

Title	手関節疾患ならびにその術後評価における高解像度テレビ断層システム (Digital TV Tomosynthesis) の臨床応用について
Author(s)	青木, 純; 中土, 幸男; 平野, 浩志 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1995, 55(6), p. 390-394
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/18685">https://hdl.handle.net/11094/18685</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# 手関節疾患ならびにその術後評価における高解像度テレビ断層システム (Digital TV Tomosynthesis)の臨床応用について

青木 純<sup>1)</sup> 中土 幸男<sup>2)</sup> 平野 浩志<sup>1)</sup> 齋藤 覚<sup>2)</sup> 松田 智<sup>2)</sup> 土金 彰<sup>2)</sup>  
唐木田 修<sup>1)</sup> 徐 貴淑<sup>1)</sup> 伊藤 邦泰<sup>1)</sup> 春日 敏夫<sup>1)</sup> 曾根 脩輔<sup>1)</sup>

1) 信州大学医学部放射線医学教室 2) 信州大学医学部整形外科教室

## Clinical Application of Digital TV Tomosynthesis to Disorders of the Wrist and Their Post-Operative Evaluation

Jun Aoki<sup>1)</sup>, Yukio Nakatsuchi<sup>2)</sup>, Hiroshi Hirano<sup>1)</sup>, Satoru Saitoh<sup>2)</sup>, Satoshi Matsuda<sup>2)</sup>, Akira Tsuchigane<sup>2)</sup>, Osamu Karakida<sup>1)</sup>, Gwy Suk Seo<sup>1)</sup>, Kuniyasu Itoh<sup>1)</sup>, Toshio Kasuga<sup>1)</sup> and Shusuke Sone<sup>1)</sup>

The clinical utility of digital TV tomosynthesis was assessed in 13 patients with chronic disorders of the wrist and the first carpometacarpal joints, and a post-operative evaluation was carried out. The disorders included nonunion of the scaphoid in five patients, Kienböck's disease in four, subluxation of the distal radioulnar joint in two, and osteoarthritis of the first carpometacarpal joint in two. The total time needed to obtain two sets of tomographs of a wrist by digital TV tomosynthesis was about 10 minutes, or approximately one third of the time required with conventional methods. The total radiation exposure in obtaining all tomographs of one direction with digital TV tomosynthesis was less than that in obtaining only one tomograph with conventional methods. Digital TV tomosynthetic images were judged superior to conventional tomographs by four orthopedic surgeons and four radiologists, because tomographic blur was reduced in part by a spatial frequency filter processing. Clinically, digital TV tomosynthesis was very helpful in evaluating nonunion of the scaphoid and Kienböck's disease, especially in their post-operative conditions with metallic fixative devices. Digital TV tomosynthesis was found to be a fast, feasible and inexpensive method with low radiation exposure for evaluating disorders of the wrist.

Research Code No. : 505

Key words : Wrist, Trauma, Tomography, Digital tomosynthesis

Received Dec. 21, 1993 ; revision accepted Jun. 1, 1994  
Departments of Radiology<sup>1)</sup> and Orthopaedic Surgery<sup>2)</sup>, Shinshu University, School of Medicine

## はじめに

骨関節疾患を対象とした画像診断においても、CTやMRIの普及に伴い単純断層撮影の頻度は明らかに減少している。しかしながら、骨は多量のミネラルを含有しているためX線コントラストがよいことから、まだ特殊な部位では単純断層法が有利な場合がある。この中には、仙腸関節や胸鎖関節あるいは脊椎などにおける関節疾患、脛骨上端や脊椎あるいは手根骨や足根骨の骨折などが含まれる<sup>1)-3)</sup>。

手関節の外傷あるいは慢性疾患の診断においても、CTやMRI検査が頻回に行われるようになり、その有用性が報告されているが<sup>4),5)</sup>、これらの検査の経済的な負担や検査時間の長さなどは軽視されがちな傾向にある。このような状況の中で、新しく開発された高解像度テレビ断層法システム (Digital TV Tomosynthesis, 以下、テレビ断層法と略す。) <sup>6)-10)</sup>を手関節および第1手根中手関節の外傷後あるいは慢性疾患の診断やその術後評価に使用し、いくつかの実際的な有用性が確認されたので報告する。

## 対象ならびに方法

対象は、1993年3月より11月の間に13名の手関節および第1手根中手関節の外傷後あるいは慢性疾患患者に試行された総計18回の断層撮影検査である。13名の臨床診断は、舟状骨偽関節5例、Kienböck氏病4例、遠位桡尺関節亜脱臼2例、第1手根中手関節変形性関節症2例であり、その詳細はTable 1に示す。1例の舟状骨偽関節では3回の検査が行われており、Kienböck氏病2例ならびに舟状骨偽関節1例では、それぞれ2回の検査が行われた。なお、当施設にてこの期間に行われた手根部の断層撮影はすべてテレビ断層法にて行われている。

テレビ断層法の方法論に関する詳細はすでに報告されているため<sup>6)-10)</sup>、以下に概略を示す。

断層撮影に用いたX線TV透視・撮影装置は日立メディコ社製MEDIX-210LSである。直線軌道、連続X線曝射、最大振幅40°を用い、撮影条件は60kVp, 50mA, 撮影時

Table 1 Patients with disorders of the wrist

No.	Age	Sex	Clinical diagnosis	Examination
1	52	M	Nonunion of scaphoid	Postop. 3 times
2	24	M	Nonunion of scaphoid	Postop. 2 times
3	62	M	Nonunion of scaphoid	Preop.
4	23	M	Nonunion of scaphoid	Preop.
5	46	F	Nonunion of scaphoid	Postop.
6	45	F	Kienböck's disease	Preop. 2 times.
7	24	F	Kienböck's disease	Preop & Postop.
8	50	F	Kienböck's disease	Preop.
9	29	M	Kienböck's disease	Postop.
10	52	F	Subluxation of DRUJ	Preop.
11	68	F	Subluxation of DRUJ	Preop.
12	35	F	Osteoarthritis of 1st CMJ	Preop.
13	59	F	Osteoarthritis of 1st CMJ	Preop.

DRUJ=Distal radioulnar joint, CMJ=Carpometacarpal joint

間1秒である。用いた蛍光増倍管 (Image intensifier, I. I.) のサイズは 4.5 インチである。1 秒間の撮影時間内に異なった角度から得られる 30 フレームの X 線透視像を走査線 1046 本の高品位 TV カメラ (三菱電気製ダイオードサチコン) に受像した。

受像されたビデオ像は、画像処理装置であるサイバネティック社製イメージプロセッサ HX2P-32S ならびにフレームメモリ DMM-8000S に送られ、まず 1024×1024 マトリックス、8 ビットにデジタル化される。デジタル情報からの断層像合成法や画質向上のための周波数処理法などの詳細については、すでに報告されている文献を参考にあげる<sup>6)-10)</sup>。

約 1.2 秒で 1 枚の断層像が再合成できるため、撮影後約 30 秒でテレビモニタ上で全断層像を観察できる。今回の手関節断層では、正面、側面あるいは斜位にて、2 ないし 3mm ピッチの 8 から 18 断層面を得て、3M 製レーザーイメージシステムにて X 線フィルムに撮影した。

テレビ断層法の手関節 X 線診断における全般的な有用性と個々の疾患群における有用性にわけて検討した。全般的な有用性では、まず検査時間や被曝量を従来法 (45kVp, 25mA, 5.4 秒, スパイラル軌道) と比較検討した。テレビ断層像の画質に関しては詳細な検討が既に報告されているため<sup>6)-8)</sup>、今回は臨床医 8 名 (手の外科専門の整形外科医 4 名ならびに骨軟部領域の放射線科医 4 名) による従来法との視覚上の比較を行った。個々の疾患群では、単純 X 線像との比較が検討の主体である。

結 果

1) 全般的な有用性

検査時間は 1 件 2 方向の撮影に約 10 分を要し、従来の手関節断層撮影の約 3 分の 1 に短縮された。このうち、患者の肢位固定時間は約 2 分と非常に短い時間であった。透視下での正確なポジショニングができることも全体の検査時間の短縮に寄与した。

テレビ断層撮影において 8 から 18 断層面を同時に得るための全照射量は 214mR で、従来の断層撮影法にて 1 断層面像を得るための照射量 306mR より少なかった。

画質は従来のフィルム断層法に劣らないと評価された。これは本検討に加わった整形外科医 4 名と放射線科医 4 名の一致した見解である。

断層 9 画像が 1 枚の大陸版フィルムに順序正しく表示されるため、外来診療などの臨床の場で非常に扱いやすく見やすいという利点があった。

2) 疾患別の有用性

a) 舟状骨偽関節

1 例の術前検査では、単純 X 線像以上の情報は得られなかった。しかし、他の 1 例の術前検査においては、偽関節部の嚢胞性変化がよく描出され、骨折後長い経過を経ていることが示唆された<sup>11)-13)</sup>。最も有用な断層面は、単純 X 線像と同様に斜位 (舟状骨撮影肢位) 像であった。

3 例において行われた術後検査では、創内の金属固定具 (エンダーフックプレート) 使用にもかかわらず、仮骨の形成などがよく観察された (Fig. 1)。

b) Kienböck 氏病

正面断層像は、単純 X 線像より多い情報をもたらさなかった。しかし、側面像では手根骨間の重なりがなくなるため、月状骨が非常に良く観察された。特に、月状骨の分節化や骨片の前後方向への偏位の評価に優れていた (Fig. 2)。骨移植後の癒合状態の評価にも有用であった。1 例の術後検査では、大きな金属製の創外固定器具の使用にもかかわらず、良好な断層像を得ることが可能であった (Fig. 3)。

c) 遠位橈尺関節亜脱臼

側面断層像での評価が有用であったが、特に単純 X 線像以上の情報は得られなかった。

d) 第 1 手根中手関節変形性関節症

母指単純 X 線像 2 方向撮影での評価で十分であり、特に断層像による診断の利点は得られなかった。

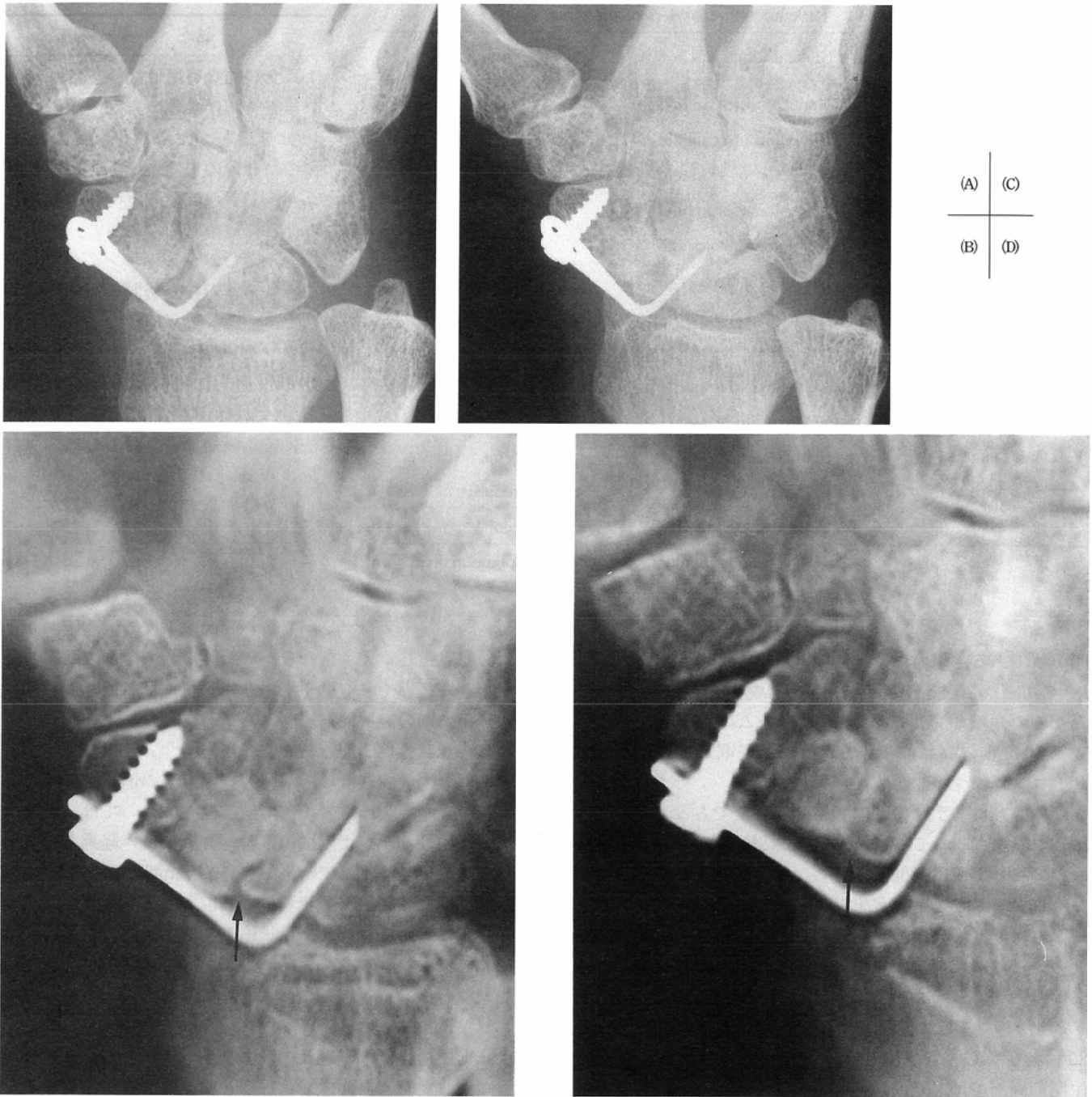


Fig. 1 A 53-year-old man (No. 1) with nonunion of the scaphoid after bone grafting with an Ender hook plate. Bone union can not be thoroughly evaluated on plain oblique radiographs of the wrist one (A) and three (C) months after surgery. In contrast, an oblique digital TV tomogram one month after surgery (B) shows nonunion of the grafted bone (arrow), while the same image three months after surgery (D) shows sufficient callus formation (arrow).

### 考 案

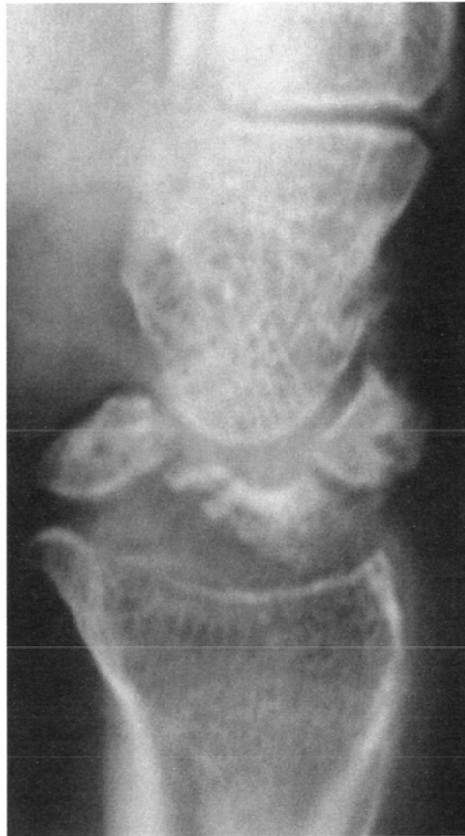
従来のフィルム法による断層像と比較すると、テレビ断層法における検査時間の短縮や被曝量の軽減は明らかであった。検査時間の短縮は、患者にとってのメリットであるとともに、撮影者にとっても非常に有益なことであった。テレビ断層法において4.5インチのIIを使用した場合3lp/mmの解像度が得られ、数値上は従来の単純断層像の解像度4lp/mmに比しやや劣ることはすでに報告されている<sup>6)~8)</sup>。しかし、臨床医による視覚評価ではテレビ断層

法の臨床応用が十分に可能であることが示された。これは、本法における周波数処理によるボケ像の除去の成果と考えられた<sup>8)10)</sup>。また、デジタル像であるため、画像の濃度やコントラストの適正化ができることも一因と考えられた。なお、臨床医による画質評価が一致して良好であったため、特に数値に置き換える判定法は用いなかった。

手関節の単純断層像を用いたX線診断法に関する成書やまとまった臨床報告は少ない。Linscheidらは、手関節外傷における単純断層像の有用性を以下の5項目に要約している<sup>11)</sup>。すなわち、1) 不鮮明な骨折線のよりよい描出、



(A)



(B)

Fig. 2 A 45-year-old woman (No. 6) with Kienböck's disease

Lateral radiograph (A) can not demonstrate exact condition of the lunate because of overlying radius and other carpal bones. A lateral digital TV tomogram (B) clearly shows fragmentation of the lunate.



(A)



(B)

Fig. 3 A 24-year-old woman (No. 7) with Kienböck's disease after vascularized bone grafting with an external fixation system

Lateral radiograph of the wrist (A) shows postoperative condition of the lunate. A high-quality lateral tomogram (B) can be obtained by the digital TV tomosynthesis system even with the big metallic fixation device, which causes artifacts on CT and MRI.

2) 骨折性状のよりよい把握 (部位診断, 変形や連続性あるいは癒合状態の評価, 新旧の骨折の鑑別など), 3) 手根骨の不安定性のよりよい分析, 4) 骨折治癒過程のよりよい評価, そして, 5) 嚢胞化や骨硬化あるいは骨破壊などのよりよい描出, などである. Bell や Hyatt も手根骨や遠位橈骨の骨折の発見や舟状骨骨折の新旧の鑑別などに役立つことを報告している<sup>12),13)</sup>.

今回のテレビ断層法を用いた X 線診断能についての検討では, これらのうち舟状骨偽関節や Kienböck 氏病の病期診断や術後評価などに有用であることが再確認された. これらの病態における細かな骨基質の変化をよりよく評価することができた. 特に, 創内あるいは創外の金属固定器具が使用されている場合, CT 像や MRI 像では金属によるアーチファクトが生じるため, テレビ断層画像は非常に有用と考えられた.

手関節における CT 検査では, ポジショニングの難しさからその適応に限界があることが知られている. 有鉤骨の鉤状突起骨折と遠位橈尺関節亜脱臼の評価における CT 像の有用性が報告されているが<sup>14)-16)</sup>, これらはいずれも手関節の横断面で観察しやすい疾患である. 舟状骨骨折の評価においても CT 像の有用性は報告されているが, 経済性や検査時間の問題から, 検査適応を厳選して行うべきであることも同時に指摘されている<sup>17),18)</sup>.

MRI 像は軟部組織のコントラスト分解能に優れるため, 手関節および手の靭帯や線維軟骨の画像診断法として近年用いられるようになった<sup>4),5),19),20)</sup>. また, 骨髄の評価にも優れるため, 手根骨の骨壊死の早期発見にも有用であることが報告され

ている<sup>19)-21)</sup>。しかし、骨基質の微細な変化を描出することは困難であり、また、その経済性や検査時間の長さには問題があるため、術後の評価に頻回に利用するには不相当と考えられる。

今回、遠位橈尺関節亜脱臼と第一手根中手関節変形性関節症の評価では、テレビ断層像の画質の優良性は評価されたが、単純断層診断自体の必要性を特に認めなかった。

なお、当施設では多くの救急患者を扱っていないため、慢性疾患が今回の検査対象であったが、検査時間が短いため、急性期の外傷の診断にも有用と予測された。また、X線透視装置を用いた短時間の撮影法であるため、透視下での手根部不安定性の検査や関節造影などにも応用できるものと考えられた。

### 結 語

手関節および手の単純断層撮影は依然として重要な補助検査法であった。特に、舟状骨偽関節とKienböck氏病の病期診断や術後評価に有用であった。テレビ断層法の簡便性や経済性あるいは低被曝量は明らかであり、その画質も臨床使用上従来の単純断層法に劣らないことが示された。以上より、手関節疾患の画像診断において従来の単純断層法はテレビ断層法に置き換え得ると考えられた。

本研究中のdigital TV tomosynthesisは、文部省科学研究費（一般研究（A）4404047）によった。

### 文 献

- 1) Morman A: The value of tomography in the diagnosis of skeletal disorders. *Radiol Clin North Am* 8: 251-258, 1970
- 2) Resnick D: Conventional tomography. (In) Resnick D, Niwayama G eds: *Diagnosis of bone and joint disorders*. 313-319, 1981, Saunders, Philadelphia
- 3) Ho C, Sartoris DJ, Resnick D: Conventional tomography in musculoskeletal trauma. *Radiol Clin North Am* 27: 929-932, 1989
- 4) Kursunoglu-Brahme S, Gundry CR, Resnick D: Advanced imaging of the wrist. *Radiol Clin North Am* 28: 307-320, 1990
- 5) Levinsohn EM: Imaging of the wrist. *Radiol Clin North Am* 28: 905-921, 1990
- 6) 春日敏夫, 曾根脩輔, 伊津野格, 他: 開発中のデジタルTV断層システムについて. *病態生理* 7: 641-647, 1988
- 7) 酒井文和, 曾根脩輔, 春日敏夫, 他: X線TV断層システムの開発と胸部X線診断への試用. *映像情報 (M)* 20: 1074-1078, 1988
- 8) 曾根脩輔: Digital TV Tomosynthesisシステムの開発と画像処理法の検討ならびに臨床応用. *日本医放会誌* 50: 1473-1484, 1990
- 9) Sone S, Kasuga T, Sakai F, et al: Digital image processing to remove blur from linear tomography of the lung. *Acta Radiol* 32: 421-425, 1991
- 10) Sone S, Kasuga T, Sakai F, et al: Development of a high-resolution digital radiographic TV tomosynthesis system and its clinical application. *RadioGraphics* 11: 807-822, 1991
- 11) Linscheid RL, Dobyns JH, Younge DK: Trispiral tomography in the evaluation of wrist injury. *Bull Hosp Joint Dis Orthop Inst* 44: 297-308, 1984
- 12) Bell MS: Linear tomography and the injured wrist. *Injury* 8: 303-306, 1976
- 13) Hyatt AP: Multi-section linear tomography of the wrist joint. *Radiography* 43: 135-136, 1977
- 14) Norman A, Nelson J, Green S: Fractures of the hook of hamate; radiographic signs. *Radiology* 154: 49-53, 1985
- 15) Mino DE, Palmer AK, Levinsohn EM: Radiography and computerized tomography in the diagnosis of incongruity of the distal radio-ulnar joint. *J Bone Joint Surg* 67A: 247-252, 1985
- 16) Wechsler RJ, Wehbe MA, Rifkin MD, et al: Computed tomography diagnosis of distal radioulnar subluxation. *Skeletal Radiol* 16: 1-5, 1987
- 17) Quinn SF, Murray W, Watkins T, Kloss J: CT for determining the results of treatment of fractures of the wrist. *AJR* 149: 109-111, 1987
- 18) Bush CH, Gillespy T, Dell PC: High-resolution CT of the wrist: initial experience with scaphoid disorders and surgical fusions. *AJR* 149: 757-760, 1987
- 19) Koenig H, Lucas D, Meissner R: The wrist; a preliminary report on high-resolution MR imaging. *Radiology* 160: 463-467, 1986
- 20) Weiss KL, Beltran J, Lubbers LM: High-field MR surface-coil imaging of the hand and wrist. part II. pathologic correlations and clinical relevance. *Radiology* 160: 147-152, 1986
- 21) Reinus WR, Conway WF, Totty WG, et al: Carpal avascular necrosis: MR imaging. *Radiology* 160: 689-693, 1986