■ 症例研究

外反母趾による歩行時下肢関節への影響

Effect of Hallux Valgus during Gait

小松 宏慈¹⁾ 中尾 成孝¹⁾ 増田 有紀¹⁾
岡久 哲也¹⁾ 近藤 心¹⁾ 西川 幸治¹⁾
大澤 俊文¹⁾ 高田信二郎²⁾ 安井 夏生²⁾

KOUJI KOMATSU¹⁾, SHIGETAKA NAKAO¹⁾, YUKI MASUDA¹⁾,
TETSUYA OKAHISA¹⁾, SHIN KONDOU¹⁾, KOUJI NISHIKAWA¹⁾,
TOSHIFUMI OSAWA¹⁾, SHINJIRO TAKATA²⁾, NATSUO YASUI²⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Tokushima University Hospital: 2-50-1, Kuramoto-cho, Tokushima-shi, Tokushima, 770-8503, Japan. TEL+81 88-633-9313 E-mail: llchildall@gmail.com

²⁾ Orthopedics, Tokushima University Hospital

Rigakuryoho Kagaku 26(5): 717-722, 2011. Submitted May 9, 2011. Accepted Jun. 20, 2011.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to investigate the characteristics of gait in patients with hallux valgus and the effects on the joints of the lower extremities (hip, knee and ankle). [Subjects] The patient was a 69-year-old female diagnosed with rheumatoid arthritis (RA) including hallux valgus. The patient had a chief complaint of pain on the medial side of the right hallux in gait. [Methods] Gait analyses, using the VICON-MX systems were performed preoperatively and postoperatively at 6 months. [Results] The postoperative valgus of knee moments decreased, and valgus of ankle moments had increased on the operated side. The varus of knee moments on the non-operated side was higher than on the operated side. [Conclusion] The results revealed instability in the lateral direction of the lower extremity with deformity of the foot. Hallux valgus associated with valgus knee deformity on the operated and varus on the non-operated side is a potential cause of osteoarthritis of the knee. We should be careful not only to prevent the recurrence of hallux valgus on the operated side but also osteoarthritis of the knee on the opposite side. These results are useful indicators for rehabilitation management of hallux valgus.

Key words: three-dimensional motion analysis, hallux valgus, Oxford foot model

要旨:〔目的〕外反母趾症例の変形矯正術前後で下肢関節に与える影響を解析する。〔対象〕関節リウマチ、外反母趾と診断された69歳女性とした。主訴は右母趾外側の歩行時疼痛だった。〔方法〕3次元座標計測機器 VICON-MX systems を使用し、術前と術後6ヶ月での歩行解析を行った。〔結果〕術後の他下肢関節への影響は、非術側（左）膝関節内反モーメントが術側（右）より高く、術後、術側（右）足関節外反モーメントの増大がみられた。〔結語〕本症例は外反母趾変形矯正術により、右母趾の歩行時疼痛は消失し、外反母趾変形の矯正により母趾可動範囲が拡大し、歩容の改善がみられた。術前の異常歩行（術側（右）への重心偏位）は残存しており、非術側（左）の膝関節に約4倍の膝関節内反負荷がかかっており、内反膝関節症発症の可能性があると考えられた。また、術側（右）足関節では、約7倍の足外反負荷の増大がみられ、外反母趾再発の可能性を考慮したりハビリテーションが必要だと考えられた。本研究結果は、外反母趾矯正術後に起こる下肢他関節への影響を示す一症例としてリハビリテーションの有用な指標になると考えられる。

キーワード: 3次元動作解析, 外反母趾, Oxford foot model

¹⁾ 徳島大学病院リハビリテーション部: 徳島県徳島市蔵本町2丁目50-1 (〒770-8503) TEL 088-633-9313

²⁾ 徳島大学病院整形外科

I. はじめに

外反母趾は足部の変形で、主変形は第1中足趾間関節(MTP関節: Metatarsopharangeal)内側側副靱帯の引張り低下による第1中足骨内反、中足趾間関節外転である^{1,2)}。MTP関節外転が40°、第1, 2中足骨角度が16°を超えると重度外反母趾となり^{3,4)}、主訴は足部の変形及び疼痛性歩行障害が多く、日常生活活動(ADL)の移動動作や、身体的、精神的、社会的生活の質(QOL)の低下を招くことがある⁵⁾。重度症例では、MTP関節の脱臼による歩行障害が起こる可能性がある⁶⁾。治療には、保存療法(足底板、母趾矯正サポーターを使用した装具療法)と、手術療法(変形矯正術)がある⁷⁻⁹⁾。歩行に関する報告には、前足部への荷重は、歩行周期のTerminal stance (30-50%)からPre swing (50-60%)で増加し、健康人の母趾と第1中足骨は、他の足趾、中足骨と比べ最も圧力が加わる¹⁰⁾、一方外反母趾症例では、最大足圧が第5足趾側へ移行し接地面積が狭小化する¹¹⁾、母趾運動可動域に制限がある症例は、母趾への荷重回避のため足部を外反する¹²⁾などがある。下肢他関節への影響や変形矯正術前後での詳細な動作解析は少ない。

本症例は、関節リウマチの外反母趾により右MTP関節外転48.6°、第1, 2中足骨角度20.2°と重度変形があり、主訴は歩行時の右MTP関節内側面の疼痛であった。ADLの評価指標であるBarthel Indexは100/100(自立)であったが、歩行時や運動動作時の疼痛のため、身体的、精神的なQOLの低下がみられていた。観察による歩行

分析では、荷重期以外の歩行周期では、術側足部外反位、下肢異常運動は下腿、大腿部の外旋運動がみられた。荷重期の術側足部は外側部荷重、内反強制がみられ、疼痛回避様の歩容がみられた。左右不均等な体幹移動がみられる異常歩行を呈しており、関節リウマチ疾患のため、下肢他関節への負荷の増大による変形性膝関節症、変形性股関節症などの2次的な関節障害が予測された。外反母趾変形矯正術後、疼痛消失、変形矯正(MTP関節外転13.6°、第1, 2中足骨角度14.0°)、歩容改善(歩行時下肢外旋の異常運動の改善)がみられた。術後の問題点は、左右不均等な体幹移動が残存し、自覚的な両下肢の不安定感であった。術後リハビリテーションで、下肢他関節への悪影響を考慮する必要があると考えられたため、3次元動作解析装置を用い、変形矯正術前後での歩行解析を行うことを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

症例は、69歳女性、身長156 cm、体重43 kg、BMI17.67 (Mild thinness)、診断は関節リウマチ、外反母趾、主訴は右母趾外側の歩行時疼痛だった。

手術は右外反母趾矯正(Mann変法)、第2, 3中足骨短縮骨切り術が行われた。

手術前後X線所見を図1に示した。術前重度の右外反母趾による強い母趾内側面の疼痛は、矯正術後6ヶ月時、疼痛は消失しており、X線所見では正常の母趾を構成す

	術前		術後6ヶ月
	左	右	右
HVA	29.3°	48.6°	13.6°
FIA	14.7°	20.2°	14.0°

図1 X線所見

術前重度の右外反母趾であった。

HVA 正常値9~15°、軽度15~20° 中等度20~40°、重度40°~FIA 正常値9°、重度16°~

る骨配列を示していた。

歩行解析にあたり症例には事前に研究の内容とリスクに関する説明を十分に行い、同意を得た。

2. 方法

運動学的、運動力学的データ計測は、3次元座標計測機器 VICON-MX system (VICON MOTION SYSTEMS LTD-UK)、赤外線カメラ MX T-20 を8台と床反力計 DP400600-2000 (AMTY社製、400×600 mm) 4枚を使用した。サンプリング周波数150 Hzで計測用PCを用い、直径9.5 mmの赤外線反射マーカーをPlug in gait model(35個)とOxford foot model(17個)の定めるマーカー位置に貼付け計測を行った。

課題動作は通常歩行とし、床反力計が中央に位置する10 mの歩行路を歩行が定常歩行へ移行する4歩目¹³⁾以降を5回計測した。

データ処理はVICON-MX system用ソフトウェア VICON NEXUS1.4を使用し、Plug-in gaitとOxford footモデルに基づき処理を行い、3次元データ化(c3d)した。各c3dは、Polygon3.1を使用し1歩行周期を100%として正規化した後、5歩行分の平均値と標準偏差を求めた。歩行解析は術前と術後6ヶ月の状態で計測、比較した。

歩行動作時での母趾機能の評価は、Oxford footモデルから得られる前足部セグメント(5つの中足骨で構成

する)と、母趾セグメント(母趾基節骨)で形成する母趾外反角度(以下HX/FF angle)の変化を測定し、前額面のHX/FF angleを算出、その最大値、最小値、可動範囲を比較した。

下肢異常運動は、股関節、膝関節、足関節での屈曲伸展(矢状面)、内外転・内外反(前額面)、内外旋(水平面)の角度を波形変化と平均値で比較した。

歩行バランスは、左右方向重心移動の波形変化を比較した。

下肢関節への負荷は、股関節、膝関節、足関節モーメントでの屈曲伸展(矢状面)、内外転・内外反(前額面)、内外旋(水平面)の平均値、波形変化を比較した。

歩行周期 Terminal swingとPre swingの30～60%を前足部荷重期(以下FFL: fore foot loading)として注目し¹⁰⁾、比較検討を行った。

III. 結 果

母趾機能評価を表すHX/FF angleの最大値、最小値、可動範囲を表1に示した。術前みられていた右母趾外反位での可動範囲の減少は、術後6.0°増加した。

下肢異常運動を表す股関節、膝関節、足関節の角度平均を表2に示した。術前後で異常可動運動の変化が著明な関節は、右側の股関節、膝関節、足関節の回旋角度で

表1 HX/FF angle最大値、最小値、可動範囲(°)

	術前		術後	
	右	左	右	左
最大値	-43.3 ± 1.8	-23.4 ± 3.9	-24.0 ± 3.3	-20.8 ± 3.2
最小値	-49.9 ± 0.6	-41.4 ± 0.3	-40.2 ± 0.1	-43.4 ± 0.7
可動範囲	6.6 ± 1.1	18.0 ± 3.6	16.2 ± 3.2	22.6 ± 2.6

5回歩行分の平均±標準偏差、+は内反方向、-は外反方向を示す。

表2 股関節、膝関節、足関節角度平均(°)

		術前		術後	
		右	左	右	左
股関節	屈曲(+), 伸展(-)	-13.3 ± 5.3	-16.9 ± 5.8	0.8 ± 7.2	-1.7 ± 7.4
	内転(+), 外転(-)	4.5 ± 2.4	-1.3 ± 2.6	7.1 ± 3.4	0.6 ± 2.8
	内旋(+), 外旋(-)	-25.1 ± 2.4	-6.0 ± 4.8	-17.5 ± 2.7	-9.2 ± 5.4
膝関節	屈曲(+), 伸展(-)	21.3 ± 10.4	18.1 ± 8.0	19.2 ± 9.0	16.5 ± 5.6
	内反(+), 外反(-)	-10.5 ± 3.0	-2.1 ± 1.4	-12.9 ± 3.3	-3.3 ± 1.6
	内旋(+), 外旋(-)	-6.5 ± 2.0	-19.2 ± 2.1	-15.0 ± 2.4	-20.2 ± 2.8
足関節	背屈(+), 底屈(-)	25.8 ± 8.1	23.0 ± 9.7	24.8 ± 4.7	17.4 ± 9.5
	内反(+), 外反(-)	-7.0 ± 1.9	-10.8 ± 2.9	-8.1 ± 2.5	-12.1 ± 4.3
	内旋(+), 外旋(-)	16.7 ± 5.3	28.9 ± 6.3	27.3 ± 6.5	33.5 ± 8.3

5回歩行分の平均±標準偏差。太字は左右差、術前後差の大きかった注目点。

あった。術前みられた右股関節、足関節の外旋傾向は、術後、減少しており、左右差は、股関節で術前 19.1° から術後 8.3° に、足関節で術前 12.2° から術後 6.2° に減少していた。股関節、膝関節、足関節の屈曲伸展(背屈底屈)、内外転(内外反)方向における明らかな運動角度の差(術前後差、左右差)はみられなかった。

歩行バランスは、術前後ともに右方向へ偏位しており、著明な変化はみられなかった(図2)。

下肢関節負荷を表す股関節、膝関節、足関節の関節モーメント平均を表3に示した。術前左右差が 0.26 Nmm と著明であった膝関節内外反モーメントは、術後も 0.26 Nmm と同様で変化がみられなかった。術前左右差が 0.02 Nmm とみられなかった足関節内外反モーメントは、術後 0.08 Nmm と著明な左右差がみられた。股関節モー

メントでは、3方向での明らかな差(術前後差、左右差)はみられなかった。

表3で著明な差がみられた膝関節、足関節について、1歩行周期での膝関節内外反、足関節内外反モーメントを図2に示した。FFLで、膝関節内反モーメントは、術前後ともに左側が、足関節外反モーメントは右側が術後増大していた。

IV. 考 察

本症例は術前、右母趾の形態異常と歩行時疼痛、可動範囲の縮小による異常歩行がみられていた。異常歩行の特徴は、術側(右)膝関節、足関節の外旋運動、右方向床反力の低下、右へ偏位した左右重心移動であった。そ

図2 左右方向重心動揺と膝関節、足関節内外反モーメント変化
 グラフは5回歩行分の平均、縦線は標準偏差。灰色は歩行周期30～60% (FFL)。
 X軸は1歩行周期を100%として正規化。
 上段 Y軸：移動距離(mm)，+：右方向，-：左方向。
 中段・下段 Y軸：モーメント(Newton・mm)，+：内反，-：外反，実線：右，点線：左。

表3 股関節, 膝関節, 足関節モーメント平均 (Newton・mm)

		術前		術後	
		右	左	右	左
股関節	屈曲(+), 伸展(-)	-0.82 ± 0.23	-0.69 ± 0.23	-0.65 ± 0.20	-0.60 ± 0.23
	内転(+), 外転(-)	0.12 ± 0.29	0.50 ± 0.32	0.34 ± 0.32	0.54 ± 0.34
	内旋(+), 外旋(-)	0.04 ± 0.05	-0.04 ± 0.05	-0.05 ± 0.02	0.02 ± 0.02
膝関節	屈曲(+), 伸展(-)	0.41 ± 0.14	0.44 ± 0.12	0.37 ± 0.17	0.43 ± 0.12
	内反(+), 外反(-)	-0.06 ± 0.09	0.20 ± 0.15	-0.05 ± 0.05	0.21 ± 0.16
	内旋(+), 外旋(-)	0.12 ± 0.06	0.08 ± 0.05	0.03 ± 0.02	0.13 ± 0.05
足関節	背屈(+), 底屈(-)	0.59 ± 0.35	0.79 ± 0.27	0.48 ± 0.27	0.71 ± 0.26
	内反(+), 外反(-)	0.02 ± 0.05	0.00 ± 0.07	-0.07 ± 0.05	0.01 ± 0.04
	内旋(+), 外旋(-)	0.07 ± 0.07	0.08 ± 0.06	0.02 ± 0.05	0.17 ± 0.06

5回歩行分の平均±標準偏差。太字は左右差, 術前後差の大きかった注目点。

の要因には, 術側(右)母趾への荷重に対しての回避運動が考えられた^{1,6)}。

外反母趾矯正術により疼痛, 変形が改善し, 歩行時HX/FF angleの可動範囲が非術側(左)と同等に改善したことから, 母趾機能が向上したといえた。母趾機能の向上により術側(右)膝関節, 足関節の外旋運動が減少していたが, 術前後の重心移動は変化しておらず, 下肢他関節へ及ぼす影響があると考えられた。

術後, 動作解析の結果, 下肢他関節へ及ぼす影響は, 非術側(左)膝関節内反モーメントの増大がみられ, 将来的に内反膝関節症(OA: Osteoarthritis)発症の可能性を持つと考えられた。Knechtらの報告(2006)によると, 膝OAの発症と進行は, 関節軟骨への異常な機械的負荷が関係しており¹⁴⁾, 機械的負荷を反映する指標が膝関節モーメントだといわれている¹⁵⁾。Kimらは(2004), 膝関節モーメントの増大は, 膝OAの進行と痛みに関係すると報告している¹⁶⁾。本症例にも膝モーメント増加による同様の傾向がみられていたため, 膝関節負担の軽減を図る治療が必要と考えられ, その治療法として, 外側足底板などの装具療法は効果的と考えられた。これら術側の代償運動の要因は, 術側(右)への重心偏位によるものと推測され, 根本的な左右対称性の正常歩行を行うためには, この問題点を解消する必要性があると考えられる。

一方, 術側(右)に関して, 足関節外反モーメント増大がみられたことから, 外反母趾再発を考慮したりハビリテーションアプローチも必要だと考えられた。足関節外反モーメントの増大は足部内側アーチの低下と関係しており¹⁷⁾, 足部内側アーチの低下により外反母趾が起こると報告されている¹⁸⁻²¹⁾。そのため, 本症例に対し, 外反母趾再発予防を目的とした, 内側縦アーチサポート足底板使用の装具療法は効果的だと考えられた。これは, 関節リウマチ患者の外反母趾に対する装具療法として, 内側縦アーチサポート足底板使用が有効である¹²⁾という

Shrader(2003)らの先行報告を支持する結果となった。

本症例の歩行時における下肢運動の動作解析から, 外反母趾矯正術によって母趾機能(疼痛, 形態異常, 可動範囲), 異常運動(膝関節, 足関節外旋運動)は改善したが, 2次的に生じる非術側(左)の膝関節症の発症や外反母趾再発の可能性に注意が必要であることが明らかになった。これらは, 外反母趾矯正術症例の, 下肢他関節への影響を考慮したりハビリテーションの指標として有効であると考えられた。

今後, 症例数を増加し, 正常人との比較を行い外反母趾症例での歩行の特徴, 装具療法の指標として, アーチサポートの具体的な形状や適合を研究していくことが重要であると考えられる。本研究で, 下肢関節の回旋角度とモーメントを用いて解析を行ったが, McGinley(2009)らは, 使用モデル(Plug in gait model)で股関節, 膝関節回旋角度, モーメントの妥当性は低いと報告しており²²⁾, 本研究で得られた結果の妥当性については, 今後回旋角度を捉えることのできる的確なモデルの開発等も必要であると考ええる。

引用文献

- 1) Antrobus JN.: The primary deformity in hallux valgus and metatarsus primun varus. Clin Orthop, 1984, (184): 251-255.
- 2) Coughlin MJ.: Hallux valgus. J Bone Joint Surg Am, 1996, (78): 932-966.
- 3) Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA Jr.: Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurements. Foot Ankle Int, 2002, 23(1): 68-74.
- 4) Coughlin MJ.: Hallux valgus in men: effect of the distal metatarsal articular angle on hallux valgus correction. Foot Ankle Int, 1997, 18(8): 463-470.
- 5) Abhishek A, Roddy E, Zhang W, et al.: Are hallux valgus and big toe pain associated with impaired quality of life? A

- cross-sectional study. *Osteoarthritis Cartilage*, 2010, 18(7): 923-926.
- 6) Mann RA, Coughlin MJ: Hallux valgus—etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin Orthop Relat Res*, 1981, (157): 31-41.
- 7) Ferrari J, Higgins JP, Prior TD: WITHDRAWN: Interventions for treating hallux valgus (abductovalgus) and bunions. *Cochrane Database Syst Rev*, 2009, 15(2): CD000964.
- 8) Robinson AH, Limbers JP: Modern concepts in the treatment of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br*, 2005, 87(8): 1038-1045.
- 9) Egan M, Brosseau L, Farmer M, et al.: Splints/orthoses in the treatment of rheumatoid arthritis. *Cochrane Database Syst Rev*, 2003, (1): CD004018.
- 10) Roy KJ: Force, pressure, and motion measurements in the foot: current concepts. *Clin Podiatr Med Surg*, 1988, 5(3): 491-508.
- 11) Blomgren M, Turan I, Agadir M: Gait analysis in hallux valgus. *J Foot Surg*, 1991, 30(1): 70-71.
- 12) Shrader JA, Siegel KL: Nonoperative management of functional hallux limitus in a patient with rheumatoid arthritis. *Phys Ther*, 2003, 83(9): 831-843.
- 13) 池内秀隆, 佐藤正視, 加藤了三・他: 人間の歩行開始・停止時の速度特性に関する実験的解析. *日本機械学会論文集C編*, 1994, 60(577): 201-207.
- 14) Knecht S, Vanwanseele B, Stussi E: A review on the mechanical quality of articular cartilage—implications for the diagnosis of osteoarthritis. *Clin Biomech*, 2006, 21(10): 999-1012.
- 15) 山本澄子: 身体運動のバイオメカニクス. *理学療法科学*, 2003, 18(3): 109-114.
- 16) Kim WY, Richards J, Jones RK, et al.: A new biomechanical model for the functional assessment of knee osteoarthritis. *Knee*, 2004, 11(3): 225-231.
- 17) Arangio G, Rogman A, Reed JF 3rd: Hindfoot alignment valgus moment arm increases in adult flatfoot with Achilles tendon contracture. *Foot Ankle Int*, 2009, 30(11): 1078-1082.
- 18) Faber FW, Kleinrensink GJ, Mulder PG, et al.: Mobility of the first tarsometatarsal joint in hallux valgus patients: a radiographic analysis. *Foot Ankle Int*, 2001, 22: 965-969.
- 19) Lee KT, Young K: Measurement of first-ray mobility in normal vs. hallux valgus patients. *Foot Ankle Int*, 2001, 22: 960-964.
- 20) Turner DE, Helliwell PS, Lohmann KL, et al.: Biomechanics of the foot in rheumatoid arthritis: identifying abnormal function and the factors associated with localized disease 'impact'. *Clin Biomech*, 2008, 23: 93-100.
- 21) Glasoe WM, Allen MK, Saltzman CL: First ray dorsal mobility in relation to hallux valgus deformity and first intermetatarsal angle. *Foot Ankle Int*, 2001, 22: 98-101.
- 22) McGinley JL, Baker R, Wolfe R, et al.: The reliability of three-dimensional kinematic gait measurements: a systematic review. *Gait Posture*, 2009, 29(3): 360-369.