

脳性麻痺癱直型両麻痺児に対する腓腹筋延長術における歩行解析評価

藤 田 裕 樹¹⁾・村 橋 靖 崇¹⁾・松 山 敏 勝¹⁾・山 下 敏 彦²⁾

1)北海道立子ども総合医療・療育センター整形外科

2)札幌医大整形外科

要 旨 癱直型両麻痺患児 8 例 16 足に腓腹筋延長術を行い、その術前後で歩行解析を施行した。評価項目は、初期接地の足関節角度、立脚中～終期での足関節最大背屈角度、前遊脚期での足関節最大底屈角度とした。加えて、非対称性を左右の kinematic data の差の絶対値と定義し、各相の評価を行った。初期接地時の足関節角度は術前の $-15 \pm 7.9^\circ$ 尖足位から、術後は $-1.9 \pm 6.0^\circ$ に有意に改善した。立脚中～終期では、術前 $-3.9 \pm 8.3^\circ$ の尖足位から術後は $7.7 \pm 4.7^\circ$ と背屈の獲得が可能となった。前遊脚期では術前 $-30 \pm 11^\circ$ から術後 $-17 \pm 9.7^\circ$ と有意に改善した。非対称性においては、それぞれ術前より 81%, 83%, 61% の改善を示した。腓腹筋延長術により足関節の kinematic data および非対称性の軽減が得られた。非対称性の定量化は、麻痺性歩行における再建の指標になりうる。

はじめに

当センターでは Gross Motor Function Classification System (以下, GMFCS) の I あるいは II の移動能力を有し、かがみ肢位拘縮のない脳性麻痺 (Cerebral Palsy : 以下, CP) 癱直型両麻痺児で尖足拘縮を有する症例に対しては、腓腹筋延長術 (Gastrocnemius Lengthening : 以下, GCL) を行い、かつその術式は理学所見に応じて Vulpius 法と Baker 法を選択し最終的な歩容の改善を図っている⁴⁾。

本研究の目的は、CP 癱直型両麻痺児の尖足に対して GCL を施行した症例に術前後の歩行解析を行い、同側のみならず対側との非対称性を評価することである。また、歩行解析の有用性および非対称性評価の意義についても検討したので報告する。

対象と方法

2009 年 1 月から 2012 年 4 月までの 3 年間に、足部のみ手術を受けた GMFCS で I, II の CP 癱直型両麻痺の患児は 17 例であり、そのなかで術前後の歩行解析評価が可能であった 8 例 16 足を対象とした。性別は男児 4 例、女児 4 例、手術時平均年齢は 8.0 ± 3.3 歳 (6~15 歳) であった。

術前および術後 6 か月時に歩行解析を施行した。使用機種はインターリハ社製の VICON MXF20 および AMTI 社製の床反力計を用いた。身体に 33 個の反射マーカーを装着して、7 台のビデオカメラにて撮影を行い、結果は 3 歩行周期の平均を算出した。評価項目は、足関節の立脚期の kinematic data とした。立脚期を初期接地、荷重応答、立脚中期～終期そして前遊脚期の 4 相に分けた。そのなかで①初期接地時の足関節背屈角度、②立脚中～終期の足関節最大背屈角度、③前遊脚期の

Key words : cerebral palsy (脳性麻痺), spastic diplegia (癱直型両麻痺), gastrocnemius lengthening (腓腹筋延長), gait analysis (歩行解析), asymmetry (非対称性)

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 : 2013 年 4 月 16 日

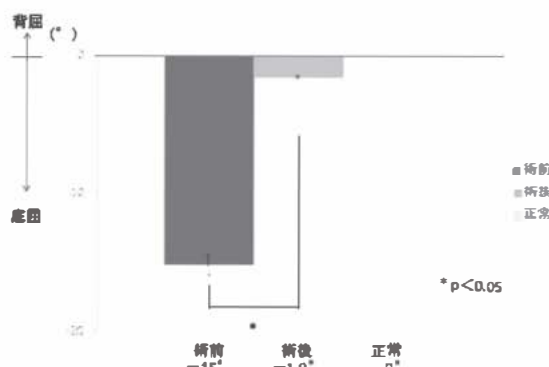


図1. 初期接地における足関節の角度
術前の前足部接地から術後は初期の踵接地の獲得が可能となった。

最大底屈角度の3点で評価を行った。また、①～③の各相における非対称性の評価として左右足関節角度の差を絶対値として算出し、術前後でその改善の有無を評価した。統計学的解析は student t-test を使用し、 $p < 0.05$ を有意差ありと判定した。

結果

正常歩行において初期接地の足関節の角度はニュートラル・ゼロ・ポジションを示し、荷重応答期を経て立脚中期にて5°の底屈位から5°の背屈位にシフトをする。その後立脚終期にかけて最大10°背屈したのち、前遊脚期で15°底屈位まで急速に変化し push off に至る。本研究の結果術前の初期接地時の足関節背屈角度は

$-15 \pm 7.9^\circ$ と底屈位を呈していたが、術後は $-1.9 \pm 6.0^\circ$ と初期の踵接地の獲得を示した(図1)。立脚中～終期の足関節最大背屈角度において、術前は toe-toe gait により最大背屈のピークが立脚中期にみられる異常パターンを示し足関節の角度は $-3.9 \pm 8.3^\circ$ と尖足位を呈していた。しかし術後は $7.7 \pm 4.7^\circ$ と背屈の獲得が可能となり、またそのピークも正常同様の立脚終期にシフトした(図2)。前遊脚期の足関節角度は術前 $-30 \pm 11^\circ$ と drop foot 様の底屈位であったが、術後は $-17 \pm 9.7^\circ$ とほぼ正常化した(図3)。

非対称性の評価では、初期接地時の足関節背屈角度において術前は $12 \pm 7.3^\circ$ の左右差がみられ

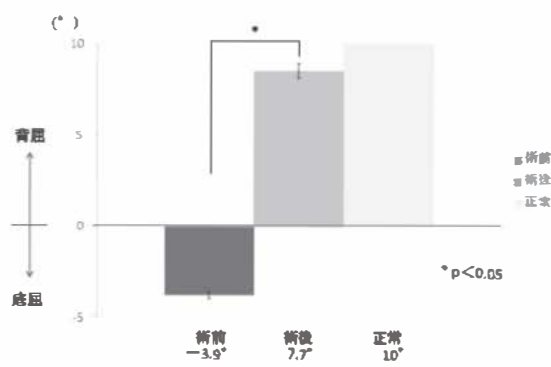


図2. 立脚中～終期における足関節の角度
術後の背屈域の獲得が可能となった。

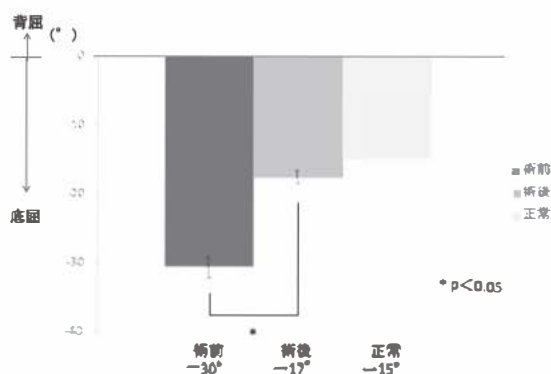


図3. 前遊脚期における足関節の角度
術後底屈角の正常化に伴い遊脚期へのスムーズな移行が示唆された。

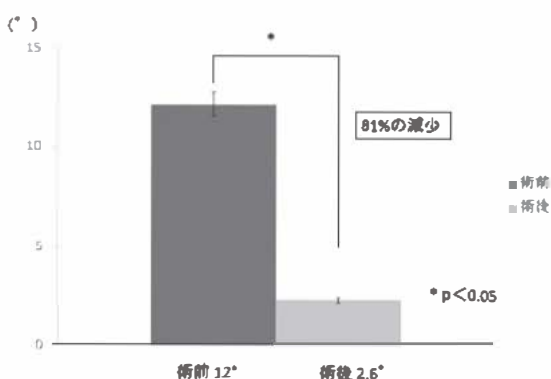


図4. 初期接地における足関節角度の左右差
術前と比較し左右差は有意に減少した。

たが、術後は $2.6 \pm 2.6^\circ$ と有意に軽減した(図4)。立脚中～終期の足関節最大背屈角度では術前 $11 \pm 7.9^\circ$ から術後 $2.3 \pm 1.7^\circ$ と有意に軽減した(図5)。前遊脚期の最大底屈角度では、術前 $10 \pm 9.2^\circ$ から術後 $4.2 \pm 3.3^\circ$ へと左右の kinematic data の差の減少を示したが有意差は認めなかった(図6)。

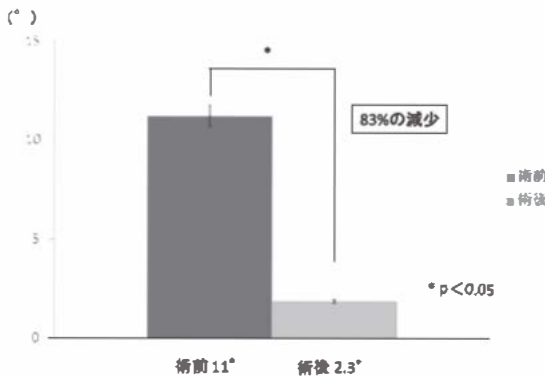


図5. 立脚中～終期における足関節角度の左右差術前と比較し左右差は有意に減少した。

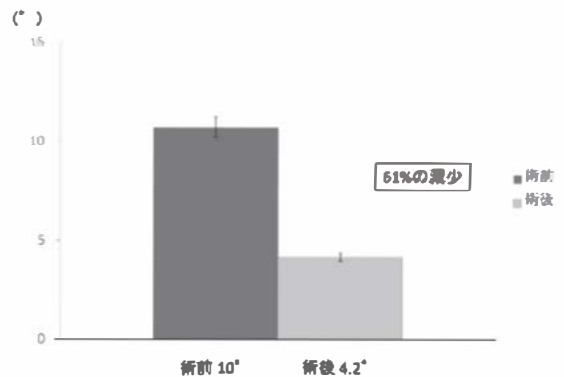


図6. 前遊脚期における足関節角度の左右差術前と比較し左右差は減少したが統計学的有意差は認めなかった。

術前からの改善率は順に81%, 83%, 61%を示した。

代表症例では、6歳男児において術前の足関節の拘縮の左右差により右足はBaker法、左足にVulpus法を施行した。術前は足関節の最大背屈が立脚中期にみられたが、術後はそのピークが両足ともに立脚終期にシフトした。また、術前にみられた非対称性も術後ほぼ消失した(図7)。

考 察

CP直型両麻痺児における歩行パターンとしてSutherlandとDavidsらは歩行解析を利用して矢状断での膝の動きに準じてjump knee, crouch knee, stiff knee, recurvatum kneeの4型に分類し広く利用されてきた⁷⁾。Roddaらは足関節の評価も加え、かつ治療のアルゴリズムを確立した⁶⁾。Wrenらは、88例のコントロール群に対して歩行解析を施行した90例を比較し、歩行解析によって治療決定をすることの有意性を示した⁸⁾。歩行解析は、これまでの評価ツールとしての存在から、surgical decision makingのツールとする報告も散見されその使用目的も拡大している。

CP直型両麻痺児に対する手術療法前後の歩行解析評価として、Baddeleyらは立脚中期で足関節の最大背屈角度を呈した患児に腓腹筋-ひらめ筋延長術を施行し、術後は背屈のピークが立脚終期に正常シフトをしたことを示している¹⁾。Lyonらは、アキレス腱延長術を施行した結果では、立

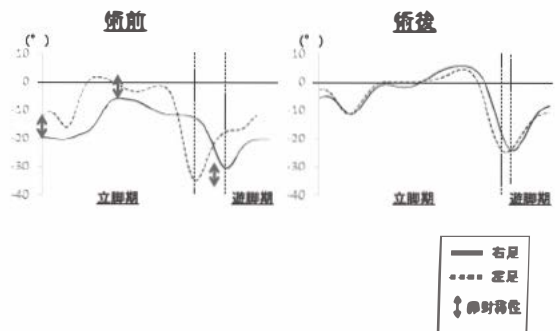


図7. 足関節のkinematic data(6歳男児)

右足 Baker 法, 左足 Vulpus 法

術前後において非対称性は改善し、最大背屈が立脚終期へとシフトした。

脚終期の足関節背屈角度が10°以上増加し、足関節モーメントにおいてはdouble bump patternを呈していた術前に比べ、術後はsingle bump patternに改善し、かつモーメントのピークも立脚終期に移行したことを述べている⁵⁾。これらの短期成績の報告に加え、Dreherらは、腓腹筋-ひらめ筋の筋内切腱術において、その術前、術後1年、3年、9年と長期的な歩行解析評価を行い、初期接地時の足関節の背屈角度は術前-7°であったのが術後9年では-2°、立脚期の足関節の最大背屈角度は術前の4°から術後9年で12°と長期的なkinematic dataの維持について満足いく結果であったと述べている³⁾。自験例においても術後6か月の短期成績ではあるもののkinematic dataにおいては過去の報告同様の改善が得られた。今後は、術後の中長期的なBaker法の効果および

維持の評価が必要と考える。

非対称の定義は広範であり、またどの項目が歩行評価により重要であるかの明確な指標はない。我々は、歩行再建の評価項目として立脚期の kinematic data が頻用されていることより同相のデータの非対称性に着目した。しかし、評価項目として非対称について述べた報告は渉猟できた範囲で1件であり、Böhmらは、VICON MX 機種を用いて手術を受けていないCPの歩行解析を行った。彼らは非対称性の評価を kinematic data の左右差の絶対値として定義し、非対称性は walking よりも running で、両麻痺児よりも片麻痺児でいずれも顕著になると述べている²⁾。当センターでは彼らの報告に準じて評価し、術前後の非対称性が有意に改善したことを提示した。これまでCPに対する術前後の非対称性の報告はないが、麻痺性疾患の歩行再建においては非対称の改善は重要な課題であると考えられる。非対称性の基準値は存在しないが、今後足関節の kinematic data のみならず股関節・膝関節また kinetic data も利用して非対称性を定量化することにより、病態、重症度、術前後の評価ツールとなる可能性があると考ええる。

結論として、痙直型両麻痺児の術前後の評価ツールとして歩行解析は有用であり、評価項目としての非対称性も今後項目を拡大して検討する必要があると考える。

結 語

- 1) CP 痙直型両麻痺児で尖足歩行を呈した8例16足に対してGCLを行い、術前後の歩行解析評価を施行した。
- 2) GCLにより立脚期における初期接地の背屈角度、中～終期での最大背屈角度、前遊脚期での最

大底屈角度が有意に改善した。

- 3) GCLにより術前後の非対称性が有意に改善し、麻痺性歩行における歩行解析を用いた非対称性の評価の意義を示した。

文献

- 1) Baddar A, Granata K, Damiano DL et al: Ankle and knee coupling in patients with spastic diplegia : effects of gastrocnemius-soleus lengthening. J Bone Joint Surg **84-A** : 736-744, 2002.
- 2) Böhm H, Doderlein L : Gait asymmetries in children with cerebral palsy: Do they deteriorate with running? Gait & Posture **35** : 322-327, 2012.
- 3) Dreher T, Buccoliero T, Wolf SI et al: Long-term results after gastrocnemius-soleus intramuscular aponeurotic recession as a part of multilevel surgery in spastic diplegic cerebral palsy. J Bone Joint Surg **94-A** : 627-637, 2012.
- 4) 藤田裕樹, 金谷久美子, 松山敏勝: 脳性麻痺児の尖足歩行に対する手術療法. 日小整会誌 **20** : 410-414, 2011.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) Sutherland DH, Davids JR: Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. Clin Orthopaedics Related Res **288** : 139-147, 1993.
- 7) Wren T AL, Otsuka NY, Bowen RE et al: Influence of gait analysis on decision-making for lower extremity orthopaedic surgery : Baseline data from a randomized controlled trial. Gait & Posture **34** : 364-369, 2011.

Abstract

Gastrocnemius Lengthening in Spastic Diplegic Cerebral Palsy Assessed Using Gait Analysis

Hiroki Fujita, M, D., et al.

Dept. of Orthop Surg., Hokkaido Medical Center for Child Health and Rehabilitation

We report the findings from gait analysis to assess the efficacy of gastrocnemius muscle lengthening for treating spastic diplegia cerebral palsy in 8 children. Gait analysis was performed before and after gastrocnemius lengthening in all 16 feet. We evaluated the range of motion of the ankle at the initial contact phase, at the mid-to-terminal phase, and at the pre-swing phase. Gait asymmetry was defined as the absolute value of the difference between the right and left, and assessed in the three phases. Ankle range of motion was improved from $-15.0 \pm 7.9^\circ$ to $-1.9 \pm 6.0^\circ$ in the initial contact phase, from $-3.9 \pm 8.3^\circ$ to $7.7 \pm 4.7^\circ$ in the mid-to-terminal phase, and from $-30.0 \pm 11.0^\circ$ to $-17.0 \pm 9.7^\circ$ in the pre-swing phase. Gait asymmetry was significantly decreased by 81% in the initial contact phase, and by 83% in the mid-to-terminal phase. These findings suggest that gastrocnemius lengthening was effective in treating equinus foot in spastic diplegic cerebral palsy. The qualification of gait asymmetry could be useful in assessing paralytic gait.