

氏名	布施郁子		
学位の種類	博士(医学)		
学位記番号	甲第1224号		
学位授与の日付	2020年3月8日		
学位論文題名	Gait reconstruction using the gait assist robot WPAL in patients with cervical spinal cord injury 「歩行支援ロボット WPAL を用いた頸髄損傷者の歩行再建」 Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science. 2019;10:88-95		
指導教授	大高洋平		
論文審査委員	主査教授	園田	茂
	副査教授	廣瀬	雄一
	教授	八谷	寛

論文内容の要旨

【緒言】

脊髄損傷者において、車いすを実用的移動手段として日常生活活動が自立する例は多い。しかし長期間の車いす生活は、褥瘡、骨粗鬆症、関節拘縮など様々な医学的問題の原因となる。また、健常者よりも低い目線で生活を続けることが脊髄損傷者のストレスとなることもあり、立位・歩行へのニーズは大きい。

脊髄損傷者の歩行再建実現のために、様々な装具が開発されてきた。これらは外側系と内側系に分類される。また、従来の装具の問題点を解決し、実用レベルの平地歩行を達成するために、世界中で歩行支援ロボットの開発が進んでいる。その多くは外側系装具の構造に動力を付加した外側系歩行支援ロボットである。

著者等らは、2005年より装着型歩行支援ロボットWearable Power-Assist Locomotor (WPAL)の開発を行ってきた。これまで主に對麻痺者の歩行再建に利用してきたが、内側系構造を採用したWPALは、外側系歩行支援ロボットよりも立位安定性が高いと考えられ、頸髄損傷者の歩行再建においても有用な可能性がある。本研究では、頸髄損傷者にWPALを使用して歩行再建を試み、従来の装具と歩行能力について比較することを目的とした。

【方法】

頸髄損傷者でASIA機能障害尺度AまたはBに分類され、内側系装具およびWPALを用いた歩行練習を十分に行った5名を対象とした。

対象者に装具またはWPALを装着し快適歩行速度で連続歩行を行わせ、Functional Ambulation Categories(FAC)、連続歩行時間・距離、歩行速度、ストライド、ケイデンス、3分間歩行におけるPhysiological Cost Index(PCI)、歩行停止時の自覚的運動強度、上肢の疲労度について、装具使用時およびWPAL使用時で比較した。

【結果】

WPAL使用時のFACは、装具使用時より5名中3名で高く、2名で同値だった。

WPAL使用時の連続歩行距離は平均 48.6 ± 27.1 mであり、装具使用時の 14.9 ± 14.7 mに比べて有意に長かった。歩行速度、ストライド、ケイデンスは全例WPALで装具歩行時よりも高かった。連続歩行時間については有意差を認めなかった。

WPAL使用時のPCIは、装具歩行時よりも低く約半分程度であった。自覚的運動強度、上肢の疲労度については有意差を認めなかった。

【考察】

對麻痺者についてはWPAL使用により装具使用時より歩行自立度が有意に高かったと既に報告がなされているが、今回初めて頸髄損傷者においてもWPALの有用性が示唆された。

装具歩行とWPALの歩行で差異が生じた理由は以下の2点が考えられる。

- (1)外部力源の有無の影響：装具歩行で下肢を振り出すためには体幹を前方に移動することが求められるが、体幹の随意性が低い頸髄損傷者においては、体幹を大きく動かすことは困難である。WPALでは、下肢の振り出しは外部力源であるモータによって行われるため、体幹を大きく動かさなくても、高い歩行速度が期待できる。立脚期の体幹移動においても、上肢の力によって体幹を前方に推進しなければならない装具歩行に比べ、WPALではモータによる足関節背屈が体幹の前方移動を助けるため、上肢負担の軽減が期待できる。
- (2)運動学的相違に起因するもの：装具歩行では、遊脚期において膝関節が伸展位で固定されているため、遊脚のクリアランスを確保するためには、反対側へ体幹を側屈させるなどの代償動作が必要となり、歩行補助具を操作する上肢への負担が大きい。遊脚期における膝関節屈曲と足関節背屈がこのような代償動作の軽減につながるため、WPALによる遊脚期の股関節・膝関節・足関節の連動した制御は、これに応えるものと期待される。

本研究の限界として症例数が少ないことが挙げられるが、初めて内側系歩行支援ロボットであるWPALが、對麻痺患者だけでなく頸髄損傷患者においても、従来の装具に比較して歩行再建に有用である可能性が示唆されたことは意義がある。

論文審査結果の要旨

歩行支援ロボットWearable Power-Assist Locomotor(WPAL)による頸髄損傷者の歩行再建の可能性が発表された。

American Spinal Injury Association(ASIA)機能障害尺度 A または B に分類され、内側股継手付き両長下肢装具およびWPALを用いた歩行練習を十分に行った頸髄損傷者5名(C7高位残存2名、C6高位残存3名)が対象であった。WPALにより3名が歩行自立した。歩行指標、3分間歩行のPhysiological Cost Index(PCI)が装具およびWPAL使用時で比較された。WPAL使用時の連続歩行距離は装具使用時に比べて有意に長く、歩行速度、ストライド、ケイデンスは全例WPALで装具歩行時よりも高く、PCIはWPAL使用時が装具歩行時の約半分程度であったと説明された。

質疑では、胸髄損傷など他の障害レベルとの比較、更には他のロボットとの比較を行うことでさらに有用な知見が得られる可能性が議論された。また、立位姿勢をとることによる歩行再建以外のメリットについても検討する余地があるとの指摘があった。

これまでロボットによる頸髄損傷者の歩行再建の報告は非常に少なく、頸髄損傷者におけるロボットによる歩行再建の可能性を示したことは意義があり、本研究は学位論文として適切であると判断された。