

無動力歩行支援機 ACSIVE が運動機能障害者の歩行機能へ与える即時的効果

Immediate effect of non-powered walking support machine ACSIVE
on walking function in patient with walking disability

○ 宇野健太郎（昭和病院） 小川紘幸（モラトリエ・デ・トレー）

馬場史帆（昭和病院） 藤嶋厚志（門司病院） 田中恩（昭和病院）

Kentarō UNO, Showa Hospital
Hiroyuki OGAWA, Moratorie De Tore
Shiho BABA, Showa Hospital
Athushi HUIJISIMA, Moji Hospital
Megumi TANAKA, Showa Hospital

Abstract: Engineering assistive devices for walking are mostly large-scale and their functions are complicated. Hence, in everyday life and rehabilitation training, their devices are often difficult to use. ACSIVE is the powerless walking support machine which does not have a control mechanism. This has been developed based on a passive walking theory. Compared to other devices, it is small and lightweight. Thus, its clinical usefulness is superior. However, the results of ACSIVE for walking function is not inconclusive. Therefore, in this study, I verify and report a temporary effect that the mechanism support legs ensue by motions of springs and pendulums on affected people who have immobility with ACSIVE.

1. 背景

歩行は理学療法士として援助する機会が多く、改善の要望が高い動作である。歩行に対する工学的支援機器は、その大半が大型で機能が複雑なため、日常生活及びそれを支援するリハビリテーションで使用困難なことが多い。ACSIVEは「受動歩行」理論¹⁾に基づき名古屋工業大学(以下、名工大)佐野と今仙技術研究所が共同開発した無動力の歩行支援機である。受動歩行機 (Fig.1) は、センサ (感覚器) およびアクチュエータ (筋肉) を有しておらず、制御 (脳) も使っていない²⁾。これをもとに開発された ACSIVE (Fig.2) はバネと振り子の動きが作用し、脚の振り出しを支援する機械であり、小型・軽量な特徴から臨床での実用性が高い。しかし、ACSIVE が歩行機能に与える効果は、これまで十分に明らかにされていない。そこで本研究では、ACSIVE を用いてバネと振り子の動きにより脚の振り出しを支援する機構が、運動機能障害者の歩行機能へ与える即時的効果を検証したため報告する。



Fig. 1 受動歩行機

2. 対象

当院回復期リハビリテーション病棟入棟患者 8 例。その中でデータの抽出が可能であった 7 例 (男性: 3 例, 女性: 4 例), 年齢 68.9 ± 14.9 歳で疾患は限定せず (脳卒中, 大腿骨近位部骨折, TKA 等), 独歩または杖歩行が自力で可能な患者を対象とした。



Fig. 2 無動力歩行支援機 ACSIVE

3. 倫理的配慮, 説明と同意

対象者には研究の趣旨を説明し、同意を得た。また当院倫理委員会の承認及び指示に従い研究を行った。

4. 方法

ACSIVE を下肢障害側に装着し 10 分間の歩行練習の前後で 10m 歩行テストを行い、練習前後の歩行パラメーターの比較検討を実施した。10m 歩行テストは最大歩行速度を用い、3 回計測し平均値を採用した。歩行計測を行っている間、対象者の腹部 (第 2 仙椎レベル) に加速度センサーを内蔵した小型センサー見守りゲイト (株式会社 LSI メディエンス社製) を装着し、歩行時の体幹加速度計測を行った。

また ACSIVE 装着側遊脚後期時の股関節屈曲角度及び膝関節伸展角度を 2 次元動作解析装置（株式会社ダートフィッシュジャパン社製）を用いて計測した。比較検討項目は、歩数、時間、上下左右移動のばらつきを示す%CV、股関節屈曲角度、膝関節伸展角度とし、練習前後の比較を実施した。

統計解析は練習前後の各計測値を対応のある Wilcoxon 符号付順位和検定を用いて実施した。

5. 結果

全ての項目において有意差を認めなかった ($p>0.05$)。歩数に関しては $r=0.16$ （練習前 20.6 歩，練習後 19.6 歩）で若干改善傾向であり，%CV は $r=0.3$ （練習前 6.3，練習後 5.5）でやや減少傾向であった。股関節屈曲角度は $r=0.28$ （練習前 152° ，練習後 154° ）であり若干拡大傾向にあった。膝関節伸展角度に関しては，有意ではなかったが，ケースによっては伸展角度の改善がみられた（Fig. 3）。

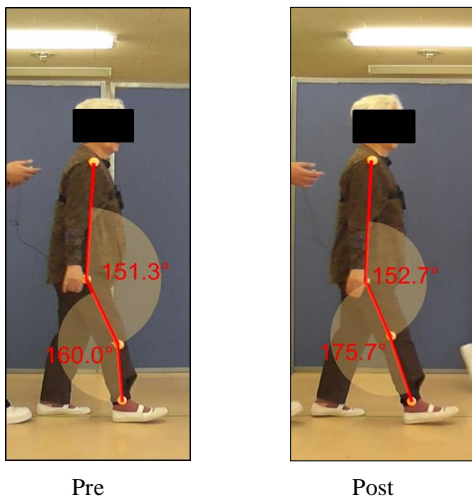


Fig. 3 練習前後の遊脚後期時の股・膝関節角度

6. 考察

今回の研究では，練習前後で歩行機能において有意な差を認めなかったが，歩数及び%CV，遊脚後期の股関節屈曲角度で若干の改善傾向を示した。歩行練習自体の運動学習効果の点を排除できないが，改善傾向を示した要因について以下に考察する。

ACSIVE は受動歩行を原理としており，受動歩行は股関節，膝関節を軸とする 2 重の振り子運動を利用し，少ないエネルギーを用いて効率よく歩く方式¹⁾としている。遊脚後期時の股関節屈曲角度の増加の要因については，立脚後期時に ACSIVE のバネの弾性によって蓄えられたエネルギーが，大腿部の振り出しエネルギーを増大させたと考えられる。また受動ロボットの遊脚側膝関節伸展屈曲は，前方に倒れるに従って，遊脚大腿部と支持脚の遊脚膝への力学的作用が，屈曲方向（負）から伸展方向（正）へと変化する³⁾とされており，大腿部の振り出しエネルギーの増大が下腿部の振り出しを導き，振り子運動，または力学的作用も相まって，膝関節伸展角度の改善に繋がったケースも存在したと思われる。

次に上下左右移動のばらつきを示す%CV の減少に関しては，股関節屈曲角度が拡大することにより，下肢の振り出しに要していた努力的な上半身の上下左右変位が減少したと思われる。また受動歩行には周期運動が永久的に行えるリミットサイクル（閉じた軌道）が存在する²⁾。リ

ミットサイクルが安定となる場合，状態がリミットサイクルから離れても定常状態に引き込まれる（引き込み現象）。この引き込み現象が体幹動揺の安定化に寄与した可能性も考えられる。

これらの効果により，歩数が減少し，歩行効率向上に繋がったのではないかとと思われる。

本研究の限界として，ACSIVE の効果なのか，歩行練習の効果なのかの判別ができていないこと，または効果を認める対象の検討ができていないことが挙げられる。以上を含めた検討が今後さらに必要である。

7. 結論

ACSIVE を使用し 10 分間の歩行練習を行うことで，歩行パラメーター（歩数減少，上下左右移動のばらつき，遊脚側遊脚後期時の股関節屈曲角度）に若干の改善がみられた。

参考文献

- (1) T. McGeer, Passive Dynamic Walking, The Int. J. of Robotics Research, vol. 9, No. 2, pp. 62-82, 1990.
- (2) 佐野明人, 池俣吉人, 歩行現象の力学原理から見たヒトの歩行, バイオメカニクス学会誌, Vol. 30, No. 3, pp. 119-122, 2006.
- (3) 池俣吉人, 佐野明人, 受動歩行における脚の振り運動に関する基礎的研究, 日本機械学会論文集, Vol. 74, No. 738, pp. 365-371, 2008.