

綜 説

身体動揺記録とその臨床的適用

田 口 喜 一 郎

信州大学医学部耳鼻咽喉科学教室

RECORDING OF BODY SWAY AND ITS CLINICAL APPLICATION

Kiichiro TAGUCHI

Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine,
Shinshu University

Key words: 身体動揺 (body sway)
 頭部動揺 (head movement)
 重心動揺 (movement of the body's center of gravity)
 平衡障害 (equilibrium disorders)
 運動失調 (ataxia)

I. はじめに

身体動揺は身体平衡に関与した重要な現象であるが、その観察は主として肉眼に頼り、身体動揺から平衡状態を推定するという手段はあまり意義はないとされてきた。最近ストレングージを用いた重心動揺計の開発に伴い、身体動揺を重心動揺に置き換えて、詳細な分析を試みる研究が行われるようになった。

身体動揺は主として頭部動揺と重心動揺の2つの面から追及されている。最近著者は、重心動揺が視覚系、前庭系、自己受容系、体表感覚系などの総合機能を示すのに対して、頭部動揺が前庭系の機能と密接な関係を持つとの考えの下に研究を進めている。しかし、頭部動揺と重心動揺は表裏一体の現象であり、両者の相互関係を調べることは、いわゆる立直り反射の分析解明に大きな貢献をなすのみでなく、臨床的価値も大きいと思われるので、身体動揺記録法の進歩とその臨床的適用の現状を述べてみたいと思う。

II. 身体動揺記録法

身体動揺の臨床的意義についてはかなり昔から考えられていたと思われるが、臨床的適用を最初に試みたのは Romberg (1846)¹⁾ である。彼は脊髄癆の研究から、脊髄後柱の完全さを調べる手段として、いわ

る Romberg 現象の肉眼的観察を行った。Romberg test は現在でも臨床的に利用されているが、成績の判定が主観的判断に基づくため、身体動揺の定量的測定を目的とした研究が行われるようになった。ここで A. 頭部動揺記録、B. 重心動揺記録に分けて、その進歩のあとを辿ることは、現在の研究状況と意義を知る上に重要であろう。

A. 頭部動揺記録

Vierordt (1862)²⁾ は頭部動揺をグラフ記録した最初の人といわれている。1886年 Mitchell & Lewis³⁾ がインチ目盛の物差を被検者の耳の高さに水平に保持して頭の動きを計測し、翌年には Hindale⁴⁾ が頭につけたボール紙の上にすず紙をはり、上から吊した指針の下に立って動揺を記録する方法を発表している。Hindale⁵⁾ はまた頭に前後方向と左右方向に糸を装着し、その動きをキモグラフ描写しているが、このあたりから身体動揺の純他覚的記録が始まったと考えてよい。Dana (1892)⁶⁾ は Hindale の方法と逆に天井にすず紙をはり、writing point を頭につけて動揺を記録している。

頭部動揺計に対して cephalograph なる名称を与えたのは Knauer & Maloney (1914)⁷⁾ であり、矢状面と前頭面における動きを記録できる、波らの装置の詳しい設計図も示している。なお頭部からの記録を

cephalogram と名付けたのは Leitersdorffer (1894)⁸⁾ だといわれる。

1922年 Miles⁹⁾ は頭部動揺の前後左右4方向への移動距離の一定時間内の総和を4つの加算器によって、方向別に mm 単位で直接読み取ることでできる装置を考案し、ataxiometer と名付けた。1942年 Ewald¹⁰⁾ は頭と腰に各々4個ずつの歯止めつき rider と糸よりなる unit をつけ、動きの総和を求めている。

一方 Egmond et al. (1952)¹¹⁾ は2つの加速度計を頭部につけ、歩行時において、それぞれ前後方向と左右方向の加速度記録を行っているが、Kitahara (1965)¹²⁾ はこの方式を利用して、ストレンゲージ型の直線加速度計を頭部にバンドで固定して、斜面台上で立直り反射としての頭部動揺を記録した。

以上の方法に対して全く新しい方法が考案されている。それは光学的な方法である。すなわち Goldberg (1943)¹³⁾ はアルコール中毒と身体動揺との関係を調べるために、被検者の頭につけた光源の動きを頭に吊したカメラで撮影する方法を用いた。この方法は後に Orma (1957)¹⁴⁾ により身体動揺の有力な臨床検査法として採用され、Jarrige (1968)¹⁵⁾ によって Romberg test の動揺を自動的に記録できる方法として推奨された。Claussen (1970)¹⁶⁾ は撮影装置としてポラロイドカメラを採用することにより、検査成績を即座に知ることができた。彼は白熱燈をヘルメットの前頭部と後頭部に装着すると同時に、両肩にも1個ずつ装着して、頭部と躯幹との関係も調べられるようにし、この方法を Cranio-Corpo-Graphie (CCG) と名付けている。Wilke et al. (1974)¹⁷⁾ はこの方法を閉眼歩行時に適用し、異常者は正常者に比し偏倚が大であると共に、その軌跡にも変動を示すことを認めている。Aust (1976)¹⁸⁾ は CCG を小児の神経耳科学的診断法として適用し、被検者の負担がなく、また遊び嗜好の中に検査できるので、極めて容易に実施でき、この方法により前庭脊髄疾患の末梢性、中枢性および混合性の鑑別が可能であると述べている。

上述の光学的方法はカメラの連続露出という点から、データ分析上限界がある。すなわち頭部動揺のパターン描写や移動範囲の大きさの測定が可能であるが、軌跡や時間的経過を調べるとき、この方法では不十分である。この点を改良するためには、連続的記録と詳細なデータ分析を可能とする方法が望ましい。そこで登場したのがテレビカメラを利用する方法である (Kapteyn & De Wit 1972¹⁹⁾ ; 川野・徳増 1972²⁰⁾)。

著者はこの方法を発展させ、全ての記録をX軸成分(左右方向)とY軸成分(前後方向)とに分けてデータレコーダにより磁気テープに録音しておき、オフライン方式で電子計算器処理ができる方式を開発した(図1)。

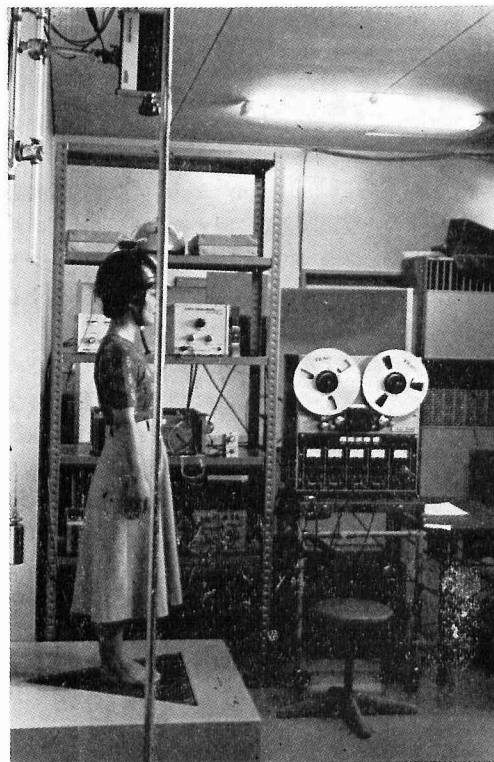


図1 身体動揺記録装置
(信大方式)

上方から吊したテレビカメラが被検者のヘルメットにつけた発光ダイオードの動きを捕捉する。ITVにより光源スポットが電気信号に変換され、ビデオ信号として取出される。この信号はXY座標信号としてアナログ変換後磁気テープに記録される。

同時にストレンゲージを利用した検出台により重心動揺も記録される

B. 重心動揺記録

身体全体としての動揺が、疾患によって特徴を有することは古くから知られた事実である。Magnus (1926)²¹⁾ がいわゆる立直り反射 righting reflex の生理学的意義を解明してから、全身的な体動揺の観察が

重要視されるようになったが、身体動揺は眼球運動に比較すると症候学的に鋭敏度が極めて悪いという理由から長らく日陰に置きざれにされていた感がある。しかし立直り反射の1つの検査法である Romberg test は臨床医なら誰でも知っている神経学的検査法であり、Romberg test 代表する重心動揺の記録、分析が可能になるにつれ、神経耳科学的検査法の1つとして脚光を浴びるようになった。近年姿勢や身体動揺の生理学的、臨床的、精神医学的研究を目的とした学会 International Society of Posturography も誕生し(1971年より隔年開催されている)、また国際平衡神経科学会と称せられる Bárány Society の学術講演会は従来眼振および眼球運動に関する演題が占めていたが、最近3回の学会(1975年 京都、1977年 ロンドン、1978年 ウプサラ)からは必ず身動揺に関する研究が発表されるようになってきている。

人体の重心に関する関心は古くからあったと認められるが、その研究は重心位置の測定から始まったといつてよい。1929年 Basler²²⁾はばね秤(du Bois-Reymond の秤)を用いて、足底面における重心の位置を測定し、起立とうずくまった姿勢における重心位置の変動を観察している。1956年 Dempster²³⁾は屍体における身体各部の重量比から、全身の重心は地上で身長56%の高さのところにあることを証明した。

重心の動きを記録する試みとして、前述の Basler により、平秤の指針の動きをてこの原理で5倍に拡大してすずを塗った同筒上に描かせる方法がなされた。Hellebrandt et al. (1938)²⁴⁾は du Bois-Reymond の秤を2台直交させるように、1つを他の上に置き、その上に乗った被検者の動きを電氣的に記録して前後方向と左右方向の身体動揺を取り出すことに成功した。また Hellebrandt (1938)²⁵⁾は moment を等しくすることによって、互いに適当な角度で置かれた2台の秤に同時に作用するように作られた検出機(platform)上につけた足型の上に被検者を立たせた時起る秤の指針の変化をキモグラフに描かせ、前頭面と矢状面における最大移動距離を測定した。しかしこの秤を利用した方式は Smith (1957)²⁶⁾を最後に行われなくなった。

Travis²⁷⁾は1944年にスプリングに乗せた platform 上に被検者を立たせ、その動きを記録し、1945年²⁸⁾には platform と連動されている針を標的に保つようにする装置 stabilometer を適用している。1950年になると Wapner & Witkin²⁹⁾は不安定な(それ自体

が動く) platform を用いて、被検者がよろめいてガードレールに触れている時間と platform の傾きにより点数が決るという方式を採用し、視野の変化による影響を調べている。

その後重心動揺の研究には platform の改良と共に進歩がもたらされた。Thomas & Whitney (1959)³⁰⁾は3次元の動きを platform を通してストレングージ法により記録した。Henriksson et al. (1967)³¹⁾、Murray et al. (1967)³²⁾、Sugano & Takeya (1970)³³⁾、Sugano et al. (1972)³⁴⁾、Kapteyn & De Wit (1972)³⁵⁾、Taguchi (1977)³⁶⁾、Taguchi et al. (1978)³⁶⁾はストレングージ方式の platform を用いたが、Begbie (1966; 1967)³⁷⁾³⁸⁾は platform の動きを potentiometer で記録した。Baron (1964)³⁹⁾、Njiokiktjien & Folkerts (1971)⁴⁰⁾は庄変化を電磁 plunger によって電氣的情報に変える4ポイント平方検出機を使用している。近年可動性 platform を使用したのは Roberts & Stenhouse (1976)⁴¹⁾のみである。

Ⅲ. 身体動揺分析の臨床的適用

A. 文献上の成果

前章で述べた種々の記録方法を通して身体動揺の精密な分析がなされるようになったので、数多の臨床的効用が生まれている。臨床的適用と意義を高めるためには、正常者を対象とした基礎的研究が重要であり、事実そのための努力がなされているのであるが、それらについて逐一述べることは膨大な紙面を要することになるので、ここでは臨床面に適用された成果のみについて概述する。

1. 末梢前庭障害

立直り反射は位置反射、代償性眼偏位と共に、体位反射に属する姿勢反射の1つとして分類されている。立直り反射を構成する反射は、(1)頭部に及ぼす迷路性立直り反射、(2)頭部に及ぼす躯幹立直り反射、(3)頸性立直り反射、(4)躯幹に対する躯幹立直り反射、(5)視性立直り反射の5つである(福田 1967⁴²⁾)。これらの反射を惹起する器官を列挙すると、前庭系、体表感覚系、深部知覚系(自己受容系)及び視覚系である。これらの中開眼起立時に主として働いているのは、視覚系、体表感覚系および自己受容系であり、閉眼時には迷路(末梢前庭)が大きく関与してくる(Nashner 1970⁴³⁾)。したがって、末梢前庭障害のある場合、起立時立直り反射の異常は、主として閉眼時に生ずることは理解に困難でない。なおこれらの姿勢

維持機構相互の関係を調整し、協調を保持するための統御機構として、脳幹や小脳が関与していると考えられる。

a. 身体動揺軌跡パターン

末梢前庭障害患者の身体動揺軌跡パターンは複雑である (Dichgans et al. 1976⁴⁴)。Kapteyn & De Wit⁴⁹も迷路障害の身体動揺 (頭部動揺及び重心動揺) をかなり不規則なものと述べ、左右方向に延びた動揺を示す1例を挙げている。ここで重視すべきは、彼らが身体の速吸収能について言及している点である。人体下部の速い動きは身体の弾性と屈曲性により吸収されつつ逆振り様に動くが、不運にも速度としての生理学的刺激の変化は posturography では示されないと述べている。この点著者の研究では、重心動揺と頭部動揺を同時に記録すれば、両者に明らかな差をみることができ、足圧中心の変動として捕えている重心動揺の速く大きな軌跡 (距離) に比し、頭部動揺は遅く小さな軌跡を示すので、この差は多くの場合 XY レコーダで描かれた動揺パターンにもはっきり示されることが明らかにされた。

田口 (1977)⁴⁵ は、一側迷路障害では、頭部動揺、重心動揺共左右方向に大きな動きを示すものが多く、両側迷路障害では前後方向に大きく動くものが多かったと述べている。

b. 重心位置の経時的変動

重心位置は、一定時間毎 (例えば 5 sec とか 10 sec といった長さの時間) の移動中心という捕え方をした場合、正常人では限られた範囲内で動いているので、その変動範囲が異常に増大すれば病的といえる。Kapteyn & De Wit⁴⁹は重心位置をオッシュロスコブ上で観察し、異常例はより偏心性であることを証明した。田口⁴⁵は開眼時と閉眼時の身体動揺記録を行い、前後径、左右径について閉眼による偏倚率を算出し、一側迷路障害では頭部動揺が10例中前後方向に3例、重心動揺においては15例中前後方向に4例、左右方向に2例異常を認めたが、両側障害では頭部動揺が11例中前後方向で5例、左右方向で3例、重心動揺においては13例中前後方向7例で異常を認めたという。

c. 身体動揺周波数スペクトル

身体動揺に周期性があるか否か、あるとすればその周期性が何を意味するかについては別に述べたので参照されたい (田口・他 1977⁴⁶; Taguchi 1977⁴⁵)。

異常例に関する研究では、Kapteyn & De Wit⁴⁹がメニエール病の重心動揺周波数は 0.2Hz であると

述べ、時田・他 (1970)⁴⁷も動揺周波数の相関分析により、一側迷路障害で約 0.2Hz の規則性ある動揺と速い不規則な動揺とを認めている。また De Wit (1973)⁴⁸は $\frac{1}{2}$ 周期の波を前庭障害と関連づけている。田口⁴⁵、松岡 (1977)⁴⁹もほぼ同様な成績を示しながら、その複雑性を述べ、松岡は前後動揺の方が左右動揺より速い周期の波を多く含み、その周期は 1.4~1.6Hz であり、閉眼により周波数スペクトルの波数も振幅も増大するとしている。

2. 中枢性平衡障害

中枢障害で身体動揺異常を示すものは数多くあり、これらを網羅することはできないので、主要な研究成績について述べる。

日高 (1952)⁵⁰は糸と滑車系を用い、キモグラフィオンに記録する方法で身体各部の動揺を調べ、小脳疾患と腰関節、脊髄疾患と膝関節、迷路疾患と足関節を関連づけた。時田・他 (1970)⁴⁷は頭部動揺と重心動揺の相関分析を行い、両側迷路廃絶、外傷性頸髄症、SMON 病、脊髄小脳変性症、パーキンソン病などがある程度特徴ある動揺を示すとした。特に外傷性頸髄症では 0.4Hz の正弦波過程を認めたこと、変性症で不規則動揺があること、パーキンソン病で第1種持続過程と正弦波過程の加わった振動を認めたことなどは新しい知見である。嶋田 (1977)⁵¹も時田の方法を用いて症例を増し、ほぼ同様な成績を示している。

Cernacek et al. (1973)⁵²によると、身体動揺のパワースペクトル密度の%表示で、脳血管障害による平衡障害患者において、健康人に比し 0.5~1.28Hz で増大をみることによって差がみられたとしている。また Cernacek et al. (1973)⁵³は *l*-DOPA で治療中のパーキンソン病患者の重心動揺は 0.03Hz, 0.12Hz, 0.5 Hz にピークを持つことを認めた。Njiokiktjien et al. (1976)⁵⁴は 65 名の神経学的障害のある小児を対象として重心動揺を調べ、学習行動上に問題のある小児を、動揺の大きさの中央値 (これは対照としての正常者の値に相当する) より大きい群と小さい群に分けると、前者には hyperkinesia と static co-ordination の悪い者が多く、また被検児の障害の程度を問題にすると、舞踏様運動、dynamic co-ordination 障害及び学習障害の高度の者が前者に多かったとしている。その他の疾患で動揺が中央値を越したものは、頭部外傷受傷児 18 名中 14 名、てんかん 14 名中 7 名、脳腫瘍 2 名中 1 名であったが、肉眼的に Romberg 陽性の者は学習行動異常児 10 名、頭部外傷受傷児 1 名、てんかん

児1名に過ぎなかったとしている。

3. その他

Mamasakhlisov et al. (1973)⁵⁵⁾によると、健康人でも一次的に下肢に貧血を起すと、閉眼時は異常ないが、閉眼時にはふらつきが大きくなり、それは約1Hzの動揺が増強しているためであるとした。Elner (1973)⁵⁶⁾は同様の変化が脊髄癆の患者にみられたと報告している。

B. 著者らの研究成果⁵⁷⁾⁻⁶⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾⁴⁶⁾

身体動揺に関する著者らの研究は主として重心動揺について行われてきた。それは身体動揺を重心動揺という点運動に代表させることにより、その後のデータ処理が極めて容易になされるという理由によるものである。これまで得られた成果の詳細は既発表論文を参照頂くとし、ここに著者らの得た知見を要約しておく。

1. 正常成人1分間起立の重心動揺軌跡距離は直立開眼閉足位で 52.0 ± 18.5 cm, 開足位で 30.8 ± 18.6 cm であり、閉眼時に増大する。開眼時に対する閉眼時の軌跡距離の比は閉足位で 1.56 ± 0.56 , 開足位で 1.99 ± 1.00 である。

2. 重心動揺の時間的経過は、2分間において閉眼時にはほぼ一定の値を示す。閉眼時には大きな初期動揺を示した後比較的安定するが、開眼時よりやや大き

な変動を示す。

3. 1週間間隔で施行した検査再検査成績は再現性が高いことを示した(危険率1%以下)。

4. 頭位、足位、検出台傾斜による影響に関しては一定の値が得られる。これらの値は正常人で得られた指数図または重心動揺図に記入することにより、異常の有無を一目で知ることができる。

5. 一定条件で測定した場合女子は男子より小さな値を示し、動揺が小さいことが分った。これは体重身長補正を行っても、5つの姿勢で有意の差を示した。

6. 起立時の重心位置の経時的変動を調べ、これを座標表示することにより、重心動揺の特徴を知ることができる。この方法で平衡異常の検出、末梢障害と中枢障害の鑑別が可能である。異常検出率は検査条件を厳しくすることにより(例えばマンの足位、15°傾体位の採用など)上昇する。

7. 重心動揺周波数分析により、正常人の身体特徴を3つに分類することができた(図2)。また疾患群に関して6つの基本型を発見した(図3)。

8. 重心動揺の特徴によって、臨床症状の似ている疾患の鑑別が可能になった(表1)。

9. 重心動揺を含めた立直り反射検査法と異常検出率との関係は表2に示すごとく、本法採用により平衡

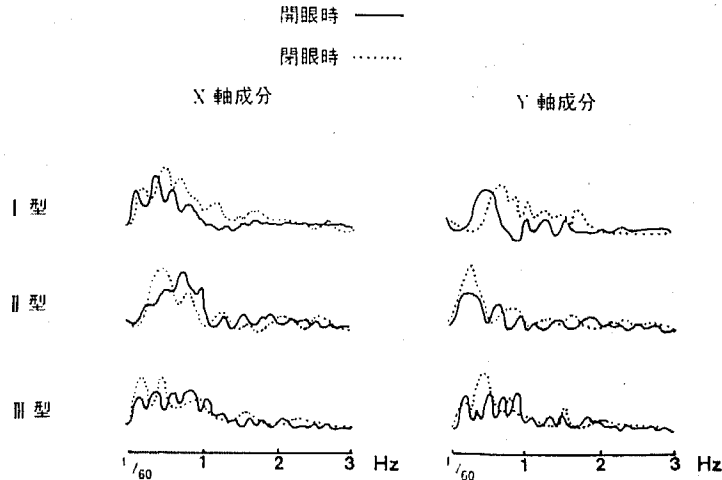


図2 正常者の重心動揺周波数スペクトル

正常者の重心動揺周波数スペクトルは、そのパターンの特徴から3型に分類される。I型は運動能の発達している者に多く、II型は起立性低血圧の傾向ある者に多い。またIII型を示す者は精神緊張が強い。

身体動揺記録の臨床的適用

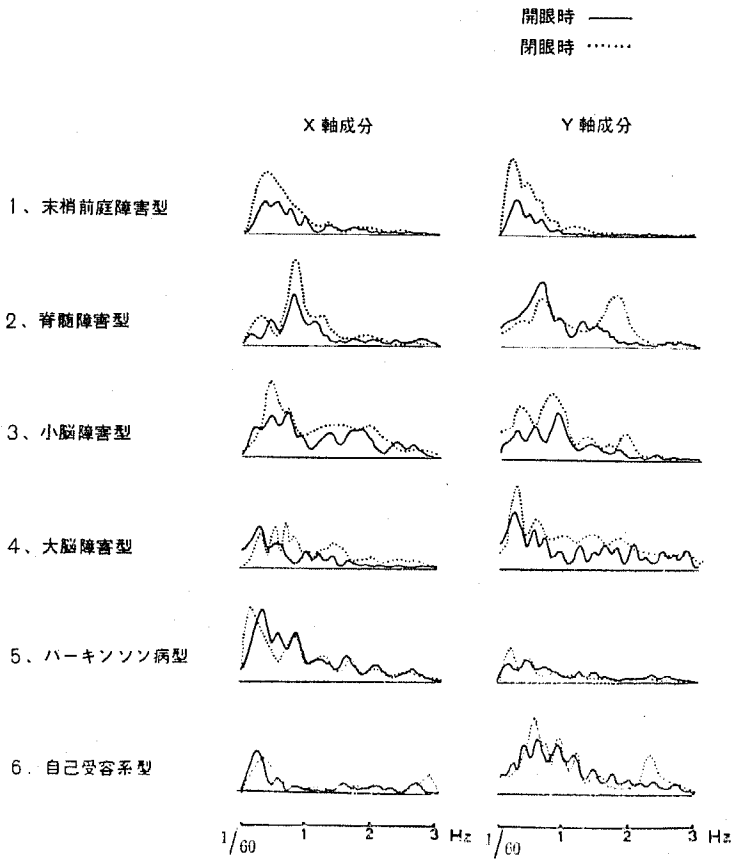


図3 病的重心動揺周波数スペクトルの基本型

上記の6型は平衡障害、運動失調患者の起立時重心動揺周波数スペクトルの典型的なものである。疾患がいくつかの部分にまたがっている場合は、これらのいくつかの波形が重なったパターンとなる。脳幹障害や広汎な変性症の場合は複雑な型を示すことがある。

表1 脳幹障害・小脳障害・内耳障害における重心動揺の特徴



	脳幹障害	小脳障害	内耳障害	
			一側性	両側性
 軌跡	同心円型 均一濃度	比較的遅く不規則 開閉眼差小	やゝ不規則 閉眼時増大	前後方向に大 閉眼時著明に 増大
 周波数スペクトル	2 Hz 以下に 高振幅像	0.4Hz 附近に 大きなピーク 多峰性	0.2~0.3 Hz にピーク	0.5Hz 以上の 成分が大
 重心位置の経時的変動	求心型	不定	閉眼時に laterality	前後方向に移 動あり

表2 肉眼的観察及び重心動揺測定による異常検出率
(未発表成績)

観察方法	検査方法	検査 例数	陽性例数(%)	
			開眼時	閉眼時
肉 眼	ロンベルグ試験	157	7 (4.5)	22 (14.0)
	マンソン試験	157	11 (7.0)	59 (37.6)
	単脚起立試験	86	14 (16.3)	31 (36.0)
	足踏検査	107		46 (43.0)
総 計		157	69 (43.9%)	
重心動揺	閉足位起立	157	57 (36.3)	80 (51.0)
	頭位変化	123	63 (51.2)	69 (56.1)
	マンソンの足位	80	31 (38.8)	50 (62.5)
	15傾斜台上起立	81	38 (46.9)	49 (60.5)
	閉開眼比	155	83 (53.5)	
	時間的変動	148	47 (31.8)	55 (37.2)
	重心位置	122	29 (23.8)	91 (74.6)
	周波数分析	107	64 (59.8)	84 (78.5)
	視運動刺激による変動	20	11 (55.0)	
総 計		157	129 (82.2%)	

異常検出率が格段の上昇をみた。

10. 平衡障害、運動失調を来す各種疾患の経過観察及び治療効果の判定に適用できる。

11. 外的刺激を加えた時の重心動揺の変動を調べることにより、臨床上への適用範囲を広げることができた。例えば視運動刺激を加えることにより脳幹障害の局在診断に有力な根拠を与えることができる。

IV. おわりに

身体動揺研究とその臨床的適用の歴史と現状について概述した。

現在この研究は新しい手段を得て緒についたばかりといえる。将来多数の研究の積み重ねと反省とを通して、現在眼球運動が占めている分野を侵略するばかりでなく、さらに新しい守備範囲の分野を開拓できると予想される。

文 献

- 1) Romberg, M. M.: A manual of the nervous disease of man. Sydenham Trans., London, 1853
- 2) Vierordt, K.: Grundriss der Physiologie des Menschen. Tübingen, 1862
- 3) Mitchell, S. W., & Lewis, M. J.: The tendon-jerk and muscle-jerk in disease, and especially in posterior sclerosis. Amer. J. med. Sci., 92: 363, 1886
- 4) Hindale, G.: The station of man considered physiologically and clinically. Amer. J. med. Sci., 93: 478-485, 1887
- 5) Hindale, G.: Observations on station with reference to respiration. N. Y. med. J., 51: 292, 1890
- 6) Dana, C. L.: Textbook of nervous diseases. 38, New York, 1892
- 7) Knauer, A. & Maloney, W. J. M. A.: The cephalograph: a new instrument for recording and controlling head movements. J. nerv. ment. Dis., 41: 75-81, 1914
- 8) Leitersdorffer: Das militärische Training. Stuttgart, 1894
- 9) Miles, W. R.: Static equilibrium as a useful test of motor control. J. industr. Hyg., 3: 316-331, 1922
- 10) Ewald, A. S.: The measurement of static station. Amer. J. psychol., 55: 171-188, 1952

- 11) Egmond, A. A. J., Groen, J. J. & Jongkees, L. B. W.: The function of the vestibular organ. 28-33, S. Karger, Basel/New York, 1952
- 12) Kitahara, M.: Acceleration registography. *Ann. Otol.*, 74: 203-214, 1965
- 13) Goldberg, L.: Quantitative studies on alcohol tolerance in man. *Acta physiol. scand.* 5: Suppl., 16-128, 1943
- 14) Orma, E. J.: The effects of cooling the feet and closing the eyes on standing equilibrium. Different patterns of standing equilibrium in young adult men and women. *Acta physiol. scand.*, 38: 288-297, 1957
- 15) Jarrige, P.: Présentation d'un appareil de mesure automatique des déplacements au cours du test de Romberg. *Acta. Mal. Prof.*, 29: 43-50, 1968
- 16) Claussen, C. F.: Die Cranio-Corpo-Graphie (CCG), eine einfache photooptische Registriermethode für vestibulospinale Reaktionen. *Z. Laryngol. Rhinol. Otol.*, 49: 634-639, 1970
- 17) Wilke, J., Gramowski, K.-H. u. Heyse, J. F.: Ein photographisches Aufzeichungsverfahren zur Registrierung und Dokumentation des Blindganges. *HNO*, 22: 89-91, 1974
- 18) Aust, G.: Das Craniocorpoogramm in der neurootologischen Diagnostik im Kindesalter. *Laryng. Rhinol.*, 55: 855-860, 1976
- 19) Kapteyn, T. S. & De Wit, G.: Posturography as an auxiliary in vestibular investigation. *Acta Otolaryngol.*, 73: 104-111, 1972
- 20) 川野六郎, 徳増厚二: 神経耳科学の検査法 (その3). 身体動揺検査. *神経耳科アトラス* 6. 脳と神経, 24: 1271-1275, 1972
- 21) Magnus, R.: Some results of studies in the physiology of posture. Part II. *Lancet*, 2: 585-588, 1926
- 22) Basler, A.: Zur Physiologie des Hockens. *Z. Biol.*, 88: 523-530, 1929
- 23) Dempster, W. T.: Wright Air Development Center Technical Report. 55-159, 1956
- 24) Hellebrandt, F. A., Tepper, R. H., Braun, G. L. & Elliott, M. C.: The location of the cardinal anatomical orientation planes passing through the center of weight in young adult women. *Amer. J. Physiol.*, 121: 465-470, 1938
- 25) Hellebrandt, F. A.: Standing as a geotropic reflex. The mechanism of the asynchronous rotation of motor units. *Amer. J. Physiol.*, 121: 471-474, 1938
- 26) Smith, J. W.: The force operating at the human ankle joint during standing. *J. Anat.*, 91: 545-564, 1957
- 27) Travis, R. C.: A new stabilometer for measuring dynamic equilibrium in the standing position. *J. exp. Psychol.*, 34: 418-424, 1944
- 28) Travis, R. C.: An experimental analysis of dynamic and static equilibrium. *J. exp. Psychol.*, 35: 216-234, 1945
- 29) Wapner, S. & Witkin, H. A.: The role of visual factors in the maintenance of body-balance. *Amer. J. Psychol.*, 63: 385-408, 1950
- 30) Thomas, D. P. & Whitney, R. J.: Postural movements during normal standing in man. *J. Anat.*, 93: 524-539, 1959.
- 31) Henriksson, N. G., Johansson, G., Olsson, L. G. & Ostlund, H.: Electric analysis of the Romberg test. *Acta. Otolaryngol. Suppl.*, 224: 272-279, 1967
- 32) Murray, M. P., Seireg, A. & Scholz, R. C.: Center of gravity, center of pressure, and supportive forces during human activities. *J. appl. Physiol.* 23: 831-838, 1967
- 33) Sugano, H. & Takeya, T.: Measurement of body movement and its clinical application. *Jpn. J. Physiol.*, 20: 296-308, 1970
- 34) Sugano, H., Takeya, T. & Kodaira, N.: A new approach to the analysis of body movement. *Agressologie*, 13, B: 15-19, 1972
- 35) Taguchi, K.: Spectral analysis of body sway. *ORL*, 39: 330-337, 1977
- 36) Taguchi, K., Iijima, M. & Suzuki, T.: Computer calculation of movement of body's center of gravity. *Acta Otolaryngol.*, 85:

- 420-425, 1978
- 37) Begbie, G. H.: The effect of alcohol and of varying amounts of visual information on a balancing test. *Ergonomics*, 9: 325-333, 1966
- 38) Begbie, G. H.: Some problems of postural sway. Symposium on myotatic, kinesthetic and vestibular mechanisms. 80-92, CIBA Found., J. & A. Churchill, London, 1967
- 39) Baron, J. B.: Présentation d'un appareil pour mettre en évidence les déplacements du center de gravite du corps dans le polygone de sustentation. *Arch. Mal. Prof.*, 25: 41-49, 1964
- 40) Njiokiktjien, Ch. & Folkerts, J. F.: Displacement of the body's center of gravity at galvanic stimulation of the labyrinth. *Confin. neurol.*, 33: 46-54, 1971
- 41) Roberts, T. D. M. & Stenhouse, G.: The nature of postural sway. *Agressologie*, 17, A: 11-14, 1976
- 42) 福田 精: 姿勢反射. 感覚の生理学 (勝木保次編), 912-944, 医学書院, 東京, 1967
- 43) Nashner, L. M.: Sensory feedback in human posture control. Sc. D. Thesis MIT-70-3, Man-Vehicle Laboratory, Center for Space Research, MIT, Cambridge, 1970
- 44) Dichgans, J., Mauritz, K.-H., Allum, J.-H.-J. & Brandt, Th.: Postural sway in normals and static patients. Analysis of the stabilizing and destabilizing effects of vision. *Agressologie*, 17, C: 15-24, 1976
- 45) 田口拓雄: 起立時身体動揺の研究. 耳鼻臨床, 70: 1065-1112, 1977
- 46) 田口喜一郎: 重心動揺周波数スペクトルの臨床的応用. *Equilibrium Res.*, 37: 113-117, 1978
- 47) 時田 喬, 宮田英雄, 藤垣 熙, 永田隆郎, 小林武, 加藤邦二, 加藤祐峰, 田口拓雄, 島田六郎, 鈴木智雄, 日比孝也: 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
- 48) De Wit, G.: The stabilometry as an auxiliary in investigation of patients with vestibular disturbances. *Agressologie*, 14, D: 27-31, 1973
- 49) 松岡豊彦: 起立時身体動揺の定量的解析. 耳鼻臨床, 70: 1191-1280, 1977
- 50) 日高虎之助: 人体平衡に関する研究. 立位における身体動揺の描記的観察. *精神誌*, 53: 401-414, 1952
- 51) 嶋田六郎: 中樞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
- 52) Cernacek, J., Jagr, J., Harman, B. & Vyskocil, S.: Stabilographic findings in central vestibular disturbances. *Agressologie*, 14, D: 21-26, 1973
- 53) Cernacek, J., Brezny, I. & Jagr, J.: Stabilographic evaluation of dopaminergic and anticholinergic treatment of Parkinsonism. *Agressologie*, 14, D: 83-87, 1973
- 54) Njiokiktjien, Ch., De Rijke, W., Dieker van Ophem, A. & Voorhoeve, O.: Stabilography as a diagnostic tool in child neurology. *Agressologie*, 17, D: 41-48, 1976
- 55) Mamasakhlisov, G. V., Elner, A. M. & Gurfinkel, V. S.: Participation of various types of afferentation in control of the orthograde posture in man. *Agressologie*, 14, A: 37-41, 1973
- 56) Elner, A. M.: The orthograde posture and the postural activity in patients with chronic disorders of muscular afferentation. 2nd Symposium of International Society of Posturography. Abstracts, Bratislava 21, 1973
- 57) 田口喜一郎: 重心動揺の正常範囲について. 耳喉, 46: 415-420, 1974
- 58) 田口喜一郎: 自覚症状と重心動揺軌跡距離よりみた Cephadol のめまい症状に対する効果. 耳鼻臨床, 68: 81-85, 1975
- 59) Taguchi, K. & Yoda, M.: Effects of optokinetic stimulation on the center of gravity. Proceedings of Fifth Extrordinary Meeting of the Bárány Society, 347-351, 1975
- 60) 田口喜一郎, 依田美千穂: 重心動揺軌跡距離測定法. 日耳鼻, 79: 835-843, 1976
- 61) 田口喜一郎, 依田美千穂: 重心動揺分析法 - 重心動揺視野と重心動揺軌跡距離 -. 日耳鼻, 79: 1576-1589, 1976

- 62) 田口喜一郎：重心位置の経時的変動の分析. 日耳鼻, 80:217-226, 1977
- 63) 田口喜一郎, 飯島美千穂, 滝沢正臣：重心動揺の周波数分析 —周波数スペクトルと平均周波数—. 耳鼻臨床, 70:825-831, 1977
- 64) 田口喜一郎：重心動揺検査法. 第79回日耳鼻学術講演会, シンポジウム「脳幹障害の診断」別刷, 85-103, 1978

(53. 8. 14 受稿)