

健常者の立位姿勢時における有効な重心動揺変数の提案

著者	北林 保
著者別名	Kitabayashi, Tamotsu
雑誌名	博士学位論文要旨 論文内容の要旨および論文審査結果の要旨 / 金沢大学大学院自然科学研究科
巻	平成18年1月
ページ	56-60
発行年	2006-01-01
URL	http://hdl.handle.net/2297/16705

氏名	北林 保
学位の種類	博士 (学術)
学位記番号	博甲第 683 号
学位授与の日付	平成 16 年 9 月 30 日
学位授与の要件	課程博士 (学位規則第 4 条第 1 項)
学位授与の題目	健常者の立位姿勢時における有効な重心動揺変数の提案
論文審査委員 (主査)	出村 慎一 (教育学部・教授)
論文審査委員 (副査)	藤原 勝夫 (医学系研究科・教授), 外山 寛 (医学系研究科・助教授), 寺沢 なお子 (教育学部・助教授), 増田 和実 (教育学部・助教授)

学 位 論 文 要 旨

Abstract

This study aimed to determine the interrelationships between various parameters evaluating body sway, and to determine the factor structure of the center of foot pressure (CFP) movement during static upright posture, to objectively categorize and summarize parameters evaluating CFP movement and to select effective parameters. The subjects were healthy young males and females. CFP was measured 3 times with 1 min rest and the mean of trials 2 and 3 was used for the analysis. The measurement device was an Anima's stabilometer G5500. The data sampling frequency was 20 Hz. Sixty parameters with higher reliability were selected from the following 7 domains: distance, center average, distribution of amplitude, area, velocity, power spectrum, and body sway vector. After examining the interrelationship between parameters, 36 parameters were selected. Factor analysis (principal factor method and promax rotation) was applied to a correlation matrix consisting of 32 parameters. The center average, which is a fundamental attribute, and two parameters with very low factor loading and communality were eliminated. Four factors abstracted were interpreted as follows: unit time sway, front and back sway, left and right sway and high frequency band of power spectrum. The reliability, cross-validity and factor-validity of 4 factors were very high. It was considered that the CFP movement consists of the above 4 factors that evaluate the amount of body sway and can be synthetically evaluated by them, and the 5 parameters selected representing each factor have a high validity, and can simply evaluate body sway.

1. 目的 (緒言)

これまでの姿勢における研究では、定量的・客観的に姿勢を捉えるため、身体の重心動揺を足圧中心に投射し、二次元座標上で捉える方法が多く用いられている。この足圧中心の記録から重心動揺を定量的に測定しようとする試みは、1960年代から行われている。重心動揺計は記録操作が容易で、被験者に負担をかけることなく精密に記録できることから、主に臨床分野における平衡機能検査、リハビリテーション分野における肢体機能障害の検査に用いられている。また、身体機能検査、職業適性など障害者だけでなく健常者においてもその有効性に注目されている。

そこで、これまでの研究経過を踏まえ、重心動揺を利用した姿勢に関する情報の利用可能性に着目した。これまでの姿勢研究では、主に障害の有無の発見に着目し、臨床的応用の基礎資料を得るためのものが多い。重心動揺は入力系、反射・制御系、または出力系の変化や異常が反映することが明らかにされており、結果の評価においても特定の障害における有疾患に見られる特徴的な重心動揺特性の有無による質的な評価がなされている。

そこで、重心動揺の「特性」という点に着目した場合、障害者の判別方法だけでなく、健常者においても、個人特有の特性が存在し、健常者の健康評価指標としての利用可能性は高いと推察される。しかし、健常者の動揺特性について言及した先行研究は少なく、評価変数においては未整理な状態かつ個人特有の特性を反映するような有効な評価変数は明らかにされていない。

従来の研究では、足圧中心動揺の評価変数は、足圧中心動揺軌跡の特性から理論的に、距離、面積、中心位置、速度、振幅分布、パワースペクトル、及びベクトルの7領域に分類されることを明らかにしている。また、日本めまい平衡医学会の重心動揺検査基準に加え、先行研究で用いられた変数を整理し、試行間信頼性および日間信頼性の検討結果から、60変数がこれまで有効な変数とされている。健常者の重心動揺を的確に捉えるためには、まず評価変数を更に整理し、有効な評価変数を厳選することが必要と考えられる。また、これら60変数は基本的に理論的仮説に基づき分類されており、また2次元座標軸上のX(左右)方向とY(前後)方向の中心位置から、動揺の大小を評価するために算出した合成変数である。つまり、各領域を代表する動揺変数は相互に密接な関係があり、ほぼ同じ特性を捉えている場合が多いと推察される。よって、それらの変数の背後にはいくつかの共通特性が存在すると仮定され、変数間の関連性を手がかりに、理論的分類とは異なる領域に、総合的・客観的に分類・整理される可能性が高い。そこで、本研究の目的は、健常者を対象にした場合の重心動揺特性に着目し、個人特性を反映しうる有効、適切かつ簡易的な評価変数を検証することであった。

2. 研究背景

重心動揺検査は、めまい、平衡障害の診断を目的とした検査のひとつで、開眼時、閉眼時における直立姿勢に現れる重心の動揺を記録、分析して身体の平衡の維持に働く機能を検査するものである。この身体の平衡の維持には、視覚、内耳(前庭・半規管)、脊髄固有反射、およびこれらを制御する中枢神経が関わっている。検査は簡単であり、被験者は身体に装置をつけることなく検出台に直立し重心の動揺を記録、自動分析を行う。被験者が検出台にのって測定する時間は1分間で、簡便に検査が行える。この検査で、平衡障害の客観的把握、および障害の程度の把握ができる。また、平衡障害の原因が内耳にあるのか(耳からくるめまい)、中枢にあるのか(脳からくるめまい)の鑑別がグラフにより一目で分かり、病気の経過の観察、治療効果の判定が行える。

健常者における研究では、従来、評価の指標として、主に重心動揺の大きさが用いられてきた。しかし、最近では動揺の性質を解析することによって、また外乱刺激に対する立ち直りの解析から姿勢制御の様相を明らかにする試みもなされている。また、姿勢調節機能の見地から他の生体機能との関係を検討し、精密な分析が行われている。つまり、先行研究では姿勢保持における能力の優劣を評価することを主として検討してきた。

しかし、健常者の静止立位姿勢で得られる結果は、優劣を評価することは難しいと考えられる。よって、本研究では、静的立位姿勢から得られる結果を各個人の動揺特性として捉え、評価することを試みた(先行研究でいう2SD以内の評価)。つまり、重心動揺特性から各個人の持つ生体情報を簡易的な方法で評価できないかと考えた。重心動揺測定は、従来の評価では医療的な観点から、専門性が必要とされてきたが、これらを一般化することで、各個人の体調変化を捉え得る一指標になり得るのではないかと考えた。

【従来の重心動揺測定における問題点】

- 1) 健常者を対象とした研究において、評価変数は研究者により様々であり、統一した見解がみられない。
- 2) 条件設定のための基礎研究や評価のための変数の検討はなされているが、それらの変数についての信頼性及び妥当性の検討といった基礎的研究の報告は限られている。
- 3) 安静時立位姿勢における微妙な動揺度、または位置的特性においての個人差については検討されていない。

⇒ 健常者の各個人の動揺特性を捉えることができる評価変数及び評価方法を検討する。

3. 問題設定

本研究ではこれまでの姿勢研究で得られた重心動揺に関する結果を健常者の特性評価として利用するため、足圧中心位置を二次元座標で捉え、1)重心動揺を評価するための有効な変数を検討し、選択すること、2)重心動揺の因子構造を明らかにすること、3)重心動揺因子の妥当性を検証することを問題とし、検討することを試みた。

本研究において解決すべき課題を以下のように設定した。

課題1 足圧中心動揺変数相互の関係の検討 - 領域別及び性差の観点から -

- (観点①) 各変数の信頼性の検討
- (観点②) 領域内変数相互の関係
- (観点③) 領域内変数相互の性差の検討

課題2 足圧中心動揺の因子構造とその妥当性の検討

- (観点①) 重心動揺の因子構造と因子妥当性の検討
- (観点②) 重心動揺因子の交差妥当性の検討

課題3 足圧中心動揺因子の性差とアルコール摂取の影響

- (観点①) 重心動揺因子の性差の検討
- (観点②) アルコール摂取前後の比較

課題4 足圧中心動揺を評価する有効な変数とその妥当性の検討

- (観点①) 重心動揺因子を代表する変数の検討
- (観点②) 重心動揺因子を代表する変数の因子妥当性と交差妥当性の検討

4. 結果及び結論

本研究における各課題の検討結果から以下の結論が導き出された。

結論1 足圧中心動揺変数相互の関係の検討 - 領域別及び性差の観点から -

性差の検討結果、60 変数のうち6変数に有意な性差が認められたが、その程度は大きくなかった。動揺変数相互の関係の検討結果、距離、面積、速度、振幅分布、及びベクトルの各領域内の変数相互に非常に高い関係が認められ、それらは他の領域の変数とも高い関係を示した。しかし、相関係数の有意な性差は、殆ど見られず、男女における動揺変数相互の関係は非常に類似していると判断された。変数相互の関係の検討から、各領域を代表する 36 変数が選択された。これら 36 変数は信頼性も高く($ICC=0.72\sim 0.97$)、60 変数と同様、重心動揺を総合的に評価できると判断された。

結論2 足圧中心動揺の因子構造とその妥当性の検討

単位時間動揺、前後動揺(縦揺れ)、左右動揺(横揺れ)、高周波数帯パワーの4動揺因子

が解釈された。これら4因子の信頼性係数(ICC=0.89~0.95)、および交差妥当性群(50名)との因子間の類似性係数($\phi=0.80\sim0.97$)は非常に高かった。足圧中心動揺は、動揺の大小を評価する上記の4因子から構成され、因子妥当性および交差妥当性も高く、重心動揺はこれら4因子により総合的に評価しうると考えられた。

結論3 足圧中心動揺因子の性差とアルコール摂取の影響

左右動揺(横揺れ)及び高周波数帯パワー因子に有意な性差が認められたが、効果の大きさは小さく、性差は無視できると考えられた。アルコール摂取後、4動揺因子は各因子を代表する変数とほぼ同様な変動が確認された。4動揺因子は、36変数によって捉えられる特性を適切に評価しうると判断された。

結論4 足圧中心動揺を評価する有効な変数とその妥当性の検討

回帰分析法(ステップワイズ法)を適用し、各因子を代表する5変数を選択した($R=0.874\sim0.968$)。各因子を代表する5変数を用いた基準群(220名)と交差妥当性群(50名)の平均因子得点間に有意差は認められず、両者の関係は非常に高かった($r=0.865\sim0.974$)。足圧中心動揺因子は、各因子を構成する5変数においても因子妥当性及び交差妥当性が高く、有効と考えられた。

総括として、未整理だった重心動揺変数は以下のように整理、選択された。

- 1) 先行研究で利用されている重心動揺変数を理論的根拠を基に整理し、7領域を代表する114変数を選択し、試行間信頼性および日間信頼性の結果から、7領域114変数から60変数を選択した。
- 2) 変数相互間の関係を検討し、7領域60変数から更に36変数を選択した。
- 3) 他の領域と特性が異なる位置領域(2変数)を除き、重心動揺の因子構造を検討し、位置領域を除いた6領域32変数(共通性が低い2変数は削除)は4動揺因子で構成されていることが明らかにされた。
- 4) 4動揺因子の信頼性及び妥当性は高いことが確認された。
- 5) 4動揺因子の各因子を代表する5変数(計20変数)を検討し、6領域32変数と同程度に各因子の重心動揺特性が捉えられることが明らかにされた。

以上、4動揺因子を代表する各5変数(計20変数)が有効と判断された。最終的に選択された動揺因子及び変数は以下の通りである。

単位時間動揺因子

重心動揺速度の実効値、単位軌跡長、速度A方向平均ベクトル長、速度G方向平均ベクトル長、X方向動揺速度の平均

前後動揺(縦揺れ)因子

Y方向動揺の標準偏差、Y方向実効値、実効値、実効値面積、速度E方向平均ベクトル長

左右動揺(横揺れ)因子

X方向動揺速度パワー領域A面積比、X方向動揺パワー領域A面積比、X方向動揺の標準偏差、X方向実効値、動揺C方向平均ベクトル長

高周波数帯パワー因子

R方向動揺速度パワー領域A面積比、X方向動揺パワー領域C面積比、X方向動揺速度パワー領域C面積比、Y方向動揺速度パワー領域C面積比、R方向動揺速度パワー領域C面積比

健常者の重心動揺特性を捉えるには、最終的に有効とされた4動揺因子20変数を利用することが簡便且つ有効であると判断された。

学位論文審査結果の要旨

本論文は、健常者の重心動揺を評価するための有効な変数を整理し、重心動揺変数の因子構造の検討、重心動揺因子の信頼性及び妥当性の検討を行い、下記に示す成果を得ている。

まず、これまで提案されていた7領域を代表する114変数について、試行間及び日間信頼性の検討結果を踏まえ60変数を選択し、変数相互間の関係を検討の上36変数まで整理した。他の領域と特性が異なる位置領域を除く6領域32変数は、4動揺因子（単位時間動揺、前後動揺（縦揺れ）、左右動揺（横揺れ）、高周波数帯パワー）により構成されることを明らかにした。これら4動揺因子は信頼性及び妥当性が高いことを確認した。因子妥当性の高い各因子を代表する5変数（例えば、単位時間動揺因子は、重心動揺速度の実効値、単位軌跡長、速度A方向平均ベクトル長、速度G方向平均ベクトル長、X方向動揺速度の平均）により、各因子の重心動揺特性が捉えられることを確認した。最終的に、前述の4動揺因子（20変数）により、健常者の重心動揺特性が簡便且つ総合的に捉えられることを明らかにした。

以上のように、本論文は、これまで未整理だった重心動揺変数を、適切な手法を利用し、客観的に整理し、健常者の重心動揺評価は4動揺因子（20変数）により可能であることを明らかにした。したがって、審査委員会は本論文が博士論文（学術）に値すると判定した。