

平成23年5月27日現在

研究機関：16101
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008年～2010年
 課題番号：20592203
 研究課題名（和文）3T-MRIを用いた顎関節動態機能診断法の開発に関する研究
 研究課題名（英文）A study on development of functional diagnosis of Temporomandibular joint by 3.0T pseudodynamic magnetic resonance imaging.
 研究代表者 岩崎 裕一（IWASAKI HIROKAZU）
 徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス研究部・准教授
 研究者番号：30151723

研究成果の概要（和文）：3.0T pseudodynamic MRI 法による、Cd（下顎頭）、Da（関節円板前端）、Dp（関節円板後端）の運動軌跡パターンと運動速度パターンから、顎関節の罹患側と病態の進行程度を明らかにした。回復性・非回復性関節円板前方偏位や関節円板の癒着や穿孔という病理的構造変化特徴的異常運動パターンを明らかにした。Da、Dp の画像上での識別度の程度、関節窩・関節結節に対する下顎頭の位置、Dp の形態の開口時の変化が顎関節の異常の鑑別に有用であった。構造化レポートシステム（SR）を用いた単回帰分析とベイズ推定を組み合わせたコンピュータ支援診断システム（CAD）はナイーブベイズ法とベイジアンネットワーク法より、優れていた。SR-CAD システムを 3.0T MR に応用したところ、骨変化、円板偏位に関して、100% の診断精度が得られた。

研究成果の概要（英文）：Trajectory and velocity patterns based on 3.0 T pseudodynamic MRI identified the affected side and determined the extent of morbidity in the Cd as well as the Da and Dp. The typical abnormal movement pattern of discs with anterior displacement (with and without reduction) and pathological structural changes of the articular disc (such as adhesion and perforation) could be identified. Grading of Da and Dp obscurity based on how well the areas were defined in the images, identifying the condylar positions in relation to the glenoid fossa and articular eminences, and observing the changes in Dp contour types at opening were useful for diagnosing TMJ abnormalities. Results obtained by SR-CAD system were superior to results obtained by the Naïve Bayes system and the Bayesian network system. In cases of 3.0T TMJ MRI, bone changes and disc displacement were diagnosed with efficiency of 100%.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：歯科放射線学、医療情報学、知能情報学、確率的情報処理

科研費の分科・細目：病態化学系歯学・歯科放射線学・歯科放射線診断学

キーワード：磁気共鳴撮像法；運動学；身体運動学；顎関節円板：関節靭帯；コンピュータ支援診断；ベイズの定理；電子カルテ

1. 研究開始当初の背景

(1)顎関節に関する国内・国外の画像診断的研究の動向は、顎関節部硬組織については、骨構造の異常像の研究、顎関節隙の分析による下顎頭の関節窩内での位置に関する研究、顎関節部軟組織については、顎関節腔二重造影による関節円板の転位に関する研究、さらにMRIによる関節円板の転位、関節液の異常集積である joint effusion、関節円板後部組織の異常像の研究、さらに、MRIによる下顎頭骨髄信号の変化の研究へと進展しており、さらに下顎頭骨構造変化や咀嚼筋との関連が検討されるようになり、顎関節の診断においてMRIは不可欠なモダリティとなっている。一方、顎関節の機能に関しては、開閉口時の静止画像を pseudo-cine 表示分析する方法や、real-time の動画像として表示分析する方法も行われている。しかし、下顎頭と関節円板の動態機能の分析の意義はまだ、十分明らかでなく、また動態機能の診断法は確立されていない。

(2)3T-MR 画像による顎関節部の研究に関しては、試験的な研究は散見されるものの上記の形態と機能に関する種々の画像診断関連事項に関するまとまった検討は行われていなかった。我々は平成 17-18 年年度の科学研究費で 3.0T-MR 装置に用いる 3 インチ Dual Surface コイルを開発し、このコイルを用いて、顎関節の形態、機能を描出できる最適撮像条件（シーケンスと撮影方向）を検討した。その結果、従来の 1.5T より、スライス間隔を狭くして、細かい断面での顎関節部形態を描出できた。3T-MR 静止画像（閉口位の矢状断、冠状断、最大開口位の矢状断）に関して、S/N の向上、撮像時間の短縮については、最近、我々と同様の結果が国外でも報告されるようになった。我々は、さらに、下顎頭、関節円板の最大開口運動時の位置と形態を短時間に明瞭に pseudo-cine モードで描出できる撮像条件を得ることが出来た。これらの MR 画像の分析に際して、関節結節を基準点として、下顎頭、関節円板の前端・後端の計測点の運動を座標計測で分析する方法を開発した。ボランティアを用いた検討により、計測点の運動軌跡および計測点の時間的運動パターンから、顎関節動態の機能的診断分析法を考案した。

2. 研究の目的

本研究は従来の MR 静止画像の補助的役割しか与えられていなかった顎関節の動態機能診断法を確立することである。そのため、3.0T-MR 画像からえられた鮮明な画像より骨と関節円板の分析を高速で、正確に行える動態機能診断法を開発することを具体的目的とした。本研究により、従来明らかでなかった関節円板偏位以外に存在する顎関節の病態が、より正確に機能面より評価できる可能性を検討した。（研究 1, 研究 2）

さらに、構造化レポーティングシステムを用いて、単回帰分析法とベイズ定理に基づく顎関節のコンピュータ支援診断(CAD)システムを開発することである。（研究 3）

3. 研究の方法

徳島大学病院臨床研究倫理審査委員会の許可を受けて研究を行った。

研究 1 ボランティア 9 名（1 名：症状無し、8 名：顎関節症）の臨床所見の聴取、静止 MR 撮像を行った後、閉口位から最大開口位までの pseudodynamic MRI 撮像を行った。

矢状面における下顎頭 (Cd)、関節円板の前端 (Da) と後端 (Dp) の関節結節 (Em) に対する座標を計測し(図 1)、座標を結んだ運動軌跡パターンと座標間の距離から算出した運動速度パターンを求めた。

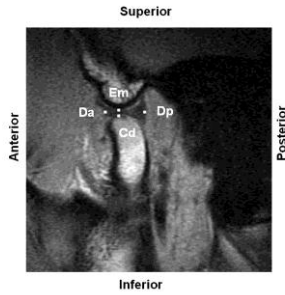


図1 計測点 Cd Da Dp Em (矢状面)

研究2 関節円板の前端 (Da) と後端 (Dp) は識別度より、それぞれ7段階に分類し (図2、図3)、Dpの形態を3種類に分類した (図4)。これらの7段階と3分類、さらに3.0-T pseudodynamic MRI による顎関節運動との関連を比較した。

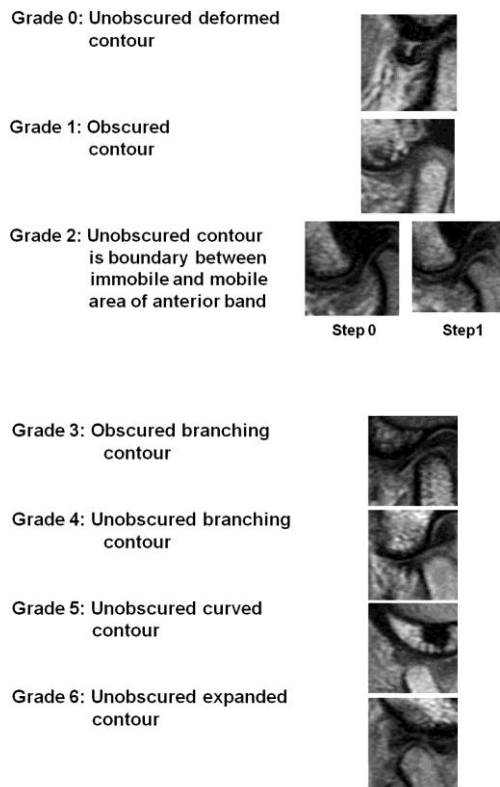


図2 Daの識別度の分類

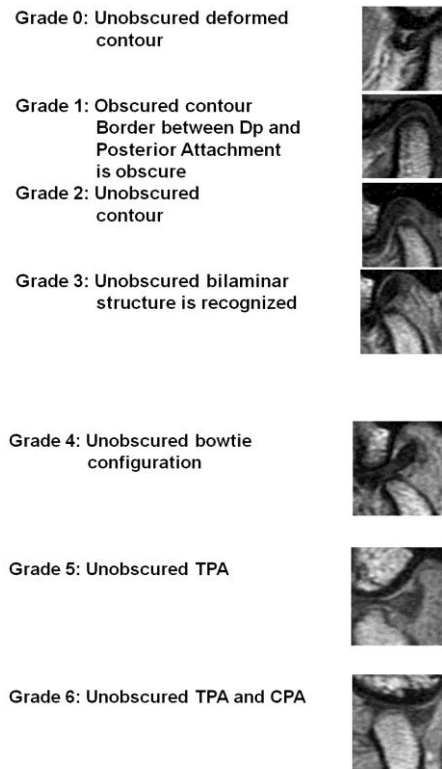


図3 Dpの識別度の分類

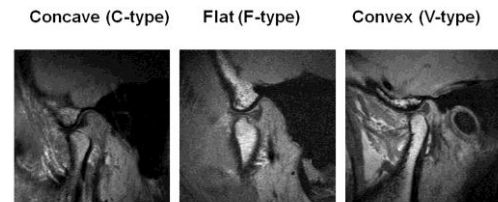


図4 Dpの形態の分類

研究3 研究対象は2008年に顎関節1.5TMR検査を行った138症例の患者の画像レポートである。自然言語で記載された画像レポートの所見と診断をRDC/TMD (Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders) に準拠して、ブロックに分け、ヘッダーを付け、すなわち、構造化した (表2) (図5、図6)。

表2 変数としてのMR所見と診断

Variables	Instances
Age(y)	<20, 20-40, 41-60, 61-80, 80+
Sex	Male, female
Findings	
Bone changes	
Structure	
Condyle	
5. Surface erosion	Present, not present
7. Subcortical sclerosis	Present, not present
6. Flattening	Present, not present
10. Osteophyte	Present, not present
16. Deformity	Present, not present
11. Generalized adrosis	Present, not present
8. Subcortical cyst	Present, not present
14. Loss of bone density	Present, not present
25. Condylar edema	Present, not present
Fossa	
21. Surface erosion	Present, not present
20. Subcortical sclerosis	Present, not present
17. Flattening	Present, not present
19. Posterior slope of eminence	Normal, gentle steep
18. Shallow fossa	Normal, shallow, deep
Joint Space	
12. Loose joint body	Present, not present
14. Bony ankylosis	Present, not present
35. Single or multiple discrete lowsignal intensity	Present, not present
36. Increase of signal intensity of posterior attachment	Present, not present
Contour	
Mandible	
13. Concavity	Present, not present
1. Condylar hypertrophia	Anterior-posterior, lateral-medial, total
5. Condylar hypoplasia	Anterior-posterior, lateral-medial, total
22. Condylar neck length	Normal, short, long
23. Mandibular ramus length	Normal, short, thin and long,
24. Mandibular angle notch	Present, not present
Disc displacement	
Posterior-anterior	
31. Direction	Normal, anterior, posterior
29. Portion	Normal, partial, total
30. Degree	Normal, slight, severe
Reduction	
34. Type	Normal, with reduction, without reduction, not visible, no data
35. Portion	Normal, partial, total
Medial-lateral	
41. Direction	Normal, lateral, medial
39. Portion	Normal, partial, total
40. Degree	Normal, slight, severe
Articular disc form 32	
45. Joint effusion (Portion)	Normal, upper, lower, upper and lower
49. Joint effusion (Degree)	Normal, slight, frank
Interpretation of Condyle and Fossa	
37. Condylar translation*	1, 2, 3
25. Bony space*	1, 2, 3, 4, 5
Diagnosis	
Bone changes	Normal, Indeterminate, Osteoarthritis(Slight), Osteoarthritis(Severe)
Articular Disc Displacement*	Normal, ADwR, ADwoR, Lat, ADwR+Lat, ADwoR+Lat

*class 1 = apex of the condylar translation beyond the apex of the articular eminence
 class 2 = apex of the condylar translation to the apex of the articular eminence
 class 3 = apex of the condylar translation to less than the apex of the articular eminence
 class 1 = Concentric position with normal joint space, class 2 = Concentric position with decreased joint space
 class 3 = Concentric position with increased joint space, class 4 = anterior position, class 5 = posterior position
 ADwR: Anterior Disc Displacement with Reduction, ADwoR: Anterior Disc Displacement without Reduction,
 Lat: Lateral Disc Displacement

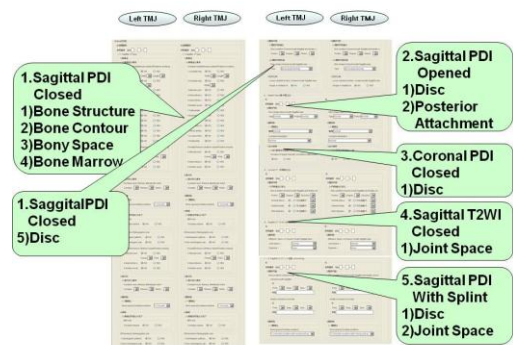


図5 構造化レポート (所見入力画面)

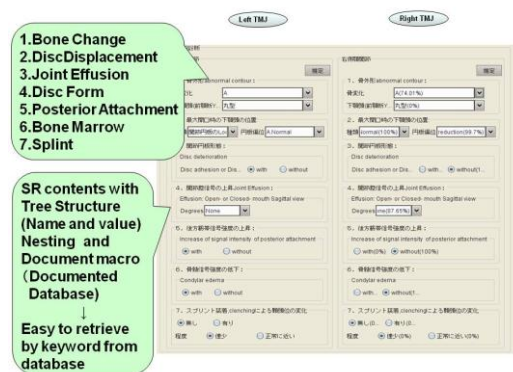


図6 構造化レポート (診断推定画面)

単回帰分析とベイズ定理を組み合わせ、骨変化と円板偏位を比較した。ナイーブベイズ法とベイジアンネットワーク法も行った。さらに、2007年に顎関節1.5TMR検査を行った157症例の患者の診断にも応用した。

4. 研究成果

研究1 3.0T pseudodynamic MRI法による、Cd、Da、Dpの3種類の運動軌跡パターン(図7)と7種類の運動速度パターン(図8)から、ポイント法による評価により、3種類の機能的診断パターンを示した。75%(12/16 関節)において、pseudodynamic TMJ分析法は有効であり、顎関節の罹患側と病態の進行程度を明らかにした(表3)。回復性・非回復性関節円板前方偏位や関節円板の癒着(図9)や穿孔(図10)という病理的構造変化の特徴的異常運動パターンを明らかにした。

Trajectory Patterns

- Type I : Relatively curved
- Subtype I - a : downward trajectory at flap 0 to 1
- Subtype I - b : upward trajectory at flap 0 to 1
- Type II : Relatively short and straight
- Type III : Zigzag

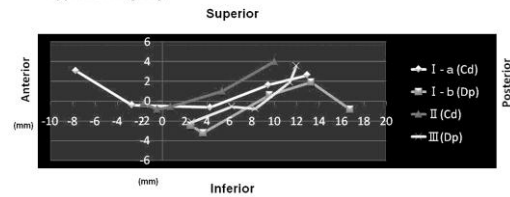


図7 運動軌跡パターンの分類

Velocity Patterns

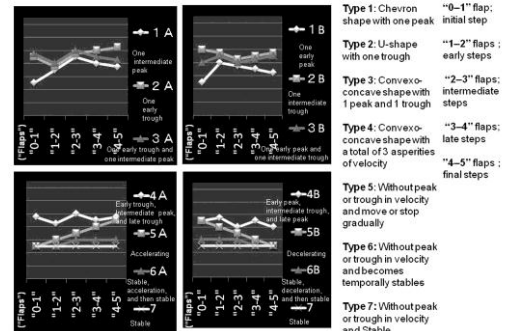


図8 運動速度パターンの分類

表3 運動軌跡、運動速度パターンの比較

	Trajectory Patterns						Velocity Patterns						Pseudo dynamic Analysis	
	Right		Left		Total		Right		Left		Total		Right	Left
	Cd	Da	Cd	Da	Dp	Total	Cd	Da	Cd	Da	Dp	Total	Total	Total
Case 1	1	1	1	1	1	1	1A	1A	5A	10	1A	5A	7	6
Case 2	1	1	1	1	1	1	1A	1A	1A	1A	1A	1A	7	9
Case 3	1	1	1	1	1	1	3A	1A	1A	3B	1A	3B	3	2
Case 4	1	1	1	1	1	1	3A	1A	5A	3A	4B	5A	6	4
Case 5	1	1	1	1	1	1	5B	7	5B	5A	5B	5A	9	4
Case 6	1	1	1	1	1	1	5B	5B	5B	5B	5B	5B	1	9
Case 7	1	1	1	1	1	1	5A	5A	5A	5A	5A	5A	3	2
Case 8	1	1	1	1	1	1	3B	4B	6A	1A	5A	1	4	
Case 9	1	1	1	1	1	1	3B	1A	7	5B	5B	5B	0	0

※ See Table below

Grade	Point	Definition	Explanation	Cd	Da	Dp
1	3	Normal	Cd and Da: Trajectory (I → I) and Velocity (1A)	4	6	7
2	2	Normal	Dp: Trajectory (I - b) and Velocity (1A or 2A or 3A)	7	5	5
3	1	Abnormal	Cd, Da, and Dp: Trajectory (I) and Other Velocity	12	7	7
4	0	Abnormal	Cd, Da, and Dp: Trajectory (II or III)	2	5	6

Pseudodynamic Analysis (TMJ)

Normal TMJ without any clinical symptoms
More than 6 points : not effective by Pseudodynamic Analysis
Less than 5 points : effective by Pseudodynamic Analysis

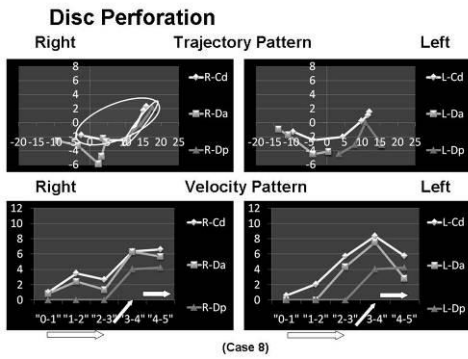


図9 円板穿孔の例

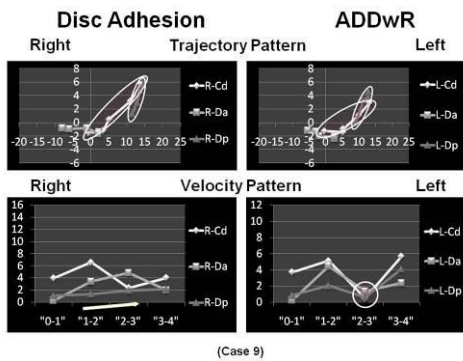


図10 円板癒着の例

研究2 下顎頭位が関節結節に達していない開口位の場合、Daの識別度の高いものは、顎関節運動の異常なものに多く、下顎頭位が関節結節を越えた開口位の場合Dpの識別度が高いものは、顎関節運動の正常なものに多かった(表5、表6)。Dpの形態と顎運動異常との関連はなかったが、顎関節運動異常を示す関節において、顎関節の運動中にDpのタイプの変化を示すものが多かった。(表7) Da、Dpの画像上での識別度の程度、関節窩・関節結節に対する下顎頭の位置、Dpの開口時の変化が顎関節の異常の鑑別に有用であった。

表5 下顎頭位が関節結節前後でのDa、Dpの識別度の比較

Average of Obscurity Grading	TMJ Movement by Pseudodynamic Analysis	Numbers of TMJs	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Significance probability (two-tailed)
Da Condylar Position 0-2	Normal	6	15	93	-1.992	.046*
	Abnormal	12				
Da Condylar Position 3-4	Normal	6	28	106	-0.785	.433
	Abnormal	12				
Dp Condylar Position 0-2	Normal	8	32	87	-0.714	.475
	Abnormal	10				
Dp Condylar Position 3-4	Normal	8	21	76	-2.137	.033*
	Abnormal	10				

*: P < .05

表6 正常と異常運動でのDpの識別度の比較

		TMJ Movement by Pseudodynamic Analysis		
		Normal	Abnormal	
Grade 3 (Visible)	5 (62.5%)	4 (44.4%)	9	
Grade 3 (Not Visible)	3 (37.5%)	5 (55.6%)	8	
	8 (100%)	9 (100%)	17	

Pearson chi-squared test :
significance probability (two-tailed) P = .457 > .05

		TMJ Movement by Pseudodynamic Analysis		
		Normal	Abnormal	
Grade 4 (Visible)	0 (0%)	1 (11.1%)	1	
Grade 5 (Visible)	4 (50.0%)	8 (88.9%)	12	
Grade 6 (Visible)	4 (50.0%)	0 (0%)	4	
	8 (100%)	9 (100%)	17	

Pearson chi-squared test :
significance probability (two-tailed) P = .043 < .05 (TMJs)

表7 正常と異常運動でのDpの運動時の変化の有無

	TMJ Movement by Pseudodynamic Analysis		
	Normal	Abnormal	
Changes in Dp Contour Types	1	6	7
No Change in Dp Contour Types	7	4	11
	8	10	18

Pearson chi-squared test :
significance probability (two-tailed) P = .040 < .05 (TMJs)

研究3 構造化レポートシステム(SR)を用いた単回帰分析とベイズ推定を組み合わせたコンピュータ支援診断システム(CAD)はナイーブベイズ法とベイジアンネットワーク法より、優れていた(表8)。SR-CADシステムを3.0T-MRに応用したところ、100%の診断精度が得られた。(表9)

表8 3方式の比較(2007-2008年)

Diagnosis		True Negative		
		Single Regression + Bayes	Naive Bayes	Bayesian Network
Bone Change	Normal	0(0.00%)	3(0.51%)	0(0.00%)
	Indeterminate	0(0.00%)	0(0.00%)	8(1.36%)
	Osteoarthritis (Slight)	0(0.00%)	1(0.17%)	0(0.00%)
	Osteoarthritis (Severe)	0(0.00%)	0(0.00%)	0(0.00%)
	Total	0(0.00%)	4(0.68%)	8(1.36%)
Disc Displacement	Normal	0(0.00%)	0(0.00%)	1(0.17%)
	ADDwR	0(0.00%)	0(0.00%)	0(0.00%)
	ADDwoR	0(0.00%)	0(0.00%)	0(0.00%)
	Lateral	0(0.00%)	0(0.00%)	1(0.17%)
	ADDwR + Lateral	0(0.00%)	0(0.00%)	0(0.00%)
	ADDwoR + Lateral	0(0.00%)	0(0.00%)	0(0.00%)
	Total	0(0.00%)	0(0.00%)	2(0.34%)

(138+157) Cases x 2 = 590TMJs (2007-2008)

