

하악구치 근심근의 해부학적 형태와 근관확대방법이 Coronal flaring에 미치는 영향에 관한 연구

* 원광대학교 치과대학 보존학교실
**경희대학교 치과대학 보존학교실
이세종* · 안병두* · 최기운** · 임미경*

Abstract

A STUDY OF THE ANATOMY OF MANDIBULAR MOLAR & THE EFFECT OF VARIOUS INSTRUMENTATION ON CORONAL FLARING

Se Jong Lee, D.D.S.*, Byoung Doo An, D.D.S.*, Mi Keoung Yim, D.D.S.*, M.S.D.,
Gi Woon Choi, D.D.S., M.S.D., Ph.D.**

* Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Won Kwang University

**Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

A model system was used which enabled the same root canal system to be measured before and after coronal flaring of 51 extracted mandibular molars. The concavity of the distal surface of the mesial root was measured and the amount of reduction was compared after coronal flaring using step-back flared preparation, Gates-Glidden drill or ultrasonic system(Quick-ε) at the furcation and apical 3mm from the furcation.

The results were as follows :

1. The mean concavity of mesial root of mandibular molar was 0.73 ± 0.27 mm at the bifurcation and 0.65 ± 0.23 mm at the 3.0mm apical from the bifurcation.
2. The thickness of the root canal wall of the mesiobuccal canal was 1.08 ± 0.26 mm at the bifurcation and 1.00 ± 0.23 mm at the 3.0mm apical from the bifurcation.
3. The thickness of the root canal wall of the mesiolingual was 1.09 ± 0.21 mm at the bifurcation and 0.98 ± 0.29 mm at the 3.0mm apical from the bifurcation.
4. In the amount of reduction at the furcation and at the 3.0mm apical from the furcation there was no statistically significant difference between the step-back preparation and Gates-Glidden drill preparation, and ultrasonic preparation($P > 0.05$).

I. 서론

근관의 치근단부위의 세척과 근관확대(cleaning

& shaping)는 치수조직과 상아질잔사 및 세균을 제거하는 근관치료의 중요한 과정이다¹⁻³⁾.

좁고 만곡된 근관에서는 근관의 치근단부위의

세척과 근관확대가 어려우며, 무리하게 근관기구 조작(instrumentation)시 치근단공의 변형, ledge의 형성, 기구의 파절 및 천공이 야기된다^{4,5,6}. 이와 같은 현상은 나이가 많거나 교합면마모가 심하여 치수강저에 이차상아질이 많이 축적되고 근관이 좁고 만곡된 치아에서 자주 발생된다^{7,8}.

만곡이 심하고 좁은 근관의 확대방법으로 Weine⁵은 step-back flaring technique을 추천하였으며, Abou-Rass등⁹은 만곡된 근관에서 과도하게 circumferential flaring technique을 사용할 경우 치근이개부를 천공 또는 stripping을 야기할 수 있으므로 근관벽이 두꺼운 쪽으로 확대하는 anticurvature filing을 추천하였다. 이와같은 hand instrumentation은 시간이 많이 소요되고, 근관의 치근단 부위에서 근관기구의 조작이 어렵고, 천공 또는 ledge의 형성이 야기되므로 근관의 치근단 부위를 근관확대하기 전에 근관의 치경부위를 engine-driven instrument로 넓혀 주는 방법이 추천되었다^{7,9-12}.

Abou-Rass와 Jastrab¹¹, Abou-Rass등⁸과 Johnson¹²은 Peeso reamer 또는 Gates-Glidden drill과 같은 engine-driven instrument를 근관내 4-6mm 깊이까지 삽입하여 근관의 치경부위를 확대하는 방법을 추천하였으며, Goerig등⁹은 근관의 치근단 부위를 step-back preparation하기 전에 근관의 치경부를 넓혀주는 step-down technique을 제안하였고, Gerstein¹³은 근관입구를 확대하는 것이 바람직하며 engine-driven instrument보다는 hand instrument를 사용하는 것이 더 안전하다고 보고하였다.

만곡된 구치부의 근관의 확대는 치근이개부의 근관벽을 얇게 하거나 또는 천공시킬 위험성이 있다. 근관의 치경부위를 flaring시 치근이개부의 천공정도를 Montgomery⁷는 Peeso reamer를 사용하여 flaring하는 방법과 step-back flaring technique을 비교하였으며, Pedicord등¹⁴은 step-back flaring technique과 endosonic system을 비교하였고, Leeb¹⁰은 Gates-Glidden drill과 Peeso reamer를 비교하였다.

초음파 근관기구는 file을 진동시켜 기계적으로 근관을 확대하며, 세척용액내에 소와류를 형성시켜 괴사된 치수잔사와 세균을 제거하는 기기로써 많은 학자들은 초음파 근관치료의 효과에 관하여 연구

하였다¹⁵⁻¹⁸. 그리고 Langeland등¹⁹은 초음파 근관기구를 사용할 경우 hand instrumentation보다 deb-ridement가 빠르다고 보고하였다.

그리고 McCann등²⁰은 동일 치아에 시술의 전과 후를 비교할 수 있는 새로운 model system를 보고하였다.

이에 본인은 동일 치아에서 시술의 전과 후를 비교할 수 있는 새로운 model system을 이용하여 하악 구치 근심근의 근관벽 두께와 원심면 만곡 깊이를 측정하고, step-back flared preparation, Gates-Glidden drill과 초음파 근관기구로 근관입구를 flaring시 근관의 삭제정도를 비교한 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

치근단공이 형성된 발거한 하악 제 1, 2 대구치 51개를 선택하여 치근표면에 부착된 치주조직과 잔사는 curette를 사용하여 제거하였으며, 와동형성은 통법에 따라 형성하였고, 근관내 치수조직과 잔사를 제거하기 위하여 3% 차아염소산나트륨용액에 보관하였다.

근관의 shaping과 근관입구의 flaring은 K-file, H-file, Gates-Glidden drill과 Guick-ε를 사용하였다(Table 1).

Table 1. Instruments for coronal flaring of the root canal

| Instrument | Manufacturer |
|---------------------|---------------------------------|
| K-file | Matsutani Seisakusho Co., Japan |
| H-file | Matsutani Seisakusho Co., Japan |
| Gates-Glidden drill | Maillefer, Switzerland |
| Quick-ε | Satelec, France |

2. 실험방법

(1) 해부학적 형태에 관한 연구

치아의 작업길이는 # 10 K-file을 사용하여 측정하고 3개의 실험군으로 분류하였다. 치아는 McCann등¹³이 제시한 방법을 변형하여 구리판으로 만든 형틀에 acrylic resin으로 심었으며(Fig. 1), 등근 diamond saw(두께 : 0.3mm)를 이용하여 치

근이개부와 치근이개부 하방 3mm부위를 절단하였다(Fig. 2A). 절단한 각 부분의 근심근을 금속현미경(PMEU-3, Olympus Optical Co., Ltd., Japan) 하에서 7배로 사진을 촬영하여 근심근의 원심면 함몰깊이(Fig. 2B)와 근심근의 근관벽으로부터 치근면까지의 거리를 치근이개부와 치근이개부 하방 3mm에서 caliper(Mitutoyo Co., Japan)를 이용하여 측정하였다(Fig. 2B, 3A, 4A, and 5A).

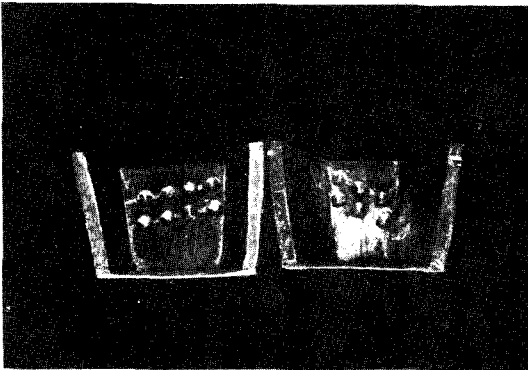


Fig. 1. Photograph of model from copper plate

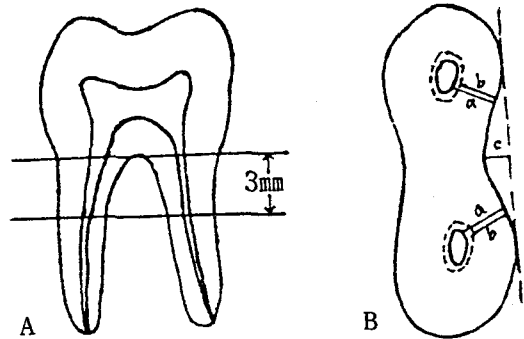
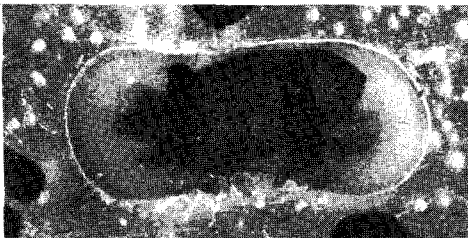


Fig. 2. Diagrams of sections and distances measured
A, Cut was at the furcation and apical 3mm from the furcation.

- B, a. The distance of the thinnest Dentin/Cementum thickness before instrumentation.
b. The distance of the thinnest Dentin/Cementum thickness after instrumentation.
c. Depth of concavity of mesial root.

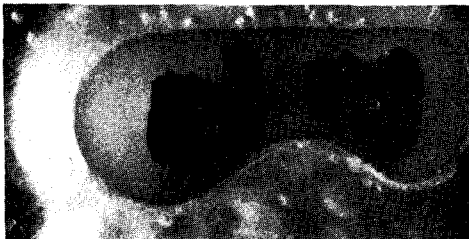


A



B

Fig. 3. Photographs of horizontal section of mesial root at the furcation(x 7). A, Preinstrumentation. B, Postinstrumentation by step-back preparation.

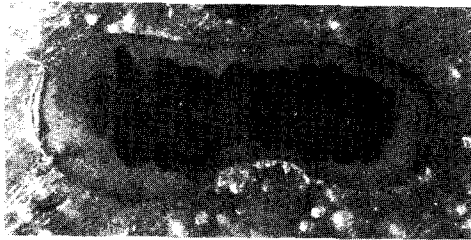


A

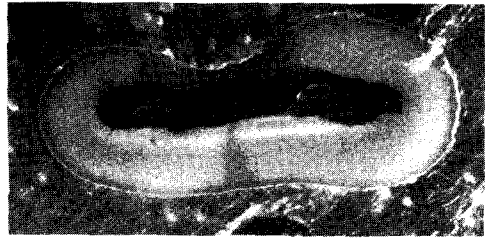


B

Fig. 4. Photographs of horizontal section of mesial root at the 3.0mm apical from the furcation(x 7). A, Preinstrumentation. B, Postinstrumentation by Gates-Glidden drill preparation.



A



B

Fig. 5. Photographs of horizontal section of mesial root at the furcation(x 7). A, Preinstrumentation. B, Postinstrumentation by step-back preparation.

(2) 각 방법에 따른 근관벽 삭제정도의 비교 절단한 각 부분을 다시 조립하여 다음과 같이 3개의 군으로 분류하여 근관입구를 flaring하였으며, 각 군은 17개 치아를 할당하였다.

1. Step-back preparation한 군

근단공부위는 # 25 K-file의 크기까지 확대하고, 근관은 작업길이를 0.5mm씩 짧게하여 순서적으로 # 60 H-file의 크기까지 step-back preparation을 하였으며 file의 번호가 증가할 때마다 3% 차이염소산나트륨용액으로 근관을 세척하였다.

2. Gates-Glidden drill로 근관입구 flaring한 군

10 K-file을 작업길이까지 삽입하여 촬영한 방사선사진상에서 만곡부위를 측정하였으며, 근관입구로부터 근관의 만곡부위까지는 순서적으로 # 25 K-file까지 확대한 후 # 2 Gates-Glidden drill로 근관입구를 flaring하였고 만곡하방의 근관부위는 근관확대를 하지 않았다.

3. 초음파 근관기기로 근관입구 flaring한 군

Quick-ε에 # 35 K-file을 soldering한 file로 만곡부위까지 근관입구를 30초동안 flaring하였으며 그 이외 다른 사항은 Gates-Glidden drill로 근관입구 flaring한 군과 같다.

근관입구를 flaring후 금속현미경으로 각 부분을 7배로 사진 촬영하여 근관벽으로부터 치근면까지 거리를 caliper를 이용하여 측정하였다(Fig. 2B, 3B, 4B, and 5B).

III. 실험결과

하악 구치부 근심근의 함몰 깊이는 치근이개부에서 $0.73 \pm 0.27\text{mm}$, 치근이개부하방 3.0mm에서 $0.65 \pm 0.23\text{mm}$ 이었다(Table 2).

Table 2. Mean depth of concavity on distal surface of mesial root(n=51)

| Level apical from furcation (mm) | Depth(mm) | | | Mean±SD |
|----------------------------------|-----------|------|------|-----------------|
| | <0.5 | <1.0 | >1.0 | |
| 0.0 | 5 | 26 | 10 | 0.73 ± 0.27 |
| 3.0 | 16 | 32 | 3 | 0.65 ± 0.23 |

하악 구치부 근심근의 근관벽 두께는 치근이개부에서 근심협측근관은 $1.08 \pm 0.26\text{mm}$, 근심설측근관은 $1.09 \pm 0.21\text{mm}$, 치근이개부 하방 3mm에서는 근심협측근관은 $1.00 \pm 0.23\text{mm}$, 근심설측근관은 $0.98 \pm 0.29\text{mm}$ 이었다(Table 3).

Table 3. Preinstrumented Dentin/Cementum thickness (mm)(n=51)

| Level(mm) | Mesiobuccal canal | Mesiolingual canal | Mean±SD |
|-----------|-------------------|--------------------|-----------------|
| | 0.0 | 1.08 ± 0.26 | |
| 3.0 | 1.00 ± 0.23 | 0.98 ± 0.29 | 0.99 ± 0.26 |

하악 구치부 근심근의 근심협측관과 근심설측관의 치근이개부와 치근이개부 하방 3mm에서 각 방법에 따른 시술전과 후의 근관벽의 두께 변화는 Table 4-6과 같다. 근심협측근관과 근심설측관을 합한 평균은 step-back preparation한 군은 치근이개부에서 $75.01 \pm 12.29\%$, 치근이개부 하방 3.0mm에서는 $84.43 \pm 4.83\%$, Gates-Glidden drill로 preparation한 군은 $74.55 \pm 5.77\%$, $83.20 \pm 7.33\%$, 초음파 근관기구를 사용한 군에서는 $77.64 \pm 9.87\%$, $86.62 \pm 7.90\%$ 이었다(Table 7).

Table 4. Result of step-back preparation(n=17)

| Canal Level apical from furcation (mm) | Least Dentin/Cementum thickness form canal to root surface(mm) | | Tooth structure removed (X1-X2) | Final Dentin/Cementum as % of original | |
|--|--|-----------------------------|---------------------------------|--|--------------|
| | preinstrumented (mean± SD) | postinstrumented (mean± SD) | | | |
| | (X1) | (X2) | | | |
| MBC | 0.0 | 1.14± 0.35 | 0.87± 0.08 | 0.27± 0.08 | 73.06± 15.14 |
| | 3.0 | 1.02± 0.21 | 0.86± 0.19 | 0.16± 0.06 | 83.73± 4.58 |
| MLC | 0.0 | 1.15± 0.24 | 0.89± 0.24 | 0.26± 0.08 | 76.95± 7.52 |
| | 3.0 | 1.07± 0.32 | 0.94± 0.31 | 0.13± 0.04 | 87.13± 4.30 |

MBC : Mesiobuccal canal

MLC : Mesiolingual canal

Table 5. Result of Gates-Glidden drill preparation(n=17)

| Canal Level apical from furcation (mm) | Least Dentin/Cementum thickness form canal to root surface(mm) | | Tooth structure removed (X1-X2) | Final Dentin/Cementum as % of original | |
|--|--|-----------------------------|---------------------------------|--|-------------|
| | preinstrumented (mean± SD) | postinstrumented (mean± SD) | | | |
| | (X1) | (X2) | | | |
| MBC | 0.0 | 1.05± 0.23 | 0.80± 0.19 | 0.25± 0.08 | 75.98± 6.36 |
| | 3.0 | 0.96± 0.21 | 0.80± 0.23 | 0.15± 0.08 | 84.29± 9.12 |
| MLC | 0.0 | 1.01± 0.01 | 0.74± 0.12 | 0.27± 0.05 | 73.11± 4.47 |
| | 3.0 | 0.91± 0.91 | 0.75± 0.24 | 0.16± 0.05 | 82.11± 4.33 |

MBC : Mesiobuccal canal

MLC : Mesiolingual canal

Table 6. Result of ultrasonic instrumentation using Quick-ε(n=17)

| Canal Level apical from furcation (mm) | Least Dentin/Cementum thickness form canal to root surface(mm) | | Tooth structure removed (X1-X2) | Final Dentin/Cementum as % of original | |
|--|--|-----------------------------|---------------------------------|--|--------------|
| | preinstrumented (mean± SD) | postinstrumented (mean± SD) | | | |
| | (X1) | (X2) | | | |
| MBC | 0.0 | 1.05± 0.18 | 0.81± 0.21 | 0.25± 0.12 | 76.10± 10.50 |
| | 3.0 | 1.02± 0.26 | 0.90± 0.26 | 0.12± 0.09 | 87.87± 8.37 |
| MLC | 0.0 | 1.10± 0.21 | 0.88± 0.22 | 0.22± 0.09 | 79.18± 8.61 |
| | 3.0 | 0.97± 0.26 | 0.84± 0.25 | 0.14± 0.06 | 85.37± 6.92 |

MBC : Mesiobuccal canal

MLC : Mesiolingual canal

Table 7. Average of remaining Dentin/Cementum thickness after instrumentation as % of original

| Instrumentation | 0.0mm | 3.0mm |
|-----------------|--------------|-------------|
| Step-back | 75.01± 12.29 | 84.43± 4.83 |
| GGD | 74.55± 5.77 | 83.20± 7.33 |
| Ultrasonic | 77.64± 9.87 | 86.62± 7.90 |

GGD : Gates-Glidden drill

각 방법에서 잔존 근관벽의 두께가 0.5mm이하인 경우는 step-back preparation한 군은 2개 치아, Gates-Glidden drill로 preparation한 군은 5개 치아, 초음파 근관기구를 사용한 군에서는 2개 치아였다 (Table 8).

Table 8. Distribution of sections instrumented to a Dentin/Cementum thickness <0.5mm

| Instrumentation | Level apical from | | Total |
|-----------------|-------------------|-----|-------|
| | furcation(mm) | | |
| | 0.0 | 3.0 | |
| Step-back | 1 | 1 | 2 |
| GGD | 2 | 3 | 5 |
| Ultrasonic | 1 | 1 | 2 |

GGD : Gates-Glidden drill

각 방법의 삭제정도를 비교한 결과 치근이개부와 치근이개부 하방 3mm부위에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(P>0.05)(Table 9).

Table 9. Table for analysis of variance(P>0.05)

| Instrumentation | Step-back | GGD | Ultrasonic |
|-----------------|-----------|-----|------------|
| Step-back | | non | non |
| GGD | | | non |
| Ultrasonic | | | |

non : not significant

IV. 총괄 및 고찰

근관치료에서 중요한 과정은 와동형성, 근관확대 및 근관충전으로서 이들 과정은 연속된 과정으로서 앞의 과정이 잘 이루어져야만이 그 다음과정이 잘 행하여질 수 있어 성공적으로 근관치료를 할 수

있다. 특히 근관확대는 근관내 치수조직과 세균 및 연화상아질을 제거하므로써 근관을 기계적으로 소독하고 근관충전을 정확히 할 수 있게 한다¹⁻³⁾. 그러나 하악 구치와 같이 만곡되고 좁은 근관에서는 전통적인 근관확대방법을 사용할 경우 근관기구가 잘 파절되고 근관길이의 설정이 어려우며 치근단 부위에 ledge 또는 천공이 야기되기 쉽다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 최근에는 근관입구를 flaring하여 근관의 치경부분과 중간부분을 의도적으로 넓혀주므로써 근관기구가 치근단부위에 도달되기 쉽게하며 근관충전을 보다 명확히하는 방법이 추천되고 있으며, 근관입구를 명확히 flaring하기 위해서는 근관의 해부학적 지식이 있어야 한다⁴⁻⁶⁾.

Bower²⁰⁾는 하악 제 1대구치 근심근의 함몰깊이는 치근이개부 하방 2mm에서 0.70±0.19mm라고 보고하였으나, 본 실험에서는 하악 구치 근심근의 함몰깊이는 치근이개부에서 0.73±0.27mm, 치근이개부하방 3.0mm에서 0.65±0.23mm를 보였다. 이와같은 차이는 측정부위에 다소 차이가 있기 때문이라 사료되며 두 보고간에 차이가 0.08mm로 측정부위를 같이 할 경우 유사한 결과를 보일 것으로 생각된다.

Montgomery⁷⁾는 치근이개부에서 1.09±0.21mm, 하방 2.4mm에서는 1.03±0.19mm로, McCann¹¹⁾은 치근이개부에서 1.4±0.4mm, 하방 2.8mm에서는 1.12±0.27mm라고 보고하였다. 본 실험에서는 하악 구치부 근심근의 근관벽 두께는 치근이개부에서는 1.09±0.24mm, 치근이개부 하방 3.0mm에서는 0.99±0.26mm를 보였다. 이와같은 결과는 근관벽 두께가 인종간에 다소 차이가 있기 때문이라고 사료된다.

Lim과 Stock²²⁾은 근심협측근관의 두께와 근심설측근관의 두께간에 통계학적 차이가 없다고 보고하였으며 본 연구에서도 두 근관간에 차이가 없어 두 근관을 합하여 비교하였다(Table 7). 하악 구치부 근심근의 근관입구를 flaring후 근관벽의 잔존 두께를 각 방법간에 비교한 결과 step-back preparation은 치경부 0mm부위에서 잔존 상아질/백아질 두께가 75.01%, 3.0mm부위에서 85.43%, Gates-Glidden drill을 사용한 경우는 74.5%와 83.20%, 초음파 근관기구를 사용한 경우에는 77.64%와 86.62%로 통계학적인 차이를 보이지 않았다(Table 9).

Step-back preparation과 engine-driven drill을 사용하여 근관입구를 flaring한 경우 두 방법간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고한 Keller등²¹⁾과 Montgomery⁷⁾의 결과와 일치하였으며, step-back preparation한 경우와 초음파 근관기구로 근관확대를 한 경우에 통계학적인 차이가 없다고 보고한 McCann등¹⁾의 결과와 일치하였다. 이는 Gates-Glidden drill 또는 초음파 근관기구로 근관입구를 flaring하여도 step-back preparation과 차이가 없으며 저속용 handpiece에 끼워 사용할 수 있고 근관기구를 계속 바꾸어 사용하지 않아도 되므로 시간을 절약할 수 있는 장점이 있음을 의미한다.

그리고 Lim과 Stock²²⁾은 잔존 상아질의 두께가 0.2-0.3mm이하인 경우 근관충전압력에 의하여 근관벽이 천공 또는 파절된다고 보고하였다. 본 연구에서 잔존 근관벽의 두께가 0.5mm이하인 경우가 34개 근관중 step-back preparation을 이용한 경우 2개, Gates-Glidden drill을 사용한 경우 5개, 초음파 근관기구를 사용한 경우 2개 근관에서 발생하였다(Table 8, Fig. 1). 이러한 결과로 볼때 Gates-Glidden drill을 사용할 경우 천공의 위험성이 다른 방법보다 크므로 사용시 주의를 하여야 한다.

이상과 같이 해부학적 지식을 바탕으로 Gates-Glidden drill 또는 초음파 근관기구를 사용하여 근관입구를 flaring할 경우 근관의 치근단부위의 근관확대를 보다 쉽게 그리고 시간을 절약할 수 있으며, 근관기구의 파절 또는 ledge의 형성, 치근이개부의 천공을 예방할 수 있다고 사료된다.

V. 결 론

동일 치아의 근관에서 instrumentation의 전후를 비교할 수 있는 model system을 이용하여 하악 구치부의 근심근의 원심면 함몰깊이와 근관벽의 두께를 측정하고, step-back flared preparation, Gates-Glidden drill과 초음파 근관기구인 Quick-ε로 근관입구를 flaring시 근관의 삭제정도를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 하악 대구치 근심근의 원심면 함몰깊이는 치근이개부에서 $0.73 \pm 0.27\text{mm}$, 치근이개부 하방 3

mm에서는 $0.65 \pm 0.23\text{mm}$ 이었다.

2. 하악 대구치 근심협측근관의 근관벽 두께는 치근이개부에서 $1.08 \pm 0.26\text{mm}$, 치근이개부 하방 3mm에서는 $1.00 \pm 0.23\text{mm}$ 이었다.
3. 하악 대구치 근심설측근관의 근관벽 두께는 치근이개부에서 $1.09 \pm 0.21\text{mm}$, 치근이개부 하방 3mm에서는 $0.98 \pm 0.29\text{mm}$ 이었다.
4. 근관입구의 삭제정도는 각 근간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않아 Gates-Glidden drill 또는 초음파 근관기구를 이용한 근관입구의 flaring방법은 임상에 효율적으로 응용될 수 있다.

REFERENCES

1. McCann JT, Keller DL, LaBounty : Remaining Dentin/Cementum thickness after hand or ultrasonic instrumentation. J Endodon, 16 : 109-113, 1990.
2. Walton RE : Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. J Endodon, 2 : 304-, 1976.
3. Schilder H : Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am, 2 : 269-96, 1974.
4. Weine FS, Kelly RF, Lio PF : The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. J Endodon, 1 : 255-62, 1975.
5. Weine FS : Endodontic therapy. 3rd ed. St. Louis : CV Mosby, 1982 : 256-340.
6. Johnson WT : Instrumentation of the fine curved canals found in the mesial roots of maxillary and mandibular molar. Quintessence Int, 17 : 309-12, 1986.
7. Montgomery S : Root canal wall thickness of mandibular molars after biomechanical preparation. J Endodon, 11 : 257-263, 1985.
8. Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH : The anti-curvature filing method to prepare the curved root canal. J Am Dent Assoc, 101 : 792-4, 1980.
9. Goerig AC, Michelich RJ, Schultz HH : Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. J Endodon, 8 : 550-4,

- 1982.
10. Leeb J : Canal orifice enlargement as related to biomechanical preparation. *J Endodon*, 9 : 463–70, 1983.
 11. Abou-Rass M, Jastrab RJ : The use rotary instruments as auxiliary aids to root canal preparation of molars. *J Endodon*, 8 : 78–82, 1982.
 12. Johnson WT : Instrumentation of the fine curved canals found in the mesial roots of maxillary and mandibular molars. *Quintessence Int*, 17 : 309–12, 1986.
 13. Gerstin H : Techniques in clinical endodontics. Philadelphia, WB Saunders. 1983 : 324–21.
 14. Pedicord D, ElDeeb ME, Messer HH. : Hand versus ultrasonic instrumentation : Its effect on canal shape and instrumentation time. *J Endodon* 12 : 375–81, 1986.
 15. Martin H, Cunningham W, Norris J, Cotton W : Ultrasonic versus hand filing of dentinal : a quantitative study. *Oral Surg*, 49 : 79–84, 1980.
 16. Martin H, Cunningham W, Norris J : A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type files to remove dentin. *Oral Surg*. 50 : 566–8, 1980.
 17. Cunningham W, Martin H : A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic–ultrasonic synergistic system. *Oral Surg*, 53 : 527–31, 1982.
 18. Cunningham W, Martin H, Forrest W : Evaluation of root canal debridement by endosonic synergistic system. *Oral Surg*, 53 : 401–4, 1982.
 19. Langeland K, Liao K, Pascon EA : Work-saving devices in endodontics : Efficacy of sonic and ultrasonic techniques. *J Endodon*, 11 : 499–510, 1985.
 20. Bower RC : Furcation morphology relative to periodontal treatment : furcation root surface anatomy. *J Periodontol*, 50 : 366–374, 1979.
 21. Kessler JR, Peters DD, Lorton L : Comparison of the relative risk of molar root perforations using various endodontic instrumentation techniques. *J Endodon*, 9 : 439–47, 1983.
 22. Lim SS, Stock CJR : The risk of perforation in the curved canal : anticurvature filing compared with the step-back technique. *Int Endo J* 20 : 33–9, 1987.