OKNの障害は、障害側に向かう緩徐相速度が、高速度刺激に対して低下することであり、初期急速増加機構の障害による可能性が示唆されている⁶⁸⁾⁷⁰⁾⁷³⁾。水平性OKNに対し、垂直性OKNについては、詳細には解明されていない。しかし、水平性OKNの急速相すなわち水平性衝動性眼球運動に関与する機構は旁正中橋網様体のニューロン群にあるのに対して⁷⁴⁾、垂直性衝動性眼球運動に関与する機構については、サル、ネコにおいては、中・間脳境界内側部に垂直性衝動性眼球運動に一致したスパイク活動を示すニューロン群が存在し、またこの部位のnucleus of prerubral field (NRTP)と内側のrostral interstitial nucleus of MLF (iMLF)の軸索は、両側性に動眼神経核に投射し、また中・間脳境界内側部へは、前頭眼野、補足眼野、上丘、前庭核、および水平性衝動性眼球運動の中枢である旁正中橋網様体から投射があるという⁷⁵⁾。このように、水平性と垂直性衝動性眼球運動では中枢部位が異なり、OKNは衝動性眼球運動の経路を一部共有すると考えられることから、OKNにおいても、障害部位により水平性と垂直性OKNの障害に差違が生じると考えられる。また緩徐相については、水平性と垂直性OKNの違いとして、サルでは水平性OKNは左右差をみないが、垂直性OKNでは下向き緩徐相OKNの解発が少ないと報告されている⁷⁶⁾。そして微小重力状態では、下向き緩徐相OKNの解発が増加し、反対に上向き緩徐相OKNの解発が低下すると報告されている⁷⁷⁾。両側の球形囊除去により同様な現象をみることより、垂直性OKNには耳石系の関与が考えられている⁷⁸⁾。また小脳片葉の関わりについては、赤毛ザルの両側片葉除去において、下向き緩徐相OKNの解発が消失したことより、また片葉が初期急速増加機構に大きく関与していることから、下向き緩徐相OKNは緩徐増加機構を持たないことが推定された⁷¹⁾。勿論、垂直性OKNの動態は、動物の種類により異なるため⁷⁹⁾、動物実験の結果をすぐにヒトにあてはめるわけにはいかないが、このように水平性OKNと垂直性OKNは機構が異なるため、その神経経路を考慮し、臨床的に症例を検討することにより、診断的意義が高まると思われる。

温度眼振反応における visual suppression test については、Demanez と Ledoux⁸⁰⁾、Hart⁸¹⁾により、開眼固視時と閉眼時の温度眼振反応が小脳・脳幹障害例において異なることが報告され、Coats⁸²⁾は1,989例の中枢性疾患について、開眼固視時の振幅と頻度の積を閉眼時の振幅と頻度の積で除した値を ocular fixation index と呼び、中枢性疾患の鑑別に有用な指標であるとした。その後 Takemori と Cohen⁷⁹⁾は、赤毛ザルを用いた破壊実験で、小脳片葉、小節に障害がある場合、visual suppression が消失することを認めた。また竹森⁸³⁾は橋部の障害では visual suppression test を施行した場合、温度眼振反応が逆に増強し、頭頂葉の障害でも、visual suppression の消失、あるいは増強をみるとし、これらは小脳片葉・小節を介する固視抑制の経路とは異なるかと述べている。

このように、visual suppression test は小脳片葉・小節および脳幹の障害の鑑別に有用な検査で、現在、臨床的に広く用いられている。本検査は視覚器と前庭および小脳を結ぶ経路の反応をみるものであり、直接的に動的平衡機能と結びつくとは考え難いが、歩行中枢は脳幹にあり、開ループ系の主役を果たすのは小脳であることより、これら前庭眼反射経路との関係を検討することは臨床的に興味ある問題である。

2 SCD における眼球運動検査成績と足踏み運動検査成績との関係

本研究成績では、水平性 OKN では、平均肩回転角と変化係数に分類による差は認めなかったが、垂直性 OKN では変化係数において1.0step/sec でC群がA、B群に比し有意に増加をみた。また visual suppression test の成績では、変化係数で1.0step/sec でb群がa群に比し増加を認めた。この結果より、SCD においては、垂直性 OKN の障害度および visual suppression の障害度と、1.0step/sec という遅い足踏み運動時の軀幹動揺の円滑性の欠如と不規則性が関連をもつことが明らかになった。垂直性 OKN の保持には、中・間脳という上部脳幹と小脳片葉の機能が重要であること⁷¹⁾⁷⁵⁾、visual suppression は小脳片葉の機能が重要であること⁷³⁾⁸³⁾より、小脳にびまん性の障害をもつと考えられる SCD においては、上部脳幹と小脳片葉の障害程度が、平衡失調の重症度と関連があると思われる。しかし、このことは、上部脳幹と小脳片葉の障害が直接的に失調に関与するというわけではなく、そのような病変の広がりや失調が関連があることを意味するものであろう。

3 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例における眼球運動検査成績と足踏み運動検査成績との関係

本研究成績では、水平性および垂直性 OKN 分類により、各群間の症例数の隔たりが大きくなり統計的検討は困難であったが、水平性および垂直性 OKN に一定の傾向は認めず、また visual suppression test ではb群が増加する傾向をみた。このことは、局在性病変例の場合、中枢の障害部位が局限しているため、おもに脳幹に存在する視機性眼球運動系の障害と前庭脊髄反射系の障害が解離していることによると考えられる。また、visual suppression test における成績から、小脳片葉近傍の障害により、平衡失調が生じることが示唆された。

4 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例における眼球運動検査成績と足踏み運動検査成績との関係

小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例においては、小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例と異なり、水平性 OKN においてC群が増加する傾向をみた。また visual suppression test では、b群がa群に比し増加した。このことは、水平性 OKN の中枢が旁正中橋網様体にあること⁷⁴⁾、visual suppression の保持には小脳片葉の機能が重要であること⁷³⁾⁸³⁾より、進展型聴神経腫瘍例においては、橋および片葉を含めた小脳の障害程度が、平衡失調の重症度に関連を有することを示唆する。聴神経腫瘍の平衡障害を検討する際に、前庭神経の障害の関与を考慮することが不可欠であるが、これには小脳橋角部に局限する聴神経腫瘍症例の検討が必要であり、今後の課題と思われる。

以上眼球運動機能と動的平衡機能が関連を有することが明らかになった。

V ま と め

足踏み運動時の肩回転角を中枢性平衡障害例を対象として測定した。指標として、平均肩回転角、変化係数、肩回転角度チャートにおける均衡度をを用いた。また、視運動性眼振検査の成績と温度眼振検査における visual suppression test の成績を、足踏み運動検査の成績と比較し検討した。

- 1 SCD では、1.0step/sec の速度にて平均肩回転角が増加した。
- 2 SCD では、変化係数にて重症度分類と一致する傾向を認めた。
- 3 SCD では、垂直性 OKN および visual suppression の障害度と変化係数の増加が一致する傾向をみ

- た。
- 4 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例では、健側と患側の差を認めなかった。
 - 5 小脳・脳幹に局在性病変を呈する症例では、visual suppression の障害度と平均肩回転角の増加が一致する傾向を認めた。
 - 6 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例では、健側と患側の差および足踏み速度による差を認めなかった。
 - 7 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍群と小脳半球および虫部障害群の間で、1.2steps/sec 閉眼下に、変化係数で、小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍群が有意に増加した。
 - 8 小脳・脳幹進展型聴神経腫瘍症例では、水平性

OKN および visual suppression の障害度と平均肩回転角の増加が一致する傾向を認めた。

- 9 パーキンソン病では、平均肩回転角は正常者と差を呈しないかあるいは減少するが、変化係数は増加した。

稿を終えるにあたり御指導、御校閲を賜りました恩師田口喜一郎教授に深甚の謝意を表します。また本研究に際し、御指導、御助言を頂いた和田 清博士、菊川正人講師に深く感謝申し上げます。なお、本論文の一部は第48回日本平衡神経学会総会（1989年11月）、第49回日本平衡神経学会総会（1990年12月）、第92回日本耳鼻咽喉科学会総会（1991年5月）にて発表しました。

文 献

- 1) 望月 久, 肥田邦江, 岡 十代香: 脊髄小脳変性症に対する重症度分類とバランス検査の検討. 運動生理, 4: 27-33, 1989
- 2) 宮崎信次, 窪田俊夫: 床反力連続計測に基づく歩行異常の定量的評価 —特に定量的指標と視覚的評価の関連について—. 医用電子と生体工学, 21: 7-13, 1983
- 3) 三浦英男: 歩行機能検査. 臨床医, 11: 1046-1049, 1985
- 4) 土屋和夫: 足部関節運動の解析および問題点. リハビリテーション医学, 10: 258-262, 1973
- 5) 田口喜一郎, 菊川正人: 足踏み運動時における肩回転角度変化の測定. 耳鼻臨床, 75: 290-296, 1982
- 6) 田口喜一郎, 菊川正人, 平林千春: 前庭機能異常と足踏み時肩回転角. 耳鼻臨床, 75: 2297-2303, 1982
- 7) Taguchi, K., Ishiyama, T., Kikukawa, M., Yachiyama, H., Higaki, K. and Hirabayashi, C.: Evaluation of ataxia by measuring changes in angulation of shoulders while stepping. Adv Otorhinolaryngol, 30: 311-314, 1983
- 8) Taguchi, K., Wada, K. and Kikukawa, M.: Clinical significance of changes in angulation of shoulders while stepping. In: Myer, E. N. (ed.), New Dimensions in Otorhinolaryngology—head and neck surgery, vol. 2, pp. 312-313, Elsevier Science, Amsteldam, 1985
- 9) 和田 清: 足踏み運動解析による動的平衡の臨床的研究. 信州医誌, 35: 641-658, 1987
- 10) 時田 喬, 高木恭也, 松原茂規, 小島俊己, 白戸弘道, 村上力夫, 赤木博文, 森 芳郎, 早野洋司: 迷路障害例の歩行. Equilibrium Res (Suppl), 3: 142-148, 1988
- 11) 高木恭也, 村上力夫, 伊藤八次, 五島桂子, 松原茂規, 小島俊己, 宮田英雄, 時田 喬: 頭部動揺, 抗重筋活動記録を用いた歩行検査 —正常者, 平衡障害例における観察—. Equilibrium Res, 49: 240-248, 1990
- 12) 森 茂美: 歩行のメカニズム. 脳神経, 30: 1151-1167, 1978
- 13) 森 茂美: 歩行. 檜 學, 渡辺 勲 (編), 臨床耳鼻咽喉科頭頸部外科全書, めまい・平衡失調, 第1版, pp. 175-191, 金原出版, 東京, 1988
- 14) Mori, S., Kawahara, K., Sakamoto, T., Aoki, M. and Tomiyama, T.: Setting and resetting of level of postural muscle tone decerebrate cat by stimulation of brain stem. J Neurophysiol, 48: 737-748, 1982
- 15) 平山恵造: 脊髄小脳変性症の診断基準・重症度分類. 内科, 55: 1334-1336, 1985
- 16) Hoehn, M. M. and Yahr, M. D.: Parkinsonism: Onset, progression and mortality. Neurology (Minneapolis), 17: 427-442, 1967
- 17) 石山哲也: 中枢性平衡障害例における聴性脳幹反応と視運動性眼振の診断的意義. 日耳鼻, 90: 1087-1099, 1987

- 18) Steindler, A. : A historical review of the studies and investigations made in relation to human gait. *J Bone Joint Surg [Am]*, 35 : 540-728, 1953
- 19) Unterberger, S. : Neue objektiv registrierbare Vestibularis-Körperdrehreaktion, erhalten durch Treten auf der Stelle. Der "Tretversuch". *Archiv für O.N.u. Kehlkopfheilkunde*, 145 : 478-492, 1938
- 20) Hirsch, C. : A new labyrinthine reaction : "The waltzing test". *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 49 : 232-238, 1940
- 21) Fukuda, T. : The stepping test. Two phases of the labyrinthine reflex. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 50 : 95-108, 1959
- 22) Pavlov, V.I., Dimov, D. and Irintchev, E. : Fukuda witting and stepping tests in the evaluation of vestibular disturbances in labyrinth diseases. *Aggressologie*, 19 : 71-72, 1978
- 23) Rudert, H. and Reker, U. : Der Unterbergersche Tretversuch bei kompensierten vestibulären Schädigungen. *HNO*, 25 : 246-248, 1977
- 24) Aust, G. : Das Craniocorpogramm in der neurootologischen Diagnostik im Kindesalter. *Laryngol Rhinol Otol (Stuttg)*, 55 : 855-860, 1976
- 25) Claussen, C. N. : Die Cranio-Corpo-Graphie (CCG), eine einfache photooptische Registriermethode für vestibulospinale Reaktionen. *Z Laryngol Rhinol Otol*, 49 : 634-639, 1970
- 26) 大久保 仁, 堤内邦彦, 吉積 隆, 石川紀彦, 大柿 徹, 渡辺 勲 : 足踏み検査に見られる身体重心動揺軌跡の分析の研究—左右乗換え時間の検討—. *耳鼻臨床*, 73 : 1781-1789, 1980
- 27) 大久保 仁, 堤内邦彦, 吉積 隆, 石川紀彦, 大柿 徹, 辺土名 仁 : 足踏み検査にみられる身体重心動揺軌跡の分析の研究—足踏運動応答の Lateralization の検討—. *耳鼻臨床*, 75 : 1105-1112, 1982
- 28) 大久保 仁, 渡辺 勲, 石田博義, 堤内邦彦, 小高修司, 奥野秀次 : 片側前庭機能異常者の足踏検査の考察 (偏倚の潜時について(1)). *耳鼻臨床*, 75 (増5) : 2304-2311, 1982
- 29) Finley, F. R. and Cody, K. A. : Locomotive characteristics of urban pedestrians. *Arch Phys Med Rehabil*, 51 : 423-426, 1970
- 30) Grieve, D. W. : The assessment of gait. *Physiotherapy*, 56 : 452-460, 1969
- 31) Knutsson, E. and Lying-Tunell, U. : Gait apraxia in normal-pressure hydrocephalus. Patterns of movement and muscle activation. *Neurology (Minneapolis)*, 35 : 155-160, 1985
- 32) Peitersen, E. and Zilstorff-Pedersen, K. : Vestibulospinal reflex. VIII. Alterations in the stepping test in various intracranial diseases. *Arch Otolaryngol*, 79 : 600-605, 1964
- 33) Maurice-Williams, R. S. : Mechanism of production of gait unsteadiness by tumors in the posterior fossa. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 38 : 143-148, 1975
- 34) Moffat, D. A., Harries, M. L. L., Baguley, D. M. and Hardy, D. G. : Unterberger's stepping test in acoustic neuroma. *J Laryngol Otol*, 103 : 839-841, 1989
- 35) Knutsson, E. : An analysis of Parkinsonian gait. *Brain*, 95 : 475-486, 1972
- 36) Murray, M. P., Sepic, S. B., Gardner, G. M. and Downs, W. J. : Walking patterns of men with Parkinsonism. *Am J Phys Med*, 57 : 278-294, 1978
- 37) Forssberg, H., Johnels, B. and Steg, G. : Is Parkinsonian gait caused by a regression to immature walking pattern ? *Adv Neurol*, 40 : 375-379, 1984
- 38) Buchthal, F. and Fernandez-Ballesteros, M. L. : Electromyographic study of the muscles of the upper arm and shoulder during walking in patients with Parkinson's disease. *Brain*, 88 : 875-897, 1965
- 39) Murray, M. P. : Gait as a total pattern of movement. Including a bibliography on gait. *Am J Phys Med*, 46 : 290-333, 1967
- 40) Shik, M. L., Severin, F. V. and Orlovsky, G. N. : Control of walking and running by means of electrical stimulation of the midbrain. *Biofizika*, 11 : 659-666, 1966

- 41) 宮崎信次, 竹内孝仁, 岩倉博光, 窪田俊夫: 歩行機能評価のための床反力波形処理. 医用電子と生体工学, 17: 32-38, 1979
- 42) 池田正夫: バゾグラムによる歩行時の体幹運動解析. リハビリテーション医学, 10: 262-266, 1973
- 43) 吉田充男: 小脳性運動障害とその病態, 小脳性運動障害の臨床生理学的解析. 臨床神経, 17: 836-844, 1977
- 44) Ito, M.: Neural design of the cerebellar motor control system. Brain Res, 40: 81-84, 1972
- 45) Eccles, J. C., Sabah, N. H., Schmidt, R. F. and Taborikova, H.: Mode of operation of the cerebellum in the dynamic loop control of movement. Brain Res, 40: 73-80, 1972
- 46) 田崎義昭, 齊藤科佳雄: ベットサイドの神経の診かた. 第12版, pp. 126-139, 南山堂, 東京, 1984
- 47) Nashner, L. and Berthoz, A.: Visual contribution to rapid motor responses during postural control. Brain Res, 150: 403-409, 1978
- 48) Tokita, T., Maeda, M. and Miyata, H.: The role of labyrinth in standing posture regulation. Acta Otolaryngol (Stockh), 91: 521-527, 1981
- 49) Grimm, R. J.: Disorderly walks. Neurol Clin, 2: 615-631, 1984
- 50) 廣瀬 肇, 桐谷 滋, 吉岡博英, 沢島政行, 牛島達次郎: 麻痺性構音障害における発音動態の研究. 小脳変性症について. 日耳鼻, 80: 1475-1482, 1977
- 51) 村瀬 弘, 間下信昭, 広瀬大雄, 大田仁史, 竹内孝仁, 山本晴康: 脊髄小脳変性症の歩行. リハビリテーション医学, 15: 77, 1978
- 52) 望月 久: 脊髄小脳変性症患者の歩行能力と重心動揺. 運動生理, 5: 9-14, 1990
- 53) 木村 格, 佐藤 元, 板原克哉: 制御論的にみた運動失調症の臨床生理. 最新医学, 31: 246-254, 1976
- 54) 水野正浩: 脊髄小脳変性における神経耳科学的所見. 耳鼻臨床, 74: 63-88, 1981
- 55) Holmes, G.: The symptoms of acute cerebellar injuries due to gunshot injuries. Brain, 40: 461-535, 1917
- 56) Holmes, G.: The cerebellum of man. Brain, 62: 1-30, 1939
- 57) Weisenburg, T. H.: Cerebellar localization and its symptomatology. Brain, 50: 357-377, 1927
- 58) Victor, M., Adams, R. D. and Mancall, E. L.: A restricted form of cerebellar cortical degeneration occurring in alcoholic patients. Arch Neurol, 1: 579-688, 1959
- 59) 伊藤正男: 小脳の神経回路網. 伊藤正男, 祖父江逸郎, 小松崎 篤, 廣瀬源二郎 (編), 小脳の神経学, 第1版, pp. 52-65, 医学書院, 東京, 1986
- 60) 時田 喬: 眼振の生理と検査. 日耳鼻, 75: 1309-1328, 1972
- 61) 時田 喬, 高木恭也, 伊藤八次, 五島桂子, 柴田康成, 森 芳郎, 柳田三洋子: 迷路性直立制御の解析—5次元フィードバックモデルによる—. Equilibrium Res, 44: 141-145, 1985
- 62) Tokita, T., Taguchi, T. and Matuoka, T.: A study on labyrinthine ataxia with special reference to proprioceptive reflexes. Acta Otolaryngol (Stockh), 74: 104-112, 1972
- 63) 当間 忍: Parkinson 病の症候論. 阿部正和, 尾前照雄, 河合忠一, 平山恵造 (編), パーキンソン病とパーキンソン症候群, 内科Mook No.23, 第1版, pp. 6-16, 金原出版, 東京, 1984
- 64) Bowen, F. P., Hoehn, M. M. and Yahr, M. D.: Parkinsonism: Alterations in spatial orientation as determined by a route walking test. Neuropsychologia, 10: 355-361, 1972
- 65) 宇野正威: 姿勢・運動の調節と大脳基底核. 檜 學, 渡辺 勲 (編), 臨床耳鼻咽喉科頭頸部外科全書, めまい・平衡失調, 第1版, pp.192-203, 金原出版, 東京, 1988
- 66) 大久保 仁, 小高修司, 堤内邦彦, 真島一彦, 渡辺 勲, 山内公雄: Parkinson 病の足踏運動に見られる重心動揺. —Kinetogravicorder による観察—. Equilibrium Res, 39: 235-243, 1980
- 67) Keller, E. L. and Precht, W.: Visual-vestibular responses in vestibular nuclear neurons in intact and cerebellectomized alert cat. Neuroscience, 4: 1599-1613, 1979
- 68) Precht, W. and Strata, P.: On the pathway mediating optokinetic responses in vestibular nuclear

- neurons. *Neuroscience*, 5: 777-787, 1980
- 69) Cohen, B., Matsuo, V. and Raphan, T.: Quantitative analysis of the velocity characteristics of optokinetic nystagmus and optokinetic after nystagmus. *J Physiol (Lond)*, 270: 321-334, 1977
 - 70) Zee, D. S., Yamazaki, A., Buttler, P. H. and Gucer, G.: Effects of ablation of flocculus and paraflocculus on eye movements in primate. *J Neurophysiol*, 46: 878-899, 1981
 - 71) Waespe, W., Cohen, B. and Raphan, T.: Role of the flocculus and paraflocculus in optokinetic nystagmus and visualvestibular interactions: Effect of lesions. *Exp Brain Res*, 50: 9-33, 1983
 - 72) Igarashi, M. and Himi, T.: Asymmetry of vertical optokinetic nystagmus and afternystagmus. *ORL*, 50: 219-224, 1988
 - 73) Takemori, S. and Cohen, B.: Loss of visual suppression of vestibular nystagmus after flocculus lesions. *Brain Res*, 72: 213-224, 1974
 - 74) Cohen, B., Komatsuzaki, A. and Bender, M. B.: Electrooculographic syndrome in monkeys after pontine reticular formation lesions. *Arch Neurol*, 18: 78-92, 1969
 - 75) 中尾召三: 垂直眼球運動の神経機構。とくに急速運動発現における中・間脳境界内側部の役割。 *Equilibrium Res*, 47: 51-52, 1988
 - 76) Takahashi, M. and Igarashi, M.: Comparison of vertical and horizontal optokinetic nystagmus in the squirrel monkey. *ORL*, 39: 321-329, 1977
 - 77) Clement, G., Vieville, T., Lestienne, F. and Berthoz, A.: Modifications of gain asymmetry and beating field of vertical optokinetic nystagmus in microgravity. *Neurosci Lett*, 63: 271-274, 1986
 - 78) Igarashi, M., Takahashi, M., Kubo, T., Levy, J. K. and Homick, J. L.: Effect of macular ablation on vertical optokinetic nystagmus in the squirrel monkey. *ORL*, 40: 312-318, 1978
 - 79) Takahashi, M., Sakurai, S. and Kanzaki, J.: Horizontal and vertical optokinetic nystagmus in man. *ORL*, 40: 43-52, 1978
 - 80) Demanez, J. P. and Ledoux, A.: Automatic fixation mechanisms and vestibular stimulation. Their study in central pathology with ocular fixation index during caloric tests. *Adv Otorhinolaryngol*, 17: 90-98, 1970
 - 81) Hart, C. W.: The ocular fixation index. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 82: 848-851, 1973
 - 82) Coats, A. C.: Central electronystagmographic abnormalities. *Arch Otolaryngol*, 92: 43-53, 1970
 - 83) 竹森節子, 須田南美, 別府宏圀: Visual Suppression test による小脳, 脳幹障害の鑑別. *Equilibrium Res*, 37: 88-92, 1978

(3. 7. 5 受稿)