臨床技術

論文受付
2012年4月2日

論文受理
2013年2月11日

Code Nos. 510
521, 522
531, 532

小児足関節外果裂離骨折における 新しい X 線撮影法の検討

難波一能¹ 中西左登志² 山田 剛³ 伊藤守弘⁴

¹ 医療法人とうかい整形外科

² 鈴鹿医療科学大学保健衛生学部放射線技術科学科

³ 三重大学医学部附属病院中央放射線部

⁴ 中部大学生命健康科学部生命医科学科

緒言

小児足関節の外果裂離骨折は外側靭帯損傷を疑う場合に発見される。外側靭帯損傷は、足関節・足部の靭帯損傷のなかでも最も頻度が高い損傷である。成人と異なり小児の足関節外側靭帯損傷は、解剖学的特徴から前距腓靭帯腓骨付着部で裂離骨折を伴うことが多い¹⁾。10歳以下の小児は、前距腓靭帯腓骨付着部の骨構造が13歳以上に比べ脆弱²⁾であり、関節弛緩性が大きく体重も軽いことから他の外側靭帯損傷を合併することは少ないといわれている。さらに、他の報告では10歳以下で裂離骨折もしくは軟骨骨折の頻度が高く、13歳以

上では靭帯損傷の頻度が高くなるといわれている²⁻⁵⁾。保存的治療において、関節内骨折である裂離骨片の癒合率は低いため^{6,7)}、骨癒合や線維性癒合が得られなければ、裂離骨片が余剰骨として残存し、前距腓靭帯の機能不全による疼痛などの障害が生じる恐れがある。このことから、初診時 X 線撮影において骨片の転位を最小にとどめ、裂離骨折の有無を確実に判定できる検出能が高い撮影を求められる。

足関節単純 2 方向撮影(正面・側面)において、裂離骨折は描出されにくい内旋斜位撮影を追加すべき意見がある⁸⁾。しかし、内旋斜位像でも不明瞭なことがあ

A New Radiographic Technique for Detecting Avulsion Fracture of the Lateral Malleolus in Children

Kazuyoshi Nanba,¹ Satoshi Nakanishi,² Tsuyoshi Yamada,³ and Morihiro Ito^{4*}

¹Department of Radiology, Tokai Ortho Clinic Kawage

²Department of Radiological Technology, Faculty of Health Science, Suzuka University of Medical Science

³Department of Radiology, Mie University Hospital

⁴Department of Biomedical Sciences, College of Life and Health Sciences, Chubu University

Received April 2, 2012; Revision accepted February 11, 2013

Code Nos. 510, 521, 522, 531, 532

Summary

The objectives of this study were to determine the usefulness of a newly-developed distal fibular axial view radiography modified method for depicting avulsion fracture of the lateral malleolus in children from a functional anatomy viewpoint. Conventional radiography was applied to sixty-nine avulsion fracture suspected ankles of 67 children. Average age and standard deviation at injury were 8.00 and 1.46, respectively. We compared the ability of the modified method to detect avulsion fractures of the lateral malleolus with those could not be depicted using the conventional method, and noted that 42 avulsion fractures (60.9%) could be depicted using the conventional method. We applied the modified method to 27 joints that the conventional method had diagnosed as normal. Of these, the modified method detected 13 avulsion fractures (48.1%). In conclusion, the modified radiography method made it possible to depict avulsion fracture of the lateral malleolus in cases that resisted detection by the conventional method.

Key words: ankle, children, avulsion fracture of the lateral malleolus, distal fibular axial view, anterior talofibular ligament

*Proceeding author

Fig. 1 Distal fibular axial view method.

- (a) Place the patient supine position or sitting semi-recumbent, flex the knee until the axis of the fibula forms an angle of 40–45°, and rotate the leg medially until the sole of the foot forms an angle of 10–15°.
- (b) Direct the central ray perpendicular to the distal edge of fibula.

Fig. 2 Distal fibular axial view modified method.

- (a) Place the patient in a kneeling position on the table with the knee flexed 90°. The anterior surface of the leg and the dorsal surface are placed on the top of the table, with the axis of the fibula parallel to the table.
- (b) Direct the central ray on the 40–45° cephalad to the distal edge of the fibula.

り、麻生は、足関節正面内がえし(内反・足部回外)ストレス撮影の有用性を報告し、腓骨裂離骨折例で50%がストレス撮影にてはじめて骨折が判明したとしている⁹⁾。だが、裂離骨折における他動的足関節正面内がえし(内反・足部回外)ストレス撮影は、裂離骨片を腓骨から大きく転位させる。骨片転位距離が長いほど骨癒合率に影響を及ぼす¹⁰⁾ことから、前距腓靭帯腓骨附着部を接線投影する腓骨軸位撮影が有用であるとの報告がある^{11~16)}。坪田ら¹⁶⁾の足関節単純2方向撮影(正面・側面)後に腓骨軸位撮影(前距腓靭帯撮影)を行った例では、76%の症例において裂離骨折の有無と転位の検出に有用としている。

腓骨軸位撮影は、X線撮影の根幹をなす解剖学的肢位を基準とし、さらに骨や関節、靭帯などの運動機能を考慮した機能的肢位を含めたものである。われわれは、機能解剖学的知見を応用した腓骨軸位撮影変法を開発し外果裂離骨折を疑う症例に導入してきたので検出能を評価し報告する。

1. 方法

1-1 被験者

2006年から2010年にT整形外科を受診した外果裂離骨折を疑い足関節単純2方向撮影(側面・内旋斜位)で裂離骨折を認めない12歳以下の67例69関節を対象とした。受傷時平均年齢は 8 ± 1.46 歳、男女比は6:4である。受傷機転はスポーツ39.13%(27関節)、遊び

30.43%(21関節)、日常生活30.44%(21関節)であった。

1-2 腓骨軸位撮影法

腓骨軸位撮影は、過去の報告^{11~16)}を総合し、座位または背臥位とし、足関節を底屈40~45°、内反10~15°(足部内側縁を10~15°浮かし足部外側縁を受像面に密着)とした(Fig. 1)。X線中心は腓骨遠位端、前距腓靭帯附着部であり、X線入射角は垂直入射とした。さらに、撮影時の工夫や画像所見の特徴を検討した。

1-3 腓骨軸位撮影変法

膝関節屈曲90°座位で膝をつき、下腿前面から足背部を撮影台に密着させ、腓骨長軸は、受像面に水平とした。X線中心は腓骨遠位端、前距腓靭帯附着部であり、X線入射角は40~45°尾頭方向とした(Fig. 2)。さらに、撮影時の工夫や画像所見の特徴について腓骨軸位撮影と比較し検討した。なお、T整形外科の外果裂離骨折を疑う撮影オーダは、足関節単純4方向撮影(側面・内旋斜位・腓骨軸位撮影・腓骨軸位撮影変法)であり、腓骨軸位撮影で裂離骨折が認められた場合、腓骨軸位撮影変法は撮影していない。

1-4 裂離骨折の判定と検出能の検討

足関節単純2方向撮影(側面・内旋斜位)、腓骨軸位撮影、腓骨軸位撮影変法後の裂離骨折の有無の判定は、本研究の主旨に同意を得たT整形外科整形外科専

Fig. 3 Avulsion fracture of the lateral malleolus depicted using the distal fibular axial view radiography method.

- (a) Lateral view
(b) Medial rotation view
(c) Distal fibular axial view
(d) Enlarged image of white rectangle in (c)

a	b
c	d

Fig. 4 Efficacy of the distal fibular axial view radiography modified method.

Radiographic findings in an 8-year-old (a, b) and a 10-year-old (c, d).

- (a), (c) The distal fibular axial view radiography method could not depict the avulsion fracture.
(b), (d) The distal fibular axial view radiography modified method clearly depicts the avulsion fracture (white arrow).

a	b
c	d

門医 2 名によって判定し検出能を検討した。

1-5 倫理上の配慮

T 整形外科では、診療に伴って発生する試料などの医学研究への利用についての同意(包括的同意)に関するお願いを行っており、本研究はその同意を得たものに関して使用した。本同意に関しては、院内および院外の有識者などで構成される医学倫理に関する委員によって十分審議されたものである。自由意思による協力拒否・中断の自由、著名性の保証、データの管理などを明示した。

2. 結果

2-1 腓骨軸位撮影法

腓骨軸位撮影法は、足部外側縁のみが受像面と密着し股関節から足部外側縁までは密着部がなく非常に不安定であり、股関節を中心とする体動の影響を受けた。体動は、被検者自身の手で膝関節を保持していただくことによって抑制され良好な画像を得ることができた。

画像の特徴は、足関節を底屈、内反したことで踵骨外側縁と腓骨遠位端の重複投影が軽減されている。腓骨遠位端と裂離骨片の裂隙や裂離骨片の辺縁が明瞭に描出されており、接線投影されていることがわかる。また、腓骨遠位骨端線は斜入射投影となる(Fig. 3)。

2-2 腓骨軸位撮影変法

腓骨軸位撮影変法は、腓骨軸位撮影に比べ撮影時の体動を受けず、良好な画像を得ることができた。膝関節が屈曲 90°で撮影台につき、下腿前面から足背部が撮影台に密着し、足関節の底屈と内反・足部回外が増大することで膝関節から近位の体動が膝関節から遠位に伝達しにくく、ポジショニングも容易に行うことが可能であった。

画像の特徴は、踵骨外側縁と腓骨遠位端の重複投影がさらに減少し、腓骨遠位端と裂離骨片の裂隙や裂離

Fig. 5 Detectability of avulsion fracture of the lateral malleolus.

骨片の辺縁が明瞭に観察することができ、微小骨片まで検出が可能であった(Fig. 4)。また、年齢による特徴として、低年齢であればあるほど腓骨遠位骨端核は球形に近いので先端が丸く(Fig. 4a, b)、年齢が増すに従って腓骨長軸方向に長く成長し、先端が尖っている(Fig. 4c, d)。腓骨遠位骨端線は、腓骨軸位撮影法同様に斜入射投影となる。

2-3 裂離骨折検出能

足関節単純2方向撮影(側面・内旋斜位)で裂離骨折を認めない67例69関節において、腓骨軸位撮影ではじめて裂離骨折を検出できたものは42関節(60.9%)、検出できなかったものは27関節(39.1%)であった。腓骨軸位撮影変法ではじめて裂離骨折を検出できたものは、腓骨軸位撮影で裂離骨折を認めなかった27関節中13関節(48.1%)であり、検出できなかったものは14関節(51.9%)であった(Fig. 5)。腓骨軸位撮影と腓骨軸位撮影変法のみではじめて検出できたものは55関節(79.7%)であり、両撮影でも検出できなかったものは14関節(20.3%)であった。また、正面像で骨折を疑う症例のなかには、腓骨軸位撮影が有用と思われる症例も存在した(Fig. 6)。正面像で裂離骨折を疑う症例(Fig. 6a)において、腓骨遠位端と裂離骨片の裂隙が接線投影されておらず裂離骨片の辺縁一部のみが描出されすべての形態を評価できない。正面像で描出された裂離骨片辺縁は鋭角であり、新鮮骨折を疑う。しかし、腓骨軸位撮影によって描出された裂離骨片辺縁は丸く、骨癒合不全例(陈旧性骨折)と診断された(Fig. 6b)。腓骨軸位撮影によって、腓骨遠位端と裂離骨片の裂隙を投影することで、骨癒合不全例(陈旧性骨折)においても裂離骨片の形態を明瞭に描出することが可能であった。

Fig. 6 Efficacy of the distal fibular axial view radiography modified method for fibular dysostosis.

- (a) Radiography of AP projection of the ankle joint. The avulsion fracture was suspected to be at the anterior talofibular ligament attachment site. Due to the sharpness of the fractured margin of the bone fragment, a fresh fracture was suspected.
- (b) Distal fibular axial view using the radiography modified method. Since the avulsion fractured margin of bone fragment was rounded, it was diagnosed as residual.

3. 考 察

腓骨軸位撮影は、小児足関節外果裂離骨折に対し有用な撮影である。ストレス装置や徒手に行うストレス撮影のように特別な手技も必要なく前距腓靭帯にストレスを加え裂離骨折検出能を上げている¹¹⁻¹⁷⁾。さらに治療成績の向上にもつながったとしている¹²⁾。われわれの結果でも、腓骨軸位撮影ではじめて判明した裂離骨折は42関節(60.9%)であった。原口ら¹⁷⁾は足関節単純2方向撮影(正面・側面)で骨折が不明で、腓骨軸位撮影ではじめて裂離骨片が確認された症例は60%であったと報告している。われわれは、腓骨軸位撮影前にできる限り裂離骨折例を排除するため、正面から裂離骨折が描出されやすい内旋斜位とした⁸⁾。しかし、腓骨軸位撮影ではじめて判明した裂離骨折は、正面を用いた原口らと近似していた。このことから腓骨軸位撮影の裂離骨折検出能が高く、非常に有用であることがさらに証明できる。坪田ら¹⁶⁾は、腓骨軸位撮影ではじめて裂離骨折が判明したものと、正面像・側面像よりも裂離骨折の転位を判定することができた症例は76%であったとしている。この原因として、坪田らは、腓骨軸位撮影によって骨片の転位がより明瞭になった例を加えているため高値となっている。

腓骨軸位撮影変法は、腓骨軸位撮影で裂離骨折を認めなかった27関節中13関節(48.1%)において裂離骨折の描出に有用であった。今回開発した腓骨軸位撮影変法のみではじめて裂離骨折が検出できたものと腓骨軸位撮影で判明したものを含めると55関節(79.7%)であった。この原因として、腓骨軸位撮影変法は、腓骨軸位撮影以上に足関節を底屈、内反・足部回外したこと

による。足関節を底屈、内反・足部回外することによって、前距腓靭帯腓骨付着部と距骨付着部の距離が伸長する。すなわち、前距腓靭帯の軽度ストレス撮影である腓骨軸位撮影以上のストレスを被検者自らの足関節可動域の範囲で行い、前距腓靭帯腓骨付着部を接線投影することによって得た結果である。腓骨軸位撮影が報告されるまでは、足関節正面内がえしストレス撮影で骨片を大きく転位させ検出してきた⁹⁾。本骨折の治療経過^{10, 12, 15)}からみると、骨片の転位を限りなく小さくとどめることが良好な予後につながっている。われわれの今回の結果を踏まえ、腓骨軸位撮影変法は、腓骨軸位撮影で裂離骨折の検出が困難な例に用いるべきである。骨折が否定できれば、靭帯損傷の程度や腓骨軸位撮影や腓骨軸位撮影変法で診断が難しい腓骨遠位骨端線離開など、新たな病変を検索する足関節正面内がえしストレス撮影を行うことも躊躇なく可能となるため重要な変法といえる。

また、腓骨軸位撮影変法も、撮影肢位からみて特別な撮影補助具を用いる必要がなく、検者が徒手に行う他動的なストレス撮影ではないため検者の被ばくの心配もない。膝関節から足背部が撮影台・受像面に密着することから、腓骨軸位撮影より安定性が高く再現性の高い画像が得られる。

さらに、腓骨軸位撮影法は、足関節正面像で裂離骨折を疑う症例において、癒合不全例を鑑別するための一助となることも示唆された。

今回、両撮影でも検出できなかった14関節(20.3%)は、経過良好との医師の判断で再度のX線撮影やcomputed tomography(CT)などの精査は行っていない。CTやmagnetic resonance imaging(MRI)、ultrasonography(US)などのさまざまな検査方法の発達がめざましいなか、小児足関節外果裂離骨折は単純X線撮影で診断することが中心であり¹⁴⁾、再診時痛みが軽快しない例でも再度単純X線撮影を行う。被ばくや医療負担の大きいCTやMRIを用いるまでもないとの医師の判断である。また、CTやMRI、USにおいても裂離骨片が存在しないと骨折との鑑別は困難であると考えられる。腓骨軸位撮影や腓骨軸位撮影変法は前距腓靭帯腓骨付着部の接

線かつストレス撮影であり、CTやMRIでストレス撮影によって検出を試みようとするのであれば、被検者に苦痛な肢位を強制したまま長時間の検査になるため非現実的であると考えられる。

一方で近年、小児足関節外果裂離骨折におけるUSの有用性^{18, 19)}が報告されているが、腓骨軸位撮影や腓骨軸位撮影変法の肢位で観察されていないため検出能の比較は困難である。しかし、USは被ばくもなく外来診察室などで容易に高分解能像が得られ、その場で診断可能である。また、検者が容易にストレスを加え観察することも可能である。今後の課題は、腓骨軸位撮影や腓骨軸位撮影変法同様の肢位で観察することによって検出能を評価しなければならない。また、靭帯損傷や骨軟骨損傷の評価においてはMRIやUSが有用である。

腓骨軸位撮影は、裂離骨折の見逃し例を減らす有用な手段であるとされてきた^{12, 13)}。しかし、われわれの開発した腓骨軸位撮影変法は、腓骨軸位撮影でも描出困難な裂離骨折を判定できた。このことで医療機関を受診し骨折を見逃し捻挫と診断される不適切な治療が行われる¹⁵⁾ことがさらに減少すると考える。

4. 結 語

小児外果裂離骨折を疑う症例に対し、機能解剖学的知見から腓骨軸位撮影変法を開発した。腓骨軸位撮影変法は、腓骨軸位撮影で検出困難な裂離骨折を検出することが可能である。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、読影にご協力いただきました(医)とうかい整形外科 樋口成臣理事長、同 樋口泰光院長に深謝申し上げます。また、研究をまとめるにあたり、適切なお助言をいただきました元愛知県心身障害者コロニー中央病院 沖 高司病院長(現 中部大学教授)に感謝申し上げます。

最後に、技術的にサポートしていただいた、三重大学医学部附属病院中央放射線部 永澤直樹氏、山崎暁夫氏に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Kumai T, Takakura Y, Rufai A, et al. The functional anatomy of the human anterior talofibular ligament in relation to ankle sprains. *J Anat* 2002; 200(5): 457-465.
- 2) 原 浩史, 他. 小児前距腓靭帯性裂離骨片の病理組織学的検討. *日足外研究会誌* 1991; 12: 97-99.
- 3) 三谷 誠, 他. 足関節外側靭帯付着部裂離骨折例の検討. *臨整外* 2001; 36: 935-939.
- 4) 平田哲男, 他. 年長児足関節外側側副靭帯付着部裂離骨折の検討. *中四整会* 1996; 8: 207-210.
- 5) 藤本真弘, 他. 骨端線未閉鎖時期の足関節外側側副靭帯損傷. *整形外科スポーツ医学研究会誌* 1985; 4: 149-153.
- 6) 竹原伸治, 他. 小児の足関節外側靭帯損傷に対する保存的治療. *日足外会誌* 1992; 13: 85-88.
- 7) 平岡正毅, 他. 足関節外側靭帯付着部裂離骨折－新鮮例に対する保存的治療－. *臨整外* 1991; 26: 231-237.
- 8) 中山正一郎, 高岡孝典. 小児足関節外側靭帯損傷の診断と治療. *MB Orthop* 2005; 18(11): 39-45.
- 9) 麻生邦一. 小児の骨折および骨端線損傷の診断におけるストレス X 線撮影の意義. *日小整会誌* 1998; 7: 14-17.
- 10) 高岡孝典, 他. 小児の足関節外果裂離骨折新鮮例に対する保存的治療－裂離骨片の癒合条件の検討－. *整形外科* 2004; 55: 526-529.
- 11) Haraguchi N, Kato F, Hayashi H. New radiographic projections for avulsion fractures of the lateral malleolus. *J Bone Joint Surg Br* 1998; 80(4): 684-688.
- 12) Haraguchi N, Toga H, Shiba N, et al. Avulsion fracture of the lateral ankle ligament complex in severe inversion injury: incidence and clinical outcome. *Am J Sports Med* 2007; 35(7): 1144-1152.
- 13) 小沢正実, 児玉吉彦, 田辺利夫, 他. 腓骨遠位裂離骨折の軸位撮影の有用性. *コニカ X- レイ写真研究* 1995; 46: 32-34.
- 14) 櫻吉啓介, 和嶋豊治, 水野勝則, 他. 足関節外果骨折に対する軸位撮影の有用性. *中部整災誌* 1998; 41: 1531-1532.
- 15) 仁木久照, 他. 腓骨軸位撮影により診断された小児の足関節外果裂離骨折新鮮例に対する保存的治療. *日小整会誌* 2009; 18: 44-48.
- 16) 坪田 聡, 他. 足関節内反損傷における関節周辺骨折の発生頻度と治療成績. *日小整会誌* 2001; 10: 64-67.
- 17) 原口直樹, 加藤文雄, 冬賀秀一, 他. 足関節重度内反損傷における裂離骨折発生率. *日整会誌* 1999; 73: s832.
- 18) 高橋 周, 細越 琢, 日下 仁. エコーを用いた足関節捻挫の診断－外果裂離骨折と靭帯損傷との鑑別－. *整スポ会誌* 2010; 30: 402.
- 19) 大島正義. 小児足関節外果裂離骨折における超音波診断の有用性. *日臨整誌学術集会プログラム・抄録集* 2012; 25th: 144.

問合先

〒487-8501 春日井市松本町 1200

中部大学生命健康科学部生命医科学科 伊藤守弘