

痙直型片麻痺児の内反尖足に対し腓腹筋延長と 長母趾屈筋腱背側移行術併用例の術前後の歩行解析評価

北海道立子ども総合医療・療育センター整形外科

藤田裕樹・道家孝幸・松山敏勝

要旨 痙直型片麻痺の脳性麻痺児4例4足に腓腹筋延長と長母趾屈筋腱背側移行術を行い、術前後で歩行解析を施行した。矢状面での下肢各関節の角度、モーメントおよび遊脚期のクリアランス評価を行った。GCL単独手術群の両麻痺4例4足を対照として評価した。GCL+FHL移行群では立脚終期での膝関節の角度は $-7.6 \pm 4.3^\circ$ から $-2.9 \pm 3.5^\circ$ へと有意に改善した。同時期の足関節の背屈角度も、 $-5.5 \pm 5.1^\circ$ から $12 \pm 7.1^\circ$ へと有意に改善した。前遊脚期の足関節の角度は $-31 \pm 3.8^\circ$ から $-10 \pm 4.8^\circ$ へと有意に改善した。クリアランスは平均で1.6cmの上昇を認めたが、GCL群では有意な改善は認めなかった。足関節モーメントではGCL+FHL移行群で立脚初期の背屈モーメントの産生が得られたが、GCL群では検出されなかった。GCL+FHL移行群ではkinematicおよびkineticな改善を認め、移行腱が背屈筋として作用した可能性も示唆された。

はじめに

2001年Roddaら⁷⁾は痙直型片麻痺の尖足歩行の治療アルゴリズムを提示した(図1)。しかし、いずれの場合でも腓腹筋延長(以下、GCL)の術後に短下肢装具の使用を推奨している。遊脚期の背屈が得られず、底屈抑制のため短下肢装具の必要性を指摘している。この点を改良する手術法として小野¹⁾、廣島ら²⁾はGCLに加えて長母趾屈筋腱の背側つまり第4中足骨基部への移行(以下、FHL移行)術を報告している。装具なしで遊脚期の背屈コントロールが得られ良好となった報告をしているものの、移行腱の作用機序の詳細な検討はなされていない。そこで今回我々は、GCL+FHL移行群とGCL単独群(以下、GCL群)の歩行解析を行い、移行腱の評価を試みたので報告する。

対象と方法

対象は、2009年3月から2011年3月までに当センターにてGCL+FHL移行術を施行した痙直型片麻痺の脳性麻痺(以下、CP)児と、GCLを単独で施行した両麻痺児で術前後に歩行解析が可能であった症例である。それぞれ4例4足を対象とした。GCL+FHL移行群は全例男児かつ左片麻痺であり、手術時の平均年齢は7.0歳(5~11歳)であった。GCL群は、男児2例と女児2例で手術時の年齢は平均6.8歳(5~9歳)であった。GCL群は全例両足部に対して手術を施行したが、全例左麻痺であったGCL+FHL群との比較のため左足部のみを調査対象とした。

当センターでは、膝関節伸展位における足関節背屈角度が 0° 以下であれば拘縮があると判断しGCLの適応としている。さらに膝屈曲位での足関

Key words : spastic hemiplegia(痙直型片麻痺), equinovarus foot(内反尖足), gastrocnemius lengthening(腓腹筋延長), FHL transfer(長母趾屈筋腱移行), gait analysis(歩行解析)

連絡先 : 〒006-0041 北海道札幌市手稲区金山1条1-240-6 北海道立子ども総合医療・療育センター整形外科
藤田裕樹 電話(011)691-5696

受付日 : 平成24年2月27日

Common Gait Patterns: Spastic Hemiplegia

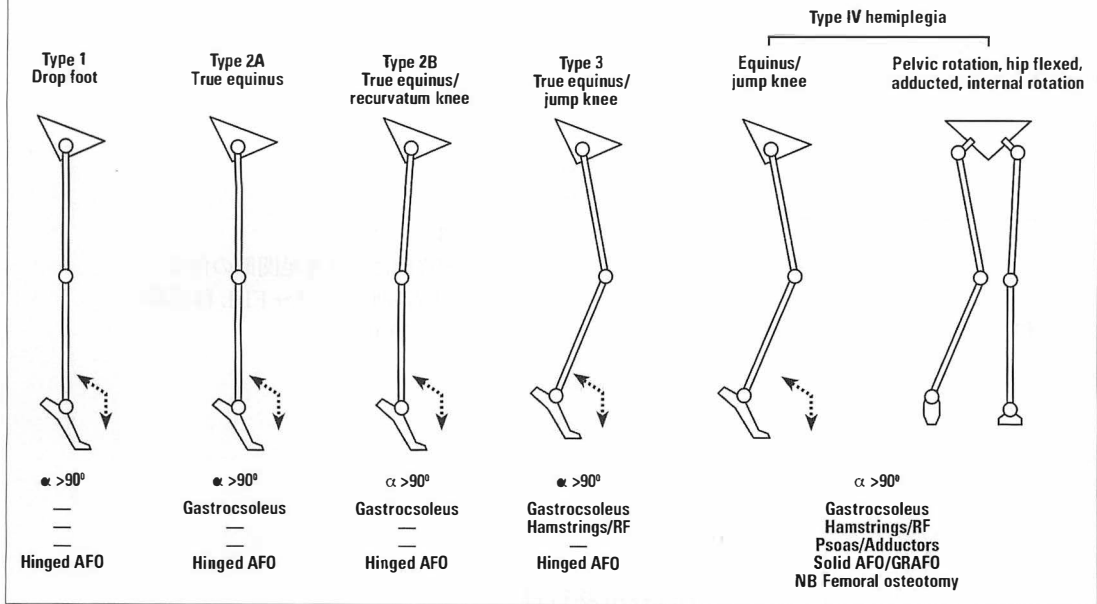
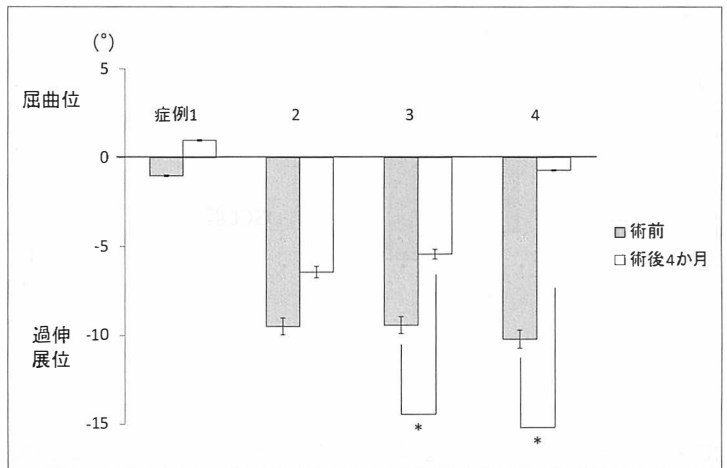


図 1. Rodda の提示した CP 片麻痺における内反尖足の治療アルゴリズム
(Rodda J et al : Eur J Neurol 8 : 98-108, 2001 より引用)

図 2.
立脚終期における膝関節の角度
(最大伸展時: GCL+FHL 移行群)
* : $p < 0.05$



節背屈角度が 0° 以上であれば Vulpus 法を, 0° 未満であれば Baker 法を選択している。本研究においては全例 Baker 法の適応であった。また片麻痺症例には移行術を追加する方針とした。

GCL+FHL 移行群の後療法は, 術後1週間は膝上ギプスとしその後5週間は膝下ギプスに変更し, その間はギプス装着下での筋力訓練を施行した。術後6週を経てギプス除去後より足関節の可動域訓練, 荷重訓練を開始した。一方 GCL 群の後療法は, 術後4週間の膝下ギプスとした。ギプス除去後は GCL+FHL 移行群同様のプロトコール

とした。

GCL+FHL 移行群は術前および術後4か月時に歩行解析を施行し, GCL 群は術前と術後6か月時に歩行解析を行った。GCL 群では両足部の手術を施行した為, 片麻痺群と比べ異常運動の抑制に時間を要したことから術後検査時期を6か月時に設定した。使用機種はインターリハ社製の VICON MXF 20 および AMTI 社製の床反力計を用いた。身体に33個の反射マーカを装着して, 7台のビデオカメラにて撮影を行った。3歩行周期の平均を算出し, 矢状面での下肢各関節の角度変

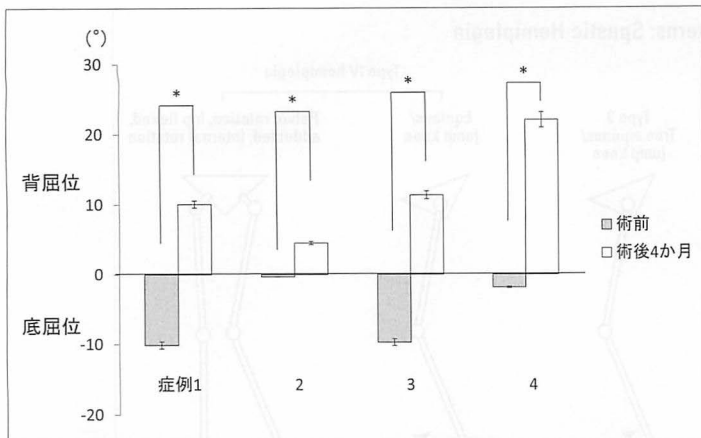


図 3.
立脚終期における足関節の角度
(最大背屈時：GCL+FHL 移行群)
*：p<0.05

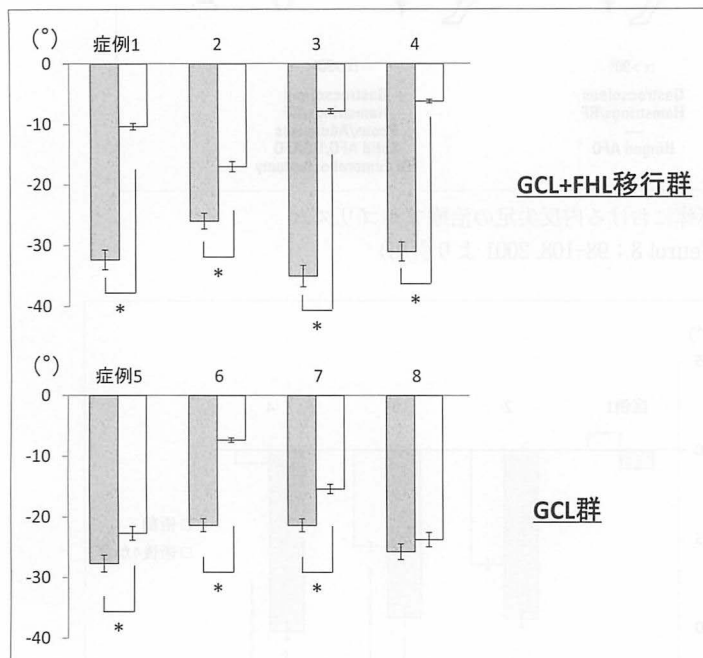


図 4.
前遊脚期における足関節の角度(最大底屈時)
*：p<0.05

化及びモーメント変化，遊脚期の母趾と床のクリアランスを評価した。統計学的解析は *student t-test* を使用し $p < 0.05$ を有意差ありとした。

結果

GCL+FHL 移行群において，立脚終期での膝関節の角度は，術前平均 $-7.6 \pm 4.3^\circ$ と反張膝を呈していた。術後は平均 $-2.9 \pm 3.5^\circ$ と反張膝の軽減を認めた(図 2)。立脚終期での足関節最大背屈角度は，術前平均 $-5.5 \pm 5.1^\circ$ から術後平均 $12 \pm 7.1^\circ$ へと改善した(図 3)。術前の toe-toe gait と，その代償としての反張膝であったことがわかる。前遊脚期における足関節の角度は GCL+FHL 移行群においては術前平均の $-31 \pm 3.8^\circ$ か

ら，術後平均 $-10 \pm 4.8^\circ$ に改善した。GCL 群においては，術前平均の $-24 \pm 3.2^\circ$ から術後平均 $-17 \pm 7.6^\circ$ と十分には改善していなかった(図 4)。遊脚期における母趾と床のクリアランスは，遊脚中期で一旦低下し，その値は GCL+FHL 移行群で術前平均 $6.2 \text{ cm} \pm 1.2 \text{ cm}$ から術後平均 $7.8 \text{ cm} \pm 1.6 \text{ cm}$ と有意に上昇を認めた。一方 GCL 群では，術前平均 $5.0 \text{ cm} \pm 0.19 \text{ cm}$ から術後平均 $5.25 \pm 0.71 \text{ cm}$ と変化に乏しく，症例 5 と 8 では術前よりむしろ低下していた(図 5)。足関節モーメントでは GCL+FHL 移行群および GCL 群ともに術前は底屈モーメントのピークが立脚期の前半にみられ，さらに double bump pattern を呈していた。しかし術後は底屈モーメントのピークが

図 5. 遊脚中期における母趾と床のクリアランス
* : $p < 0.05$

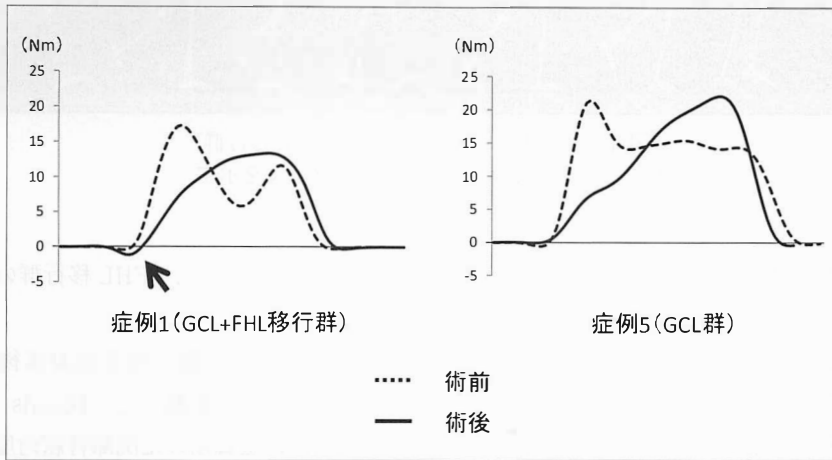
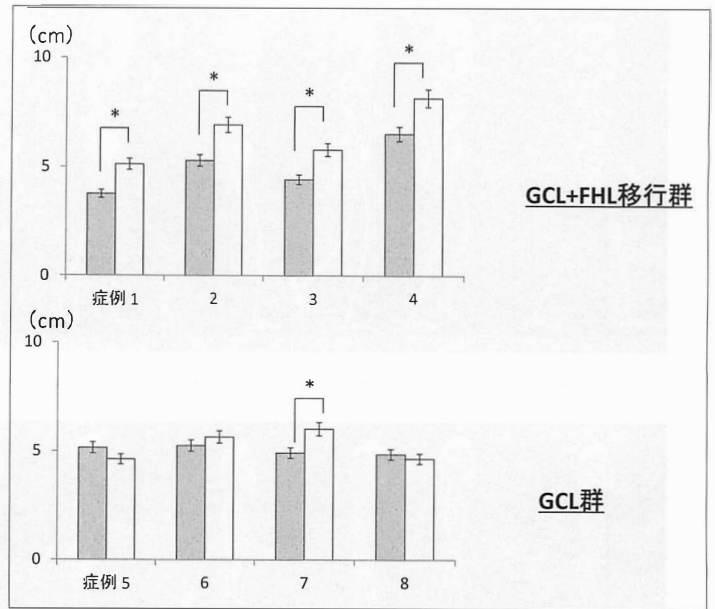


図 6. 立脚期における足関節モーメントの比較
→は背屈モーメントの産生を示す

立脚期の後半に移行し正常に近似した single bump pattern を呈していた。また、GCL+FHL 移行群では立脚初期に背屈モーメントの産生がみられた(図 6)。

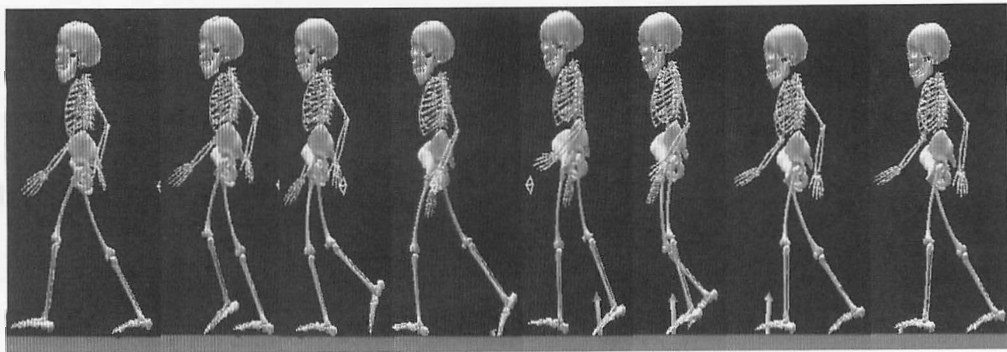
症例 1 の歩行周期モデルでは術前において立脚初期での踵接地がみられず、荷重中心は前足部より出現していた。引き続き全立脚期を通じて荷重中心は前足部に局限していた。前遊脚期では底屈が強くクリアランス不良も呈していた。また、連合反応が出現し、肘が引けて上肢の振りも小さくなっていた。一方術後は立脚初期での踵接地が出現しており、荷重中心は立脚期を通じて後足部から前足部にスムーズに移行している。前遊脚期で

の底屈も改善し、足趾と床のクリアランスも改善した。また上肢の振りも大きくなっていった(図 7)。

考 察

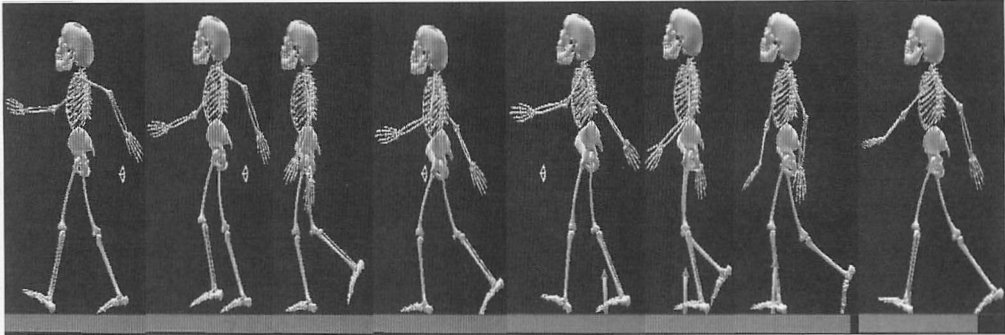
痙直型片麻痺児における歩行解析の報告は 1987 年に Winters⁹⁾ が初めて矢状断での歩容について報告し 4 型に分類した。Rodda らはそれを細分化しかつ治療のアルゴリズムを提示し、治療方針の決定に歩行解析を活用している(図 1)。

手術の評価としての歩行解析の報告では、Lyon ら³⁾ が両麻痺児に対してアキレス腱延長術を施行した結果立脚中期の足関節背屈角度が 10° 以上増加し、足関節モーメントでは single bump



術前

遊脚終期 遊脚中期 遊脚初期 前遊脚期 立脚終期 立脚中期 荷重応答 初期接地



術後

図 7. 症例 1 の歩行周期(GCL+FHL 移行群)
矢印は荷重中心の位置と床反力ベクトルを示す。

patternへ改善したことを述べている。また Park ら⁵⁾は CP の痙直型片麻痺児に軟部手術を行った結果、術前に反張膝のあった群において、全歩行周期で骨盤の回旋に有意な改善を示した。それによると立脚中期の足関節の背屈角度の改善、膝伸展角度の改善を指摘している。いずれも手術効果判定のポイントは、初期接地での踵接地の獲得および立脚終期での足関節背屈角度の改善に向けられている。しかし尖足拘縮要素の強い片麻痺では、初期の踵接地のみならず遊脚期のコントロール不良が術後の歩容の不安定や補装具の必要性に大きく影響する。遊脚期に着目した Tylkowski ら⁸⁾は、CP の片麻痺 13 例、両麻痺 14 例の尖足に対して経皮的アキレス腱延長術を施行し、術前後の歩行解析において遊脚期での足関節の平均底屈角度が有意に改善したと述べている。我々も、歩行周期で足関節が最大底屈をする場面として前遊脚期の足関節の最大底屈角度を評価し、遊脚期における足部の空間位置を明確に提示するものとしてクリアランスの評価をした。その結果、前遊脚期の足関節の最大底屈角、母趾と床のクリアランスは

GCL 群よりも GCL+FHL 移行群の方が有意に改善していた。

Reimers⁶⁾は下腿三頭筋延長術後に足関節の背屈筋力の上昇を指摘した。Davids ら¹⁾は底屈筋の延長術後に遊脚期の足関節背屈角度が改善し、筋電図評価と合わせて、前脛骨筋の筋力が改善したと結論している。本術式においては初期接地時の背屈筋群の遠心性収縮の改善が示唆された。また移行腿が前脛骨筋の背屈補助およびクリアランスの保持に重要な役割を有し、足関節背屈筋として作用した可能性があると考えられる。

今後は、移行腿の動態 MRI での評価や、動作筋電図を用いた歩行周期における移行腿の活動評価が必要と考えている。

まとめ

1) GCL+FHL 移行術を施行した CP の片麻痺 4 例 4 足および GCL を施行した両麻痺 4 例 4 足に術前後の歩行解析評価を行った。

2) GCL+FHL 移行群において立脚終期では膝関節過伸展の減少、足関節背屈の改善が得られ

た.

3) GCL+FHL 移行群において遊脚期では母趾と床のクリアランスが改善した。しかし GCL 群においては有意な変化を認めなかった。

4) GCL+FHL 移行群において立脚期の足関節モーメントでは初期に背屈モーメントの産生もみられ、より正常に近いパターンとなった。GCL 群では初期の背屈モーメントの産生がみられなかった。

文 献

- 1) Davids JR, Rogozinski BM, Hardin JW et al : Ankle dorsiflexor function after plantar flexor surgery in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg* 93-A : e1381-e1387, 2011.
- 2) Hiroshima K, Hamada S, Shimizu N et al : Anterior transfer of the long toe flexors for the treatment of spastic equinovarus and equinus foot in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 8 : 164-168, 1988.
- 3) Lyon R, Liu X, Schwab J et al : Kinematic and kinetic evaluation of the ankle joint before and after tendo achilles lengthening in patients with spastic diplegia. *J Pediatr Orthop* 4 : 479-483, 2005.
- 4) Ono K, Hiroshima K, Tada K et al : Anterior transfer of the toe flexors for equinovarus deformity of the foot. *International Orthopaedics* 4 : 225-229, 1980.
- 5) Park C II, Park ES, Kim HW et al : Soft tissue surgery for equinus deformity in spastic hemiplegic cerebral palsy : effect on kinematic and kinetic parameters. *Yonsei Med J* 5 : 657-666, 2006.
- 6) Reimers J : Functional changes in the antagonists after lengthening the agonists in cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res* 253 : 30-37, 1990.
- 7) Rodda J, Graham HK : Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and diplegia : a basis for management algorithm. *Eur J Neurol* 8 : 98-108, 2001.
- 8) Tytkowski CM, Horan M, Oeffinger DJ : Outcomes of gastrocnemius-soleus complex lengthening for isolated equinus contracture in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 7 : 771-778, 2009.
- 9) Winters TF JR, Gage JR, Hicks R : Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg* 69-A : 437-441, 1987.

Abstract

Gastrocnemius Lengthening with Flexor Hallucis Longus Tendon Transfer for Spastic Hemiplegia in Cerebral Palsy

Hiroki Fujita, M. D., et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Hokkaido Medical Center for Child Health and Rehabilitation

We report the results from gait analysis after gastrocnemius lengthening (GCL) with flexor hallucis longus tendon (FHL) transfer for spastic hemiplegia in cerebral palsy in 4 feet, involving 4 children. Gait analysis included range of motion, moment of the lower limb, and toe clearance in swing phase. These results were compared with those after GCL only, in 4 feet of 4 patients with cerebral spastic diplegia. After GCL+FHL, knee extension was improved from $-7.6 \pm 4.3^\circ$ to $-2.9 \pm 3.5^\circ$, ankle dorsiflexion was improved from $-5.5 \pm 5.1^\circ$ to $+12.0 \pm 7.1^\circ$, and ankle plantar flexion in the swing phase was improved from $-31.0 \pm 3.8^\circ$ to $-10.0 \pm 4.8^\circ$. The toe clearance in the swing phase was also improved by 1.6 cm in elevation. There was improvement in the moment of ankle dorsi flexion in the initial swing phase. After GCL only, there was no significant change in these parameters. These findings suggest that FHL should be added to GCL for improved gait function.