

顎関節症患者における MRI 所見と主訴との関連性についての統計学的検討

松原 理紗

緒言

顎関節症患者は顎関節や咀嚼筋の疼痛、関節雑音、開口障害あるいは顎運動異常等の多彩な臨床症状を訴える。顎関節症における画像診断では、Magnetic Resonance Imaging (MRI) 検査が広く使用され、顎関節円板の形態・位置、開口時の復位の有無、下顎頭の形態と表面性状、下顎頭骨髄信号、joint effusion の有無などが評価項目となる。これらの顎関節 MRI 所見における各項目間の複雑な関連性については多数の報告があり¹⁻⁷⁾、円板形態の変化は円板前方転位¹⁻³⁾ および下顎頭形態変化¹⁾ と関係し、円板前方転位は下顎頭形態変化^{1,4,5)} および joint effusion^{6,7)} と関係するとされている。しかし、これらの文献のほとんどは、数ある評価項目のうち、2 から 3 項目の MRI 所見間の関係性を評価したものである。顎関節部における軟組織および硬組織の MRI 所見をより詳細に分類し、多数の評価項目を用いて、項目間の相関関係を統合的に分析し、また、臨床症状との関連性を分析することで、臨床的に「鍵となる」異常項目の検出が期待できる。

さらに、MRI 所見と顎関節症状との関連性も多数報告されており⁸⁻¹⁵⁾、顎関節疼痛症状は円板前方転位⁷⁻¹⁰⁾、下顎頭形態変化^{9,11-13)}、下顎頭骨髄信号異常^{9,10,14,15)}、joint effusion^{7,9,10,13)} との関係性が報告されている。しかし、関節雑音や開口制限と MRI 所見との関連性を検討した研究報告はほとんどない。詳細に分類された MRI 所見項目と顎関節症患者の訴える臨床症状との関連性を解析することで、どのような症状に MRI 検査が有効となるかの判断が可能となり、単純 X 線撮影や Computed tomography (CT) 検査、歯科用コーンビーム CT (CBCT) 検査などの放射線被曝を伴う不必要な画像検査を省略で

きると思われる。

本研究では顎関節症患者において 1) 顎関節部における各組織の MRI 所見項目間の相関関係, 2) 各 MRI 所見項目と顎関節症患者の主訴との関係性を統計学的に検討した。

対象ならびに方法

1. 対象患者

対象は 2011 年～2014 年の期間中に岡山大学病院，咬合・義歯補綴科を受診し，かつ MRI 検査を受けた顎関節症患者 441 名のうち，MRI 画像や臨床情報の不備が見られた 5 症例，顎関節部に影響を及ぼす可能性のある全身性疾患（骨格成長に影響を及ぼす先天異常，関節リウマチ等の自己免疫疾患，疼痛症状が発現する代謝性疾患）を有する 9 症例，顎関節領域の外傷もしくは同領域の外科処置歴があった 2 症例を除外し，最終的に 425 名を（850 顎関節）とした。臨床診断基準は Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders（RDC/TMD）¹⁶⁾ に準じた。主訴の評価項目は顎関節顔面領域の機能時疼痛（同領域の顎関節運動および咀嚼時に生じる疼痛），関節雑音（閉開口運動時に生じるすべての音），開口制限（摂食に影響するほどの開口制限）とし，いずれも問診による患者申告内容を採用した。

2. MRI 検査

MRI 検査は 1.5-T Magnetom Vision (Siemens Healthineers, Erlangen, Germany), 1.5-T Achieva (Philips Healthcare, Best, Netherlands), 3.0-T Magnetom Skyra (Siemens Healthineers, Erlangen, Germany), 3.0-T Magnetom Verio (Siemens Healthineers, Erlangen, Germany) の計 4 機種の内いずれかによって撮像され，撮像条件および使用コイルは表 1 に示す。撮像平面は下顎枝長軸に平行な矢状面とし，閉口時および開口時のプロトン密度強調画像，T2 強調画像を取得した。画像評価は 2 名以上の日本歯科放射線学会認定医が行い，意見の相違がある場合は担当診断医間の合意によって確定診断が得られた。

顎関節円板形態は閉口位のプロトン密度強調画像にて評価した。

Arayasantiparb らによる分類²⁾を参考に、**biconcave disc**（正常前方後方肥厚部及び中央狭窄部を呈する円板形態）、**flattened disc**（前方後方肥厚部及び中央狭窄部が同じ厚みを呈する円板形態）、**convex disc**（上下面のいずれか、もしくは両面が外向性の弧面を呈する円板形態）、**folded disc**（円板のいずれかの箇所に折畳み状の形態を呈する円板形態）と定義した（図1）。

顎関節円板前方転位の有無は、転位なし（閉口位では下顎頭上方に後方肥厚部が位置し、開口位では下顎頭上方に中央狭窄部が位置する）、復位性関節円板前方転位

（**DDWR**：閉口位では関節円板が下顎頭よりも前方に位置し、開口位では中央狭窄部が下顎頭上方に位置し、正常な関節円板と下顎頭との位置関係に戻る）、非復位性関節円板前方転位（**DDWOR**：閉口位では下顎頭よりも前方に位置し、開口位でも円板が正常な位置に戻らず下顎頭の前方に位置する）に分類した。診断に利用するスライスは関節円板および下顎頭の位置関係が最も明瞭に観察できる傍矢状断面を中心とした前後のスライスとした。

下顎頭形態変化は **Roh** らの分類⁶⁾を参考に、**erosion**（皮質骨ラインの断裂もしくは欠損）、**sclerosis**（画像上での皮質骨の肥厚）、**flattening**（下顎頭上部の丸みの消失）、**osteophytes**（外向性の棘状骨増生）、混在型と定義した（図2）。

骨髄信号は **Larheim** らの分類¹⁷⁾に準じ、正常型（プロトン密度強調画像では均一な低～中等度信号強度、およびT2強調画像での低信号強度）、**marrow edema**（T2強調画像での信号強度増強）、**marrow sclerosis**（プロトン密度強調画像及びT2強調画像での信号低下）、混在型（**edema**と**sclerosis**の混在）と定義した（図3）。

Joint effusion は T2 強調画像にて評価し、**Grade 0**.（正常、関節腔内に異常な信号増強なし）、**Grade 1**.（関節腔内に点状もしくは線状の高信号を認める）、**Grade 2**.（関節腔内に帯状の高信号域を認める）、**Grade 3**.（関節腔内に高信号域が充満している状態）に分類した。（図4）

3. データ解析

データ解析には統計専用ソフト IBM SPSS Statistics Base 24.0 (Tokyo, Japan) を用いた。記述統計解析にて、患者背景、MRI 所見および主訴の分類を評価した。MRI 所見各項目間の解析には Spearman の順位相関順位係数、MRI 所見各項目と主訴との関連性の解析にはロジスティック回帰分析を行った。

結果

被験者の年齢は12歳から86歳（中央年齢は49歳，25%四分位偏差：29歳；75%四分位偏差：63歳），男性97名，女性328名，男女比は女性：男性=3.38：1で女性に多かった。MRI 所見各項目において，下顎頭形態変化，下顎頭骨髓信号および joint effusion の3項目では正常型が最も多かった。関節円板形態では folded disc が最も多く，36.8%を占め，関節円板前方転位の有無の項目では DDWR が最も多く，42.8%を占めた（表2）。主訴の3項目では，関節疼痛は850顎関節中375顎関節（44.1%），関節雑音は850顎関節中389顎関節（45.8%），開口制限は425症例中220症例（51.8%）に認められた。

Spearman の順位相関係数を用いて解析した MRI 所見各項目間の相関関係を表3に示す。Biconcave disc は円板転位なし群とかなり高い相関関係（ $r=0.706$ ， $p<0.01$ ）を示した。Folded disc は DDWOR と高い正の相関関係（ $r=0.467$ ， $p<0.01$ ），flattened disc は DDWR と正の相関関係（ $r=0.320$ ， $p<0.01$ ）を示した。また，DDWR は biconcave disc（ $r=-0.352$ ， $p<0.01$ ）と負の相関関係を示し，下顎頭形態，骨髓正常，joint effusion の各項目との相関係数 r は 0.2 以下となり，統計学的に有意な相関関係を示さなかった。DDWOR は biconcave disc（ $r=-0.323$ ， $p<0.01$ ），下顎頭形態正常型（ $r=-0.375$ ， $p<0.01$ ），骨髓正常型（ $r=-0.369$ ， $p<0.01$ ），Grade 0. joint effusion（ $r=-0.390$ ， $p<0.01$ ）と負の相関関係を示したのに対し，osteophytes（ $r=0.418$ ， $p<0.01$ ），下顎頭形態変化混在型（ $r=0.262$ ， $p<0.01$ ），marrow edema（ $r=0.281$ ， $p<0.01$ ），骨髓混在型（ $r=0.213$ ， $p<0.01$ ），Grade 3. joint effusion（ $r=0.296$ ， $p<0.01$ ）と正の相関関係を認めた。

Folded disc は円板転位なし群（ $r=-0.421$ ， $p<0.01$ ），骨髓正常型（ $r=-0.244$ ， $p<0.01$ ），Grade 0. joint effusion（ $r=-0.352$ ， $p<0.01$ ）と負の

相関関係, osteophytes ($r=0.201$, $p<0.01$), Grade 2. joint effusion ($r=0.203$, $p<0.01$), Grade 3. joint effusion ($r=0.250$, $p<0.01$) と正の相関関係を認めた。Osteophytes は円板転位正常群 ($r=-0.201$, $p<0.01$), 骨髄正常群 ($r=-0.351$, $p<0.01$) と負の相関関係, marrow edema ($r=0.232$, $p<0.01$), 骨髄混在型 ($r=0.260$, $p<0.01$) と正の相関関係を認めた。下顎頭形態正常型は円盤転移なし ($r=0.250$, $p<0.01$), 骨髄信号の正常型 ($r=0.390$, $p<0.01$) と正の相関関係, marrow edema ($r=-0.311$, $p<0.01$) および混在型 ($r=-0.203$, $p<0.01$) と負の相関関係を認めた。Marrow edema は下顎頭 erosion および形態混在型 (両者とも $r=0.217$, $p<0.01$) の正の相関関係を認めた。

ロジスティック回帰分析による主訴 3 項目と MRI 所見各項目との関連性を表 4 に示す。顎関節顔面領域の機能時疼痛は DDWOR (OR: 2.95 ; 95% CI: 1.85 - 4.68), marrow edema (OR: 3.13 ; 95% CI: 1.66 - 5.90), Grade 2. joint effusion (OR: 1.80 ; 95% CI: 1.13 - 2.87), Grade 3. joint effusion (OR: 2.46 ; 95% CI: 1.33 - 4.55) の項目において, 高いオッズ比を認めた。一方, osteophytes (OR: 0.52 ; 95% CI: 0.30 - 0.90) および下顎頭形態変化混在型 (OR: 0.45 ; 95% CI: 0.24 - 0.83) は正常群と比較し, オッズ比は有意に低かった。関節雑音は DDWOR (OR: 1.95 ; 95% CI: 1.24 - 3.06), 下顎頭 flattening (OR: 5.25 ; 95% CI: 1.44 - 19.07), Grade 2. joint effusion (OR: 2.59 ; 95% CI: 1.64 - 4.11), Grade 3. joint effusion (OR: 3.79 ; 95% CI: 2.03 - 7.05) の項目において, 高いオッズ比を認めた。開口制限は, DDWR (OR: 1.91 ; 95% CI: 1.36 - 2.67) および DDWOR (OR: 1.97 ; 95% CI: 1.27 - 3.07) の項目において, 高いオッズ比を示したのに対し, 下顎頭 flattening (OR: 0.34 ; 95% CI: 0.11 - 0.99) の項目においては, オッズ比が低かった。

考察

本研究では、顎関節症患者における MRI 所見間、および MRI 所見と主訴との関連性について、大規模な被験者数を対象に総合的に統計解析し、検討を行った。

DDWOR は folded disc, DDWR は flattened disc と正の相関を認めた。円板前方転位が円板形態の変化に先行するとの報告があり¹⁸⁾、本研究においてもこの意見を支持する結果となり、さらにこれらの関係の中でも、特に DDWOR は円板の fold 状への変形、DDWR は円板の flattened 状への変形と関係することが分かった。

DDWOR は osteophytes および folded disc と正の相関関係、他の MRI 所見項目の正常型と負の相関関係を示したのに対し、DDWR は下顎骨形態、骨髄信号、joint effusion の異常群と有意な相関関係がなかった。これらの結果は DDWOR また DDWR は下顎頭形態変化や joint effusion の出現リスクを上げたとした過去の文献^{5,6)}と異なる結果となった。さらに、DDWOR は主訴 3 項目全てと関連性を認めたが、DDWR は開口制限にのみ有意に関係していた。DDWR において、開口時に関節窩と下顎頭との間に間節円板が介在することで、顎関節症状が軽減されたと考えられ、逆に、DDWOR の状態は顎関節への負荷や内在性損傷を惹起すると考えられた。

本研究では、DDWOR および folded disc は他の正常項目と負の相関関係、そして異常項目との正の関係が目立つ結果となっており、特に high-grade joint effusion (Grades 2 ~ 3) と正に相関していた。Joint effusion は関節腔内の炎症反応を反映するとされており^{19,20)}、DDWOR および folded disc が関節腔内の炎症症状に関係すると考えられ、「鍵となる」異常項目と考えられた。一方、いずれの下顎頭形態変化も joint effusion との間に相関関係がなかったことから、下顎頭退行性変化と関節腔内の活動的な炎症症状は同時期に存在する可能性が低いことがわかった。

さらに、本研究の結果から DDWOR, marrow edema, high-grade joint effusion は顎関節顔面領域の機能時疼痛の予測因子として挙げられ、関節腔内部および下顎頭内部の異

常は疼痛症状を惹起しうることが示唆された。一方、osteophytes および下顎頭形態変化混在型では顎関節顔面領域の機能時疼痛のオッズ比を低かった。下顎頭の慢性的な形態変化の進行に伴い、さまざまな機械的ストレスに順応するため下顎頭の周囲に軟組織被覆が生じるとされており²¹⁾、osteophytes および下顎頭形態変化の混在型では、このような周囲軟組織の変化により疼痛症状が軽減されたと考えられる。また、Widmalm ら²²⁾ は関節雑音が円板前方転位、下顎頭形態変化もしくは円板穿孔に起因すると報告しており、本研究では関節雑音が特に下顎頭 flattening および DDWOR と関連する結果となった。High-grade joint effusion は関節腔内の炎症反応の反映として、疼痛症状および関節雑音に関係していたと考えられる。開口制限については、復位の有無にかかわらず、関節円板の前方転位がその症状発現に有意に関係しており、逆に、下顎頭 flattening が見られる顎関節では下顎頭の運動域が広い傾向にあることが分かった。

結論

本研究によって DDWOR は folded disc, osteophytes および high-grade joint effusion との正の相関を認めるなど各 MRI 所見間の関連性が見出された。その中でも DDWOR と folded disc は関節腔内の炎症反応との関連が示唆され、「鍵となる」画像異常項目であると考えられた。さらに、MRI 検査でしか検出できない DDWOR, 下顎頭骨髄信号異常, joint effusion は顎関節症状の予測因子として挙げられた。下顎頭や関節窩の形態変化を主要検出対象とする単純 X 線撮影および CT/CBCT は一般的な顎関節症の診断において臨床的意義が乏しい結果となることが多く、顎関節症患者への早期の MRI 検査を行うことで、治療方針を的確に決定できるほか、不必要な医療被曝や経費の削減も期待できることが示された。

表 1. MRI パラメーターおよびコイル

	TR/TE/TE (msec)	FOV (cm)	THICKNESS (mm)	MATRIX	NEX	Coil
1.5 T Magnetom Vision	2000/14/85	6 - 13	3	160×512	2	CP Head coil
1.5 T Achieva	1500/16/100	15 - 15	3	145×192	3	Flex-M coil
3.0 T Magnetom Skyra	2940/22/98	9 - 12	3	110×192	2	20-channel Head coil
3.0 T Magnetom Verio	2940/22/98	9 - 12	3	108×192	2	20-channel Head coil

表 2. 顎関節症患者における MRI 所見各項目の内訳 (n=850)

		No.	%
顎関節円板形態	Biconcave	257	30.2
	Flattened	191	22.5
	Convex	89	10.5
	Folded	313	36.8
顎関節円板転位の有無	転位なし群	245	28.8
	DDWR	364	42.8
	DDWOR	241	28.4
下顎頭形態変化	正常型	584	68.7
	Flattening	67	7.9
	Erosion	28	3.3
	Sclerosis	17	2.0
	Osteophytes	86	10.1
	混在型	68	8.0
骨髓信号	正常型	726	85.4
	Edema	67	7.9
	Sclerosis	12	1.4
	混在型	45	5.3
Joint effusion	Grade 0	371	43.6
	Grade 1	285	33.5
	Grade 2	124	14.6
	Grade 3	70	8.2

表 3. 顎関節症患者における MRI 所見各項目間の Spearman の相関順位係数 (n=850)

	Biconcave	Flattened	Convex	Folded	関節円板 転位なし群	DDWR	DDWOR	下顎頭形態 正常型	Erosion	Sclerosis	Flattening	Osteophytes	混在型	信号正常型 骨髓	edema 骨髓	sclerosis 骨髓	混在型 骨髓
関節円板転位なし群	.706**	-.137**	-.209**	-.421**													
DDWR	-.352**	.320**	.154**	-.040													
DDWOR	-.323**	-.214**	.041	.467**													
下顎頭形態正常型	.190**	.072*	-.076*	-.195**	.250**	.112**	-.375**										
Erosion	-.128**	.009	-.009	.119**	-.140**	-.045	.191**										
Sclerosis	-.008	-.027	.100**	-.032	-.034	-.010	.045										
Flattening	-.136**	-.042	.103**	.101**	-.133**	-.026	.162**										
Osteophytes	-.123**	-.105**	.012	.201**	-.201**	-.196**	.418**										
混在型	-.111**	-.067	.067	.121**	-.123**	-.127**	.262**										
骨髓信号正常型	.156**	.071*	.054	-.244**	.160**	.189**	-.369**	.390**	-.277**	-.086*	-.185**	-.351**	-.292**				
骨髓 edema	-.107**	-.053	-.043	.175**	-.109**	-.156**	.281**	-.311**	.217**	.052	.168**	.232**	.217**				
骨髓 sclerosis	-.035	.031	-.008	.012	-.076*	.017	.057	-.070*	.080*	.097**	-.049	.027	.001				
骨髓混在型	-.098**	-.064	-.029	.168**	-.081*	-.120**	.213**	-.203**	.134**	.021	.114**	.260**	.199**				
JE Grade0	.206**	.168**	.017	-.352**	.257**	.120**	-.390**	.185**	-.113**	-.041	-.101**	-.178**	-.149**	.196**	-.134**	.015	-.155**
JE Grade1	-.055	-.024	.001	.073*	-.078*	-.010	.090**	-.037	.027	-.020	.039	.056	.072*	-.031	.033	-.022	.021
JE Grade2	-.091**	-.143**	.011	.203**	-.138**	-.055	.198**	-.124**	.074*	.086*	.061	.065	.060	-.150**	.089**	.007	.126**
JE Grade3	-.160**	-.079*	-.047	.250**	-.153**	-.130**	.296**	-.112**	.062	-.001	.037	.141**	.068*	-.107**	.071*	.000	.082*

JE, joint effusion

** $p < 0.01$; * $p < 0.05$, Spearman の相関順位係数

表 4. 顎関節症患者における MRI 所見と主訴との関連 (n= 850)

		顎関節顔面領域の機能時疼痛		関節雑音		開口制限	
		オッズ比	95%信頼空間	オッズ比	95%信頼空間	オッズ比	95%信頼空間
顎関節円板転位の有無	転位なし群	1.00		1.00		1.00	
	DDWR	0.87	(0.62-1.24)	1.10	(0.78-1.56)	1.91	(1.36-2.67)
	DDWOR	2.95	(1.85-4.68)	1.95	(1.24-3.06)	1.97	(1.27-3.07)
下顎頭形態変化	正常型	1.00		1.00		1.00	
	Erosion	0.59	(0.33-1.06)	1.07	(0.62-1.83)	1.14	(0.68-1.92)
	Sclerosis	0.42	(0.17-1.05)	0.93	(0.40-2.16)	1.61	(0.70-3.74)
	Flattening	1.46	(0.51-4.17)	5.25	(1.44-19.07)	0.34	(0.11-0.99)
	Osteophytes	0.52	(0.30-0.90)	0.91	(0.54-1.54)	1.11	(0.67-1.83)
	混在型	0.45	(0.24-0.83)	0.65	(0.36-1.16)	0.93	(0.53-1.63)
骨髄信号	正常型	1.00		1.00		1.00	
	Edema	3.13	(1.66-5.90)	1.67	(0.92-3.05)	1.06	(0.60-1.87)
	Sclerosis	3.13	(0.81-12.17)	1.44	(0.41-5.03)	1.05	(0.31-3.50)
	混在型	1.94	(0.97-3.90)	1.03	(0.53-2.02)	0.93	(0.48-1.78)
Joint effusion	Grade 0	1.00		1.00		1.00	
	Grade 1	1.11	(0.79-1.57)	1.23	(0.88-1.72)	1.13	(0.81-1.56)
	Grade 2	1.80	(1.13-2.87)	2.59	(1.64-4.11)	1.49	(0.95-2.33)
	Grade 3	2.46	(1.33-4.55)	3.79	(2.03-7.05)	1.13	(0.64-1.99)

ロジスティック回帰分析 (顎関節円板転位の有無, 下顎頭形態変化, 骨髄信号, joint effusion で調整。)

Hosmer and Lemeshow Test : 関節疼痛, $p=0.873$; 関節雑音, $p=0.513$; 開口制限, $p=0.644$

図 1. 顎関節円板形態の分類 (プロトン密度強調画像)

(a, e) Biconcave disc, (b, f) Flattened disc, (c, g) Concave disc, (d, h) Folded disc

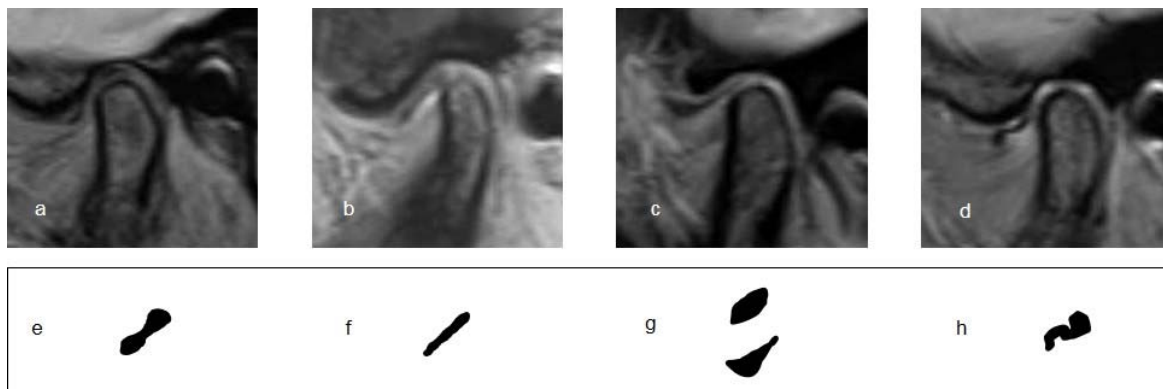


図 2. 下顎頭形態変化 (プロトン密度強調画像)

(a) Erosion, (b) Sclerosis, (c) Flattening, (d) Osteophytes

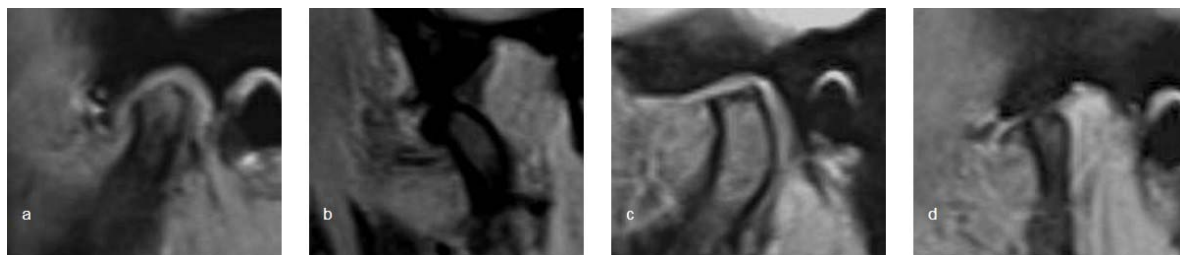


図 3. 下顎頭骨髄信号異常の分類（左：プロトン密度強調画像；右：T2 強調画像）

(a) Bone marrow edema, (b) Bone marrow sclerosis, (c) Bone marrow edema および sclerosis の混在型

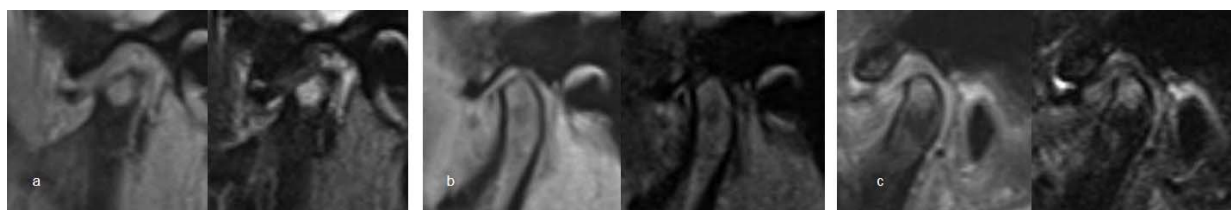
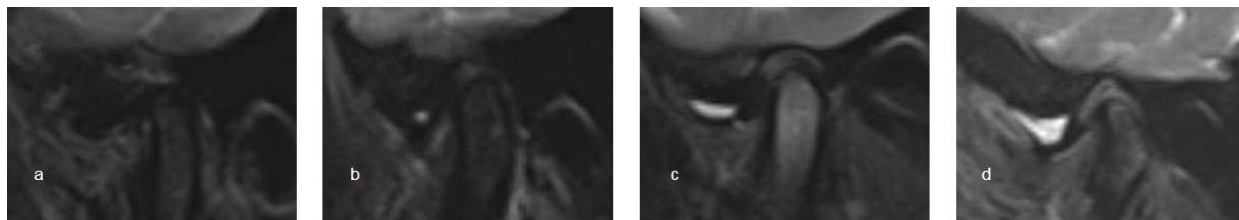


図 4. Joint effusion の分類 (T2 強調画像)

(a) Grade 0, (b) Grade 1, (c) Grade 2, (d) Grade 3



謝辞

稿を終えるにあたり，終始御懇切なる御指導と御校閲を賜りました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯科放射線学分野 浅海淳一教授ならびに応用情報歯学分野 柳文修教授，咬合・有床義歯補綴学分野 皆木省吾教授に謹んで感謝の意を表します。また，本研究の遂行にあたり，終始御懇切なる御指導と御校閲を賜りました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野 沖和広先生に深甚なる謝意を表します。最後に，貴重な御援助，御協力，御助言を頂きました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科歯科放射線学分野ならびに岡山大学病院歯科放射線・口腔診断科，歯科総合診断室，咬合・義歯補綴科の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) Westesson P.L., Roblin M. J.: Internal derangement related to osteoarthritis in temporomandibular joint autopsy specimens. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **157**, 17-22, 1984.
- 2) Arayasantiparb R., Tsuchimochi M., Mitirattanakul S.: Transformation of temporomandibular joint disc configuration in internal derangement patients using magnetic resonance imaging. *Oral Science International*, **9**, 43-48, 2012.
- 3) Vogl T.J., Lauer H.C., Lehnert T., Naguib N.N., Otth P., Filmann N., Soekamto H., Nour-Eldin N.E.: The value of MRI in patients with temporomandibular joint dysfunction: Correlation of MRI and clinical findings. *Eur J Radiol*, **85**, 714-719, 2016.
- 4) Roh H.S., Kim W., Kim Y.K., Lee J.Y.: Relationships between disk displacement, joint effusion, and degenerative changes of the TMJ in TMD patients based on MRI findings. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, **40**, 283-286, 2012.
- 5) Dias I.M., Cordeiro P.C., Devito K.L., Tavares M.L., Leite I.C., Tesch R.S.: Evaluation of temporomandibular joint disc displacement as a risk factor for osteoarthritis. *Int J Oral Maxillofac Surg*, **45**, 313-317, 2016.
- 6) Koh K.J., Park H.N., Kim K.A.: Relationship between anterior disc displacement with/without reduction and effusion in temporomandibular disorder patients using magnetic resonance imaging. *Imaging Sci Dent*, **43**, 245-251, 2013.
- 7) Ansgar R., Katharina I., Stefan B., Rudiger E.: Magnetic resonance imaging findings of internal derangement and effusion in patients with unilateral temporomandibular joint pain. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **92**, 566-571, 2001.
- 8) Emshoff R., Innerhofer K., Rudisch A., Bertram S.: Clinical versus magnetic resonance imaging findings with internal derangement of the temporomandibular joint: an evaluation of anterior disc displacement without reduction. *J Oral Maxillofac Surg*, **60**, 36-41, 2002.
- 9) Emshoff R., Brandlmaier I., Bertram S., Rudisch A.: Relative odds of temporomandibular joint pain as a function of magnetic resonance imaging findings of internal derangement, osteoarthritis, effusion, and bone marrow edema. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **95**, 437-445, 2003.

- 10) Emshoff R., Brandlmaier I., Bertram S., Rudisch A.: Risk factors for temporomandibular joint pain in patients with disc displacement without reduction - a magnetic resonance imaging study. *J Oral Rehabil*, **30**, 537-543, 2003.
- 11) Sano T., Westesson P.L., Larheim T.A., Takagi R.: The association of temporomandibular joint pain with abnormal bone marrow in mandibular condyle. *J Oral Maxillofac Surg*, **58**, 254-257, 2000.
- 12) Sano T., Westesson P.L., Yamamoto M., Okano T.: Differences in temporomandibular joint pain and age distribution between marrow edema and osteonecrosis in the mandibular condyle. *Cranio*, **22**, 283-288, 2004.
- 13) Larheim T.A., Westesson P.L., Sano T.: MR grading of temporomandibular joint fluid: association with disk displacement categories, condyle marrow abnormalities and pain. *Int J Oral Maxillofac Surg*, **30**, 104-112, 2001.
- 14) Kurita H., Kojima Y., Nakatsuka A., Koike T., Kobayashi H., Kurashina K.: Relationship between temporomandibular joint (TMJ) -related pain and morphological changes of the TMJ condyle in patients with temporomandibular disorders. *Dentomaxillofac Radiol*, **33**, 329-333, 2004.
- 15) Yajima A., Sano T., Otonari-Yamamoto M., Otonari T., Ohkubo M., Harada T., Wakoh M.: MR evidence of characteristics in symptomatic osteoarthritis of the temporomandibular joint: increased signal intensity ratio on proton density-weighted images of bone marrow in the mandibular condyle. *Cranio*, **25**, 250-256, 2007.
- 16) Dworkin S.F., LeResche L.: Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: Review criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord*, **6**, 301-355, 1992.
- 17) Larheim T.A., Katzberg R.W., Westesson P.L., Tallents R.H., Moss M.E.: MR evidence of temporomandibular joint fluid and condyle marrow alterations: occurrence in asymptomatic volunteers and symptomatic patients. *Int J Oral Maxillofac Surg*, **30**, 113-117, 2001.
- 18) Westesson P.L., Bronstein S.L., Liedberg J.: Internal derangement of the temporomandibular joint: morphologic description with correlation to joint function. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **59**, 323-331, 1985.
- 19) Takahashi T., Nagai H., Seki H., Fukuda M.: Relationship between joint effusion, joint pain, and protein levels in joint lavage fluid of patients with internal

- derangement and osteoarthritis of the temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg*, **5**, 1187-1193, 1999.
- 20) Kaneyama K., Segami N., Yoshimura H., Honjo M., Demura N.: Increased levels of soluble cytokine receptors in the synovial fluid of temporomandibular joint disorders in relation to joint effusion on magnetic resonance images. *J Oral Maxillofac Surg*, **68**, 1088-1093, 2010.
- 21) Isberg A.: Temporomandibular joint dysfunction: A practitioner's guide. *Oxford: Isis medical media Ltd*, pp 103-108, 2001.
- 22) Widmalm S.E., Westesson P.L., Brooks S.L., Hatala M.P., Paesani D.: Temporomandibular joint sounds: correlation to joint structure in fresh autopsy specimens. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **101**, 60-69, 1992.