

矯正歯科治療の経過予後からみた埋伏下顎大臼歯の 歯科用 CB-CT 画像の特徴と牽引可否との関連性

Characteristics of dental CB-CT images of impacted mandibular molars and their association with orthodontic traction availability based on orthodontic treatment outcomes

高橋 史子¹⁾, 日浅 雅博²⁾, 堀内 信也²⁾, 田中 栄二¹⁾
TAKAHASHI Fumiko¹⁾, HIASA Masahiro²⁾, HORIUCHI Shinya²⁾, TANAKA Eiji¹⁾

抄 録

【目的】埋伏下顎大臼歯は、発生率は低いものの骨性癒着が認められた際は重大な不正咬合の原因となる。その治療予後の予測は未だ困難であり、重要な臨床課題の一つである。本研究では臨床的に牽引が不可能であった下顎大臼歯のエックス線画像を見直し、牽引可能であった例と比較することで、牽引の可否を鑑別するための特徴的な画像所見を検討した。

【方法】資料として徳島大学病院矯正歯科を受診した第三大臼歯を除く下顎大臼歯の埋伏を有する患者5名の歯科用コーンビーム CT (以下 CB-CT) 画像とパノラマエックス線画像を用いた。Ducommun らの骨性癒着歯の評価項目である歯根膜腔消失・歯根吸収・組織置換に加え、置換性歯根吸収 (歯根吸収により生じた歯根表面の凹凸部の骨硬化像)、歯根彎曲の有無を評価した。

【結果】パノラマエックス線画像では5例全てで歯根膜腔の消失を認めたが、歯根吸収や組織置換像は観察されなかった。一方、CB-CT 画像では牽引が不可能であった3例全てで歯根膜腔の消失と置換性歯根吸収像を認めた。牽引が可能であった2例でも歯根膜腔の消失がみられ、うち1例では歯根吸収像も認めたがその近傍に骨硬化像はなかった。

【考察】Ducommun らの評価項目のみでは、牽引可能であった1例が偽陽性となったが、置換性歯根吸収の評価項目への追加により偽陽性はなくなった。このことから置換性歯根吸収の評価が埋伏下顎大臼歯の牽引の可否の鑑別に極めて重要であると考えられた。

【結論】埋伏下顎大臼歯の診断において、CB-CT 画像での当該歯の周囲組織の詳細な観察により、牽引が可能であるかを非常に高い精度で診断できる可能性が示唆された。

キーワード：骨性癒着歯，コーンビーム CT

緒 言

発育発達期の歯の埋伏は犬歯や小臼歯に好発することが知られるが¹⁾、第三大臼歯を除き大臼歯が埋伏することは稀である^{2,3)}。特に下顎大臼歯の埋伏は、その発生率が第一大臼歯と第二大臼歯を併せても1.7%と非常に少ないもの⁴⁾、対合歯や隣在歯への障害を招き重大な不正咬合の原因となりうる⁵⁾。埋伏歯に対する治療は、治療予後の観点から牽引による萌出誘導を試みるのが推奨されており⁶⁾、矯正歯科治療の果たす役割は大きい。しかし、埋伏歯に骨性癒着が認められた際には、牽引による萌出誘導は困難を極める。

骨性癒着は、永久歯の歯根膜が外傷や過度な咬合力等病理学的に歯根部分のセメント質や象牙質が吸収され、

皮質骨に置き換わる置換性吸収が観察されることが知られている^{7,8)}。矯正歯科治療における歯の移動は、歯に加わる力学的負荷により、歯根膜を介して周囲の歯槽骨の添加・吸収が生じることで可能となるが⁹⁾、骨性癒着歯の場合、歯と歯槽骨の間に歯根膜が介在しない部分が存在するため、歯の移動が困難であると考えられている¹⁰⁾。

米国矯正歯科学会の治療ガイドラインでは骨性癒着歯に対する治療法として、歯冠補綴や抜歯、亜脱臼処置後の牽引、再植固定が推奨されている¹¹⁾。日本では骨性癒着歯に対する治療ガイドラインは特に定められていないが、一般的に埋伏歯が牽引のみで全く動かず歯列内への萌出誘導が困難な場合、このような処置が検討される^{12,13)}。Biederman は骨性癒着歯に対する治療法として、亜脱臼処置を第一選択として行うことを提唱しており、亜脱臼

徳島大学大学院医歯薬学研究部口腔顎顔面矯正学分野¹⁾
徳島大学病院矯正歯科²⁾

処置後に牽引しても6か月以内に変化が見られず再癒着してしまう場合は、2回目の亜脱臼処置を実行する必要がある、2回目の亜脱臼処置を行ってもなお変化がない場合には抜歯を提案している¹⁴⁾。このように牽引や亜脱臼処置を行ってもなお、埋伏歯を牽引し排列することが不可能であった場合には、観血的処置による患者負担だけでなく、矯正歯科治療期間の延長や治療方針、治療結果への多大な影響を考慮すると、矯正歯科治療前に牽引可能歯であるか否かの鑑別予測は患者と治療医の双方の利益となる。

骨性癒着歯の診断のための特徴的な臨床所見は、動揺度や金属音の打診音^{15,16)}、X線学的には歯根膜腔、歯槽硬線の消失が挙げられる¹⁷⁾。Stenvikらはこのような臨床所見やX線所見だけでは、骨性癒着や牽引の可否を確定診断することは困難であると述べている¹⁸⁾。しかし、空間分解能に優れた歯科用CB-CTを用いることで、その鑑別が行える可能性を我々は考えた。

そこで今回、埋伏歯の中でも発生率が低く、これまでの臨床知見に乏しい下顎大白歯の埋伏症例に対し、牽引が可能か否かの鑑別法を策定することを目的とし、臨床的に牽引が可能であった埋伏歯と不可能であった埋伏歯のCB-CT画像、ならびにパノラマエックス線画像を比較検討した。

資料と方法

2006年1月～2019年12月の間に徳島大学病院矯正歯科を受診した2,896名を対象とし、パノラマエックス線画像で埋伏下顎大白歯が認められた症例のうち、同部位のCB-CT撮影の既往がある5症例（不動歯3症例、可動歯2症例）を対象とした。CB-CT撮影には3DX FPD8 (J. Morita Co. Tokyo) を用い、pixel size 0.08または0.125 mm, slice厚0.48または1.00 mmの画像を得た。CB-CT画像の評価は歯軸に垂直なXY平面の再構成画像を用いて行い、歯根と周囲の歯槽骨との関係はセメント-エナメル境から根尖までの間の画像を対象とした。評価項目としてDucommunらの評価項目¹⁷⁾である歯根膜の消失、歯根吸収（有無のみ）、組織置換（線維性組織等の骨以外の組織を含む）に加え、置換性歯根吸収（歯根吸収により生じた歯根表面の凹凸部の骨硬化像）、近遠心的および頬舌的歯根彎曲の有無をCB-CT画像とパノラマエックス線画像でそれぞれ独立に評価した。診断は徳島大学病院歯科放射線科のPACS (Picture Archiving and Communication Systems) に接続されている診断用モニター (Flex-ScanMS190, Eizo, Ishikawa, Japan) を用いて歯科放射線専門医と矯正歯科医の合議により行い、病理診断は実施していない。

なお、本研究は徳島大学病院研究倫理審査委員会の承認を得て行った（承認番号：3532）。

症例の概要と結果

症例1（不動歯）

経過：12歳の男児。下顎右側第一大臼歯の埋伏を主訴に来院した（図1A）。1年半の間、下顎左側第一大臼歯と下顎右側第一小臼歯間のリングルアーチおよび歯科矯正用アンカースクリューを固定源に下顎右側第一大臼歯を牽引したものの、歯の移動が認められなかった。そのため、9か月間計3回にわたり亜脱臼処置を試みたが、下顎右側第一大臼歯に移動が認められなかったため、牽引は困難と判断し、下顎右側第一大臼歯を抜去し、抜歯空隙の閉鎖を行った。

X線所見：初診時のパノラマエックス線画像では下顎右側第一大臼歯の遠心根にのみ歯根膜腔の消失が認められた（図1B）。CB-CT画像の矢状断像では、近心根にも歯根膜腔の消失が認められ（図1C）、冠状断像では遠心舌側根に彎曲が認められた（図1D）。さらに水平断像では、遠心舌側根の頬側面と近心根の遠心面に置換性歯根吸収が認められた（図1E）。

症例2（不動歯）

経過：10歳の男児。下顎右側第一大臼歯の埋伏を主訴に来院した。初診時、下顎右側第二乳臼歯の遠心歯肉下に下顎右側第一大臼歯の歯冠を触知することが可能であった（図2A）。下顎左側第一大臼歯と下顎右側第一小臼歯間に装着したリングルアーチを固定源にして1年5か月、さらに歯科矯正用アンカースクリューを固定源に1年間牽引したが歯の移動が認められなかったため、下顎右側第一大臼歯の亜脱臼処置を行った。亜脱臼処置後、歯冠の傾斜がわずかに認められたが、再癒着し、6か月経っても歯の移動が認められなかったため再診断を行った。その後、再度、亜脱臼処置を行う予定であったが来院が途絶えた。

X線所見：初診時のパノラマエックス線画像で下顎右側第一大臼歯遠心根遠心側および近心根近心側に歯根膜腔の消失が認められた（図2B）。CB-CT画像の矢状断像においても下顎右側第一大臼歯遠心根遠心側に歯根膜腔の消失が認められた（図2C）。冠状断像では、遠心根舌側の歯根吸収による形態不正と骨性置換像、近心根に彎曲が認められた（図2D）。水平断像においても、遠心根と舌側皮質骨との連続性と歯根膜腔の消失、遠心根舌側と根分岐部の置換性歯根吸収、近心根遠心側の歯根膜腔消失が認められた（図2E）。

症例3（不動歯）

経過：10歳女児。下顎右側第一大臼歯の萌出遅延のため当科に来院した（図3A）。その後、平日の通院が難しくなったため、他院にてリングルアーチおよびマルチブラケット装置を用いて3年間にわたり牽引を続けたが、萌出を認めなかったため当院口腔外科にて抜歯を行った。

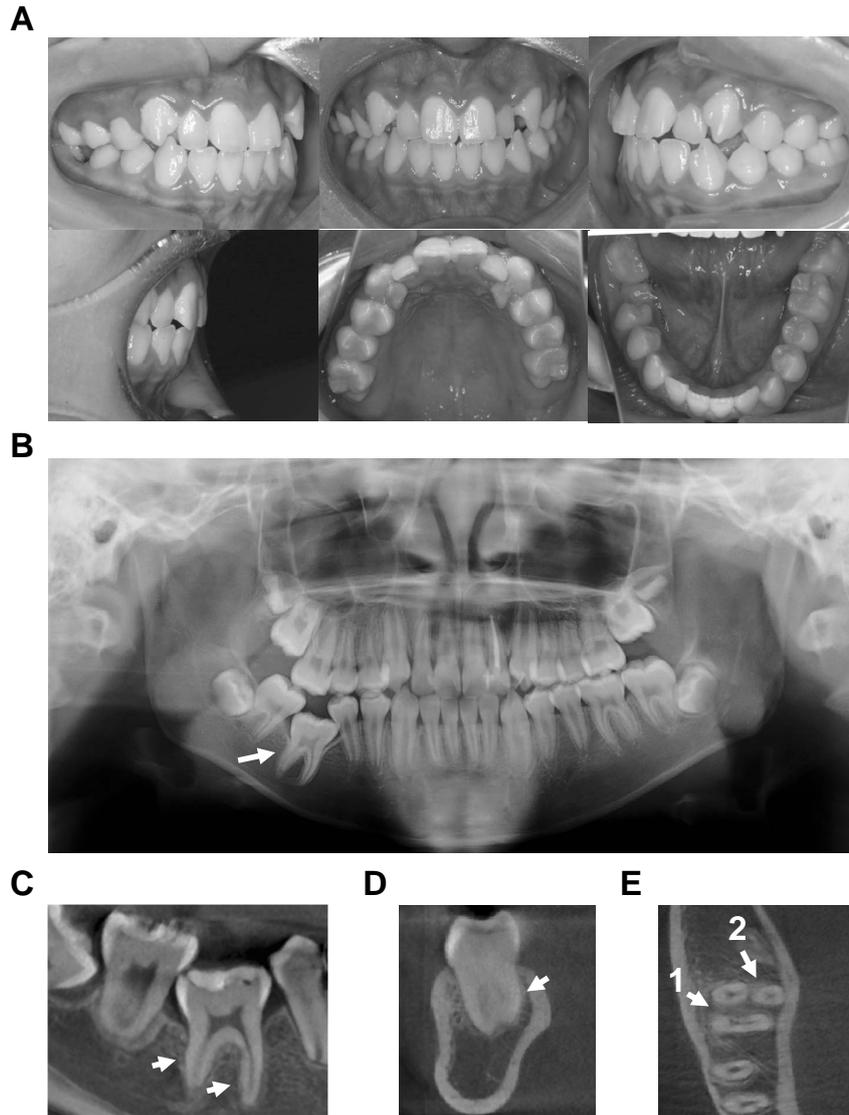


図 1 症例 1

- A : 初診時口腔内写真
 B : 初診時パノラマエックス線写真 (矢印: 歯根膜腔の消失)
 C : CB-CT 矢状断像 (矢印: 歯根膜腔の消失)
 D : CB-CT 冠状断像 (矢印: 遠心舌側根の彎曲)
 E : CB-CT 水平断像 (矢印 1 : 近心根歯根表面の辺縁不正と骨硬化, 矢印 2 : 遠心舌側根歯根表面の辺縁不正と骨硬化)

X線所見：初診時のパノラマエックス線画像において遠心根遠心側の歯根膜腔の消失が認められた (図 3 B)。CB-CT 画像の矢状断像において遠心根の彎曲が認められた (図 3 C)。冠状断像では、根分岐部頰側の置換性歯根吸収が認められた (図 3 D)。また、分岐部の不透過像はエナメル質よりも低い X 線不透過性のため、エナメル滴ではなく骨組織と診断した。また、水平断像においても根分岐部頰側に置換性歯根吸収と、遠心根舌側部の歯根膜腔消失が認められた (図 3 E)。

症例 4 (可動歯)

経過：19歳女性。叢生を主訴に来院した (図 4 A)。初診時、下顎左側第二大臼歯に埋伏が認められた。骨性癒

着歯を疑ったが、リンガルアーチを固定源にした牽引のみで萌出したため、垂脱臼処置は行わなかった。その後、エッジワイズ装置を用いて排列し、保定に移行した。

X線所見：初診時のパノラマエックス線画像では、下顎左側第二大臼歯の根尖周囲に歯根膜腔消失が認められた (図 4 B)。初診時の CB-CT 画像の矢状断像においても下顎左側第二大臼歯の根尖付近の歯根膜腔消失が認められ (図 4 C)、下顎左側第二大臼歯の歯冠は近心傾斜し、下顎左側第一大臼歯の遠心根と近接していた (図 4 D)。下顎左側第二大臼歯歯根表面に置換性歯根吸収は認められなかった。冠状断像では、近遠心的中央部付近の歯根舌側で歯根膜腔の消失が認められた (図 4 E 矢印 1)。また、根尖付近に皮質骨と連続した骨添加を認め、根尖と

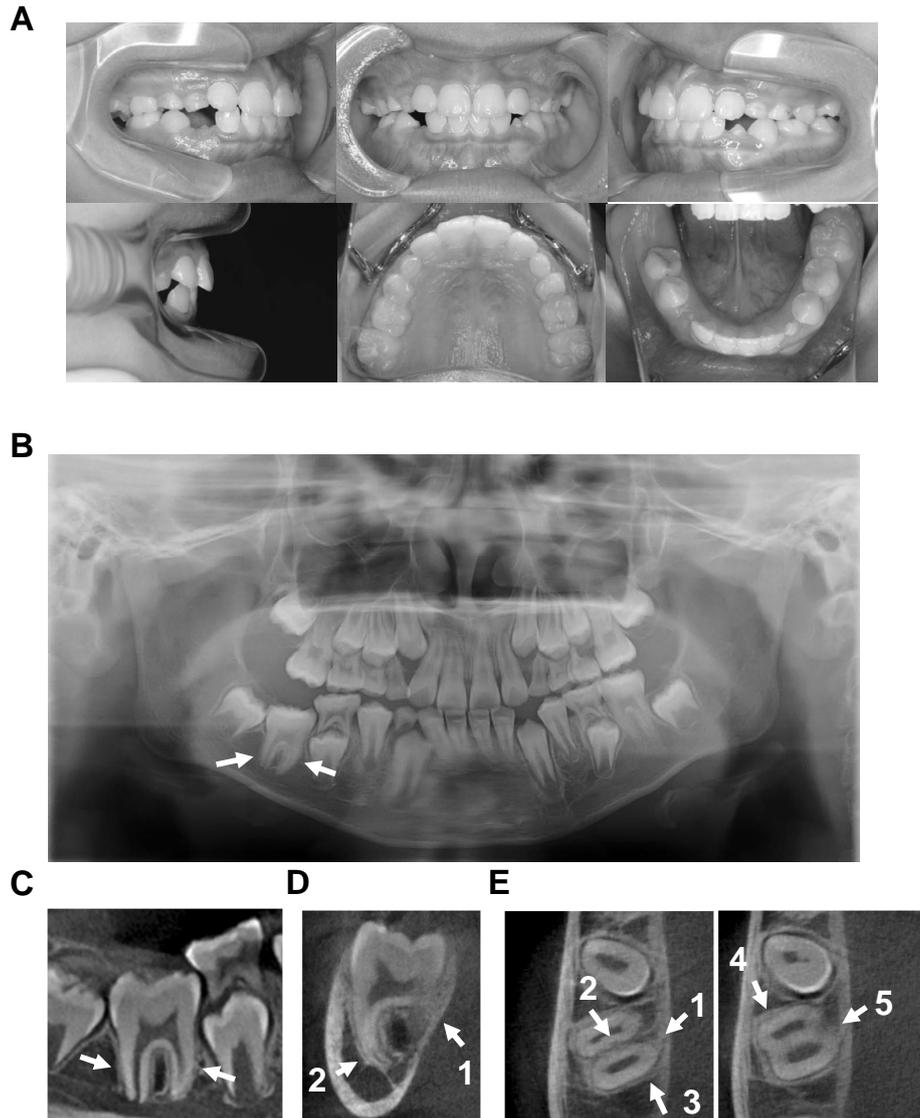


図2 症例2

- A：初診時口腔内写真
 B：初診時パノラマエックス線写真（矢印：歯根膜腔の消失）
 C：CB-CT 矢状断像（矢印：歯根膜腔の消失）
 D：CB-CT 冠状断像（矢印1：歯根吸収による形態不正と骨硬化，矢印2：近心根の彎曲）
 E：CB-CT 水平断面像（矢印1：遠心根と舌側皮質骨との連続性，矢印2：根分岐部の歯根吸収による形態不正と骨硬化，矢印3：遠心根の歯根膜腔の消失，矢印4：近心根の歯根膜腔の消失，矢印5：遠心根の歯根吸収による形態不正と骨硬化）

骨添加部分との連続性が認められた（図4E矢印2）。さらに、下顎管の走行を跨ぐような頬舌の歯根形態を示した。水平断像では槌状根と歯の捻転が認められ、歯根頬側の中央から遠心部と歯根舌側に下顎骨皮質骨との連続性を示す像が観察された（図4F）。

症例5（可動歯）

経過：15歳女子。当院小児歯科にて下顎左側第二大臼歯の萌出遅延と叢生を指摘され来科した（図5A）。診断の結果、エッジワイズ装置を用い、上顎両側第一小臼歯、下顎右側第一小臼歯および下顎左側第二小臼歯抜去により叢生を改善することとした。治療開始1年後、下顎左

側第一大臼歯が近心移動されたにもかかわらず、下顎左側第二大臼歯の萌出は認められなかった。そのため、下顎左側第二大臼歯の開窓牽引を行ったところ萌出した。

X線所見：初診時のパノラマエックス線画像では、下顎左側第二大臼歯の根分岐部に歯根膜腔消失が認められた（図5B）。初診時CB-CT画像の矢状断像では、下顎左側第二大臼歯歯冠は近心傾斜し、根分岐部と遠心根根尖部に骨硬化像と歯根膜腔の消失が認められた（図5C）。冠状断像では歯冠の舌側傾斜が認められた（図5D）。水平断像では根分岐部舌側に歯根膜腔の消失と吸収像が認められた。また、歯根頬側の一部で骨硬化像が観察された（図5E）。

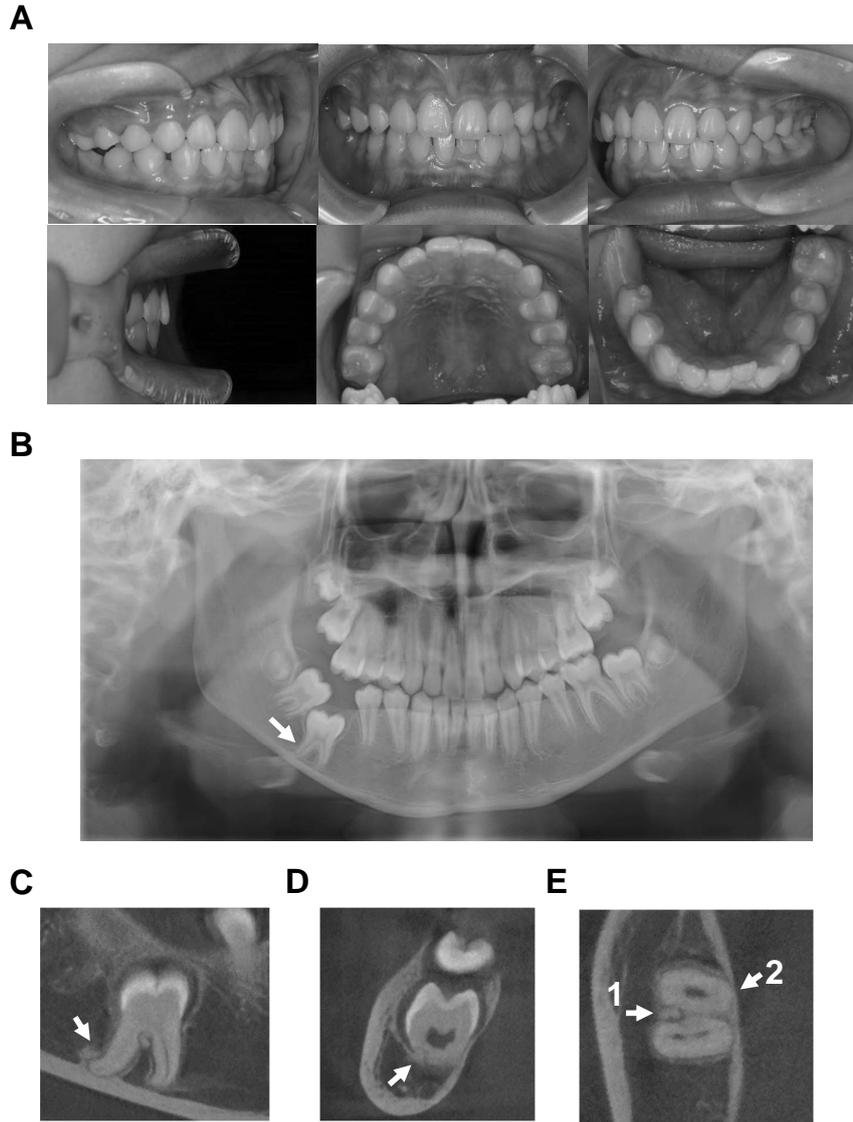


図3 症例3

- A: 初診時口腔内写真
 B: 初診時のパノラマエックス線写真 (矢印: 歯根膜腔の消失)
 C: CB-CT 矢状断像 (矢印: 遠心根の彎曲)
 D: CB-CT 冠状断像 (矢印: 歯根吸収による形態不正と骨硬化)
 E: CB-CT 水平断面像 (矢印1: 歯根吸収と骨硬化, 矢印2: 歯根膜腔消失)

表1に本研究におけるエックス線画像診断の結果のまとめを示す。

考 察

埋伏永久歯における骨性癒着のエックス線診断は、その発生頻度が非常に稀であることや、確定診断を得るには抜歯し病理学的な検査が必要となる等の問題があることから確立されていない。本研究では、临床上埋伏歯を牽引できるか否かが最も重要であることから、治療経過による牽引の可否をゴールドスタンダードとし、エックス線画像を用いた埋伏下顎大白歯の牽引可否の鑑別診断法の確立を最終目的とした。

エックス線学的な検査は、被曝を除き侵襲がなく有用

な検査手法であるが、パノラマエックス線画像などの二次元投影画像において骨性癒着の確認できる領域は歯根の近遠心表面のみで口蓋側や頬側は判別できない。そのため、CostaらはCB-CT画像を用いて骨性癒着歯の診断をするべきだと述べているものの¹⁹⁾、CB-CT画像を用いた骨性癒着歯についての研究は未だ非常に少ない。また、CB-CT画像による骨性癒着歯の診断だけでは偽陽性が多く、その臨床応用には疑問が投げかけられている。これまでDucommunらは、10症例のパノラマエックス線画像、CB-CT画像、病理組織像を用いた後ろ向き研究にてエックス線診断による診断精度を検討している¹⁷⁾。その結果、彼らのCB-CT画像の評価項目を用いて骨性癒着歯と診断した50%が病理組織を用いた確定診断では骨性癒

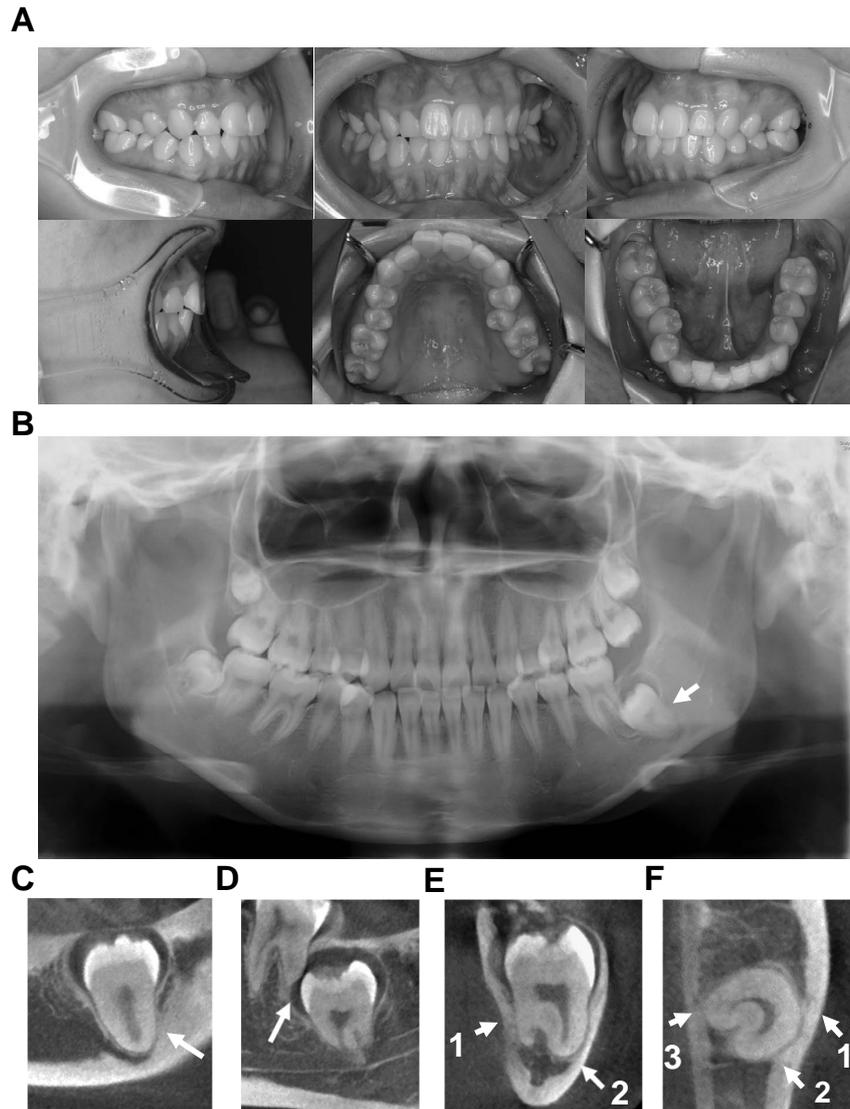


図4 症例4

- A：初診時口腔内写真
 B：初診時パノラマエックス線写真（矢印：歯根膜腔の消失）
 C：CB-CT矢状断像（矢印：遠心根の皮質骨との連続性）
 D：CB-CT矢状断像（矢印：第一大臼歯遠心根との近接）
 E：CB-CT冠状断像（矢印1：皮質骨との連続性と歯根膜腔の消失，矢印2：骨硬化）
 F：CB-CT水平断面像（矢印1：歯根頬側中央，矢印2：歯根頬側遠心部と皮質骨との連続性，矢印3：歯根舌側部と皮質骨との連続性）

着歯ではなかったことが報告されている。表1に本研究におけるエックス線画像診断の結果のまとめを示す。本研究でも同様に、DucommunらのCB-CT画像の評価項目では骨性癒着歯とされる1例（症例5）が実際は可動歯であり、牽引が不可能である埋伏歯の偽陽性と診断された。しかしながら、DucommunらのCB-CT画像の評価項目に、置換性歯根吸収の有無を評価項目として追加すると、症例5には置換性歯根吸収の所見はみられず偽陽性はなくなった（表1）。このことからDucommunら¹⁷⁾のCB-CT画像の骨性癒着歯の評価項目に、置換性歯根吸収の有無を評価項目として追加することが、牽引が可能である埋伏歯か否かを鑑別するためには望ましいと示唆

されるものの、本研究での症例数は5例と非常に少なく、確定的なことを述べることは難しい。また、置換性歯根吸収の有無のみで牽引の可否を鑑別することが可能かについても、その発生部位や大きさ等の検討余地もあることから、現時点では明らかではない。将来的に、多くの症例を積み重ねることにより正確な診断基準を決定できると考えられるが、亜脱臼処置後に牽引しても移動しないような埋伏歯の発生頻度は非常に少なく、多施設での検討も必要であると考えられる。さらに、CB-CT画像を用い遠心的、頬舌的な歯根彎曲を観察すると、不動歯であった3症例すべてにおいて歯根彎曲が認められた。歯根彎曲に関しては、歯根の形態異常、萌出時期、およ

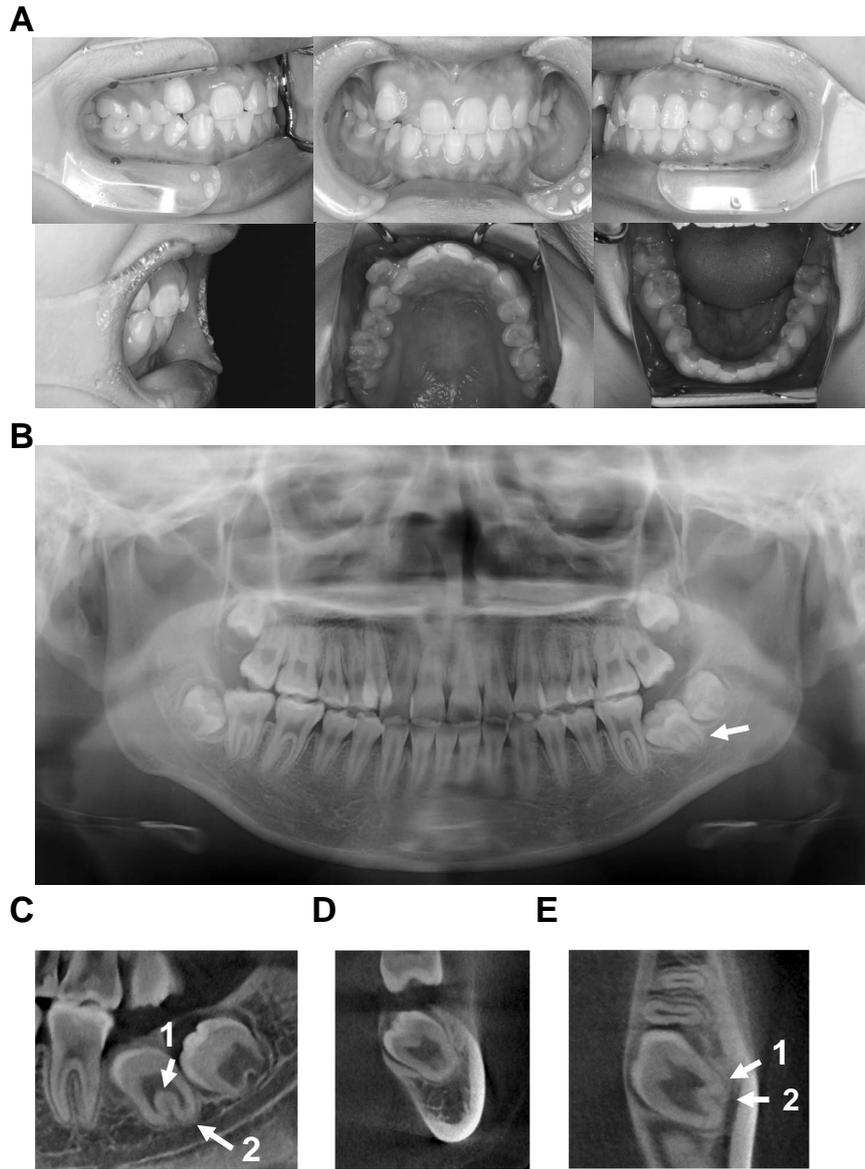


図5 症例5

- A : 初診時口腔内写真
- B : 初診時パノラマエックス線写真 (矢印：歯根膜腔の消失)
- C : CB-CT 矢状断像 (矢印1：根分岐部の歯根膜腔の消失と骨硬化と, 矢印2：歯根膜腔の消失)
- D : CB-CT 冠状断像
- E : CB-CT 水平断画像 (矢印1：歯根膜腔の消失と歯根表面の吸収, 矢印2：根分岐部の骨硬化)

表1 骨性癒着の疑いのある埋伏下顎大白歯における CB-CT 画像とパノラマエックス線画像所見

	症例1		不動歯 症例2		症例3		可動歯 症例4		症例5	
	CB-CT	パノラマ	CB-CT	パノラマ	CB-CT	パノラマ	CB-CT	パノラマ	CB-CT	パノラマ
	6┐	6┐	6┐	6┐	6┐	6┐	┐7	┐7	┐7	┐7
1. 歯根膜腔消失の有無	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2. 歯根吸収の有無	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-
3. 組織置換の有無	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-
4. 置換性歯根吸収の有無	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
5. 近遠心的歯根彎曲の有無	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
6. 頬舌的歯根彎曲の有無	+	不明	+	不明	-	不明	-	不明	-	不明

び萌出方向の異常による萌出障害など他の原因も考慮する必要があるが、歯根彎曲も牽引の可否を鑑別する評価項目のひとつにすることでより診断精度が向上することが示唆される。一方でパノラマエックス線画像では、頬舌的な歯根彎曲の判別が困難であるだけでなく、骨置換性歯根吸収が確認された症例はなく、パノラマエックス線画像のみで置換性吸収を診断することは困難と考えられた。

骨性癒着歯の原因には、①歯根膜の遺伝的もしくは先天的発育障害、②過度な咀嚼圧もしくは外傷による歯根膜の局所的損傷の治癒過程での骨化、③局所的代謝の障害、④歯根膜の壊死などが報告されている¹⁴⁾。Andreasenらは、歯の移植や再植時に生じた9 mm²程度の歯根膜の欠損によって骨性癒着が生じると報告しており²⁰⁾、CB-CT画像を用いた歯根膜腔の欠損面積の評価によって診断の正確性を向上することが可能ではないかと期待される。

Proffitらの報告によると、第一大臼歯の萌出経路の全距離は約2.5 cmであり、この測定値の半分は、歯が咬合平面に達した後に達成される²¹⁾。したがって、顎骨が成長過程にある若年期では、歯が咬合平面に達した後に骨性癒着が発生した場合でも、その後の他の歯の萌出移動量との差が生じてしまい、結果として歯が低位に位置してしまう。そのためLimらは、顎骨の成長途中である若年者で、骨性癒着歯を疑う埋伏歯を有する患者に対しては早期発見、適切な処置および長期のフォローアップが必要であると強調しており²²⁾、牽引可否の予測は、この治療過程における重要な要素である。

本研究から、埋伏歯の牽引可否の診断においてCB-CT画像を用いたDucommunらの骨性癒着歯の評価項目に置換性歯根吸収の有無の診査を加えることで、牽引予後の予測と適切な治療方針の立案が可能となりうると示唆された。

結 論

下顎大臼歯の埋伏歯が牽引可能であるかの鑑別において、CB-CT画像での当該歯歯根形状や周囲組織の詳細な観察がその診断精度に寄与することが示唆された。

謝 辞

本稿の執筆にあたり、徳島大学大学院医歯薬学研究所放射線学分野名誉教授 誉田栄一先生より画像診断の御尽力と御鞭撻を賜りました。ここに深謝の意を表します。

文 献

- 1) 田鶴濱泰子, 末石研二: 大学病院矯正歯科来院患者の埋伏歯に関する臨床統計, 歯科学報 114: 155-160, 2014.
- 2) Bondemark, L., Tsiopa, J.: Prevalence of ectopic eruption, impaction, retention and agenesis of the permanent second molar, *Angle Orthod* 77: 773-778, 2007.
- 3) Sawicka, M., Racka-Pilszak, B., Rosnowska-Mazurkiewicz, A.: Uprighting Partially Impacted Permanent Second Molars, *Angle Orthod* 77: 148-154, 2007.
- 4) Baccetti, T.: Tooth anomalies associated with failure of eruption of first and second permanent molars, *Am J Orthod* 118: 608-610, 2000.
- 5) 下村絵美, 岩淵博史, 内山公男: 小児の上顎前歯部過剰埋伏歯の臨床統計的検討, 日本口腔科学会雑誌 52: 63-66, 2003.
- 6) 比嘉和, 馬場篤子, 小笠原榮希, 他: 下顎第一大臼歯の埋伏に牽引と咬合治療による長期管理を行った一例, 小児歯科学雑誌 50: 320-325, 2012.
- 7) Hadi, A., Marius, C., Avi, S., *et al.*: Ankylosed permanent teeth: incidence, etiology and guidelines for clinical management, *Med Dental Research* 1: 1-11, 2018.
- 8) Neville, B.W., Damm, D.D., Carl, A.: *Oral and Maxillofacial PATHOLOGY*, 4th ed., Amsterdam, 2015, ELSEVIER, 69-70.
- 9) 岡藤範正: 歯の移動に伴う歯周組織変化, 日本顎咬合学会誌 33: 263-268, 2013.
- 10) 小野和宏, 高木律男, 阿部裕子, 他: 骨延長法による低位骨性癒着歯の治療, 日本口腔外科学会雑誌 49: 295-298, 2003.
- 11) American Association of Orthodontists: *Clinical Practice Guidelines*, 12-15, 1996.
- 12) Kim, Y., Park, S., Son, W., *et al.*: Treatment of an ankylosed maxillary incisor by intraoral alveolar bone distraction osteogenesis, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 138: 215-220, 2010.
- 13) Takahashi, T., Takagi, T., Moriyama, K.: Orthodontic treatment of a traumatically intruded tooth with ankylosis by traction after surgical luxation, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 127: 233-241, 2005.
- 14) Biederman, W., Chem, B.: Etiology and treatment of tooth ankylosis, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 48: 670-684, 1962.
- 15) 棚瀬清三, 棚瀬康介: 骨性癒着した永久前歯を亜脱臼し牽引移動を試みた2例, 小児歯科学雑誌 50: 304-312, 2012.
- 16) Campbell, K.M., Casas, M.J., Kenny, D.J.: Ankylosis of Traumatized Permanent Incisors: Pathogenesis and Current Approaches to Diagnosis and Management, *J Can Dent Assoc* 71: 763-768, 2005.
- 17) Ducommun, F., Bornstein, M.M., Bosshardt, D., *et al.*: Diagnosis of tooth ankylosis using panoramic views, cone beam computed tomography, and histological data: a retrospective observational case series study, *Eur J Orthod* 40: 231-238, 2018.
- 18) Stenvik, A., Beyer-Olsen, E.M.S., Abyholm, F., *et al.*: Validity of the radiographic assessment of ankylosis. Evaluation of long-term reactions in 10 monkey incisors, *Acta Odontol Scand* 48: 265-269, 1990.
- 19) Costa, E.D., Peyneau, P.D., Verner, F.S.: Ankylosis of Permanent First Molar: Diagnosis by Cone Beam Computed Tomography, *Int J Odontostomat* 11: 319-325, 2017.
- 20) Andreasen J.O., Kristerson L.: The effect of limited drying or removal of the periodontal ligament. Periodontal healing after replantation of mature permanent incisors in monkeys, *Acta Odontol Scand* 39: 1-13, 1981.
- 21) William, R.P.: プロフィットの現代歯科矯正学, 東京, 1989, クインテッセンス出版, 65-67.
- 22) Lim, W.H., Kim, H.J., Chun, Y.S.: Treatment of ankylosed mandibular first permanent molar, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 133: 95-101, 2008.