

学位論文内容の要旨

愛知学院大学

論文提出者

野澤 道仁

論文題目

Reliability of diagnostic imaging for degenerative diseases with osseous changes in the temporomandibular joint with special emphasis on subchondral cyst.

緒言

顎関節症の世界的な診断基準である Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) を基にして 2013 年に日本顎関節学会が発表した顎関節症の病態分類の 1 つに変形性顎関節症がある。これは下顎頭の変形を伴い、関節組織の破壊を特徴とする退行性関節障害と定義されている。診断基準は関節雑音の既往があり、顎運動時にクレピタスを認めることとされる。しかし診察のみでは感度、特異度がそれぞれ 55%、61% と低く、確定診断には CT や MRI を含む画像診断が必要とされている。画像所見は erosion、subchondral cyst、osteophyte、generalized sclerosis、atrophy が定義されている。診断の再現性について、過去の報告ではパノラマエックス線画像では kappa 値が 0.16、CT では 0.71 とされているが、それぞれの所見についての詳細な報告は少ない。また、現在日本ではパノラマ 4 分割像が下顎頭の評価に用いられるようになってきているが、これは開閉口で撮影することによって、従来のパノラマエックス線画像より下顎頭の形態評価に優れた検査である。しかし多くの施設では従来のパノラマエックス線画像で下顎頭の評価が行われているのが現状である。

近年、深層学習 (deep learning) システムによる医用画像に関する研究が盛んに行われているが、顎顔面領域においても興味深い報告が多数ある。例えばパノラマエックス線画像における腫瘍性病変の検出や上顎洞病変の診断、智歯と下顎管との接触関係を調べたものなどがあるが良好な

結果を示している。申請者の知る限りでは、パノラマエックス線画像において変形性顎関節症の診断精度を検討した報告はない。したがって、診断の再現性の低いパノラマエックス線画像における変形性顎関節症の診断に関し、深層学習システムが診断の一助になれば有益であると考えられる。

変形性顎関節症の所見で、特に subchondral cyst に関しては膝や腰関節において現在までに様々な報告がされている。特徴は関節腔に面した皮質直下にできる嚢胞様の骨欠損とされているが、MRI がこの病変の評価に最も適した画像検査とされ、他の画像検査の診断能を評価する際のゴールドスタンダードとしても使用されている。骨髄浮腫を伴った T2 強調画像における高信号領域が MRI における特徴的な所見とされる。発生原因は滑液の浸潤によるものと骨の挫傷によるものと2つの説が考えられているが、後者は最近の MRI による評価で支持されている。後者の場合、病変は皮質直下であり、皮質は消失することなく関節腔とは連続していないことが多いと考えられている。

そこで本研究の目的は以下の3項目とした。

- ①：変形性顎関節症の診断の再現性について、パノラマ4分割像とCTを歯科放射線医が評価して、それぞれの所見ごとに診断の一致率 (kappa 値) を算出する。
- ②：通常のパノラマエックス線画像における歯科放射線医、臨床研修歯科医、深層学習システムの結果を比較することにより、深層学習システム

の可能性について検討する。

③: subchondral cyst については CT と MRI における画像所見の特徴を検証し病因を考察する。

対象と方法

研究①: 愛知学院大学歯学部附属病院で 2012 年 4 月から 2018 年 3 月までに変形性顎関節症を疑いパノラマ 4 分割像と CT を撮影した 73 症例 (男性 16 名、女性 57 名、平均年齢 52 歳) の画像を、患者情報を伏せた状態で 3 名の歯科放射線医が評価した。顎関節に外傷や脱臼、リウマチの既往がある症例は除外した。パノラマ 4 分割像 (AZ-3000; 朝日レントゲン、京都) の撮影条件は管電圧 75kVp、管電流 6 mA、照射時間 10 秒であった。CT (Aquilion PRIME; キヤノンメディカル、栃木) の撮影条件はスライス厚 0.5mm、管電圧 120kVp、管電流 100mA であった。MRI (Signa HDxt; GE Healthcare、東京) は 3 テスラで矢状断像のプロトン密度強調画像と T2 強調画像を評価に用いた。CT とパノラマ 4 分割像での 4 つの画像所見 (erosion、subchondral cyst、osteophyte、generalized sclerosis) の有無について、3 名の歯科放射線医が期間を空けて 2 回評価した。観察者間、観察者内で診断一致率 (kappa 値) を算出した。なお、atrophy は 2018 年に新たに加わった所見であるため今回の研究では除外した。

研究②: 愛知学院大学歯学部附属病院で 2009 年 4 月から 2019 年 5 月まで

に変形性顎関節症を疑いパノラマエックス線画像と CT を撮影した 92 症例 (男性 23 名、女性 69 名、平均年齢 53 歳) から下顎頭に変形のあった 138 関節 (両側 46 症例、片側 46 症例) のパノラマエックス線画像を対象とした。変形の有無については CT をゴールドスタンダードとした。対照に他疾患で CT を撮影し下顎頭に変形のない症例を同数選択した。パノラマエックス線画像 (Veraviewpocs X550 ; モリタ製作所、京都) の撮影条件は管電圧 75kVp、管電流 8mA、照射時間 16.2s であった。CT は研究①と同じであった。

4 つの画像所見のうち少なくとも 1 つの所見がある場合を変形有りとして変形の有無について 3 名の歯科放射線医、臨床研修歯科医が期間を空けて 2 回評価した。観察者間、観察者内で一致率 (kappa 値) を算出した。深層学習システムは AlexNet を用いた。パノラマエックス線画像を下顎頭が中心になる様に 100×100 ピクセルに切り取った。5 分割交差検証法で 3 回実施し、一致率 (kappa 値) を算出した。

研究③ : subchondral cyst については研究①の症例画像を分析した。CT で大きさや位置、関節腔との関係を調べ、MRI を追加で撮影した症例に関しては T2 強調像において信号強度を 3 段階に分類した。

結果

研究①:パノラマ 4 分割像では erosion の kappa 値が 0.42 で中等度の一致、osteophyte の kappa 値が 0.68 で十分な一致であった。subchondral cyst

と generalized sclerosis の kappa 値は 0.1 以下で不十分な一致であった。少なくとも 1 つの所見があれば変形ありとすると kappa 値は 0.61 で十分な一致であった。CT では erosion の kappa 値が 0.66 で十分な一致、osteophyte の kappa 値が 0.68 で十分な一致であった。さらに subchondral cyst の kappa 値が 0.75 で十分な一致、generalized sclerosis の kappa 値が 0.45 で中等度な一致であった。さらに少なくとも 1 つの所見があれば変形ありとすると kappa 値は 0.65 で十分な一致であった。

研究②：深層学習システムでは kappa 値が 0.84 でほぼ完全な一致、歯科放射線医と臨床研修歯科医では観察者内 kappa 値がそれぞれ 0.55、0.31、観察者間 kappa 値がそれぞれ 0.47、0.21 であった。

研究③：CT で 3 名の評価者が一致した 86 の subchondral cyst (37 名 49 関節) を対象とした。subchondral cyst の大きさについては、全て 1 mm 以上の大きさであり、平均は 2.0 mm であった。位置については、下顎頭を 9 分割して考えた場合、中央～前方～外側に多くみられた。関節腔との関係性について、皮質の残存が 69 (80.2%) の cyst でみられた。MRI では subchondral cyst が大きい場合、高信号を呈す傾向がみられた。

考察

パノラマ 4 分割像はエックス線が下顎頭の長軸方向に入射し開閉口位で撮影するため、通常のパノラマエックス線画像よりも顎関節の評価に優れ

た方法とされている。本研究①ではパノラマ4分割像と下顎頭の変形について、それぞれの所見ごとに一致率を算出したが erosion と osteophyte の kappa 値は中等度～十分な一致であり、subchondral cyst と genelalized sclerosis は不十分な一致であった。これらよりパノラマ4分割像における変形性顎関節症の評価の再現性は、erosion と osteophyte の有無に依存していると考えられる。さらに CT では erosion、osteophyte、subchondral cyst が十分な一致、generalized sclerosis は中等度な一致であった。診断基準である DC/TMD では変形性顎関節症の診断には CT による画像評価が推奨されているが、本研究の結果はこれを支持するものであった。

深層学習システムによる下顎頭変形の評価の再現性は kappa 値が 0.84 でほぼ完全な一致であった。複数の評価者が異なる時間に実施した診断結果を参照する際は注意する必要があるが、今回の結果はこの問題の解決に役立つと考えられる。

膝や腰関節では MRI における subchondral cyst の所見が変形性関節症の特徴的なものとされている。顎関節では subchondral cyst に関して詳細な報告はない。研究③の結果で、2mm 以下の subchondral cyst はほとんどが MRI で信号変化がなかった。病変が小さいため MRI による評価が困難であることや、あるいは cyst 様に欠損していても内部に線維成分を含んでいることが示唆される。2mm 以上の大きさでは大半が MRI で中等度～高信号であった。このことから大きさと MRI の信号強度による評価を考慮すれば

subchondral cyst の評価の再現性が向上すると考えられる。

subchondral cyst の発生原因について、研究③の結果から subchondral cyst の発生は機械的な力が作用する部位に多いことや、皮質が残存している症例が8割を占めていることなどから挫傷が原因となることを間接的に証明していると考えられた。

結論

研究①：変形性顎関節症の4つの所見に関して、パノラマ4分割像とCTにおける評価の再現性を明らかにした。パノラマ4分割像はosteophyteで十分な一致であり、CTではosteophyte、erosion、subchondral cystが十分な一致であった。

研究②：パノラマエックス線画像における下顎頭の評価を深層学習システムと観察者で実施した。深層学習システムには十分な再現性があった。

研究③：subchondral cystのCTとMRIにおける所見から発生原因は骨の挫傷によるものが考えられた。特にsubchondral cystに関してはMRIを参考にすれば診断の再現性が向上する可能性が考えられた。