

患肢温存的回転形成術における義足歩行の特徴について

郷貴博¹, 江原義弘¹, 佐藤豊², 霜鳥大希³

¹新潟医療福祉大学

²総合リハビリテーションセンター・みどり病院

³インターリハ株式会社

【要 旨】

近年、歩行分析を目的とした動作解析装置の開発が進められ、義肢装具分野においてもその義肢装具の機能や介入による効果の評価に関して、経験則による主観的評価ではなく、専用機器を用いた客観的評価が推奨されている。今回は、三次元動作解析装置を用い、下腿切断に匹敵する歩行能力が得られる治療方法とされてきた患肢温存的回転形成術の義足歩行を計測し、本術式の義足歩行における特徴を考察した。計測結果より、回転形成術は大腿義足歩行と比較し、その歩行形態は下腿義足に類似しており、左右対称性の優れた歩行であった。また下肢の筋・関節運動という観点においても、大腿義足特有の波形は少なく、下腿義足または正常歩行に類似したものであった。しかしそのような利点がある一方で、その特殊な術式による問題点も多く、左右の膝関節軸位の相違から、一歩行周期中にそれを補う代償動作を行っていることがわかった。またその不自然な外観も大きな問題であり、義肢装具士を含めたセラピストが改めて理解を深めることが重要であり、大きな利点をもつ反面、それによる代償を考慮する必要がある術式であることが示唆された。

Key Words : 患肢温存的回転形成術, Rotation-plasty, 義足歩行, 三次元動作解析装置, 歩行分析

1. はじめに

近年における下肢の悪性骨腫瘍に対する外科的治療は、患肢温存手術が多くを占めるようになってきた。その中においても1982年にKotzらの報告した患肢温存的回転形成術(以下, Rotation-plasty)は、従来の外科的治療であれば大腿切断になるであろうところ、下腿切断に匹敵する歩行能力が得られる治療方法とされてきた¹⁾。これを裏付けるためには、主観的評価ではなく専用機器を用いた客観的評価を行う必要がある。義肢装具分野においても補装具が対象者に与える影響や効果に関して、評価者の経験則による主観的評価ではなく、専用機器を用いた客観的評価が理想的とされている。

今回、術後26年の長期経過の症例について、三次元動作解析装置を用いて義足装着時の歩行を計測し、その運動機能、歩行形態を分析した。その結果

より、改めてRotation-plastyの利点および問題点を考察したので報告する。

2. 本症例について

2.1. 切断術と身体的特徴

34歳男性。右大腿骨遠位部骨肉腫。1990年(当時8歳)、新潟大学病院にてRotation-plastyを施行された。これにより腫瘍病巣部の骨・軟部組織を膝関節とともに切除し、本来の足部を180°外旋させ、後ろ向きに再接合し、膝関節として代償し機能させた。そのとき、骨成長を終えた段階で直立位での両側の膝関節軸の高さが一致するように考慮して再接合が行われた。しかし、現在は脚長差を認め、健側の膝関節軸に比べ義足側の膝関節軸(本来の足関節軸)は7cm遠位に位置する(図1)。義足側膝関節の可動域は伸展-5°(本来の最大底屈)、屈曲110°(本来

の最大背屈)であった。義足側膝関節の屈曲・伸展 MMT は 4 であった。

なお本研究は新潟医療福祉大学の倫理審査(承認番号: 17468)を受け, 被験者本人から同意書を得た。

2.2. 義足歴と現行義足

最初の義足は坐骨免荷式の仮義足とし, 歩行訓練等を行い独歩が可能となった。2 本目以降は本来の踵部を中心に荷重支持が可能となったため下腿支持式とした。その後も 2, 3 年毎に義肢の修理, 更新などを行って現在に至っている。

現行の義足は大腿コルセット付きとし, 膝継手には



図1 断端写真(左:前方)(右:側方)

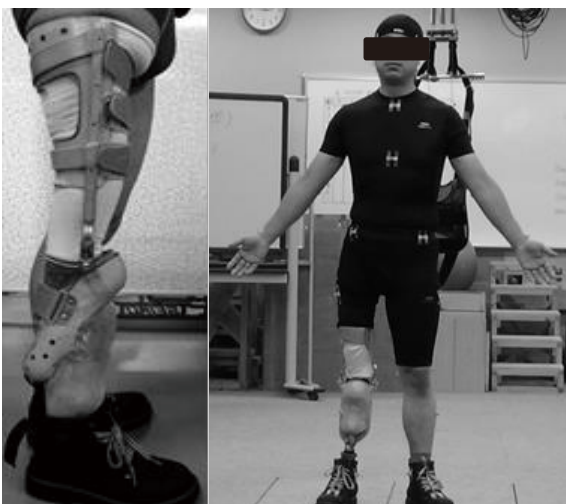


図2 現行義足

図3 計測風景

遊動式継手を用いた。ソケットは足部収納型(皮革・軟性発泡樹脂ソフトインサート)とし, 足部には, 1C61 トリトン VS (Otto Bock 社) を使用している(図2)。

3. 計測

赤外線カメラ 11 台を含む三次元動作解析装置(VICON MX, Oxford Metrics 社)にて計測を行った。全身に 43 個の反射マーカーを貼付し, 義足側マーカーは健側のマーカー貼付位置に相当する義足部品の表面に貼付した。計測時に装着する義足および靴は, 被験者の日常的な歩行を再現するため, 本人が日常生活で使用しているものとした。課題動作は, 被験者の快適速度にて前後 5m の予備歩行距離を設けた床反力計(OR6-6-2000, AMTI 社)上を歩行して頂き, これを 10 試行行った(図3)。計測前には課題動作に慣れて頂くため, 十分な指導・練習を実施した。

また Rotation-plasty の義足歩行と比較分析を行うため, 下腿切断者 1 名(60 代男性, 右下腿切断), 大腿切断者 1 名(20 代男性, 左大腿切断)の同意書を得た上で, それぞれの義足歩行を計測した。計測時の義足および靴は Rotation-plasty と同様に日常生活で使用しているものとし, 計測方法および計測条件についても Rotation-plasty と同条件で行った。

計測データより, Rotation-plasty および下腿義足歩行, 大腿義足歩行における一歩行周期の関節角度(股関節・膝関節・足関節)および床反力三成分(鉛直・前後・左右方向), 関節モーメント(股関節・膝関節・足関節)を算出した。その結果より特徴的な項目を抜粋し, Rotation-plasty の歩行特性について考察した。

4. 結果

表1に Rotation-plasty の歩行時間因子・距離因子についてその 10 試行平均値を示す。また Rotation-plasty における義足側股関節モーメントおよび大腿義足歩行の義足側股関節モーメントについ

て 10 試行中の代表例を図 4 に示す。加えて Rotation-plasty の健側および義足側における関節角度（股関節・膝関節・足関節）の経時的変化について、10 試行中の代表例を図 5 に示す。さらに床反力三成分（鉛直・前後・左右方向）について 10 試行中の代表例を図 6 に示す。それぞれの図は一歩行周期を 100% 正規化したものであり、横軸の原点を初期接地とする。

表 1 歩行時間因子および距離因子

	左足（健側）	右足（義足側）
立脚期（%）	66.9	65.7
歩幅（m）	0.66	0.66
歩行速度（m/s）	1.09	1.03

4.1. 股関節モーメント

Rotation-plasty では、義足側の立脚初期に伸展モーメントを発生させ、その後の立脚中期以降では屈曲モーメントを発生させていた。大腿義足歩行では立脚終期まで伸展モーメントを発生させていた。

4.2. 関節角度

遊脚期において、義足側の股関節最大屈曲角が 11° 、膝関節最大屈曲角が 17° それぞれ健側よりも大きかった。遊脚終期では、膝関節（本来の足関節）が完全伸展した直後に初期接地を迎えていた。股・膝関節において他の時期における角度変化は、一歩行周期を通して義足側は健側と類似していた。

4.3. 床反力

側方成分および鉛直成分については、健側では不規則な変化が現れたが義足側では健常歩行に類似した経時的変化を示した。前後成分については、健側は健常歩行と類似していた。義足側は立脚前期に大きな制動成分があり、立脚後期には推進成分が殆ど現れなかった。

5. 考察

5.1. 股関節モーメント

正常歩行であれば、初期接地から立脚中期までは床反力作用線が股関節の前方を通過するため股関節は伸展モーメントを発生させる。それ以降は、その逆の現象として床反力作用線が股関節の後方を通過するため股関節は屈曲モーメントを発生させる。しかし、大腿義足歩行では、立脚期を通して義足膝継手の不意な屈曲、いわゆる膝折れを防ぐため、意図的に股関節伸展筋を働かせる。この股関節伸展筋による膝継手の随意制御によって、本結果のように股関節伸展モーメントは値が大きかつ立脚終期まで延長される。この点から Rotation-plasty に着目する

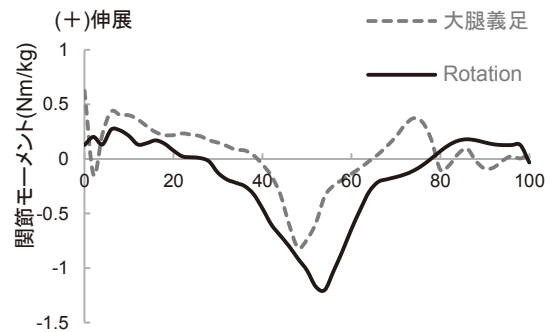


図4 股関節モーメント

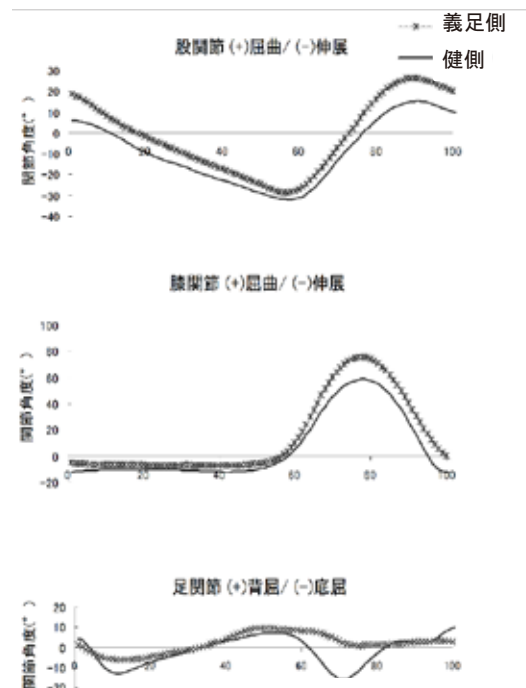


図5 関節角度

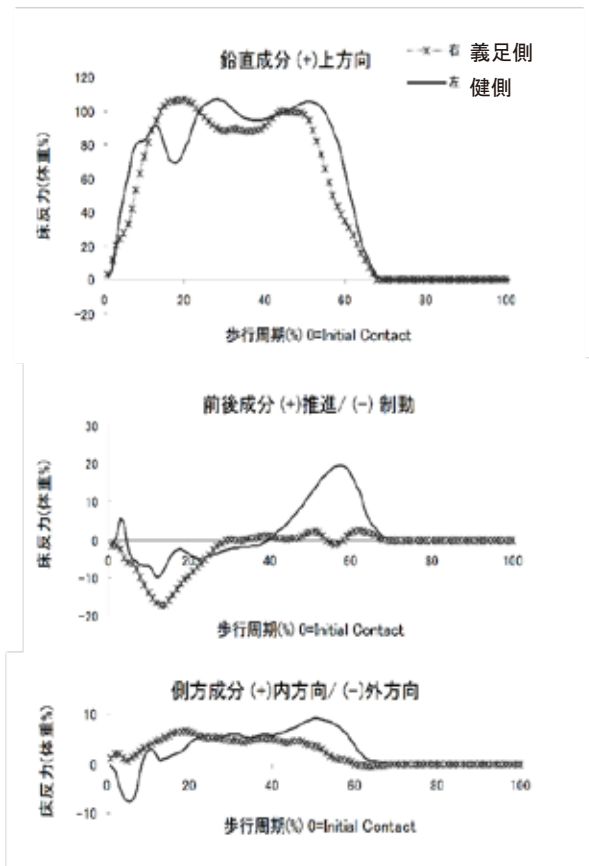


図6 床反力

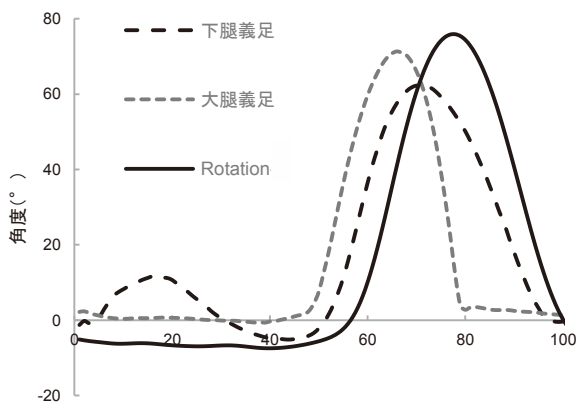


図7 下腿義足・大腿義足・Rotation-plastyの膝角度

と、上記のような大腿義足特有の現象は現れず、義足側立脚中期以降には股関節屈曲モーメントが発生していた。これは、再接合した足部によって膝折れを防いでおり、十分に膝関節の代償を行えていることが示唆された。

5.2. 関節角度

Rotation-plasty の一歩行周期における健側と義足側の経時的変化は互いに類似したものであり、歩行時間因子と距離因子においても左右でほぼ同様の数値を示した。これらのことから、左右対称性に優れ、バランスの取れた歩行形態が可能である筋活動および関節運動であることが示唆された。このように左右対称的に歩行することは大腿義足歩行では非常に困難であり、Rotation-plasty の歩行特徴と言える。

またさらに特徴的な結果として、一般的な大腿義足歩行においては、装着者が初期接地時における義足膝継手の不意な屈曲（膝折れ）を防止するために、遊脚終期において義足膝継手が完全伸展していることを確認し、その後一定期間義足膝継手の完全伸展が続いた後に接地を迎える²⁾。しかしRotation-plasty の義足側遊脚終期における膝関節角度に着目すると、義足側膝関節を最大伸展にした瞬間に初期接地を迎えていることがわかった。これについては、初期接地時の軽度屈曲（ダブルニーアクション）は発生しないものの、その歩行形態が大腿義足より優れたものであることが改めて確認できた（図7）。

一方、遊脚期にて義足側の股・膝関節の屈曲が健側より大きくなった。この要因として、義足側の膝関節軸位が健側膝関節軸位より遠位に位置しているため、この遊脚期に健側と同様の股関節および膝関節角度にて下肢の振り出しを行うとトゥ・クリアランスが減少し、義足足部と床面が接触してしまい、円滑な歩行ができなためと考えられた。そのため、その代償動作として股関節および膝関節を屈曲しトゥ・クリアランスを十分に確保しているものと考えられる。

5.3. 床反力

Rotation-plasty における義足側の側方成分および鉛直成分の変化は健常歩行に類似していた。特に鉛直成分について、大腿義足歩行では健側に荷重を偏移する傾向にあり、義足側の荷重比が低下することが一般的に知られている。このため鉛直方向成分について二峰性が現れず、その値も小さい傾向にある²⁾。しかし今回のRotation-plasty の義足側では明確な二峰性が

出現し、値も健側同様であった。したがって、バイオメカニクスのにも大腿義足より優れた歩行が獲得できているものと示唆された。

前後成分については、義足側の立脚終期から前遊脚期にかけて推進力が得られておらず、義足足部にて十分な蹴り出しが行えていないことがわかった。これに対しては、健側や義足側の股・膝関節等を大きく振り出すことで代償しているものと考えられる。

6. まとめ

今回の歩行は左右対称性に優れ、大腿義足歩行と比較し歩行機能・形態が多面的に優れたものであることが示唆された。とくに股関節、膝関節(本来の足関節)の使い方は正常歩行に類似したものであった。習熟した大腿義足歩行においても、義足側の立脚期が短縮することが一般的である³⁾。これらより、従来から提唱されてきた **Rotation-plasty** の機能的利点が客観的に評価・証明されたものと考えられる。

しかし本症例では、両側の膝関節軸位の不一致により生じるトゥ・クリアランスの減少を股・膝関節にて代償していたと考えられる。したがって **Rotation-plasty** では、骨成長を考慮した足部の再接合が重要である。また、その不自然な外観は大きな問題点であり、今回の症例においてもその受容に苦労した時期があった。化学療法技術の進歩などから本術式は施行されなくなってきたが、改めてその利点・問題点を再認識し、義肢装具士を含めた周囲のセラピストが **Rotation-plasty** の理解を深めることで、対象者の社会生活をサポートすることが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) Kotz, R. and Salzer, M. (1982). **Rotation-plasty for childhood osteosarcoma of the distal part of the Femur.** *J. Bone Joint surg*, 64(A), 959-969.
- 2) 江原義弘, 窪田俊夫, 山本澄子, 他 (1997). 「関節モーメントによる歩行分析」(pp.113-134), 医歯薬出版.

- 3) 徳弘昭博 (1994). 床反力からみた大腿義足歩行の習熟. *日本義肢装具学会誌*, 10(1), 27-31.

< 著者連絡先 >

郷 貴博

新潟医療福祉大学医療技術学部義肢装具自立支援学科

〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町 1398 番地

TEL 025-257-4606

E-mail : go@nuhw.ac.jp