

歩行・起立・立位補助機の開発

Development of an Assistance Apparatus for Walking, Getting up, and Standing

○ 田中英一郎(埼玉大) 村松慶一(埼玉大) 綿貫啓一(埼玉大)

三枝省三(就実大) 弓削類(広島大)

Eiichirou TANAKA, Saitama University
Keiichi MURAMATSU, Saitama University
Keiichi WATANUKI, Saitama University
Shozo SAEGUSA, Shujitsu University
Louis YUGE, Hiroshima University

Abstract: We developed an assistance apparatus which can support the motions, walking, getting up, and standing only assisting the ankle joint of the user. By assisting the dorsiflexion and plantarflexion of the ankle joint of the user he/she can increase which can raise the user's leg utilizing stretch reflex to bi-articular muscle of the user. Therefore, this apparatus can prevent stumbling and promote exercise not only while walking but also during the motions described above.

Key Words: Assistance Apparatus, Stretch Reflex, Bi-Articular Muscle, Walking

1. 緒言

高齢者の増加に伴い、要介助、要介護者も増加している。これまで筆者らは、麻痺患者の歩行訓練のための補助機を開発してきたが、麻痺の程度が軽くなった後、また体力の衰えた高齢者の運動促進のためには、従来開発してきた歩行補助機よりもより小型軽量であり、かつ運動を極力抑制しない構造が重要である。そこで、高齢者の運動促進を目的とし、歩行、起立、立位を足関節のみで補助する装置を開発した。足裏の感圧センサの反応状態に応じて補助動作を判断し、オールラウンドモードとして動作する。一方、歩行動作に特化した目標値を持つウォークモードにも切り替え可能とした。これらの使用時の体感、歩容、速度変化および筋活動を評価したので報告する。

2. 足関節補助による動作補助機の開発

2-1 従来開発した装置

筆者らは、2003年から歩行動作を補助する装置の開発を行ってきたが、当初は、下肢全体を補助するものを開発していた。しかし、医療機関や患者会、特養ホーム等でのヒヤリングを繰り返すと、決して至れり尽くせりの補助を必要としているのではなく、特に患者の補助には可能な限り小形軽量で必要となるときに必要なところだけ補助がほしい、ということであった。

そこで筆者らは、図1左のように、足関節のみを補助する装置を開発した。当時のギヤド DC モータは比較的重量があったため、腰部にモータを取り付け、フレキシブルシャフトにて動力を伝達し、足関節脇のウォームギヤに入力し、足関節を動作した。一般的なウォームギヤは大減速可能だが伝達効率は高く50%程度であり、逆入力できない(セルフロック)ものである。このまま福祉機器に使用すると、無駄にモータが大きくなること、非常時に装置が文字通り足枷になり装着者が咄嗟の動作を取ることができず、危険を伴う。これに対し、我々の装置には、ウォームにヘリカルをかみ合わせて点接触とし、効率は80%程度、逆入力も可能でその場合は40%程度という、補助装置に適した諸元の歯車対が使用されている。また、当時はSH4マイコンにART-LINUXを搭載し実時間制御を1ms間隔で行い、リチウムイオンを背負い、制御システムを構成して

いた。この装置は総重量5.6kgであった。本装置を片麻痺患者の歩行訓練に使用し、効果があることをすでに2つの医療機関より学会発表されている⁽¹⁾⁽²⁾。

2-2 足関節補助の原理

従来の他研究機関の歩行補助装置の多くは、股関節、および膝関節を補助する構造のものが多く、これに対し本装置は、足関節のみを補助して足上げ量の増加を図る。

本来、高齢者や片麻痺患者の歩行では、股関節や膝関節を動かすための筋力はほとんど使用しておらず、足を置きに行くような歩き方である。片麻痺患者の場合、股関節は麻痺側であっても慣性力で足を降り出すことができる。しかし下腿前面と背面の両方が麻痺すると、下腿背面の筋肉が多いため、常に足関節を底屈し爪先が伸びた状態、すなわち尖足になる。また、麻痺患者でなくても、足関節の背屈を司る前脛骨筋は疲労しやすいため、高齢者も歩き疲れてくると背屈不十分によりこの状態に陥りやすい。尖足で歩行すると、踵接地ができず、爪先から接地することになり、何かに躓き転倒やすくなるので最も危険である。



Fig. 1 Comparison between the flexible shaft and worm gear type (left photo) and the servo motor type (right photo) of the assistance apparatuses

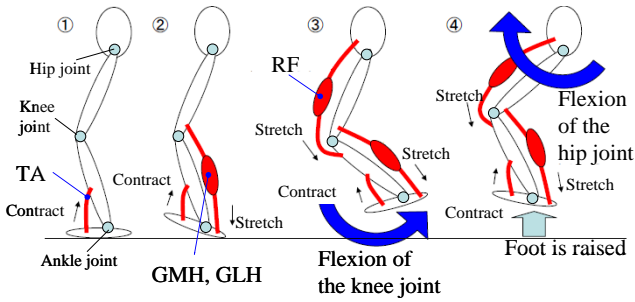


Fig. 2 Mechanism to raise a foot by dorsiflexion assistance

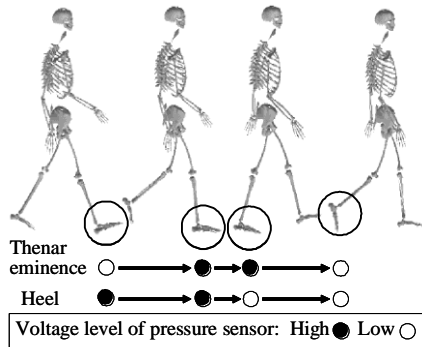


Fig. 3 Measurement of walking phase

そこで、立脚終期に地面を蹴った後、遊脚期に足関節を背屈させることにより、踵接地を実現する。また、人体の伸張反射という生理現象と、二関節筋という構造を活用する。遊脚期の図2に示すように、足関節背屈を装置によって行うことにより腓腹筋が大腿骨を引き、さらに大腿直筋が大腿部を引き上げ、結果として脚部を上昇させる。これを図3のように歩行位相を足裏の感圧センサで把握し遊脚初期に行くと、股関節膝関節の補助用アクチュエータがなくとも足が上がり、次の一步を踏み出しやすくなる。

1-3 運動促進を目的とした足関節補助機の開発

高齢者や軽度麻痺患者の場合、両足に装着するべきであること、足関節の内外旋を抑制しない構造、小形・軽量・手軽に装着できることなどが必要であり、これらを満たす装置として、図1右のような補助機を開発した。本装置は、模型用サーボモータ、リチウムポリマーバッテリーを用い、工作用マイコン Arduino にて制御する。この装置の製作費用は原価で数万円程度であり、かつ総重量は1.6kgである。制御モードは2つ用意し、オールラウンドモードは、各足の足裏荷重および重心位置により適宜足関節を動作する。例えば、起立時は両足とも中心が前に行くがそのときは底屈補助、といったように、歩行以外の動作にも適宜対応可能である。もう一方は、歩行に特化したウォークモードであり、歩行位相に応じて足関節目標角度変化データに追従させる。使用者の動作、状況に応じて各モードを選択する。

3. 足関節補助による動作補助機の開発

20代、40代、60代の健常者に対し、開発した補助機の効果を確かめるため、歩行速度変化を計測した。トレッドミル上にて歩行し、そのときの自分にとって望ましい速度に適宜調整し、その結果を当人に見せずに第三者が記録した。その結果、年齢が上がるにつれ、装着により歩行速度が上がり、かつ全員が装着歩行後装置がなくても速度が上昇した(図5)。また図6より装置装着で筋活動は若干減少が確認できた。

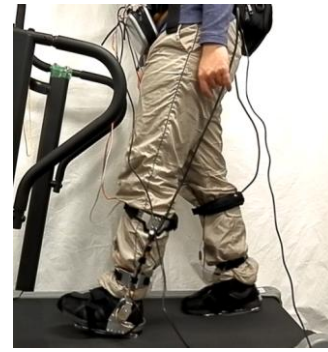


Fig. 4 Measurement experiment of the assistance of the ankle joint while walking on a treadmill

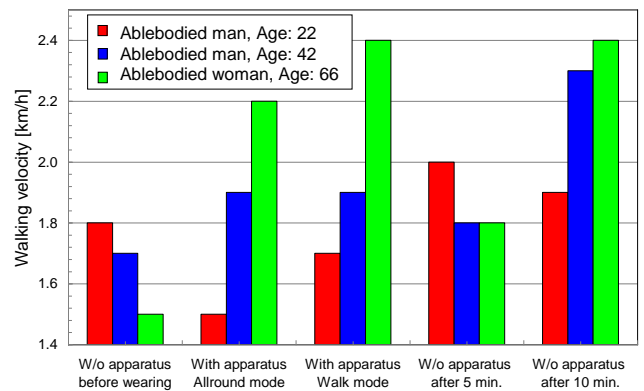


Fig. 5 Results of the measurement experiment of the variation of the walking velocity while walking on a treadmill

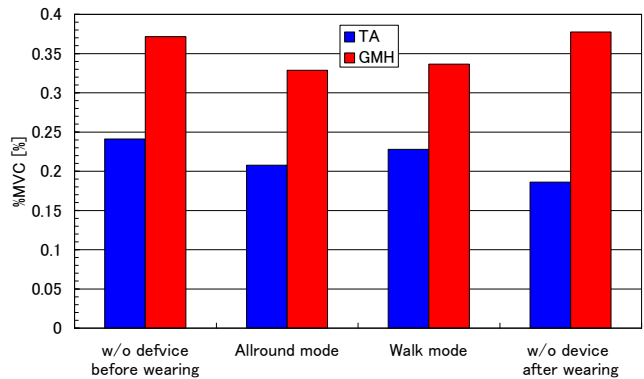


Fig. 6 Results of the measurement experiment of the muscle activity while walking (Target: Ablebodied man, Age: 42)

4. 結 言

高齢者・軽度麻痺患者の運動促進用として、小形軽量安価な足関節動作補助機を開発し、歩行速度上昇、筋活動低減の効果を確かめた。今後各種動作での評価を行う。

参考文献

(1) 籾拓郎・弓削類・田中英一郎他7名, 歩行補助ロボットを用いた脳卒中後歩行障害へのアプローチ, STROKE 2015, I9卒中O-03906, (2015).
 (2) H. Kimura, E. Tanaka, L. Yuge, Clinical Application of Robotic Orthosis for Patients with Lower Limb Paralysis, Inclusion, Participation & Empowerment (ISPO 2013) World Congress, p. 82, (2013).