

リズム歩行アシストが片麻痺歩行の改善に及ぼす運動学的影響

Effects of a new robot-assisted gait device on kinematic parameter during gait in individuals after stroke.

○ 大畑光司(京都大), 市橋則明(京都大),

高橋秀明(本田技術研究所), 渡邊重紀(湯布院厚生年金病院)

Koji OHATA, LS Kyoto University
Noriaki ICHIHASHI, Kyoto University
Hideaki TAKAHASHI, Honda R&D Co., Ltd.
Aki WATANABE, Yufuin-Kohseinenkin Hospital.

Abstract: The success of gait rehabilitation after stroke depends on active walking exercises. However, the motor impairments of hemiplegia often make such effective exercises impossible. To facilitate gait training for patients after stroke, many robot-assisted gait devices have been developed. “Honda Stride Management Assist Device” (SMAD: Honda R & D Co. Ltd, Japan) is an automated stride assistance system which applied robotic engineering to controlling walk ratios (stride length/cadence) and adding supporting power to the thigh during walking. The aim of this study was to clarify the change of kinematic characteristics using the SMAD during gait. The Results revealed that the SMAD increased maximum knee flexion angle of paretic side during swing phase in individuals after stroke. The SMAD has a possibility to provide the more adequate gait pattern for individuals after stroke. The SMAD improved the gait symmetry in individuals with low temporal swing symmetry.

Key Words: Gait rehabilitation, Stroke, Robot-assisted device

1. 片麻痺患者に対するリズム歩行アシストの利用

1-1 片麻痺歩行に対するロボティクスリハビリテーション

脳卒中後片麻痺患者におけるリハビリテーションの重要な目標の一つに歩行機能の改善があげられる。脳卒中後の片麻痺患者の自立は歩行速度と関連しており、低速度の歩行しか獲得できない場合には歩行が可能であったとしても屋外の歩行が行えないというように生活空間の狭小化が生じる(1)。

効果的な歩行機能の改善を可能にするために、近年、多くの歩行補助ロボットが考案されてきているが、その多くはトレッドミル歩行などを利用したトレーニング機器であり、また、装着や準備に時間がかかるため実際的な臨床使用には至っていない。さらに様々な機器の使用した場合のトレーニング効果が明確になっているとは言えない現状である(2)。

1-2 リズム歩行アシストの特徴

本田技術研究所が開発した「リズム歩行アシスト」は、骨盤部に装着した本体にあるアクチュエータにより、大腿部のフレームを通じて、股関節の屈曲、伸展運動をアシストする歩行補助装置である。

アクチュエータに取り付けた関節角度センサから装着者の股関節運動を計測し、最大伸展と接地時の関節角度により歩幅を制御し、一步あたりの所要時間の増減により歩調を制御するよう開発されている。リズム歩行アシストは歩幅[m]と歩調[歩/分]の双方の制御によって、目標とした歩行比に誘導することが可能である。実際、高齢者を対象とした研究では装着により歩行比の増加や骨格筋糖代謝の変化などが報告されている(3)。

このように、股関節の運動を補助することは、脳卒中後の片麻痺歩行の改善にも影響する可能性があると考えられるが、それについての報告は未だなされていない。本研究の目的は、リズム歩行アシストを脳卒中後片麻痺患者の歩行に用いた場合、どのような運動学的変化が生じるかを明らかに

かにすることである。

2. 方法

2-1 対象

回復期病院入院中の12名を対象とした(平均年齢61.2±9.8歳、男性8名、女性4名)。身長161.9±10.5cm、体重59.9±9.0kg、脳梗塞7名、脳出血5名で麻痺側は左が5名、右が7名であった。発症後66.2±27.5日経過しており、測定時点での下肢のBrunnstrom StageはIIIが2名、IVが4名、Vが5名、IVが1名であった。Barthel Indexは87.5±6.9点であった(最低75点-最高100点)。

2-2 測定手順

対象者に5m歩行路を歩行させ、本田技術研究所製リズム歩行アシストを装着した状態での歩行の運動学的変化について、VICON社製三次元解析装置を用いて調べた。リズム歩行アシストの強度は4段階に変化させ、それぞれのアシストトルクの大きさを記録した。アシスト強度の設定の順序はランダムとした。

2-3 測定項目

三次元解析結果から1歩行周期を100%として、股関節、膝関節、および足関節角度を算出した。得られた情報から、初期接地時の股関節、膝関節、足関節角度、および歩行周期中の最大股関節屈曲-伸展角度、最大膝関節屈曲角度、最大足関節背屈角度をそれぞれ比較した。

2-4 解析

各関節角度のアシストトルクによる変化について、一元配置分散分析により調べた。有意水準は5%とした。

3. 結果

3-1 アシストトルクの変化

リズム歩行アシストにより発生するアシストトルクの一步行周期の変化を図1に、アシスト装置が検出した股関節角度を図2に示す。

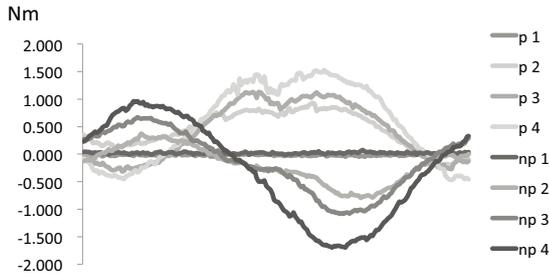


Fig.1. Assist torque during hemiplegic gait

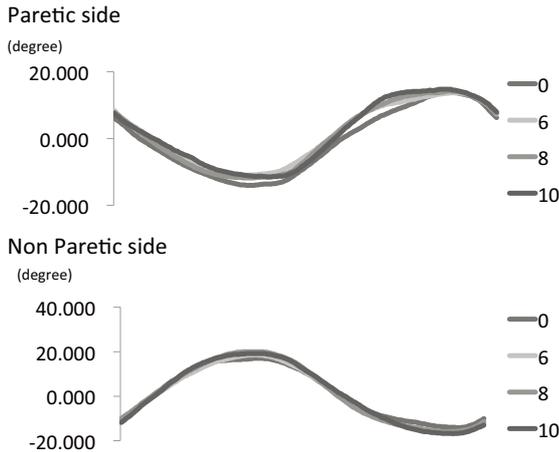


Fig.2. Hip angle estimated using SMAD during hemiplegic gait

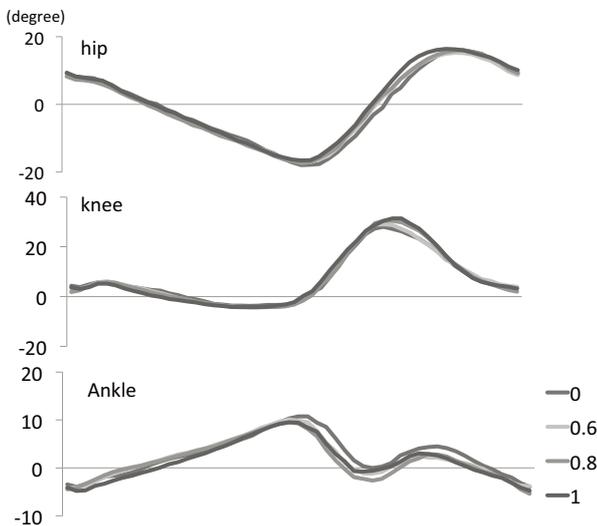


Fig.3. Changes of Joint angles

麻痺側に加わる屈曲アシストトルクは4段階の強度に応じて増加し、それに伴ってアシスト装置が検出する股関節最大屈曲角度も有意に増大した ($p < 0.001$)。しかし、一方で麻痺側伸展アシストトルクは有意な増加を示さなかったにも関わらず、股関節伸展角度は有意な増加を示していた ($p < 0.001$)。

非麻痺側に加わる屈曲、伸展アシストはともに有意な増加を示したが ($p < 0.001$)、股関節最大屈曲角度が有意に増

加する ($p < 0.001$) 一方で、伸展角度には有意な増加を認めなかった。

全体的には麻痺側の初期接地後の時期に生じる麻痺側伸展トルク、非麻痺側屈曲トルクは小さく、非麻痺側初期設置後に生じる麻痺側屈曲トルク、非麻痺側伸展トルクが大きかった。

3-2 関節運動の変化

関節角度の1歩行周期中の変化を図2に示す。歩行周期中にアシスト強度に伴って、遊脚期に生じる膝関節の最大屈曲角度が有意な増加を示した ($p < 0.001$)。その他の初期接地時の各関節角度や歩行周期中の最大角度には有意な変化は認められなかった。

4. 考察

本研究では、リズム歩行アシスト装置の運動学的な影響を調べるために、リズム歩行アシストのアシストトルクの強度を4段階に変化させて生じる運動学的変化を調べた。まず、アシスト強度の変化によりアクチュエータが発生するアシストトルクが変化していたが、麻痺側の伸展方向へのアシストトルクには変化が認められなかった。このため麻痺側伸展-非麻痺側屈曲方向に加わるアシストより、麻痺側屈曲-非麻痺側伸展方向へのアシストトルクが大きくなっていった。この結果、股関節屈曲の慣性によって生じる麻痺側遊脚期の膝関節屈曲角度が増加したと考えられる。

一般的に、片麻痺歩行では遊脚期の膝屈曲角度低下が、遊脚期のクリアランスを低下させるために、骨盤の挙上や下肢の外転などの特徴的な歩容異常を生じさせることが知られている。リズム歩行アシストは麻痺側の股関節屈曲トルクを補助することにより、最大膝屈曲角度を増加させることができると考えられる。

しかし、三次元動作解析装置により調べた股関節角度ではアシストによる影響を認めなかったのに対して、アシストが検出した股関節角度ではアシスト強度による影響を受けていたことは、骨盤のフレームの固定性に問題がある可能性を示唆している。今後、この装置のフィッティングを高め、より適切な制御を可能にする必要があると考えられる。

5. まとめ

リズム歩行アシストは、片麻痺歩行の代表的な問題である遊脚期の膝屈曲角度を改善し、遊脚期のクリアランス低下によって生じる歩容異常を改善できる可能性がある。

参考文献

- (1) Perry J, Garrett M, Gronley JK, Mulroy SJ. Classification of walking handicap in the stroke population. *Stroke*. Vol. 26 no. 6, pp982-989. 1995;
- (2) Hidler J, Nichols D, Pelliccio M, Brady K, Campbell DD, Kahn JH, Hornby TG, Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. Vol. 23, no 1, pp5-13. 2009.
- (3) Shimada H, et al.: The use of positron emission tomography and [18F]fluorodeoxyglucose for functional imaging of muscular activity during exercise with a stride assistance system, *IEEE TRANSRE*, Vol.15, No.3, pp.442-448, 2007.