自由テンポにおける足踏み動作の加齢変化および性差

○中島 弘貴（九州大学大学院芸術工学研究院）

武末 慎（九州大学大学院芸術工学府）

高崎 颯（九州大学大学院芸術工学府）

村木 里志（九州大学大学院芸術工学研究院）

Age-related Changes and Sex Differences of Stepping Motion in Self-selected Tempo

Hiroki NAKASHIMA (Kyushu University, Faculty of Design),

Shin TAKESUE (Kyushu University, Graduate of School design),

Hayate TAKASAKI (Kyushu University, Graduate of School design),

Satoshi MURAKI (Kyushu University, Faculty of Design),

1. はじめに

加齢による移動能力の低下は、高齢者のADLの低下を引き起こす危険因子である。このため高齢者の移動能力を把握し、これを改善することは、介護予防や転倒リスク軽減の観点から非常に重要である。足踏み動作は移動能力と関連性が強く、従来の移動能力評価に用いられる歩行と比べて省スペース性と簡便性に優れている。さらに足踏み動作はその場での周期運動であることから、歩行では算出の難しい変動係数を用いた動作変動の測定も容易である。これらの背景から、本研究室は若年および高齢男性の比較による足踏み動作への年齢の影響¹⁾および高齢女性の足踏み動作の変動係数とTUGスコアとの有意な相関²⁾を学会へと報告した。しかしながら、骨格や筋などの身体機能には性差が存在する。足踏み動作は下肢筋などの身体機能によって成立するため、足踏み動作指標やその変動係数においても何らかの性差があると思われる。そこで本研究では若年および高齢男女における足踏み動作を比較し、足踏み動作における加齢変化および性差を検討する。

2. 方法

2-1. 被験者

被験者は自立歩行が可能な日本人若年者男性16名（20～25歳、 22.4 ± 1.4 歳）、若年者女性16名（19～25歳、 22.6 ± 1.9 歳）、高齢者男性16名（60～74歳、 67.4 ± 3.2 歳）、高齢者女性16名（62～76歳、 70.4 ± 4.4 歳）、計64名とした

2-2. 足踏み動作の測定

複数台の赤外線カメラで構成される三次元動作

解析システムを用い、サンプリング周波数100Hzで足踏み動作の撮影を行った。被験者には反射マーカを装着し、実験室内に設置した木板上で足踏み動作を行わせた。

被験者の正面には視線の目印となるポイントを眼高に合わせて設置し、被験者とポイントとの距離は4mとした。足踏み動作のケイデンスと足部挙上の程度は被験者が最も実施しやすい程度とした。被験者には動作中は常に視線をポイントに合わせておくように教示した。被験者に足踏み動作を開始させた後、動作が安定してから30秒間を測定区間とした。撮影された反射マーカの座標情報を元に各指標を算出した。

2-3. 足踏み動作指標と変動係数

速度因子としてケイデンス[steps/min]を用いた。時間因子として1足踏み周期時間[s]、1足踏み周期中の立脚期・遊脚期・両足支持期の時間[s]および、これを1足踏み周期時間で除した率[%]を算出した。また踵最大挙上高[mm]および股関節・膝関節角度変化量[°]を動的指標とした。さらに、ケイデンスを除く各指標について解析区間である30秒間(約52歩)の変動係数(CV)を求めた。

$$CV = (\text{標準偏差} / \text{平均}) * 100$$

2-4. 統計処理

各指標およびその変動係数に対して年齢（若年者・高齢者）と性別（男性・女性）を要因とした二元配置分散分析を行った。年齢と性別の交互作用が有意であった場合、各要因に対しての単純主効果検定を行った。このときの有意水準の調整にはBonferroni法を用いた。全ての統計処理において有意水準5%未満とした。

3. 結果および考察

3-1. 足踏み動作指標

表1に二元配置分散分析の結果の一部を示す。足踏み動作の速度因子・時間因子には年齢と性別の有意な交互作用が示された。単純主効果検定の結果、男性群では若年者と高齢者で有意な差は見られなかった。一方で女性については若年者よりも高齢者において立脚期が有意に大きい等の結果が得られた。立脚期の増大は足踏み動作の安定性を高める特徴的な代償動作であり、高齢女性の足踏み動作には歩行と類似した加齢変化が示されたと考えられる。他方、足踏み動作はその場での運動であり前後方向の重心移動は歩行と比べ小さい。従って、動的安定性の維持の必要性は歩行よりも小さいと思われる。従って下肢筋力などの機能が勝る男性においてのみ、加齢変化が出現しにくかった可能性がある。

動作指標では、膝関節角度変化量および踵最大挙上高について年齢の有意な主効果が認められ、若年者よりも高齢者の方が踵最大挙上高および膝関節の屈曲は小さくなった。足踏み動作での能動的な下肢の上げ下げは、地面を蹴る、膝を屈曲させるなどの下肢筋の活動で成立する。従って、加齢に伴う下肢筋力の低下などの身体機能の老化が足踏み動作指標に年齢の主効果が表れた原因の一つとして考えられる。

3-2. 足踏み動作CV

立脚期時間(率)CVおよび動作指標(踵拳上高、股関節角度変化量および膝関節角度変化量)のCVに有意な年齢の主効果が認められ、若年者よりも高齢者でCVが大きかった。このことから自由足踏み動作においても、加齢による歩行同様の動作再現性の低下が見られると考えられる。このCVの加齢による増加は、運動感覚—身体制御機構—筋出力といった一連の運動出力系への老化の影響によって引き起こされたと思われる。例えば、加齢による筋機能低下により筋出力のばらつきが発生し、足踏み動作の動作変動を増大させた可能性などが推察される。

参考文献

- 1) 田中颯 他: “足踏み動作の若年者と高齢者における比較”, 人間工学, Vol. 52, 特別号, pp. 298-299, 2016.
- 2) 田中颯 他: “足踏み動作と歩行動作における関係性の検討”, 人間工学, Vol. 53, 特別号, pp. 256-257, 2017.

謝辞

本研究の一部は科学研究費 (NO. 16H01802) の助成を受けたものである。

表 1 足踏み動作指標および足踏み動作CVの二元配置分散分析の結果 *一部を抜粋

	若年者 (n=32)		高齢者 (n=32)		主効果		交互作用
	男性 (n=16)	女性 (n=16)	男性 (n=16)	女性 (n=16)	年齢	性別	年齢×性別
足踏み動作指標							
ケイデンス [steps/min]	106.1±7.7	96.9±7.7	108.4±11.6	116.5±12.2	*	n. s.	*
立脚期時間 [s]	0.75±0.07	0.79±0.08	0.75±0.08	0.71±0.07	*	n. s.	*
立脚期率 [%]	66.0±2.8	63.6±1.8	66.8±3.2	68.6±2.6	*	n. s.	*
踵最大挙上高 [mm]	21.4±7.0	27.3±6.8	18.6±8.7	18.3±6.7	*	n. s.	n. s.
股関節角度変化量 [°]	33.1±6.7	42.3±10.4	31.6±10.7	36.6±10.5	n. s.	*	n. s.
膝関節角度変化量 [°]	63.7±13.0	77.4±14.0	59.1±17.7	62.1±12.8	*	*	n. s.
足踏み動作指標CV							
立脚期時間CV	2.85±0.41	2.87±0.5	3.39±0.85	3.32±0.86	*	n. s.	n. s.
立脚期率CV	2.03±0.32	1.90±0.35	2.26±0.65	2.46±0.70	*	n. s.	n. s.
踵最大挙上高CV	7.91±1.99	8.54±3.06	11.09±4.22	10.36±5.71	*	n. s.	n. s.
股関節角度変化量CV	5.91±1.18	6.46±2.22	7.25±2.23	7.78±3.17	*	n. s.	n. s.
膝関節角度変化量CV	5.36±1.44	5.51±1.88	6.74±2.55	6.61±3.06	*	n. s.	n. s.
Mean±SDで表記	* p < 0.05		n. s. not significant				