

総説

第34回 日本小児放射線学会シンポジウム
「小児領域でのらせんCT」より

骨軟部

辰野 聡, 西岡真樹子, 青柳 裕, 福田国彦¹⁾, 多田信平¹⁾
東京歯科大学市川総合病院 放射線科, 東京慈恵会医科大学 放射線科¹⁾

Helical CT of the Pediatric Musculoskeletal System

Satoshi Tatsuno, Makiko Nishioka, Yutaka Aoyagi,
Kunihiko Fukuda¹⁾, Shimpei Tada¹⁾

Department of Radiology, Ichikawa General Hospital, Tokyo Dental College,
Department of Radiology, Jikei University School of Medicine¹⁾

Abstract The use of helical CT in the evaluation of the pediatric musculoskeletal system is discussed in this article. By acquiring a volumetric data set helical CT has the advantage of shorter examination time, capability for retrospective image reformation, and improved multiplanar reconstruction. The faster scan time decreases motion artifact even in infants and young children and minimizes their discomfort. The high-quality 2-D and 3-D reconstructions obtained by helical CT are useful for diagnosis of skeletal orthopedic problems (eg.:developmental dysplasia of hip, tarsal coalition), trauma, infection and osseous neoplasm. Helical CT has the potential to become the preferred method of CT imaging in children with musculoskeletal disorders because of its advantages over conventional CT.

Key words *Helical CT, Tomography, X-ray computed, Bone diseases, Musculoskeletal system, Pediatrics*

はじめに

寝台を定速移動させつつ連続的にスキャンを行い、短時間でボリュームデータを得るという新しい発想のもとに開発された高速らせんCT（以下ヘリカルCT）によって、従来のCTでは解決できなかった呼吸による撮像断面のずれが克服され、任意のレベルとスライス厚の横断面を抽出することが可能となり、精細な冠状断面、矢状断面などの多断面画像（multiplanar reconstruction imaging：以下MPR）および三次元画像（以下3D-CT）の作成が容易になっ

た。また、ヘリカルCTは寝台の停止と移動の繰り返しによる被験者への振動、衝撃が少ないので、鎮静が必要な小児に適した検査法といえる。すでに小児の胸腹部の検査にヘリカルCTが広く応用されていることは、本誌に掲載されている総説で詳述されているが、骨軟部領域でも、単純X線撮影とMRIを補完する検査法として用いられてきた従来のCT検査の一部はヘリカルCTで置換されつつある^{1),2)}。本稿ではこの領域におけるヘリカルCTの撮像法、適応と臨床応用の実際について概説する。

撮像法

骨関節病変のヘリカルCTは、原則的にMPRまたは3D-CTを作成することを前提に撮像すべきであり、単純X線像などを参考に最適な画像を作成することが大切である。四肢の病変を対象とする場合、最終的なMPR、3D-CTで最適な画像が得られるよう、あらかじめ撮像断面と患児の肢位を調節しておく。

ヘリカルCTの撮像パラメータとして、寝台移動速度、実効スライス厚、撮像再構成間隔、撮像領域、補間計算法、管電流、経静脈性造影剤使用の有無と造影剤の量および撮像タイミングがあり、これらを検査時に設定する必要がある。Table 1に撮像パラメータの例を示した。以下、具体的な撮像法について述べる。

骨軟部領域でも、スライスプロファイルが悪化させないため、実効スライス厚と寝台移動速度を等しくする(1:1 pitch)ことがのぞましい。ただし、高コントラスト領域で頭尾方向に長い長管骨骨折の診断などでは寝台速度をスライス厚の2倍まで大きくすることも可能である。

実際には、精細なMPRや3D-CTを得るため、肩関節や骨盤、腰椎のように比較的大きな撮像対象には寝台移動速度4~5mm/秒、肘、手、足関節(Fig. 1)、頭蓋脊椎移行部(Fig. 6)では2mm/秒で撮像する。われわれは再構成間隔を1~2mmとしてMPRまたは3D-CTを作

成しているが、症例と使用する機種によって適宜変更する必要がある。肘の離断性関節炎(Fig. 2)の診断には、撮像領域を上腕骨小頭と橈骨頭の関節面に絞り実効スライス厚、寝台移動速度をそれぞれ1mm、1mm/秒としてボリュームデータを得ている。

初期のヘリカルCTで使用されていた360度補間はスライスプロファイルが広がるため、臓器の辺縁がぼけて、部分体積効果が増す点が問題であった。現在では、求める断面位置の前後180度分のデータを用いる補間法(180度補間)が使用されることが多い。180度補間ではピクセルノイズが増加し、実際の撮像では線量の制限が加わるため、同一対象の横断像を比較した場合、ヘリカルCTの画質は従来のCTに及ばない³⁾。したがって、横断像のみで診断が可能な骨軟部病変にヘリカルCTを用いる意義は乏しいと思われる。

臨床応用

(1) 先天性、後天性疾患

骨関節疾患、特に臼蓋低形成の診断には超音波断層法が第一に行われるべき検査であるが、3D-CT上、臼蓋の被覆の程度、大腿骨頭の部位と形態の異常が明瞭かつ客観的に診断でき(Fig. 3)、その術前術後評価に有用とされている⁴⁾。撮像条件はスライス厚、寝台移動速度を4mm、再構成間隔を2mmとし、撮像領域の頭

Table 1 Sample helical CT scanning parameters

Indication	Pelvis/ Shoulder	Carpals/ Tarsals/	Soft tissue Pathology
Spiral duration	30~40sec.	30~40sec.	20~40sec.
Pitch	1	1 or < 1	1
Slice thickness	4 mm	2 or 3 mm	4 to 8 mm
Table speed	4 mm/sec.	2 or 3 mm	4 to 8 mm
Reconstruction	2 or 3 mm	1 or 2 mm	half of slice thickness
Reconstruction algorithm	bone	bone	soft tissue
Intavenous contrast	no	no	yes

側は臼蓋の上縁，尾側は大腿骨頸部に制限することで，放射線被曝を低減させ得る²²。

小児の癭直性扁平足の原因として，足根骨癒合症は頻度の高い疾患であり，以前からCTの良い適応とされてきた⁵¹。ヘリカルCTの横断像から踵骨・舟状骨癒合が，MPR冠状断像から距骨・踵骨癒合が描出される。線維性あるいは軟骨性癒合では健側との比較が必要であること，足根骨癒合症は両側性に生じ得ることから，正しく左右対称にポジショニングされた両側足根骨を同時にスキャンすることが大切である。

このほか，疼痛，機能障害の原因となる足部副骨（Fig. 4）の描出にもヘリカルCTは有用と思われる。



(2) 外傷

小児の骨関節外傷の多くは単純X線撮影のみで診断が可能であるが，臼蓋⁶⁾や足関節⁷⁾などの複雑な骨折⁵⁾の診断にはMPRや3D-CTが有用なことがある。また，小児に特有の骨折である骨端軟骨板損傷における骨折片の偏位の評価にMPRは有用性が高い（Fig. 5）。V型骨折の重篤な合併症である骨橋形成と成長障害の観察にもMPRは適する。しかし，微細な骨端軟骨板損傷の観察にはMRI，特にT2強調像あるいはT2*強調像が有用との報告もあり⁵⁾，鎮静が不要な年長児ではMRIも選択肢になり得る。いずれにしても，ヘリカルCTによるMPRは，従来の断層撮影に比べ，短時間で，障害陰影がない断層画像を提供できる。したがって，短時間にMPRを作成可能な施設では，長時間冷たい撮影台の上に小児を仰臥させる必要のある断層撮影を完全に置き換えることが可能と思われる。

Fig.1 Osteochondrosis dissecans of talus

A small, discrete segment of bone surrounded by a radiolucent area can be seen at the articular surface of the talus on the reformatted coronal and sagittal images.



Fig.2 Osteochondrosis dissecans of humeral capitellum

The reformatted oblique image shows that contrast material fills an osteochondral defect of humeral capitellum (arrow-head).



Fig.3 Subluxation and developing osteoarthritis of the hip

3D-CT demonstrates clearly steep acetabulum, coxa valga, and cranial subluxation of femoral head on left.



Fig.4 Os trigonum
The reformatted sagittal images of hindfoot shows fragmentation of os trigonum (arrow).

a



b



Fig.5 Salter-Harris Type 2 fracture of distal tibia
The metaphyseal component is ventrad shifted. The finding is more clearly seen on the reformatted sagittal image(b) than on the lateral radiograph(a).

a | b

小児の脊髄損傷は脊椎骨折を伴わずに発生することがあり、MRIは必須の検査である。しかし、ヘリカルCTから作成されたMPR、3D-CTは脊椎の三次元的観察に適しており、癒合していないsynchondrosis、椎弓欠損などの先天異常、斜頸の原因検索の診断に有用と思われる。特に、ほとんどの例で自然治癒する環軸関節回転性脱臼atlanoaxial rotatory fixation¹⁰⁾ (Fig. 6) と治療が困難な完全脱臼の鑑別にヘリカルCTの有用性は高い。

(3) 感染症、腫瘍

骨の感染症と原発性、二次性腫瘍の診断は単純X線像、軟部腫瘍は超音波断層法が第一に選択されるべき検査であり、それに引き続いてMRIが施行される症例が多い。ただし、骨髄炎例におけるガス産生、皮質骨破壊、腐骨形成の診断にはCTが適しており、骨端軟骨の破壊による成長障害の診断にもMPRが役立つことがある²⁾。

骨、軟骨形成性腫瘍の骨基質の評価にもCT

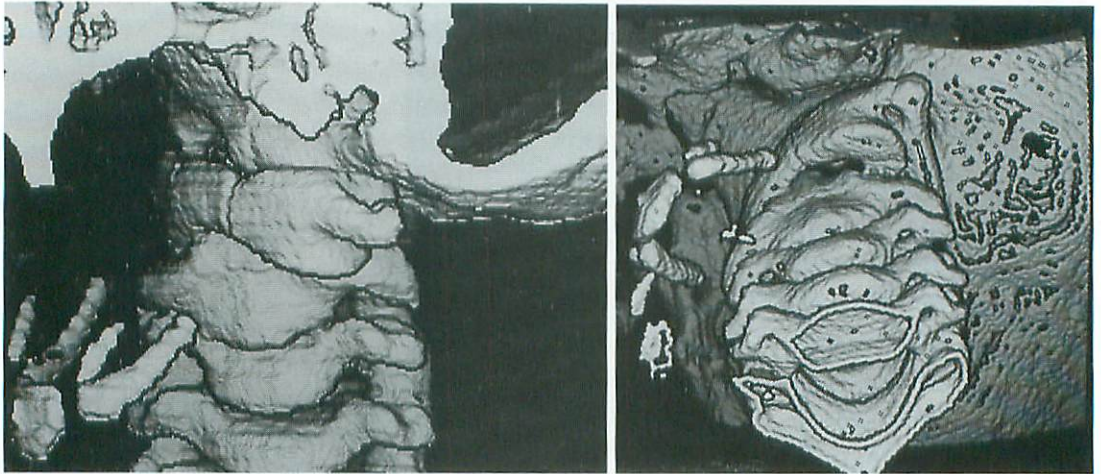


Fig.6 Atlanoaxial rotatory fixation

3D-CT from “anterior”(a) and “look-up”(b) perspective demonstrates marked but symmetrical rotation of atlas on axis without loss of contact of their articular surfaces.

a | b

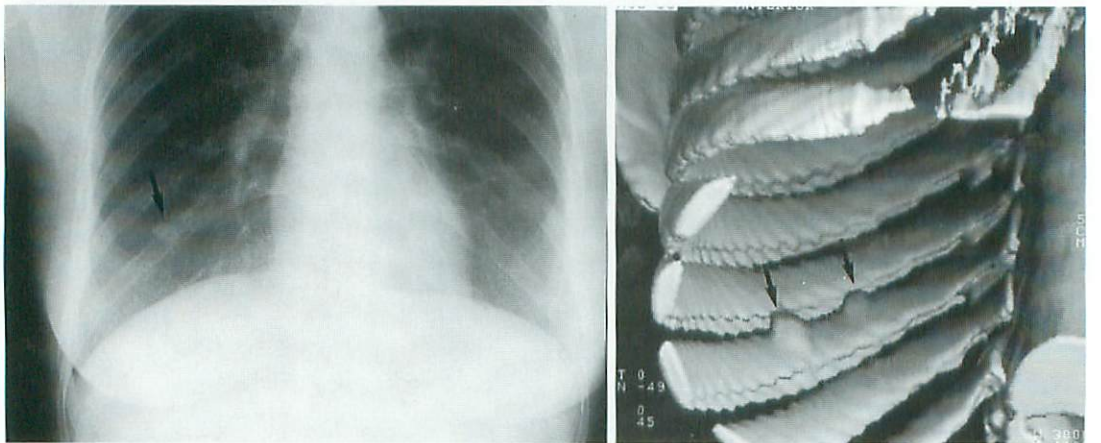


Fig.7 Multiple osteomas of rib in patient with Gardner's syndrome

Roundish osteomas (arrows) are observed in the ribs. The smaller osteoma cannot be depicted on the P-A radiograph (a).

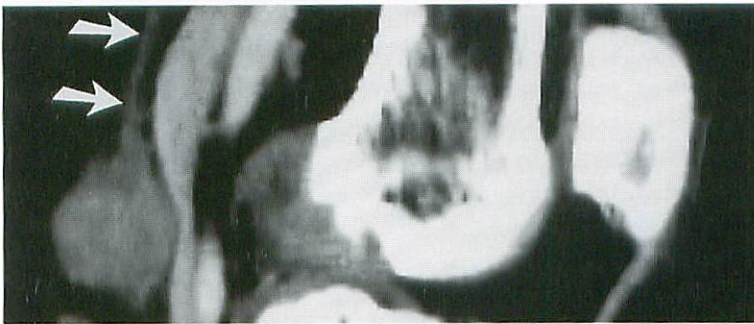
a | b



a

Fig.8 Schwannoma of tibial nerve

The relationship between a soft tissue tumor and tibial nerve (b:arrows) is obviously documented on the transaxial image(a)and reformatted sagittal image(b).



b

が有用な情報を提供するが、この場合は画質に優れる従来のCTを行うのがよい。骨腫瘍の全体像の把握が必要な例では3D-CTが有用な場合もある (Fig. 7)。

軟部腫瘍で、ヘリカルCTがMPRに優る例は少ないが、任意の断面像を再構成できるヘリカルCTの利点を活用して、軟部腫瘍と周囲血管、神経との関係を客観的に描出することができる (Fig. 8)。

まとめ

1. ヘリカルCTの小児骨軟部領域への応用について概説した。
2. ヘリカルCTの対象が骨関節の先天性、後天性疾患、外傷、骨腫瘍である場合、MPRあるいは3D-CTの作成を前提に撮像パラ

メータを設定する必要がある。

3. ヘリカルCTのポリームデータから作成されるMPRや3D-CTは、従来の断層撮影を置き換えつつある。
4. 問題点として、内在するスライスプロフィールの不良と不十分な管電流による画質の劣化、画像再構成に要する人的物的資源の制限が解決すべき問題点として挙げられる。

●文献

- 1) White KS : Invited article: helical/spiral CT scanning: a pediatric radiology perspective. *Pediatr Radiol* 1996 ; 26 : 5-14.
- 2) Siegel MJ, Luker GD : Pediatric applications of helical (spiral) CT. *Radiol Clin North Am* 1995 ; 33 : 997-1022.
- 3) McEnery KW, Wilson AJ, Murphy WA

- Jr : Comparison of spiral computed tomography versus conventional computed tomography multiplanar reconstructions of a fracture displacement phantom. *Invest Radiol* 1994 ; 29 : 665-670.
- 4) Lee DY, Choi IH, Lee CK, et al. : Assessment of complex hip deformity using three-dimensional CT image. *J Pediatr Orthopedics* 1991 ; 11 : 13-19.
 - 5) Adler SJ, Vannier MW, Gilula LA, et al : Three-dimensional computed tomography of the foot: optimizing the image. *Comput Med Imaging Graph* 1988 ; 12 : 59-66.
 - 6) White MS : Three-dimensional computed tomography in the assessment of fractures of the acetabulum. *Injury* 1991 ; 22 : 13-19.
 - 7) Sartoris DJ, Resnick D: Pictorial analysis-computed tomography of trauma to the ankle and hindfoot. *J Foot Surg* 1988 ; 27 : 80-91.
 - 8) Cone RO, Nguyen V, Flournoy JG, et al : Triplane fracture of the tibia epiphysis: Radiographic and CT studies. *Radiology* 1984 ; 153 : 763-767.
 - 9) Carey J, Spence L, Blickman H, et al : MRI of pediatric growth plate injury: correlation with plain radiographs and clinical outcome. *Skeletal Radiol* 1988 ; 27 : 250-255.
 - 10) Kowalski HM, Cohen WA, Cooper P, et al : Pitfalls in the CT diagnosis of atlanoaxial rotary subluxation. *AJR* 1987 ; 149 : 595-600.
-