

フラットパネルディテクタ装置による 頭部軸位動態画像を対象とした顎関節動態解析法

大谷 友梨子, 真田 茂[†], 上木 耕一郎^{††},
松井 武司^{†††}, 萬代 奈都子^{††††}

金沢大学大学院医学系研究科・〒920-0942 石川県金沢市小立野 5-11-80

[†]金沢大学医学部保健学科・〒920-0942 石川県金沢市小立野 5-11-80

^{††}金沢大学大学院医学系研究科歯科口腔外科・〒920-8641 石川県金沢市宝町 13-1

^{†††}金沢大学医学部附属病院放射線部・〒920-8641 石川県金沢市宝町 13-1

^{††††}愛媛大学医学部附属病院放射線部・〒791-0295 愛媛県東温市志津川

(2004年10月6日, 最終2004年11月21日受理)

Kinetic Analysis of Axial Positioned Temporomandibular Joint (TMJ) Using a Flat Panel Detector System

Yuriko OHTANI, Shigeru SANADA[†], Koichiro UEKI^{††}, Takeshi MATSUI^{†††}
and Natsuko BANDAI^{††††}

Graduate School of Medical Science, Kanazawa University, 5-11-80, Kodatsuno, Kanazawa, Ishikawa 920-0942, Japan

[†]School of Health Sciences, Kanazawa University, 5-11-80, Kodatsuno, Kanazawa, Ishikawa 920-0942, Japan

^{††}Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Graduate School of Medical Science, Kanazawa University,
13-1, Takaramachi, Kanazawa, Ishikawa 920-8641, Japan

^{†††}Department of Radiology, Kanazawa University Hospital, 13-1, Takaramachi, Kanazawa, Ishikawa 920-8641, Japan

^{††††}Department of Radiology, Ehime University Hospital, Shitsukawa, Touon, Ehime, 791-0295, Japan

(Received October 6, 2004, in final form November 21, 2004)

Abstract : The purpose of this study is to develop the method of quantitative analysis of the temporomandibular joint (TMJ) kinetics using a dynamic flat panel detector (FPD) system. Axially positioned dynamic radiographs of the TMJ were obtained during opening and closing of the mouth using FPD system (Modified CXDI-40G, CANON). The entrance surface dose was 1.7 times that of conventional imaging. The subjects were two asymptomatic volunteers and one symptomatic volunteer who had a click on the right TMJ. The accumulated image subtraction technique was used to enhance the mandibles and then we manually measured the medial point of the condyle and incisor. In the case of the subject with TMD symptom, there were lateral deviation in the incisal path and the changes in the maximum velocity of condyle were found. This may be caused by the clicking disorder. Our new method provides detailed dynamic data concerning the movement of the condyle in the TMJ. This data can be used to assist in the diagnosing of pre-and post-operative temporomandibular disorder patients.

Key words : Flat panel detector (FPD), Temporomandibular joint (TMJ), kinetic analysis,

1. はじめに

近年, 医療のデジタル化に伴い, フラットパネルディテクタ (FPD) 装置により低コストで高画質

なデジタル画像が取得可能となった[1]. 当初は設置型のみであったが, 可搬型の FPD 装置が開発され, 一般撮影領域においてもデジタル画像が簡便に取得可能となった[2]. 現在は透視装置に用い

られている動画対応 FPD 装置がこの一般撮影領域に応用されることを想定して、我々の研究室ではこれまでに胸部や各種関節の機能解析法を開発した[3-7].

機能評価が重要である関節に顎関節がある。代表的な疾患に顎関節症があり、関節の疼痛、関節雑音、開口障害、顎運動異常を引き起こす。通常の診断に際して、顎関節の機能は主に静態画像から医師が主観的に推測するのみである[8]。顎関節機能解析を行うために高速 MRI 装置や顎運動記録解析装置などの用いた研究がある[9-11]。これらの検査では高額な機器を必要とする上、被検者は臥位になったり頭部に計測器具を装着したりするために通常の顎運動を阻害しかねない。また、透視装置を用いてシューラー法を対象として顎関節の動態解析を行った研究がある[5, 6]。しかし、シューラー法では、左右の関節を個別に撮影するため、再現性に乏しく左右顎関節機能の定量的比較が困難である。

そこで、本研究では左右の顎関節機能を同時に評価し、かつ、下顎骨全体の動態を把握することが可能な頭部軸位像を対象とした。FPD 装置を用いた簡便な顎関節動態 X 線撮影法を開発し、その有用性について検討したので報告する。

2. 方法

2.1 使用機器

本研究における顎関節動態画像の撮影には、金沢大学医学部附属病院に設置された動画を取得可能な研究用の FPD 装置(CANON 社製 CXDI-40G 改造機)を用いた。下記の撮影条件にて 5 秒間の撮影を行い、合計 15 枚の動態画像を得た。

撮影条件：管電圧 90[kV]，管電流 54[mAs]，フレームレート 3[fps]，grid なし

取得画像：マトリックスサイズ 1344×1344 [pixels]，ピクセルサイズ 320[μm]，階調数 12[bit]，Gray-scale

2.2 撮影方法

通常の X 線撮影で行われる頭部軸位の撮影体位

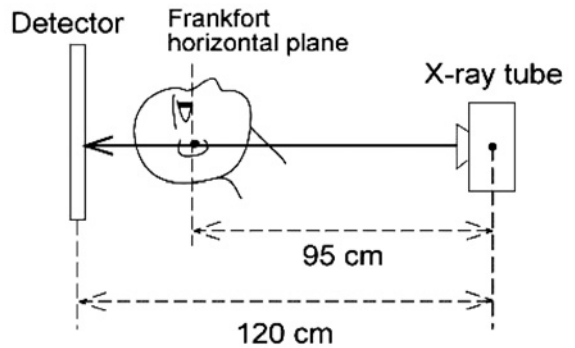


Fig. 1 Geometry of the radiography

にて、矢状面内限界運動の撮影を行った。そして、散乱線の影響を低減するために 1.2 倍の拡大撮影を行った(Fig. 1)。被験者の頭部が動くのを防止し、撮影の再現性を高めるために自作の固定具を用いた。また、撮影前に被験者は開閉口の練習を行った。臥位になったり、計測器具を装着したりすることなく撮影できるため、短時間で自然な顎運動を取得することが可能である。

この動態撮影による頭部の入射表面線量は 3.1 [mGy]であった。これは金沢大学医学部附属病院にて通常行われている CR 装置による頭部軸位撮影と比較して 1.7 倍の線量であった。また、水晶体における被曝線量についても、確定的影響のない範囲であることを確認した。

2.3 計測方法

顎関節の解剖および計測の基準を Fig. 2 に示す。頭部軸位像では下顎骨(Mandible)全体を観察することが可能である。顎関節を構成する下顎頭(Mandibular Condyle)と、顎関節の影響を大きく受ける下顎切歯点(Incisor)の動きを解析することで、顎関節の機能を評価することが可能である[8, 9]。

頭部軸位像では、頭蓋底と下顎骨が重なって投影されるため、下顎頭の認知がやや困難である。そこで、動きのある下顎骨のみを強調し、下顎頭の認知を容易にするため、(1)式に示す積和差分を行った[5]。

$$\text{Subtracted image}(n) = \frac{\sum_{i=1}^k \text{Image}(i)}{k} - \text{Image}(n)$$

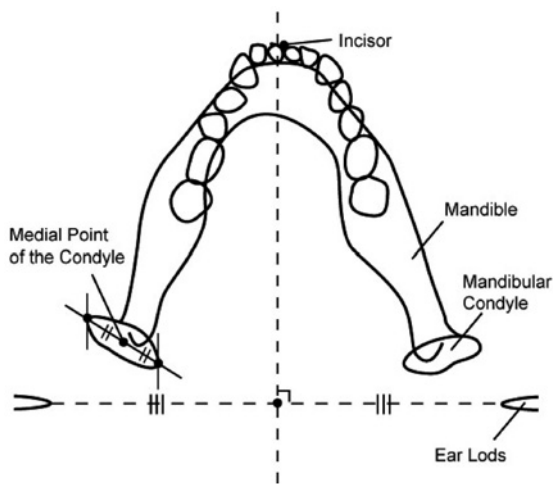


Fig. 2 Anatomy of the mandible

ここで、*Subtracted image (n)*は*n*枚目の積和差分画像、*Image (n)*は*n*枚目の原画像、*k*は画像総数(本研究では15枚)を示す。

歯科医が形態解析に用いる基準にしたがって、時系列のそれぞれの画像において下顎頭中心点(Medial Point of Condyle)と下顎切歯点を手で計測し、その軌跡と速度を求めた。

2.4 対象

本研究の対象は顎関節疾患の症状が無く、咬合も

正常である者2名(20代男性1名, 20代女性1名)と、顎関節疾患の症状に治療を要さない程度の右顎関節の引っかかり(クリック)を持つ者1名(20代女性)である。また、撮影に際して、被験者には本研究の趣旨を十分に説明し、撮影の同意を得た。

3. 結果

3.1 取得画像

得られた動態画像のうち、閉口位から最大開口位までの画像をFig. 3に示す。下顎骨は頭蓋底と重なるために不明瞭である。上記の原画像に対して積和差分を行った結果がFig. 4である。動きのない頭蓋底の陰影は消え、移動する下顎骨のみが強調された。

3.2 計測結果

各症例の下顎頭の軌跡・速度および切歯点移動量をFig. 5, 6に示す。下顎頭軌跡のグラフ(Fig. 5(a), 6(a))において、横軸はFig. 2の水平線、縦軸は正中線を示す。下顎頭軌跡より、速度を計算したグラフがFig. 5(b), 6(b)であり、各時相における下顎頭の移動速度を示す。切歯点左右方向の移動量のグラフ(Fig. 5(c), 6(c))において、横軸は時相を示し、

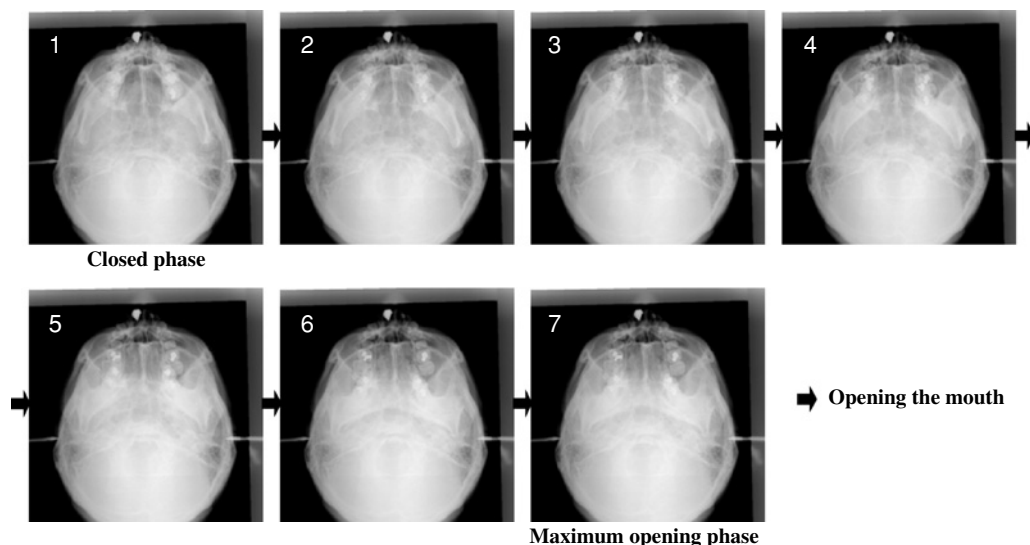


Fig. 3 Original images from closed to maximum opening phase

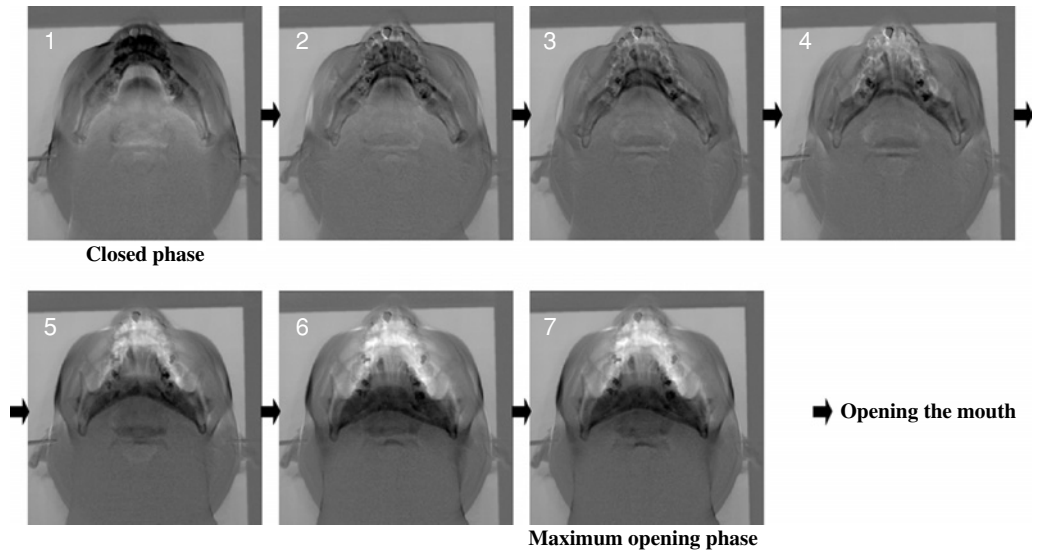


Fig. 4 The accumulated image subtraction
Images with accumulated image subtraction technique

縦軸は移動量を示す。縦軸の正の値は左方向への、負の値は右方向への切歯点の移動量を示す。

顎関節疾患の症状を持たない被験者の場合、下顎頭の移動速度は、開口時に急激に大きくなり、最大開口位で一度小さくなった。そして閉口時も同様に急激に大きくなり、閉口位に戻った。左右の関節はほぼ同時にこのような動態を示した(Fig. 5(b))。また、切歯点は左右方向に大きく偏位することはなかった(Fig. 5(c))。症状を持たない他の1例につ

いてもほぼ同様の傾向を示した。

関節にクリックを持つ被験者の場合、開口時に下顎頭速度が最大となる時相が左右で異なっている(Fig. 6(a))。また、これと同じ時相に、切歯点が右方向へ急激に約4[mm]偏位している(Fig. 6(b))。これは、顎関節疾患の症状がない2名では見られなかった現象である。

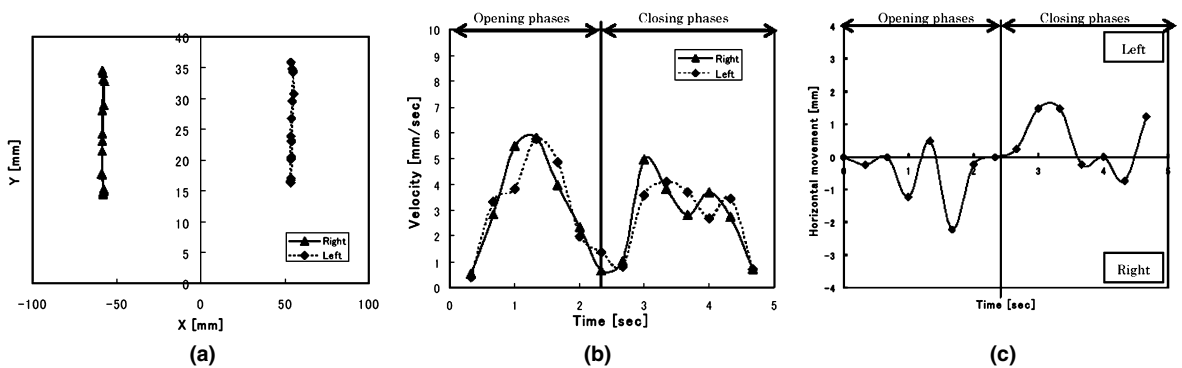


Fig. 5 Graphs of the asymptomatic volunteer
(a) Graph of the condylar path
(b) Graph of the velocity of the condylar movement
(c) Graph of the horizontal velocity of the incisor

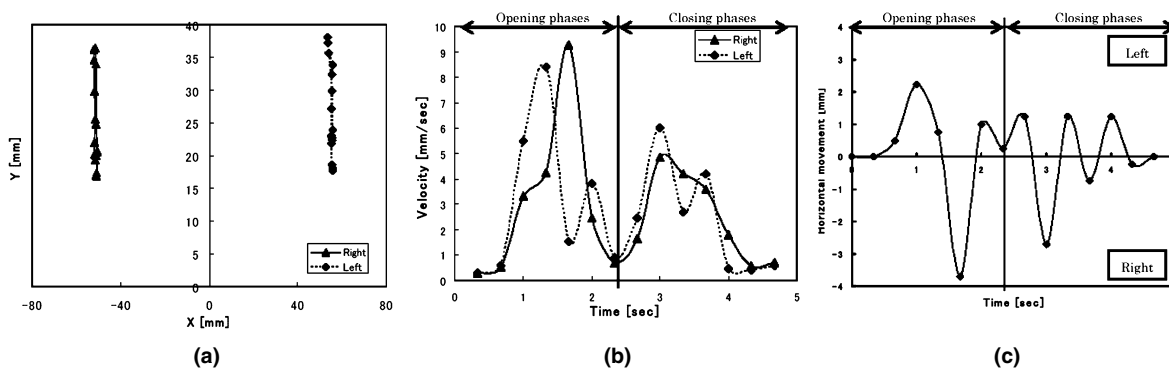


Fig. 6 Graphs of the symptomatic volunteer with click

- (a) Graph of the condyler path
- (b) Graph of the velocity of the condyler movement
- (c) Graph of the horizontal velocity of the incisor

4. 考 察

4.1 撮影法について

本法により、顎関節の動態画像が簡便な撮影法によって取得することが可能となった。また、積和差分処により下顎骨が強調され、計測が容易となった。これまで我々の研究室で行われてきたシューラー法による動態解析では、左右の関節を個別に撮影するため、再現性が問題となった[5,6]。しかし、本法では左右の関節を同時に撮影することでこの問題を解消できる。そのため、顎関節機能の左右差の比較に非常に有用であると考え。さらに切歯点の解析を加えることで、下顎骨全体の動態を把握することも可能となった。

4.2 計測結果について

クリックがある被験者の場合、開口時に切歯点が右方向に大きく偏位し、開口時の下顎頭速度が最大となる時相が左右で異なる様子が見られた。これらは、症状を持たない被験者では見られなかった傾向であるため、被験者の症状であるクリックに起因すると考える。しかしながら、顎形態は個人差が大きいので、どの程度の偏位までが正常な動態であるかは、症例数を増やして詳細に検討する必要がある。

また、軟部組織である関節円板は顎関節の動態に関連が深いですがX線像では観察が不可能である。現

在、FPD装置による顎関節動態解析結果を、MRIを用い、関節円板の影響を考慮した検証を進めている。

5. まとめ

本研究により顎関節の機能評価がFPD装置を用いることで簡便な撮影によって可能となった。自然な顎運動をとらえることができるため、顎関節機能の診断に有用であることが示唆された。将来、顎関節疾患の術前・術後の機能評価や経過観察に応用が可能であると考え。

謝 辞

撮影条件を決定する際、被曝線量の計測についてご指導いただきました金沢大学医学部保健学科の越田吉郎教授、また、撮影に協力して頂いた被験者の皆様に篤く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 真田茂：FPDの技術と開発の方向を中心に、INNERVISION, 16(4), 2-5, 2001.
- [2] 真田茂, 森岡茂晃：エキスパートによるRSNA最新リポート6. デジタルイメージングシステムの動向, INNERVISION, 19(3), 22-24, 2004.

- [3] Tanaka R, Sanada S, Suzuki M, et al : Breathing chest radiography using a dynamic flat-panel detector combined with computer analysis. *Med. Phys.*, 31(8), 2254-2262, 2004.
- [4] 森岡茂晃, 真田茂, 北岡克彦, 他 : 動画対応フラットパネルディテクタ装置を用いた新しい膝関節動態解析法, *医画情誌*, 21(1), 116-121, 2004.
- [5] 萬代奈都子, 真田茂, 上木耕一郎, 他 : 顎関節を対象とした動態撮影法およびその機能解析法. *日放技学誌*, 59(3), 295-301, 2003.
- [6] 萬代奈都子, 真田茂, 上木耕一郎, 他 : 顎関節動態画像を対象とした形態学的解析法. *日放技学誌*, 59(8), 951-957, 2003.
- [7] 真田茂 : 動態解析の可能な X 線スクリーニング検査法の開発, *映像情報*, 35(2), 121-125, 2003.
- [8] Ueki K, Nakagawa K, Takatsuka S, et al. : Plate fixation after mandibular osteotomy, *Int.J.Oral Maxillofac. Surg.*, 30, 490-496, 2001.
- [9] 友寄裕子, 萬代弘毅, 菅原準二, 他 : 下顎非対称を伴う骨格性下顎前突症の咀嚼運動系路の特徴 - 顎顔面・顎関節形態との関連性 -, *Orthod Waves*, 61(5), 376-391, 2002.
- [10] Theusner J, Plesh O, Curtis DA, et al.: Axiographic tracings of temporomandibular joint movements, *J Prosthet Dent*, 69(2), 209-215, 1993.
- [11] 東高志, 南部敏之, 土肥健二, 他 : 超高速 MRI を用いた顎運動計測. *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 21, 489-495, 2000.