

日本人の下顎第二大臼歯の樋状根における歯髓腔形態

A morphological study of the root canal system in the gutter-shaped mandibular second
molars of a Japanese population.

日本大学大学院松戸歯学研究科歯学専攻

鈴木 誠

(指導 松島 潔 教授)

1. Abstract

2. 要旨

3. 緒言

4. 資料および方法

1) 資料 (研究 1, 2)

2) 方法

(1) 座標軸の補正

(2) 観察断面の設定

(3) 根管形態と根管数の観察

(4) 観察項目・統計方法

a. 座標軸の補正前後の比較 (研究 1)

b. 根管形態と根管数 (研究 2)

5. 結果

1) 座標軸の補正前後の比較 (研究 1)

2) 槌状根の頻度 (研究 2)

3) 根管形態, 根管数の観察 (研究 2)

6. 考察

1) 座標軸の補正前後の根管形態, 根管数の比較(研究 1)

2) 槓状根の発現頻度(研究 2)

(1) 集団間の比較

(2) 性差

(3) 槓状根発現の遺伝的背景

3) 槓状根の根管形態, 根管数(研究 2)

(1) 髓床底相当部における根管形態

(2) 各断面における根管数

7. 文献

8. 図および表

Abstract

A gutter-shaped root in the mandibular second molar is found around 30% in a Japanese population and is more prevalent in Japanese than in Europeans and Africans. A gutter-shaped root is referred as a C-shaped root based on its cross-sectional figure. C-shaped roots display incomplete root fusion, and the extent of fusion leads to a variety of morphological variations in the root canal system. A C-shaped root makes it difficult to clean and fill the root canal, and therefore, it is important to understand the characteristics of individual variation in the root canal system for the endodontic treatment. The occlusal plane is standard for the computed tomography (CT) imaging; however, the mandibular second molar is inclined mesiolingually. Endodontic treatment entails imaging of the cross-sections that intersect the major axis of the pulp cavity morphology of each tooth. In order to determine the morphology of the pulp cavity for treatment, correction of the coordinate axes of the images that intersect the major axis of the tooth is critical.

The purposes of this study were as follows: (1) calculate the angle between the major axis of the mandibular second molar and multi-detector row CT (MDCT) imaging plane, and compare the root canal morphology and number of root canals before and after correction of the coordinate axes; (2) observe the continuous cross-section of the pulp cavity using by MDCT images from the pulp chamber floor to the root apex in the mandibular second molars with

C-shaped root.

The images of 579 patients (age: 20–29 years, 281 males and 298 females) who were imaged with a MDCT scanner at the hospital attached to the Nihon University School of Dentistry for maxillofacial examination were used. A C-shaped root was defined as fusion of three-quarters or more of the root length. But a complete root fusion was not considered as a C-shaped root.

The kappa values for pulp cavity morphology and number of root canals for each of the cross-sections both before and after correction showed a tendency to be lower for the crown cross-section of the pulpal floor than the root in both males and females. Before correction, the root length was shorter in females than in males; however, there was no difference between the sexes after correction. The angle required for the correction was larger in females than in males. Since there were few cases in which the root canal morphology and number of root canals did not correspond even when corrections were not made, it was possible to use the uncorrected images in clinical settings. However, when teeth display severe inclination vis-à-vis the base plane, correction of the coordinate axes is required.

Among the 281 male patients, 103 (36.7%) had C-shaped roots on either the right or left side, or both sides. Among the 298 female patients, 161 (54.0%) had C-shaped roots on either the right side or left side or both. C-shaped roots were more frequently found in females

than males ($p < 0.01$).

Analysis of the pulp cavity morphology indicated that in the cross-section corresponding to the pulpal floor was most frequently found C-shaped (males, 63.0%; females, 70.6%). C-shaped was common (males, 37.0%; females, 41.2%) in the cross-section of crown third; but also found many cases in which the pulp cavity was divided into two (males, 28.4%; females, 27.2%). The two divided pulp cavities were frequently found in the cross-section of half of the root length (males, 33.3%; females, 36.0%); however, pulp cavities divided into three and C-shaped were also observed. Pulp cavities divided into two were most commonly observed in the cross-section of apical third. Single root canal was most common in areas near the pulpal floor. However, as the cross-sections approach the root apex, a higher number of root canals were observed. The results of this study indicate that morphological variations are observed in the C-shaped root canal system of mandibular second molars in a Japanese population, and this is useful for future root canal treatment strategies.

Key Words:

gutter-shaped root, C-shaped root, mandibular second molar, multi-detector row CT, root canal system

要 旨

槓状根は下顎第二大臼歯に多く発現する。日本人には比較的多くみられ、ヨーロッパ系集団とアフリカ系集団と比べ頻度が高いとされる。槓状根は不完全な歯根の癒合形態で、癒合の程度によりその根管は形態変異に富む。槓状根は根管清掃や根管充填が難しいとされ、治療を行う上でその個体変異の様相を理解することは重要である。CT は咬合平面を基準として撮像されるが、歯は咬合平面に対して近遠心・頬舌的に傾斜している。歯内療法では、個々の歯の歯髓腔形態を歯の長軸と直交する断面をイメージして治療を行っている。治療に必要な歯髓腔の形態を知るためには、歯の長軸に対して直交する画像に座標軸を補正する必要がある。そこで、以下の目的で研究を行った。(1) 下顎第二大臼歯の長軸と撮像平面のなす角を算出し、座標軸の補正前後の根管形態・根管数を比較した。(2) 槓状根における歯髓腔形態を髓床底から根尖に至る連続的な断面を観察し、個体変異を記載した。日本大学松戸歯学部附属病院の放射線科において頭蓋顎顔面検査のために multi-detector row CT によって撮像された 579 人の患者(年齢 20-29 歳の男性 281 人, 女性 298 人)の画像を使用した。歯根長の 3/4 以上が癒合した場合を槓状根としたが、完全に癒合して1根となったものは槓状根とはしなかった。以下の 4 断面を観察した。断面 A は髓床底相当部で、セメント・エナメル境(CEJ)より根尖側 3 mm の断面、断面 B は CEJ から根尖までの距離の歯冠側 1/3, 断面 C は CEJ から根尖までの距離の 1/2, 断面 D は、CEJ から根尖までの距離の根尖側 1/3 である。

補正前後の各断面における歯髓腔形態・根管数の kappa 値は男性・女性共に断面 A で低く、断面 C で高い傾向であった。断面 A では kappa 値が低く、髓床底の観察時には注意が必要である。また、歯根

長は補正前では女性の方が男性より低かったが、補正後では性差を認めなかった。補正に要した角度は女性の方が男性より大きかった。補正を行わない場合でも根管形態、根管数が一致となる場合が多いため、補正しない画像を臨床に活用することが可能である。しかし、撮像の基準平面に対する歯の傾斜が大きい場合には座標軸の補正が必要である。

左右側の下顎第二大臼歯の歯根形態を観察した結果、男性281人のうち103人(36.7%)が、女性298人のうち161人(54.0%)が両側あるいは左右側のいずれかが槌状根で、女性の頻度が有意に高かった($p<0.01$)。4断面での歯髓腔形態は、断面AではC型を呈するものが最も多かった(男性63.0%、女性70.6%)。断面BでもC型のものが多かった(男性37.0%、女性41.2%)が、歯髓腔が2つに分れるものも多く見られた(男性28.4%、女性27.2%)。断面Cでも歯髓腔が2つに分れるものが最も多く(男性33.3%、女性36.0%)、3つに分れるものやC型を呈するものも認められた。断面Dでも2つに分れるものが多く認められた。断面AとBの根管数は同じものが多かった。その中でも1根管のものの頻度が高く(男性38.3%、女性41.9%)、次いで2根管であった(男性27.2%、女性23.5%)。次に多かったのは断面Aでは1根管、Bでは2根管となるものであった(男性22.2%、女性23.5%)。髓床底相当部では1根管のものが多く、断面が根尖に近づくにつれて根管数が増える傾向にあった。本研究の結果により、日本人の下顎第二大臼歯の槌状根管の形態変異を理解することができ、今後の根管治療の戦略に有用であることが示唆された。

キーワード：槌状根、C型歯根、下顎第二大臼歯、MDCT、根管系

緒 言

下顎第二大臼歯に多く発現する槌状根は、日本人では30%程度みられ¹⁾、ヨーロッパ系集団とアフリカ系集団と比べ頻度が高いとされている^{2,3,4)}。槌状根は近心根と遠心根が頬側では癒合するが、舌側では2根の間に深い溝がみられる不完全な癒合形態である¹⁾。2根の癒合の程度により、根管口から根尖に至る間で根管形態は変異に富む^{5,6)}。本研究では、髓床底から根尖孔までの歯髓腔を根管と定義する。口内法エックス線写真では検出が難しく、根管清掃、根管充填が難しいとされている⁶⁾。このため、歯内療法時に根管治療を行う上で、槌状根の個体変異の様相をあらかじめ理解しておくことは重要である。

槌状根における歯髓腔の形態学的な研究は抜去歯を資料とした研究が中心に行われてきた。例えば、墨汁を注入した透明標本を観察する方法^{2-4,7-12)}、ポリエステル樹脂による鋳型模型を観察する方法¹³⁾、歯根の連続切片を観察する方法^{1,13-15)}等がある。近年では、コンピュータ断層撮影(CT)の解像度が高くなり、根管形態の観察に使用されている^{5,16-26)}。CT画像を用いることによって次のような利点がある。2次元のみならず3次元的な形態が観察でき、年齢と性別が識別できる生体に適用できることがある。そのため、加齢変化による第二象牙質添加の影響²⁷⁾をあまり受けていない若年者も対象にできる。

中国人の下顎第二大臼歯における槌状根のCTを用いた形態学的研究が報告されている^{20,24)}。これらの研究には、根管口では2根管が多く見られたとするものと、癒合したC型の1根管が多くみられたとするものがあり、根管口部の形態に限っても変異が大きいことが分かる。中国人と日本人はモンゴロイドに属し人類学的に近い集団ではあるが、集団の地理的分布が広いため、かなり変異があるものと推測される。こ

のため、日本人における槌状根管の正確な記載が必要であろう。また、根管口から根尖に至る形態を連続的に分析した報告は見当たらない。

一般に、CT は咬合平面を基準として撮像される。歯は咬合平面に対して近遠心的頬舌的に傾斜しており、特に下顎第二大臼歯は咬合平面に対して強く近心舌側に傾斜している²⁸⁾。歯の長軸の咬合平面に対する傾斜には個体差があり、また、CT の撮像時の頭部の位置付けによっても基準面は変化する可能性がある。歯内療法では、個々の歯の歯髓腔形態を歯の長軸と直交する断面をイメージして治療を行っている。正確な歯髓腔の形態を知るためには、歯の長軸に対して直交する画像に座標軸を補正する必要がある。画像の変換には多くの機器と作業を要し、チェアサイドにおいて実施するのは難しい。そこで、本研究では以下の 2 つを目的とした。

(研究 1) 下顎第二大臼歯の長軸がどの程度 multi-detector row CT (MDCT) の撮像平面に対して傾いているかを分析し、補正前後の根管形態・根管数を比較することにより、座標軸の補正が必要かどうかを検討した。

(研究 2) MDCT により日本人の下顎第二大臼歯の槌状根における根管形態を髓床底から根尖に至る連続的な断面を観察し、個体変異を分析した。

資料および方法

1) 資料 (研究 1, 2)

2009 年 1 月から 2011 年 12 月までの期間に日本大学松戸歯学部付属病院の放射線科において頭蓋

顎顔面検査のために 64 列 MDCT (Aquilion™64, 東芝メディカルシステムズ社製) によって撮像された 579 人の患者 (年齢 20-29 歳の男性 281 人, 女性 298 人) の画像を使用した。64 列 MDCT の検出器は 0.5 mm 幅で, 頭尾方向に 64 列配列されている。撮像条件は管電圧 120 kV, 管電流 100 mA, 撮像領域 240×240 mm, ヘリカルピッチ 41, 回転時間 1.0 sec であった。再構成スライス厚は 0.3 mm であった。本研究では下顎第二大臼歯が含まれる画像を使用し, 広範な齲蝕, 根管充填, 歯冠修復物および金属アーチファクトが含まれる画像は除外した。

歯根長の 3/4 以上が癒合した場合を槓状根とした。ただし, 完全に癒合して 1 根となったものは槓状根とはしなかった。研究 1 は 216 人 (男性 82 人, 女性 134 人) の下顎右側第二大臼歯にみられた槓状根の画像を供した。研究 2 では 579 人すべての画像を観察し, 根管形態の分析は右側歯のみで行った。本研究は, 日本大学松戸歯学部倫理委員会 (第 EC11-037) によって承認を受けている。

2) 方法

(1) 座標軸の補正

DICOM 3D 画像編集ソフトウェア (Realia Pro ver 1.2.0, サイバネットシステム社製) を用いて multi-planar reconstruction 法により直交する 3 方向の断面を表示して座標軸の補正を行った。軸位断面画像において近遠心軸と頬舌軸の補正を行った後, 矢状断面画像 (近遠心軸に平行な断面像に補正されている) と冠状断面画像 (頬舌軸に平行な断面像に補正されている) において歯の長軸を補正した。これらの操作により, 歯の長軸に垂直な断面が軸位断面に補正された。

(2) 観察断面の設定

Fig. 1 に観察断面を示した。軸位断面像を歯冠側から根尖側に向かって画像を観察し、エナメル質が観察できなくなる断面をセメント・エナメル境(CEJ)、歯根が確認できなくなる断面を根尖とした。Min らの報告²⁴⁾によると CEJ より根尖側の 3 mm 以内に桶状根の髓床底が 90.91%みられたとされている。そのため、断面 A は髓床底相当部として CEJ より根尖側 3 mm に設定した。歯根長は CEJ から根尖までの長さとした。断面 B, C, D の位置は歯根長を基準として設定した。断面 B は歯根長の歯冠側 1/3, 断面 C は歯根長の 1/2, 断面 D は、歯根長の根尖側 1/3 と設定した。

(3) 根管形態と根管数の観察

断面での根管形態は Min ら²⁴⁾による方法を改変し、Fig. 2 に示したように 1 - 8 型に分類した。1 型は 1 根管であり C 型の形態をしている。2 型は小さい円形の近心根管と大きい楕円形の遠心根管(近心頰側根管と遠心根管が癒合)、3 型は小さい円形の遠心根管と大きい楕円形の近心根管(近心舌側根管と近心頰側根管が癒合)、4 型は 2 つの楕円形の根管(近心根管と遠心根管)、5 型は 2 つの円形の根管(近心根管と遠心根管)、6 型は 3 つの根管、7 型は円形の 1 根管、8 型は 4 つの根管と分類した。7 型は 1 根管であるが、髓床底にはみられない形態なので 1 型とは別に分類している。Min ら²⁴⁾の C1 は本研究では 1 型、C2 は 2 型、C3a は 4 型・5 型、C3b は 6 型、C4 は 7 型に相当するが、3 型・8 型は新たに追加した。根管形態の観察には、同一観察者が 3 か月以上の期間を開け、2 回観察を行ったところ、一致率は 98.0%であった。観察者内の一致率は非常に高いので、統計分析には影響しないと考えられる。

(4) 観察項目・統計方法

a. 座標軸の補正前後の比較（研究 1）

座標軸の補正前後の断面 A, B, C における根管形態, 根管数の一致を観察し, 歯根長を計測した。

CEJ から根尖までの断面の枚数にスライス厚(0.3 mm)を乗じた数値を歯根長とした。次に補正前後の歯根長から補正に要した角度を求めた。補正前後の歯根長を二辺とする直角三角形を想定し, \arccos により角度を算出した。補正前後の 3 断面での根管形態・根管数の一致の程度を示す指標である κ 値を算出し, 比較検討した。補正前後の歯根長は対応のある t 検定を行い, 歯根長と補正に要した角度の性差については t 検定を行った。有意水準は $p < 0.01$ とした。統計処理には SPSS (version 22.0.0, IBM 社製)を使用した。

b. 根管形態と根管数（研究 2）

各個体における 4 つの断面で根管形態と根管数を観察した。性差は $p < 0.01$ の有意水準でカイ二乗検定によって検出した。統計処理には SPSS (version 22.0.0, IBM 社製)を使用した。

結 果

1) 座標軸の補正前後の比較（研究 1）

補正前後の根管形態・根管数の κ 値を Table 1 に示す。根管形態の κ 値は, 断面 A は男性で 0.80, 女性で 0.55, 断面 B は男性で 0.84, 女性で 0.79, 断面 C は男性で 0.92, 女性で 0.84 であった。根管数の κ 値は, 断面 A は男性で 0.81, 女性で 0.59, 断面 B は男性で 0.81, 女性で 0.80,

断面 C は男性で 0.96, 女性で 0.94 であった。男性, 女性共に kappa 値は断面 A で低く, 断面 C では高い傾向であった。また, kappa 値は根管形態よりも根管数において高く, 男性・女性を比較すると男性の方が高い傾向にあった。

歯根長は補正前では男性 11.2 ± 2.0 mm, 女性 10.2 ± 1.5 mm, 補正後では男性 12.9 ± 1.4 mm, 女性 12.8 ± 1.5 mm であった (Table 2)。補正前は女性の方が男性より有意に低かった ($p < 0.01$)。補正後では性差は認められなかった。

補正に要した角度は男性: $26.2 \pm 15.9^\circ$ 女性: $35.0 \pm 11.9^\circ$ で, 女性は男性よりも有意に大きかった ($p < 0.01$) (Table 3)。補正前の歯根長を縦軸, 補正後を横軸にとり, 男性・女性それぞれの 95%信頼限界を Fig. 3 に示す。男性の楕円分布は縦方向補正前に大きく, 女性は横方向補正後に大きかった。この図からも, 女性の方が男性より撮像の基準平面に対し歯の長軸の傾きが大きいことが示された。

2) 槿状根の頻度 (研究 2)

左右側の下顎第二大臼歯の歯根形態を Table 4 に示す。男性は 281 人のうち 103 人 (36.7%) は両側あるいは左右側のいずれかが槿状根で, そのうち 63 人 (22.4%) は両側が槿状根であった。女性は 298 人のうち 161 人 (54.0%) は両側あるいは左右側のいずれかが槿状根で, そのうち 127 人 (42.6%) は両側が槿状根であった。少なくとも片側が槿状根となる頻度は男性より女性の方が有意に高かった ($p < 0.01$)。

3) 根管形態, 根管数の観察

4つの断面での槓状根の根管形態を Table 5 に示す。各断面における型の頻度には性差が認められなかった。断面 A において 1 型の頻度が最も高かった(男性 63.0%, 女性 70.6%)。次いで 4 型(男性 16.0%, 女性 14.0%)であった。断面 B において 1 型の頻度が最も高かった(男性 37.0%, 女性 41.2%)。次いで 2 型(男性 28.4%, 女性 27.2%)であった。断面 C において 2 型が最も頻度が高く(男性 33.3%, 女性 36.0%), 男性は次いで 6 型(23.5%), と 1 型(21.0%)の頻度が高かった。女性は次いで 1 型(25.0%)と 6 型(16.2%)の頻度が高かった。断面 D において, 男性では 2 型が最も頻度が高く(25.9%), 次いで 6 型(22.2%), 5 型 (21.0%), 1 型 (17.3%)の順であった。女性では 5 型が最も頻度が高く(33.1%), 次いで 1 型 (20.6%), 7 型 (16.9%), 2 型(14.7%)の順であった。

各個体の断面 A から D の根管数を Table 6 に示す。ここでは, 各断面の根管を以下のような略号で示した。例えば, 断面 A で 1 根管, 断面 B で 2 根管, 断面 C で 3 根管のものを A1B2C3 と表した。A1B1 は最も頻度が高く(男性 38.3%, 女性 41.9%), 次いで A2B2 (男性 27.2%, 女性 23.5%), A1B2 (男性 22.2%, 女性 23.5%)の順であった。断面 C までを考慮すると, 男性で A2B2C2 が最も多く(23.5%), 次いで A1B1C1 (19.8%), A1B2C2 (17.3%), A1B1C2 (14.8%)の順であった。女性では A1B1C1 が最も多く(22.1%), 次いで A2B2C2 (20.6%), A1B1C2 (18.4%) の順であった。断面 A から D における根管数の代表例の MDCT 画像を Fig. 4 に示す。

考 察

1) 座標軸補正前後の根管形態, 根管数の比較 (研究 1)

kappa 値は対応する2つの一致の程度を表す指標である²⁹⁾。本研究では補正前後の根管形態、根管数の一致の程度を kappa 値によって検討した。kappa 値が 0.81 - 1.00 の間ならばほぼ完全な一致、0.61 - 0.80 の間ならば実質的に一致しているとされる²⁹⁾。補正前後における根管形態では男性より女性で kappa 値が低かった。この結果は、男性より女性の方が歯の傾斜の程度が大きいためと考えられた。男性、女性ともに歯冠側から根尖側に行くにつれて kappa 値は高くなった。これは、髓床底では歯髓腔の断面積が大きく形態も C 型や楕円形と複雑であり、根尖に向かっていくにつれて形態が単純になっていく。そのため同じ傾斜角度であっても、形態が複雑である髓床底相当部の方が根尖側よりも kappa 値が小さい。根管形態・根管数の kappa 値を比較すると、根管数の kappa 値の方が高く、補正していない画像を観察する場合には、根管数の方が信頼性は高いと考えられた。

補正前の歯根長は女性より男性の方が有意に長かった。しかし、補正後は性差が認められなかった。すなわち、歯根長の実長に性差はないが、歯の傾斜が男性より女性で大きいため、補正前は男性の方が長かったと考えられた。

下顎第二大臼歯は咬合平面に対して近心、舌側に傾斜している²⁸⁾。ヨーロッパ系集団における下顎第二大臼歯における近遠心的傾斜角度は 14°で頬舌的傾斜角度は 20°である²⁸⁾。川村らの報告³⁰⁾によると現代日本人における歯軸傾斜角が 68.9°である。この角度は咬合平面と歯の長軸のなす角度であり、本研究と比較するために咬合平面に対する垂直な線と歯の長軸の角度を算出し、頬舌的傾斜角度を求めると 21.1°であった。すなわち、二つの報告を比べるとヨーロッパ系集団²⁸⁾、現代日本人³⁰⁾の頬舌的傾斜角度は近かった。今回の結果では平均値で男性は 26.2°、女性は 35.0°であり、他の報告に比べ高い

値を示した。本研究では、理論値として三角関数を用いて補正前後の歯根長から算出した。この角度は近遠心的な傾斜と頬舌的な傾斜を合成したものである。そのため他の報告と直接的な比較はできない。本研究において、補正した角度は女性の方が男性より有意に大きく、元来の歯軸傾斜角度が大きいことが明らかになった。

以上から、補正を行わない場合でも根管形態、根管数は一致となる場合が多いため、補正しない画像を用いて臨床に活用することが可能であると考えられた。しかし、撮像の基準平面に対する歯の傾斜が、大きい場合には座標軸の補正が必要である。そのため、日本人の歯髓腔形態の個体差を正確に記載する目的とする研究 2 では座標軸の補正を行った。

2) 槌状根の発現頻度 (研究 2)

(1) 集団間の比較

槌状根は、モンゴロイド集団に最も多くみられ、次いでヨーロッパ系集団、アフリカ系集団であった (Table 7)^{1-4,7-9,12,14,17,21,31,33})。モンゴロイドは、8 つの歯の形質に基づいて、中国型歯列とスダダ型歯列をもつ集団に分けられる³²⁾。中国型歯列は広く東アジア(中国本土と日本列島)と北米に分布している。一方、スダダ型歯列は、東南アジアからオセアニア地域に分布している。槌状根は、スダダ型歯列(20-30%)より中国型歯列(>30%)に多く認められた。

本研究では、槌状根の頻度は男性 36.7%、女性 54.0%であった。日本人の男性の頻度は以前の研究と一致していたが、女性では他の研究よりも高かった。以前の研究は、数十年前に行われているものが多く

1,14,33), 本研究との不一致は, 日本人集団における小進化の影響によって説明できる可能性がある。また, 対象集団からの標本抽出の影響も無視できないと考えられる。

(2) 性差

本研究では, 槌状根は女性の方が高頻度であった。小徳³³⁾は, 女性の方が男性よりも有意に頻度が高いと報告したが, 他の研究では, 性差は認めないとしている報告もある。^{16,20)} 性差に関しては抜去歯を対象にしているため, あまり報告がない。

髓床底の象牙質形成は, 上皮根間突起により誘導されるが, 髓床底の象牙質は常に歯冠象牙質に連続して形成されるとは限らない³⁴⁾。髓床底の象牙質は歯冠象牙質とは独立した島状の象牙質(髓下葉)と歯冠象牙質が癒合して形成される³⁴⁾。髓下葉の出現数により, 歯根数が決定される³⁴⁾。高橋ら³⁵⁾は, 2根の下顎大白歯では舌側と頬側に2つの髓下葉が出現するが, 槌状根では頬側には髓下葉が出現せず舌側のみに出現すると報告している。歯冠の頬側部が縮小するため, 頬側の髓下葉が出現しないと考えられる。一般的に, 女性は男性よりも歯冠サイズが小さい³⁶⁾。このため, 歯冠頬側部も女性の方が男性より小さくなる。したがって, 女性は男性より槌状根の発現頻度が高くなったと推測できる。また, 槌状根の発現には性差が認められることから, その発生には性染色体の関与も推測される。

(3) 槌状根発現の遺伝的背景

前述したように槌状根はモンゴロイド集団に多く発現し, ヨーロッパ系あるいはアフリカ系集団での発現

頻度は低い。モンゴロイドの中でも中国型歯列により多く、スダ型歯列の頻度はやや低い。すなわち、槿状根は特定の人類集団に多くみられ、何らかの遺伝的な要因の影響を受けていることが示唆される。

一方、ある特定系統のマウスには槿状根が発現し、この形質には遺伝的要因の影響を受けていることが示唆されている³⁷⁾。マウスに槿状根を発現させる遺伝子は第5染色体上に存在すると考えられている³⁸⁾。マウスの槿状根はヒトと異なり、舌側が癒合する³⁷⁾。マウスの髓床底形成時には髓下葉が発現せず³⁹⁾発生の学的な要因は、ヒトとは異なる。今後、ヒトと髓床底の発生過程が同じ様式となる実験動物における検討が必要である。

3) 槿状根の根管形態、根管数

(1) 髓床底相当部における根管形態

本研究では髓床底相当部はC型を呈する1型が最も多かった。この結果はZhengら²⁰⁾の結果と一致していた。しかし、Zhengらと同じ中国人集団を対象としたMinら²⁴⁾は2型~5型が多いと報告している。なお、本研究と類型が異なるので直接比較はできない。しかし、サンプルサイズはZhengらは約200人、Minらは約40人であり、サンプルサイズの大きいZhengらの研究の方が、信頼性が高いと考えられる。

(2) 各断面における根管数

断面AとBの根管数は同じもの(A1B1, A2B2)が多かった。その中でも1根管のものが多かった(A1B1)。次いで断面Aでは1根管、断面Bでは2根管となるA1B2が多く見られた。断面AからCま

でを考えると、同じ根管数のものが比較的多く見られた。断面 A では 1 根管のものが多いが、断面 B, C, D と根尖に近づくにつれて根管数が多くなる傾向にあった。Min ら²⁴⁾はいずれかの断面でも 2 根管となるものが多かったと述べているが、本研究の結果とは異なる。この違いは調査対象あるいはサンプル数に係している可能性がある。

癒合した歯根をもつ歯の根管形態に関しては上顎第二大臼歯の研究があり、根管の形態変異が大きいとされている⁴⁰⁾。具体的には、完全に癒合した根管、部分的に癒合した根管、あるいは癒合した根管と過剰な根管が同時に見られるものが混在したとされている⁴⁰⁾。上顎第二大臼歯において、癒合している根が深い溝で隔てられている形態、浅い溝で隔てられている形態、完全に癒合して溝が見られない形態などの様々な癒合程度があり、⁴¹⁾、その根管形態にも個体変異が現れると考えられる。不完全な癒合の 1 形態である槓状根の癒合の程度に変異があり、その根管形態は上顎第二大臼歯にみられる根管変異と同様の形態が認められると考えられる。

日本人集団において、槓状根は男性より女性において高頻度であった。この結果は、髓床底の発生過程に関連すると推測される。髓床底相当部では C 型となったが、根尖に向かう断面につれ、複数の根管に分岐した。根管形態の複雑性は、根管治療を困難にしている。本研究の結果により、槓状根管の形態変異を理解することができ、今後の根管治療の戦略に有用であると示唆された。

文 献

1. 中山 愛一: 人の下顎大臼歯に於ける槌状歯根に就いて, 口腔病会誌, 15:275-281, 1941.
2. Zare Jahromi M, Jafari Golestan F, Mashhadi Esmaeil M, et al.: Root and Canal Morphology of Mandibular Second Molar in an Iranian Population by Clearing Method. J Dent Shiraz, 14:78-81, 2013.
3. Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV, et al.: Root and canal morphology of mandibular second molars in an Indian population. J Endod, 36:1319-1322, 2010.
4. Al-Qudah AA, Awawdeh LA: Root and canal morphology of mandibular first and second molar teeth in a Jordanian population. Int Endod J, 42:775-84, 2009.
5. Yin X, Cheung GS, Zhang C, et al.: Micro-computed tomographic comparison of nickel-titanium rotary versus traditional instruments in C-shaped root canal system. J Endod, 36:708-712, 2010.
6. Cooke HG III, Cox FL: C-shaped canal configurations in mandibular molars. J Am Dent Assoc, 99:836-839, 1979.
7. Ahmed HA, Abu-Bakr NH, Yahia NA, et al.: Root and canal morphology of permanent mandibular molars in a Sudanese population. Int Endod J, 40:766-71, 2007.
8. Gulabivala K, Opasanon A, Ng YL, et al.: Root and canal morphology of Thai mandibular molars. Int Endod J, 35:56-62, 2002.

9. Gulabivala K, Aung TH, Alavi A, et al.: Root and canal morphology of Burmese mandibular molars. *Int Endod J*, 34:359-70, 2001.
10. Manning SA: Root canal anatomy of mandibular second molars. Part II. C-shaped canals. *Int Endod J*, 23:40-45, 1990.
11. Walker RT: Root form and canal anatomy of mandibular second molars in a Southern Chinese Population. *J Endod*, 14:325-329, 1988.
12. Yang ZP, Yang SF, Lin YC, et al.: C-shaped root canals in mandibular second molars in a Chinese population. *Endod Dent Traumatol*, 4:160-163, 1988.
13. Melton DC, Krell KV, Fuller MW: Anatomical and histological features of C-shaped canals in mandibular second molars. *J Endod*, 17:384-388, 1991.
14. 福谷 徹: 槲状根歯に関する形態学的研究. *九州歯会誌*, 29:557-76, 1976.
15. Seo MS, Park DS: C-shaped root canals of mandibular second molars in a Korean population: clinical observation and in vitro analysis. *Int Endod J*, 37:139-44, 2004.
16. Helvacioğlu-Yigit D, Sinanoğlu A: Use of cone-beam computed tomography to evaluate C-shaped root canal systems in mandibular second molars in a Turkish sub-population: a retrospective study. *Int Endod J*, 46:1032-1038, 2013.
17. Park JB, Kim N, Park S, et al.: Evaluation of root anatomy of permanent mandibular premolars and molars in a Korean population with cone-beam computed tomography. *Eur J*

Dent, 7:94-101, 2013.

18. Silva EJNL, Nejaim Y, Silva AV, et al.: Evaluation of root canal configuration of mandibular molars in a Brazilian population by using cone-beam computed tomography: an in vivo study. *J Endod*, 39:849-852, 2013.
19. Solomonov M, Paqué F, Fan B, et al.: The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file and ProTaper. *J Endod*, 38: 209-214, 2012.
20. Zheng Q, Zhang L, Zhou X, et al.: C-shaped root canal system in mandibular second molars in a Chinese population evaluated by cone-beam computed tomography. *Int Endod J*, 44:857-862, 2011.
21. Zhang R, Wang H, Tian YY, et al.: Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular molars in Chinese individuals. *Int Endod J*, 44:990-999, 2011.
22. Cheung GSP, Yang J, Fan B: Morphometric study of the apical anatomy of C-shaped root canal systems in mandibular second molars. *Int Endod J*, 40:239-46, 2007.
23. 田中 幹久, 新井 恭子, 北島 佳代子, ほか: マイクロ CTを用いたヒト下顎大白歯槌状根根分岐部髓室床副根管の観察. *日歯保存誌*, 50:530-538, 2007.
24. Min Y, Fan B, Cheung GSP, et al. : C-shaped canal system in mandibular second molars – part III: the morphology of the pulp chamber floor. *J Endod*, 32:1155-1159, 2006.

25. Gao Y, Fan B, Cheung GSP, et al.: C-shaped canal system in mandibular second molars
part IV: 3-D morphological analysis and transverse measurement. *J Endod*, 32: 1062–1065,
2006.
26. Fan B, Cheung GSP, Fan M, et al.: C-shaped canal system in mandibular second molars:
part I – anatomical features. *J Endod*, 30:899–903, 2004.
27. Nanci A; 川崎 堅三ほか(訳): Ten Cate 口腔組織学, 180-223, 医歯薬出版, 東京, 2006; Ten
Cate's Oral histology development, structure, and function sixth ed, Elsevier, St. Louis,
2003.
28. Kraus B.S, Jordan R.E, Abrams L ; 久米川 正好(訳):咬合と歯の解剖 第1版, 216-220, 医歯
薬出版, 東京, 1973; Dental Anatomy and Occlusion, The Williams and Wilkins Company,
Baltimore, 1969.
29. Landis J.R, Koch G.G: The measurement of observer agreement for categorical data.
Biometrics, 33:159-174, 1977.
30. 川村 全, 金澤 英作, 葛西 一貴: コンピュータ断層写真による下顎歯の植立状態と下顎骨形態との
関連性について. *日矯歯誌*, 57:299-206, 1998.
31. Cucina A, Lizama EV, Ramírez M, et al.: Morphology of Root and C-Shape Canal in
Prehispanic and Modern Maya Groups from Northern Yucatan. *Dent Anthropol*, 21:46–49,
2008.

32. Turner CG: Teeth and prehistory in Asia. *Sci Am*, 260:88-91, 1989.
33. 小徳 賢司: 日本人下顎第 2 大臼歯歯根の形態学的研究. *歯科学報*, 85:43-64, 1985.
34. 大江 規玄: 歯の発生学, 第 2 版, 121-148, 医歯薬出版, 東京, 1984. 高橋 正志, 浅見 保子, 小林 寛: 槌状根の形成過程に関する一考察. *歯学*, 79:642-651, 1991.
35. 高橋 正志, 浅見 保子, 小林 寛: 槌状根の形成過程に関する一考察. *歯学*, 79:642-651, 1991.
36. Kondo S, Yamada H, Kanazawa E: Metrical Studies of the Crown Components of the Japanese Mandibular Molars. *Anthropol Sci*, 109:213-223, 2001.
37. 朝田 芳信: 近交系マウスにおける槌状根の発見ならびに実験動物モデルとしての評価. *小児歯誌*, 33:774-784, 1995.
38. Shimizu T: Mapping of a gene causing mouse gutter-shaped tooth root to chromosome 5. *Arch Oral Biol*, 44:917-924, 1999.
39. 藤田 靖: マウス上顎第一大臼歯根分岐部の形成過程. *歯基礎誌*, 20:221-228, 1978.
40. Zhang Q, Chen H, Fan B, et al.: Root and root canal morphology in maxillary second molar with fused root from a native Chinese population. *J Endod*, 40:871-875, 2014.
41. 尾崎 公, 根岸 光義, 糟谷 勝一, ほか: 上顎大臼歯歯根の融合形態. *日大歯学*, 41:163-167, 1967.

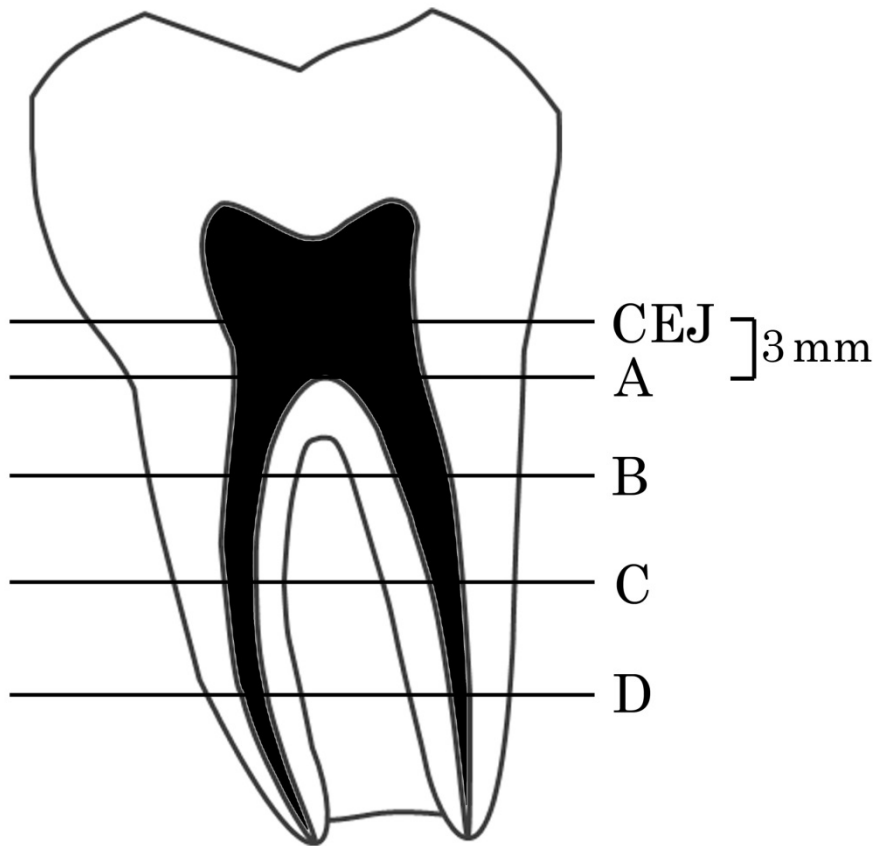


Fig. 1 観察断面

CEJ : セメント・エナメル境 歯根長 : CEJ から根尖までの距離

A : 髓床底 (CEJ から根尖側 3 mm) B : 歯根長の歯冠側 1/3 C : 歯根長の距離の 1/2 D : 歯根長の根尖側 1/3

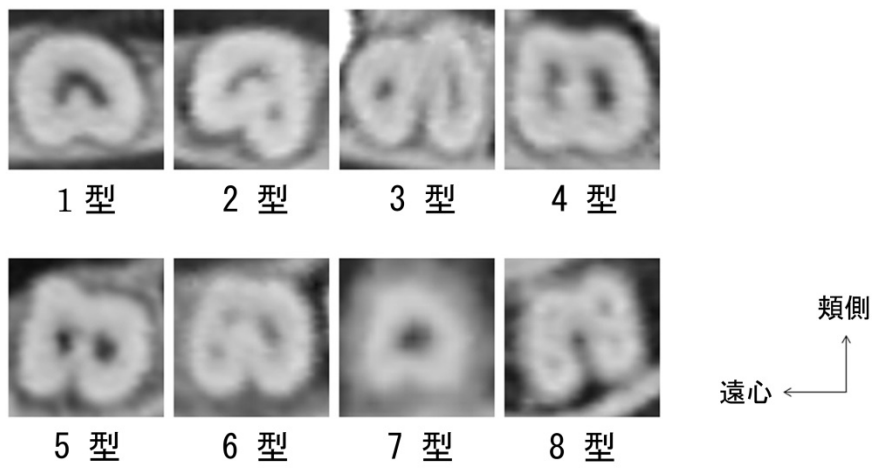


Fig. 2 断面での根管形態

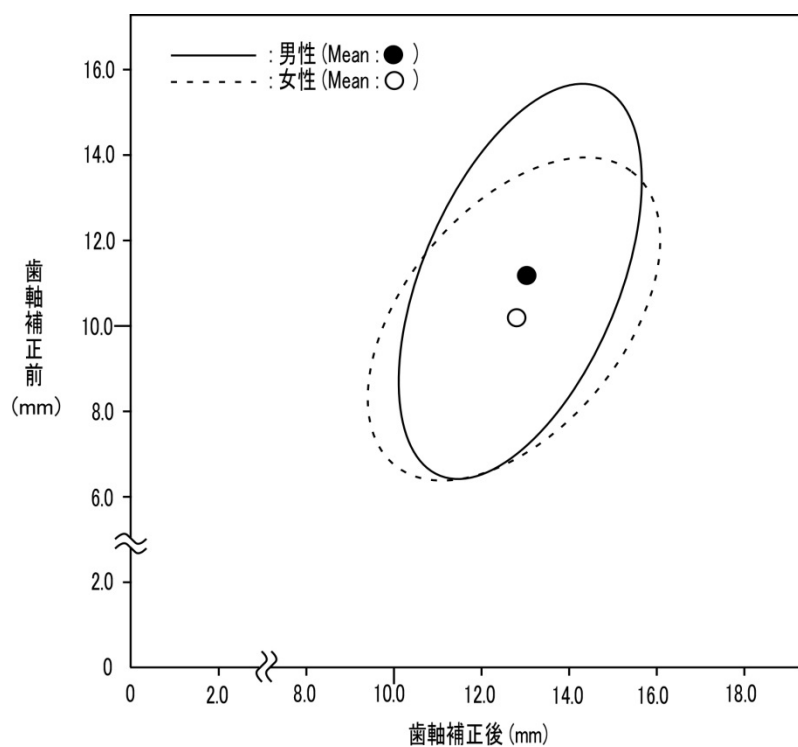


Fig. 3 補正前後の歯根長の男女の分布

楕円は男女の分布の 95%信頼限界, ○と●は平均値を示す。

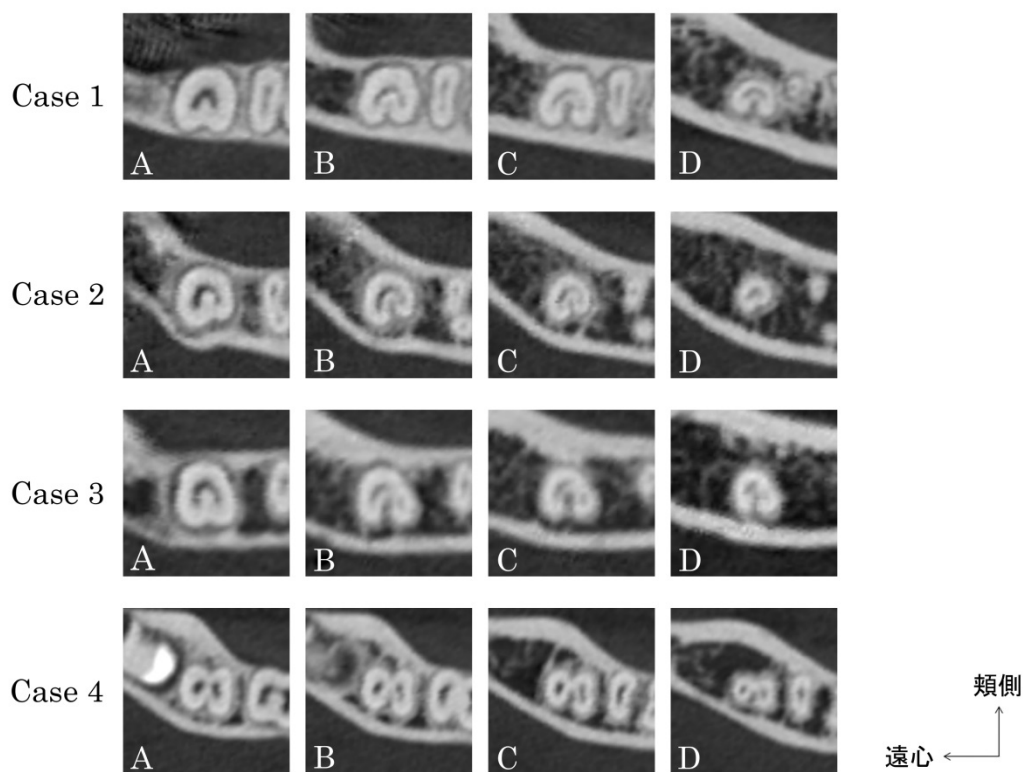


Fig. 4 MDCT 画像で観察された 4 つの断面での槌状根管の様々なパターン

Case 1 : A1B1C1D1 (断面 A - D まで 1 根管)

Case 2 : A1B1C1D1 (断面 A - D まで 1 根管)

Case 2 は Case 1 と異なる根管形態を認めた。断面 D において、Case1 では C 型, Case 2 では楕円形の根管形態であった。

Case 3 : A1B2C2D2 (断面 A では 1 根管, 断面 B - D まで 2 根管)

Case 4 : A2B2C2D2 (断面 A - D まで 2 根管).

Case 3 は Case 4 と異なる根管形態を認めた。断面 C, D において、Case 3 では C 型, Case 4 では独立した 2 つの円状の根管形態であった。

Table 1 断面A, B, Cにおけるkappa値

	根管形態			根管数		
	A	B	C	A	B	C
男性	0.80	0.84	0.92	0.81	0.81	0.96
女性	0.55	0.79	0.84	0.59	0.80	0.94

Table 2 座標軸補正前後の歯根長 (mm)

		Mean	SD	
男性 (n=82)	前	11.2	2.0	} *
	後	12.9	1.4	
女性 (n=134)	前	10.2	1.5	} *
	後	12.8	1.5	

* : p<0.01 (対応のあるt検定)

★ : p<0.01 (t検定)

Table 3 座標軸補正に要した角度 (°)

	Mean	SD
男性 (n=82)	26.2	15.9
女性 (n=134)	35.0	11.9

]*

* : p<0.01 (t検定)

Table 4 下顎第二大臼歯の歯根の形態

		左右側の根形態の組み合わせ		n	(%)	n	(%)	
男性		槓状根	槓状根	63	(22.4)	103	(36.7)	
		槓状根	2根	40	(14.6)			
		2根	2根		177			(63.0)
		1根	2根		1			(0.3)
		合計			281			(100.0)
女性		槓状根	槓状根	127	(42.6)	161	(54.0)	
		槓状根	2根	34	(11.4)			
		2根	2根		137			(46.0)
		1根	2根		0			(0.0)
		合計			298			(100.0)

* : p<0.01 (カイ二乗検定)

Table 5. 各断面における極状根の根管形態

型	男性				女性			
	A	B	C	D	A	B	C	D
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
1	51 (63.0)	30 (37.0)	17 (21.0)	14 (17.3)	96 (70.6)	56 (41.2)	34 (25.0)	28 (20.6)
2	8 (9.9)	23 (28.4)	27 (33.3)	21 (25.9)	10 (7.4)	37 (27.2)	49 (36.0)	20 (14.7)
3	3 (3.7)	3 (3.7)	3 (3.7)	2 (2.5)	2 (1.5)	7 (5.1)	8 (5.9)	1 (0.7)
4	13 (16.0)	11 (13.6)	11 (13.6)	3 (3.7)	19 (14.0)	13 (9.6)	10 (7.4)	6 (4.4)
5	4 (4.9)	3 (3.7)	4 (4.9)	17 (21.0)	7 (5.1)	7 (5.1)	12 (8.8)	45 (33.1)
6	2 (2.5)	10 (12.3)	19 (23.5)	18 (22.2)	2 (1.5)	15 (11.0)	22 (16.2)	13 (9.6)
7	-	1 (1.2)	0 (0.0)	5 (6.2)	-	1 (0.7)	1 (0.7)	23 (16.9)
8	-	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.2)	-	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
合計	81 (100.0)	81 (100.0)	81 (100.0)	81 (100.0)	136 (100.0)	136 (100.0)	136 (100.0)	136 (100.0)

右側の歯のみを対象とした。

Table 6 各個体における槌状根の根管数

	根管数				男性				女性			
	A	B	C	D	n	n (%)	n (%)	n (%)	n	n (%)	n (%)	n (%)
A1B1	1	1	1	1	15				27			
	1	1	1	2	0	16 (19.8)			3	30 (22.1)		
	1	1	1	3	1				0			
	1	1	2	1	0		31 (38.3)		4		57 (41.9)	
	1	1	2	2	12	12 (14.8)			20	25 (18.4)		
	1	1	2	3	0				1			
	1	1	3	3	3	3 (3.7)			2	2 (1.5)		
A1B2	1	2	1	1	1	1 (1.2)			4	4 (3.0)		
	1	2	2	1	3				7			
	1	2	2	2	11	14 (17.3)		18 (22.2)	17	25 (18.4)	32 (23.5)	
	1	2	2	3	0				1			
	1	2	3	2	1	3 (3.7)			1			
	1	2	3	3	2				2	3 (2.2)		
A1B3	1	3	1	1	0	0 (0.0)			1	1 (0.7)		
	1	3	3	1	0		2 (2.5)	2 (2.5)	1		7 (5.1)	
	1	3	3	2	0	2 (2.5)			3	6 (4.4)		
	1	3	3	3	2				2			
A2B2	2	2	2	1	0				6			
	2	2	2	2	17	19 (23.5)			22	28 (20.6)		
	2	2	2	3	2		22 (27.2)		0		32 (23.5)	
	2	2	3	2	0	3 (3.7)			2	4 (2.9)		
	2	2	3	3	3				2			
A2B3	2	3	3	2	2				4			
	2	3	3	3	3	6 (7.4)		6 (7.4)	2	6 (4.4)	6 (4.4)	
	2	3	3	4	1				0			
A3B3	3	3	2	1	0	0 (0.0)			1	1 (0.7)		2 (1.5)
	3	3	3	3	2	2 (2.5)		2 (2.5)	1	1 (0.7)		
合計					81	81 (100.0)	81 (100.0)	81 (100.0)	136	136 (100.0)	136 (100.0)	

A1B1: 断面Aでは1根管, 断面Bでは1根管
 A1B2: 断面Aでは1根管, 断面Bでは2根管
 A1B3: 断面Aでは1根管, 断面Bでは3根管
 A2B2: 断面Aでは2根管, 断面Bでは2根管
 A2B3: 断面Aでは2根管, 断面Bでは3根管
 A3B3: 断面Aでは3根管, 断面Bでは3根管

右側の歯のみを対象とした。

Table 7 人類諸集団における極状根の発現頻度

方法	集団	合計		発現頻度		著者	
		n	%	n	%		
アフリカ系	透明標本	100	10.0	10	10.0	Ahmed et al. (2007) ⁷⁾	
モンゴロイド	中国型歯列	48	31.9	15	31.9	Cucina et al. (2008) ³¹⁾	
	歯根形態の肉眼観察	581	31.5	183	31.5	Yang et al. (1988) ¹²⁾	
	歯根形態の肉眼観察	157	29.3	46	29.3	Zhang et al. (2011) ²¹⁾	
	CBCT	391	31.7	124	31.7	中山 (1941) ¹⁾	
	歯根形態の肉眼観察	357	30.0	107	30.0	福谷 (1976) ¹⁴⁾	
	歯根形態の肉眼観察	2922	28.1	821	28.1	小徳 (1985) ³³⁾	
	MDCT	281	36.7	104	36.7	本研究	
	MDCT	298	54.0	161	54.0	本研究	
	CBCT	710	41.3	293	41.3	Park et al. (2013) ¹⁷⁾	
	スンダ型歯列	歯根形態の肉眼観察	134	22.4	30	22.4	Gulabivala et al. (2001) ³⁾
		歯根形態の肉眼観察	60	10.0	6	10.0	Gulabivala et al. (2002) ⁸⁾
	ヨーロッパ系	歯根形態の肉眼観察	345	7.5	26	7.5	Neelakantan et al. (2010) ³⁾
歯根形態の肉眼観察		100	3.0	3	3.0	Zare Jahromi et al. (2013) ²⁾	
歯根形態の肉眼観察		355	10.4	37	10.4	Al-Qudah et al. (2009) ⁴⁾	
歯根形態の肉眼観察							

CBCT : cone-beam computed tomography