原 著

根分岐部および根面溝部の副根管開口部の走査電顕的研究

伊 藤 一 三 藤 村 朗 会 田 則 夫
大 滝 洋 野 坂 洋 一 郎

岩手医科大学歯学部口腔解剖学第一講座（主任：野坂洋一郎教授）
〔受付：昭和61年12月13日〕

The scanning electron microscopical investigation of accessory foramina in the furcation areas and root concavity

Ichizoh Itoh, Akira Fujimura, Norio Aita,
Hiroshi Otaki and Yohichiro Nozaka

*Department of Oral Anatomy, Iwate Medical University,
School of Dentistry, 1-3-27, Chuohdohri, Morioka, 020*
(Chief: Prof. Yohichiro Nozaka)

[Accepted for publication : December 13, 1986]

Key words: Accessory canal / pulp chamber floor / root concavity / scanning electron microscopy

Abstract: Previous studies have suggested that occasionally, accessory canals enter and pass through into the floor of the pulp chamber of multirooted teeth and the root concavity of the deep fissure of premolar teeth. However, there have been no published reports of accessory canals.

One hundred and eight human maxillary and mandibular first molars and maxillary premolars were used in this study.

We observed scanning electron microscopically the manner of the formation and number or size of the accessory foramina.

The results of this investigation were summarized as follows.

1. The incidence of accessory foramen in the furcation areas was 75.00 ± 27.70 percent in maxillary first molars, 46.43 ± 26.12 percent in mandibular first molars and in the root concavity areas 20 percent were in the mesial surface, and 50 percent on the distal surface of maxillary premolars.

An average of from 2 to 3 accessory foramina per tooth existed in all kinds of teeth.

These ranged in size from 20 to 100 μm . It was seemed to be that a number of accessory foramina were centrally placed in the furcation area and at the root apex of the concave areas.

2. In the developing roots the number of the accessory foramina per tooth varies between 20 and 30, although after the teeth have erupted and have been in function for a long time, accessory canals are reduced to one tenth of this number, it probably is markedly decreased with increasing age.

I. 緒 言

歯根の長さや形状は咬合の負担能力などの咀嚼機能に大きな役割を果たし、特に多根歯の根分岐部は分岐化傾向が強く、いわゆる「みずかき」をもつ上顎小白歯においてこの部分は、多種多様な解剖学的形態を示す。

髓室床の根分岐面には根間稜が存在し、髓下葉に関連して作られ解剖学的に複雑な形態を示している¹⁻⁶⁾。また、髓腔面は連続的に沈着する象牙質により2次的変化が著しい。2根性上顎小白歯の根分岐部についても髓下葉領域をもつ場合があるといわれている⁷⁾。

以上のような根分岐部には歯周組織と交通する副根管が存在することが知られており⁸⁻¹³⁾、硬組織疾患から炎症が根分岐部へ波及したり、逆に歯周疾患から歯髓疾患を生じたりし、根分岐部病変は予後が悪いといわれている^{14,15)}。この様な副根管開口部の出現頻度、大きさ、分布様式について観察し、これらのことから副根管的形成過程を考察した結果、若干の所見を得たので報告する。

II. 研究材料および研究方法

1) 研究対象 (被検歯)

被検歯は根完成歯と根末完成歯の2つのグループに分けられ、第1のグループは、歯周疾患、補綴学的理由で抜去された40~50歳代のヒト臼歯で、この内訳は上顎第1大臼歯20歯、下顎第1大臼歯28歯、上顎第1小臼歯32歯、上顎第2小臼歯16歯である。一方、根末完成グループは、頭蓋晒骨の顎骨に植立または埋伏している上顎第1大臼歯4歯、下顎第1大臼歯4歯および矯正治療上便宜抜去された上顎第1小臼歯4歯であり、これらの合計は108歯である。

2) 試料作製法

抜歯後ただちに10%中性緩衝ホルマリンで固定し、その後、注水下で歯頸部より歯冠を除去し、大臼歯は歯根の分岐面より根尖側2mmのところまで切断し、根分岐面を明示できるようにした。小臼歯は歯根を頬舌方向に切断し、近心面と遠心面を試料としたが、一部は近心面あるいは遠心面のみを試料とし、使用するまで再び固定保存した。

走査電顕用試料作製のため5%次亜塩素酸ソーダ液(NaOCl)に40分間浸漬し、有機質を除去し、通法に従い60%より漸次増強アルコールにて脱水し、臨界点乾燥、イオンスパッタリング装置により金蒸着し、走査型電子顕微鏡にて観察した。一部の試料はインレーワックスにて印象をとり、その面に金蒸着して観察した。

3) 副根管開口部の分布領域の分類法 (Fig. 1 参照)

下顎第1大臼歯は根分岐面を頬舌的には頬側(B)、中央(C)と舌側(L)に分け、近遠心的には近心側(M)、遠心側(D)、中心部(C)とした。すなわち、BM(頬側近心部)、BD(頬側遠心部)、CM(中央近心部)、CC(中央中心部)、CD(中央遠心部)、LM(舌側近心部)、LD(舌側遠心部)の7領域に分類した。

上顎第1大臼歯は頬側(B)と口蓋側(P)に分け、それぞれを近心側(M)と遠心側(D)とに分けた。すなわち、BM(頬側近心部)、BD(頬側遠心部)、PM(口蓋近心部)、PD(口蓋遠心部)の4領域に分類した。

上顎小臼歯は歯根の近心面、遠心面の頬舌的中央1/3の部位すなわち、根面溝に相当するところを根尖側より歯頸部までを4等分して根尖側1/4をGroove 1 (G1)とし、中央の根尖側寄り1/4を(G2)、中央の歯頸側寄り1/4を(G3)、歯頸側1/4を(G4)とし、4領域に分類した。

III. 観察成績

上下顎第1大臼歯根分岐面には副根管開口部が多数観察され(Fig. 2)特に根間稜に多く開口部には直径が7~10 μ mの石灰化球が同心円状にとりかこんでいる。上顎小臼歯においても根面溝に根管側枝の開口部がみられた。(Fig. 3)

1. 副根管開口部の出現状態

1) 出現頻度 (Fig. 4 参照)

第1大臼歯の根分岐面での副根管開口部の出現率は下顎では28歯中13歯(46.43 $\pm$ 26.12%)であり、上顎では20歯中15歯(75.00 $\pm$ 27.70%)であった。また、上顎小臼歯の根面溝の部分に出現した根管側枝の開口部は第1小臼歯の場合、近心面で19歯中4歯(21.05 $\pm$ 26.92%)であり、根面溝

Maxillary Premolar

Mandibular Molar

Maxillary Molar

Fig. 1 Location of accessory foramina on the root concavity in maxillary premolars and the furcation areas in molars.

Fig. 2 Mandibular first molar bifurcation area. Numerous small accessory foramina are present. Orig. mag.

A : $\times 15$, B : $\times 35$, C : $\times 200$

以外の根面にのみ出現した歯はなかった。遠心面では25歯中12歯 ($48.00 \pm 27.95\%$)であったが、根面溝以外の部位に出現した歯も4歯あり、これを加えると25歯中16歯 ($64.00 \pm 26.85\%$)となる。第2小白歯の場合、近心面は15歯中3歯 ($20.00 \pm 23.73\%$)であり、根面溝以外の根面にのみ出現した歯も2歯あり、これを加えると15歯中5歯 ($33.33 \pm 36.23\%$)となる。遠心面は13歯中

7歯 ($53.85 \pm 42.34\%$)であり、根面溝以外の根面にのみ出現した歯は認められなかった。

2) 近心根面溝と遠心根面溝の比較 (Fig. 5 参照)

上顎小白歯24歯 (第1および第2小白歯各12歯) について同一歯の近心と遠心の根面溝に存在する副根管開口部の出現率を比較すると上顎第1小白歯の場合、遠心面のみに出現したもの6歯 (50.0

Fig. 3 A: Electron photomicrograph of concavity showing an accessory canal approximately $57\ \mu\text{m}$ in diameter (Orig. mag. $\times 20$)
 B: An enlargement of the area enclosed by the rectangle in Fig 3A. The foramen is shown in the center of the concavity. (Orig. mag. $\times 200$)

%), 近心面にのみ出現したもの2歯(16.7%), 近遠心両面に出現するもの1歯(8.3%), 両面ともに出現しないもの3歯(25.0%)であった。

上顎第2小臼歯の場合は, 遠心面のみに出現したもの4歯(33.3%), 近心面のみに出現したもの1歯(8.3%), 近遠心両面に出現するもの3歯(25.0%), 両面ともに出現しないもの4歯(33.3%)であった。

3) 1歯あたりの副根管開口部の出現数 (Fig. 6 参照)

下顎第1大臼歯で根分岐面に副根管の開口部が出現した13歯のうち8歯(61.5%)は1個だけ副根管の開口部がみられたもので, 21個と非常に多

Fig. 4 Frequencies of accessory foramen in the kinds of teeth.

Fig. 5 Frequencies of accessory foramen between the mesial concavity and the distal concavity in maxillary premolar root surfaces.

Fig. 6 The mean number of accessory foramen in each portion.

数存在したものも1歯あった。平均出現個数は3.31個であった。

上顎第1大臼歯は15歯のうち8歯(53.3%)は1~2個出現し、12個と比較的多く出現したものも1歯存在していた。平均出現個数は3.33個であった。

上顎小臼歯の根面溝内に出現した副根管開口部のうち、第1小臼歯近心面では4歯はそれぞれ1個、3個、6個、10個出現し、その平均出現個数は5.25個である。遠心面では12歯のうち、7歯(58.3%)は1個のもので、2個のもの3歯(25.0%)であり、1~2個のものだけで全体の83.3%を占めており、平均出現個数は1.75個であった。

第2小臼歯では近心面で3歯のうち1個のもの2歯と2個のもの1歯であり、平均出現個数は1.67個であった。遠心面では副根管開口部の出現が3個以内のものが7歯のうち5歯(71.4%)で平均出現個数は2.86個であった。

4) 副根管開口部の形態と大きさ (Fig. 7, 8 参照)

副根管の根分岐面での開口部はすりばち状の比較的広い窪みを形成し、この底部から歯髄腔へむかって管が形成されていることが多く、開口部周

囲の根面には脈管の通路を示す浅い溝が存在することがある。これらの開口部での管の直径は最大のもは上顎第1大臼歯根分岐面に現われた350 μ mのもので最小のもは上顎第2小臼歯の遠心根面溝に存在した15 μ mであった。小さいものは各歯種とも20 μ m程であった。

それぞれの歯種について大きさをみると、下顎第1大臼歯は根分岐面に出現した副根管開口部の総数43個のうち21~100 μ mの大きさのものが41個で95.3%を占めており平均すると54.65 $\pm$ 13.73 μ mであった。

上顎第1大臼歯の場合は総数50個のうち21~100 μ mのものが33個で66.0%を占め、平均すると96.11 $\pm$ 29.24 μ mであった。

上顎小臼歯の根面溝内に出現した副根管開口部の場合、第1小臼歯で近心面は総数20個のうち100 μ m以下のものが19個(95.0%)で平均48.40 $\pm$ 19.04 μ mであった。遠心面は総数21個のうち100 μ m以下のものが16個(76.2%)で平均77.09 $\pm$ 36.33 μ mであった。

第2小臼歯の近心面は総数は5個で少数でありこのすべてが21~100 μ mの範囲にあり平均45.40 $\pm$ 59.22 μ mであった。遠心面は総数20個のうち100 μ m以下のものが13歯(65.0%)であり平均82.08 $\pm$ 38.39 μ mであった。

2. 発生部位ならびに副根管の成り立ち (Table 1, 2 参照)

副根管開口部の分布領域の分類 (Fig. 1) に従ってその発生部位をみると、下顎第1大臼歯は総数43個のうち1個のみが頬側近心部 (BM) にあるだけで他の42個はすべて頬舌的にみて中央部に存在した。中央部の中でも近遠的にみてその中央部すなわち (CC) に約半数の21個が集中し全体の48.84 $\pm$ 20.59%を占めていた。残りは、中央近心部 (CM) に16個で37.21 $\pm$ 19.91%、中央遠心部 (CD) に5個で11.63 $\pm$ 13.20%が存在していた。

上顎第1大臼歯は頬側半部と口蓋側半部に分けた場合、圧倒的に頬側半部に多く、総数50個のうち41個と82.0%を占めている。頬側のうちでもその近心部に27個が存在し、54.00 $\pm$ 18.97%となり全体の半数以上が頬側近心部 (BM) に存在していた。頬側遠心部 (BD) には14個、28.00 $\pm$

Fig. 7 Accessory foramina are connected with impressed grooves which are impressions of small blood vessels on the root surface.

17.09%と全体の1/4以上が存在していた。口蓋側部に出現することは少なく、口蓋遠心部(PD)には7個で $14.00 \pm 13.21\%$ であり、口蓋近心部(PM)には2個、 $4.00 \pm 7.46\%$ 出現した。

上顎小臼歯根面溝内の副根管開口部の出現部位は近心面においては第1小臼歯、第2小臼歯ともにすべて根尖側1/4(G1)に存在していた。

遠心面では第1小臼歯が総数21個のうち根尖側1/4(G1)に16個があり $76.19 \pm 26.44\%$ を占めていた。順次根尖より遠ざかり歯頸部に近づくに従いその数は減少し、G2では4個で、 $19.05 \pm 24.38\%$ となり、G3には1個で、 $4.76 \pm 13.22\%$ 、歯頸側1/4であるG4には副根管開口部は存在しなかった。第2小臼歯遠心面は総数20個のうち、根尖側1/4であるG1は9個で $45.00 \pm 31.83\%$ であり、G2は11個で $55.00 \pm 31.83\%$ であり、すべて根尖側1/2に存在していた。

以上の如く40~50歳代のヒト抜去歯に存在する

副根管開口部の分布領域は、大臼歯根分岐面では頬舌的には中央部に多く、近遠心的には近心部に大部分が存在した。小臼歯根面溝では大部分が根尖側1/4に存在した。

一方、歯根の形成初期いわゆる根未完成歯の場合には、大臼歯において髓室床の形成直後にはFig. 9に示す如く根間稜の前後に15~20個の副根管開口部が認められその直径は $50 \sim 80 \mu\text{m}$ のものが多し。小臼歯の場合、根尖が完成されていない歯の根端部において近心面で $50 \mu\text{m}$ 前後の副根管開口部が15個、 $25 \mu\text{m}$ 前後のものが20個で計35個と非常に多い(Fig. 10)、この歯の遠心面においても10個以上存在し、根完成後機能を営んだ歯根と比較して約10倍多かった。

これらのことから、根分岐部、根面溝形成期においては多数の副根管開口部が存在し、加齢とともに副根管が石灰化し、閉塞することによってその数が減少していく所見が得られた。

Fig. 8 Mean diameter of accessory foramen in each region.

IV. 総括および考察

複根歯の根分岐部や分岐化傾向の強い歯根の根面溝には歯周組織と根管を結ぶ副根管が存在し、根管側枝や髄管などと呼ばれている。

根分岐部では髄室床の発生に関連しておりヒトの場合、Jørgensen¹⁾によって歯冠象牙質の延長としてではなく別個に石灰化がおこることが認められており、大江⁵⁾によってこの髄下葉の形成が肯

定されている。ブタにおいても同様であるが⁶⁾マウスでは髄下葉を作らない¹⁶⁾ことが知られている。また、根分岐面にみられる根間稜は上皮性根間突起の癒合によって生ずるものであり、古くから髄管は根間突起の癒合不全によってできるものとされているが、Kovacs¹⁷⁾が根間稜から離れた部分に瘻孔を認めており、髄下葉が歯冠象牙質と連続しない時に生ずると考えている。一方、小寺ら⁶⁾は瘻孔は血管があるところに生ずると述べている。

今回、我々が走査型電顕にて観察した副根管開口部は、根未完成歯の根間稜をはさんでその前後に出現しており、その数は非常に多く、大きさは直径が20~80μmで歯牙周囲組織領域に分布している細動脈および小動脈¹⁸⁾と一致している。したがって、血管性の瘻孔が髄下葉と歯冠部象牙質と連続しない部位に生じたと考えられた。また、根完成歯においても、出現率は、下顎第1大臼歯で46.43%を示したが、Vertucci⁹⁾も46%に側枝を認めている。上顎第1大臼歯で75%と高率を示したが、Perlich¹¹⁾は上下顎第1、第2大臼歯62歯中根分岐面で40歯(64%)に副根管がみられたと報告しており、森田ら¹²⁾も上顎第1大臼歯で74.3%と報告している。

一歯あたりの出現個数では、上顎第1小臼歯近心根面溝に5.25個と多かったが、他は2~3個であり、Burch¹⁰⁾の上顎第1大臼歯で、2.51個、下顎第1大臼歯で2.14個と報告しておりほぼ同じ結果であった。出現領域についても髄室床の中央に一番多く57.1%、ついで近心に28.5%、遠心に14.4%の割合で存在したと述べており、我々の結果とほぼ同様の領域に出現していた。

我々の得た結果から、副根管開口部の出現率は、

Table 1 Frequencies of accessory foramen on the furcation area each portion in first molars.

Kinds of teeth	Mandibular First Molar (N=43)			Maxillary First Molar (N=50)		
	Distal	Central	Mesial	Distal	Central	Mesial
Buccal	BD 0 %	—	BM (N=1) 2.33±6.21	BD (N=14) 28.00±17.09	—	BM (N=27) 54.00±18.97
Central	CD (N=5) 11.63±13.20	CC (N=21) 48.84±20.59	CM (N=16) 37.21±19.91	—	—	—
Lingual	LD 0 %	—	LM 0 %	PD (N=7) 14.00±13.21	—	PM (N=2) 4.00±7.46

Table 2 Frequencies of accessory foramen on the root concavity each portion in maxillary premolars.

		Buccal 3rd				Middle 3rd (Root concavity)				Lingual 3rd			
		B 1	B 2	B 3	B 4	G 1	G 2	G 3	G 4	L 1	L 2	L 3	L 4
Maxillary first Premolar	Mesial surface	4.76±13.22(N=1)				95.24±13.22(N=20)				0 %			
	(N=21)	100 (N=1)				100 (N=20)							
	Distal surface	22.86±19.47(N=8)				60.00±22.71(N=21)				17.14±17.47(N=6)			
	(N=35)	100 (N=8)				76.2 19.0 4.8 0 (N=16)(N=4)(N=1)				100 (N=6)			
Maxillary second Premolar	Mesial surface	59.09±29.68(N=13)				22.73±25.29(N=5)				18.18±23.28(N=4)			
	(N=22)	100 (N=13)				100 (N=5)				50 0 50 0 (N=2) (N=2)			
	Distal surface	25.81±21.61(N=8)				64.51±23.63(N=20)				9.68±14.60(N=3)			
	(N=31)	87.5 12.5 0 0 (N=7) (N=1)				45 55 0 0 (N=9) (N=11)				100 (N=3)

Fig. 9 Accessory foramen in the furcation area of the developing roots. Numerous accessory foramina can be observed.

上顎大臼歯が下顎大臼歯より高く、上顎小臼歯で近心面より遠心面の方が高いことから分岐が複雑で根面溝が深い方が出現率が高いことがわかり、また、歯根形成後まもない歯牙に副根管開口部が多くみられることから、血管の通路としての

副根管は加齢とともに、閉塞し、消失していくと考えられた。しかしながら、今後は Fig. 11 に示す如く、歯髓腔側からの観察や内部構造の詳細な観察が必要である。

Fig. 10 Accessory foramen are especially concentrated adjacent to the apex of the root.

Fig. 11 Scanning electron photomicrograph of root canal wall showing accessory foramen.

V. 結 論

副根管開口部の根分歧部，根面溝での出現状態および形成過程を観察した結果は以下の如くであった。

1. 出現頻度は根分歧面において上顎第1大臼歯で $75.00 \pm 27.70\%$ ，下顎第1大臼歯で $46.43 \pm 26.12\%$ であった。根面溝において上顎第1，第2小臼歯ともに近心面で20%前後，遠心面で50%前後の出現頻度を示し，遠心面の方が高かった。

副根管開口部の1歯あたりの出現個数はすべての歯種、部位とも2~3個であった。

2. 副根管の開口部での直径は20~100 μm であり、髓室床形成期および根末完成歯での1歯あたりの出現個数は20~30個で機能歯の約10倍にあ

たる。これらのことから、この部位に多くの小動脈が存在し、硬組織形成時の栄養血管の通路として残り加齢とともに閉塞したものと考えられた。

本研究の一部は、昭和57年度「圭陵会学術振興会研究助成 第2-18号」の援助を受けて行った。

抄録：ヒト大臼歯の髓室床の中に副根管が存在することがあり、また分岐化傾向の強い小臼歯の根面溝内にも副根管が比較的多く存在するという報告がある。しかしながら副根管については明らかでない点が多い。

そこで、上下顎第1大臼歯および上顎小臼歯108歯を用い SEM にて副根管の検索と形成過程について考察した結果次の如くであった。

1) 副根管の出現頻度は根分岐面において、上顎第1大臼歯で75.0%、下顎第1大臼歯で46.4%であり、上顎小臼歯根面溝で近心面が20%、遠心面が50%であった。出現個数はすべての歯種、部位とも2~3個であった。開口部での直径は20~100 μm であった。分布域は根分岐部中央に多く、根面溝内では根尖近くに多かった。

2) 副根管は根末完成歯では20~30個と多く機能歯では約1/10に減少していたことから加齢とともに減少していくものと考えられた。

文 献

- 1) Jørgensen, K. D.: Macroscopic observation on the formation of the subpulpal wall. *Odontologisk. Tidsskrift.* 2 : 83-103, 1950.
- 2) Everett, F. G., Jump, E. B., Holder, T. D., and Williams, G. C.: The intermediate bifurcational ridge; a study of the morphology of the bifurcation of the lower first molar. *J. Dent. Res.* 37 : 162-169, 1958.
- 3) 石川健祐：人下顎大臼歯の髓室床における象牙細管の走向。口病誌 35 : 586-597, 1968.
- 4) 石川健祐：人下顎大臼歯における髓室床象牙質の組織学的観察。口病誌 36 : 157-164, 1969.
- 5) Ooë, T.: Sur le développement du plancher de la chambre pulpaire. *Acta anat.* 84 : 302-318, 1973.
- 6) 小寺春人, 沢村 寛, 井上孝二, 橋本 巖：ブタ下顎第2大臼歯の髓室床形成過程の肉眼的観察。鶴見歯学 6 : 77-86, 1980.
- 7) 橋本 巖, 小寺春人, 井上孝二, 沢村 寛：二根性上顎小臼歯の根分岐部象牙質の組織構造について。歯基礎誌抄録集 25 : 19, 1983.
- 8) Koenigs, J. F., Brilliant, J. D., and Foreman, D. W.: Preliminary scanning electron microscope investigation of accessory foramina in the furcation areas of human molar teeth. *Oral Surg.* 38 : 773-782, 1974.
- 9) Vertucci, F. J., and Williams, R. G.: Furcation canal in the human mandibular first molar. *Oral Surg.* 38 : 308-314, 1974.
- 10) Burch, J. G., and Hulen, S.: A study of the presence of accessory foramina and the topography of molar furcation. *Oral Surg.* 38 : 451-455, 1974.
- 11) Perlich, M. A., Reader, A., and Foreman, D. W.: A scanning electron microscopic investigation of accessory foramina on the pulpal floor of human molars. *J. Endod.* 7 : 402-406, 1981.
- 12) 森田勇太郎, 中村 玄, 松本光吉, 鴨井美子, 鈴木賢策：根分岐部に開口する髓管の電顕的研究。日歯保誌 15 : 135-141, 1982.
- 13) Hess, J. C., Culierans, M. J., and Lamiabile, N.: A scanning electron microscopic investigation of principal and accessory foramina on the root surfaces of human teeth: Thoughts about endodontic pathology and therapeutics. *J. Endod.* 9 : 275-281, 1983.
- 14) Seltzer, S., Bender, I. B., and Zientz, M.: The interrelationship of pulp and periodontal disease. *Oral Surg.* 16 : 1474-1490, 1963.
- 15) 川崎孝一, 五十嵐勝, 江面 晃, 森田和子, 永田良人, 林 秀樹：歯髓と根分岐部の解剖学的構造。歯科ジャーナル 19 : 675-693, 1984.
- 16) 藤田 靖：マウス上顎第1大臼歯根分岐部の形成過程。歯基礎誌 20 : 221-228, 1978.
- 17) Kovacs, I.: Contribution a l'étude de la morphologie ontogénétique des racines des dents humaines. *Bull. Intern. Rech. Sci. Stom.* 6 : 95-124, 1963.
- 18) 野坂洋一郎：歯肉の微小循環。岩医大歯誌 3 : 40-53, 1978.