若年成人における歩行アシストスーツの着用が歩行動作および主観的使用効果におよぼす影響

○松浦 皐月, Luecha Teerapapa (九州大学大学院芸術工学府)
Choi Jeewon, 村木 里志 (九州大学大学院芸術工学研究院)

Influence of Wearable Walking Assistance on the Gait and Subjective Evaluation of Young Adults
Satsuki MATSUURA, Teerapapa LUECHA (Graduate School of Design, Kyushu University),
Jeewon CHOI, Satoshi MURAKI (Faculty of Design, Kyushu University)

1. はじめに

近年、作業支援や福祉の分野で、外部からの力で身体機能を補助・拡張する身体装着型の動作アシスト機器の開発が進んでいる。このうち歩行アシストに関しては、歩行指標や生理的反応の観点から評価が行われている¹⁾が、その最適な活用を考える上で使用者の使用感も無視できない。また、現段階では多くの人にとって新奇な技術であるため、身体的側面だけでなく心理的にも負荷が生じる可能性を考慮すべきである。よって、これら両観点から包括的に、人間とアシストとの関係について理解を深める必要がある。

そこで本研究では、歩行アシストが、使用者の動作および主観的使用効果に及ぼす影響を評価することを目的とする。具体的には、トレッドミル上での歩行アシストスーツの使用に関して、暫時的な時間経過を考慮して検討する。

2. 方法

本研究では、歩行アシストスーツ（住友理工株式会社製、以下、歩行アシスト）を使用する。これは、住友理工株式会社と九州大学の共同研究の成果を元に開発されたものである。着用者の遊脚期に合わせた、ベルト（骨盤～膝下にかけて装着）による牽引を介して、歩行時の股関節屈曲動作をアシストする機能を有する。

2. 1. 被験者

健康上の問題なくトレッドミル歩行を行える20歳代の男子学生10名（年齢23.1±1.4[歳]、身長170.3±3.9[cm]、体重62.6±8.9[kg]）の協力を得た。なお、本実験は、九州大学大学院芸術工学研究院実験倫理委員会の承認を得て行った。

2. 2. 実験手順

実験条件は、歩行アシストの使用に関する3条件（Free条件；装着しない、non-AS条件；装着はするが電源は入れない、AS条件；アシスト有り）

とし、被験者には、各条件において4km/hでトレッドミル上を歩行してもらった。試行時間は1試行あたり約5分（40秒+240秒）間とし、各条件に対して1試行ずつ行った。

試行中の動作を計測するため、赤外線カメラ10台で構成された3次元動作解析システムを用いた。身体各部28か所に赤外線反射マーカーを貼付した。

また、アシストの主観的な効果を評価するため、各試行中に、Borg CR-20 Scaleに従い、自覚的運動強度（Ratings of Perceived Exertion; RPE）の回答を得た。この際、「全身（RPE-o）」と「脚のみ（RPE-l）」それぞれについて、聴取した。さらに、100[mm]のVAS（Visual Analogue Scale）を用いた質問紙に回答してもらった（表1）。

1試行中の流れ、および動作解析対象区間を、図1に示す。

表1 VAS質問紙における質問項目

質問項目	対象条件
① 歩行動作は快適でしたか	全条件
② 足の振りは自然でしたか	
③ 腕の振りは自然でしたか	
④ アシスト機器の装着部分は快適でしたか	non-AS, AS条件
⑤ アシスト機器により歩行が楽になりましたか	AS条件のみ
⑥ アシスト機器により足が持ち上げられるのを感じましたか

図1 1試行の流れ

2. 3. 算出指標

動作の評価として、3次元動作解析システムで得られたデータから、歩幅等歩行に関する時空間

指標を算出した。また、推定された重心位置、および、膝に貼付したマーカ位置の上下・左右・進行方向における変位（振れ幅[cm]）として、各歩行周期中のPeak to Peak値を算出し、解析区間の平均値を身長に対する割合[%]で表した。

3. 結果と考察

3.1. 動作指標

各算出指標について、反復測定2要因分散分析（アシストの使用条件×時間経過（解析区間））を行った。その結果、膝マーカ（ $p<0.001$ ）、および、重心（ $p<0.05$ ）の上下方向の振れ幅にアシスト使用条件の主効果が認められた。多重比較の結果を図2a・bに示す。なお、アシスト条件と時間経過の交互作用が認められた指標はなかった。

歩幅や歩調等歩行指標にはアシストの影響が見られなかったが、膝マーカの上下動は、3条件中アシスト有りのAS条件で最大となった（図2a）。これは、歩行アシストによる股関節屈曲動作のアシスト効果が反映された結果だと捉えられる。

ただし、重心の上下動に関して、AS条件ではnon-AS条件よりも有意に大きくなるなど、アシストされている時に重心の上下動が大きくなる傾向が見られた（図2b）。重心の上下移動幅が通常歩行時と異なる場合、エネルギー消費が増大している²⁾可能性が考えられる。

以上から、本実験の被験者は、股関節屈曲アシストにより脚（大腿～膝下にかけて）が持ち上げられてはいたものの、アシストの力を十分効率良く用いられていなかった可能性がある。

3.2. 主観評価

VAS質問紙における項目⑤・⑥については、AS条件のみを対象としたため、対応のあるt検定を行った。その結果、⑤にのみ有意差が見られた（ $p<0.05$ ）（図3）。

VAS質問紙の項目⑤はアシストの主観的效果について、⑥は効果の有無にかかわらず単純にアシストの力をどの程度感じたかを聞く項目であった。⑤にのみ時間経過により評価の向上が見られた（図3）ことから、時間の経過に伴い、アシストの効果をより感じやすくなったと考えられる。⑥および動作指標の結果を踏まえると、実際の動作やアシストの大きさの感じ方の変化とは必ずしも比例しないが、時間経過によりアシストの力を上手く使えるように感じる可能性が示唆された。

4. まとめ

本研究では、歩行アシスト使用時の、動作及び使用者の主観的使用効果を、時間経過を加味して評価することを目的とした。その結果、本研究で用いた歩行アシストの使用に関しては、1) 重心や膝の上下方向の振れ幅に、アシストが歩行動作に与える影響が現れた、2) 時間経過とともに、歩行動作やアシストの力の大きさの感じ方は変わらなくても、捉え方はポジティブになる、という可能性が示唆された。今後は被験者数を増やした場合や関節運動について検討する予定である。

図2 動作指標の結果

図3 主観評価の結果

文献

- 1) Su-Hyun Lee et al. : “Gait performance and foot pressure distribution during wearable robot-assisted gait in elderly adults. ”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, Vol. 14, No. 1 :123, 2017.
- 2) Firas Massaad et al. : “The up and down bobbing of human walking: a compromise between muscle work and efficiency. ”, The Journal of physiology, Vol. 582, pp. 789-799, 2007.