

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：21501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22700540

研究課題名（和文）：身体機能評価指標の開発を目的とした静止立体時の鉛直方向成分の有用性に関する研究

研究課題名（英文）：Evaluation of postural control in quiet standing using vertical ground reaction force

研究代表者：南澤忠儀

(Minamisawa Tadayoshi)

山形県立保健医療大学保健医療学部・講師

研究者番号：40347208

研究成果の概要（和文）：

静止立位時の床反力垂直成分（Fz-ACC）を指標として、高齢者（HE）と若年者（HY）の比較を行った。主な解析方法は、DFA 法によるスケーリング指数（ α ）および平均二乗平方根（RMS）である。さらに、Fz-ACC の周波数特性を把握する目的で連続ウェーブレット変換による解析を行ったところ、2 群間で有意差を認めた。身体重心点との関係では Fz-ACC と左右方向の身体重心点との相関係数が高かった。以上のことから、バランス能力を評価する方法として検討されても良い。

研究成果の概要（英文）：

I aimed to show the influence of aging on the vertical ground reaction force (Fz-ACC) the difference in fluctuation pattern behavior in healthy young and elderly subjects' patients. Detrended fluctuation analysis (DFA) and continuous wavelet transform was used to study characteristics of fluctuation of Fz-ACC. The vertical ground reaction force differed in the elderly groups and young groups studied here. This may possibly be used for clinical evaluation of balance.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：静止立位，床反力垂直成分，非線形解析

1. 研究開始当初の背景

ヒトが安全な日常生活(ADL)を過ごす上で、立位制御能力は不可欠である。この能力を評価する方法として、多くの評価指標が提案されている。足圧中心(COP)がその代表的な指

標であるが、COP に関する先行研究では、高齢者と若年者の比較研究において異なる見解が散見される。また、ADL と COP の相関は見られないなどの報告があることから、従来の指標とは異なる指標を提案することが必

要と考える。

2. 研究の目的

(1) 静止立位時の身体動揺について、古典的指標である COP と床反力垂直成分 (Fz-ACC) を用いて、高齢者と若年者の比較を多角的に行ない新たな立位制御能力の評価指標として Fz-ACC の有用性を検討する。

(2) Fz-ACC の周波数特性に着目するために、連続ウェーブレット変換法 (CWT) を用いて、COP と Fz-ACC の差異を明らかにする。これにより、従来の高速フーリエ変換 (FFT) を用いた周波数解析ではなく、CWT による立位制御能力の評価法を提案する。

(3) 立位姿勢制御における Fz-ACC と運動学的指標 (身体重心、関節トルク) の関係を相互相関関数解析から明らかにして、Fz-ACC の時間変動が生じる図式 (schema) を明らかにする。

3. 研究の方法

被験者は、健康若年者 (HY) 11 名 (年齢: 21 ± 1 歳, 身長: 165 ± 10 cm), 健康高齢者 (HE) 15 名 (年齢: 74 ± 5 歳, 身長: 157 ± 9 cm) である。被験者は、地域在住で日常生活が自立している者、重篤な骨関節疾患や循環器疾患、神経疾患の無いものである。HE の日常生活能力については、老健式活動能力指標 (TMIG Index of Competence) を用いて評価を行なった。なお、平均値は 11.9 ± 1.3 である。

計測課題は、開眼にて静止立位を 60 秒間保持する課題である。計測中、被験者は前方にある注視点を見るようにした。足部の位置について、足幅は任意として、前後方向の位置は床反力計上に目印を張って両足を揃えた。計測機器は 2 枚の床反力計 (Kistler 社製 Type-9287A) を使用して左右下肢それぞれの前後方向成分 (Fx) と垂直成分 (Fz) を収集して、合算することで前後方向の合成 COP と垂直方向の合成 Fz 成分を抽出した (図 1)。Fz 値については、被験者の体重で除すことで Fz-ACC (mm/s^2) を得た。なお、サンプリング周波数は 600Hz にて収集して解析用パーソナルコンピュータに取り込んだ。前後方向 COP のデータに対しては 4 次 Butterworth filter により 6Hz 以下の Low pass filter 処理を行ない、Fz のデータは、4 次の Butterworth filter により 1-20Hz の Band pass filter 処理を行なった。解析指標は、Fz-ACC, COP-AP とともにスケーリング指数 (α), 二乗平均平方根 (RMS) を求めた。周波数特性を明らかにするための解析は、Molet 関数による連続ウェーブレット変換 (CWT) を行ない、Fz-ACC と COP の時系列変動を時間領域と周波数領域の点から評価した。

4. 研究成果

(1) DFA 法によるスケーリング指数は、(Fz-ACC) HY; 0.75 ± 0.06 , HE; 0.71 ± 0.03 と有意差を認めた ($p < 0.05$)。

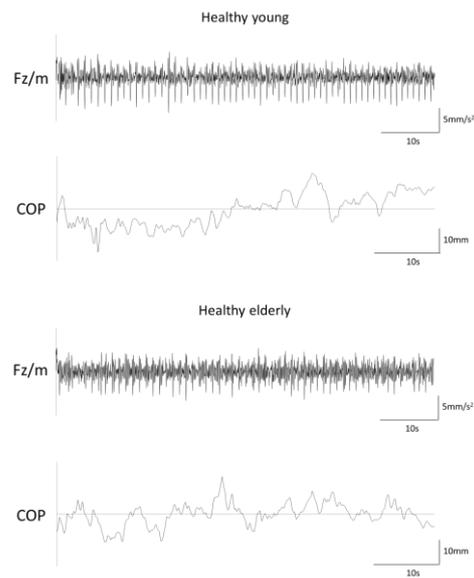


図 1 Fz-ACC と COP の時系列波形

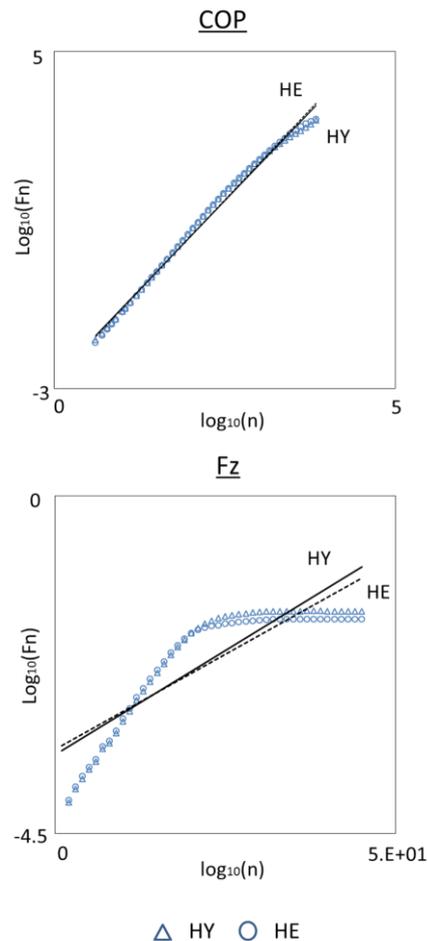


図 2 DFA 解析結果

(上段) COP (下段) Fz-ACC

また、各被験者のスケーリング指数とADL能力（老研式活動能力指標）との相関係数を分析した結果、 $r=0.41$ と相関を認めた。この事は、Fz-ACCのDFA値は実生活の運動能力を反映することが示唆される。ただし、Fz-ACCに対する非線形解析では、信号フィルター処理法や計測機器の時間分解能によって、得られる結果が異なるために数値の解釈には注意を要す。一方、COPのスケーリング指数は、HY: 1.70 ± 0.06 , HE: 1.69 ± 0.04 となった(n.s.)。この結果は、従来の研究結果と同様であり、COPによる2群間の識別が困難であることが示された。

また、身体動揺の平均振幅を評価する目的でRMSによる評価を行なった結果、(Fz-ACC) HY: 10.3 ± 41.3 (mm/s_2), HE: 12.4 ± 12.5 (mm/s_2)となり、2群間に有意差は無かった。一方、(COP) HY: 4.17 ± 2.07 (cm), HE: 5.80 ± 3.96 (cm)となり、2群間で有意差を認めた($p < 0.05$)。

Fz-ACCのRMSは仮説とは異なる結果となり、COPでのみ有意差が見られた。本指標は身体動揺の平均値を評価する目的で行なったが、Fz-ACCによる評価では有意差が無かった。上下方向の加速度変化の標準偏差値による評価では2群間の特徴付けが困難なことが明らかになった。

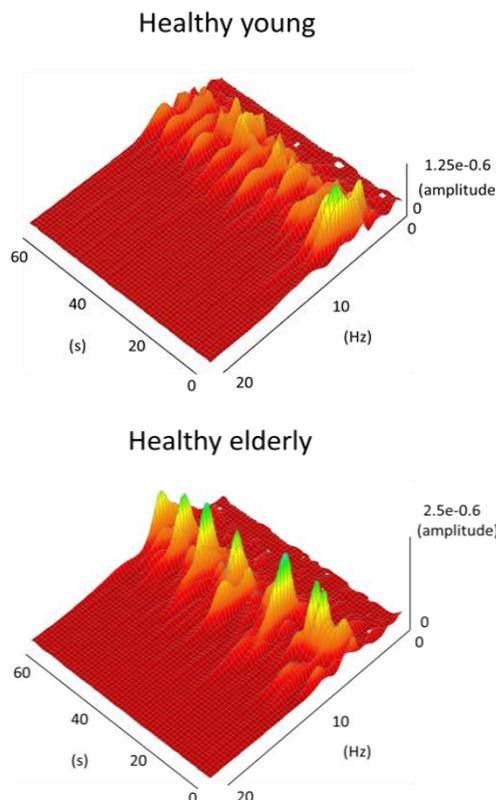


図3 連続ウェーブレット変換による解析結果 (上段) HY (下段) HE

表 1Fz-ACC と COP のピーク周波数

	HY		HE	
	First peak	Second peak	First peak	Second peak
Fz-ACC	$4.75 \pm 1.52^*$	3.34 ± 1.69	$6.22 \pm 0.85^*$	3.99 ± 0.97
COP	0.32 ± 0.06	0.67 ± 0.07	0.38 ± 0.10	0.70 ± 0.17

(2) Fz-ACCの周波数特性について、Molet関数によるCWT法を用いて明らかにした。各群のFz-ACCについて、周波数成分を明らかにした結果、ピーク点の周波数は、HYで (first peak) 4.75 ± 1.52 , (second peak) 3.34 ± 1.69 , HEでは (first peak) 6.22 ± 0.85 , (second peak) 3.99 ± 0.97 となり、first peakではHE群で有意に高い周波数帯域となった($p < 0.05$)。

また、second peakは両群ともに3~4Hzとなった(表1)(図3)。

COPについては、HYで (first peak) 0.32 ± 0.06 , (second peak) 0.67 ± 0.07 , HEでは (first peak) 0.38 ± 0.10 , (second peak) 0.70 ± 0.17 となり、2群間に有意差がなかった(図3)。

先行研究で多用されているCOPに対するFFTでは時間領域の情報が失われる。時間経過中の周波数変化の検出が可能になれば、単純なFFTによる周波数解析では捕らえにくい、波形に含まれる突発的に変化する成分を解析することが出来る。図4はHYとHEのCWTの結果を示す(縦軸; Power, 横軸; 時間) この図において、Powerの2SDを超えるピーク数を捕らえることで、計測中に生じる急激な加速度変化を捉えることが可能になると思われる。なお、この方法を用いて2群間を比較した結果、2SD以上のピーク数はHY: 3.09 ± 0.83 , HE: 3.36 ± 1.74 となった(n.s.)。

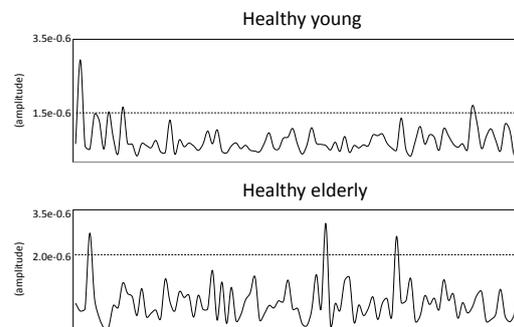


図4 CWTによる2SD以上のピーク数

この評価法では、若年者と高齢者の差異は得られなかったが、本手法によって突発的に変化する成分をとらえることは、立位制御過程の中で生じた加速度変化の把握が可能になると思われる。その事は、計測値（時間）全体を評価する分析方法では発見されない軽微なバランス能力低下者を捕らえることが期待できる。

(3) 本課題では、Fz-ACC の時系列変動と密接に関与する運動学的指標を明らかにする目的で、一側下肢の Fz-ACC を基準信号とした時の身体重心点（前後：AP, 左右：ML, 上下：V）, 下肢関節トルク（股関節・膝関節・足関節）の相関係数を検討した。身体重心点について、Fz-ACC と最も高い相関係数を示したのは COM-ML で、HY:0.91±0.05, HE:0.89±0.07 だった（図 5）。COM-ML は患者や高齢者の転倒暦およびバランス障がいと強く関連することが多く報告されている。その COM-ML と相関が高い Fz-ACC はバランス能力に密接に関係していることが示唆されるために、同成分のさらなる解析が必要と思われる。

Fz-ACC と関節トルクとの相関係数については、各群ともに特徴的な成分は観察されなかったが、被験者の多くに見られた図式は、Fz-ACC に対する股関節・足関節(正相関), 膝関節(負相関)の時間先行である。例えば、身体が前方に動揺するとき、股関節・足関節は伸展トルク、膝関節では屈曲トルクを使用して身体を後方に引き戻す。その関節トルクの発揮によって身体には加速度変化が生じて床反力となって観察される。このように各下肢筋群が発揮するトルクは、床反力の荷重-抜重の動態に反映されるために、Fz-ACC によって下肢筋力の推定できる可能性を検討していきたい。

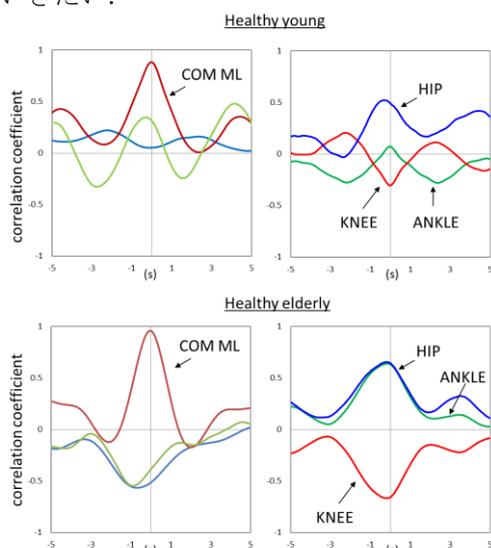


図 5 上右：HY-COM, 上左：HY-トルク
下右：HE-COM, 上左：HE-トルク
*いずれも基準信号は Fz-ACC

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南澤忠儀 (MINAMISAWA TADAYOSHI)

山形県立保健医療大学保健医療学部・講師

研究者番号：40347208