

座位におけるバランス能力評価・訓練装置の開発

Development of balance ability evaluation and exercise device in sitting

学 佐々木 譲 (秋田大) 正 巖見 武裕 (秋田大)
正 木澤 悟 (秋田高専) 正 宮脇 和人 (秋田高専)
松永 俊樹 (秋田大医) 島田 洋一 (秋田大医)

Yuzuru SASAKI, Akita University, Takehiro IWAMI, Akita University,
Satoru KIZAWA Satoru, Akita NCT, Kazuto MIYAWAKI, Akita NCT,
Toshiki MATUNAGA, Akita University,
Yoiti SHIMADA, Akita University

Key Words: sitting balance, analysis of physical exertion

1. 緒言

高齢者の転倒は、感覚障害、脳機能障害、筋力低下、バランス機能低下、歩行機能低下などと有意に関連がある⁽¹⁾。その中でも、バランス能力や歩行機能の低下は、転倒の主要因とされ、視覚・前庭器・体性感覚のフィードバックによる総合的なバランス能力の向上や、下肢機能の向上が転倒防止に有効と考えられている。バランス能力の評価方法としては、重心動揺検査などの静的バランス評価と、Timed Up and Go Test などの動的バランス評価がある⁽²⁾。身体機能の低下した高齢者は、内在的に高度の転倒リスクを抱えており、立位でのバランス評価に伴う転倒には、注意が必要である。この問題に対する一つの解決策として、検査時の安全性を考慮した座位でのバランス評価がある^(3,4)。しかし、支持基底面が広い座位でのバランス能力は、立位時と比較して有意差が現れ難いという問題もあり、臨床現場での実用的な評価法として利用できるよう、より体幹機能を強調した負荷の高い検査法の確立が求められている。本研究では、座位という安全面でのメリットを確保しながら、体幹機能をより強調したバランス能力の評価を可能にするため、座面に任意の外乱刺激を加えられる動的座位バランス評価装置を開発する。そして、動的条件下での重心動揺検査に加え、逆動力学計算に基づく生体力学的な解析を実施する。ことで、高齢者と若年者の動的座位バランス能力の特徴やその違いを定量的に抽出できるか検討を行う。本研究は、高齢者の転倒予防の第一歩として、動的座位バランス評価装置の開発とその基礎的な有効性について言及するものであるが、歩行機能や易転倒性との関連を明らかにし、生活指導や運動療法へとフィードバックしていくことで、転倒防止への実用的かつ効果的な介入ができると思われる。

2. 座位バランス評価装置

Fig.1 の座位バランス評価装置は、身体運動および重心動揺を計測する 3 次元計測装置と、座面の角度が変化する外乱刺激装置から構成される。このうち、身体運動計測には、計測点 1 つに 2 つのロータリエンコーダを用い、平行リンク機構によって計測点の姿勢位置を計測するもので、脊椎に沿って二箇所に取り付けることにより身体運動を計測する。また、座面反力の計測には、3 軸力覚センサ (USL06-H5, Tec Gihan Co.) を 3 つ用いて計測する。座面の前側両隅に 1 つずつ、後側中央に 1 つ、二等辺三角形に配置し、これらのセンサ出力から、座面の反力と圧力中心点 (Center of pressure; COP) を算出する。駆動装置には AC 電磁ブレーキ付スピードコントロールモータ (BHM62MT-G2, ORIENTAL MOTOR Co, Ltd) を一個使用し、座面の最大傾斜角度は、 ± 3 deg, 最大動作速度は 0.6 Hz とした。

3. 座位バランス評価実験

開発した動的座位バランス評価装置の有効性を検証するために、外乱刺激に対するバランス能力評価実験を実施した。被験者は、平均年齢 23 歳 (21 歳 ~ 37 歳) の男女 26 名 (男性 22 名, 女性 4 名)、平均身長 170 cm (150 cm ~ 185 cm)、平均体重 61 kg (37 kg ~ 85 kg) である。実験は、周波数 0.2 Hz, 0.4 Hz, 0.6 Hz の 3 種類で座面を反復的に傾斜させ、その際の身体運動と COP を 60 秒間計測した。身体運動の計測点は首と腰の脊椎上とした (Fig.2)。被験者には、姿勢調整の影響を統一できるように、胸部前面で腕組みをしてもらい、2 m 先に設置された視線高さの目印を注視しながら、できるだけ頭部を動かさないように予め指示を行った。また、体幹機能をより強調した検査を実施できるように、被験者の足部が床から離れるように座面高さを調整した。



Fig.1 Sitting balance evaluation platform



Fig.2 Experimental conditions

4. 結果

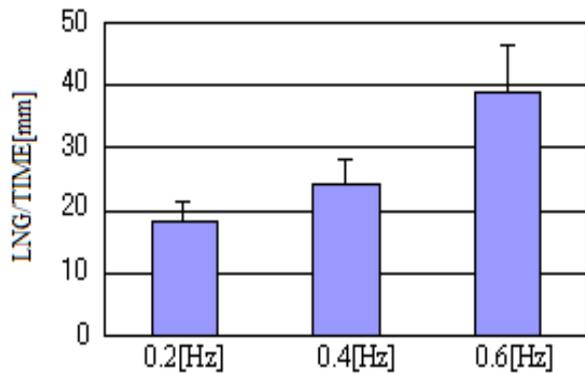


Fig.3 LNG/TIME of COP trajectory.

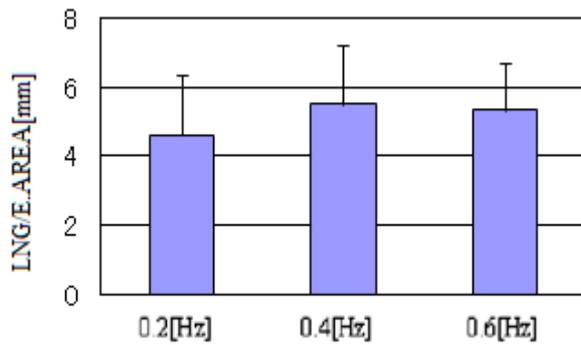


Fig.4 LNG/E.AREA of COP

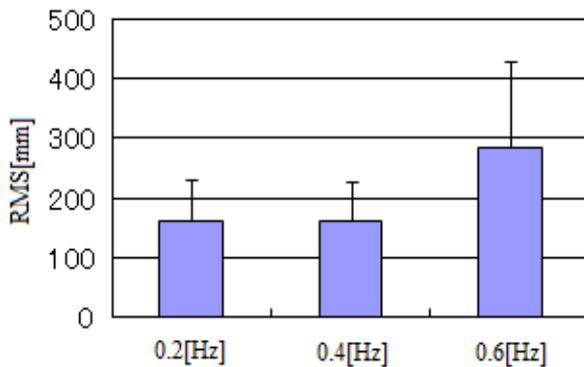


Fig.5 RMS of COP trajectory.

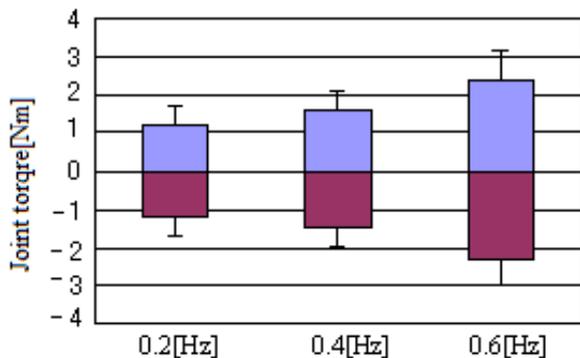


Fig.6. Joint torque of the lumbar vertebra

Fig.3 は、COP 軌跡の単位時間軌跡長(LNG/TIME)の結果(平均値、標準偏差)である。単位時間軌跡長は、計測時間内のCOP 移動速度の平均を示したものであり、外乱の周波数に応じて増加している。単位時間軌跡長の増加は身体動揺が増加している事を示す。これにより、速い外乱に対してCOPの変動速度は大きくなることがわかった。Fig.4は、COP軌跡の単位面積軌跡長(LNG/E.AREA)の結果(平均値、標準偏差)である。単位面積軌跡長は固有受容器の微細な姿勢制御機能を反映した指標であり、この値が大きいほど姿勢が安定していることを示したものであり、0.4Hzの値が0.2Hz、0.6Hzの値よりもわずかに高い結果となっているが、これらの間には有意な差が認められなかった。しかし、計測直後の被験者に3つの速度の中で姿勢制御が最も容易だった速度についての質問をしたところ、ほぼ全ての被験者が0.4Hzが1番容易だったと答えた。Fig.5は、COP軌跡の実効値(RMS)の結果(平均値、標準偏差)である。実効値は、COPの動揺の大きさを二乗平均として表した指標であり、この値が小さいほど体幹のバランス能力が高いことを示す。0.2Hz、0.4Hzと比べ、0.6Hzの結果が有意に高くなっているが、0.2Hzと0.4Hzの間にはほとんど差はなかった。この単位面積軌跡長と実効値の結果から、体幹の微細な姿勢制御において、ある程度の速度のある外乱の方が反復運動を行う中でリズムがとれ、姿勢制御が容易である可能性、速度の遅い外乱では反復運動を行なう中でリズムが取れず、角度変化への対処が遅れるという可能性が示唆された。Fig.6は、各周波数における第3腰椎の関節トルク(Joint torque)の結果(平均値、標準偏差)であり、プラスの符号は右側屈、マイナスは左側屈を表す。周波数の増加に応じて、関節トルクも増加している。関節トルクの平均値において、周波数の違いによる有意な差が認められた。これにより、周波数が増加することで、姿勢保持には、より大きな体幹の筋力を必要とすることがわかった。

5. 結論

本研究では、座面の角度を定常変化させ、動的な外乱を与えることで、体幹の姿勢保持能力を安全かつ正確に評価する動的座位バランス評価装置を開発した。本装置を用いて、バランス能力を評価した結果、外乱の違いに伴う身体動揺とCOPの変動速度が有意に大きく、座面傾斜に対して姿勢を維持できずに身体が振られていることがわかった。また、微細な姿勢制御については、速度変化に伴っての変化はしていないため、より多くの被験者で計測を行う事によって判断する必要がある。今後は、多くの年代のバランス能力を計測し、若年者と中高年、高齢者のバランス能力の違いを評価し、年齢とバランス能力の評価指標との相関関係の有無を調べると共に、歩行機能や易転倒性との関係を明確にし、転倒防止への実用的かつ効果的な介入方法について検討していきたい。

6. 文献

- (1) Furuna, T., Shimada, Y., Gait and falls in elderly people -Epidemiological Study-, *Journal of the Society of Biomechanisms*, 30-3(2003), pp.132-137. (in Japanese)
- (2) Ikai, T., Tatsuno, H., Miyano, S., Relationship between walking and balance function, *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, 43(2006), pp. 828-833.
- (3) Dean, C.M., Shepherd, R.B., Adams, R.D., Sitting balance I: trunk-arm coordination and the contribution of the lower limbs during self-paced reaching in sitting, *Gait and Posture*, 10(1999), pp.135-146.
- (4) Dean, C.M., Shepherd, R.B., Adams, R.D., Sitting balance II: reach direction and thigh support affect the contribution of the lower limbs when reaching beyond arm's length in sitting, *Gait and Posture*, 10(1999), pp.147-153.