負荷による重心動揺分析

雲 井 健 雄・森 裕 司
涌 谷 治 夫・町 塚 博 文

Analysis of Stabilograms Recorded during Equilibrium Challenges

Takeo Kumoi, Hiroshi Mori, Haruo Wakutani
and Hirofumi Machizuka
(Hyogo Medical College)

We analysed the stabilograms of subjects standing still, on a rolling platform, or with impulse stimulation. These challenges test the postural restoration reflex system which the usual stabilogram at rest cannot do. We conclude that this method is helpful in the diagnosis of vertigo.

Key words : stabilogram, rolling stimulation, impulse stimulation

緒 言

重心動揺検査法は、その実施が簡便でかつ患者への負担も少ない検査法として注目を浴びてきた。本検査法の特長は患者の重心動揺を数量的に把握できることである。今日迄の本検査法を用いての分析は、主として被検者の安静直立時の重心動揺の大きさ^{1)~5)}、面積^{6)~14)}、軌跡距離^{3)4)6)9)15)~20)}、周波数分析^{1)3)16)20)~37)}などについて検討が行われてはいるが、必ずしも臨床応用に満足すべきものとはいえない。今回著者らは、安静時の自発性の重心動揺を分析するだけでなく、ある種の負荷を加えた時の応答としての重心動揺を分析する方法を試みた。この負荷を加える方法は、安静時の重心動揺の検討のみでは検出できなかった立ち直り反射系の状態を把握できる可能性があり、眩暈症患者の病巣診断の一助になると考え、1) ローリング負荷、2) 撃振による負荷、を用いた重心動揺検査法について研究を行った。

方 法

実験1 : ローリング負荷

被検者にローリング負荷を加えるために、前後軸を中心として左右へ正弦波周期でシーソー状の往復傾斜運動する電動傾斜台を作製した(永島医科器械製)。この試作台で傾斜範囲を左右へ 2.5° の負荷角度に設定し、周波数は0, 0.05, 0.075, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 Hz について負荷を加えた。この台上に重心動揺計を設置し、被検者の左右への重心動揺

と、台の傾斜角度とをデータレコーダーに同時記録した(図1)。

被検者は重心動揺計の中心上に閉眼で起立させ、足位は原則として閉足位としたが、負荷の増強に伴って多少の開足を認めてもあえて強制はしなかった。

被検対象は正常対象群100名、前庭障害群15名、中枢障害群12名とした。疾患群は、当科外来を受診した眩暈患者症例の中で、前庭障害群

図1 検査システム（ローリング負荷）

表1 ローリング負荷による検討対象

正 常 群	100名
前 庭 障 害 群	
メニエール病	11名
突 発 性 難 聴	4名
中 枢 障 害 群	
椎骨脳底動脈不全	11名
左 小 脳 腫 瘍	1名

表2 撃振負荷による検討対象

正 常 群	23名
前 庭 障 害 群	
メニエール病	4名
突 発 性 難 聴	4名
ハント症候群	1名
中 枢 障 害 群	
椎骨脳底動脈不全	13名
脳 梗 塞	2名
脳 挫 傷	2名
起立性低血圧	1名
小 脳 失 調	1名
脳 腫 瘍 術 後	1名
アルコール脳症	1名

にはメニエール病と突発性難聴とで、中枢障害所見のみられない純前庭性のもののみを組み入れ、中枢障害群には眼振検査や視運動性眼振検査などで明らかな中枢障害所見を示すものを組み入れた（椎骨脳底動脈循環不全11例、小脳腫瘍1例）。両群ともに閉眼起立可能な症例のみを対象として検査を行った（表1）。

実験2：撃振による負荷

重心動揺計上に閉眼で直立させた被検者の腰部に左右方向への瞬間的衝撃力を与え得る簡易な装置を作製し、その衝撃瞬間から以後10秒間の左右方向への重心動揺を記録した（図2）。10回加算を行ったものを電算機で on-line に処理してさらに揺れの減衰係数をも算出した。

被検対象は正常対象群23名、前庭障害群9名、中枢障害群21名を対象とした（表2）。疾患群は、実験1と同様に前庭障害群はメニエール病とカロリックテストで1側のCPが確認された突発性難聴及びハント症候群症例で、中枢障害群はDSA（Digital Subtraction Angiography）で椎骨脳底動脈の閉塞や狭窄が認められるような椎骨脳底動脈循環不全を中心とした純中枢障害所見を示す者のみを組み入れた（表2）。

結 果

実験 1 : ローリング負荷

周波数分析に際しては, 疾患群では重心動揺の増大に伴う高い周波数成分の出現を予想してサンプリングタイムを 40 msec に設定し, また 2 回加算によって計 81.9 秒間の分析を行った (これによって最高 12.5 Hz までの周波数の分析が可能となる). また疾患群では高い周波数帯に飛びはなれてパワーが出現することがあり, これらの成分をも含めてパワー成分の完全に消失する点をパワーの上限とすることとした.

正常群でのパワー上限の平均値は, 無負荷時には 3.37 Hz を示し, 負荷 0.05 Hz では 4.97 Hz, 負荷 0.075 Hz では 5.30 Hz, 負荷 0.1 Hz では 5.67 Hz, 負荷 0.15 Hz では 6.00 Hz となりこれ以上の負荷周波数では 5.8 Hz 程度に一定する. 前庭障害群では, パワー上限は無負荷時平均 3.22 Hz, 負荷 0.05 Hz では 4.74 Hz, 負荷 0.1 Hz では 4.96 Hz, 負荷 0.2 Hz 以上では 6 Hz 程度となった. 負荷 0.4, 0.5 Hz では正常群に比べてやや大きい傾向 ($P < 0.05$) を示したが, それ以外の周波数負荷では正常群との間に有意の差を認め得なかった.

他方, 中枢障害群では無負荷時のパワー上限は平均 4.70 Hz を示し, これは 5 % 以下の危険

率で正常群及び前庭障害群と比較検討して有意に高いと判定された. また負荷 0.05 Hz では 6.96 Hz を示しこれもまた 1 % 以下の危険率で正常群及び前庭障害群と対比して有意に高い値を示した. 負荷 0.075 Hz で 6.54 Hz, 負荷 0.1 Hz では 6.87 Hz, 負荷 0.2 Hz では 7.96 Hz, の値が得られ, いずれも同様に有意に高いと判定される ($P < 0.01$). 負荷 0.3 Hz 以上では, 大きい傾向 ($P < 0.05$) のみが観察された (図 3).

相互相関分析を行ってみると, 正常群ではやはり, 負荷 0.05 Hz では 1336 msec の重心移動の先行が認められ, 負荷 0.075 Hz では 687 msec, 負荷 0.1 Hz では 173 msec, 負荷 0.15 Hz では -83.8 msec と次第に遅れを示すようになって以後約 -100 msec となって一定となる傾向を示した (図 4).

前庭障害群では負荷 0.1 Hz で重心移動の先行が大きい ($P < 0.01$) ことが認められたが, 正常群との平均値間の差は少なかった. それ以外では, 正常群との間に有意差は示さなかった.

中枢障害群では, 負荷 0.05 Hz で 2316 msec の明瞭な重心移動の先行が認められた. これは

図 2 検査システム（撃振による負荷）

図3 左右2.5° 負荷時の各群のパワー上限の平均値と標準偏差

図4 左右2.5° 負荷時の各群の位相差の平均値と標準偏差

危険率1%で正常群及び前庭障害群よりも有意に大きい値であった。また負荷0.2Hz で位相の遅れが小さい以外は、他の負荷周波数では有意の変化は認められなかった。

実験2：撃振による負荷

直立姿勢の被検者が瞬間的衝撃力を与えられると、まずその衝撃力の反対方向への大きい重

心の移動が起こり、その後次第に減衰してもとの直立安定位にもどる。勿論人体の立ち直り反射機構を簡単なモデルに置きかえることには多少の疑問も残るがこの減衰振動運動を仮に単振動のパネ運動にたとえると $Y=Ae^{-\kappa t}$ の一般式で表わすことができるであろう。この式では減衰係数は κ で示され、これはシグナルプロセッ

図 5 各群の重心動揺波形

図 6 各群の減衰係数の平均値と標準偏差

表3 3群の減衰係数

正 常 群		
右	左	平 均
1: 0.0128	0.02096	0.01688
2: 0.01532	0.03419	0.02476
3: 0.02533	0.03368	0.02956
4: 0.02193	0.01772	0.01958
5: 0.01524	0.03175	0.02394
6: 0.02608	0.01759	0.02184
7: 0.01873	0.0143	0.01652
8: 0.02464	0.03047	0.02756
9: 0.0279	0.01772	0.02281
10: 0.01724	0.0364	0.02682
11: 0.02037	0.02693	0.02365
12: 0.01594	0.0198	0.01787
13: 0.01759	0.01373	0.01566
14: 0.03441	0.01411	0.02426
15: 0.00967	0.01656	0.01312
16: 0.01377	0.00938	0.01158
17: 0.01212	0.03138	0.02175
18: 0.02449	0.03682	0.03066
19: 0.0202	0.047	0.0336
20: 0.02092	0.02155	0.02104
21: 0.01432	0.03053	0.02243
22: 0.0148	0.02907	0.02194
23: 0.01143	0.01039	0.01091

前庭障害群			
	右	左	平 均
1: 左メニエール病	0.01039	0.01295	0.01167
2: 右メニエール病	0.01354	0.00662	0.01008
3: 右メニエール病	0.01106	0.0184	0.01473
4: 左メニエール病	0.01049	0.01128	0.01089
5: 右突発性難聴	0.02308	0.02122	0.02215
6: 右突発性難聴	0.01368	0.00669	0.01019
7: 左突発性難聴	0.01182	0.01105	0.01144
8: 左突発性難聴	0.00728	0.00912	0.0082
9: ラムゼイハント症候群	0.00945	0.00545	0.0070

サー (三栄 7T17) によって on-line で簡単に処理出来るので, 算出された減衰係数 (κ) について検討することとした。

中枢障害群

	右	左	平 均
1: 椎骨脳底動脈不全	0.00618	0.0091	0.00764
2: 椎骨脳底動脈不全	0.00649	0.00279	0.00484
3: 椎骨脳底動脈不全	0.00728	0.00455	0.00592
4: 椎骨脳底動脈不全		0.00427	
5: 椎骨脳底動脈不全		0.00506	
6: 椎骨脳底動脈不全	0.00534	0.0092	0.00727
7: 椎骨脳底動脈不全	0.00549	0.01621	0.01085
8: 椎骨脳底動脈不全	0.00529		
9: 椎骨脳底動脈不全	0.0101	0.00687	0.00849
10: 椎骨脳底動脈不全	0.00708	0.00615	0.00662
11: 椎骨脳底動脈不全	0.0048	0.00585	0.00497
12: 椎骨脳底動脈不全	0.00678	0.00374	0.00526
13: 椎骨脳底動脈不全	0.00488	0.00413	0.00451
14: 起立性低血圧	0.00495	0.0071	0.00663
15: 脳 梗 塞	0.00557	0.00767	0.00662
16: 脳 梗 塞	0.01226	0.00828	0.01027
17: 脳 挫 傷	0.00617	0.00639	0.00628
18: 脳 挫 傷	0.00938	0.01087	0.01013
19: 小 脳 失 調	0.00548	0.00413	0.0048
20: 脳腫瘍術後		0.00229	
21: アルコール脳症		0.00168	

on-line で処理された重心動揺波形は, 正常群では立ち直りは俊敏でかつ素早くもとの安定位となるが, 前庭障害群では波形の安定は少し緩慢となる。中枢障害群ではこの傾向がより強く出現して, もとの安定位にもどるのに時間を要するとともに左右への重心移動軌跡長も大きく減衰能力が非常に弱いことを示している (図5)。

波形の右上に表示されている κ の値が減衰係数である。この係数を正常群, 前庭障害群, 中枢障害群別にまとめたものが表3である。右と書いてあるのは右側から左と記したのは左側から刺激が加えられた場合の減衰係数である。正常群での減衰係数は一様に高く特に左右の差も認めないがやや左側からの刺激に対して高い傾向を認めた。前庭障害群では一側 CP の症例を対象としたがやはり左右何れからの刺激に対

しても有意差を認め得なかった。しかし減衰係数は正常群に比し小さい傾向を示した。中枢障害群では症例によっては一側のみしか検査を実施できなかったが(その理由は患者が年配であり、疲労を訴えたためである。)一見して前二者に比べて減衰係数が低いことがわかる。症例 20, 21 の様に広範囲にわたって脳が障害を受けている症例では、特に減衰係数が著しく低値を示した。また中枢障害群でも前二者と同様に左

右からの刺激に対しては有意差を認めなかった。減衰係数(Mean 95% CL)は正常群 0.02168 ± 0.00591 , 前庭障害群 0.01182 ± 0.00445 , 中枢障害群 0.00694 ± 0.00205 であった。前庭障害群と正常群との間で有意差($P < 0.01$)を認め、また前庭障害群と中枢障害群との間にも有意差($P < 0.01$)を認めた。特に中枢障害群では前二者に比し非常に減衰係数が小さかった(図 6)。

考 案

現在通常に行われている平衡常用検査の中で人体の揺れを検査する方法としてはロンベルグ姿勢やマン姿勢における人体の安定度を調べる検査法が行われているが、必ずしも客観的とはいえない。しかし、時田ら⁵⁾は人が動的平衡を保ちながら安定に起立姿勢を保持できるのは、生体には頭部、体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, righting reflex)があるためであり、この立ち直り反射機構は視器, 迷路, 自己受容器, 外受容器からの入力刺激を大脳あるいは脳幹を介して小脳の統御を受けて行われる反射であるので、直立時の身体動揺の観察は視器, 迷路, 自己受容器あるいは中枢神経系の障害で現れる立ち直り反射障害把握のために最も重要な検査であると述べている。その点で重心動揺検査法は直立時の平衡機能障害を客観的に評価する上で、簡便かつ人体動揺を直接的に表現できる検査法として評価できる。重心動揺計における人体動揺の解析は今日迄に種々の方法が報告されている。その一つとして動揺面積を用いる方法をみると多くの研究がなされていて、たとえば松永⁷⁾は正常群と疾患群との間に差異が認められると報告した。身体の動揺の程度や動揺の質の差を表現するためには、重心動揺の軌跡距離、ベクトルなどと並んで重心動揺面積の計測は確かに有利な方法であろうと期待される。

また周波数分析についても種々の検討が加えられているが^{20) ~ 24) 26) 29) ~ 31) 33) ~ 36) 39) ~ 41)}、臨床検

査に応用するには、バラツキが大きくていまだに一定の見解には到達していないのが実状である。

負荷を加える重心動揺の分析法としては、シーソー台によるもの²⁵⁾、振子様直線運動によるもの⁴²⁾などがあり身体動揺の周波数の差によって視器, 迷路, 自己受容器の果たしている役割も異なることなどが次第に明らかにされているが、やはり一般平衡外来での常用検査として用いられるまでにはいたっていない。

今回著者らは重心動揺計を平衡外来において一般常用検査として取り入れるために、単に安静起立時の重心動揺検査のみでは異常を示さないような軽微な平衡障害者をも検出する事ができるように負荷を与えた際のその立ち直り反射時の重心動揺分析を試みたのである。

ローリング負荷および撃振による負荷ともに、左右方向からの刺激のみを行ったのは、人体は左右に対象であるのに対して、前後方向には非対象であり、三宅²³⁾が前傾や後傾の状態によってもその重心動揺には差異があると述べているように、前後への負荷は分析するにはあまり適当でないと考え、左右方向への負荷のみについて分析研究を行った。

また、視性入力の重心動揺分析におよぼす影響は大きく、開眼時の動揺面積の減少や、軌跡距離の減少などが報告されていて^{10) 15) 33) 34) 37) 43) ~ 46)}、本実験では閉眼で検査を施行することとした。

実験1)のローリング負荷では主に周波数の遅い場合の立ち直り反射系について検討したわけであるが、負荷0.15 Hz でパワー上限はほぼ一定となった。中枢障害群では全体的にパワー上限は高値を示し、これは臨床的にも中枢障害者の失調性の動揺と一致する。この中枢障害群におけるパワー上限の高値は、正常群および前庭障害群に比べて有意 ($P < 0.01$) に大きいものであった。前庭障害群では、正常群との差が中枢障害群のそれに比べてあまり明瞭でなかった。これは時田らが迷路性立ち直り反射は動揺の周期が早くなるほど大きな立ち直り運動を誘発する特性(微分制御動作)をもち迷路が早く短い身体動揺に対する立ち直り運動の解発に大きな役割をもつことを報告しているように、今回の実験条件でのローリング負荷のように周波数が低いと迷路性入力はいずれも関係なくそのため正常群と有意差がでなかったのであろう。

位相についても、正常者では負荷0.15 Hz 以降で一定値となる傾向を示した。前庭障害群では位相においても正常群との間に差異は少なく、判別は困難である。中枢障害群では特に負荷周波数0.05 Hz で正常群および前庭障害群との間に大きな有意差で重心移動の先行が大きいことがわかった。

中枢障害群で位相のずれが大きいのは、各種の入力情報に基づいて出力される運動系の調節機構である小脳や脳幹の制御機能の障害によって、ローリング負荷に対する反応に『ずれ』が生ずるためと解される。

実験2)の撃振による負荷では正常群、前庭障害群、中枢障害群ともに左右それぞれよりの刺激に対して有意な差は認めなかった。しかし正常群において左側より刺激した場合に減衰係数が高い印象があるが、その理由は分らない。これはその人個人個人の効き足と関係があるのかもしれない。

図5に示すように刺激後の10秒間の重心動揺波形をプロットとしてみると3群に明らかに立ち直りの違いが認められる。正常群では刺激に

対して反対側へ大きく重心の移動が起こるがその後の立ち直りはシャープであって安定位にもどるさいに正中を越えることをかりに over shoot と呼ぶならば over shoot はほとんど見られない。前庭障害群では正常群に比し大きくなり、中枢障害群ではより大きくて刺激に対して安定位にもどるための抑制能力が弱い、つまり減衰能力が著しく弱いことが示された。

減衰係数では、正常群、前庭障害群、中枢障害群にそれぞれ危険率1%で有意差を認めた。ローリング負荷では有意差を認めなかった正常群と前庭障害群との群間にも有意差を認め得たのは、撃振による負荷で誘発される身体動揺の周期では 0.5~0.8 Hz の周波数帯が主体であるため先に述べた迷路性立ち直り反射が介入しているためと解される。中枢障害群で減衰係数が著しく低いのは、ローリング負荷刺激での結果と同様に、各種の入力が入ってはくるもののそれを総合して身体へ出力すべき中枢神経系に障害があるためと考えられる。

今回の実験では刺激を加えた際のそれへの応答としての身体の安定維持について検討を行った訳であるが、身体の安定維持には入出力系の中心である小脳、脳幹が重要な役割を果たしていることを示唆する結果と考える。入力系としては、迷路性、視覚、抗重筋伸張反射、自己受容器、(脊髄の彎曲やその他の関節受容器、足趾圧受容体)等が考えられているが、本実験では閉眼で、かつ左右方向の刺激を行ったため視覚よりの入力はなく、また関節での姿勢調節は前後方向よりの刺激に比べ少ないと考えている。大久保らは⁴⁷⁾彼らの Shot gun-ball を敷き詰めた板を用いた実験結果から足趾 mechanoreceptor は筋紡錘反射の脊髄レベルより上位の調節系に情報を伝えていると述べている。このことから考えると、直立安定時に左右から刺激を受けた場合にはゆっくりとした例えば船の揺れなどのような刺激時には主として足趾圧受容体からの入力を、また 0.5 Hz 以上の早い周波数成分を持った例えば電車の急停止時などの場合はそ

れに迷路性の入力が入介してその情報を中枢神経系に伝え主に小脳, 脳幹が姿勢を統御していると考えられる。

終わりに本法の臨床的利用価値について考えるとローリング負荷では正常群および前庭障害群との差異が最も明瞭である。負荷周波数 0.05 Hz でパワー上限 5.80 Hz 以上のものを中枢障害群と判定すると 78% の確率で, また位相差 ± 1957 msec 以上を中枢障害群とすると 90% の確率で判定可能である。

更に撃振による負荷刺激では減衰係数が 0.15 以上を正常群とするならば 87% の確率で, 0.01 ~ 0.15 の間を前庭障害群とするならば 67% の確率で, 0.01 以下を中枢障害群とすると 86% の確率で判定可能である。これは他の平衡学的検査法と比較しても遜色はなく, 患者に与える負担も少なく, さらに手技の容易さを考慮すると一つのめまい臨床検査として有用な検査法であると考えられる。

ま と め

閉眼直立姿勢の被検者にローリング及び撃振による左右方向の刺激を行い検討を行った。

1) ローリング負荷

1. 前庭障害群では, 重心動揺の周波数分析における構成成分パワーの上限, および相互相関分析における位相差には正常群との間に差異を認めなかった。

2. 中枢障害群では, 負荷 0.05 Hz でパワー上限が有意に高く, また位相差においても有意に重心動揺が先行する度合いが大きいことによって正常群および前庭障害群と区別された。

3. 特に中枢障害群と前庭障害群との判別を目的とする場合は負荷 0.05 Hz 検査を行えばよく, 本判定法は患者に負担の少ない簡便な検査であることを示した。

2) 撃振による負荷

1. 刺激後の重心動揺波形において前庭障害群は正常群に比し over shoot が大きく中枢障害群では特に著しかった。

2. 左右それぞれの方向からの刺激に対して, その重心動揺の応答の減衰係数には特に有意差は認めなかった。

3. 減衰係数を計測すると, 正常群と前庭障害群, 前庭障害群と中枢障害群との間にそれぞれ 1 % の危険率で有意差を認め, 患者に与える負担が少なくまた手技が容易なことを考えると有効な検査法であることを述べた。

本研究の一部は, 第 43, 44 回日本平衡神経学会, 第 1, 2 回文部省総合研究『平衡機能検査法』班会議にて口演発表した。

参 考 文 献

- 1) 宮崎元滋: 小脳変性症患者の歩行, 足叩打静止時重心動揺の記録と解析. 臨床神経 20: 209~213 1980.
- 2) 白石君男, 調 重昭: 身体重心動揺定量の試み. 福大医紀 3: 145~150, 1976.
- 3) 田口喜一郎: メニエール病の起立時重心動揺. 耳鼻臨床 73: 1109~1117, 1976.
- 4) 田口喜一郎, 依田美千恵: 重心動揺分析法—重心動揺領域と重心動揺軌跡距離—. 日耳鼻 79: 1577~1589, 1976.
- 5) 時田 喬, 早野洋司, 田口拓雄, 島田六郎: 頭部並びに重心動揺記録計による立ち直り反射検査. 耳鼻臨床 65: 443~456, 1972.
- 6) 大久保仁, 渡辺 勲, 小高修司, 堤内邦彦, 村瀬

- 弘, 他: 神経疾患における平衡維持機構と重心動揺—脊髄小脳変性症の足蹠受容体が身体動揺に及ぼす影響について—. *Equilibrium Res* **38**: 207~215, 1979.
- 7) 松永 喬, 奥村新一, 井奥国彦: 平衡機能検査への緊張性振動反射の応用. *臨床脳波* **15**: 336~374, 1973.
- 8) 室賀辰夫, 小長谷正明, 足立皓岑, 祖父江逸郎: 脊髄小脳変性症の重心動揺. *臨床神経* **20**: 165~171, 1980.
- 9) 斎藤一郎, 吉川幸宏: 起立時の重心移動の定量化(安定指数について). *医実報告* **14**: 1~6, 1973.
- 10) 武谷 力: 重心計を用いた人体の身体動揺に関する研究. *耳鼻と臨床* **22**: 608~621, 1976.
- 11) 月村泰治, 山下八重子: 重心図から見た脳性麻痺の治療. *整形外科* **29**: 227~234, 1978.
- 12) Seidel H and Brauer D: Effects of visual information. Concious control and low-frequency whole body vibration on postural sway. *Aggressologie* **20**: 180~190, 1979.
- 13) Suga H and Takemori T: Measurement of body movement and its clinical application. *JJ physiol* **20**: 296~308, 1970.
- 14) Takeya T: A biofeed back study of postural sway. *Folia Phychi Neuro Japonica* **30**: 495~504, 1976.
- 15) 川野六郎, 徳増厚二, 竹内義夫: 重心動揺に対する視覚系の抑制. *Equilibrium Res* **37**: 118~122, 1978.
- 16) 松岡豊彦, 不破成和: 起立時身体動揺の定量的解析—正常者について—. *J Transport Med* **32**: 83~93, 1978.
- 17) 坂口 明, 角田興一: 重心移動による平衡機能の評価. *体力科学* **26**: 64~69, 1977.
- 18) 田口喜一郎: 重心動揺の正常範囲について. *耳喉* **46**: 415~420, 1979.
- 19) 山本高司: 直立時重心揺の年齢による変化. *体力科学* **28**: 249~256, 1979.
- 20) Wall III C and Black FO: Postural stability and rotational test; their effectiveness for screening dizzy patients. *Acta Otolaryngol* **95**: 235~246, 1983.
- 21) 千綿国彦: ヒトの揺れから見た起立姿勢. *脳波と筋電図* **4**: 142~147, 1976.
- 22) 小町清彦: 外耳道冷水刺激の閉眼直立姿勢に及ぼす影響に関する研究. *名市大医誌* **28**: 1345~1358, 1978.
- 23) 三宅彰英: 立位姿勢の保持及び運動時における体重心位置と下肢筋の活動について. *JJ Aerospace Environ Med* **18**: 1~9, 1981.
- 24) 三好豊二, 白土 勝, 樋渡章二: 身体動揺方向の相関. *Equilibrium Res* **37**: 107~112, 1978.
- 25) 水野義雄, 林 良一, 三宅章英, 渡辺 悟, 時々輪浩穂, 他: シーソ台上での姿勢の調節と身体動揺. *JJ Aerospace Environ Med* **18**: 10~20, 1981.
- 26) 西村 充: 起立姿勢における身体動揺に関する研純—加速度記録図波の臨床応用—. *日耳鼻* **71**: 1847~1893, 1977.
- 27) 大久保仁, 渡辺 勲, 奥 常幸, 小高修司, 堤内邦彦, 他: 平衡調節障害に見られる重心動揺速度 power spectrum 分析の意義. *Equilibrium Res* **41**: 83~89, 1980.
- 28) 羽柴基之, 向井 研, 三宅彰英, 林 良一, 渡辺悟: 人の立位重心動揺のパワースペクトラムの定常性についての検討. *Equilibrium Res* **41**: 83~89, 1982.
- 29) 島田六郎: 中枢性めまい平衡障害例の起立時身体動揺の研究. *耳鼻臨床* **70**: 1113~1190, 1977.
- 30) 田口喜一郎, 飯島美千恵, 滝沢正臣: 重心動揺の周波数分析—周波数スペクトラムと平均周波数—. *耳鼻臨床* **70**: 825~831, 1977.
- 31) 時田 喬: 起立姿勢維持における迷路の働き—迷路性筋緊張の検討—. *神経進歩* **18**: 728~737, 1974.
- 32) 時田 喬, 宮田英男, 永田隆郎, 藤垣 熙, 小林武, 他: 直立時の身体動揺の分析—動揺の多現象記録と相関分析による—. *耳鼻臨床* **63**: 363~387, 1970.
- 33) 渡辺 悟: 重心動揺からみた姿勢調節. *Equilibrium Res* **40**: 286~294, 1984.
- 34) 米田 敏, 徳増厚二: 正常人の直立時重心動揺の周波数分析. *Equilibrium Res* **41**: 55~60, 1982.
- 35) Black FO and Wall III C: Comparison of vestibuloocular and vestibulospinal screening test. *Otolaryngol Head Neck Surg* **89**: 811~817, 1981.
- 36) Koles ZT and Casttelein RD: The relations-

- hip between body sway and foot pressure in normal man. *J Medic Engin Technol* **4**: 228~238, 1981.
- 37) Lestienne F, Soechting J and Berthoz A: Postural readjustments induced by linear motion of visual scene. *Exp Brain Res* **28**: 363~384, 1977.
- 38) 時田 喬, 前田正徳, 大橋伸一, 宮田英雄, 正木道, 他: 迷路性立ち直り反射の動特性. *Equilibrium Res* **83**: 23~28, 1979.
- 39) 松岡豊彦: 起立時身体動揺の定量的解析—正常者について—. *交通医学* **32**: 2; 27~36, 1978.
- 40) 田口喜一郎: 重心動揺周波数分析スペクトルの臨床的応用. *Equilibrium Res* **37**: 113~117, 1978.
- 41) Cernacek J: Stabilography in Neurology. *Aggressologie* **21D**: 25~29, 1980.
- 42) 藤原宏二: 振子様直線運動刺激に対する姿勢反応に関する研究. *耳鼻臨床* **77**: 171~195, 1984.
- 43) 三好豊二: 視機刺激の重心動揺に及ぼす影響—重心偏位の 2 相性について—. *耳鼻臨床* **61**: 66~85, 1968.
- 44) 田口喜一郎: メニエール病患者の重心動揺におよぼす視運動刺激の影響. *耳鼻臨床* **73**: 1879~1892, 1980.
- 45) 田口喜一郎: 視運動刺激の重心動揺に及ぼす影響. *耳鼻* **26**: 182~191, 1980.
- 46) Ganthev GN, Dunev S and Draganova N: Influence of the visual feedback for some parameters of the body oscillations on their stability. *Acta Physiol Pharmacol Bulg* **7**: 13~18, 1981.
- 47) 大久保仁, 渡辺 勲, Baron JB: 足蹠圧受容体が重心動揺に及ぼす影響について. *耳鼻臨床* **72**: 1553~1562, 1979.

(別刷請求先: 森 裕司
〒663 兵庫県西宮市武庫川町1-1
兵庫医科大学耳鼻咽喉科学教室)