顎関節内障における MR-CT (0.5 Tesla) 画像の検討

丹下和久・三原 学・前田早苗・岩田浩行
深谷昌彦*

Examination of MR-CT (0.5 Tesla) imaging in the internal derangement of temporomandibular joint

Kazuhisa TANGE · Manabu MIHARA · Sanae MAEDA
Hiroyuki IWATA · Masahiko FUKAYA*

Abstract: In recent years many advances have developed in the field of temporomandibular joint (TMJ) imaging. The newest of these involves the use of magnetic resonance (MR)-CT imaging to evaluate internal derangement of the TMJ. MR-CT imaging can produce high-quality tomographic images of greater soft-tissue contrast without ionizing radiation or known biological hazards.

The normal TMJ was evaluated using MR-CT imaging on five volunteers (aged 20~25 years) and compared with ten patients (aged 17~65 years) who had been diagnosed internal derangement of the TMJ. MR-CT imaging was performed with the 0.5 T VISTA MR system (PICKER INTERNATIONAL) using the surface coil. We selected spin-echo sequences (TR 1,000 msec, TE 40 msec; two averages, 256×256 matrix, scan time of 8 min 36 sec). Oblique 5 mm thick images were obtained with open and closed jaw positions.

Findings of MR-CT examinations were correlated with findings of conventional radiographic and clinical examinations. MR-CT provided information about meniscal position and morphology, especially in the open jaw position. MR-CT is a useful method for diagnosis of the internal derangement of the TMJ.

Key words: magnetic resonance imaging (MRI) (磁気共鳴画像), temporomandibular joint (TMJ) (顎関節), internal derangement (内部障害)

緒 言

近年、超電導 MR-CT の登場により画像診断の向上

が期待されている。MR-CT は放射線被曝の懸念がないことや、軟組織の再現性が優れ、形態のみならず病変部のシグナルが抽出され、任意の方向の撮像が可能であるなどの多くの利点を有する¹⁾。

当施設では、昭和61年5月より、超電導核磁気共鳴装置を導入、現在までに自検例に他施設よりの依頼例を含め、顎・口腔外科領域疾患140余例の画像診断を施行してきており、その有用性をすでに報告してきた²⁾。

顎関節疾患においては、近年、顎関節円板を含む関節軟部組織の障害を主体とした顎関節内障が数多く報告されており、その病態も次第に明らかになってきた。しかし、それらは主として顎関節造影³⁻⁵⁾や顎関節鏡所見^{6,7)}から得られるものであり、これらの検査法は術者の熟練を要し、また被験者に被曝や疼痛などの侵襲を加えるという欠点もある。

総合大雄会病院口腔外科

(主任：三原 学部長)

* 愛知学院大学歯学部第1口腔外科学教室

(主任：深谷昌彦教授)

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
Daiyuukai General Hospital (Chief: Dr. Manabu
Mihara)

* The first Department of Oro-Maxillo-Facial Surgery,
School of Dentistry, Aichi-Gakuin University (Chief: Prof. Masahiko Fukaya)

受付日：平成元年1月26日

写真 1A サーフエスコイルを使用した顎関節の MR-CT 撮像

1B 同 (拡大状態)

今回、われわれは MR-CT により顎関節内障の病態、特に関節円板の位置異常を明らかにするために、撮像法および撮像条件を検討し、MR-CT 画像 (MRI) の有用性について若干の知見を得たので報告する。

対象および撮像方法

対象はまず、自、他覚的に顎関節症状がなく、X線写真検査にて異常が認められない正常例 5 例 (20~25 歳、平均 22 歳、すべて女性) について撮像検討した。さらに当科を受診し顎関節内障と診断した症例 10 例 (17~65 歳、平均 35 歳、男性 1 例、女性 9 例) について撮像検討を加えた。顎関節内障と診断した症例の内 7 例は復位を伴う関節円板前方転位例、3 例は復位を伴わない関節円板前方転位例と診断したものである。

撮像に用いた装置は 0.5 T 超電導 MR-CT 装置 (PICKER VISTA-MR 0.5 T) で、撮像に際しては顎関節用サーフェスコイルを用いた。撮像条件は、スピンエコー法で、繰り返し時間 TR 1,000 ms、エコー時間 TE 40 ms、スライス幅 5 mm とし、マトリックス数は 256×256 で、データは平均 2 回の撮像で行った。撮像方向は sagittal とし、下顎頭と垂直になるよう斜位にて行った。

写真 2A 正常例における顎関節の MR-CT 画像 (閉口位)

下顎頭上部に関節円板が存在していると想定できるが、その同定は困難である。

写真 2B 正常例における顎関節の MR-CT 画像 (1 cm 開口位)

下顎頭上部に関節円板後方肥厚部 (pb) が位置している。

撮像の際、撮像中のモーションアーチファクトを防止するため、仰臥位にした患者の頭部はベッド上のヘッドレストにテープ固定した (写真 1A, B)。撮像顎位は、原則として閉口位、約 1 cm、2 cm、3 cm 開口位の 4 ポジションを選択し、その顎位でシネモード画像も構成させた。また顎位の固定には、各個人の開口距離に合わせてバイトブロックを製作使用した。画像診断に際しては、撮像経験より顎関節軟部組織の再現を目的として window width 500—700 程度、window level 100—300 程度を適時選択した。

観 察 結 果

写真中に示した c は下顎頭骨髄部、ae は関節結節、cac は外耳孔、pb は関節円板後方肥厚部、ab は関節円板前方肥厚部および m は関節円板を示した。

表 1 顎関節内障の内訳とその MR-CT 所見

症例	年齢	性別	臨 床 診 断	MR-CT 所見		
				関節円板の 同定	関節円板の 前方転位	関節円板 の変形
1	30	女	復位を伴う関節円板前方転位	可	+	
2	21	女	復位を伴う関節円板前方転位	可	+	
3	17	男	復位を伴う関節円板前方転位	可	+	
4	36	女	復位を伴う関節円板前方転位	可	+	
5	22	女	復位を伴う関節円板前方転位	不可		
6	32	女	復位を伴わない関節円板前方転位	可	+	+
7	21	女	復位を伴う関節円板前方転位	可	+	
8	65	女	復位を伴わない関節円板前方転位	不可		
9	23	女	復位を伴う関節円板前方転位	可	+	
10	58	女	復位を伴わない関節円板前方転位	不可

写真 2C 正常例における顎関節の MR-CT 画像 (2 cm 開口位)

関節円板後方肥厚部 (pb) と下顎頭 (c) との位置関係は 1 cm 開口位とほぼ同様である。

写真 2D 正常例における顎関節の MR-CT 画像 (4 cm 開口位)

下顎頭 (c) は関節結節 (ae) の直下にみられ、その間に関節円板後方肥厚部 (pb) が認められる。

1. 正常例

20 歳、女性の顎関節 MR-CT 画像所見を、正常代表例として示した。

閉口位においては関節腔が狭いため、下顎頭上部に関節円板が存在していると想定できるものの、閉口位の画像では関節円板の同定は困難なことが一般的であった (写真 2A)。

1 cm 開口位では、下顎頭の上方に関節円板後方肥厚部が位置している像が認められた (写真 2B)。

2 cm 開口位では、下顎頭の前方滑走運動とともに関節円板も協調した動きをしている所見が認められた (写真 2C)。

4 cm 開口位では、下顎頭は関節結節の直下にみられ、関節円板は後方肥厚部が明瞭に認められた (写真 2D)。

以上 4 ポジションの画像を、実際にシネモード画像構成用に用いた連続的画像で示した (写真 2E)。シネモ

写真 2E 正常例における顎関節の MR-CT 画像 (連続像)

1-閉口位、2-1 cm 開口位、3-2 cm 開口位、4-4 cm 開口位。矢印は関節円板後方肥厚部の位置を示す。

写真 3A 復位を伴う関節円板前方転位例の MR-CT 画像 (閉口位)

関節円板後方肥厚部 (pb) は下顎頭 (c) の前方位に認められるが、境界は明瞭ではない。

写真 3D 復位を伴う関節円板前方転位例の MR-CT 画像 (3.5 cm 開口位)

クリッキング直後の顎位で、下顎頭 (c) は関節円板後方肥厚部 (pb) 直下に存在すると想定できるが、関節結節 (ae) と近接しており境界は不明瞭である。

写真 3B 復位を伴う関節円板前方転位例の MR-CT 画像 (1 cm 開口位)

閉口位と同様に関節円板後方肥厚部 (pb) は下顎頭 (c) の前方位に存在している。

写真 3E 復位を伴う関節円板前方転位例の MR-CT 画像 (連続像)

1-閉口位, 2-1 cm 開口位, 3-2.5 cm 開口位, 4-3.5 cm 開口位。矢印は関節円板の位置を示す。

写真 3C 復位を伴う関節円板前方転位例の MR-CT 画像 (2.5 cm 開口位)

クリッキングを生ずる直前の顎位で、下顎頭 (c) は関節円板の直下に認められる。

ード画像は任意の MR-CT 画像を抽出して、連続した動きのある画像にするものであり、特に顎関節部においては動きのみられる関節円板と、固定している関節結節との判別に効果的と思われる。

2. 顎関節内障症例

表 1 に顎関節内障症例の内訳とその MR-CT 所見の概要を示した。以下、代表例を供覧する。

症例 4：復位を伴う関節円板前方転位症例

症例は36歳、女性。10年程前から右側顎関節にクリッキングを自覚していたため当科受診。

臨床診断：顎関節内障（復位を伴う関節円板前方転位）。

閉口位においては、関節円板は下顎頭の前方位に認められるが、その前方の関節結節と近接しているため、明

写真 4A 復位を伴わない関節円板前方転位例のMR-CT 画像 (閉口位)

下顎頭 (c) 前方部に関節円板 (m) の存在を想定する部分が認められるが、明瞭ではない。

写真 4C 復位を伴わない関節円板前方転位例のMR-CT 画像 (2.5 cm 開口位)

1.5 cm 開口位とはほぼ同様、関節円板 (m) は、下顎頭 (c) と関節結節 (ae) との間に存在している。

写真 4B 復位を伴わない関節円板前方転位例のMR-CT 画像 (1.5 cm 開口位)

下顎頭 (c) 前方部に関節円板 (m) の存在が示されているが、その形態は変形が推測される。

写真 4D 復位を伴わない関節円板前方転位例のMR-CT 画像 (連続像)

1-閉口位、2-1.5 cm 開口位、3-2.5 cm 開口位。矢印は関節円板の位置を示す。

確な境界判別はやや困難である (写真 3A)。

1 cm 開口位では、閉口位とはほぼ同様に関節円板は下顎頭の前方位に存在している所見が認められた (写真 3B)。

2.5 cm 開口位は、クリッキングを生ずる直前の顎位で、下顎頭は関節円板後方肥厚部直下に位置している様相を呈した (写真 3C)。

3.5 cm 開口位では、クリッキング直後の顎位で、関節円板は下顎頭上部の存在をその拡大した low intensity area から想定されるものの、関節結節と近接するため、関節円板の境界識別は困難であった (写真 3D)。

以上 4 ポジションを連続的画像で示した (写真 3E)。連続画像では (実際にはシネモードでは)、可動部である下顎頭および関節円板と、非可動部である関節結節との位置関係はより理解しやすく、特に写真 3D で示され

た、クリッキング直後の関節円板の位置が、関節結節部に近接して存在すると推定された。

症例 6 復位を伴わない関節円板前方転位例

症例は、32歳の女性。5年程前よりクリッキングの自覚があるも放置していたが、最近、開口障害をも伴うため当科に来院した。撮像時の最大開口量は 2.5 cm であり、クローズドロックの状態を呈していた。

臨床診断：顎関節内障 (復位を伴わない関節円板前方転位)

本症例では、正常例および症例 4 で示した下顎頭幅径中央部のスライスでは関節円板が不鮮明であったので、5 mm 内側のスライスを選択したところ、関節円板がより明確に示された。

閉口位においては、下顎頭前方部に関節円板の存在を想定する low intensity area の存在がみられるが、やや

写真 5A 復位を伴う関節円板前方転位例の MR-CT 画像 (閉口位, Gd-DTPA 造影前)
下顎頭 (c) の前方位に関節円板 (m) の存在が認められる。

写真 5B 復位を伴う関節円板前方転位例の MR-CT 画像 (閉口位, Gd-DTPA 造影後)
造影前と比較すると関節円板 (m) の輪郭が明瞭化され、周囲軟組織の信号強度が増加している。

不鮮明で識別はやや困難である (写真 4A)。

1.5 cm 開口位では、下顎頭前方部に関節円板が位置している。閉口位に比べると、関節円板想定部はより明確に示されている。しかし正常例や症例 4 の関節円板の形態と比較すると、その形態の変形が推測される (写真 4B)。

2.5 cm 開口位においても、1.5 cm 開口位とほぼ同様で、関節円板は下顎頭と関節結節との間に存在する所見が認められる (写真 4C)。

以上 3 ホジションを連続的画像として示した (写真 4D)。

症例 9 : 復位を伴う関節円板前方転位例

症例は、23 歳女性。2 年前からクリッキングを自覚し、当科を受診した。

臨床診断 : 顎関節内障 (復位を伴う関節円板前方転位)

閉口位において、下顎頭の前部部に関節円板が位置している。しかし下顎頭と関節結節との間にはさまれ、関節円板の輪郭はやや不鮮明である (写真 5A)。

本症例に MRI 用造影剤 Gadopentetate (Gd-DTPA) を、0.2 ml/kg を静脈内より投与し、投与後直ちに撮像を行ったところ、閉口位においても造影効果が認められた。下顎頭と関節結節との間に存在する関節円板は、造影前と比較するとその輪郭は比較的明瞭化され、関節円板の周囲軟組織の信号強度が増加している (写真 5B)。

考 察

顎関節症の病態の解明において、関節円板の位置異常の把握が重要視されており、現在その診断の多くは顎関節造影法³⁻⁵⁾や関節鏡所見^{6,7)}によりなされている。しかしこれらは術者の熟練を要し、被験者に X 線被曝を与え、関節腔内損傷の危険性も否定できない。

近年、非観血的で、X 線被曝を受けない、MR-CT がその軟組織分解能に着目され、顎関節領域の診断に応用され始めた⁸⁻¹⁶⁾。一般に MR-CT 画像では、脂肪組織の信号強度が高く、高輝度 (signal high intensity) に描出される。したがって骨髄は signal high intensity として白色に、空気は signal low intensity として黒色に再現されるのが一般である。それにより中間値の筋肉は灰色、緻密骨は暗灰色または黒色に再現される。本検討の撮影条件は、スピンエコー法で TR 1,000 ms, TE 40 ms としたが、これは T1 強調画像と T2 強調画像との中間型で水素原子の密度に依存している。鹿島¹⁷⁾によれば顎関節関節円板の水分含量は、69.3~75.4%、平均 71.7% であり、Mansfield ら¹⁸⁾によれば筋肉組織の水分含量は約 79%、骨組織の水分含量は約 13% としている。したがって、この MR-CT 画像では関節円板は筋肉組織よりは信号強度が弱く暗灰色で、無信号に近く黒色で示される緻密骨よりも信号強度はやや強い。Harms ら⁸⁾も T1 強調画像では関節円板は signal low intensity、緻密骨は signal little intensity であるとしている。これにより、解剖学的にも関節円板と関節結節とは近接していることからその鑑別が肝要と思われる。

本検討の顎関節 MR-CT 画像においては、閉口位、下顎頭と下顎窩との空隙が解剖学的に狭いことと、MR-CT の組織分解能が起因してか、関節円板の識別は比較的困難であった。特に正常例においては関節円板が下顎頭の直上に存在するためさらに識別が困難であると思われた。Burnett ら¹²⁾も MR-CT 画像においては、閉口位では関節円板の明示は困難であると報告している。関節円板前方転位例の閉口位の画像では、正常例と比較するとわずかながら関節円板の識別が容易であったが、関節結節との近接を認めたため、その同定は比較的困難と考えられた。それにより可動部組織と非可動部組織との判

別が必要であり、シネモード画像は有用であった。

下顎頭が関節結節を越えない範囲での開口位においては、正常例および前方転位例ともに関節円板は比較的明瞭に描出が可能であった。正常例においては、開口に伴う下顎頭の前下方への移動のため関節腔が広がり、関節円板後部結合組織の前上方への移動が観察された。関節円板後部結合組織の静脈叢は関節円板の前進に際し血液の流入がみられ¹⁹⁾、MR-CT 画像においては信号強度が強く、高輝度にとらえられる。したがって信号強度が弱く灰色にみえる関節円板、特に後方肥厚部が比較的明瞭に観察されるものと思われた。しかし関節円板前方肥厚部付近は、関節結節と近接するため識別がやや困難となる。関節円板前方転位例では正常例とは逆に、前方肥厚部の識別は比較的容易である。すなわち関節円板が前方に転位しているために、関節円板後方肥厚部は、下顎頭あるいは関節結節と境界が不明瞭になり、結果として読影が困難になる。

復位を伴う関節円板前方転位例においては、クリッキングを生じる前後の下顎頭と関節円板との位置関係の把握は容易である。クリッキングを生じる前の顎位では、下顎頭は関節円板後方肥厚部よりも後方に位置しており、クリッキングを生じる直前では下顎頭は関節円板後方肥厚部の直下に位置し、クリッキングを生じた後では、下顎頭と関節円板の位置関係が正常になっているのが明瞭に観察された。この所見は関節腔造影による所見³⁻⁵⁾と良く一致している。またその位置関係の把握は早期クリック型よりも晩期クリック型のほうが容易であった。これは早期クリック型では、開口初期にクリッキングを生じるので、関節円板は下顎頭と関節結節と重なり識別しづらい位置にあるためと考えられた。

復位を伴わない関節円板前方転位例では、関節円板が下顎頭の前方に位置しているのが観察された。そして開口距離が大きくなるにつれクロズドロックを呈する顎位では、関節円板の形態も下顎頭に押されたように変形をきたしているような所見が認められた。関節円板の穿孔について、Harms ら⁵⁾によれば、MR-CT 画像において関節円板の穿孔は、前方肥厚部と後方肥厚部の分裂により示されるとしている。また瀬上ら²⁰⁾によれば、関節腔造影診査により復位不可能な関節円板前方転位例のうち16.4%に関節円板もしくは円板後組織の穿孔を示す所見が得られたとしている。今回のわれわれの検討では、MR-CT 画像において関節円板の穿孔と診断できた症例は認めなかった。今回の検討で関節円板の位置異常が診断できた割合は、復位を伴う円板前方転位例では7例中6例(86%)、復位を伴わない円板前方転位例では3例中1例(33%)であった。これは復位を伴わない場合は、関節円板の断裂や穿孔、あるいは変形などが伴い、MR-CT 画像診断をより困難なものにしているうえに、緻密骨部分に重なり読影が難しいからと考えられ

る。また復位を伴わない円板前方転位例のうち関節円板の同定ができなかった2症例は、58歳と65歳の女性で今回の検討のなかでは高齢であった。MR-CT 画像では水素原子密度に大きく影響されるため、若年者と比べ体液量の減少している高齢者では関節円板の描出は難しいかも知れない。これらの点に関しては、新たなサーフェスコイルの開発や静磁場強度の増加など、空間分解能を良くし、S/N 比の向上をはかるなど、MR-CT のハードウェアの改良が必要と思われる。

Carr ら¹⁶⁾によれば下顎頭幅径中央部だけでなく、その左右のスライスの画像も重要であり、三次元的な関係の把握にも役立つとしている。従って顎関節の MR-CT 画像診断では、sagittal の下顎頭幅径中央部のスライスだけでなくその内側よりのスライスも関節円板の位置の確認のためには重要と考えられる。本検討の撮影条件ではスライス幅を5mmとしたが、中央部よりも5mm内側のスライスのほうが関節円板がより明確に描出された症例もあった。これは関節円板の内側への転位を示すものと思われた。中央部より内側でのスライスは、関節円板の内方転位例の診断に適応できると考えられる。

最大開口位付近においては、正常例、復位を伴う関節円板前方転位例ともに関節円板後方肥厚部は比較的明瞭に描出されたが、前方肥厚部は下顎頭と関節結節とのあいだにはさまれ、読影は比較的困難であった。

MRI用の造影剤 Gadopentetate (Gd-DTPA) は、ガドリウムイオンの高い常磁性により緩和時間を促進する作用を持ち、安全性も高いとされている。その臨床効果および安全性については、脳・脊髄領域ではすでに報告されてきている^{21,22)}。顎関節領域の MR-CT 画像診断では、顎関節軟部組織の鮮明な画像の描出が必要とされるが、Gd-DTPA によりさらに鮮明な画像が期待できるとも思われる。木野ら¹⁹⁾によれば関節円板は、特に中央狭窄部では血流に乏しいとしている。また下顎頭や関節結節の緻密骨部分も骨髓組織に比べれば血液の循環は豊かではない。したがって静脈より投与された Gd-DTPA は、関節円板や下顎頭、関節結節の緻密骨にはほとんど影響せず、その周囲の軟組織に移行してコントラスト増強効果を示すと考えられる。今回の検討でも、関節円板前方転位症例で、関節円板と関節結節との間に、造影前には明瞭にみられなかった軟組織が造影後に描出され、関節円板が比較的鮮明に観察された症例も認められた。またこの造影剤は T1 強調画像において、著明なコントラスト増強効果を有する²¹⁾とされ、スピンエコー法での繰り返し時間 (TR) を短縮できるため、撮影時間も短縮されると思われる。今後、造影剤の効果時間や確実な造影効果の面でさらに検討を加える予定である。

結 語

今回われわれは顎関節内障の診断におけるMR-CTの有用性を検討し以下のような結果が得られた。

1) 閉口位での関節円板は、正常例では描出は比較的困難であったが、円板前方転位例では正常例よりも描出された。

2) 開口位では、正常例、円板前方転位例ともに関節円板は比較的描出可能であった。

3) 復位を伴う関節円板前方転位例では、クリックング前後の下顎頭と関節円板との位置関係が比較的明瞭に示された。

4) 復位を伴わない関節円板前方転位例では、関節円板の変形が疑われる所見も認められたが、復位を伴う円板前方転位例と比較すると、関節円板の描出はやや劣っていた。

5) 関節円板内方転位の描出の可能性が期待された。

6) 関節円板と関節結節とが近接し読影が困難な症例は、シネモード画像が有用であった。

7) MRI 用造影剤 Gadopentetate (Gd-DTPA) は、関節円板の鮮明な描出に効果的であると思われた。

以上、現時点で著者らの検討した 0.5 Tesla の MR-CT の分解能は狭小であり、組織量の少ない顎関節部の診断には、あらゆる症例に対応できるとは断言できないが、顎関節内障の診断、特に関節円板の位置異常の診断に、他の検査法と比較し安全で有用な手段であると思われた。

本論文の要旨は、第33回日本口腔外科学会総会（昭和63年9月、名古屋）において発表した。

引 用 文 献

- 1) 真野 勇：NMR 診断法、秀潤社、東京、1984、14-17頁。
- 2) 三原 学、前田早苗、他：口腔外科領域における MR-CT の集積検討（抄）、口科誌 37(5)：1253 1988。
- 3) 高橋庄二郎、柴田孝典：顎関節症の基礎と臨床、日本歯科評論社、東京、1986、4-10、109-135頁。
- 4) 大西正俊：顎関節腔内穿刺法とその応用に関する臨床的研究、口病誌 37：178-207 1970。
- 5) 米津博文、関 康忠、他：X線テレビシシステムを用いる顎関節腔造影検査法について、日口外誌 33：937-949 1987。
- 6) 大西正俊：顎関節の関節鏡的検査法、口病誌 42：207-213 1975。

- 7) 大西正俊：顎関節の関節鏡視法の開発とその臨床応用、口科誌 31：487-512 1982。
- 8) Harms, S.E., Wilk, R.M., et al.: The Temporomandibular Joint: Magnetic Resonance Imaging Using Surface Coils. Radiology 157: 133-136 1985。
- 9) Price, C. and Fache, J.S.: Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint: Normal appearances. Dentomaxillofac. Radiol 15: 79-85 1986。
- 10) Katzberg, R.W., Bessette, R.W., et al.: Normal and Abnormal Temporomandibular Joint: MR Imaging with Surface Coil. Radiology 158: 183-189 1986。
- 11) Westesson, P.L., Katzberg, R.W., et al.: CT and MR of the Temporomandibular Joint: Comparison with Autopsy Specimens. AJR 148: 1165-1171 1987。
- 12) Burnett, K.R., Davis, C.L., et al.: Dynamic Display of the Temporomandibular Joint Meniscus by Using "Fast-Scan" MR Imaging. AJR 149: 959-962 1987。
- 13) Vogler, J.B., Dolan, E., et al.: Internal Derangements of the Temporomandibular Joint: Diagnosis by Magnetic Resonance Imaging. Journal of Cranio-mandibular Disorders: Facial & Oral Pain 1: 157-161, 1987。
- 14) 鄭 勲、木野孔司、他：顎関節におけるNMR映像法 (MRI) の応用について、日本歯科評論 521: 257-261 1986。
- 15) 船本長一郎、塩田 覚、他：顎関節部の MRI 画像とその検討、日口外誌 34: 139-143 1988。
- 16) Carr, A.B., Gibilisco, J.A., et al.: Magnetic Resonance Imaging of the Temporomandibular Joint: Preliminary Work, Journal of Cranio-mandibular Disorders: Facial & Oral Pain 1: 89-96 1987。
- 17) 鹿島健司：顎関節円板構成コラーゲンの生化学的分析、日口外誌 34: 424-437 1988。
- 18) Mansfield, P., Pykett, I.L.: Biological and medical imaging by NMR. J Magn Reso 29: 355-378 1978。
- 19) 木野孔司、大西正俊：顎関節の解剖、歯科ジャーナル 16: 767-776 1982。
- 20) 瀬上夏樹、村上賢一郎、他：顎関節内障クローズドロック症例に対するマニピュレーションならびにパンピングマニピュレーション療法の評価、日口外誌 34: 1123-1131 1988。
- 21) 杜若陽祐、原田邦子、他：Gd-DTPA を用いた脳・脊髄腫瘍の MRI 診断、画像診断 8: 195-202 1988。
- 22) 竹本和正、井上佑一、他：Gadolinium-DTPA の使用経験—Contrast enhanced MR imaging—臨床放射線 31: 795-801 1986。