

槌（とい）状根・槌状根管
C-shaper root・C-shaped root canal

研究の歴史

はじめに

本教材は Kato *et al.* International Endodontic Journal (John Wiley & Sons, Inc.) 掲載の “Aetiology, incidence and morphology of the C-shaped root canal system and its impact on clinical endodontics” を短くまとめ翻訳したものである。赤字で示す図の番号 (ex. Figure 1-8) は上記論文からの転載。著作権法に基づき、John Wiley & Sons, Inc.からの許諾を得ていることをここに明記する。

「槌状根」は本来独立している歯根が一部で癒合し、全体的には槌（とい）の形をしていることから名付けられました (Fig. 1)。日本人に多く見られるにもかかわらず、あまり詳しく知られていないのが現状です。そこで、我々が知っておくべき基礎的知識と、それに関連する臨床的事項をまとめました。

最も古いものは、1911年に書かれた Keith & Knowles の論文です。彼らは、ジャージー島で発見されたネアンデルタール人の歯について詳しく調査しています。そして、そこに書かれている歯のスケッチに、槌状根の断面図が見られます (Fig. 2a) が、その時はまだ名称も付けられていませんでした。

1941年には、中山らによって「槌状根」と命名され、その形態について大規模な研究が行われました (Fig. 2b)。個人の特定が可能な下顎第二大臼歯 135本のうち 39本 (28.9%)、個人の特定が不可能な下顎第二大臼歯 391本のうち 124本 (31.7%)の割合で、槌状根が認められました。同年 (1941年)、さらに中山と戸田は槌状根の形態とその臨床における注意点についての論文を発表しました (Fig. 2c)。さらに 1950年、Tratmanによっても研究されています (Fig. 2d)。それから 30年以上が経過し、Cooke & Coxにより槌状根は ”C-shaped root”，槌状根管は ”C-shaped root canal” と命名されました。これがきっかけで槌状根・槌状根管は ”C-shaped root”， ”C-shaped root canal” として世界中で注目されるようになりました。

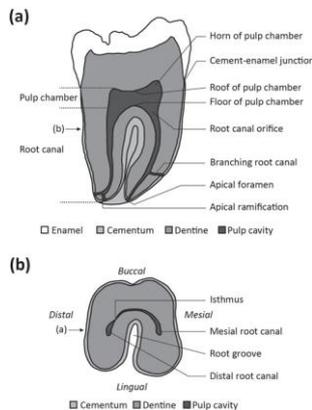


Fig.1

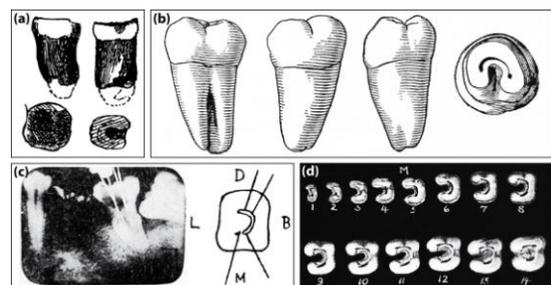


Fig. 2

* Kato A, Ziegler A, Higuchi N, Nakata K, Nakamura H, Ohno N: Aetiology, incidence and morphology of the C-shaped root canal system and its impact on clinical endodontics. Int Endod J 47(11): 1012-1033, 2014.

槌状根・槌状根管の形態分類

これまでに多くの研究者によって、様々な形態分類が行われました。(詳しくはFig. 4, Table1) 現在、主によく利用される分類は、Fan ら (2004) の論文で紹介されている分類です。Fig. 3f の1つまたはそれ以上の断面において根管の形態がC1-C3 (Fig. 3a-d) のどれかを示したとき、槌状根管であると定義づけられます。これらの分類は、臨床用というよりは、槌状根管の疫学調査や、形態に関する詳細な分析などに用いられています。

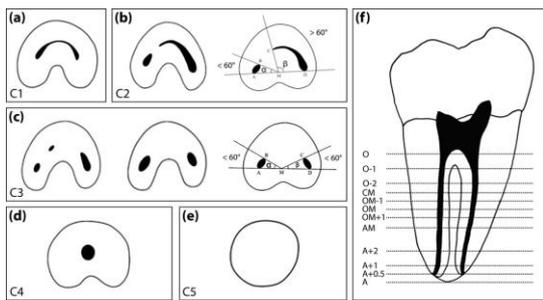


Fig. 3

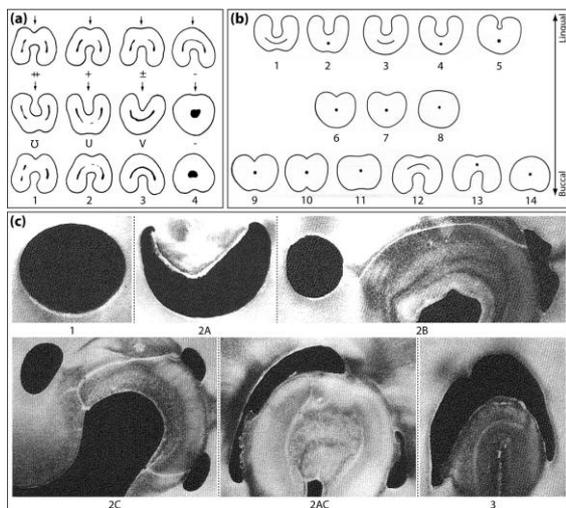


Fig.4

槌状根・槌状根管の発生率

中国、韓国、日本では高い頻度 (25-30 %) で認められ、欧米人では比較的まれであるという傾向が認められます。それだけに、日本人である我々が日々の臨床で槌状根管に遭遇する確率は高く、3次元的な形態の広がりをもよくイメージすることが大切であるといえます。発生率について、これまでに発表された研究をまとめた表を Table2, 3 に、Fig. 5 には地図で示します。

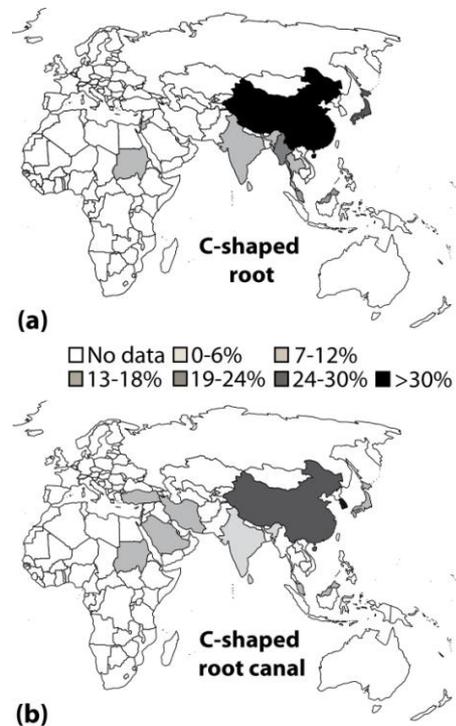


Fig.5

槌状根管の成因

高橋ら (1989) の報告によると、槌状根の舌側の象牙質の厚みは、頬側よりも薄いことが分かっています。彼らは、舌側における象牙質の形成速度が頬側よりも遅いため、厚みに違いが生じるという仮説を立てまし

た。そして、象牙芽細胞が頬側よりも舌側において広い範囲を占めているために速度に違いが生じるということ述べています。

その後の研究では、Takahashi ら(1991)は、下顎大臼歯の頬側咬頭のサイズの減少が頬側における近遠心径の減少を引き起こし、そのために、頬側根が癒合し、舌側根は分岐する、という結果を引き起こすことを述べています。

遺伝学的には、マウスを用いた実験で、第5番と第17番染色体上に、槌状根を引き起こす因子が存在することが分かっています(Asada 1995, Shimizu 1999, Matsune 2000)。その後、さらに第5染色体に因子が特定されましたが(Arita et al. 2006, Tashima et al. 2010)、詳細については未だ解明されていません。

槌状根・槌状根管の画像診断

通常、歯内療法の前診断として、口腔内 X 線写真撮影が行われますが、槌状根管を診断することは決して容易なことではありません。しかし、Haddad ら (1999) は次のような特徴を見分けることで、槌状根であることを診断する可能性を述べています。(i) 2つの歯根が癒合あるいは近接していること、(ii) 遠心根管が大きいこと、(iii) 近心根管が細いこと、(iv) 2つの根の間にぼんやりと第3の根管が認められること、です。従って、最低でも2つの異なる角度から口腔内 X 線写真撮影を行い、咬翼法やパノラレントゲン撮影など異なる種類の画像により診断することも有効であると考

えられます (Fig. 6a, b)。

近年では、デンタルコーンビーム CT による画像診断が有効であることが報告されています (Fig. 6c)。通常の口腔内 X 線写真撮影では十分な情報が得られなかった時に使用すれば、3 次元的な広がりを含む極めて有効な画像情報が得られます。

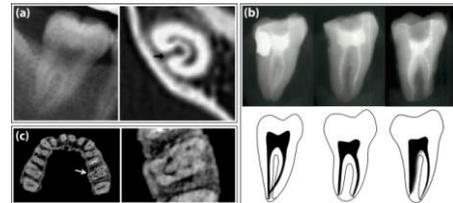


Fig.6

槌状根管の 3D モデル

図(Fig. 7)は、槌状根管の複雑な形態の3次元的な理解を促すために作成されたものです。まずはクリックして、モデルをアクティベートさせてください。そして、各モデルを自分で自由に操作し、根管の形態をじっくり眺めてください。

左上：通常の下顎第二大臼歯

右上：Fan の分類タイプ I

左下：Fan の分類タイプ II

右下：Fan の分類タイプ III

(いずれも初期設定では舌側面を示す。モデルツリーをクリックすると、あらかじめ作成された表面や断面の図を見ることが出来ます。)

(a)



(b)



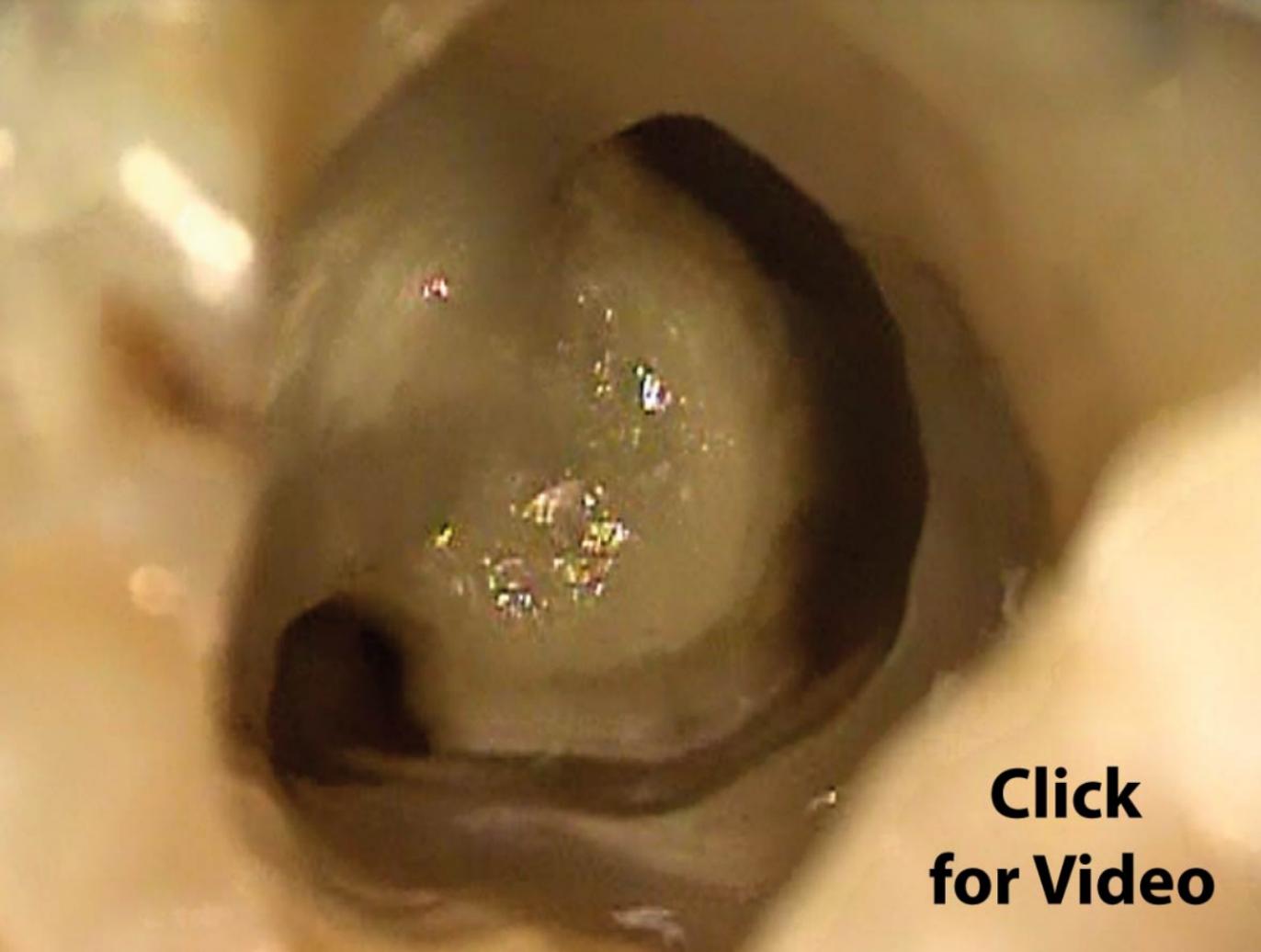
Click
for 3D

(c)



(d)





**Click
for Video**

槌状根管の歯内治療

第一に重要なステップは根管口明示です。根管口を探し出す目安としてセメントエナメル境を手掛かりにした Fan ら (2004) の研究が参考に出来るかもしれません。つまり、槌状根管を有する下顎第二大臼歯の 83.3%で、セメントエナメル境の高さの 2 ミリ下方に根管口が認められました。また、セメントエナメル境の高さの 3 ミリ下方を調べると、同じく槌状根管を有する下顎第二大臼歯の 98.1%に根管口が存在していたということです。

槌状根管の治療において最も注意しなければならないことは、根管拡大、根管清掃時の舌側の最薄部における穿孔です。この穿孔を避けるために、Abou-Rass ら(1980) は、anticurvature filing technique を推奨しています。槌状根管にはイスマスやフィンと呼ばれる最狭窄部が存在するため、それらをファイルなどの器具で完全に感染し髄を除去することは困難です。従って、次亜塩素酸ソーダ (NaOCl) を使用して化学的洗浄を行うことが有効であったという多くの報告がみられます。またエチレンジアミン四酢酸 (EDTA) を用いてスメア層を除去することや、超音波洗浄により細い根管を効率的に洗浄することの有用性も報告されています。

根管充填については、側方加圧充填による根管充填により槌状根管の良好な予後を報告した論文や、warm vertical condensation により良好な成績を収めたという報告があります。最近のメタアナリシ

スを行った Peng ら (2007) の報告によると、長期的な予後においては両者の間に有意な差は認められなかったということです。従って、症例に応じて、最適な方法を用いて根管充填を行うことが重要であると考えられます。

根管処置術中の動画像

ビデオ (Fig. 8) は槌状根管を有する下顎第二大臼歯の根管処置の術中の様子をマイクロスコープ視野下にて撮影したものです。このビデオを示す目的は、術者の視点から見た槌状根管の形状をイメージすることです。

※本動画像は、豊橋市ご開業 (EE デンタル) の井野泰伸先生のご好意によるものである (本資料への掲載については書面による患者の承認済み)

終わりに

教科書や参考書を読んだだけで、歯の内部構造の 3 次元的な広がりイメージすることは容易なことではありません。本資料にて提示しましたインタラクティブな教材を用いて、少しでも 3 次元構造の空間的なイメージが広がり、治療の際に役立てられたら幸いです。

愛知学院大学歯学部 口腔解剖学講座
加藤彰子

Table 1: 樋状根および樋状根管の分類に関する研究の一覧

Structure	Method	Classification	Figure	Reference
Root	Transverse sectioning	Fused side: ++ = deep concave groove, + = shallow concave groove, ± = flat, - = convex; Unfused side: \bar{U} = inverted Ω , U = U-shaped, V = V-shaped, - = flat	Fig. 3A	Fukuya (1976)
Root canal		1 = three canals, 2 = C-shaped dotted canal, 3 = C-shaped lined canal, 4 = circle	Fig. 3A	
Root	Visual inspection	1 = deep and wide groove on lingual side with a concavity or groove on buccal side, both continuing to root apex; 2 = as type 1, but having sharp root apex; 3 = deep and wide groove on lingual side, continuing to root apex; 4 = deep and wide groove on lingual side, slightly C-shaped at root apex; 5 = deep groove on lingual side, slightly C-shaped at root apex; 6 = shallow groove on lingual side, continuing to apical area, sharp root apex; 7 = shallow groove on lingual side continues to less than 1/2 of root length, fused root apex; 8 = no groove, completely fused; 9 = shallow groove on lingual and buccal side, lingual groove deeper than buccal, fused root apex; 10 = deep groove on lingual and buccal side, fused root apex; 11 = shallow groove on lingual and buccal side, fused root apex; 12 = shallow groove on lingual side, deep and wide groove on buccal side continuing to root apex; 13 = shallow groove on lingual side, deep and wide groove on buccal side, sharp root apex; 14 = groove on buccal side, fused root apex.	Fig. 3B	Kotoku (1985)
Root	Transverse sectioning	1 = none of the grooves are extremely pronounced, 2 = one or two of the grooves are extremely pronounced, 3 = tooth with supernumerary radicular structure	-	Carlsen (1990)
Root canal		1 = one primary main canal, 2A = one C-shaped main canal, 2B = two secondary main canals, 2C = three secondary main canals, 2AC = one secondary main canal and a combined canal, 3 = primary/secondary main canal and a supernumerary canal	Fig. 3C	
Root canal	Histology	I = continuously C-shaped canal (i.e., C-shaped canal outline without separation), II = semicolon-shaped canal, III = tooth has two or more discrete canals	Fig. 2F	Melton et al. (1991)
Root canal	Transverse sectioning	C1 = root canal in the form of an uninterrupted C, C2 = root canal semicolon-shaped, with angle α smaller and angle β larger than 60° , C3 = root canal in the form of separate canals, with angles α and β smaller than 60° , C4 = a single round or oval root canal, C5 = absence of a root canal lumen	Fig. 4A-E	Fan et al. (2004a)
Root canal	X-ray imaging	I = canals merge into one major canal before exiting at the apical foramen, a partial dentine fusion area may appear in the coronal and/or middle portion of the canal system; II = separate mesial and distal canal located at the mesial distal part of root, symmetry of the mesial and distal canal is present along the longitudinal axis of the root from a bucco-lingual view; III = separate mesial and distal canal are evident, distal canal may have a large isthmus across the furcation area from a bucco-lingual view, which commonly results in mesial and distal canal being asymmetrical	Fig. 6B	Fan et al. (2007)

Table 2: 槌状根および槌状根管についての人類的疫学調査

(CBCT = cone-beam computed tomography, CT = computed tomography, mand. = mandibular, max. = maxillary, n/a = not available, μ CT = micro-computed tomography.)

Tooth	Method used to identify shape	Ethnic group or nationality	N	C-shaped root: absolute frequency	C-shaped root: relative frequency	C-shaped root canal: absolute frequency	C-shaped root canal: relative frequency	Reference
Max. lateral incisor	μ CT	Chinese	11	-	-	3	27.27%	Gu 2011
Max. first premolar	Sections	n/a	106	-	-	15	14.15%	Baisden et al. 1992
Max. first molar	Clearing	Chinese	305	1	0.33%	0	0.00%	Yang et al. 1988a
	X-ray	Belgian	2,175	2	0.09%	2	0.09%	Moor 2002
Max. second molar	Clearing	Chinese	309	14	4.53%	15	4.85%	Yang et al. 1988a
	Sections	Danish	104	-	-	24 and 35	23.08% and 33.65%	Carlsen et al. 1992
Max. third molar	Clearing	USA	150	-	-	7	4.67%	Sidow et al. 2000
Mand. first premolar	Sections	Chinese	82	-	-	15	18.29%	Lu et al. 2006
	Clearing	Indians	100	-	-	1	1.00%	Velmurugan and Sandhya 2008
	Sections	n/a	112	-	-	12	10.71%	Sikri and Sikri 1994
	μ CT	Chinese	148	-	-	29	19.6%	Gu et al. 2013
Mand. first molar	CBCT	Brazilian	234	-	-	4	1.70%	Silva et al. 2013
	Sections	Malay, Chinese, or others	241	-	-	1	0.41%	Nie et al. 2013
Mand. second molar	CBCT	Brazilian	226	-	-	8	3.50%	Silva et al. 2013
	Cleaning	Burmese	134	30	22.39%	-	-	Gulabivala et al. 2001
	Clearing	Chinese	581	183	31.50%	77	13.25%	Yang et al. 1988b
	Clearing	Chinese	155	30	19.35%	-	-	Rou et al. 1994
	Clearing	Chinese	80	39	48.75%	22	27.50%	Thong and Kasim 1995
	CBCT	Chinese	157	46	29.30%	-	-	Zhang et al. 2011
	CBCT	Chinese	528	-	-	204	38.64%	Zheng et al. 2011
	Clearing	Indians	78	9	11.54%	4	5.13%	Thong and

Clearing	Indians	345	26	7.54%	-	-	Kasim 1995 Neelakantan et al. 2010a
Clearing	Iranian	139	-	-	10	7.19%	Rahimi et al. 2008
Root shape	Japanese	2,922	821	28.10%	-	-	Kotoku 1985
Clearing	Japanese	32	6	18.75%	3	9.37%	Peiris 2008
Clearing	Jordanian	355	37	10.42%	-	-	Al-Qudah and Awawdeh 2009
Sections	Koreans	96	-	-	30	31.25%	Seo and Park 2004
X-ray	Koreans	272	-	-	87	31.98%	Seo and Park 2004
X-ray	Lebanese	94	-	-	18	19.15%	Haddad et al. 1999
Clearing	Malay	308	54	17.53%	31	10.06%	Thong and Kasim 1995
X-ray	Saudi Arabian	151	-	-	16	10.60%	Al-Fouzan 2002
Clearing	Sri Lankan	100	6	6.00%	2	2.00%	Peiris et al. 2007
Clearing	Sri Lankan	312	18	5.77%	6	1.92%	Peiris 2008
Clearing	Sri Lankan	240	-	-	7	2.92%	Peiris et al. 2008
Clearing	Sudanese	100	10	10.00%	10	10.00%	Ahmed et al. 2007
Cleaning	Thai	60	6	10.00%	-	-	Gulabivala et al. 2002
Spiral CT	Turkish	491	-	-	40	8.15%	Cimilli et al. 2005
Clearing	Mixed (Asian, Caucasian, Indians, other)	149	-	-	19	12.75%	Manning 1990b
X-ray	Mixed (Asian, Hispanic, African- American, Asian- American)	811	-	-	62	7.64%	Weine et al. 1998
X-ray	Greek	480	-	-	22	4.58%	Lambrianidis et al. 2001
X-ray	Israeli	541	40	7.39%	-	-	Tamse and Kaffe 1981
Sections	Japanese	135	39	28.89%	-	-	Nakayama 1941
Sections	Japanese	391	124	31.71%	-	-	Nakayama 1941
Root shape	Japanese	357	107	29.97%	-	-	Fukuya 1976
CBCT	Koreans	220	-	-	98	44.55%	Jin et al. 2006
Extraction	USA	75	-	-	2	2.67%	Weine et al.

	Sections	n/a	112	-	-	14	12.50%	1988 Sutalo et al.
	Sections	Malay, Chinese, or others	241			8	3.32%	1998 Nie et al.
	CBCT	Turkish	271			24	8.9%	2013 Helvacioğlu- Yigit and Sinanoğlu
	Systematic review	Iranian	1062			74	6.96	2013 Naseri et al.
Mand. third molar	Clearing	Chinese	243	13	5.35%	-	-	2013 Rou et al.
	Root	Japanese	247	30	12.15%	-	-	1994 Iwakura
	Clearing	Thai	173	19	10.98%	-	-	1972 Gulabivala et al. 2002
	Root shape	Japanese	613	65	10.60%	-	-	Fukuya 1976
	Root shape	Japanese	100	10	10.00%	-	-	Nakayama 1941
	Clearing	USA	150	-	-	6	4.00%	Sidow et al. 2000

Table 3: 槌状根および槌状根管に関する症例報告

(F = female, M = male, mand. = mandibular, max. = maxillary, n/a = not available.)

Tooth	Ethnic group	Age	Sex	Reference
Max. lateral incisor	n/a	11	F	Boveda et al. 1999
	n/a	12	F	Steffen and Splieth 2005
Max. first molar	Caucasian	11	F	Dankner et al. 1990
	Caucasian	17	F	Moor 2002
	Caucasian	28	F	Yilmaz et al. 2006
	Caucasian	44	F	Moor 2002
	Caucasian	21	M	Moor 2002
	Caucasian	26	M	Moor 2002
	Caucasian	37	M	Newton and McDonald 1984
	n/a	42	M	Kottoor et al. 2011
Max. second molar	n/a	39	M	Martins et al. 2013
	n/a	67	F	Martins et al. 2013
	Caucasian	32	F	Fava et al. 2000
	n/a	36	F	Singla et al. 2010
Max. third molar	Caucasian	35	M	Keinan et al. 2009
Mand. first incisor	n/a	13	F	Hintze 2006
Mand. lateral incisor	n/a	30	M	Chaniotis et al. 2008
Mand. second premolar	East Indian	15	M	Cleghorn et al. 2006
Mand. first molar	Caucasian	25	M	Rice and Gilbert 1987
	Caucasian	32	M	Barnett 1986
	Caucasian	50	M	Bolger and Schindler 1988
Mand. second molar	n/a	19	F	Ravichandra and Harikumar 2010
	n/a	19	F	Ravichandra and Harikumar 2010
	n/a	23	F	Ravichandra and Harikumar 2010
	n/a	23	F	Ravichandra and Harikumar 2010
	n/a	25	F	Ricucci et al. 1996
	n/a	26	F	Lynn 2006
	n/a	27	F	Krishan and Aggarwal 2011
	Caucasian	32	F	Fava et al. 2000
	n/a	32	F	Benenati 2004
	n/a	36	F	Grocholewicz et al. 2009
	n/a	38	F	Bogaerts 1997
	n/a	23	M	Ricucci et al. 1996
	n/a	41	M	Ricucci et al. 1996
	n/a	52	M	Walid 2000
n/a	59	M	Grocholewicz et al. 2009	
Max. primary second molar	n/a	33	F	Kadam and Ataide 2013
	n/a	26	M	Kadam and Ataide 2013
	n/a	40	F	Ballal et al. 2006