

주변온도와 잔존치질의 두께가
치수강 내 온도변화에 미치는
영향에 대한 분석

연세대학교 대학원

치 의 학 과

정 유 주

주변온도와 잔존치질의 두께가
치수강 내 온도변화에 미치는
영향에 대한 분석

지도교수 정 일 영

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함


2014년 12월 일

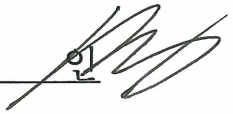
연세대학교 대학원


치 의 학 과

정 유 주

정유주의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 정 인우 

심사위원 박 나연 

심사위원 김영남 

연세대학교 대학원

2014년 12월 일

차 례

그림차례	ii
표 차례	iii
국문 요약	iv
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	5
1. 실험 치아	
2. 실험 방법	
3. 통계 분석	
III. 결 과	10
1. 주변 온도에 따른 치수강 내 온도변화의 비교	
2. 냉자극제에 따른 치수강 내 온도변화의 비교	
3. 잔존치질의 두께와 온도변화량의 관계	
4. 온도자극 후 시간에 따른 온도변화량의 추이	
IV. 고 찰	18
V. 결 론	23
참고 문헌	24
영문 요약	28

그림 차례

Figure 1. A radiograph of the premolar with a thermocouple	6
Figure 2. Maximum temperature changes by remaining enamel, dentin thickness	14
Figure 3. Mean temperature changes following application of thermal stimuli to teeth on different ambient temperature	17

표 차 례

Table 1. Remaining enamel/ dentin thickness	7
Table 2. Comparison of the maximum temperature change (T_{MAX}), the maximum rate of temperature change (R_{MAX}) in different ambient temperature on thermal test	11
Table 3. Comparison of the maximum temperature change (T_{MAX}), the maximum rate of temperature change (R_{MAX}) on two different stimuli	12
Table 4. Pearson's correlational coefficient for remaining enamel/dentin thickness, maximum temperature decrease	13
Table 5. Mean temperature changes following application of thermal stimuli to teeth on different ambient temperature	16

국문 요약

주변온도와 잔존치질의 두께가

치수강 내 온도변화에 미치는 영향에 대한 분석

본 연구의 목적은 주변의 온도와 치질의 두께가 치수강 내 온도 변화에 미치는 영향에 대해 알아보는 것이다. 이와 더불어 냉자극제로 사용하는 얼음막대와 냉매제의 온도변화량의 차이도 같이 평가해보았다.

치아 우식이나 수복물이 없는 10개의 상하악 제1소구치를 대상으로 각 치아당 3번씩 온도자극을 적용하였다. 냉자극 검사 시, 대기중에서 치아의 협면에 얼음막대와 냉매제(Frigi-DENT, ellman International, INC. Oceanside, Newyork, USA)를 적용하고 치아를 항온수조에 넣은 후 같은 순서로 온도자극을 주었다. 열자극 검사 시에는 대기중에서 60℃의 뜨거운 물을 러버시트로 격리한 치관 전체에 적용한 후 치아를 항온수조에 넣고 같은 온도자극을 주었다. 모든 온도 자극은 30초간 적용하였으며, 치관의 설측면에 구멍을 형성한 후 온도측정단자(CHAL-003 ; K type probe OMEGA Engineering, INC. Stamford, Connecticut, USA)가 치수강 내 협측 상아질 벽에 닿도록 고정한다.

후 연결된 온도측정계(Agilent 34970A, Agilent Tech, Santa Clara, California, USA)로 온도측정을 하였다. 대기 중에 있는 치아와 항온수조에 담긴 치아의 치수강 내 시작온도는 각각 $23\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 와 $34\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 였다. 잔존치질의 두께는 metal gauge 를 이용하여 측정한 후 기록 하였다. 통계 방법으로는 Mixed model analysis과 Pearson 의 상관계수 분석을 이용해서 평가했다.

실험 결과는 다음과 같다.

1. 냉자극제 적용 시 대기중에 있는 치아보다 항온수조에 있는 치아가 최대온도감소량이 유의차 있게 더 컸으며($p < 0.05$), 최대온도감소율은 유의차가 없었다. 열자극제 적용시에는 대기중에 있는 치아보다 항온수조에 있는 치아가 최대온도증가량, 최대온도증가율이 유의차 있게 더 적었다($p < 0.01$).
2. 냉매제를 적용한 경우가 얼음막대를 적용한 경우보다 최대온도감소량, 최대온도감소량이 유의차 있게 더 컸다($p < 0.01$).
3. 대기 중에 놓인 치아에 얼음막대를 댄 경우와 항온수조에 넣은 치아에 얼음막대와 냉매제를 댄 경우, 잔존치질의 두께와 온도변화량의 상관계수 값이 각각 0.781, 0.719, 0.674 였다($p < 0.05$). 반면, 치아에 뜨거운 물을 적용한 경우는 대기 중에 있는 치아(-0.206)와 항

온수조에 있는 치아(-0.442) 모두 잔존치질의 두께와 온도변화량 사이에 상관성이 적게 나타났다.

이번 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1. 온도검사 시 대기중에 있는 치아와 항온수조에 있는 치아의 온도변화량은 유의차 있게 다르다.
2. 냉검사 시에는 온도변화량이 잔존치질의 두께에 반비례하지만, 열검사 시에는 잔존치질의 두께와 큰 상관성이 없다.
3. 주변온도가 같을 때 냉매제는 얼음막대보다 치아의 온도를 더 빠른 속도로 많이 감소 시킨다.

핵심 되는 말 : 온도검사, 주변온도, 잔존치질두께, 얼음막대, 냉매제.

주변온도와 잔존치질의 두께가

치수강 내 온도변화에 미치는 영향에 대한 분석

<지도교수 : 정 일 영>

연세대학교 대학원 치의학과

정 유 주

I. 서론

치수의 상태를 평가하기 위해서 임상에서는 온도검사를 많이 시행한다. 치아에 냉자극이나 뜨거운 자극을 가하면 치수의 상태를 유추해 볼 수 있다 (Dachi, Haley et al. 1967, Peters, Baumgartner et al. 1994, Petersson, Soderstrom et al. 1999). 치수의 염증성 변화와 온도자극에 대한 반응과의 관련성은 치수 및 치아의 상태를 진단하는 데에 있어서 중요하다.

이에 지금까지 온도검사를 위한 여러 가지 방법 및 그에 따른 치아의 온도 변화량에 관한 연구가 많이 발표되었다(White and Cooley 1977, Trowbridge, Franks et al. 1980, Augsburger and Peters 1981, Peters and Augsburger 1981, Rickoff, Trowbridge et al. 1988, De Morais, Bernardineli et al. 2008, Linsuwanont, Palamara et al. 2008, Bierma, McClanahan et al. 2012). 냉검사 방법에 사용하는 냉자극에는 얼음막대, 이산화탄소(드라이아이스), 냉매제, 에틸클로라이드, 차가운 물 등이 있고, 열검사 방법에 사용하는 열자극에는 마찰열을 이용한 고무휠, 불꽃에 달군 거타피차 콘, 뜨거운 물, 전도성 탐침막대 등이 있다.

그러나 온도검사 시 사용하는 온도자극은 그 정도에 따라 치수에 해로운 영향을 미칠 수 있다. 냉검사 시에는 치아의 온도가 급격하게 내려가는데 치수강 내 온도 감소량이 11°C 이내일 경우 치수에 손상을 입히지 않는다는 보고가 있으며(Langeland, Toben et al. 1969), 치수강 내 온도가 영하 10°C 이하로 내려갈 경우에는 치수에 손상이 발생한다는 연구결과도 있다(Dowden, Emmings et al. 1983). 한편 열검사를 하는 경우도 가해지는 열자극의 정도에 따라 치수손상의 가능성이 있다. Zach 등은 치수강 내의 처음 온도로부터 5.5°C 온도 상승만으로도 치아의 15% 정도에서 치수생활력 상실을 초래하고, 11°C 온도 상승은 60%, 16.6°C 온도 상승은 100%에서 치수괴사를 초래한다고 보고하였다(Zach and Cohen 1965). 또한 Baldissara 등은 자극이 일시적으로 가해진다면 8.9°C에서 14.7°C의 온도

증가는 조직학적으로 치수괴사를 일으키지 않는다고 하였다(Baldissara, Catapano et al. 1997).

그러므로 온도검사를 시행할 때 실제 치수강 내 온도변화량을 아는 것은 중요하다. 지금까지 대다수 저자들은 발치한 치아를 대기 중에 놓고 치수강 내 온도 변화량을 측정하였다(White and Cooley 1977, Jones 1999, De Morais, Bernardineli et al. 2008, Linsuwanont, Palamara et al. 2008, Park, Roulet et al. 2010). 이에 일부 저자는 임상과 비슷한 조건을 재현해서 치수강 내 온도변화량을 측정하고자 하였다. 체온과 비슷한 온도를 재현하기 위해 heating plate 또는 항온수조에 치아를 두거나(Trowbridge, Franks et al. 1980, Augsburger and Peters 1981, Rickoff, Trowbridge et al. 1988, Bierma, McClanahan et al. 2012), 치아 내부의 혈류를 재현하기 위해 37°C의 물을 펌프를 이용해 치수강내로 흐르도록 하였다(Baldissara, Catapano et al. 1997, Park, Roulet et al. 2010). 그러나 지금까지 대기 중에 있는 치아와 체온과 비슷한 온도로 설정한 치아의 치수강 내 온도변화량을 직접 비교한 연구는 없었다.

치수강 내 온도변화에 치질의 두께가 미치는 영향에 대해서는 상반된 주장이 있다. 치질의 두께가 온도자극의 열전도 혹은 열차단에 영향을 준다는 보고가 있는 반면(Robinson and Lefkowitz 1962, Fuss, Trowbridge et al. 1986), 일부 저자는 치질의 두께가 치수강 내 온도변화 및 자극에 대한 반응과는 유의한 관련성이 없다고 보고하고 있다(Naylor 1963, Trowbridge, Franks et al. 1980).

본 연구의 목적은 주변온도와 치질의 두께가 치수강 내 온도 변화에 미치는 영향에 대해 알아보는 것이다. 이와 더불어 냉자극제로 사용하는 얼음막대와 냉매제의 온도변화량의 차이도 같이 평가해보았다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 치아

치아 우식이나 수복물이 없는 10개의 상하악 제1소구치를 실험 전까지 증류수에 보관하여 사용하였다. 치근의 치근단 쪽 반을 자르고 근관을 노출 시킨 후 #30 Hedström-file (MANI, INC. Japan)을 이용하여 잔존치수를 제거하였다. 치관의 설측면에 구멍을 형성 하여 온도측정단자(CHAL-003 ; K type probe OMEGA Engineering, INC. Stamford, Connecticut, USA)의 끝부분이 치수 내 협측 상아질 벽에 닿게 한 후 왁스로 고정하였다. 열검사의 경우 왁스로 고정 후 flowable composite resin 으로 다시 고정하였다. 온도측정단자는 협측 적용부위에 수직으로 근접하도록 고정하였다. 방사선 사진을 채득하여 온도측정단자가 정확하게 위치되었는지를 확인하였고(Fig 1), 이 온도측정단자의 반대편 단자는 온도측정계 (Agilent 34970A, Agilent Tech, Santaclara, California, USA)와 연결하였다. 치관 협측면의 잔존 범랑질과 상아질의 두께는 metal gauge를 이용하여 측정 후 기록하였다 (Table 1).

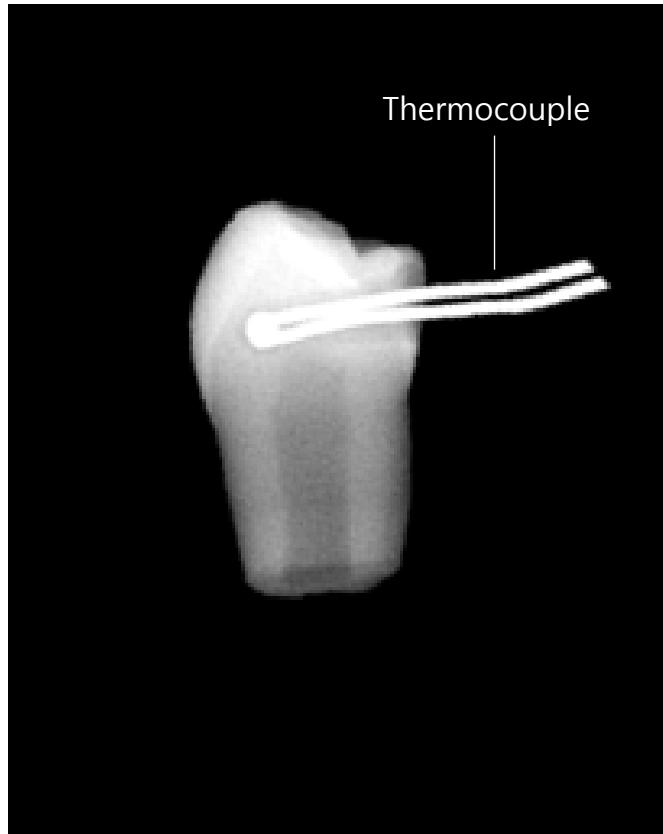


Figure 1. A radiograph of the premolar with a thermocouple

Table 1. Remaining enamel/ dentin thickness

Tooth	Remaining enamel / dentin thickness(mm)
#1	3.5
#2	1.7
#3	2.5
#4	2
#5	2.2
#6	1.8
#7	2.5
#8	2
#9	1.5
#10	2.5

2. 실험방법

1) 냉자극

먼저 대기 중에서 치아를 지지대에 고정하고 얼음막대, 냉매제(Frigi-DENT, ellman International, INC. Oceanside, Newyork, USA) 순으로 냉자극제를 치아의 협측면의 가운데 부위에 적용하였다. 다음으로 항온수조에 같은 치아를 백악법랑경계까지 담근 후 러버시트로 치관만 격리하였다. 이때 치수

강 내의 온도를 일정하게 유지하기 위해서 면구를 말아 치수강내와 치근밖으로 연결되게 삽입하였다. 그 후 대기 중에서도와 같은 순서로 냉자극제를 치아의 협측면에 적용하였다. 얼음막대는 치과 마취용 앰풀에 물을 얼려 직경 7mm의 원통형 막대를 만들어 사용하였고, 냉매제는 #1 탈지면 볼(동양메디케어, 한국) 2개에 충분히 적신 후 바로 적용하였다.

2) 열자극

냉자극 실험 때와 같은 치아에 열자극 실험을 시행하였다. 각 치아를 러버 시트로 치관만 노출되도록 #207 또는 #208 클램프로 고정하고 60°C 의 물을 치관이 잠기도록 치아에 직접 적용하였다. 10 ml 의 syringe에 60°C 의 물을 담아 5초 간격으로 같은 양을 3번씩 적용하여 치아당 적용 속도 및 양이 동일하도록 하였다. 냉자극시와 마찬가지로 대기 중에 치아를 두고 실험한 다음 항온 수조에 옮겨서 하였다.

각 실험은 치아당 3번씩 반복하여 평균값을 구하였고, 치수강 내 온도가 시작온도로 돌아올 때까지 약 2분간의 간격을 두고 냉/열자극을 주었다. 대기 중에 있는 치아와 항온수조에 담긴 치아의 치수강 내 시작온도는 각각 $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 와 $34 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 였다. 모든 온도자극은 30초 동안 주었고 적용 직후부터

측정단자에 연결된 온도 측정계를 통하여 온도 변화 추세 및 최대 변화폭을 기록하였다. 이때 Agilent BenchLink DataLogger, version 1.4 소프트웨어를 사용하여 1Hz 의 속도로 온도를 측정하였다.

3. 통계분석

최대 온도 변화량, 최대 온도 변화율의 평균값과 표준편차를 구한 후 각 구간 간의 차이를 비교하였다. 주변온도 및 냉자극제에 따른 온도변화량의 비교는 Mixed model analysis를 이용하여 통계분석 하였다. 치질의 두께와 온도변화량의 관계는 Pearson의 상관계수를 이용하여 분석하였다. 모든 통계분석은 SPSS 소프트웨어 (ver21.0;SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하여 통계처리 하였다.

III. 결과

1. 주변 온도에 따른 치수강 내 온도 변화량 비교

냉자극과 열자극을 가했을 때 주변 온도에 따른 치수강 내 최대온도변화량 (T_{MAX})과 최대온도변화율(R_{MAX})을 Table 2에서 비교하였다.

냉자극 검사 시 최대온도감소량이 항온수조에 있는 치아가 대기 중에 있는 치아보다 유의차 있게 컸다($p < 0.05$). 최대온도감소율은 항온수조에 있는 치아(0.985°C/s)가 대기 중에 있는 치아(0.905°C/s)보다 높았지만, 유의차는 없었다($p > 0.05$).

열자극 검사 시에는 반대의 경향을 보였다. 항온수조에 있는 치아가 대기 중에 있는 치아보다 최대온도증가량이 유의차 있게 더 적었다($p < 0.01$). 또한, 최대온도감소율도 항온수조에 있는 치아가 유의차 있게 더 낮았다 ($p < 0.01$).

Table 2. Comparison of the maximum temperature change (T_{MAX}), the maximum rate of temperature change(R_{MAX}) in different ambient temperature on thermal test (n=10)

Thermal test	$T_{MAX}(^{\circ}C)$		$R_{MAX}(^{\circ}C/s)$	
	At room temperature	In the waterbath	At room temperature	In the waterbath
Cold test	-10.085	-11.795*	0.905	0.985
Heat test	25.48	18.493**	1.92	1.35**

*: significantly different at $p < 0.05$

** : significantly different at $p < 0.01$

2. 냉자극제에 따른 치수강내 온도변화의 비교

치아에 얼음막대와 냉매제를 댄 경우 최대온도변화량 (T_{MAX})과 최대온도변화율 (R_{MAX})을 Table 3에서 비교하였다. 냉매제를 치아에 댄 경우가 얼음막대를 댄 경우보다 최대온도변화량, 최대온도변화율이 모두 유의차 있게 더 컸다 ($p < 0.01$).

Table 3. Comparison of the maximum temperature change (T_{MAX}), the maximum rate of temperature change (R_{MAX}) on two different stimuli (n=10)

Stimuli	$T_{MAX}(^{\circ}\text{C})$	$R_{MAX}(^{\circ}\text{C}/\text{s})$
Icestick	-7.167	0.47
Refrigerant spray	-14.713**	1.42**

*: significantly different at $p < 0.05$

** : significantly different at $p < 0.01$

3. 잔존치질의 두께와 온도변화량의 관계

Figure 2는 주변 온도와 온도자극제 별로 잔존치질과 최대온도변화량 사이의 상관성을 나타낸 그래프이다. 대기 중에 놓인 치아에 얼음막대를 댄 경우와 항온수조에 넣은 치아에 얼음막대와 냉매제를 댄 경우 잔존치질의 두께가 클수록 온도변화량이 적게 나타났다. 반면, 치아에 뜨거운 물을 적용한 경우는 대기 중에 있는 치아와 항온수조에 있는 치아 모두 잔존치질의 두께와 온도변화량 사이에 상관성이 적게 나타났다. 각각의 상관계수는 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Pearson's correlational coefficient for remaining enamel/dentin thickness, maximum temperature decrease

	Room ice	Room spray	Bath ice	Bath spray	Room water	Bath Water
Remaining enamel/dentin thickness	0.781**	0.575	0.719*	0.674*	-0.206	-0.442

*: significantly different at $p < 0.05$

** : significantly different at $p < 0.01$

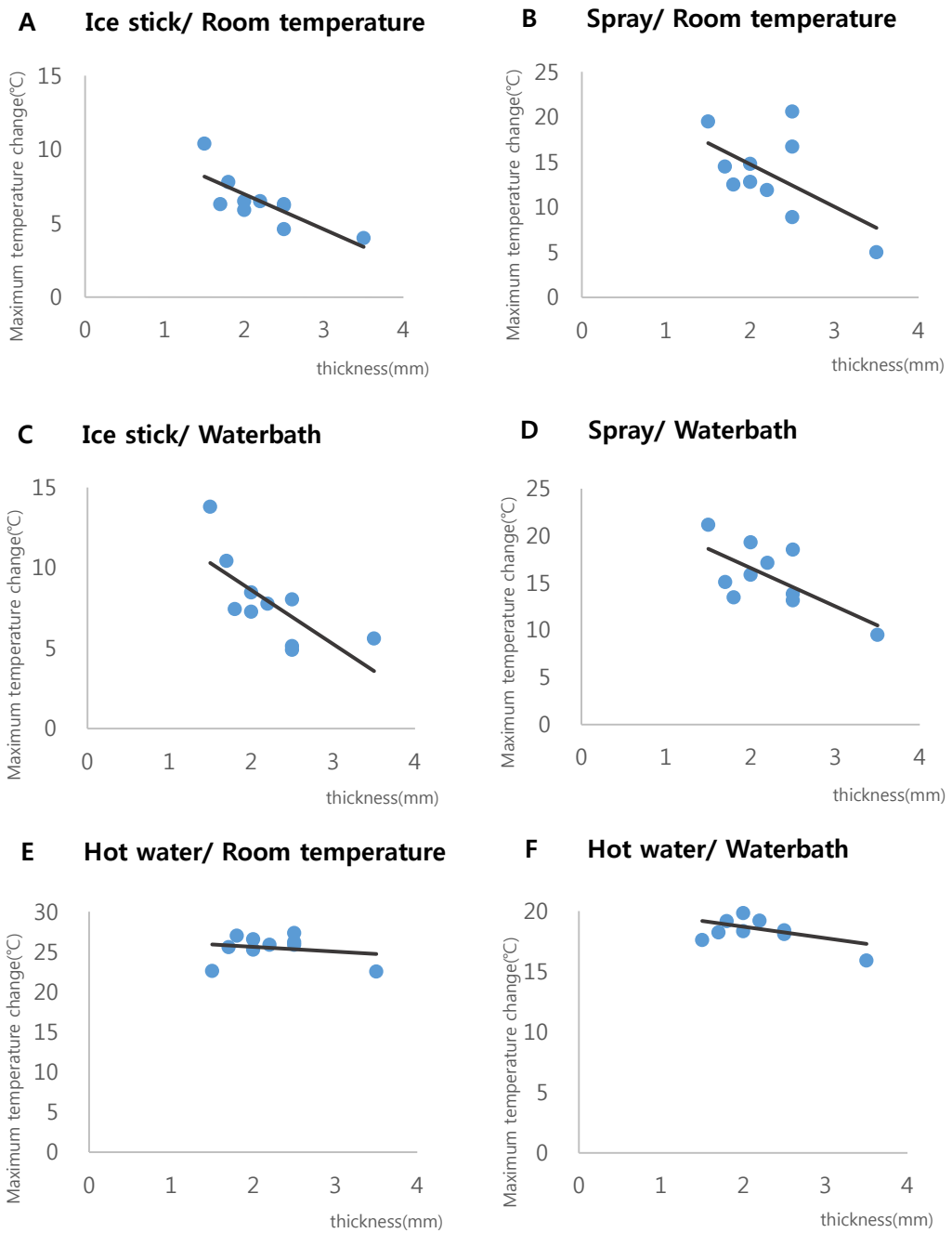


Figure 2. Maximum temperature changes by remaining enamel, dentin thickness

4. 온도자극 후 시간에 따른 온도변화량의 추이

대기중과 항온수조에 있는 치아에 얼음막대, 냉매제, 뜨거운 물을 적용한 후 시간에 따른 온도변화량의 추이는 Figure 3과 Table 5에 나타나 있다. 얼음막대와 냉매제를 적용한 경우는 대기 중에 있는 치아보다 항온수조에 있는 치아의 치수강 내 온도가 더 많이 감소하였고, 뜨거운 물을 적용한 경우는 대기 중에 있는 치아가 더 많이 증가하였다. 대기중에 있는 치아와 항온수조에 있는 치아 모두 냉매제를 적용한 경우 온도가 더 많이 감소하였다. 대기 중에 있는 치아에 뜨거운 물을 적용했을 때 10초 이후부터 온도가 약 10℃ 이상 증가하였고, 항온수조에 있는 치아는 약 7℃ 이상 증가하였다.

Table 5. Mean temperature changes ($^{\circ}\text{C} \pm \text{SD}$) following application of thermal stimuli to teeth on different ambient temperature (n=10)

Type	Time (s) following application of thermal stimuli					
	5	10	15	20	25	30
Ice at Room	-0.8 \pm 1.2	-2.5 \pm 2.2	-3.7 \pm 2.3	-4.4 \pm 1.7	-5.0 \pm 1.6	-5.8 \pm 1.8
Ice in waterbath	-0.4 \pm 0.5	-2.3 \pm 1.7	-4.0 \pm 2.4	-5.3 \pm 2.8	-6.3 \pm 3.0	-7.1 \pm 2.9
Spray at Room	-1.7 \pm 3.9	-5.9 \pm 4.3	-8.7 \pm 4.1	-10.7 \pm 4.0	-12.0 \pm 4.0	-13.0 \pm 4.0
Spray in water bath	-3.3 \pm 3.4	-8.3 \pm 3.7	-11.1 \pm 3.5	-12.9 \pm 3.4	-14.2 \pm 3.2	-15.1 \pm 2.8
Hot water at room	2.9 \pm 1.4	10.7 \pm 2.0	15.9 \pm 2.0	19.6 \pm 2.0	22.2 \pm 1.9	24 \pm 1.8
Hot water in water bath	1.5 \pm 1.1	7.3 \pm 1.3	11.2 \pm 1.3	14.3 \pm 1.4	16.2 \pm 1.3	17.7 \pm 1.2

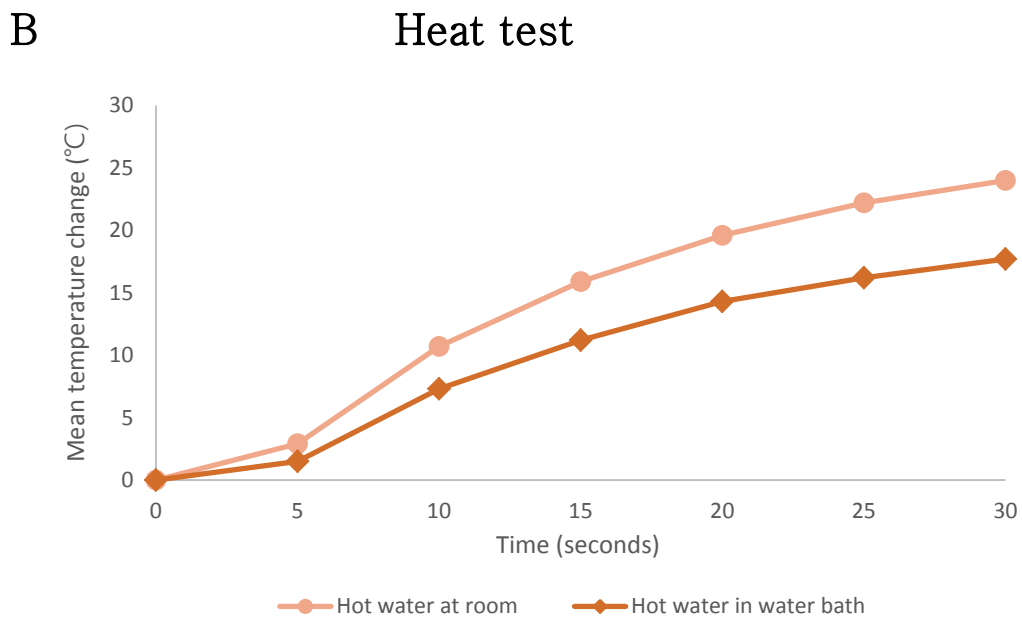
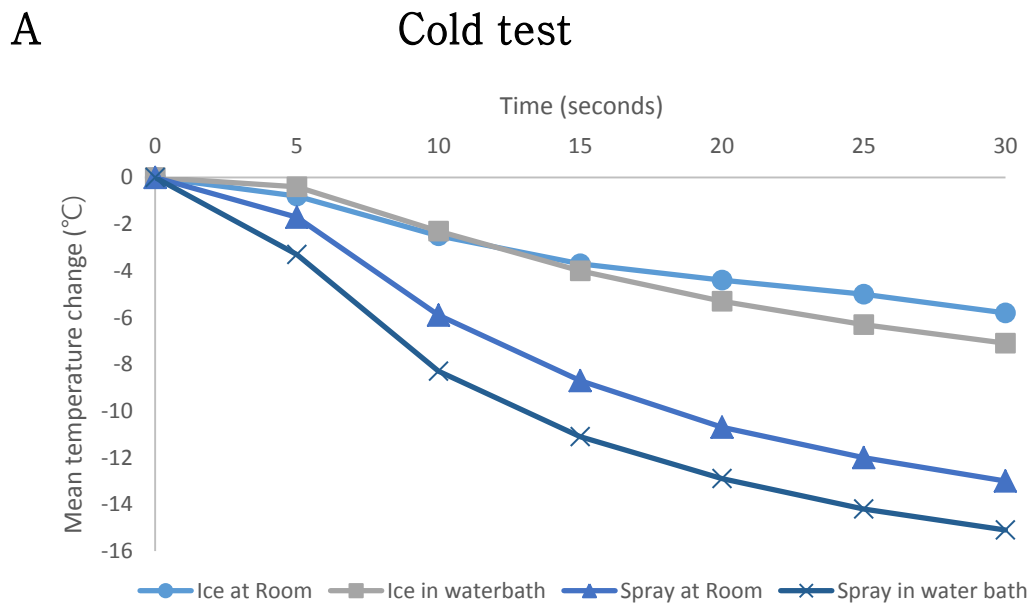


Figure 3. (A) Mean temperature changes ($^{\circ}\text{C} \pm \text{SD}$) following application of cold stimuli to teeth on different ambient temperature, (B) heat stimuli to teeth (n=10)

IV. 고찰

본 연구에서는 온도검사 시 주변 온도와 잔존치질의 두께가 치수강 내 온도 변화량에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 그리고 냉자극제로 사용한 얼음 막대와 냉매제 사이의 치수강 내 온도변화량도 비교하였다. Rickoff, Trowbridge 등은 발치한 치아를 항온수조에 담가 치수강 내 온도를 임상에서와 비슷하게 34℃로 재현하였다(Trowbridge, Franks et al. 1980, Rickoff, Trowbridge et al. 1988). 또한 Augsburger, Peters 등은 발치한 치아를 heating plate에 올려서 체온과 비슷한 온도로 유지하였다 (Augsburger and Peters 1981, Peters and Augsburger 1981). 이는 치수생활력 검사를 위한 냉/열검사 시 실제의 임상상황과 비슷하게 재현할 수 있고, 온도 변화 후 회복되는 속도를 임상과 비슷하게 재현할 수 있다. 또한, 임상에서 실제로 냉/열 자극이 가해졌을 때 치아 내부의 온도변화량을 알 수 있다.

실험 결과 냉/열자극을 가했을 시 대기 중에 있는 치아와 항온수조에 넣은 치아의 온도변화량은 차이가 있었다. 냉자극을 가했을 경우 대기 중에 있는 치아보다 항온수조에 넣은 치아가 최대온도감소량이 유의차 있게 더 컸다. 이는 치아 협면에 가해진 냉자극제인 얼음막대 (0℃), 냉매제(-54℃)의 온도와 치수강 내 시작온도의 온도차이가 다르기 때문일 것으로 생각된다. 온도자극을 주면 치아의 법랑질과 상아질을 통해 열전도가 일어나 치수강 내로 전달되

는데(Trowbridge, Franks et al. 1980), 열전도 시에는 두 물체 사이의 온도 차에 따라 열평형을 이루는 온도가 다르다. 본 실험에서, 항온수조에 치아를 넣어 치수강 내 시작온도를 34°C로 설정한 경우 대기 중에 있는 치아(23°C)보다 냉 자극제와의 온도차이가 더 크기 때문에 열평형을 이루는 온도가 더 낮아지게 되며, 이는 치수강 내의 온도감소량이 더 크게 나타나는 결과를 가져왔다. 열 자극을 가했을 경우는 반대의 경향을 보였다. 대기 중에 있는 치아보다 항온수조에 넣은 치아가 최대온도감소량이 유의차 있게 더 적었다. 60°C의 뜨거운 물을 치아 외부에 가한 경우, 항온수조에 넣은 치아의 치수강내 시작온도(34°C)는 대기 중에 있는 치아(24°C)보다 뜨거운 물과의 온도 차이가 더 작아서 열평형을 이루는 온도가 더 낮고 치수강 내의 온도증가량은 더 적게 나타났다.

Bierma는 대기 중에서 치아에 60°C의 뜨거운 물을 가한 경우 최대 온도 증가량이 17.4°C라고 하였다(Bierma, McClanahan et al. 2012). White 와 Cooley 는 대기중에 있는 치아에 약 60°C의 뜨거운 물을 가한 경우 최대 온도 증가량이 19.2°C라고 하였다(White and Cooley 1977). 본 연구에서는 대기 중에서 60°C의 뜨거운 물을 가한 경우 최대 온도 증가량이 25.5°C였다. 이는 이전 연구와 뜨거운 물을 가하는 속도와 양이 다르기 때문으로 생각된다.

얼음막대와 냉매제를 가한 경우도 치수강 내 온도변화가 유의차 있게 달랐는데, 냉매제를 가한 경우 최대온도감소량이 얼음막대보다 약 7°C 더 컸고, 최대온도변화율은 얼음막대보다 약 1°C/s 더 빨랐다. Linsuwanont 등은 온도 자극제가 치수강 내 온도를 더 많이 증가 혹은 감소시킬수록, 더 빠르게 변화

시킬 수록 강한 온도자극이라고 하였다(Linsuwanont, Palamara et al. 2008). 이 연구에서는 이산화탄소(드라이아이스), 냉매제, 불꽃에 달군 거타피차콘, 뜨거운 물이 강한 온도자극이며, 차가운 물과 얼음막대가 상대적으로 약한 온도자극이라고 하였다. 또한, Augsburgger 등은 우식이 없는 치아에 얼음막대, 냉매제, 이산화탄소(드라이아이스)를 적용하고 평균감소량을 분석한 결과 이산화탄소(드라이아이스), 냉매제, 얼음막대 순으로 온도감소량이 많다고 하였다(Augsburger and Peters 1981). Fuss 역시 이와 유사한 결과를 보고 하였다(Fuss, Trowbridge et al. 1986).

임상에서의 실제 온도변화량을 유추하기 위해서는 본 연구결과에서 보듯이 항온수조에 있는 치아와 대기 중에 있는 치아의 온도변화량이 유의차 있게 달랐기 때문에 체온과 비슷한 온도로 설정한 항온수조를 이용한 방법이 좋을 것으로 생각된다. 그러나 Augsburgger 등은 부피가 큰물에 치아를 넣고 실험을 할 경우 임상에서보다 더 빠르게 온도를 감소시킬 가능성이 있다고 하였고, Kodonas 등은 단순히 치아를 물에 넣는 것은 실제 치아 내부의 혈류를 재현할 수 없어서 혈류에 의한 열소실의 가능성을 제외하는 것이라고 하였다(Augsburger and Peters 1981, Kodonas, Gogos et al. 2009). 본 연구에서는 혈류를 그대로 재현하지는 않았지만, 항온수조와 치아 내부를 면구를 넣어 연결함으로써 치수강 내 온도가 일정하게 유지되도록 하고 온도감지기에는 물이 직접적으로 닿지 않도록 하였다. 그리고 면구의 모세관현상과 치수강 내와 항온수조의 온도차로 인한 열이동을 통해 지속적으로 치수강 내에 수조의 물에

의해 열공급이 되었다. 이는 수동적인 순환(passive circulation)이 되게 함으로써 열손실에 영향을 줬을 것으로 생각한다.

Fuss는 잔존 법랑질/상아질 두께에 따라 열 차단율이 다르기 때문에 치수강 내 온도변화량이 잔존 법랑질/상아질 두께에 따라 다르게 나타난다고 하였다 (Fuss, Trowbridge et al. 1986). 본 연구 결과, 항온수조에서 냉매제를 적용한 경우를 제외하고 대기 중에서 얼음막대와 냉매제를 적용한 경우, 항온수조에 있는 치아에 얼음막대를 적용한 경우 잔존 법랑질/상아질 두께가 적을수록 온도변화량이 크게 나타났다. 이는 온도측정 단자와 자극이 가해지는 부위 사이에 존재하는 치질의 두께가 두꺼울 수록 차단되는 열의 양이 많기 때문일 것으로 생각한다. 임상적으로는 나이, 치아 위치, 이차상아질의 형성 등에 따라 냉검사 시에 치아의 온도변화량이 다를 수 있음을 알 수 있다. 그러나 Trowbridge 등의 연구결과에 따르면, 발치된 치아에 온도자극을 주었을 때 온도가 상승 혹은 감소하기 시작하는 시간과 잔존치질의 두께의 상관계수가 0.91 인 것에 비해 환자가 열자극과 냉자극을 느끼는 데 걸리는 시간과 잔존치질의 두께의 상관계수는 각각 0.25, 0.27 이었다(Trowbridge, Franks et al. 1980). 즉, 온도검사 시에 환자가 감각을 느끼는 데 걸리는 시간은 잔존치질의 두께와는 크게 상관이 없다. 그러므로 본 연구결과를 임상에서 냉자극을 가했을 때 환자가 반응하는 데 걸리는 시간이 잔존치질의 두께와 관련이 있다고 해석하는 것은 무리가 있다.

이에 반해 본 연구에서 열자극을 가했을 경우는 잔존 치질의 두께와 크게 상관이 없었다. 이는 냉자극을 주는 경우는 치아의 협측면에만 자극을 가하지

만 열자극을 주는 경우는 치관 전체가 뜨거운 물에 잠기게 되서 온도측정 단자가 위치하는 부위와 협측면 사이의 두께가 미치는 영향이 상대적으로 적기 때문이다.

임상에서 온도검사를 하는 경우, 특히 열검사의 경우 치수의 손상 가능성에 대해 주의하여야 한다. Pohto는 외부에서 가해지는 치수강 내 온도가 42℃ 이상 넘어가면 치수의 손상이 시작될 수 있다고 하였고, 2분 이상 열자극을 가해 46℃ 이상을 넘어가는 경우 혈류가 중지되어 치수괴사가 발생할 수 있다고 하였다(Pohto and Scheinin 1958). 또한, Zach는 5.5℃ 이상의 온도상승은 치수손상을 일으킬 가능성이 있다고 하였다(Zach and Cohen 1965). 본 연구 결과를 보면, 항온수조에 있는 치아에 뜨거운 물을 적용하고 10초 경과 후 약 7℃의 온도상승을 보였다. 치아 내의 혈류는 열을 분산시켜서 온도상승을 억제하는 역할을 한다. 그러나 치아의 혈류를 실험상에서 정확하게 재현하는 것은 어렵기 때문에 본 연구결과를 그대로 임상에 적용하기는 어렵다.

결론적으로 온도자극을 치아에 가했을 때 주변 온도는 치수강 내 온도변화량에 영향을 주었고, 냉자극제를 대는 경우 치질의 두께와 치수강 내 온도변화는 유의한 상관성을 나타내었다. 그리고 냉매제는 얼음막대보다 더 빠르고 많이 치수강 내 온도를 감소시켰으므로 강한 온도 자극이라고 볼 수 있다. 그러나 이러한 차이는 치수강 내 온도변화량과 온도변화율에만 국한된 것이므로 임상에서 온도검사를 했을 때 환자가 반응하는 데 걸리는 시간과의 관련성은 추가적인 연구가 필요하다.

V. 결론

이번 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1. 온도검사 시 대기중에 있는 치아와 항온수조에 있는 치아의 온도변화량은 유의차 있게 다르다.
2. 냉검사 시에는 온도감소량이 잔존치질의 두께에 반비례하지만, 열검사 시에는 잔존치질의 두께와 큰 상관성이 없다.
3. 주변온도가 같을 때 냉매제는 얼음막대보다 치아의 온도를 더 빠른 속도로 많이 감소 시킨다.

References

- Augsburger, R. A. and D. D. Peters (1981). "In vitro effects of ice, skin refrigerant, and CO2 snow on intrapulpal temperature." J Endod **7**(3): 110-116.
- Baldissara, P, S. Catapano and R. Scotti (1997). "Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth: a preliminary study." J Oral Rehabil **24**(11): 791-801.
- Bierma, M. M., S. McClanahan, M. K. Baisden and W. R. Bowles (2012). "Comparison of Heat-testing Methodology." Journal of Endodontics **38**(8): 1106-1109.
- Dachi, S. F., J. V. Haley and J. E. Sanders (1967). "Standardization of a test for dental sensitivity to cold." Oral Surg Oral Med Oral Pathol **24**(5): 687-692.
- De Moraes, C. A. H., N. Bernardineli, W. M. Lima, R. R. Cupertino and D. M. Z. Guerisoli (2008). "Evaluation of the temperature of different refrigerant sprays used as a pulpal test." Australian Endodontic Journal **34**(3): 86-88.
- Dowden, W. E., F. Emmings and K. Langeland (1983). "The pulpal effect of freezing temperatures applied to monkey teeth." Oral Surg Oral Med Oral Pathol **55**(4): 408-418.

- Fuss, Z., H. Trowbridge, I. B. Bender, B. Rickoff and S. Sorin (1986). "Assessment of reliability of electrical and thermal pulp testing agents." J Endod **12**(7): 301-305.
- Jones, D. M. (1999). "Effect of the type carrier used on the results of dichlorodifluoromethane application to teeth." J Endod **25**(10): 692-694.
- Kodonas, K., C. Gogos and D. Tziafas (2009). "Effect of simulated pulpal microcirculation on intrapulpal temperature changes following application of heat on tooth surfaces." Int Endod J **42**(3): 247-252.
- Langeland, K., G. Toben, S. Eda and L. K. Langeland (1969). "The effect of lowered temperatures on dental tissues." J Conn State Dent Assoc **43**(1): 12-25.
- Linsuwanont, P., J. E. Palamara and H. H. Messer (2008). "Thermal transfer in extracted incisors during thermal pulp sensitivity testing." Int Endod J **41**(3): 204-210.
- Naylor, M. N. (1963). Studies on the mechanism of sensation to cold stimulation of human dentin. Sensory mechanism of dentin D. J. Anderson. Oxford, Pergamon Press: pp 80-87.
- Park, S. H., J. F. Roulet and S. D. Heintze (2010). "Parameters influencing increase in pulp chamber temperature with light-curing devices: curing lights and pulpal flow rates." Oper Dent **35**(3): 353-361.

- Peters, D. D. and R. A. Augsburger (1981). "In vitro model system to evaluate intrapulpal temperature changes." J Endod **7**(7): 320-324.
- Peters, D. D., J. C. Baumgartner and L. Lorton (1994). "Adult pulpal diagnosis. I. Evaluation of the positive and negative responses to cold and electrical pulp tests." J Endod **20**(10): 506-511.
- Petersson, K., C. Soderstrom, M. Kiani-Anaraki and G. Levy (1999). "Evaluation of the ability of thermal and electrical tests to register pulp vitality." Endod Dent Traumatol **15**(3): 127-131.
- Pohto, M. and A. Scheinin (1958). "Microscopic Observations on Living Dental Pulp II. The Effect of Thermal Irritants on the Circulation of the Pulp in the Lower Rat Incisor." Acta Odontologica Scandinavica **16**(3): 315-327.
- Rickoff, B., H. Trowbridge, J. Baker, Z. Fuss and I. B. Bender (1988). "Effects of thermal vitality tests on human dental pulp." J Endod **14**(10): 482-485.
- Robinson, H. B. and W. Lefkowitz (1962). "Operative dentistry and the pulp." The Journal of Prosthetic Dentistry **12**(5): 985-1001.
- Trowbridge, H. O., M. Franks, E. Korostoff and R. Emling (1980). "Sensory response to thermal stimulation in human teeth." J Endod **6**(1): 405-412.
- White, J. H. and R. L. Cooley (1977). "A quantitative evaluation of thermal pulp testing." Journal of Endodontics **3**(12): 453-457.

Zach, L. and G. Cohen (1965). "Pulp Response to Externally Applied Heat." Oral Surg Oral Med Oral Pathol **19**: 515-530.

Abstract

Influence of ambient temperature and thickness of tooth on intrapulpal temperature changes during thermal pulp test

YooJu Jung

Department of Dentistry

The Graduate School, Yonsei university

(Directed by Il-Young, D.D.D., M.S.D., Ph D.)

The aim of this study is to evaluate the influence of both the ambient temperature and thickness of tooth on intrapulpal temperature changes during thermal pulp test. Additionally, to compare the pulpal change of teeth between when applied ice stick and refrigerant spray.

10 extracted intact human premolar teeth were used and 3 trials were performed on each every tooth.

Methods and conditions of each experiment were as follows:

Ice stick, refrigerant spray(Frigi-DENT, ellman International, INC. Oceanside, Newyork, USA), hot water(60°C) with rubber sheet were applied

on teeth at room temperature followed by in the waterbath, each test was performed for 30 seconds. Initial intrapulpal temperatures in the air and water were stabilized to $34 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, respectively. The temperatures were recorded via a data logger(Agilent 34970A, Agilent Tech, Santaclara, California, USA) connected a K-type thermocouple in the pulpal dentin. Data were analysed using Mixed model analysis and Pearson's correctional coefficient.

The following results were obtained.

1. In cold test, the maximum temperature change of teeth in the waterbath was higher than at room temperature($p < 0.05$), but there was no significant statistical difference in the maximum rate of temperature change. When hot water was applied at room temperature, the maximum temperature change and maximum rate of temperature change were higher than in the water bath($p < 0.01$).
2. Refrigerant spray application had resulted in statistically greater and quicker temperature change than ice stick ($p < 0.01$).

3. When icestick was applied to teeth at room temperature, ice stick and refrigerant spray to teeth in the waterbath, the thicker remaining tooth thickness was the less pulpal temperature decreased. But, the comparison between maximum temperature change and the tooth thickness when hot water was applied established lower correlation.

Based on the results of this study, the following can be concluded.

1. During thermal pulp test, There were significant differences on intrapulpal temperature changes teeth between at room temperature and in the waterbath.
2. In cold test, intrapulpal temperature change was in inverse proportion to the remaining tooth thickness, but, there was a weak correlation in heat test.
3. Refrigerant spray had decreased greater and quicker intrapulpal temperature than ice stick.

Key words: thermal test, room temperature, waterbath, tooth thickness, ice stick, refrigerant spray