歯髄除去が象牙質の硬さにおよぼす影響について

前 田 利 男

東京医科歯科大学第一歯科保存学教室（指導 総山孝雄教授）

（昭和 42 年 10 月 31 日受付）

Effect of the pulpectomy on thd hardness of dentin

Toshio Maeda

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry,

Tokyo Medical and Dental University

(Director : Prof. Takao Fusayama)

無髄歯に各種の修復術を施すと、とかく残存歯質の破折を生じやすいことは、多くの歯科医が日常経験しているところである。健全歯歯質の機械的性質¹⁾⁻¹⁸⁾とか、それがウ蝕に罹患した場合の機械的性質の変化に関しては多くの研究がなされている^{1,3,9,20)}。しかし、歯髄が病変や抜髄によつて失なわれた場合に硬組織の機械的性質がどのように変化するかに関しての報告はまだほとんど見当らない。

本研究においては、かような歯髄喪失の影響を検討する目的をもつて、犬の歯を抜髄し、そのまま開放したり、根管充填しておいた場合の象牙質の硬さの変化を測定し、興味ある知見をえたので報告する。

実験材料および方法

実験歯の作製

成犬 40 頭の犬歯 40 本を用い、その右側の 20 本は抜髄し、左側の 20 本はそのまま放置して対照として用いた。抜髄のためには犬に pentobarbital sodium を 0.5 ml/kg の割合で静注して完全な麻酔を施し、エアータービンにつけられた 71 番のタングステンカーバイトバーを注水下で使い、上下顎の右側の犬歯の咬頭を削除して露髄させ、クレンザーで抜髄し、さらに手用リーマーで根管を拡大して抜髄の完全を期した。それから

Antiformin（有効塩素 12 %）と 3 % oxydol を交互に用いて根管を洗滌した。抜髄した 20 本のうち 12 本は根充填塞し、8 本は開放放置した。根管充填のためにはガッターパーチャポイントと根管充填用亜鉛華ユーージノールセメントを併用して即時根管充填後、根管上部約 3 mm にアマルガム充填を施した。犬は抜髄後 4 カ月、6 カ月および 9 カ月経てから硝酸ストリキニーネを用いて薬殺し、直ちに上下の顎骨を切断し、骨バーを用いて周囲の骨を削除しつつ歯を取り出し、直ちに 10 %中性ホルマリン溶液に浸漬したものについて硬さを測定した。ただし、実験期間中に抜髄歯が 2 本破折して、2 対が使えなくなつたので、成績がえられたのは 18 対であつた。各群の例数は表 1 のとおりであつた。

表 1 実験条件別歯数

施術	後処置	術後の経過期間			合 計
		4 カ月	6 カ月	9 カ月	
抜髄	根 充	0	4	6	10
	開 放	2	4	2	8
抜髄せず(対照)		2	8	8	18

なお、本研究では同一の犬の左右の犬歯の一方を抜髄し、他方をそのままにしておいて、ある期間後に両者の間の硬さの差を測定することによつ

て抜髓の影響を知ろうとしたのであるが、その際左右の対照歯の硬さが果して元来相似であるかどうかが問題になる。そこでその点を確認するために上記実験の他に別の犬2頭を用い、左右歯共に抜髓することなく放置した後、上記同様にその歯を採得して硬さを比較した。

硬さの測定

象牙質の硬さは同一歯内でも場所によつて多少異なるので^{1,3,4,5,7,11)}、左右対照歯の硬さを比較する際には、測定部位を厳密に規定して比較の正確を

期した。すなわち歯のエナメル-セメント質境界の近心最前縁点と遠心最後縁点とを結ぶ横断面を歯頸部の測定面とし、この他にこれよりも6 mm 歯頂側に寄つた平行な面を歯冠部の測定面とした。

この測定面を作るためには、これら測定面が水平になるよう方向を調節しつつ、被検歯の歯根部をプラスチック管内に石膏で固定し、両測定面の歯根側に接した所で、注水冷却下に硬組織切断機に付したレジンディスク（刃の厚さ 0.15 mm、直

図1 歯冠部および歯頸部断面の取り方と測定部位

表2 同一下顎の左右犬歯(有髓)における象牙質近心壁のヌープ硬さの比較

	測定部位		E-D 境よりの距離 (μ)							左-右 の差の 平均値
	高さ	側	100	500	1000	1500	2000	2500	3000	
第1例	歯冠部	右	65.80	67.10	58.80	47.80	41.46			
		左	63.34	68.44	55.74	48.60	39.64			
	差		-2.46	1.34	-3.06	0.80	-1.82			-1.04
第2例	歯冠部	右	63.34	53.80	54.74	49.40	40.24	33.36	35.30	
		左	63.34	56.74	55.74	53.80	44.10	34.80	35.30	
	差		0.00	2.94	1.00	4.40	3.94	1.44	0.00	1.96
第2例	歯冠部	右	47.02	58.80	55.74	45.52	41.46			
		左	52.86	55.74	48.60	47.80	39.64			
	差		5.84	-3.06	-7.14	2.28	2.00			0.02
第2例	歯頸部	右	63.34	55.74	54.74	51.10	45.52	36.32		
		左	57.74	57.74	48.60	48.60	42.10	42.42		
	差		-5.60	2.00	-6.14	-2.50	-3.42	5.28		-1.73

表3 若い歯9例の歯頸部象牙質近心壁の各深さにおけるヌープ硬さ

実期 験間	左 右 側	実 験 条 件	歯髄近遠 心径の占 有率(%)	E-D 境よりの距離 (μ)								左-右 の差の 平均値
				100	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	
9 カ 月	右	抜髄根充	62.7	40.84	39.04	21.01	19.10					10.95
	左	対 照		41.46	42.76	36.82	42.76	47.02	43.42	42.76		
9 カ 月	右	抜髄根充	49.6	44.10	42.10	31.20	30.00					4.04
	左	対 照		48.60	39.04	36.80	39.04	41.46	30.80			
9 カ 月	右	抜髄根充	48.1	51.96	39.64	29.62	26.46					2.32
	左	対 照		46.26	41.46	41.46	27.79	14.31	11.57			
9 カ 月	右	抜髄根充	44.6	51.96	39.64	32.48	26.46	21.08				6.14
	左	対 照		67.10	47.80	40.24	31.20	16.93	14.30			
6 カ 月	右	抜髄開放	43.8	62.14	47.02	38.46	26.14					8.52
	左	対 照		54.74	58.80	52.86	41.46	38.46	27.79			
9 カ 月	右	抜髄開放	43.2 (12.1)	39.04 54.74	40.24 42.10	28.50 37.90	21.72 23.76	18.52 19.10	(32.48) 17.61	(22.45) 16.14		5.90
	左	対 照										
9 カ 月	右	抜髄開放	38.9 (12.8)	41.46 43.42	36.30 43.42	30.40 36.30	27.10 27.44	22.10 20.13	(27.44) 17.10	(36.30) 15.83	(25.82)	1.67
	左	対 照										
6 カ 月	右	抜髄開放	38.7	54.74 61.00	45.52 54.74	39.04 50.24	32.48 47.80	22.45 45.52	20.78 44.10			14.73
	左	対 照										
6 カ 月	右	抜髄開放	30.0	56.74 43.42	46.26 51.96	31.20 44.80	25.51 47.80	15.30 47.80				12.13
	左	対 照										

括弧内は残髄のために生じた第2象牙質を含めた場合の数値を示す。

径 90 mm) で横断した。そしてその歯頂側の断面を測定面とし、これを厚さ約 2 mm の試片にした後、測定面を仕上げ用砥石で僅かに研磨し、この試片を高さ約 3 mm のプラスチックの枠に填めたブラックコンパウンドの中へ平圧器で平らに圧入固定し、ついで回転円盤式研磨機上で、琢磨用アルミナの 5 倍稀釈液をフェルトバフ上に滴下しつつ、滑沢に研磨した。

硬さの測定は微小硬度計 (Model-MVK 明石製作所) にヌープダイアモンド圧子を付し、荷重 50g で、15 秒間圧接して圧痕の長さを測った^{4,20)}。測定は各測定面の近心端、遠心端、頬側端および舌側端のエナメル-象牙質境界 (以下 E-D 境と略称) より 50 μ の所から始め、歯髄腔の中心に向う線上を直線的に、50 μ おきに歯髄壁に達するまで行なった (図 1)。

象牙質は乾燥により幾分硬さが増加すると報告されているので²¹⁾、測定中も絶えず乾燥防止のためホルマリンを試片にたらしながら、なるべく短時間で行なった。これにより測定中に乾燥による硬さの変化は認められなかった。

成 績

左右対照歯間の象牙質硬さの比較

共に抜髄せずに放置された左右 2 対の対照歯の象牙質間の硬さの差はきわめて僅少 (KHIN -7 ~ +6) であつて、右より左が大きかったり小さかったりまちまちであり、両者は元来同程度の硬さを有することが確認された (表 2)。

抜髄歯と対照歯との硬さの比較

抜髄歯と対照歯の 18 対の成績を検討するにあたり、それらを若さの順序に配列すると表 3、4

表4 古い歯9例の歯頸部象牙質近心壁の各深さにおけるヌープ硬さ

実験 期間	左右 側	実験条件	歯髄近遠 心径の占 有率(%)	E-D 境よりの距離 (μ)								左-右 の差の 平均値
				100	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	
4 カ 月	右	抜髄開放	28.5	62.14	47.02	39.04	32.48	25.51	21.48	19.50		11.60
	左	対 照		57.74	48.60	47.02	42.10	44.10	44.80	44.10		
	右	抜髄開放	23.4	64.54	47.02	45.52	42.76	37.36	36.30	32.04		5.86
	左	対 照		61.00	51.10	51.10	44.80	46.26	46.26	46.26		
6 カ 月	右	抜髄根充	14.5	45.52	48.60	43.42	45.52	39.64	38.46			4.18
	左	対 照		54.74	44.80	45.52	49.40	46.26	45.52	34.80		
	右	抜髄根充	13.6	57.74	52.86	46.26	47.02	39.04	26.78	18.33		2.96
	左	対 照		59.90	52.86	47.02	45.52	47.80	39.64	39.04		
6 カ 月	右	抜髄開放	12.9	56.74	61.00	58.80	45.52	38.46	26.78	18.33		12.60
	左	対 照		68.44	61.00	63.34	58.80	46.26	47.80	50.24		
6 カ 月	右	抜髄根充	11.3	68.44	51.96	58.80	52.86	49.40	44.80	47.80	45.52	2.13
	左	対 照		65.80	63.34	58.80	56.74	55.74	47.02	45.52	44.10	
	右	抜髄根充	11.2	57.74	50.24	52.86	54.74	47.80	46.26	47.80	46.26	2.33
	左	対 照		58.80	52.86	52.86	55.74	51.96	50.24	52.86	47.02	
9 カ 月	右	抜髄根充	11.2	39.04	37.90	39.64	34.30	33.36	22.20	17.61	16.45	5.59
	左	対 照		51.96	43.42	42.10	41.46	32.04	28.50	27.44	18.33	
	右	抜髄根充	11.0	42.10	42.10	43.42	40.24	33.80	21.24	17.97	19.92	1.91
	左	対 照		55.74	39.64	44.10	40.84	35.80	22.70	18.52	18.71	

のようになった。若さの指標としては歯頸部における歯の近心径中に占める歯髄腔の比率を用いた。これは歯の萌出後は歯の径が外に向って大きくなることはなく、象牙質の内側へ向っての生長添加に伴って歯髄腔が狭められ、古い歯ほど歯髄腔の占有率が小さくなると考えられるからである。

1. 表3, 4は歯頸部の近心側の象牙質の硬さのみを代表的に取出して比較したものであるが、この成績により次のような諸知見がえられた。すなわち、対照歯では引続き象牙質が生長添加されて厚さを増したのに、抜髄歯ではそれが起こらなかったのみならず、象牙質の硬さにおいても一般に低い値を示した。また若い歯では象牙質の生長添加による厚みの差が大きく現われがちであったが、生じた硬さの差の平均値は必ずしも若さの順序に対して整然とした一致を示さなかった。ま

た、この歯頸部象牙質の硬さとの差と実験期間の長さとの関係も見分けることができなかった。

抜髄後に髄腔を開放しておいたものと根充したものとの間にも明らかな差が認められなかった。ただし、開放群の2例(同一犬)では、不用意に残された残髄に伴う第二象牙質が添加されて内部へ厚さを増していたが、この第二象牙質部分は除外して成績を比較した(表3の括弧内)。

2. 表5は比較的若い歯の9例と古い歯の9例との歯頸部と歯冠部との両方における近心側象牙質の硬さをそれぞれ集計して比較したものであるが、これにより次のような諸知見がえられた。すなわち、抜髄歯と対照歯との硬さの差は、若い歯の歯冠部にのみ特別に著しく、若い歯と古い歯との歯頸部間や、古い歯の歯冠部と歯頸部間には、その差の大きさの相違がほとんどなかった。またこの差は一般にE-D境の近くでは少なく、歯髄

表5 若い歯と古い歯とにおける歯冠部と歯頸部との象牙質のヌープ硬さの平均値の比較

	測定部位		実 験 条 件	E-D 境よりの距離 (μ)								総平均
	高さ	側		100	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	
若い歯 9例	歯冠部	集 計 例 数		9	9	9	9	5				11.36
		右 左	抜 髓 対 照	41.30	44.40	34.26	25.46	15.64				
				49.46	56.73	51.50	37.61	22.49				
	各深さにおける 左-右の差		8.16	12.33	17.24	12.15	6.85				5.86	
	歯頸部	集 計 例 数		9	9	9	9	5				
		右 左	抜 髓 対 照	49.22	41.56	31.32	26.11	20.90				
				51.59	46.90	41.94	36.56	29.90				
	各深さにおける 左-右の差		1.97	5.34	10.62	10.45	9.00				5.51	
	歯冠部	集 計 例 数		9	9	9	9	7	4			
右 左		抜 髓 対 照	56.29	55.92	53.71	44.05	32.68	26.81				
			55.79	63.10	57.93	47.47	43.42	36.58				
各深さにおける 左-右の差		-0.40	7.18	4.22	2.42	10.74	9.77			4.92		
歯頸部	集 計 例 数		9	9	9	9	9	9	8		4	
	右 左	抜 髓 対 照	54.89	48.95	47.53	43.94	38.37	32.42	26.10		32.04	
			59.35	50.85	50.21	48.33	45.14	41.39	36.00	32.04		
各深さにおける 左-右の差		4.46	2.10	2.68	4.44	6.77	8.97	9.90	0	4.92		

図2 若い歯の代表例の近心壁の各深さにおける象牙質のヌープ硬さ

側に向って次第に大きくなっていた。若い歯の歯冠部では E-D 境にきわめて近い所から明瞭に現われる傾向が見られた。これらの関係は図2, 3に示された若い歯と古い歯との代表例の硬さ曲線を比較すると、特に明瞭に認められる。

3. 次に上記代表例について、同一歯の象牙質の各部における硬さおよびその差を比較すると、表6, 7のようになった。これによつて次のような知見がえられた。すなわち、遠心側の象牙質は他の側に比較して一般に厚さが大きく、しかも硬

図 3 古い歯の代表例の近心壁の各深さにおける象牙質のヌープ硬さ

表 6 若い歯の代表例の各部における象牙質のヌープ硬さ (抜髄 9 カ月後)

高さ	測定部位		実験 条件	E-D 境 よ り の 距 離									左-右 の差の 平均値
	壁	側		100	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	
歯 冠 部	近心	右	抜髄	41.46	44.10	34.80	22.45	9.98					16.10
		左	対照	44.10	54.74	54.74	39.64	37.90					
	遠心	右	抜髄	24.90	25.51	23.76	18.71	20.56					11.80
		左	対照	25.82	29.24	33.36	42.10	42.10					
	頬側	右	抜髄	36.30	44.80	29.24	19.10						14.80
		左	対照	44.10	53.80	49.40	41.46						
	舌側	右	抜髄	37.90	41.46	21.96							15.50
		左	対照	47.02	56.74	44.10							
歯 頸 部	近心	右	抜髄	40.84	39.04	21.01	19.10						11.00
		左	対照	41.46	42.76	36.82	42.76	47.02	43.42	42.76			
	遠心	右	抜髄	35.80	27.79	19.50	19.50						5.87
		左	対照	31.62	22.45	28.86	32.48	41.46	36.82	40.84	39.04	36.30	
	頬側	右	抜髄	42.10	32.48	20.13							2.86
		左	対照	42.10	30.80	30.40	33.82	25.20					
	舌側	右	抜髄	36.30	30.40	26.78							6.18
		左	対照	44.80	30.40	36.82	40.24	42.76					

さが KHN 10 内外も低かった。しかし抜髄歯と対照歯との差については、他方向の象牙質との間に著明な違いは認められなかった。すなわち、この差は若い歯の歯冠部でのみすべての方向の壁において特に大きかった。

考 察

- 1. 抜髄歯と対照歯との差の原因について
抜髄を行なわなかった対照歯では、抜髄歯に比して一般に象牙質の硬さが高くなっていた。左右の同名対照歯の硬さは元来等しいものであることは本研究の最初に確認されたとおりであるから、

表7 古い歯の代表例の各部における象牙質のヌープ硬さ（抜髄6カ月後）

高さ	測定条件		実験 条件	E-D 境よりの距離(μ)								左-右 の差の 平均値
	壁	側		100	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	
歯冠部	近心	右	抜	62.14	67.14	59.90	37.36					1.07
		左	対	59.90	65.80	61.00	44.10					
	遠心	右	抜	42.10	51.96	56.74	45.52					2.02
		左	対	40.84	51.10	56.74	55.74					
	頬側	右	抜	56.74	63.34	59.90						3.56
		左	対	56.74	69.78	62.14						
	舌側	右	抜	56.74	64.54	49.40						4.83
		左	対	63.34	67.10	54.74						
歯頸部	近心	右	抜	45.52	48.60	43.42	45.52	39.64	38.46			4.18
		左	対	54.74	44.80	45.52	49.40	46.26	45.52	34.80		
	遠心	右	抜	39.64	35.30	32.48	39.64	41.46	42.76	35.30	40.24	2.94
		左	対	39.64	36.82	37.36	44.10	38.46	45.52	37.36	51.10	
	頬側	右	抜	48.60	47.02	47.02	39.04					2.08
		左	対	48.60	48.60	49.40	43.42					
	舌側	右	抜	53.80	51.96	48.60	44.80					-0.80
		左	対	53.80	49.40	48.60	44.10					

かような差を生じたことは明らかに抜髄の結果と考えられる。すなわち、この事実、抜髄歯では象牙質の生長も成熟も停止してそのままの状態を保ったのに対して、有髄の対照歯の象牙質は内側に向って生長添加されたのみならず、既存の部分でもさらに石灰化が進んで硬くなったことを意味する。従つて実験期間が長くなればそれらの変化も著明になることが当然予想されるが、表3、4の歯頸部硬さの成績にはそれが明瞭には現われなかった。これは歯頸部では比較的早期に成熟がほぼ達成されてその後の硬さが余り変化しないので、抜髄によつて生ずる硬さの差が小さく、その差が犬の個体差によつて隠蔽されてしまったものと考えられる。

抜髄後に根充したものと開放しておいたものとの間には成績の差が全く見られなかったが、このことは、開放された歯髓腔の象牙質壁が脱灰軟化されたり、あるいは逆にそこへカルシウムが沈着して硬くなつたりすることがなかったことを意味

するものである。Mjör は²²⁾ 象牙質の窩壁を露出させておいたら、その表層にカルシウムが沈着してX線の透過性が減じたと報告しているが、本実験ではさような形跡は認められなかった。またMjör²³⁾ は窩洞をユージノールセメントで仮封しておいたら、窩壁部の象牙質が硬くなつたと報告したが、本実験ではユージノールセメントで根充しても特に硬化現象は見られなかった。これはさような石灰化や硬化の現象はMjörの実験のような生活象牙質の外側面には起こりうるが、無髄象牙質の内側面には起こりえないことを示すものであろう。また実験の人の口腔内においては無髄歯が開放放置されると汚物の貯留醗酸によつて歯が脱灰軟化されることもあるが、本実験ではさような現象も見られなかった。

なお開放群の2例では第二象牙質の添加による厚さの増加が歯頸部断面で認められたが、これは抜髄操作の失敗によつて残された残髄の働きによるものであつて、開放したことそのものによる影

響とは考えられない。かような残髄による新生第二象牙質は隣接する原生象牙質よりは硬かったが、その表層部よりは軟かかった。このことは二瓶の人歯による成績⁵⁾に一致していた。

2. 象牙質の成熟度と抜髄の影響との関係について

抜髄歯と対照歯との象牙質の厚さや硬さの相違は抜髄による象牙質の生長や成熟の停止によるものであるとすれば、かような差の大きさは抜髄がその歯の生長や成熟の途中のどの時期に行なわれるかによつて変化するはずである。従つて、若い歯を抜髄すれば生長や成熟が早期に止められて対照歯との間に著しい差を生ずるが、古い歯を抜髄した時には生長、成熟の大部分がすでに終つていたのでたいした差を生じないのは当然と考えられる。

また E-D 境に近い象牙質の成熟は比較的早く進むので、抜髄による影響はそこには少なく、主として歯髄に近い内側層に起こることも当然と考えられる。

また、抜髄後の対照歯の成熟は主として若い歯の歯冠部にのみ著明に認められたが、このことは象牙質の成熟硬化が歯頸部では比較的早期にほぼ達成されるが、歯冠部ではさらに相当期間続けられることを示すものである。従つて、古い、成熟を終えた歯では歯冠部の象牙質は歯頸部よりもはるかに硬くなつていたが、若い歯では歯頸部と歯冠部との硬さの差がほとんどなかったのである。これまで人歯の象牙質硬さは、歯冠部では歯頸部より高いことが多くの研究者^{1,5,7)}によつて報告されている。また Craig ら⁷⁾は象牙質の内側部では両者の間に有意差を認めなかつたとしている。これは結局その歯の、あるいはその部の象牙質の成熟度に基づく性質の違いであつて、よく成熟した場合には歯冠部象牙質は歯頸部よりも硬いであろう。

3. 象牙質壁の硬さの方向による差について

本実験に用いた犬の歯では遠心側の象牙質の硬さが特に低かつたが、その関係は成熟によつて変化することはなく、従つて抜髄による影響の程度

も方向による差を示さなかつた。

4. 抜髄による歯の強さの低下について

生活歯を抜髄すると破折しやすくなる原因としては、咬合面の中心部の歯質が除去されて歯が中空円筒状になるために構造的に弱くなることも考えられるが、それ以外に象牙質そのものの硬さにおいても抜髄歯と生活歯との間には明瞭な差を生じうることが本実験で確認された。しかし、その原因は抜髄によつて象牙質が軟くなるのではなく、生長、成熟が止まるために対照歯のように強くないのであることが判明した。

従つて抜髄処置による悪影響は若い歯に特に著しく、古い歯ではそれほどではないと考えられ、若い歯の抜髄は極力回避すべきであろう。また若い歯での抜髄の影響が主として歯冠部のみに現われやすいことも、臨床上留意すべきことであろう。

総括ならびに結論

歯髄除去が象牙質の硬さにいかなる影響をおよぼすかを知るために、成犬の同一顎犬歯を用い、その右側を抜髄し、左側を抜髄せずに対照として用い、両者の象牙質硬さを測定して比較検討した結果、次のような知見がえられた。

1. 抜髄せずに放置された左右対照歯の象牙質硬さは、大体相等しいものであつた。

2. 有髄歯では時間とともに象牙質が内側へ生長して厚くなり、同時に石灰化が進んで硬くなるが、抜髄すると、かような生長や成熟が停止したために、結果として抜髄歯の象牙質は硬さが低いような観を呈するのであることが判明した。

3. 抜髄後に髄腔を開放しておいたものと根充したものと間には明らかな差が認められなかつた。

4. 抜髄歯と対照歯との象牙質の硬さの差は、若い歯の歯冠部にのみ著明に現われ、若い歯の歯頸部や古い歯ではそれほど著明でなく、従つてそれらの間の相違もほとんど認められなかつた。

5. この差は一般に E-D 境の近くでは少なく、歯髄側に向つて次第に大きくなつていたが、

若い歯の歯冠部では E-D 境に比較的近いところからすでに著明な差を生じていた。

6. 遠心側の象牙質は、他の側に比較して、一般に厚さが大きく、しかも硬さが KHN 10 内外も低かった。しかし、抜髄歯と対照歯との差については、他方向の象牙質との間に著明な違いは認められなかった。

稿を終るにのぞみ、終始御懇篤な御指導、御校閲をいただいた総山孝雄教授に深く感謝いたします。また種々御指導をいただいた、本学医用器械研究所加藤一男教授、新潟大学歯学部細田裕康教授に深く感謝し、さらに本研究に関して御忠言や御援助をいただいた、病理学教室小守昭講師および保存学教室の各位に厚く感謝いたします。

文 献

- Hodge, H. C. and McKay, H. : The microhardness of teeth. J. Amer. Dent. Ass., 20 : 227-233, 1933.
- Atkinson, H. F. and Saunbury, P. : An investigation into the hardness of human enamel. Part II.-Studies of deciduous and permanent teeth. Brit. dent. J., 94 : 249-253, 1953.
- 加藤一男 : 歯牙の硬度について, 臨床歯科, 34 : 4-13, 1956.
- Craig, R. G. and Peyton, F. A. : The microhardness of enamel and dentin. J. dent. Res., 37 : 661-668, 1958.
- 二瓶一郎 : 人歯牙硬度に関する研究, I. 健全歯牙縦断面の硬度について, 大阪大学歯学雑誌, 4 : 1-20, 1959.
- 二瓶一郎 : 人歯牙硬度に関する研究, II. 健全歯牙水平断面および外表面の硬度について, 大阪大学歯学雑誌, 4 : 177-181, 1959.
- Craig, R. G., Gehring, P. E. and Peyton, F. A. : Relation of structure to the microhardness of human dentin. J. dent. Res., 38 : 624-630, 1959.
- 桂基嗣, 生野邦彦 : 人及び動物の歯の引掻硬度について, 臨床歯科, 47 : 1-5, 1959.
- Newbrun, E. and Pigman, W. : The hardness of enamel and dentin, Aust. dent. J., 5 : 210-217, 1960.
- Dalitz : The hardness of dentin related to age, Aust. dent. J., 7 : 463-464, 1962.
- 見明清, 東昇平, 福田弘一, 吉田和子, 多胡彬, 尾上暉, 花井美智子, 泉地栄寿 : 人の歯牙硬組織の微小硬度に関する研究, 第1報, 永久前歯および象牙質の微小硬度について, 歯科学報, 66 : 1103-1122, 1966.
- Peyton, F. A., Mahler, D. B., and Hershe-nov, B. : Physical properties of dentin, J. dent. Res., 31 : 366-370, 1952.
- 金光秀明 : 人歯象牙質の弾性率, 東京歯科大学市川学報, 2 : 5-6, 1953.
- 加藤一男 : 歯牙の強度の年齢的变化について, 医学と生物学, 39 : 210-215, 1956.
- Craig, R. G., and Peyton, F. A. : Elastic and mechanical properties of human dentin, J. dent. Res., 37 : 710-718, 1958.
- Stanford, J. W., Paffenbarger, G. C., Kumpula, J. W., and Sweeney, W. T. : Determination of some compressive properties of human enamel and dentin, J. Amer. Dent. Ass., 57 : 487-493, 1958.
- Tyldeslay, W. R. : The mechanical properties of human enamel and dentin, 106 : 269-278, 1959.
- Stanford, J. W., Weigel, K. V., Paffenbarger, G. C. and Sweeney, W. T. : Compressive properties of hard tooth tissues and some restorative materials, J. Amer. Dent. Ass., 60 : 746-756, 1960.
- 二瓶一郎 : 人歯牙硬度に関する研究, III. カリエス歯および咬耗歯の病変部とその周辺部の硬度について, 大阪大学歯学雑誌, 4 : 182-192, 1959.
- 奥瀬孝一 : ウ蝕象牙質の硬さと着色および細菌侵入度との関係, 口腔病学会雑誌, 31 : 187-200, 1964.
- Total, V. P. : Increase in hardness of dentin on drying, J. dent. Res., 21 : 99-101, 1942.
- Mjör, I. A. : Histologic studies of human coronal dentine following cavity preparations and exposure of ground facets in vivo, Arch. Oral Biol., 12 : 247-267, 1967.
- Mjör, I. A. : The effect of zinc oxide and eugenol on dentin evaluated by microhardness testing, Arch. Oral Biol., 7 : 333-336, 1962.