

## 치아경조직의 미소경도에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과재료학교실

〈지도 선 우 양 국 교수〉

김 철 위

### STUDIES ON THE MICROHARDNESS OF TEETH

Cheol We Kim, D.D.S., M.S.D.

〈Led by Prof. Young Gook Sunoo, D.D.S., Ph.D.〉

*Dept. of Dental Materials, College of Dentistry, Seoul National University.*

.....> Abstract <.....

The purpose of this study is to test the microhardness values of enamel and dentin in various areas for anterior and posterior teeth.

Freshly extracted teeth were immediately mounted on a cold cure resin block and they were vertically bisected through labio-lingually and bucco-lingually under streaming water. The section surface of the half of the bisected tooth was polished by the metallurgical technique. The polished specimens were placed under the Torsee's Micro Vicker's Hardness Tester (Type MVH-1) loading 100 (dentin)-200 (enamel) gm for 15 seconds. The Micro Vicker's Hardness(VHN) was determined every  $200\mu$  from the dentinoenamel junction to the outer surface (enamel) and to the pulp chamber (dentin) on the section surfaces of one side.

Findings were as follows;

- 1) The average microhardness values of enamel for the centrals, bicuspid and molars were 375.5, 372.2 and 361.0 respectively. Although for the third molars were 224,3, respectively.
- 2) The over-all average microhardness values of dentin for the centrals, bicuspid, molars and third molars were 53.3, 59.1, 61.3 and 61.7 respectively.
- 3) The definite trend were detected in the microhardness values of dentin from the dentinoenamel junction to the outer surface for the centrals, bicuspid and molars. Although, the microhardness values of dentin adjacent to the outer surface were lower than the surrounding dentin. But there was no significant difference for the third molars.

- 4) The microhardness of dentin for all teeth were highest at approximately 400~600 $\mu$  from the dentinoenamel junction and very low at the innermost layer. Likewise, the values in the region of the pulp chamber were the lowest values obtained.

## 제 1 장 서 론

치아경조직에 관하여는 광학현미경의 개발로 그 형태학적 연구가 이루어졌고, 전자현미경의 응용으로 극히 미세한 구조도 연구되고 있으며 조직화학적 방법으로 법랑질 및 상아질의 미세구조와 그 구성분자의 배열양상등이 밝혀지고 있으나 치질의 물리적 성질에 관하여는 별로 연구가 진행되나 없다<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>).

법랑질과 상아질에서 미소경도를 측정함은 단순히 그 조직의 정상적인 물리적 성질을 알 수 있을 뿐만 아니라 경조직의 석회화 정도와 우식저항과의 관련성 및 조직구조와의 관계 등도 검토할 수 있다고 생각된다. Miake의 10인<sup>6</sup>)은 법랑질과 상아질은 치관의 주축을 이루는 고도로 석회화된 경조직이나 발생학적으로 법랑질은 상피성, 상아질은 간엽성 조직에 기인함으로 동일 조직이 아니며 형태학적, 조직학적, 물리학적 성질 등은 서로 다르다고 하였으며, Rautiola와 Craig<sup>7</sup>)는 치아경조직은 치아의 구별없이 모두 고도로 석회화 되어 있으나 그 정도는 동일치아에서도 법랑질과 상아질간에 차이가 있을 뿐 아니라, 표층과 심층에서도 각각 다르며, 또한 미소경도도 차이가 있음을 보고하였다. 치아경조직의 경도측정에 관하여는 Hodge와 McKay<sup>8</sup>)가 micro-character를 사용한 것을 비롯하여 Hodge<sup>9</sup>)는 Brinell 경도계, Herbert 경도계, Rockwell 경도계 등을 사용하였고, Wright와 Fenske<sup>11</sup>), Taketa와 4인<sup>12</sup>)은 마모저항실험(abrasion resistance test) 방법으로, Klinger<sup>13</sup>), Atkinson과 Saunbury<sup>14</sup>), Caldwell와 4인<sup>15</sup>), Caldwell와 3인<sup>16</sup>), Hodge<sup>9, 10</sup>), Phillips와 Swartz<sup>17</sup>)는 압입방법(indentation test)으로 측정하였으며, Knoop와 2인<sup>18</sup>), Sweeney<sup>19</sup>)등이 Knoop압자를 처음으로 사용한 이래 Craig와 Peyton<sup>20</sup>), Fraser<sup>21</sup>)도 Knoop경도계를 이용한 미소경도를 보고한 바 있다. 각종 약제나 용액이 경조직의 미소경도에 미치는 영향에 관하여는 Phillips와 Sweeney<sup>22</sup>), Phillips와 Swartz<sup>23</sup>), Newbrun와 2인<sup>24</sup>), Mjör와 2인<sup>25</sup>), Mjör<sup>26</sup>), Rotberg와 Deshazer<sup>27</sup>), Fusayma와 Maeda<sup>28</sup>), Glen와 2인<sup>29</sup>), Koulourides와 Pigman<sup>30</sup>), Pigman와 2인<sup>31</sup>), Stephan과

Koulourides<sup>32</sup>) 등의 보고가 있다. 근래에는 측정기구의 개발로 미소수치의 비교측정이 개개 치아에서 광범위하게 진행되고 있다<sup>33, 34</sup>). 이에 저자는 치아의 기능과 형태상으로 볼 때 치아의 각 부위에 따라 현저한 미소경도의 차이가 있을 것으로 미루어 MVH-1형 Vicker's 미소경도계를 이용하여 법랑질과 상아질에 있어서 소구역간의 미소경도를 측정할 바 있어 그 결과를 보고하는 바이다.

## 제 2 장 실험재료 및 방법

### 1. 시료제작 및 측정기구

본 실험에 사용한 치아는 연령과 성별의 차이없이 우식증상이 없이 발치된 영구치를 재료로 하였다. 시료의 제작과 측정과정중의 취급을 용이하게 하기 위하여 직경 20.0 mm, 높이 15.0 mm의 상온융합레진으로 치아주위를 고정된 다음 순설측, 협설측으로 치아장축에 평행하게 각각 중단하였다. 그 단면은 시편연마판 위에서 400, 1000, 1500의 연마포(silicone abrasive paper) 순으로 1차연마한 후 기계연마기(Buehler Ltd, Automatic Polisher)위에서 불에 회석한 산화크롬( $Cr_2O_3$ )과 산화철( $Fe_2O_3$ )로 2차연마하였다. 본 실험에 사용한 측정기는 Vicker's형 미소경도계(Torsee's Micro Vicker's Hardness Tester, Type MVH-1) (제 1도)로서 법랑질에 대하여는 200g, 상아질에는 100g의 하중을 각각 15초간씩 부하하여<sup>20, 28, 35, 36, 37</sup>) 시편에 압입된 다이아몬드 자극의 대각선의 길이를 시험기에 부착되어 있는 계측현미경으로 측정할 다음 환산표에 의해 미소경도치(Vicker's Hardness Number: VHN)를 산출하였다. 여기에 사용된 공식은 아래와 같다 (제 2도).

$$VHN = \frac{P}{A} = \frac{\text{load}}{\text{projected area}}$$

$$VHN = 1.854 \frac{P}{d^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$A. S. E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n^2}}$$

VHN = Vicker's Hardness Number  
d = Length of the Diamond Indentor

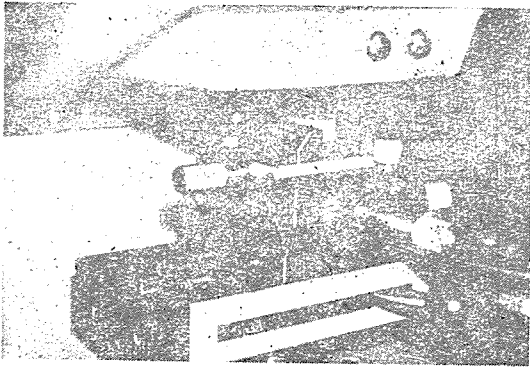


Fig. 1. Torsee's Micro Vicker's Hardness Tester used in this investigation.

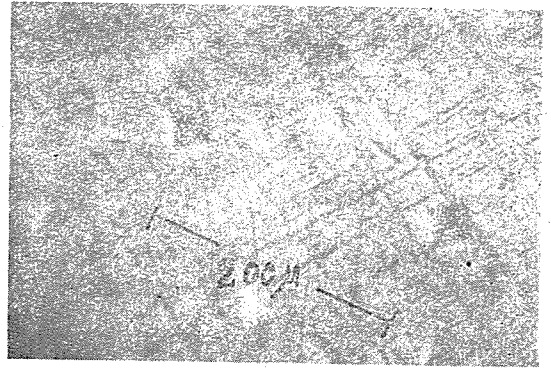


Fig. 2. Typical pattern of indentations covering a cross-section of a lesion. Note the considerable hardness at the surface of the tooth.

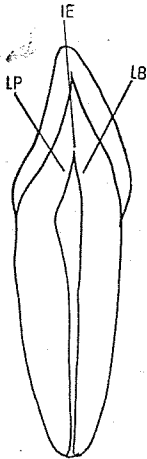


Fig. 3. Schematic picture of a mounted longitudinal section of the central incisors. The arrows indicate the position of the microhardness measurements. **LB**: labial portion **IE**: incisal edge **LP**: lingual portion

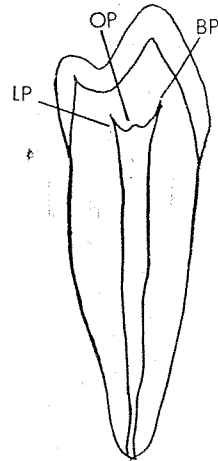


Fig. 4. Schematic picture of a mounted longitudinal section of the bicuspids. The arrows indicate the position of the microhardness measurements. **BP**: buccal portion **OP**: occlusal portion **LP**: lingual portion

## 2. 미소경도의 측정방법

중절치, 소구치, 대구치, 제 3 대구치 등 4 개군으로 분타하여 각각 순설측과 협설측으로 분리한 종단면에 있어서 법랑질과 상아질의 미소경도를 치아별, 측정부위별, 측정층별로 측정하였다.

1) 중절치군의 미소경도 : 순측과 설측으로 거의 절단면의 중심부가 나오게 종단하여 연마한 종단면위에서 순측치관부(LB), 절단중심부(IE), 설측치관부(LP) 등 3 개 측정부위를 정하였으며 (제 3 도) 법랑질에서는 법랑상아경계선(dentinoenamel junction)에서 치아표면을 향하여 200 $\mu$ 간격으로 미소경도를 측정하였고, 상아질은 법랑상아경계선에서 치수를 향하여 거의 치세관의

주행에 일치하게끔 동일 간격으로 측정하였다. 사용한 치아는 상악 중절치 8 개였으며 상악에서는 총 79 회 하악에서는 총 84 회 측정하여 그 평균치를 계측에 사용하였다.

2) 소구치군의 미소경도 : 협측과 설측으로 종단하여 연마한 종단면위에서 각각 협측치관부(BP), 교합면중심부(OP), 설측치관부(LP) 등 3 개부위로 분류하였으며 (제 4 도) 법랑질과 상아질의 미소경도는 전항과 같은 방법으로 측정하였다. 실험에 사용한 치아는 상악 제 1, 2 소구치 12 개였으며 상악에서는 총 190 회, 하악에서는 총 18 회 측정하였다.

3) 대구치군 및 제 3 대구치군의 미소경도 : 상악대구

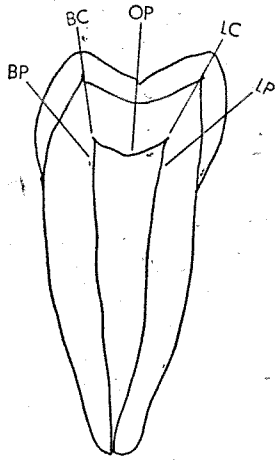


Fig. 5. Schematic picture of a mounted longitudinal section of the molars. The arrows indicate the position of the microhardness measurements. BP: buccal portion BC: buccal cusp OP: occlusal portion LC: lingual cusp LP: lingual portion

치 및 제 3 대구치는 근심협측교두와 설측교두를 포함하여 협측 양치근의 분기점을 향하도록 중단하였고, 하악 대구치 및 제 3 대구치는 근심협측교두와 근심설측교두를 포함하여 근심심양치근분기부에 향하도록 중단한 단면위에서 각각 협측치관부(BP), 협측교두부(BC), 교합면 중심부(OP), 설측교두부(LC), 설측치관부(LP) 등 5개 부위에 비해 법랑질과 상아질의 미소경도를 1) 항과 같은 방법으로 측정하였다(제 5도). 실험에 사용한 치아는 대구치군에서 상악대구치 16개였고 상악에서는 총 216회, 하악에서는 총 278회 측정하여 그 평균치를 계속에 사용하였다.

제 3 대구치군은 완전 또는 불완전 메복치로서 10개를 사용하였으며 상악에서는 총 125회 하악에서는 총 132회 측정하였다.

### 제 3 장 실험 성적

#### 1. 법랑질의 미소경도

1) 종절치 순설측단면의 미소경도: 제 1표 및 제 6, 7, 8도에서 보면 상악순측 법랑질의 경도는 372.7, 설측은 387.0이었고 하악순측에서는 387.1, 설측은 373.3으로 상하악이 대조현상을 보였다. 절단부의 법랑질은 상하악 모두 순측이나 설측보다 낮은 수치를 보였다. 평균미소경도는 상악이 373.9, 하악은 377.1로서 전체

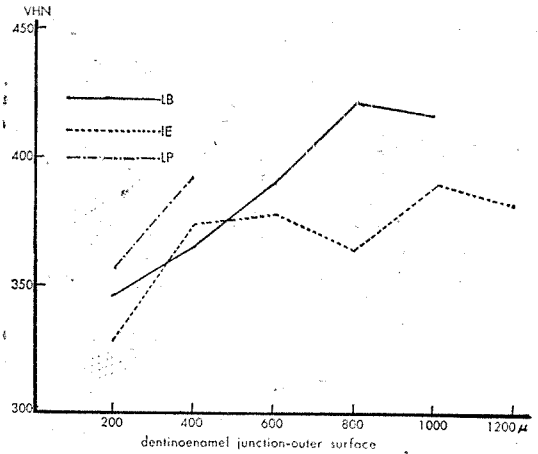
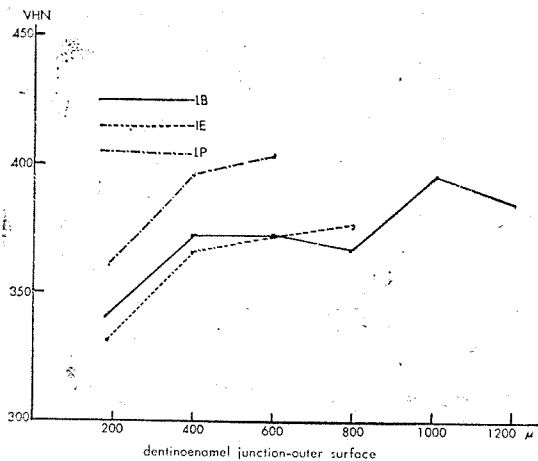


Fig. 6. Microhardness curve of enamel in various depths of the maxillary central incisors. LB: labial portion IE: incisal edge LP: lingual portion

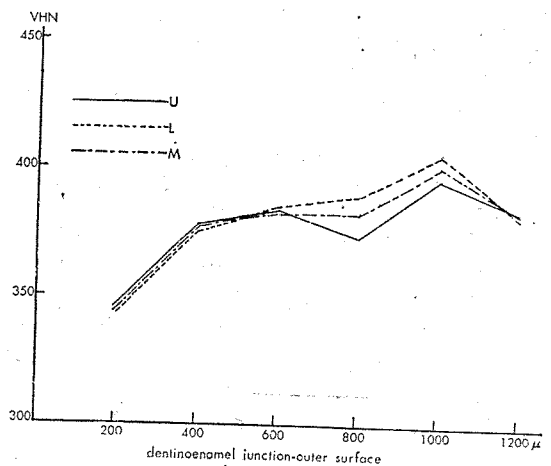
평균치는 375.5였다. 층별평균경도는 법랑상아경계선에서 표층을 향하여 200 $\mu$ 층이 342.2로서 가장 낮았고, 그후 불규칙적이거나 점진적으로 증가하여 1,000 $\mu$ 층에서 401.7로 가장 높았으나 그후로는 다시 낮아졌다.

2) 소구치 협설측단면의 미소경도: 제 2표 및 제 9, 10, 11, 12도에서와 같이 각측정부위에 따라 경도의 차이를 볼 수 있었으며 최표층을 제외하고는 내측보다 외측의 경도가 증가되는 경향이 있었다. 평균미소경도는 상악이 371.3, 하악은 373.0으로 상하악의 큰 차이는 없었으나 협측과 교합면에서는 상하악의 명백한 차이가 있어 상악이 377.4, 하악은 394.4로서 하악에서 높았으며, 교합면은 상악이 385.1, 하악은 360.4로서 하악에서 낮았다. 전체평균미소경도는 372.2였으며 상하악 모두 협측이 최대치를 보였다. 층별미소경도를 보면 법랑상아경계선에서 표층을 향하여 200 $\mu$ 층이 320.1로 가장 낮았으나 400 $\mu$ 층으로부터는 점진적으로 증가하였고 1,600 $\mu$ 층에서는 398.0의 최고치를 보이었으나 최표층부위는 397.4로 약간 감소되는 경향이 있었다.

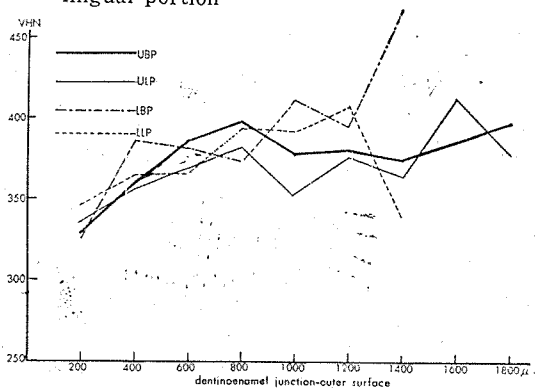
3) 대구치 협설측단면의 미소경도: 제 3표 및 제 13, 14, 15, 16도에서와 같이 측정부위에 따라 큰 차이가 있었으며 상악의 협측교두는 375.0, 하악의 설측은 378.3으로 가장 높았다. 일반적으로 상악은 측정부위에 관계없이 비슷한 경도를 갖고 있으나 하악에서는 설측을 제외하고 상악보다 약간 낮은 수치를 갖고 있었다. 평균미소경도는 상악이 365.3, 하악은 356.6으로 상악에서



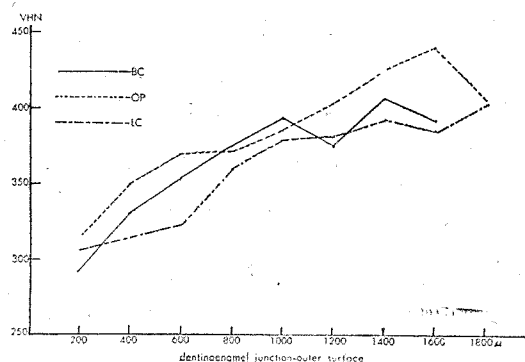
**Fig. 7.** Microhardness curve of enamel in various depths of the mandibular central incisors. **LB:** libial portion **IE:** incisal edge, **LP:** lingual portion



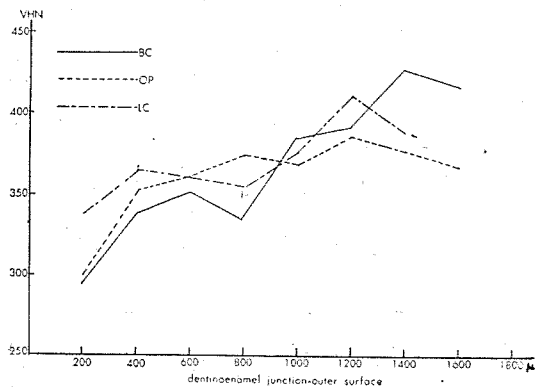
**Fig. 8.** Averaged microhardness curve of enamel in various depths of the central incisors. **U:** upper **L:** lower **M:** mean



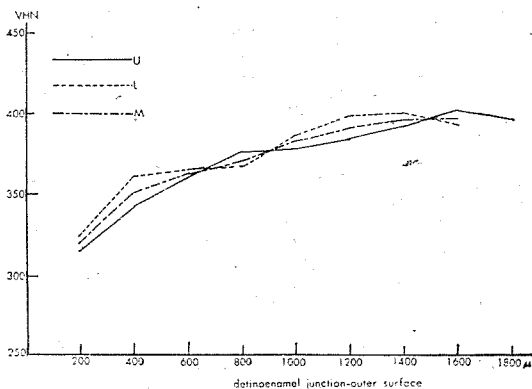
**Fig. 9.** Microhardness curve of enamel in various depths of the premolars. **UBP:** upper buccal portion **LBP:** lower buccal portion **ULP:** upper lingual portion **LLP:** lower lingual portion



**Fig. 10.** Microhardness curve of enamel in various depths of the maxillary premolars. **BC:** buccal cusp **OP:** occlusal portion **LC:** lingual cusp



**Fig. 11.** Microhardness curve of enamel in various depths of the mandibular premolars. **BC:** buccal cusp **OP:** occlusal portion **LC:** lingual cusp



**Fig. 12.** Averaged microhardness curve of enamel in various depths of the premolars. **U:** upper **L:** lower **M:** mean

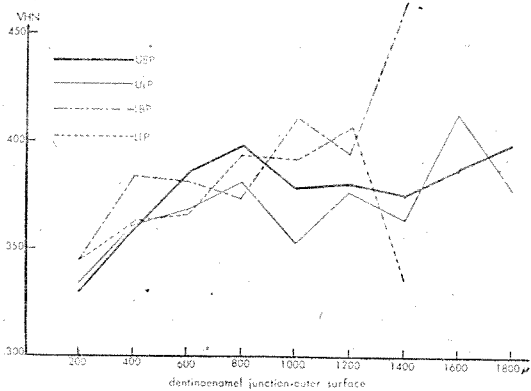


Fig. 13. Microhardness curve of enamel in various depths of the molars. **UBP**: upper buccal portion **LBP**: lower buccal portion **ULP**: upper lingual portion **LLP**: lower lingual portion

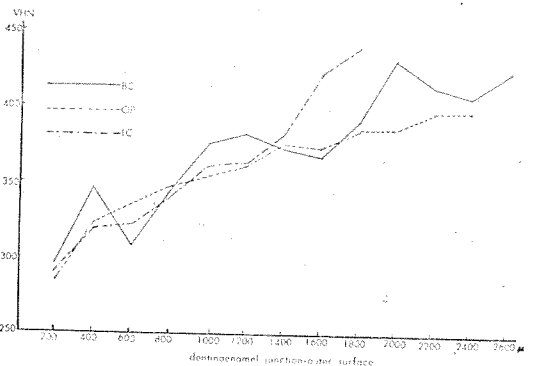


Fig. 14. Microhardness curve of enamel in various depths of the maxillary molars. **BC**: buccal cusp **OP**: occlusal portion **LC**: lingual cusp

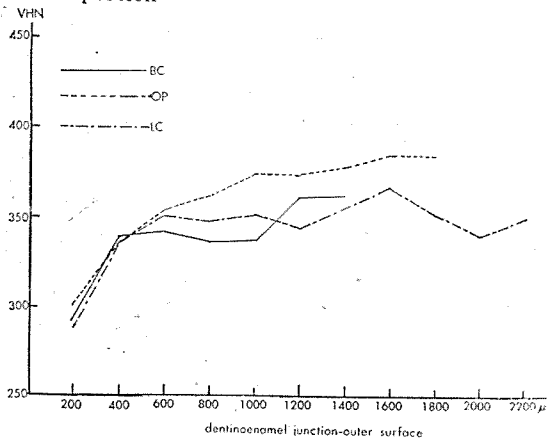


Fig. 15. Microhardness curve of enamel in various depths of the mandibular molars. **BC**: buccal cusp **OP**: occlusal portion **LC**: lingual cusp

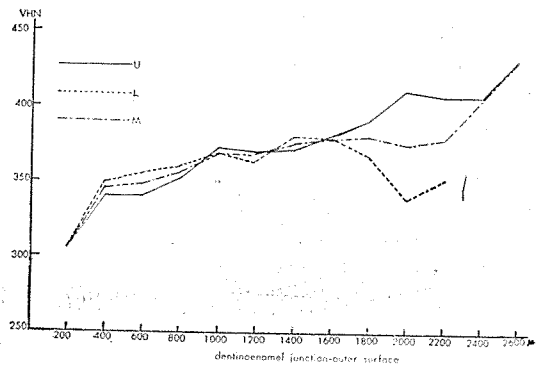


Fig. 16. Averaged microhardness curve of enamel in various depths of the molars. **U**: upper **L**: lower **M**: mean

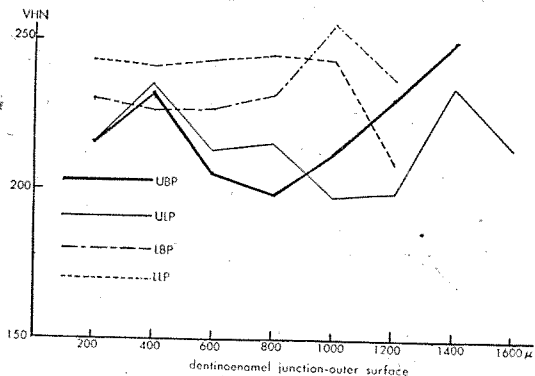


Fig. 17. Microhardness curve of enamel in various depths of the third molars. **UBP**: upper buccal portion **LBP**: lower buccal portion **ULP**: upper lingual portion **LLP**: lower lingual portion

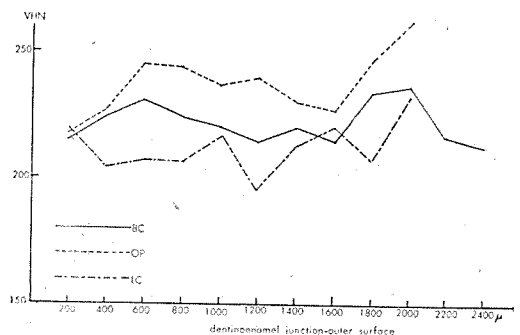
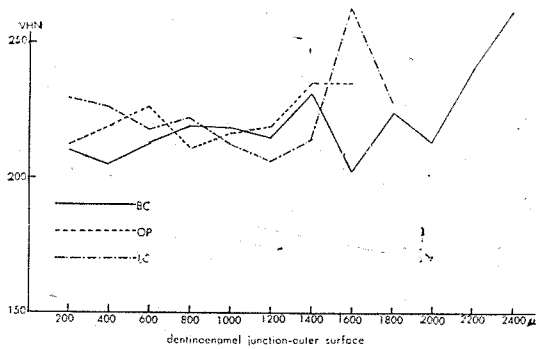
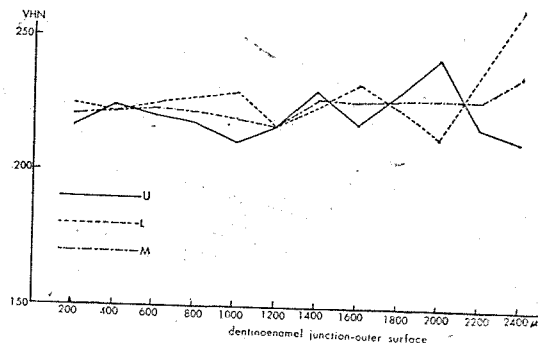


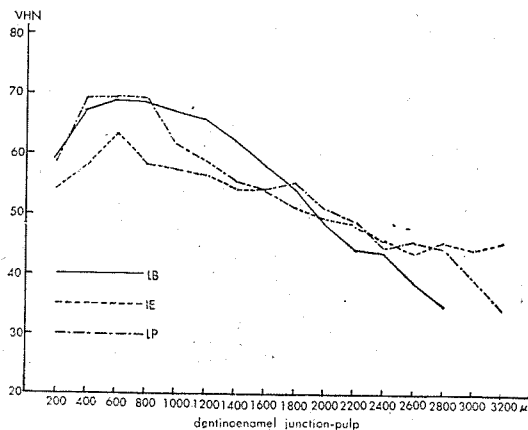
Fig. 18. Microhardness curve of enamel in various depths of the maxillary third molars. **BC**: buccal cusp **OP**: occlusal portion **LC**: lingual cusp



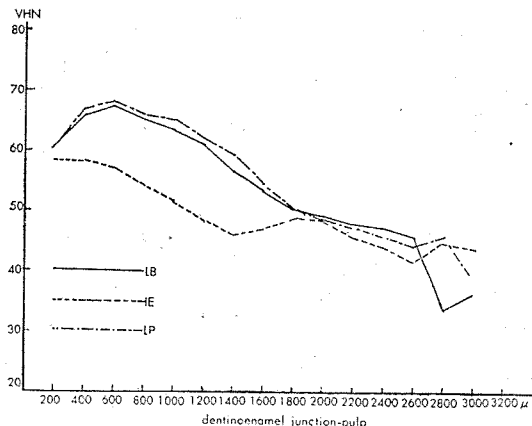
**Fig. 19.** Microhardness curve of enamel in various depths of the mandibular third molars. **BC:** buccal cusp **OP:** occlusal portion-**LC:** lingual cusp



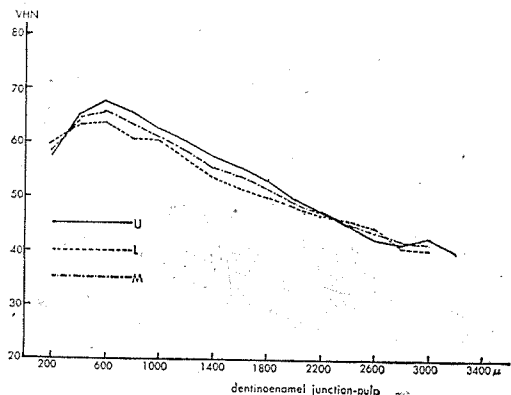
**Fig. 20.** Averaged microhardness curve of enamel in various depths of the third molars. **U:** upper **L:** lower **M:** mean



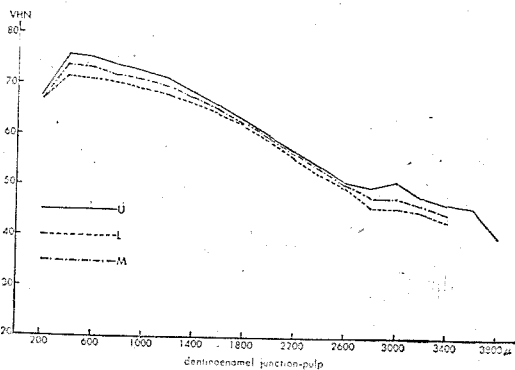
**Fig. 21.** Microhardness curve of dentin in various depths of the maxillary central incisors. **LB:** labial portion **IE:** incisal edge **LP:** lingual portion



**Fig. 22.** Microhardness curve of dentin various depths of the mandibular central incisors. **LB:** labial portion **IE:** incisal edge **LP:** lingual portion



**Fig. 23.** Averaged microhardness curve of dentin in various depths of the central incisors **U:** upper **L:** lower **M:** mean



**Fig. 24.** Averaged microhardness curve of dentin in various depths of the premolars. **U:** upper **L:** lower **M:** mean

Table 1. Microhardness values of enamel in various depths of the central incisors (VHN).

Sides	Measured Levels	Average microhardness values						Mean $\pm$ A. S. E.
		Measurement depths from dentinoenamel junctions						
		200 $\mu$	400 $\mu$	600 $\mu$	800 $\mu$	1000 $\mu$	1200 $\mu$	
Upper	LB	314.2	372.3	372.2	369.6	396.5	385.0	372.7 $\pm$ 22.5
	IE	331.9	366.6	372.5	376.6	—	—	361.9 $\pm$ 21.3
	LP	360.2	396.4	404.2	—	—	—	387.0 $\pm$ 23.4
	Average	344.4	378.4	383.0	373.0	396.5	385.0	373.9 $\pm$ 23.04
Lower	LP	344.9	365.6	390.9	418.4	415.5	—	387.1 $\pm$ 27.6
	IE	327.5	373.7	377.9	364.2	398.7	382.6	370.8 $\pm$ 27.8
	LP	354.3	392.2	—	—	—	—	373.3 $\pm$ 20.5
	Average	342.2	377.1	384.3	391.2	407.0	382.6	377.1 $\pm$ 26.1

LB: labial portion IE: incisal edge LP: lingual portion A. S. E. -Average Sampling Error

Table 2. Microhardness values of enamel in various depths of the premolars (VHN).

Sides	Measured Levels	Average microhardness values									Mean $\pm$ A. S. E.
		Measurement depths from dentinoenamel junctions									
		200 $\mu$	400 $\mu$	600 $\mu$	800 $\mu$	1000 $\mu$	1200 $\mu$	1400 $\mu$	1600 $\mu$	1800 $\mu$	
Upper	BP	329.1	359.1	386.1	398.7	279.8	381.1	375.5	387.3	399.4	377.4 $\pm$ 26.19
	BC	291.6	330.8	352.5	374.5	393.0	375.5	408.0	390.4	—	364.6 $\pm$ 30.23
	OP	315.0	349.0	369.8	371.8	385.7	404.8	424.5	439.5	405.4	385.1 $\pm$ 27.38
	LC	306.0	313.1	322.3	360.2	378.2	381.1	391.4	384.3	405.2	360.2 $\pm$ 18.91
	LP	334.7	358.5	369.4	382.0	354.2	377.1	365.1	414.3	379.3	370.6 $\pm$ 36.53
	Average	315.3	342.1	360.1	377.5	378.2	384.0	392.9	403.2	397.4	371.3 $\pm$ 29.35
Lower	BP	344.6	383.6	382.8	374.0	411.2	392.4	470.0	—	—	394.4 $\pm$ 24.98
	BC	296.7	338.5	351.6	334.8	385.1	391.3	427.4	417.6	—	367.9 $\pm$ 30.93
	OP	299.6	351.1	360.7	373.5	369.8	383.7	376.1	368.0	—	360.4 $\pm$ 19.62
	LC	339.3	365.5	357.4	353.4	374.4	412.2	389.8	—	—	370.3 $\pm$ 30.93
	LP	344.0	361.1	366.2	395.2	391.3	409.7	336.5	—	—	372.0 $\pm$ 19.97
	Average	324.9	360.0	363.8	366.2	386.4	398.3	400.0	392.8	—	373.0 $\pm$ 28.82

BP: buccal portion BC: buccal cusp OP: occlusal portion LC: lingual cusp  
LP: lingual portion A. S. E. -Average Sampling Error



**Table 3.** Microhardness values of enamel in various depths of the first and second molars (VHN).

Sides	Measured Levels	Average microhardness values													Mean $\pm$ A. S. E.
		Measurement depths from dentinoenamel junctions													
		200 $\mu$	400 $\mu$	600 $\mu$	800 $\mu$	1000 $\mu$	1200 $\mu$	1400 $\mu$	1600 $\mu$	1800 $\mu$	2000 $\mu$	2200 $\mu$	2400 $\mu$	2600 $\mu$	
Upper	BP	326.8	357.8	361.4	374.0	389.8	386.6	359.8	366.5	377.5	—	—	—	—	366.6 $\pm$ 21.08
	BC	297.5	346.0	308.7	343.2	373.9	382.2	373.1	368.4	392.0	437.8	415.8	409.9	426.2	375.0 $\pm$ 16.32
	OP	284.1	322.2	333.7	346.2	353.8	362.7	378.2	373.7	384.6	384.8	396.4	399.5	—	360.3 $\pm$ 33.04
	LC	290.7	320.2	322.2	339.2	360.7	363.2	384.3	426.3	442.0	—	—	—	—	361.0 $\pm$ 31.23
	LP	340.8	359.1	374.0	351.0	379.9	359.2	369.1	374.0	366.0	—	—	—	—	363.6 $\pm$ 20.25
	Average	308.0	341.1	340.0	350.8	371.7	370.8	372.9	381.8	392.4	411.2	406.1	404.7	426.2	365.3 $\pm$ 25.97
Lower	BP	321.0	361.8	363.9	375.0	380.8	367.5	—	—	—	—	—	—	—	361.6 $\pm$ 25.37
	BC	291.2	338.8	343.1	336.5	336.6	361.7	362.0	—	—	—	—	—	—	338.5 $\pm$ 21.81
	OP	300.5	336.2	352.1	361.7	375.2	373.7	377.8	385.2	384.0	—	—	—	—	360.7 $\pm$ 28.33
	LC	288.1	337.8	351.1	348.1	351.1	344.5	356.0	367.4	352.2	340.3	351.8	—	—	344.3 $\pm$ 20.12
	LP	335.0	372.2	370.0	374.9	404.1	381.7	410.3	—	—	—	—	—	—	378.3 $\pm$ 17.26
	Average	307.1	349.3	356.1	359.3	369.5	365.8	376.6	376.3	368.1	340.3	351.8	—	—	356.6 $\pm$ 24.28

BP: buccal portion    OP: occlusal portion    LP: lingual cusp    LP: lingual portion  
A. S. E. -Average Sampling Error

**Table 4.** Microhardness values of enamel in various depths of the third molars (VHN).

Sides	Measured Levels	Average microhardness values												Mean $\pm$ A. S. E.	
		Measurement depths from dentinoenamel junctions													
		200 $\mu$	400 $\mu$	600 $\mu$	800 $\mu$	1000 $\mu$	1200 $\mu$	1400 $\mu$	1600 $\mu$	1800 $\mu$	2000 $\mu$	2200 $\mu$	2400 $\mu$		
Upper	BP	217.1	232.0	207.1	199.3	212.8	230.7	250.0	—	—	—	—	—	—	220.3 $\pm$ 15.67
	BC	217.5	224.5	231.5	224.0	200.2	214.0	220.7	215.2	233.2	236.0	216.5	212.0	—	219.5 $\pm$ 16.79
	OP	218.1	227.7	245.2	244.1	236.3	240.8	231.0	227.0	247.5	261.5	—	—	—	237.0 $\pm$ 12.02
	LC	219.0	204.0	207.5	206.5	217.0	194.0	213.5	220.7	209.0	232.5	—	—	—	211.4 $\pm$ 22.78
	LP	217.7	235.3	211.4	218.0	192.4	198.0	235.7	216.0	—	—	—	—	—	215.5 $\pm$ 12.98
	Average	217.8	224.6	220.5	218.3	211.7	217.0	230.1	218.7	229.8	243.3	216.5	212.0	—	220.6 $\pm$ 14.65
Lower	BP	230.4	226.2	228.6	232.2	255.1	237.1	—	—	—	—	—	—	—	235.0 $\pm$ 12.35
	BC	210.2	205.7	213.5	219.2	218.2	215.5	231.7	202.7	224.6	213.0	—	262.0	—	221.3 $\pm$ 17.21
	OP	211.1	219.1	226.3	210.5	217.0	219.7	234.2	234.0	—	—	—	—	—	221.5 $\pm$ 12.36
	LC	229.5	226.5	217.5	221.5	212.2	206.0	214.7	264.5	224.0	—	—	—	—	224.0 $\pm$ 21.25
	LP	243.6	241.3	243.5	253.0	242.4	209.0	—	—	—	—	—	—	—	238.7 $\pm$ 13.79
	Average	225.0	223.7	225.8	227.2	229.0	217.4	226.8	233.7	224.3	213.0	241.0	262.0	—	228.0 $\pm$ 16.27

BP: buccal portion    BC: buccal cusp    OP: occlusal portion    LC: lingual cusp  
LP: lingual portion    A. S. E. -Average Sampling Error

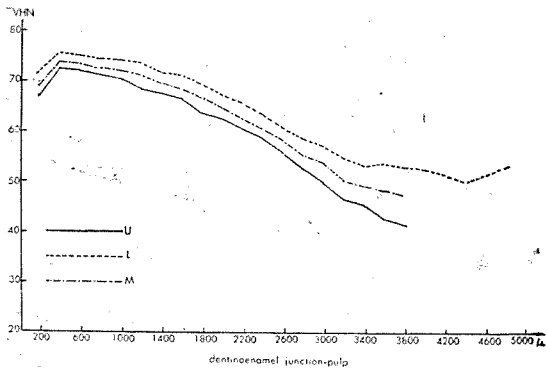


Fig. 25. Averaged microhardness curve of dentin in various depths of the molars.  
U : upper L : lower M : mean

높았고 전체평균치는 361.0이었다. 층별미소경도는 상하악 모두 법랑상아경계선에서 표층을 향하여 200 $\mu$ 층이 최저의 경도를 보였고 그후로는 점차 증가하여 1,800 $\mu$ 층에서는 380.3으로 가장 높았다.

4) 제3대구치 혈설중단면의 미소경도: 제4표 및 제17, 18, 19, 20도에서 제3대구치의 부위별 평균치를 보면 상악은 211.4~237.0, 하악은 221.3~238.7로서 측정부위에 따라 상당한 차이를 보였다. 상악에서는 교합면 중앙부가 237.0으로 최대치를 보였고, 하악은 설측이 238.7로 가장 높았다. 평균미소경도는 상악이 220.6으로 하악의 228.0보다 약간 낮은 값을 보였고, 전체평균치는 224.3이었다. 층별 평균미소경도는 법랑상아경계선에서 표층을 향하여 200 $\mu$ 층이 221.3으로서 비교적 표층에 가까운 1,200 $\mu$ 층의 217.1보다 다소 높았다. 그러나 이층까지 각층에서는 224.1~220.3의 값을 보이므로 결코 2,000 $\mu$ 층에서 가장 경도가 높다고는 볼 수 없다. 또 상악은 2,000 $\mu$ 층에서 243.3, 하악은 2,400 $\mu$ 층에서 262.0의 최고치를 보였고 그후로는 상악에서 감소현상을 보였다. 일반적으로 법랑질의 경우 어느 경우나 최표층을 제외하고 내측보다 외측에 접근할수록 경도는 증가되었다.

## 2. 상아질의 미소경도

1) 중절치 순설중단면의 미소경도: 제5표 및 제21, 22, 23도에서 절단중앙부는 상하악 모두 49.5~52.0으로 다른 부위보다 가장 낮았다. 부위별로는 상악에서 순측이 55.9, 설측은 53.9로서 순설측의 큰 차이는 없었다. 하악에서도 순측은 53.9, 설측은 54.8로서 현저한 차이는 없었다. 절단부의 상아질은 상하악 모두 순측이나

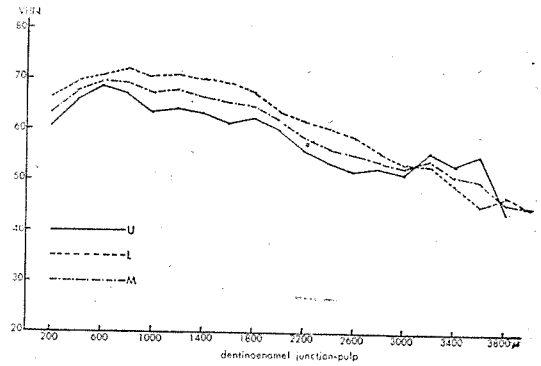


Fig. 26. Averaged microhardness curve of dentin in various depths of the third molars.  
U : upper L : lower M : mean

설측보다 낮은 수치를 갖고 있었다. 평균미소경도를 보면 상악이 53.9, 하악은 52.6이었고 전체 평균치는 53.3이었다. 층별미소경도는 법랑상아경계선에서 치수를 향하여 200 $\mu$ 층이 58.2로서 가장 낮았고, 여기서부터 치수로 접근할수록 경도는 상승하여 600 $\mu$ 층에서는 65.3의 최대치를 보였으며 그 후부터는 감소하여 3,000 $\mu$ 층에서는 41.0의 최소치를 나타내었다.

2) 소구치 혈설중단면의 미소경도: 제6표 및 제24도에서 상하악 협측과 설측 교두의 미소경도는 모두 60이상으로서 다른부위보다 높은 수치를 보였다. 협측, 설측교합면은 상악이 각각 60.1, 58.2, 61.3이고 하악은 54.2, 58.9, 54.4로서 현저한 차이는 없었다. 하악 협측은 54.2로서 가장 낮았다. 평균미소경도를 보면 상악이 61.0, 하악은 57.2로서 큰 차이는 없었으며 전체평균치는 59.1이었다. 층별미소경도는 200 $\mu$ 층이 67.4로서 가장 낮았고 400 $\mu$ 층은 73.2로서 최대치를 보였으나 여기서 부터는 치수에 접근할수록 경도는 점차 감소하여 3,400 $\mu$ 층은 43.0의 최소치를 보였다.

3) 대구치 혈설중단면의 미소경도: 제7표 및 제25도에서 상악의 협측교두가 64.1, 하악의 설측교두는 66.3으로 가장 높았고, 상악은 설측이 59.0, 하악은 협측이 56.1로 가장 낮았다. 평균미소경도는 상악이 60.6, 하악은 62.0으로 전체평균치는 61.3이었다. 층별미소경도를 보면 상하악 모두 법랑상아경계선에서 200 $\mu$ 층이 69.3으로 가장 낮았고, 400 $\mu$ 층에서 74.0의 최대치를 보였으나 그후로는 치수에 접근함에 따라 점차 감소하여 3,800 $\mu$ 층에서는 47.2의 최소치를 보였다.

4) 제3대구치 혈설중단면의 미소경도: 제8표 및 제

**Table 5.** Microhardness values of dentin in various depths of the central incisors (VHN).

Sides	Measured Levels	Average microhardness values																Mean $\pm$ A. S. E.
		Measurement depths from dentinoenamel junctions																
		$\mu$ 200	$\mu$ 400	$\mu$ 600	$\mu$ 800	$\mu$ 1000	$\mu$ 1200	$\mu$ 1400	$\mu$ 1600	$\mu$ 1800	$\mu$ 2000	$\mu$ 2200	$\mu$ 2400	$\mu$ 2600	$\mu$ 2800	$\mu$ 3000	$\mu$ 3200	
Upper	LB	58.3	67.0	68.9	69.6	67.1	65.4	62.1	58.2	54.1	49.0	44.9	44.2	38.6	35.2	—	—	55.9 $\pm$ 6.0
	IE	54.9	58.6	63.5	58.6	57.7	56.9	54.4	54.3	51.3	49.3	48.1	45.2	43.9	45.1	44.5	45.7	52.0 $\pm$ 5.8
	LP	59.2	69.2	69.7	69.1	62.1	59.1	55.2	54.2	55.0	51.3	48.7	44.8	45.3	44.9	39.5	34.5	53.9 $\pm$ 5.4
	Average	57.3	65.0	67.2	65.8	62.2	60.2	57.1	55.3	53.3	49.9	47.3	44.8	42.1	41.2	42.0	40.0	53.9 $\pm$ 5.7
Lower	LB	60.3	66.2	67.1	65.1	63.3	61.2	56.4	53.3	50.4	49.1	48.2	47.1	46.0	33.7	36.6	—	53.6 $\pm$ 6.1
	IE	58.3	58.3	57.2	54.3	52.3	48.1	46.1	47.1	49.2	48.3	46.0	44.5	42.1	45.0	44.5	—	49.5 $\pm$ 5.5
	LP	60.3	66.3	67.3	65.1	65.1	62.3	59.2	54.6	50.4	48.4	47.1	46.0	44.7	45.5	39.1	—	54.8 $\pm$ 5.7
	Average	59.3	63.6	63.6	61.1	60.2	57.2	53.2	51.9	50.0	48.6	47.0	45.7	44.3	41.2	40.1	—	52.6 $\pm$ 5.9

**LB:** labial portion    **IE:** incisal edge    **LP:** lingual portion    A. S. E. -Average Sampling Error

**Table 6.** Microhardness values of dentin in various depths of the premolars (VHN).

Sides	Measured Levels	Average microhardness values																Mean $\pm$ A. S. E.			
		Measurement depths from dentinoenamel junctions																			
		$\mu$ 200	$\mu$ 400	$\mu$ 600	$\mu$ 800	$\mu$ 1000	$\mu$ 1200	$\mu$ 1400	$\mu$ 1600	$\mu$ 1800	$\mu$ 2000	$\mu$ 2200	$\mu$ 2400	$\mu$ 2600	$\mu$ 2800	$\mu$ 3000	$\mu$ 3200		$\mu$ 3400	$\mu$ 3600	$\mu$ 3800
Upper	BP	68.6	76.0	73.8	72.3	73.7	69.0	67.8	65.4	59.8	58.6	52.3	49.7	47.8	47.3	52.3	45.6	41.1	—	—	60.1 $\pm$ 13.14
	BC	69.4	75.6	75.4	73.5	71.6	70.5	68.8	66.5	63.8	60.9	59.0	55.7	52.0	54.1	54.5	51.7	48.0	43.2	—	61.9 $\pm$ 11.46
	OP	70.0	77.6	75.1	74.3	71.3	68.7	65.0	61.3	58.7	55.5	52.5	51.9	49.4	47.2	46.6	49.8	47.7	44.5	37.4	58.2 $\pm$ 8.84
	LC	64.7	72.3	76.4	75.6	74.6	74.5	70.3	71.8	69.3	68.3	64.5	62.9	58.7	57.7	58.1	54.4	50.2	51.8	42.7	64.2 $\pm$ 10.88
	LP	66.5	74.3	74.5	73.1	72.6	74.5	70.2	66.8	63.4	60.5	57.1	54.0	51.5	47.2	45.3	41.8	47.3	—	—	61.3 $\pm$ 9.48
	Average	67.9	75.2	75.0	73.3	72.4	71.2	68.5	66.1	63.1	60.2	57.0	54.0	51.1	50.0	51.3	48.0	46.9	46.2	40.1	61.0 $\pm$ 10.96
Lower	BP	65.2	73.1	72.8	71.7	70.3	69.0	68.2	66.6	62.8	59.9	55.8	52.9	52.7	45.6	46.3	40.4	32.6	—	—	54.2 $\pm$ 11.66
	BC	72.9	75.6	73.1	72.0	70.0	67.9	65.9	62.9	61.2	56.6	52.9	51.4	52.2	50.5	50.4	47.2	54.7	—	—	61.0 $\pm$ 11.90
	OP	65.6	72.4	72.0	73.5	71.4	69.2	66.3	64.0	60.0	59.7	56.2	56.6	49.8	43.0	43.6	46.6	48.1	—	—	58.9 $\pm$ 9.64
	LC	66.9	68.7	69.6	67.5	69.2	67.7	67.6	65.6	65.6	62.9	62.5	59.3	56.1	53.1	49.9	47.9	42.6	—	—	60.4 $\pm$ 8.60
	LP	65.2	69.5	68.7	67.5	67.0	66.2	64.8	64.0	61.2	58.5	51.1	45.3	42.1	39.7	37.8	35.4	36.9	—	—	54.4 $\pm$ 12.68
	Average	67.1	71.4	71.2	70.2	69.3	68.0	66.6	64.6	62.2	59.3	55.7	53.1	50.2	46.4	45.2	43.5	43.0	—	—	57.2 $\pm$ 12.30

**BP:** buccal portion    **BC:** buccal cusp    **OP:** occlusal portion    **LC:** lingual cusp  
**LP:** lingual portion    A. S. E. -Average Sampling Error

**Table 7.** Microhardness values of dentin in various depth of the first and second molars (VHN).

Sides	Mea- sured Levels	Average microhardness values												
		Measurement depths from dentinoenamel junctions												
		200 $\mu$	400 $\mu$	600 $\mu$	800 $\mu$	1000 $\mu$	1200 $\mu$	1400 $\mu$	1600 $\mu$	1800 $\mu$	2000 $\mu$	2200 $\mu$	2400 $\mu$	2600 $\mu$
Upper	BP	66.8	72.9	75.1	73.2	70.5	69.5	69.5	65.6	62.5	61.7	59.7	55.4	55.0
	BC	69.9	72.8	71.8	72.9	73.9	71.4	72.5	72.8	70.1	68.9	66.5	64.6	63.6
	OP	68.8	75.1	72.9	71.5	68.8	66.9	67.1	65.5	61.4	58.4	54.2	54.2	52.9
	LC	62.4	68.9	70.8	70.4	69.7	69.2	63.9	66.4	62.8	63.5	62.3	64.8	58.9
	LP	68.1	71.8	70.2	68.0	68.1	65.8	63.9	63.6	61.3	59.3	57.1	53.7	48.5
	Average	67.1	72.3	72.1	71.1	70.1	68.5	67.3	66.7	63.6	62.3	60.0	58.5	55.7
Lower	BP	66.2	71.8	69.0	68.6	67.2	68.4	66.8	67.8	64.7	60.7	58.6	56.2	54.8
	BC	71.1	74.9	73.8	75.1	76.4	73.6	71.2	69.5	71.1	67.8	68.8	63.4	62.5
	OP	72.9	78.7	78.2	77.8	76.9	75.9	74.3	71.6	69.2	66.7	66.6	65.0	62.7
	LC	74.8	77.8	76.4	74.6	74.5	74.2	73.7	73.6	72.8	69.7	67.8	65.6	64.9
	LP	73.5	76.3	77.9	75.8	74.8	74.9	73.0	72.5	71.4	67.5	66.4	64.2	58.0
	Average	71.7	75.8	75.0	74.3	74.0	73.4	71.8	71.0	69.8	66.5	65.7	62.8	60.6

Sides	Mea- sured Levels	Average microhardness values												Mean $\pm$ A. S. E.
		Measurement depths from dentinoenamel junctions												
		2800 $\mu$	3000 $\mu$	3200 $\mu$	3400 $\mu$	3600 $\mu$	3800 $\mu$	4000 $\mu$	4200 $\mu$	4400 $\mu$	4600 $\mu$	4800 $\mu$	5000 $\mu$	
Upper	BP	50.0	46.5	43.0	38.7	33.6	39.0	—	—	—	—	—	—	58.3 $\pm$ 7.25
	BC	61.3	54.8	49.7	50.1	47.2	43.5	—	—	—	—	—	—	64.1 $\pm$ 13.95
	OP	48.9	48.7	48.7	44.6	39.5	—	—	—	—	—	—	—	59.3 $\pm$ 12.46
	LC	56.8	54.7	54.1	49.5	50.8	—	—	—	—	—	—	—	62.2 $\pm$ 7.92
	LP	44.8	44.2	36.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.0 $\pm$ 11.72
	Average	52.3	49.7	46.3	45.7	42.7	41.3	—	—	—	—	—	—	60.6 $\pm$ 9.85
Lower	BP	53.7	52.3	46.2	45.2	45.2	42.0	44.2	43.8	39.5	38.4	—	—	56.1 $\pm$ 7.54
	BC	60.4	59.4	58.2	54.6	54.1	53.2	54.6	52.3	52.0	51.5	50.3	50.4	62.7 $\pm$ 9.82
	OP	59.9	57.7	57.0	56.3	55.7	53.2	53.4	52.0	51.5	48.8	47.7	46.7	63.0 $\pm$ 11.40
	LC	64.7	61.3	59.3	56.9	59.2	63.7	61.2	59.7	56.2	60.7	59.6	56.0	66.3 $\pm$ 7.85
	LP	55.2	54.7	53.2	51.8	54.7	53.2	49.8	51.2	50.8	59.1	55.2	50.8	62.6 $\pm$ 11.42
	Average	58.7	57.0	54.7	53.0	53.7	53.0	52.6	51.7	50.0	51.6	53.1	51.0	62.0 $\pm$ 10.74

**BP:** buccal portion    **BC:** buccal cusp    **OP:** occlusal portion    **LC:** lingual cusp  
**LP:** lingual portion    A. S. E. - Average Sampling Error

**Table 8.** Microhardness values of dentin in various depths of the third molars (VHN).

Sides	Measured Levels	Average microhardness values										
		Measurement depths from dentinoenamel junctions										
		200 $\mu$	400 $\mu$	600 $\mu$	800 $\mu$	1000 $\mu$	1200 $\mu$	1400 $\mu$	1600 $\mu$	1800 $\mu$	2000 $\mu$	2200 $\mu$
Upper	BP	65.0	64.0	69.1	66.9	64.0	64.3	61.7	60.3	56.7	56.2	49.9
	BC	58.8	66.1	71.3	69.5	68.6	68.1	66.2	62.9	64.4	64.5	63.0
	OP	59.2	65.5	67.0	73.4	67.0	66.0	64.3	61.9	61.3	57.5	54.5
	LC	58.9	64.8	64.4	61.2	55.2	57.8	59.6	61.6	58.7	65.2	59.2
	LP	60.5	68.3	68.7	65.1	64.0	64.8	63.6	62.3	60.6	56.2	52.6
	Average	60.5	65.8	68.1	67.3	63.8	64.2	63.1	61.8	62.2	60.0	55.9
Lower	BP	62.0	67.5	70.4	70.9	70.3	67.4	65.7	67.3	64.0	62.7	62.1
	BC	71.0	68.3	70.6	71.2	72.6	74.4	72.5	72.6	70.8	63.9	65.1
	OP	64.9	70.8	72.3	74.0	72.1	73.0	71.9	70.2	67.0	63.9	58.0
	LC	67.6	66.8	70.3	72.5	68.6	70.6	71.3	69.7	70.1	68.2	66.7
	LP	65.1	70.9	70.9	69.3	69.6	68.8	68.7	66.5	65.5	60.8	57.6
	Average	66.2	68.9	70.9	71.6	70.7	70.9	70.1	69.3	67.5	63.9	61.9

Sides	Measured Levels	Average microhardness values									Mean $\pm$ A. S. E.
		Measurement depths from dentinoenamel junctions									
		2400 $\mu$	2600 $\mu$	2800 $\mu$	3000 $\mu$	3200 $\mu$	3400 $\mu$	3600 $\mu$	3800 $\mu$	4000 $\mu$	
Upper	BP	48.2	48.4	48.2	51.5	—	—	—	—	—	58.4 $\pm$ 7.05
	BC	65.5	65.4	60.6	57.5	55.5	53.6	55.4	44.1	—	62.2 $\pm$ 8.53
	OP	47.6	49.0	—	—	—	—	—	—	—	61.1 $\pm$ 6.78
	LC	58.8	51.9	47.4	43.9	—	—	—	—	—	57.9 $\pm$ 7.25
	LP	46.2	44.0	—	—	—	—	—	—	—	59.8 $\pm$ 8.51
	Average	53.3	51.8	52.4	51.0	55.5	53.6	55.4	44.1	—	59.8 $\pm$ 7.75
Lower	BP	58.9	55.1	48.2	42.4	—	—	—	—	—	62.4 $\pm$ 7.0
	BC	62.9	60.6	57.9	55.7	53.3	46.9	56.1	41.5	40.3	62.5 $\pm$ 9.72
	OP	58.3	56.3	—	—	—	—	—	—	—	67.2 $\pm$ 11.31
	LC	64.7	67.4	65.8	63.1	62.2	57.8	54.3	52.7	50.6	65.1 $\pm$ 8.25
	LP	56.1	52.0	50.2	49.1	45.7	43.2	—	—	—	60.6 $\pm$ 10.47
	Average	60.2	58.3	55.6	52.6	53.8	49.3	55.2	47.1	45.5	63.5 $\pm$ 9.52

**BP:** buccal portion      **BC:** buccal cusp      **OP:** occlusal portion      **LC:** lingual cusp  
**LP:** lingual portion      A. S. E. -Average Sampling Error

26도에서 상악협측교두는 62.2로 가장 높았고, 설측교두는 57.9로 가장 낮았다. 하악에서는 교합면이 67.2로 가장 높았고, 설측은 60.6으로 가장 낮았다. 평균미소경도는 상악이 59.8, 하악에서는 63.5로서 전체 평균치는 61.7이었다. 층별미소경도를 보면 대구치군과 비슷한 양상으로서 상하악 모두 200 $\mu$ 층에서 63.4로 가장 낮았으며, 600~800 $\mu$ 층에서 69.5의 최대치를 보이었으나 이후로는 치수에 접근함에 따라 서서히 감소함을 볼 수 있었다.

#### 제 4 장 총괄 및 고찰

치아경조직의 미소경도측정은 석회화 상태와 정도를 조사하기 위한 한가지 방법이며 근래에 생물학적, 화학적으로 석회화 조직을 분석함에 따라 법랑질, 상아질에 관하여는 우식예방의 관점에서 석회화침착기전을 설명하는데 중점을 두고 있다<sup>38, 39</sup>. 이와같이 치아경조직의 형태학적, 생화학적 관찰이 진행되고 있는 반면에 법랑질과 상아질의 생물리학적성질(biophysical properties)에 관하여는 아직 잘 알려져 있지 않다. 치아의 미소경도에 관하여 Hodge와 McKay<sup>65</sup>은 scratch test로 법랑질과 상아질의 경도를 측정하였고, Hodge<sup>65</sup>는 Rockwell과 Brinell경도계를 사용하여 측정하였으며, Klinger<sup>13</sup>는 압입자(indenter)를 이용한 측정장치를 고안하였고, Caldwell와 3인<sup>16</sup>은 Vicker's 미소경도계를 사용하였으며, Rautiola와 Craig<sup>71</sup>는 Vicker's의 변형인 Knoop 미소경도계를 사용한바 있다. 본 실험에서는 성별, 연령층별, 유치, 우식치, 백아질, 제 2 상아질 등은 측정대상에 포함하지 않았기 때문에 그 결과를 비교할 수는 없으나 Nihei<sup>40, 41</sup>는 연령차이에 따라 경도 차이가 있음을 보고하였고, Craig와 2인<sup>36</sup>도 연령증가와 함께 상아질의 경도도 증가한다고 하였다. 그러나 Caldwell와 3인<sup>16</sup>은 연령의 증가와 법랑질경도와는 관계가 없으며, Wright와 Fenske<sup>11</sup>은 상아질은 30배에서 가장 높다고 하였다. Yang<sup>42</sup>은 연령의 증가에 따라 법랑질의 경도는 상승하나 상아질에서는 차이가 없다고 하였다. 성별에 관하여 Wright와 Fenske<sup>11</sup>은 상아질의 경우 여자에서 남자보다 높다고 하였다. 우식치에 대해 Klinger<sup>13</sup>는 우식치아에서 경도는 25% 낮아진다고 하였는데 Miake<sup>39</sup>는 치아경조직은 단순한 경조직이 아니며 석회화를 형성함으로써 광물질이 침착된 경조직으로 변하는 특성이 있으나 우식되었을 때는 연화현상 때문에 경도는 낮아진다고 하였다. Rautiola와 Craig<sup>71</sup>는 백아질이 노출된 경우 표층의 경도는 내층보다 높다고 하였다. 중절치에서 법랑질은 상악에서는 설

측이 하악에서는 순측이 높았고, 질단부에서는 순측이나 설측보다 가장 낮았다(제 1 표, 제 6~8도). 이에 대해 Nihei<sup>40</sup>는 법랑층주와 이것을 형성하는 crystals의 분포 배열 방향의 상이에 따라 경도는 달라진다고 하였다. 중절치 법랑질의 층별미소경도는 법랑상아경계선에서 외측을 향할수록 증가하여 표층 1,000 $\mu$ 층에서 최대치를 보이며 이후로는 점차감소하고 있으나, 반대로 상아질에서는 법랑상아경계선에서 치수를 향하여 600 $\mu$ 층이 최대치를 보이고 그후는 감소하여서 치수부근에서 가장 낮았다. 소구치, 대구치, 제 3 대구치의 법랑질미소경도는 상악에서 371.3, 365.3, 224.2이며 하악은 373.0, 356.6, 230.0으로 상하악 모두 소구치에서 가장 높았는데 중절치 법랑질의 상악 373.9, 하악 377.1과 비교하면 구치군에서 낮았다. (제 1~4 표, 제 6~20도) 이에 대해 Miake<sup>65</sup>는 중절치는 생후 1~2년에 석회화가 시작되며 구강내 붓출이 가장 빠르며; 소구치는 생후 9~14년에 붓출하나, 제 3 대구치는 생후 19~20년에 붓출하거나 전혀 붓출이 안되는등의 퇴화현상 때문에 소구치보다 대구치법랑질의 경도가 낮아지며 특히 제 3 대구치가 가장 낮은 것은 석회화와 붓출시기에 비례하여 미소경도 차이가 있는 때문이라 하였다. 또한 소구치, 대구치, 제 3 대구치등은 근심에서 원심으로 향할수록 경도는 낮아지고 있는데 Miake<sup>65, 39</sup>는 치아의 붓출후 타액의 석회염류가 법랑질표층에 침식되는 기간에 따라 영향을 받기 때문이라고 하였다. 그러나 본 실험에서 제 3 대구치 법랑질의 미소경도는 소구치, 대구치군에 비해 약 140정도 감소되고 있는데 이러한 현상은 실험에 사용된 제 3 대구치군은 완전 또는 불완전 맹복치를 자료로 하였기 때문에 퇴화현상에 따르는 결과로 생각된다.

Nihei<sup>40</sup>는 제 3 구치의 미소경도는 다른 구치 군과 거의 동일하다고 하여 본 실험에서와는 상반되는데, 측정치아의 연령적 차이<sup>40</sup>, 측정방법의 상이 때문이라고도 생각된다. 대소구치군의 층별평균미소경도는 중절치군에서와 거의 같은 경향으로서 층별에 따라 각기 상이한 값을 보이고 있는데 이것은 Craig와 Peyton<sup>20</sup>의 보고와도 일치한다. 전체법랑질층중에서 법랑상아경계선의 미소경도는 가장 낮았으며, 400~800~1,000 $\mu$ 층에서는 상당한 증가를 보이었으나 그후로는 점진적으로 증가하여 최표층의 내측인 2,000 $\mu$ 층에서 최대치를 보이었다. 그러나 제 3 대구치에서는 이러한 변동상태와는 달리 법랑상아경계선에서 최소치를 보이었고, 그후 표층을 향하여서도 증가하는 경향은 거의 없었으며 극히 작은 범위안에서 경도의 증감은 반복되었고 최표층에서의 평균치는 비교적 낮은 수치를 보여주고 있었다(제 20도).

법랑질 내부에 있어서의 이와같은 특이한 미소경도의

분포상태는 제 3 대구치의 퇴화현상과정과 미봉출현상에 기인하는 때문이라 본다. 소구치, 대구치 및 제 3 대구치군에서 상아질의 평균미소경도는 59.1, 61.3, 61.7로서 심한 차이를 볼 수 없었는데 이것은 상아질에서는 석회화나 기타 조직구조상의 큰 차이가 없다는 것으로 간주된다. 중절치상아질에서도 평균미소경도는 53.5로서 구치군과 큰 차이를 인정할 수는 없었다 (제 6~8표, 제 24~26도). 상아질의 층별미소경도를 보면 소구치, 대구치군 역시 모두 중절치에서와 같은 전형적인 미소경도 곡선을 나타내고 있었다. 즉 법랑상아경계선에서 치수를 향하여 200 $\mu$ 층의 경도는 가장 낮았으며 그후 400~600 $\mu$ 층에서 최고치를 보이다가 치수로 향할수록 점차 감소하여 치수부근에서 최저치를 보이고 있다 (제 23~26도). 그런데 법랑질에서와는 달리 제 3 대구치상아질은 다른 치아와 동일한 미소경도곡선을 보이고 있다. 법랑질과 상아질의 발생기전의 상이에 의하여 이러한 차이가 있는지는 알 수 없으나 법랑질에서는 심한 퇴화현상을 보이는 반면 상아질에서는 다른 치아와 마찬가지로 충분한 석회화 조직구조를 형성하고 있는 것으로 추측할 수 있는 동일한 미소경도수치를 보이고 있었다.

## 제 5 장 결 론

중절치 소구치 대구치 및 제 3 대구치를 각각 순설측, 협설측으로 종단하고 연마한 시편에서 전치에서는 순측치관부, 설측치관부와 절단중심부 및 구치에서는 협측치관부, 설측치관부, 협측교두부, 설측교두부와 교합면 중심부 등의 법랑질과 상아질의 미소경도를 Vicker's 미소경도계로 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑질의 평균미소경도는 중절치 소구치 대구치에서 375.5, 372.2, 361.0이었고, 제 3 대구치는 224.3이었다.

2. 상아질의 평균미소경도는 중절치 소구치 대구치 및 제 3 대구치에서 각각 53.3, 59.1, 61.3 및 61.7이었다.

3. 법랑질의 미소경도는 중절치 소구치 대구치의 경우 법랑상아경계선에서 표층아래 이르기까지는 점차로 증가하였고 최표층부근에서 약간 감소하였으나, 제 3 대구치에서는 경도의 증감은 볼 수 없었다.

4. 상아질 미소경도는 모든 치아에서 법랑상아경계선에서 치수쪽으로 400~600 $\mu$ 층이 가장 높았고, 그보다 치수에 접근할수록 낮아져서 치수부근에서 최소치를 보였다.

<본 실험에 시종 격려와 지도교열을 하여주신 선우양국 학장님과 여러모로 도와주신 분들께 감사드립니다.>

## References

- 1) Peyton, F.A., Mahler, D.B. and Hershenov, B.: Physical Properties of Dentin, J.Dent. Res., 31:311, 1952.
- 2) Craig, R.G. and Peyton, F.A.: Elastic and Mechanical Properties of Human Dentin, J. Dent. Res., 37:716, 1958.
- 3) Stanford, J.W., Paffenbarger, G.C., Kumpula, J.W., and Sweeney, W.T.: Determination of Some Compressive Properties of Human Enamel and Dentin, J.A.D.A., 57:487, 1958.
- 4) Tyldesley, W.R.: The Mechanical Properties of Human Enamel and Dentin, Brit. D.J., 106:269, 1959.
- 5) Lehman, M.L.: Tensile Strength of Human Dentin, J. Dent. Res., 46:197, 1967.
- 6) Miake, K. et al.: Microhardness Studies on Human Teeth, Part 2, Shikwa Gakuho., 67: 961, 1969.
- 7) Rautiola, C.A. and Craig, R.G.: The Microhardness of Cementum and Underlying Dentin of Normal Teeth and Teeth Exposed to Periodontal Disease, J. Periodont., 32:113, 1961.
- 8) Hodge, H.C. and McKay, H.: The Microhardness of Teeth, J.A.D.A., 20:227, 1933.
- 9) Hodge, H.C.: Hardness Tests on Teeth, J. Dent. Res., 15:27, 1936.
- 10) Hodge, H.C.: Microhardness Studies on Transparent Dentin, Brit. D.J., 63:181, 1937.
- 11) Wright, H.N. and Fenske, E.L.: Factors Involved in Variability in Hardness of Tooth Structure, J. Dent. Res., 17:297, 1938.
- 12) Taketa, F., Perdue, H.S., O'Pourke, W.F., Sievert, H.W., and Phillips, P.H.: An Abrasion Method for Determining the Wear Resistance of Teeth, I. Description of Apparatus and Variables, J.Dent. Res., 36:739, 1957.
- 13) Klinger, A.: Studies on Enamel Hardness; D. Cosmos., 60:291, 1940.
- 14) Atkinson, H.F. and Saunbury, P.: An Investigation into the Hardness of Human Enamel, Brit. D.J., 94:249, 1953.
- 15) Caldwell, R.C., Gilmore, R.W, Timberlake,

- P., Pigman J., and Pigman, W.: Semiquantitative Studies of in Vitro Caries by Microhardness Test, *J. Dent. Res.*, 37:301, 1958.
- 16) Caldwell, R.C., Muntz, M.L., Gilmore, R.W. and Pigman, W.: Microhardness Studies of Intact Surface Enamel, *J. Dent. Res.*, 36:732, 1957.
  - 17) Phillips, R.W. and Swartz, M.L.: Effect of Fluorides on Hardness of Tooth Enamel, *J.A.D.A.*, 37:1, 1948.
  - 18) Knoop, F., Peters, C.G. and Emerson, W.B.: Sensitive Pyramidal Diamond Tool for Indentation Measurements, *J. Dent. Res.*, 23:39, 1939.
  - 19) Sweeney, W.T.: The Knoop Indentation Hardness Instrument as a Tool in Dental Research, *J. Dent. Res.*, 21:303, 1942.
  - 20) Craig, R.C. and Peyton, F.A.: The Microhardness of Enamel and Dentin, *J. Dent. Res.*, 37:661, 1958.
  - 21) Fraser, J.G.: Variations in the Microhardness of Dentin at Different Root Levels, *J. Dent. Res.*, 53:76, 1974.
  - 22) Phillips, R.W. and Sweeney, W.T.: Effect of Fluorides on Hardness of Teeth Enamel, *J.A.D.A.*, 37:1, 1948.
  - 23) Phillips, R.W. and Swartz, M.L.: Additional Studies on the Effect of Fluorides on the Hardness of Enamel, *J.A.D.A.*, 40:513, 1950.
  - 24) Newbrun, E., Timberlake, P. and Pigman, W.: Changes in Microhardness of Enamel Following Treatment with Lactate Buffer, *J. Dent. Res.*, 38:293, 1959.
  - 25) Mjör, I., Finn, and Quigley, M.: The Effect of Calcium Hydroxide and Amalgam on Non-Carious, Vital Dentin, *Arch. Oral. Biol.*, 3:2, 1961.
  - 26) Mjör, I.A.: The Effect of Zinc Oxide and Eugenol on Dentin Evaluated by Microhardness Testing, *Arch. Oral. Biol.*, 7:333, 1962.
  - 27) Roberg, S.J. and Deshazer, D.O.: The Complexing Action of Eugenol on Sound Dentin, *J. Dent. Res.*, 45:307, 1966.
  - 28) Fusayama, T. and Maeda, T.: Effects of Pulpectomy on Dentin Hardness, *J. Dent. Res.*, 49:684, 1970.
  - 29) Glen, M.B., Bapna, M.S., Michael, A.H.: Effect of Eugenol and Eugenol-Containing Root Canal Sealers on the Microhardness of Human Dentin, *J. Dent. Res.*, 51:1602, 1972.
  - 30) Koulourides, T., and Pigman, W.: Studies on Rehardening of Artificially Softened Enamel, *J. Dent. Res.*, 39:198, 1960.
  - 31) Pigman, W., Cueto, H., Baugh, D.: Conditions Affecting the Rehardening of Softened Enamel, *J. Dent. Res.*, 43:1187, 1964.
  - 32) Stephan, H.Y., and Koulourides, W.T.: Electron Microprobe and Microhardness Studies of Enamel Remineralization, *J. Dent. Res.*, 51:648, 1972.
  - 33) Richardson, J. F., and Warner, H.K.: A Microhardness Instrument for Studying Surface Hardness, *Austral. J. Dent.*, 49:217, 1945.
  - 34) Yankell, S.L., Kavanach, B., Westlake, W. J., and Case, T.B.: Ultrasonic Enamel Hardness Testing, *J. Dent. Res.*, 49:1178, 1970.
  - 35) Totah, V.P.: Increase in Hardness of Dentin on Drying, *J. Dent. Res.*, 21:99, 1942.
  - 36) Craig, R.G., Gehring, P.E., Peyton, F.A.: Relation of Structure to the Microhardness of Human Dentin, *J. Dent. Res.*, 38:624, 1959.
  - 37) Fusayama, T., Okause, K., Hosoda, H., Relationship between Hardness, Discoloration, and Microbial Invasion in Caries Dentin, *J. Dent. Res.*, 45:1033, 1966.
  - 38) Nihei, I.: A Study on the Hardness of Human Teeth, Part III, Hardness of Caries Teeth and Attrited Teeth, *J. Osaka Univ Dent Soc.*, 4: 182, 1959.
  - 39) Miake, K., et al.: Microhardness Studies on Human Teeth, Part I, *Shikwa Gakuho.*, 66: 1103, 1966.
  - 40) Nihei, I.: A Study on the Hardness of Human Teeth, Part I, Hardness of Normal Teeth in the Longitudinal Section, *J. Osaka Univ Dent Soc.*, 4:1, 1959.
  - 41) Nihei, I.: A Study on the Hardness of Human Teeth in Horizontal Section, *J. Osaka Univ Dent Soc.*, 4:177, 1959.
  - 42) Yang, W.S.: Experimental Studies on the Hardness Tests of the Korean Teeth, *The Korean Medical Journal.* 7 : 121, 1962.
  - 43) Dality, G.D.: The Hardness of Dentin Related to Age, *Aust. Dent J.*, 17:463, 1962.