

초음파 도플러 그래피를 이용한  
치수 혈류 측정

연세대학교 대학원

치 의 학 과

윤 민 정

초음파 도플러 그래피를 이용한  
치수 혈류 측정

지도 박 성 호 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2009년 6월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

윤 민 정

# 윤민정의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

연세대학교 대학원

2009년 6월 일

## 감사의 글

처음 접해보는 초음파 도플러 기기를 가지고 연구를 시작할 때만 해도 부족한 지식과 수많은 시행 착오로 인해 좌절도 많이 하고 힘이 들 때가 많았습니다. 하지만 돌이켜보니 그 모든 것이 제게는 얼마나 귀중하고 의미 있는 일이었던가 새삼 깨닫게 됩니다.

논문의 처음부터 완성되기까지 따뜻한 배려와 가르침으로 이끌어 주신 박성호 지도 교수님께 진심으로 감사드리며, 귀중한 시간을 내어 부족한 논문을 살펴주신 이승중 교수님, 김의성 교수님께도 감사 드립니다.

아울러 수련기간 동안 아낌없는 격려와 많은 가르침을 주신 이찬영 교수님, 노병덕 교수님, 정일영 교수님, 박정원 교수님, 공형규 교수님, 신수정 교수님께도 감사를 드립니다. 또한 수련 생활을 하면서 서로 의지하고 많은 힘이 되어주었던 동기들과 후배들에게도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

마지막으로 언제나 저를 걱정해 주시고 큰 사랑을 베풀어 주시는 부모님과 항상 옆에서 큰 힘이 되어 주는 남편, 멀리서 격려해주셨던 시부모님, 동생들과 이 기쁨을 나누고 싶습니다.

2009년 6월

저자 씀

# 차 례

그림 차례 .....	ii
표 차례 .....	iii
국문 요약 .....	iv
I. 서론.....	1
II. 연구 대상 및 방법 .....	4
1. 연구 대상.....	4
2. 연구 방법.....	4
3. 통계 분석.....	7
III. 결과 .....	8
IV. 고찰 .....	17
V. 결론 .....	22
참고문헌.....	23
부록.....	25
Abstract .....	41

## 그림 차례

Figure 1. Ultrasound Doppler Graphy and 20MHz Probe.....	5
Figure 2. Template for repositioning probe.....	6
Figure 3. Examples of Ultrasound Doppler Graphy on Vital and Root filled tooth.....	8
Figure 4. Comparison of each variables in Vital and Root filled group .....	9
Figure 5. Changes of Vas(Maximum linear velocity, cm/s) .....	9
Figure 6. Changes of Vam(Average linear velocity, cm/s).....	10
Figure 7. Changes of Vakd(Minimum linear velocity, cm/s).....	11
Figure 8. Changes of Qas(Maximum volume velocity, ml/min) .....	12
Figure 9. Changes of Qam(Average volume velocity, ml/min) .....	13
Figure 10. Changes of PI(Pulsation index) .....	14
Figure 11. Changes of RI(Circulation resistance) .....	15

## 표 차례

Table 1. Definition of Ultrasound Doppler Graphy variables .....	7
Table 2. Comparison of Vas between Omin and other times .....	10
Table 3. Comparison of Vam between Omin and other times.....	11
Table 4. Comparison of Vakd between Omin and other times .....	12
Table 5. Comparison of Qas between Omin and other times .....	13
Table 6. Comparison of Qam between Omin and other times.....	14
Table 7. Comparison of PI between Omin and other times.....	15
Table 8. Comparison of RI between Omin and other times.....	16

## 국 문 요 약

# 초음파 도플러 그래피를 이용한 치수 혈류 측정

본 연구는 초음파 도플러 그래피를 이용했을 때, 생활치와 무수치 사이에 치수 혈류 속도에 차이가 있는지와 건강한 치아에 국소 마취를 했을 때 치수 혈류 속도의 변화를 측정할 수 있는지를 알아보기 위해 시행되었다.

<실험 1> 생활치와 무수치 간에 초음파 도플러 계측 항목의 차이를 알아보기 위해, 상,하악 전치부 근관 치료를 시행 받은 병력이 있는 자 중, 근관 치료를 시행 받은 치아의 반대편 대응치에 치아 생활력이 있는 11명(평균 나이 32.06세, 남 3명/ 여 8명)을 연구 대상으로 하였다. 초음파 도플러 그래피를 이용하여 근관 치료를 받은 치아와 생활력이 있는 대응치의 치수 혈류를 측정하였으며, 측정 항목은 Vas, Vam, Vakd, Qas, Qam, PI, RI 등 총 7개 항목이었다.

<실험 2> 국소 마취 전, 후의 치수 혈류의 변화를 알아보기 위해, 건강한 성인 지원자 18명(평균 나이 26.7세, 남 13명 / 여 5명)을 대상으로 1:80,000 에피네프린이 함유된 2% 리도카인 1앰플을 이용하여 상악 중절치 치근단 부에 침윤 마취를 시행한 후 각 5, 10, 20, 30, 45, 60분 후에 초음파 도플러 그래피 측정을 시행하였다. 측정 항목은 Vas, Vam, Vakd, Qas, Qam, PI, RI 등 총 7개 항목이었다.

계측된 자료들은 SAS system 프로그램을 이용하여 통계 처리하였으며, 실험 1에서는 각각의 계측치마다 생활치와 무수치 그룹의 차이를 Paired t-test를 이용하여 0.05의 유의수준에서 검정하였다. 실험 2에서는 mixed procedure를 이용하여 전체적인 치수 혈류의 변화를 0.05의 유의수준으로 검정하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.



1. 초음파 도플러 그래피를 이용하여 치수 생활력이 있는 치아와 근관 치료를 시행한 무수치에서 초음파 도플러 계측 항목을 비교한 결과 PI 항목을 제외한 모든 항목(Vas, Vam, Vakd, Qas, Qam, RI)에서 생활치와 무수치 사이에 유의성 있는 차이가 있는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ).

2. 18 명의 성인을 대상으로 1:80,000 에피네프린이 함유된 2% 리도카인 1 앰플을 이용하여 침윤 마취 전, 후의 상악 중절치의 치수 혈류의 변화를 관찰한 결과 Vam, Vakd, Qam 에서는 마취 후 30 분까지 감소하다가 60 분 이후에 마취 이전의 상태를 회복하였다. Vas, Qas 도 마취 후 30 분까지 감소하다가 이 후 서서히 증가하는 경향을 보이지만, 60 분 후에도 마취 이전의 상태를 회복하지는 못하였다. PI 와 RI 의 경우에는 마취 후 30 분까지 증가하다가 서서히 감소하는 양상을 보여주었으나, 60 분 후에도 마취 이전의 상태로 회복되지는 않았다.

이번 연구를 통해 초음파 도플러 그래피를 이용하여 생활치와 무수치를 구별하는 것이 가능하고, 초음파 도플러 그래피가 치수 혈류의 변화를 측정하는데 매우 유용하게 쓰일 수 있다는 것을 알 수 있었다.

---

**핵심되는 말** : 초음파 도플러 그래피, 치수 혈류 속도, 치수 생활력

# 초음파 도플러 그래피를 이용한 치수 혈류 측정

<지도교수 : 박 성 호>

연세대학교 대학원 치의학과

윤 민 정

## I. 서론

치수 생활력에 대한 임상적 접근은 주로 냉검사, 전기치수검사 (Electronic Pulp Test)를 통해 주로 이루어져 왔다. 하지만 이는 혈행 공급의 건강함을 기준으로 치수 생활력을 결정하는 것이 아니라, 치수 신경 섬유의 상태만을 평가하는 방법이기 때문에, 치수 생활력에 대한 정보를 제공하는데 있어 한계점을 가진다. 특히 치아가 외상을 받은 경우, 신경 말단 또는 감각 신경 수용기의 전달 능력이 저하되어 냉검사, 전기치수검사에 위음성(false-negative) 반응을 보일 수 있다 (Yu 등, 2009).

치수 혈류량을 측정하기 위하여 Kim 등(1984)은 Microsphere technique 을 이용하여 에피네프린이 치수 혈류량에 미치는 영향을 연구하였는데, 1:100,000 에피네프린이 함유된 2% 리도카인을 개의 견치에 마취했을 때, 5 분 후 치수 혈류량의 70%가 감소하였고, 약 15 분 후 정상적인 치수 혈류량으로 복귀되었다. Microsphere technique 은 치수 혈류량을 측정하는데 있어 매우 정확한 방법이지만, 침습적인 방법이기 때문에 임상에서 사용하기에 적합하지 않다. 치수의 혈류를 관측할 수 있는 또 다른 방법으로, 움직이는 적혈구 세포가 존재할 때 레이저 광선의 주파수가 바뀌는 도플러 원리를 이용하는 레이저 도플러 검사(Laser Doppler Flowmetry)가 있다(Yu 등, 2009). Orgart 등(1988)은 탈구 손상을 입은 치아를 대상으로 레이저 도플러 검사를 시행한 결과, 레이저 도플러 검사가 현재 사용되고 있는 간접적인 치수 생활력 검사에 비해 객관적이고 정확하다고 보고하였다. Wilder-Smith 등(1988)은 치아 우식이 없는 건전한 치아와 치아 우식증이 있는 치아에서 레이저 도플러 검사를 이용하여 치수 혈류량의 차이를 연구하였는데, 법랑질에 국한된 우식증이나 상아질의 표층에만 진행된 우식증의 경우 우식이 없는 치아에 비해 치수 혈류량에 차이가 없었으나, 깊은 상아질 우식증에서는 치수 혈류량이 증가한다고 보고하였다. 또한 Pitt Ford 등(1993)은 레이저 도플러 검사를 이용하여 국소마취용액에 포함된 아드레날린의 역할에 대해 연구하였는데, 아드레날린이 포함되지 않은 2% lignocaine 을 사람의 상악 전치부에 침윤마취 시 치수 혈류량에는 변화가 없었으나, 아드레날린이 포함된 2% lignocaine 으로 침윤마취를 시행했을 때에는 30%정도 치수 혈류량이 감소하였고, 아드레날린이 포함되지 않은 lignocaine 에 비해 마취 시간도 4 배정도 증가한다고 보고하였다.

초음파 도플러 검사(Ultrasound Doppler Flowmetry)는 의과 영역에서 오래 전부터 임상에서 광범위하게 사용되어온 진단 기구로, 비침습적이고 방사선 노출이 없는 방법이다. 초음파 도플러 검사에서는 젤을 통해 음향 접촉이

이루어지며, 음향적, 시각적으로 그 결과를 나타내고, 혈관의 종류(동맥 또는 정맥)를 확인할 수 있고, 연구 대상 혈관 단면에 따른 다양한 속도를 알 수 있다.

초음파 도플러 검사가 치과 영역에 사용된 것은 최근의 일로, Cotti 등(2003)은 치근단 병소를 가지고 있는 11 명의 환자를 대상으로 술 전 초음파 도플러 검사를 이용한 진단과 술 후 병소의 병리학적 소견을 비교한 결과 11 증례에서 모두 일치하였고, 초음파 도플러 검사를 이용하여 치근단 병소의 감별진단이 가능하다고 보고하였다. 또한 Rajendran 등(2007)은 치근단 병소를 가진 치아의 비외과적 근관치료 후 병소의 치유 정도를 초음파 도플러 검사를 이용하여 측정된 결과, 치근단 병소의 크기 변화 및 혈관의 분포, 혈류량의 변화를 통해 치근단 병소의 치유 여부를 판별할 수 있었다고 보고하였다. Lustig 등(2003)은 20 명의 건강한 지원자를 대상으로 하악의 설측공(lingual foramina)를 지나는 혈류의 속도와 혈관의 직경을 초음파 도플러 검사를 이용하여 측정하였는데, 혈관 직경은 0.18 - 1.8mm 였고, 혈류 속도는 0.7-3.7ml/min 이었다.

이상과 같이 초음파 도플러 검사법을 이용하여 치아 주위 조직의 혈류 속도는 성공적으로 측정하였으나, 치수에 대한 혈류 측정에 있어서는 치아가 단단한 조직에 둘러싸여 있고, 측정시 치수 혈류 흐름이 매우 미약하여(예, 상악 중절치(Vas) : 0.63cm/s) 재현성이 떨어지는 한계가 있었다. Berson 등(1999)에 의하면 최근 20MHz 이상의 고주파수를 이용한 초음파 도플러 검사 장비가 개발되어 0.50mm/s 이하의 혈류 속도까지 측정이 가능하다고 보고되고 있다.

이에 본 연구는 먼저 초음파 도플러 그래피를 이용하여 생활치와 무수치 사이에 혈류 계측치 간에 차이가 있는지 알아보고, 또한 초음파 도플러 그래피가 국소 마취 후 치수 혈류의 변화를 측정할 수 있는지 연구하기 위하여 시행되었다.

## II. 연구 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

<실험 1> 생활치와 무수치 그룹간의 초음파 도플러 계측 항목 차이

상,하악 전치부 근관 치료를 시행 받은 병력이 있는 자로서 근관 치료를 시행 받은 치아의 반대편 대응치가 치아 생활력이 있는 자 중, 지원자 11 명(평균 나이 32.06 세, 남 3 명/ 여 8 명)을 연구 대상으로 하였다. 생활치의 경우 우식이 없고, 외상병력이 없었으며, 치아 생활력 여부는 냉검사, 전기치수검사에 반응 여부로 확인하였다. 전신적으로 심혈관 질환이 있는 경우는 제외하였다.

<실험 2> 국소 마취 전, 후의 치수 혈류의 변화

심혈관 질환이 없는 건강한 성인 지원자 18 명(평균 나이 26.7 세, 남 13 명/ 여 5 명)을 대상으로, 상악 중절치가 치아 생활력이 있고, 우식이나 수복물, 외상 병력이 없으며, 교정치료를 시행 받은 적이 없는 자를 연구 대상으로 하였다.

본 연구는 연세대학교 치과대학병원 임상시험위원회의 허가를 받았다 (허가번호 2-2008-0022).

### 2. 연구 방법

#### 가. 실험 기기

치수 혈류를 측정하기 위하여 혈류 검사용 초음파 도플러 그래피 MM-D-K(Minimax, Russia)를 이용하였다. MM-D-K 의 용도는 직경이 7mm

이하인 동맥과 정맥 뿐만 아니라, 직경 3mm 이하의 미세혈관에서의 혈류를 비침투적 방법으로 측정할 수 있다. 본 연구에서는 주파수 20MHz 의 센서를 이용하였는데, 약 0.8cm 깊이의 혈액 역학을 측정할 수 있다 (Fig. 1). 치수의 혈류 상태는 프로그램을 이용하여 도플러 신호의 스펙트럼 분석 데이터에 따라 측정하였다. 신호를 얻기 위하여 접촉 매질로 초음파 젤을 이용하였고, 센서는 치아의 경부에 치은 쪽으로 약 60 도 각도로 위치시켰다.

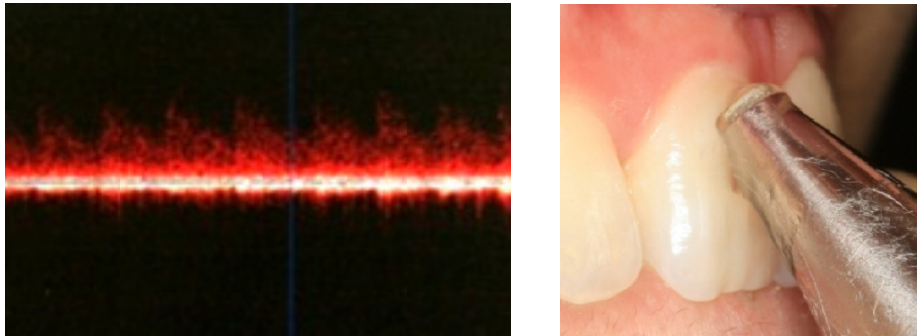


Fig. 1. Ultrasound Doppler Graphy(left) and 20MHz Probe(right).

#### 나. 실험 방법

<실험1> 생활치와 무수치 그룹간의 초음파 도플러 계측 항목 차이

1명의 동일한 실험자가 11명의 지원자를 대상으로 초음파 도플러 그래피를 이용하여 15개 무수치와 15개 생활치의 치수 혈류 상태를 측정하였다. 생활치의 경우 초음파 도플러 검사를 시작하기 전에 냉검사, 전기치수검사에 양성 반응을 보이는 것을 확인하였다. 환자의 위치, 생리학적인 상태 등이 측정 결과에 영향을 미칠 수 있으므로, 측정 시작 10분 전에 충분한 휴식을 취하였다. 휴식 후 환자를 앙와위 자세로 위치시키고, 먼저 대상 치아의 주변을 건조시킨 후 초음파 젤을 치아 경부에 적정량을 도포하였다. 20MHz의 센서를 이용하여 근관 치료를 시행한 무수치와 반대측 악궁에 있는 생활력이 있는 대응치의 치수 혈류를 계측하였다.

#### <실험2> 국소 마취 전,후의 치수 혈류의 변화

1명의 동일한 실험자가 18명의 지원자를 대상으로, 측정 시작 10분 전 충분한 휴식을 취한 후 양와위 자세에서 치수 혈류를 측정하였다. 먼저 실험 시작하기 전에 동일한 부위에 센서를 위치시키기 위하여 0.5mm 두께의 copyplast (Dentaram, German)를 이용하여 template를 제작하였고, 치아의 경부에 template 구멍을 뚫어 센서의 위치를 정하였다 (Fig. 2). 먼저 마취할 치아가 냉검사, 전기치수검사에 양성 반응을 보이는 것을 확인한 후, 경부에 초음파 도플러 젤을 도포한 후 20MHz의 센서를 이용하여 국소 마취 전의 치수 혈류 상태를 측정하였다. 이 후 1:80,000 에피네프린이 함유된 2% 리도카인 1.8 ml(1앰플)을 이용하여 상악 중절치 치근단 부에 침윤 마취를 시행하였다. 침윤 마취 후 각각 5,10,20,30,45,60분 후에 마취된 치아에 냉검사, 전기치수검사, 초음파 도플러 그래피 측정을 시행하였다.



Fig. 2. Template for repositioning probe.

#### 다. 혈류 상대 계측 항목

본 연구에서는 초음파 도플러 그래피를 이용하여 혈류의 최고 선형 속도  $V_s(\text{cm/s})$ , 평균 선형 속도  $V_{am}(\text{cm/s})$ , 최저 선형 속도  $V_{akd}(\text{cm/s})$ , 최고 부피 속도  $Q_s(\text{ml/min})$ , 평균 부피 속도  $Q_{am}(\text{ml/min})$ 을 측정하였다. 또한 혈관 벽에서의 혈류에 대한 저항력에 대한 지표로서 맥동 지수인 PI, 저항력 지수인 RI를 측정하였다 (Table 1). PI는 심장 사이클 동안에 심장 수축기에서의 최대 속도와 심장 이완기에서 최소 속도의 차이를 심장 한 사이클 동안의 평균 속도로

나눈 수치이며, RI는 단순한 저항력 지표로 심장 사이클 동안의 평균 속도는 고려하지 않고 단지 최고 속도와 최저 속도의 차이를 최고 속도로 나눈 수치이다.

Table 1. Definition of Ultrasound Doppler Graphy variables.

Variables	Definition
Vas(cm/s)	Maximum linear velocity during systolic period
Vam(cm/s)	Average linear velocity during systolic period
Vakd(cm/s)	Minimum linear velocity during diastolic period
Qas(ml/min)	Maximum volume velocity during systolic period
Qam(ml/min)	Average volume velocity during systolic period
PI	Pulsation index : resilience of blood vessel
RI	Circulation resistance

### 3. 통계 분석

계측된 자료들을 SAS system 프로그램을 이용하여 통계처리하였다.

<실험1> 생활치와 무수치 그룹간의 초음파 도플러 계측 항목 차이

생활치와 무수치 그룹간에 초음파 도플러 계측 항목 사이에 차이가 있는지 알아보기 위하여, 각각의 계측치마다 생활치와 무수치 그룹의 평균과 표준편차를 구한 후 Paired t-test를 이용하여 0.05의 유의수준으로 검정하였다.

<실험2> 국소 마취 전,후의 치수 혈류의 변화

국소마취 전(0분)과 국소마취 후 5,10,20,30,45,60분 후 시간 별로 각각의 계측치의 평균과 표준편차를 계산하였으며, 이를 mixed procedure를 이용하여 전체적인 혈류 속도 변화를 0.05의 유의수준으로 검정하였다.



### III. 결과

#### 1. 실험 1-생활치와 무수치 그룹간의 초음파 도플러 계측 항목 차이

치아생활력이 있는 생활치와 근관치료를 시행한 무수치 그룹을 초음파 도플러 그래피를 이용하여 계측한 결과, 생활치의 경우 Vas는 평균 0.781cm/s, Vam은 평균 0.274cm/s, Vakd는 평균 0.295cm/s, Qas는 평균 0.368ml/min, Qam은 평균 0.129ml/min, PI는 평균 0.958, RI는 평균 0.584로 측정되었다. 무수치의 경우 Vas는 평균 0.368cm/s, Vam은 평균 0.032cm/s, Vakd는 평균 0.072cm/s, Qas는 평균 0.162ml/min, Qam은 평균 0.015ml/min, PI는 평균 1.168, RI는 평균 0.683으로 측정되었다.

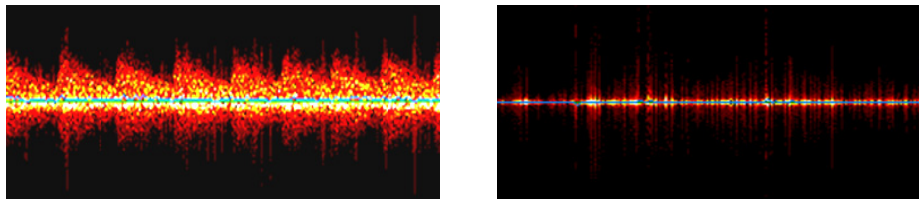


Fig. 3. Examples of Ultrasound Doppler Graphy on Vital tooth(left) and Root filled tooth(right)

생활치와 무수치 그룹 간에 차이가 있는지 paired t-test를 시행한 결과 PI를 제외한 계측항목(Vas, Vam, Vakd, Qas, Qam, RI)에서 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ) (Fig. 4).

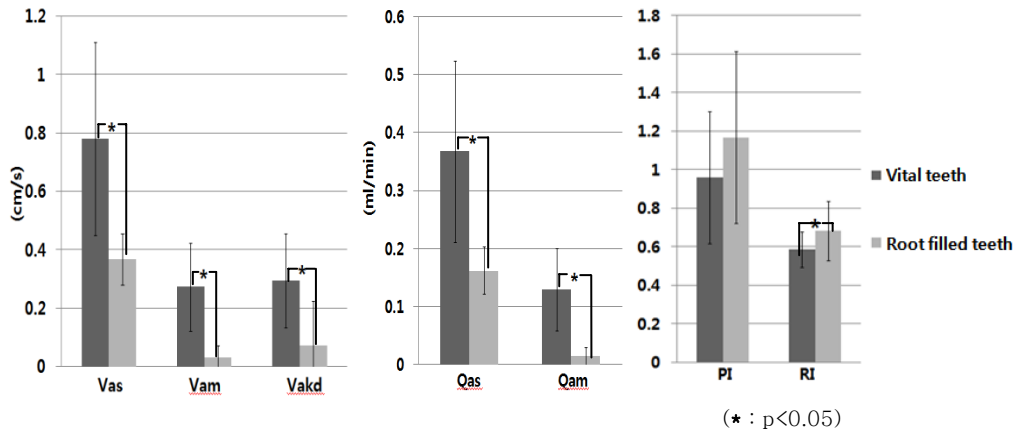


Fig. 4. Comparison of each variables in Vital and Root filled group

## 2. 실험 2-국소마취 전, 후의 치수 혈류의 변화

(1) Vas(Maximum linear velocity, cm/s)의 경우 마취 전(0분) 측정치가 평균 0.9763cm/s였고, 마취 후 5분에는 평균 0.5171cm/s, 10분에는 평균 0.4598cm/s, 20분에는 0.4215cm/s, 30분에는 0.4939cm/s, 45분에는 0.6128cm/s, 60분에는 0.7234cm/s를 나타내었다 (Fig. 5).

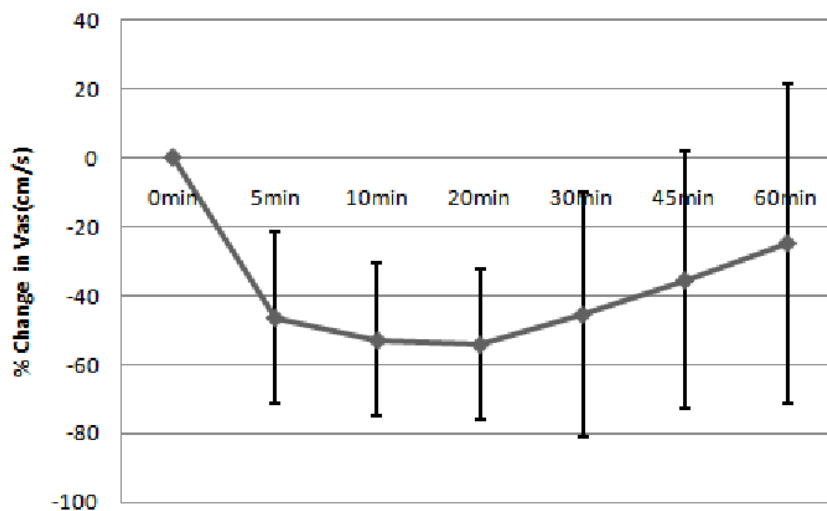


Fig. 5. Changes of Vas(Maximum linear velocity, cm/s)

마취 후 각 시간 별로 측정된 Vas를 마취 전(0분)과 비교했을 때, mixed procedure를 실시한 결과 마취 후 5,10,20,30,45,60분 모두에서 마취 전(0분)과 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ) (Table 2).

Table 2. Comparison of Vas between 0min and other times

Vas(cm/s)	5분	10분	20분	30분	45분	60분
Significance	S	S	S	S	S	S

S:significant

(2)Vam(Average linear velocity, cm/s)의 경우 마취 전(0분) 측정치가 평균 0.4859cm/s였고, 마취 후 5분에는 평균 0.1740cm/s, 10분에는 평균 0.1287cm/s, 20분에는 0.1194cm/s, 30분에는 0.1274cm/s, 45분에는 0.1499cm/s, 60분에는 0.3368cm/s를 나타내었다 (Fig. 6).

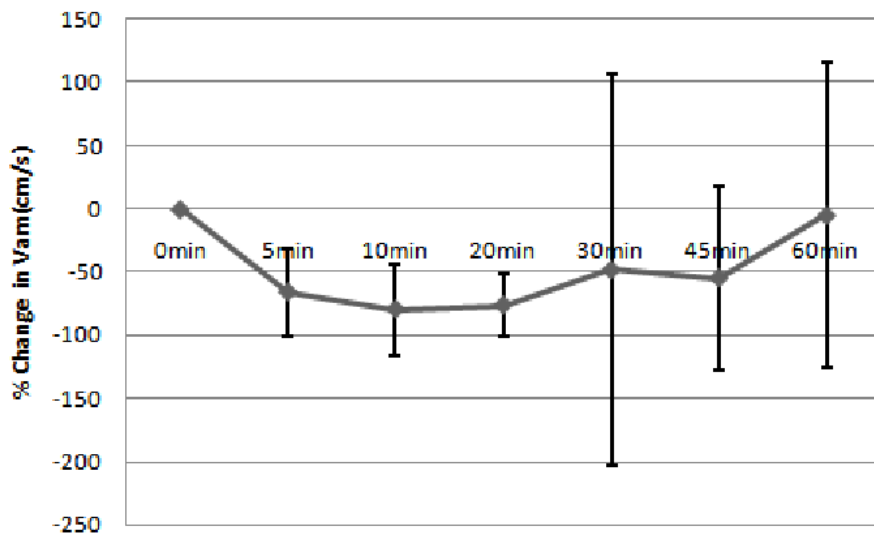


Fig. 6. Changes of Vam(Average linear velocity, cm/s)

마취 후 각 시간 별로 측정된 Vam을 마취 전(0분)과 비교했을 때, mixed procedure를 실시한 결과 마취 후 5,10,20,30,45분에서 마취 전(0분)과 차이가 있었고( $p < 0.05$ ), 60분에서는 차이가 없었다 (Table 3).

Table 3. Comparison of Vam between 0min and other times

Vam(cm/s)	5분	10분	20분	30분	45분	60분
Significance	S	S	S	S	S	NS

S : significant , NS : No significant

(3) Vakd(Minimum linear velocity, cm/s)의 경우 마취 전(0분) 측정치가 평균 0.4497cm/s였고, 마취 후 5분에는 평균 0.1401cm/s, 10분에는 평균 0.1242cm/s, 20분에는 0.1199cm/s, 30분에는 0.1364cm/s, 45분에는 0.2214cm/s, 60분에는 0.3371cm/s를 나타내었다 (Fig. 7).

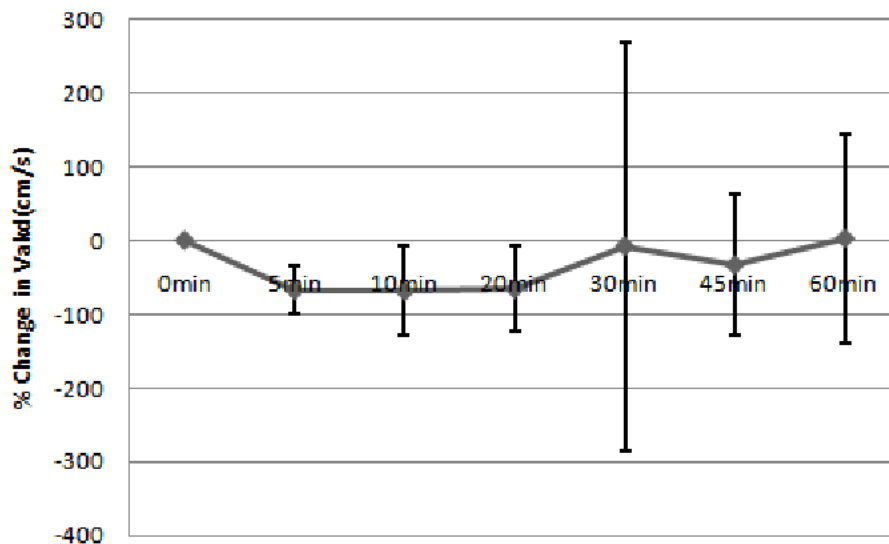


Fig. 7. Changes of Vakd(Minimum linear velocity, cm/s)

마취 후 각 시간 별로 측정된 Vakd를 마취 전(0분)과 비교했을 때, mixed procedure를 실시한 결과 마취 후 5,10,20,30,45분에서 마취 전(0분)과 차이가 있었고( $p < 0.05$ ), 60분에서는 차이가 없었다 (Table 4).

Table 4. Comparison of Vakd between 0min and other times

Vakd(cm/s)	5분	10분	20분	30분	45분	60분
Significance	S	S	S	S	S	NS

S : significant , NS : No significant

(4) Qas(Maximum volume velocity, ml/min)의 경우 마취 전(0분) 측정치가 평균 0.4600ml/min였고, 마취 후 5분에는 평균 0.2436ml/min, 10분에는 평균 0.2165ml/min, 20분에는 0.1985ml/min, 30분에는 0.2255ml/min, 45분에는 0.2887ml/min, 60분에는 0.3336ml/min를 나타내었다 (Fig. 8).

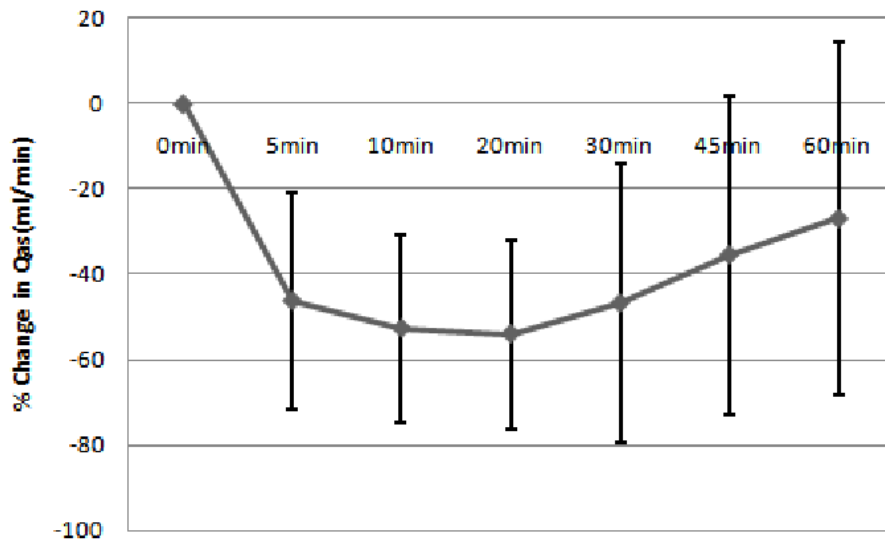


Fig. 8. Changes of Qas(Maximum volume velocity, ml/min)

마취 후 각 시간 별로 측정한 Qas를 마취 전(0분)과 비교했을 때, mixed procedure를 실시한 결과 마취 후 5,10,20,30,45,60분 모두에서 마취 전(0분)과 차이가 있었다( $p < 0.05$ ) (Table 5).

Table 5. Comparison of Qas between 0min and other times

Qas (ml/min)	5분	10분	20분	30분	45분	60분
Significance	S	S	S	S	S	S

S:significant

(5)Qam(Average volume velocity, ml/min)의 경우 마취 전(0분) 측정치가 평균 0.2290ml/min였고, 마취 후 5분에는 평균 0.0741ml/min, 10분에는 평균 0.0658ml/min, 20분에는 0.0662ml/min, 30분에는 0.0601ml/min, 45분에는 0.1047ml/min, 60분에는 0.1587ml/min를 나타내었다 (Fig. 9).

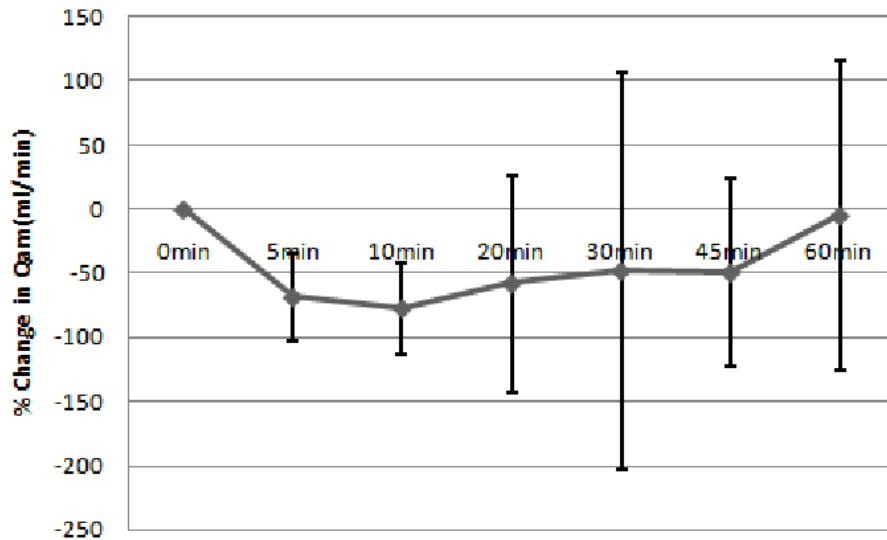


Fig. 9. Changes of Qam(Average volume velocity, ml/min)

마취 후 각 시간 별로 측정된 Qam을 마취 전(0분)과 비교했을 때, mixed procedure를 실시한 결과 마취 후 5,10,20,30,45분에서 마취 전(0분)과 차이가 있었고( $p < 0.05$ ), 60분에서는 차이가 없었다 (Table 6).

Table 6. Comparison of Qam between 0min and other times

Qam(ml/min)	5분	10분	20분	30분	45분	60분
Significance	S	S	S	S	S	NS

S : significant , NS : No significant

(6)PI(Pulsation index)의 경우 마취 전(0분) 측정치가 평균 0.7200였고, 마취 후 5분에는 평균 1.4467, 10분에는 평균 1.3522, 20분에는 1.5389, 30분에는 1.4694, 45분에는 1.0656, 60분에는 1.2311를 나타내었다 (Fig. 10).

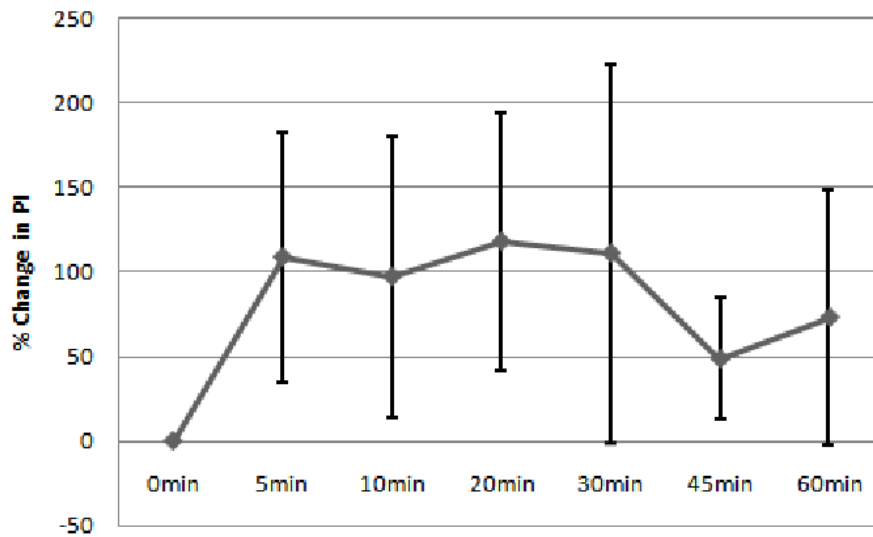


Fig. 10. Changes of PI(Pulsation index)

마취 후 각 시간 별로 측정된 PI를 마취 전(0분)과 비교했을 때, mixed procedure를 실시한 결과 마취 후 5,10,20,30,45,60분 모두에서 마취 전(0분)과 차이가 있었다( $p < 0.05$ ) (Table 7).

Table 7. Comparison of PI between 0min and other times

PI	5분	10분	20분	30분	45분	60분
Significance	S	S	S	S	S	S

S:significant

(7)RI (Circulation resistance)의 경우 마취 전(0분) 측정치가 평균 0.5039였고, 마취 후 5분에는 평균 0.7972, 10분에는 평균 0.7356, 20분에는 0.7839, 30분에는 0.7022, 45분에는 0.6444, 60분에는 0.6833을 나타내었다 (Fig. 11).

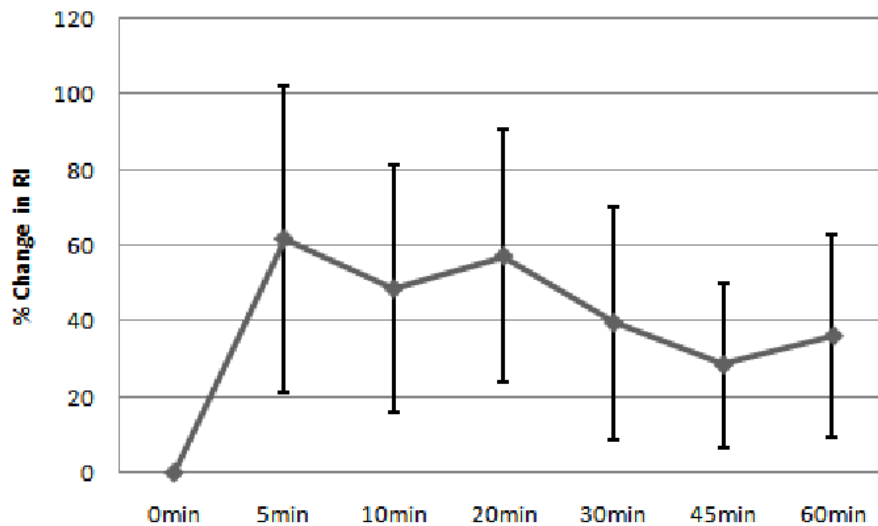


Fig. 10. Changes of RI(Circulation resistance)



마취 후 각 시간 별로 측정된 RI를 마취 전(0분)과 비교했을 때, mixed procedure를 실시한 결과 마취 후 5,10,20,30,45,60분 모두에서 마취 전(0분)과 차이가 있었다( $p < 0.05$ ) (Table 8).

Table 8. Comparison of RI between 0min and other times

RI	5분	10분	20분	30분	45분	60분
Significance	S	S	S	S	S	S

S:significant

## IV. 고찰

실제 혈류는 각각의 구성 요소들이 다른 속도와 방향으로 이동하게 된다. 즉 혈관벽과 가까운 곳은 속도가 가장 느리며, 가운데 부위가 가장 빠르다. 그러므로 혈류 속도는 일정한 값으로 나올 수 없기 때문에 초음파 도플러 그래피 상의 혈류는 양적, 질적 특성을 고려하여 측정하게 된다. 질적 지표는 도플러그램의 형태, 도플러그램 요소들의 비율, 스펙트럼에서의 주파수 분할, 혈류방향, 도플러 신호의 음향 특성 등이다. 혈류의 양적 측정은 도플러그램의 측정변수(진폭, 주파수, 주파수 분할, 펄스 변동)와 그에 기초하여 계산되는 동맥의 탄성 특성을 반영하는 맥박지수, 측정부위에서 멀리 있는 혈류의 말초 저항을 반영하는 푸르셀로 지수에 기초한다 (초음파 도플러 임상자료, 한국전기연구원, 2006).

첫 번째 실험에서는 초음파 도플러 그래피를 이용하여 치수 생활력이 있는 치아와 근관 치료를 시행한 무수치에서 초음파 도플러 계측항목을 비교하였다. 실험 결과 PI 항목을 제외한 모든 항목(Vas, Vam, Vakd, Qas, Qam, RI)에서 생활치와 무수치 사이에 유의성 있는 차이가 나는 것으로 나타났다. 무수치에서는 생활치보다 Vas 는 47%, Vam 은 12%, Vakd 는 24%, Qas 는 44%, Qam 은 12% 수준으로 감소하였고, RI 는 생활치보다 85% 증가했음을 알 수 있다. 이는 Laser Doppler Flowmetry 를 이용한 기존 실험과 비슷한 결과인데, 1988년 Orgart 등은 Laser Doppler Flowmetry 를 이용하여 33 개의 치수가 괴사된 치아를 대상으로 혈류량을 계측한 결과 치수 괴사 시에는 생활치의 10%이하 수준의 계측치가 나왔다고 보고하였다.

그러나 2004 년 Polat 등은 Laser Doppler Flowmetry 를 이용하여 생활치와 근관 치료를 시행한 치아의 Perfusion Unit(PU)를 비교한 결과 근관 치료를 시행한 경우 PU 값이 생활치보다 30%정도만 감소했다고 보고하면서, Laser

Doppler Flowmetry 에서 측정되는 혈류치는 치수가 아닌 인접 조직에서 기인하는 것이라고 주장했다. 2000 년 Roebuck 은 Laser Doppler Flowmetry 를 이용하여 치아의 혈류량을 측정할 때 probe 의 고정을 위해 splint 가 사용되기 때문에 입술이나 혀보다는 치주인대에서 측정되는 혈류량이 위양성 (false-positive) 반응을 보이게 하는 주된 요인이라고 보고하였다. 이러한 Laser Doppler Flowmetry 의 한계점을 극복하기 위하여 2005 년 Sasano 는 투과되는 레이저 빛의 강도를 높혀 무수치에서 측정되는 위양성 (false-positive) 반응을 줄이는데 성공했다.

첫 번째 실험에서 생활치와 무수치 사이의 초음파 도플러 계측치를 비교하였을 때, 무수치의 경우 Vam, Vakd, Qam 의 경우는 10~20% 수준으로 감소하였지만, Vas, Qas 의 측정치는 각각 47%, 44% 감소하였다. 그림 3 에서와 같이 무수치를 측정하였을 때 모든 경우에서 소동맥의 특성을 나타내는 맥박형의 파형을 나타내지 않고, 밋밋하고 편평하면서도 맥박이 없는 선형의 그래프를 보였다. 따라서 무수치에서 측정된 혈류치는 치수가 아닌 주변 조직에서 연유되었을 가능성이 크다고 볼 수 있다. 이처럼 초음파 도플러 그래프의 경우에도 Laser Doppler Flowmetry 와 마찬가지로 치아 인접 조직에서 연유되는 혈류가 측정되기는 하지만, 시각과 청각을 이용하여 치수에서 연유되는 소동맥의 파형인지, 주변 인접조직의 모세혈관에서 오는 혈류인지 혈관의 종류를 구별할 수 있기 때문에 위양성 (false-positive) 의 가능성을 줄여줄 수 있다.

두 번째 실험에서는 상악 중절치를 대상으로 1:80,000 에피네프린이 함유된 2% 리도카인 1앰플을 침윤 마취 전, 후의 치수 혈류의 변화를 관찰하였다. 요약하면 Vam, Vakd, Qam에서는 마취 후 5분이 지나면서 혈류 속도가 급격히 감소하여, 20~30분 사이에 최저치를 보이다가 마취 후 60분 이후에 마취 이전의 혈류 속도를 회복하였다. Vas, Qas 도 마취 후 5분이 지나면서 혈류 속도가 급격히 감소하여, 20~30분 사이에 최저치를 보이다 이 후 서서히 증가하는

경향을 보이지만 60분 후에도 마취 이전의 혈류 속도를 회복하지는 못하였다. PI와 RI의 경우에는 마취 후 5분이 경과하면서 급격히 증가한 후 20~30분 사이에 최고치를 보인 후 서서히 감소하는 양상을 보여주었고, 60분 후에도 마취 이전의 상태로 회복되지는 않았다. 마취 후 치수 혈류의 변화를 관찰한 이전의 연구에 의하면, 1998년 Ahn 등은 10명의 사람을 대상으로 1:100,000 에피네프린이 함유된 2% Xylocaine 0.9ml을 침윤 마취 시행 후 Laser Doppler Flowmetry로 혈류량을 측정한 결과 마취 후 5분 이내에 급격히 치수 혈류량이 감소하여 60분 이내에 마취 전 치수 혈류량을 회복하였다고 보고하였다. 또한 1996년 Chng 등은 10명의 사람을 대상으로 1:100,000 에피네프린이 함유된 3% Prilocaine을 침윤마취 시행 후 Laser Doppler Flowmetry로 혈류량을 측정한 결과 마취 후 2분 이내에 급격히 치수 혈류량이 마취 전의 33% 수준으로 감소하고, 평균 10.5분 후 치수 혈류량이 점차 회복되었다고 보고하였다. 이처럼 연구마다 국소 마취 후 치수 혈류의 감소 정도나 회복시간 등에 다소 차이가 있으나, 마취 후 급격히 혈류가 감소하여 서서히 혈류량을 회복하는 경향성은 모두 일치하였다. 이처럼 국소 마취 후 치수 혈류가 감소하는 것은 국소 마취제에 포함된 에피네프린의 혈관 수축 작용 때문이다. 에피네프린은 혈관의  $\alpha$ -수용체에 작용하여 혈관을 수축시키는 역할을 한다. 이번 실험에서도 각 계측치마다 통계적 유의차가 동일하진 않지만, 혈관의 선형속도(Vas, Vam, Vakd)와 혈관의 부피속도(Qas, Qam)가 마취 후 급격히 감소하여 20~30분 이후로 증가하는 양상을 나타내었으며, 이는 에피네프린에 의한 혈관 수축 효과를 초음파 도플러 그래피를 이용하여 측정이 가능함을 확인할 수 있었다. 뿐만 아니라 에피네프린에 의한 혈관수축은 혈관의 저항값을 높이게 되는데, 이는 이번 실험에서 관찰된 PI, RI와 같은 혈관의 저항값을 나타내는 지표의 상승으로 반영되었다고 할 수 있다. 따라서 초음파 도플러 그래피를 이용하여 임상적으로 치수 혈류의 변화를 측정하는데 매우 유용하게 쓰일 수 있다.

이번 실험에서 초음파 도플러 그래피를 이용한 치수 혈류 속도 측정 시 피실험자 간 편차가 크게 나타났는데, 이는 크게 전신적인 요인과 국소적인 요인으로 나누어 생각해 볼 수 있다. 먼저 전신적 요인으로는 환자의 위치, 환자의 생리학적인 상태 등이 있다. 즉 치수 혈류는 말단의 국소적인 혈류이므로 환자의 전반적인 심박출량 등도 영향을 미칠 수 있다. 이런 점을 배제하기 위하여 이번 연구에서는 피실험자 선별에서 심혈관 질환이 있는 경우를 제외하고, 측정 시작 전에 충분한 휴식을 취한 후 앙와위 상태에서 동일인에 의하여 측정하였으나, 이 외에도 피실험자의 성별, 나이, 마취에 따른 긴장감 등이 치수 혈류에 미친 영향을 완전히 배제하지는 못하였다. 국소적인 요인으로는 실험에서 사용된 치아마다 법랑질과 상아질의 두께가 일정하지 않아 20MHz의 동일한 센서를 사용했을 때 초음파가 투과되는 깊이가 일정하지 않은 한계점이 있다. 이처럼 초음파 도플러 그래피의 사용이 개인 간의 차이가 높은 편이기 때문에 반드시 정상 치수에 대한 측정을 하여, 이를 기준으로 측정하고자 하는 치아의 혈류 상태를 파악하는 것이 필요할 것이다.

이러한 한계점에도 불구하고 이번 연구를 통해 초음파 도플러 그래피를 이용하여 생활치와 무수치 간의 구별이 가능하고, 국소 마취에 따른 치수 혈류의 변화를 측정할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이는 초음파 도플러 그래피가 치수 생활력을 평가할 수 있는 임상적 진단 기구로서 효용성이 있음을 시사한다고 볼 수 있다. 아울러 치수의 전반적인 건강 상태와 염증 상태에 따라 치수 혈류의 변화를 보이기 때문에 치수의 염증 정도를 판단하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것이며, 외상을 입은 치아나 미완성 치근단을 가진 치아에서와 같이 통상적인 냉검사나 전기치수검사로 치수 생활력을 판단하기 어려운 경우에도 초음파 도플러 그래피를 이용할 경우 보다 정확한 정보를 얻을 수 있을 것이다. 또한 초음파 도플러 그래피는 냉검사나 전기치수검사와 같이 주관적인 측정이 아닌, 객관적인 지표이기 때문에 의사소통이 힘든 장애인이나 소아 환자에서도 사용할

수 있을 것이다. 앞으로 초음파 도플러 그래피가 임상적 진단 기구로써 효용성을 갖기 위해서는, 먼저 정상 치수가 갖는 치수 혈류의 정상 범주에 대한 연구가 선행되어야 할 것이며, 이러한 연구는 성별, 나이, 인종, 치아의 종류, 치아 경조직의 두께 등에 따라 세분하여 진행되어야 할 것이다. 이처럼 정상 치수 혈류가 갖는 정상 범주에 관한 연구가 선행된다면, 정상 범주와 비교한 치수의 염증 상태의 정도에 따른 치수 혈류의 변화 양상, 외상 치아가 나타내는 치수 혈류의 변화 양상에 대한 연구도 뒤이어 진행될 수 있을 것으로 생각된다.

## V. 결론

1. 초음파 도플러 그래피를 이용하여 치수 생활력이 있는 치아와 근관 치료를 시행한 무수치에서 계측 항목을 비교한 결과 PI 항목을 제외한 모든 항목(Vas, Vam, Vakd, Qas, Qam, RI)에서 생활치와 무수치 사이에 유의성 있는 차이가 나는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 그러므로, 초음파 도플러 그래피를 이용하여 생활치와 무수치를 구별하는 것이 가능하다.

2. 18 명의 성인을 대상으로 1:80,000 에피네프린이 함유된 2% 리도카인 1 앰플을 이용하여 침윤 마취 전, 후의 상악 중절치의 치수 혈류의 변화를 관찰하였다. Vam, Vakd, Qam 에서는 마취 후 30 분까지 혈류 속도가 감소하다가 마취 후 60 분 이후에 마취 이전의 혈류 속도를 회복하였다. Vas, Qas 도 마취 후 30 분까지 혈류 속도가 감소하다가 이 후 서서히 증가하는 경향을 보이지만, 60 분 후에도 마취 이전의 상태를 회복하지는 못하였다. PI 와 RI 의 경우에는 마취 후 30 분까지 증가하다가 서서히 감소하는 양상을 보여주었으나, 60 분 후에도 마취 이전의 상태로 회복되지는 않았다.

3. 에피네프린에 의한 혈관 수축 효과가 선형속도(Vas, Vam, Vakd) 및 부피속도(Qas, Qam)의 감소와 PI, RI와 같은 혈관의 저항값을 나타내는 지표의 상승으로 반영되었으며, 이를 통해 초음파 도플러 그래피를 이용하여 치수 혈류의 변화를 측정하는데 매우 유용하게 쓰일 수 있다는 것을 알 수 있었다.

## 참고 문헌

Ahn J, M. Anthony Porgel, San Francisco. The effects of 2% lidocaine with 1:100,000 epinephrine on pulpal and gingival blood flow. Oral surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1998;85:197-202.

Berson M, Gregoire JM, Gens F, Rateau J, Jamet F, Vaillant L, Tranquart F, Pourcelot L. High frequency(20MHz) ultrasonic devices : advantages and applications. Eur J Ultrasound 1999;10:53-63.

Chng HS, Pitt Ford TR, McDonald F. Effects of Prilocaine local anesthetic solutions on pulpal blood flow in maxillary canines. Endod Dent Traumatol 1996;12:89-95.

Cotti E, Campisi G, Ambu R, Dettori C. Ultrasound real-time imaging in the differential diagnosis of periapical lesions. Int Endod J 2003;36:556-63.

Hartmann A, Azerad J, Boucher Y. Environmental effects on Laser Doppler Pulpal blood-flow measurements in Man. Arch oral Biol 1996;41(4):333-9.

James M. Musselwhite, Bruce Klitzman, William Maixner, Ernest Jefferson Burker Jr., Burlington, Durham, Chapel Hill. Laser Doppler flowmetry, A clinical test of pulpal vitality. Oral surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1997;84:411-9.



Kim S, Edwall L, Trowbridge H, Chien S. Effects of Local Anesthetics on Pulpal Blood Flow in Dogs. J Dent Res 1984;63(5):650-2.

Lustig JP, London D, Dor BL, Yanko R. Ultrasound identification and quantitative measurement of blood supply to the anterior part of the mandible. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003;96:625-9.

Orgart L, Gazelius B, Lindh-Stromberg U. Laser Doppler flowmetry in assessing vitality in luxated permanent teeth. Int Endod J 1988;21:300-6.

Pitt Ford TR, Seare MA, McDonald F. Action of adrenaline on the effect of dental local anesthetic solutions. Endod Dent Traumatol 1993;9:31-5.

Rajendran N, Sundaresan B. Efficacy of Ultrasound and Color Power Doppler as a Monitoring Tool in the Healing of Endodontic Periapical Lesions. JOE 2007;33(2):181-6.

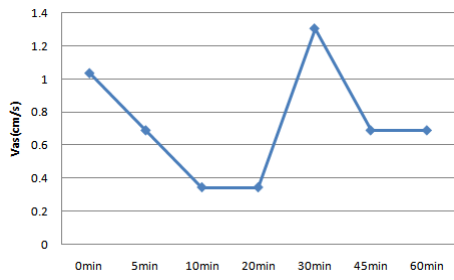
Polat S, Er K, Akpınar KE, Polat NT. The sources of laser Doppler blood-flow signals recorded from vital and root canal treated teeth. Arch Oral Biol 2004;49:53-7.

Yu DC, Abd-Elmeguid A. Dental Pulp Neurophysiology : Part 2. Current Diagnostic Tests to Assess Pulp Vitality. J Can Dent Assoc 2009;75(2):139-43.

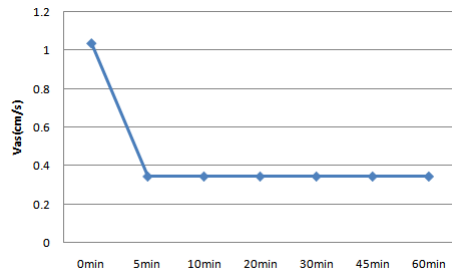
초음파 도플러 임상자료. 한국전기연구원; 2006.

# 부록

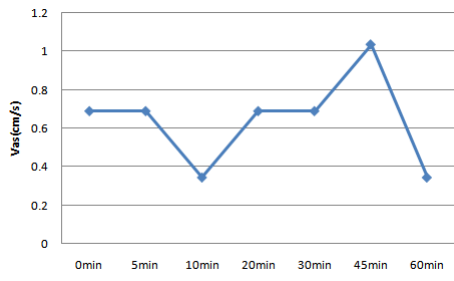
## 1. Changes of Vas (Maximum linear velocity, cm/s) in experiment 2.



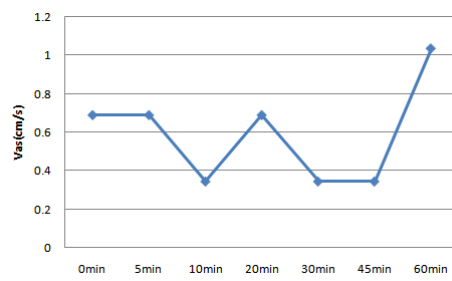
<#1>



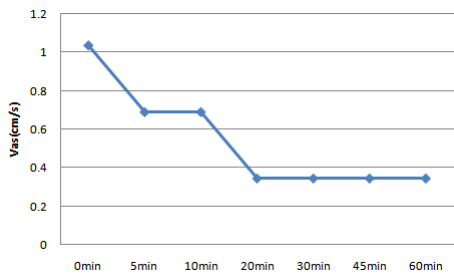
<#2>



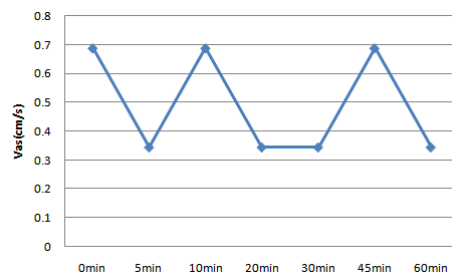
<#3>



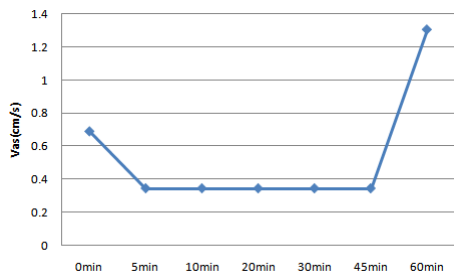
<#4>



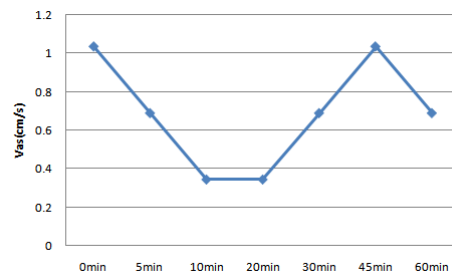
<#5>



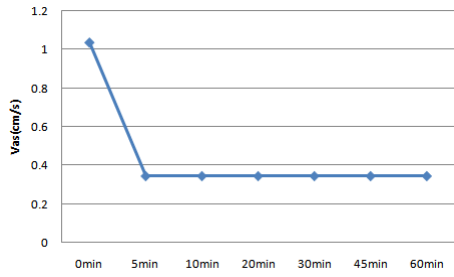
<#6>



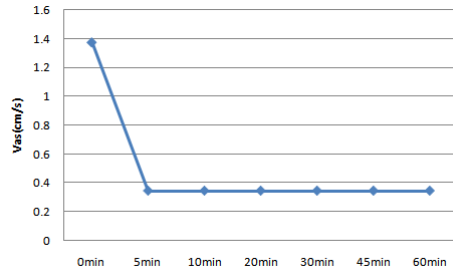
<#7>



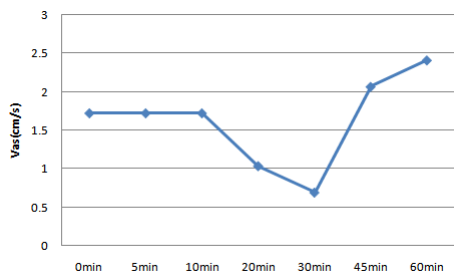
<#8>



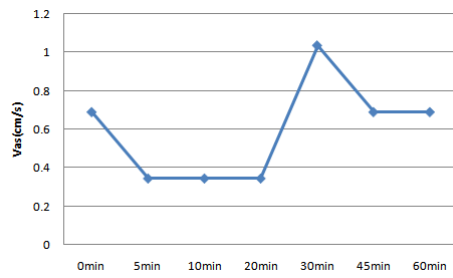
<#9>



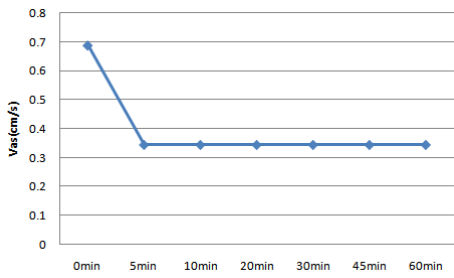
<#10>



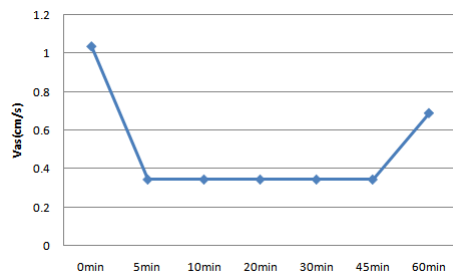
<#11>



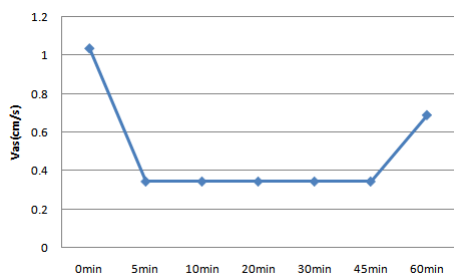
<#12>



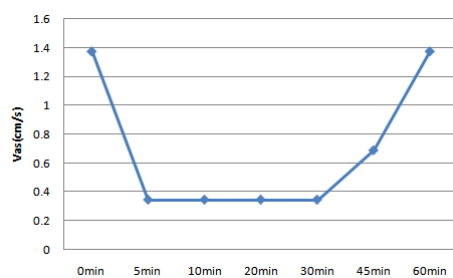
<#13>



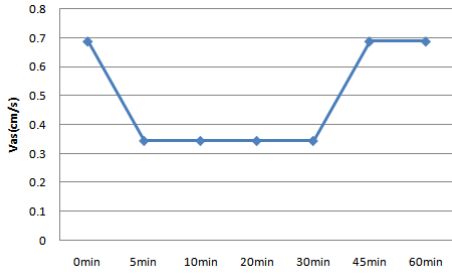
<#14>



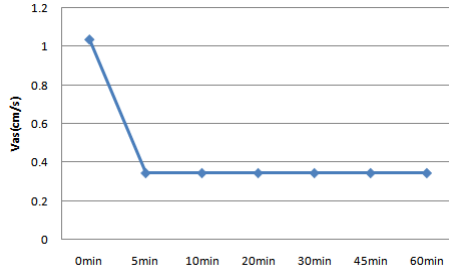
<#15>



<#16>

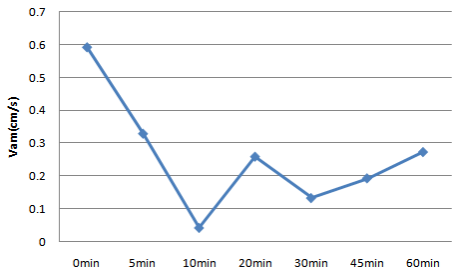


<#17>

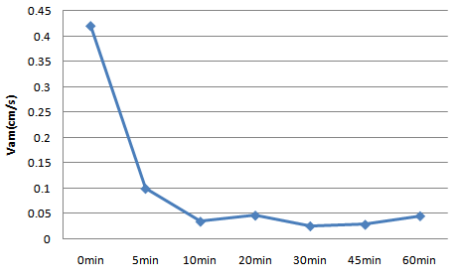


<#18>

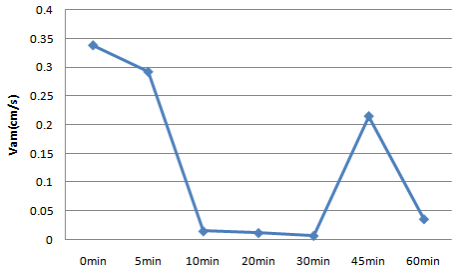
2. Changes of Vam (Average linear velocity, cm/s) in experiment 2.



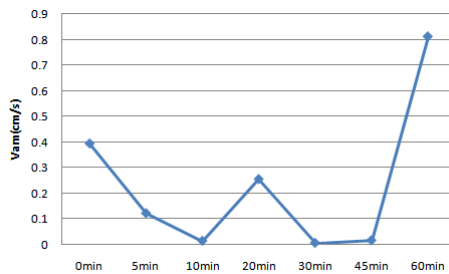
<#1>



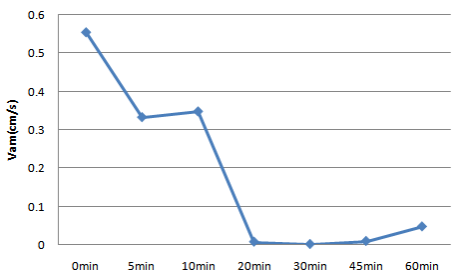
<#2>



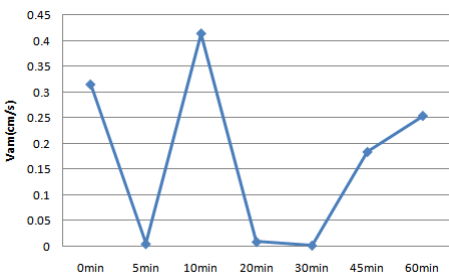
<#3>



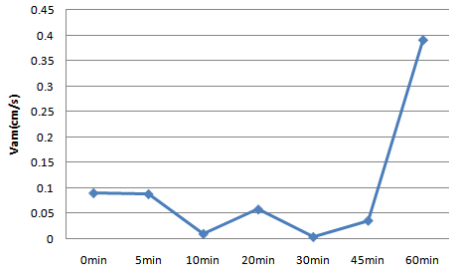
<#4>



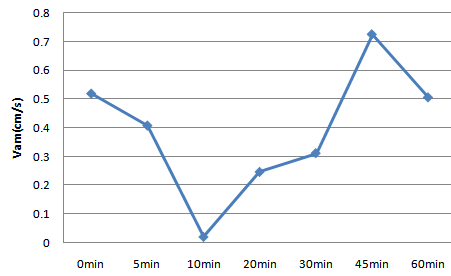
<#5>



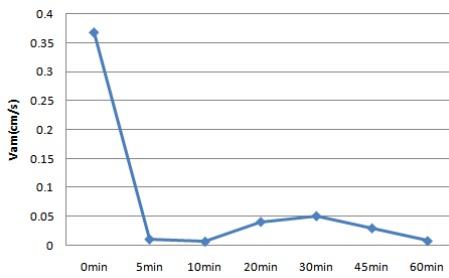
<#6>



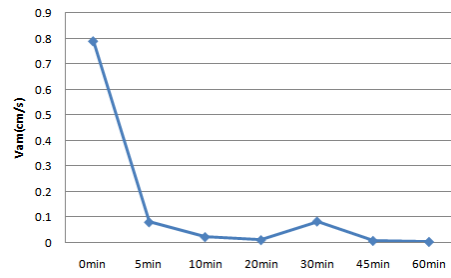
<#7>



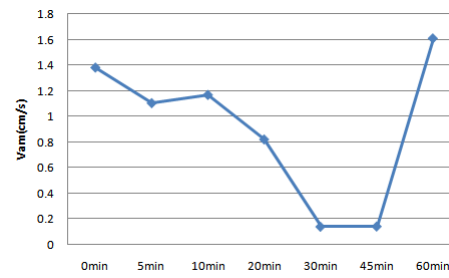
<#8>



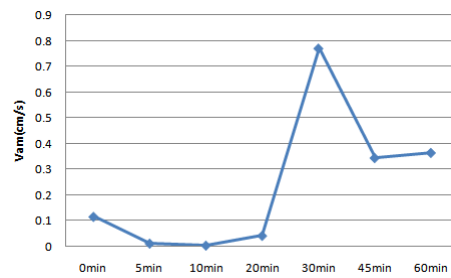
<#9>



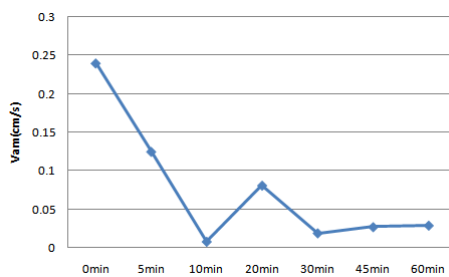
<#10>



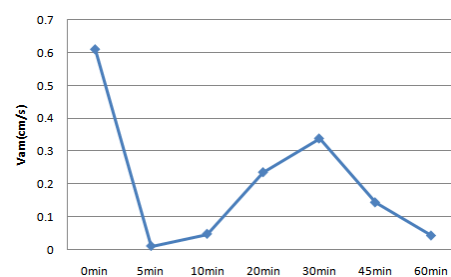
<#11>



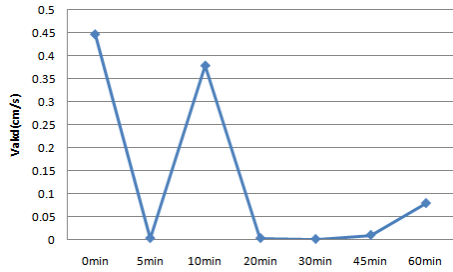
<#12>



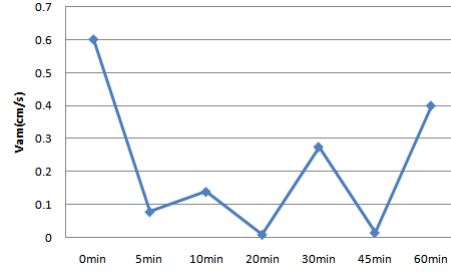
<#13>



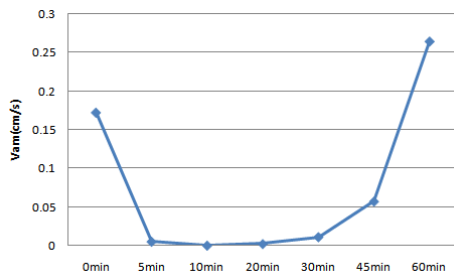
<#14>



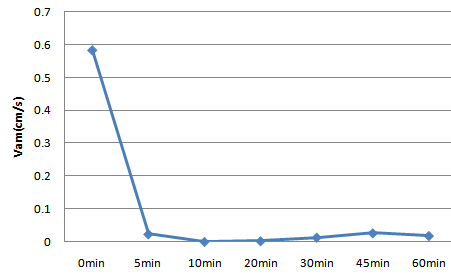
<#15>



<#16>

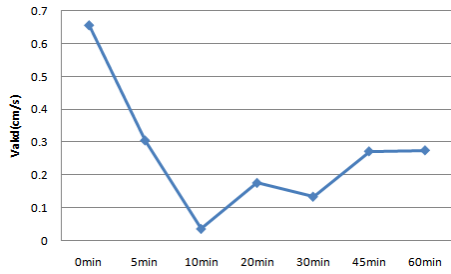


<#17>

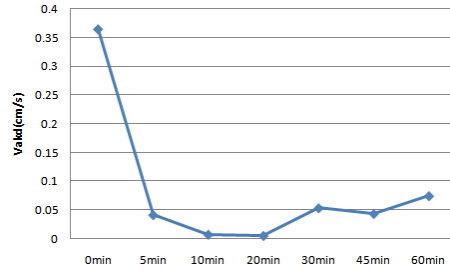


<#18>

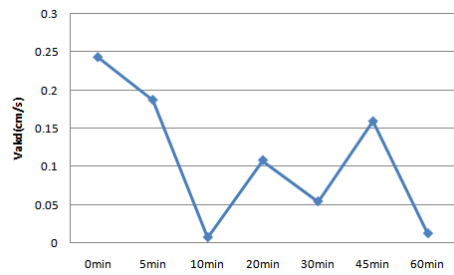
3. Changes of Vakt (Minimum linear velocity, cm/s) in experiment 2.



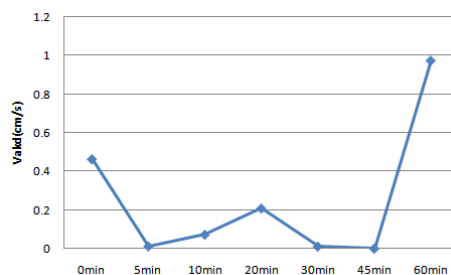
<#1>



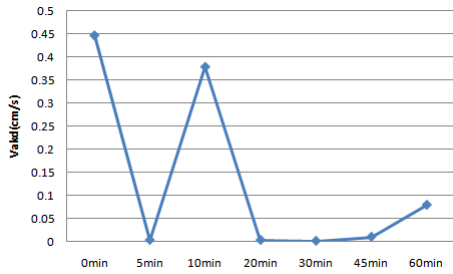
<#2>



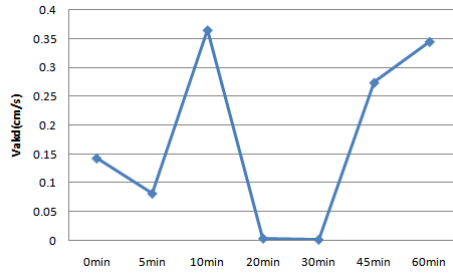
<#3>



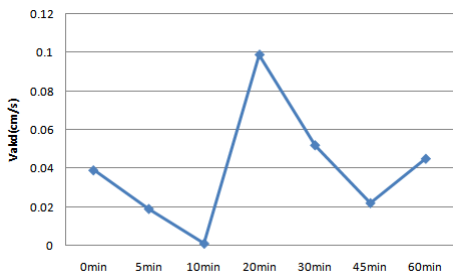
<#4>



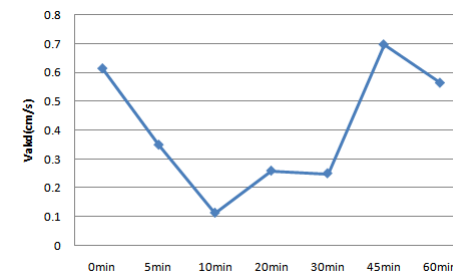
<#5>



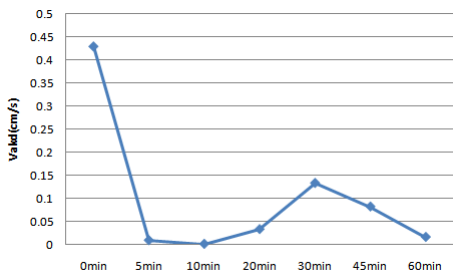
<#6>



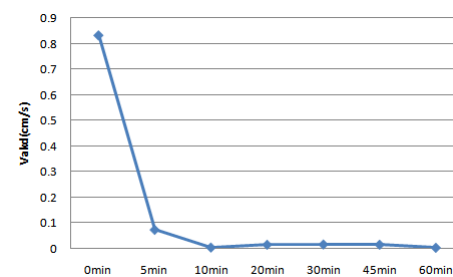
<#7>



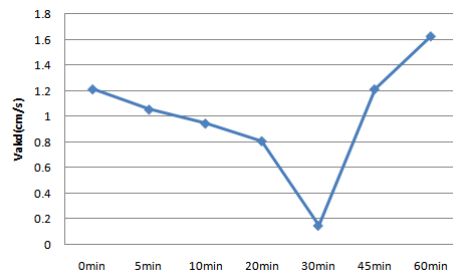
<#8>



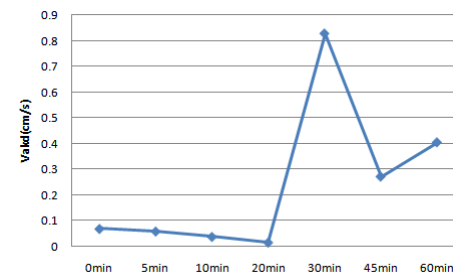
<#9>



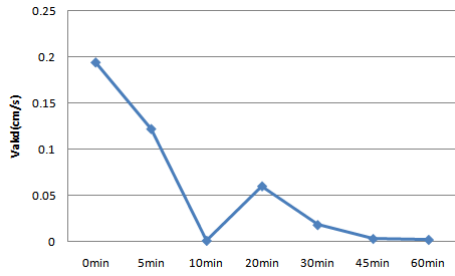
<#10>



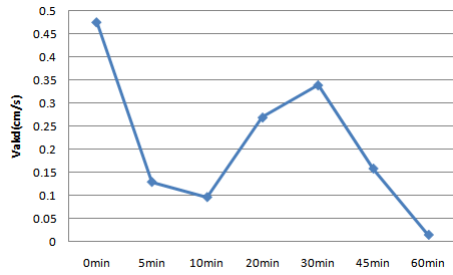
<#11>



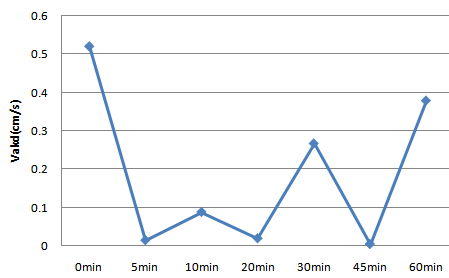
<#12>



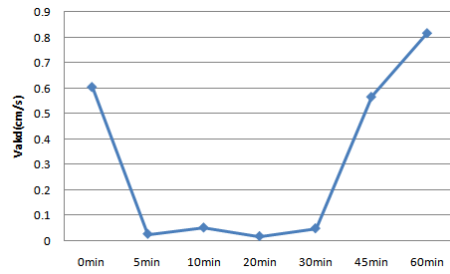
<#13>



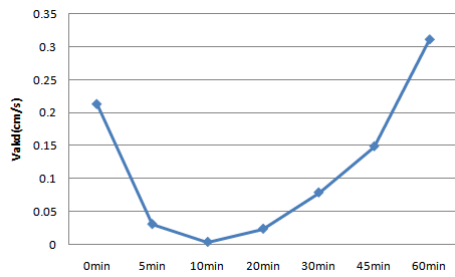
<#14>



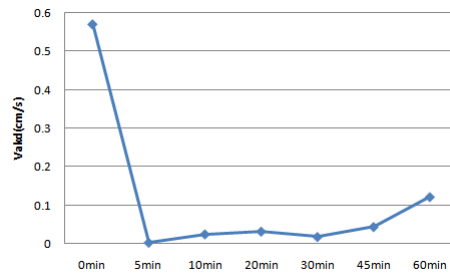
<#15>



<#16>

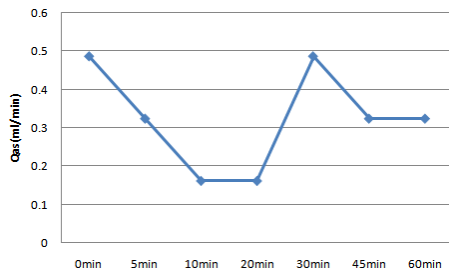


<#17>

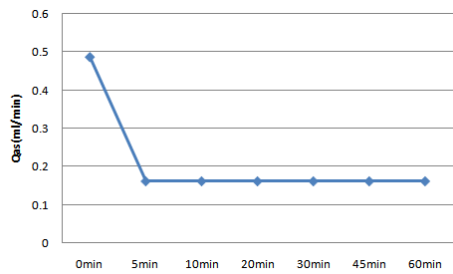


<#18>

4. Changes of Qas(Maximum volume velocity, ml/min) in experiment 2.

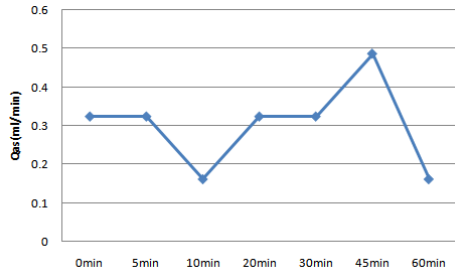


<#1>

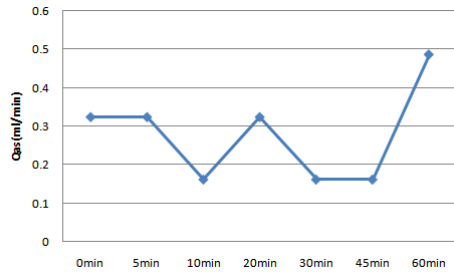


<#2>

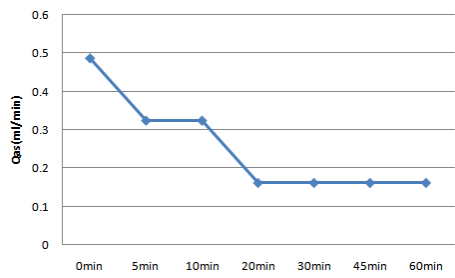




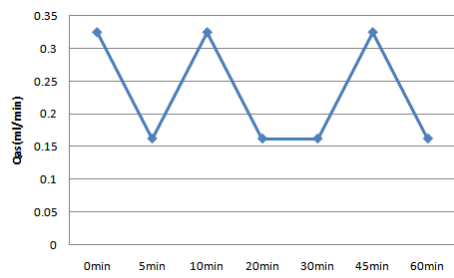
<#3>



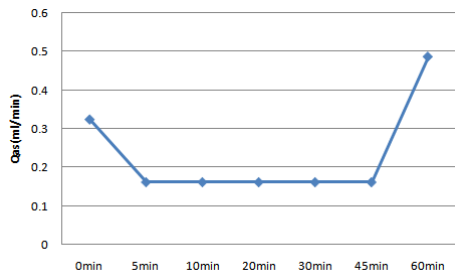
<#4>



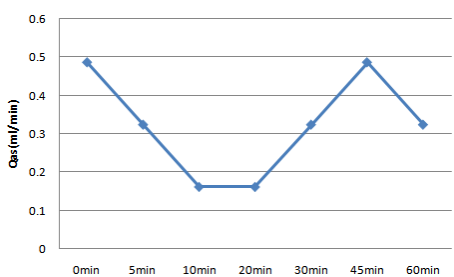
<#5>



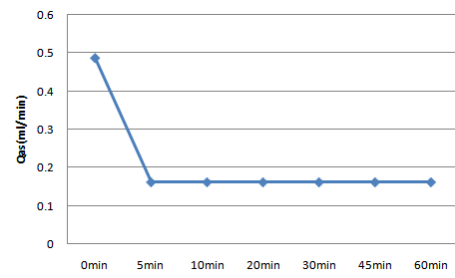
<#6>



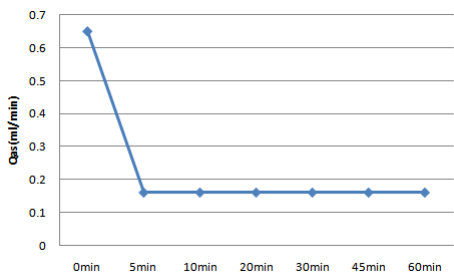
<#7>



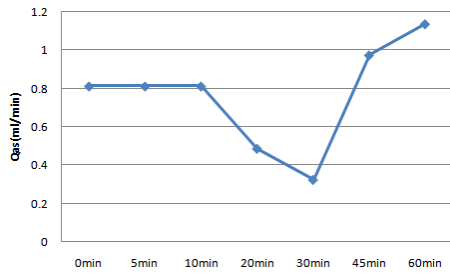
<#8>



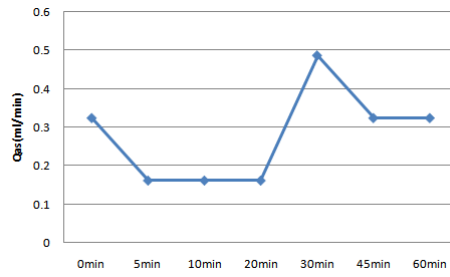
<#9>



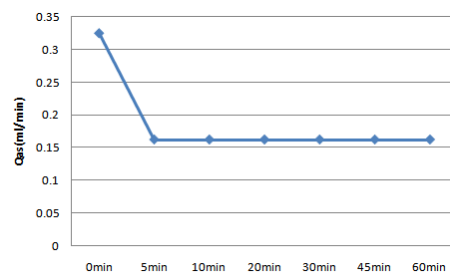
<#10>



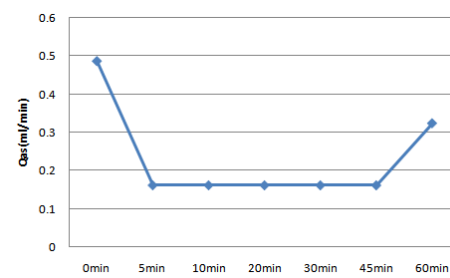
<#11>



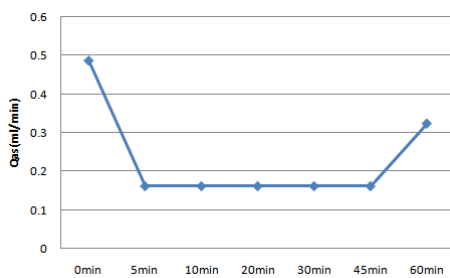
<#12>



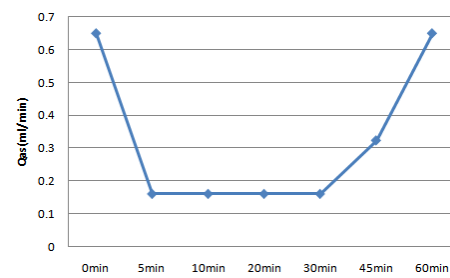
<#13>



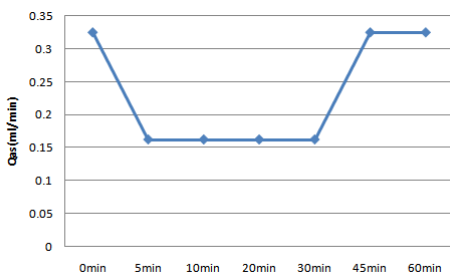
<#14>



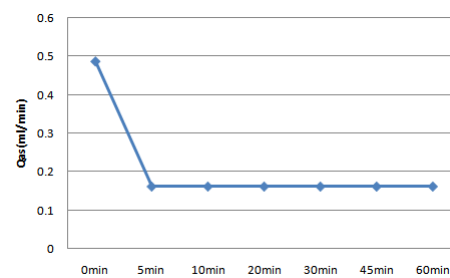
<#15>



<#16>

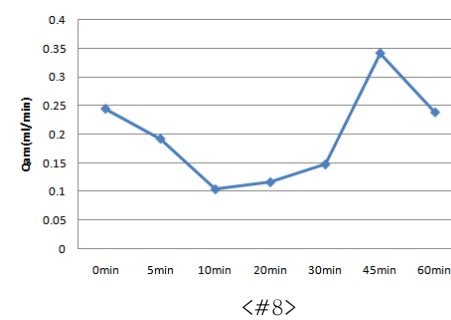
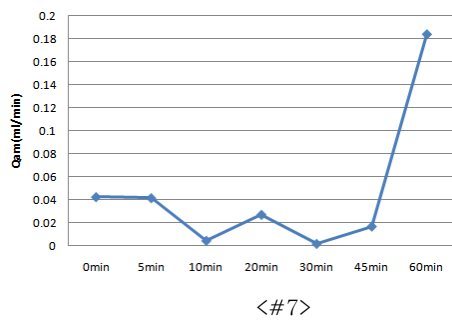
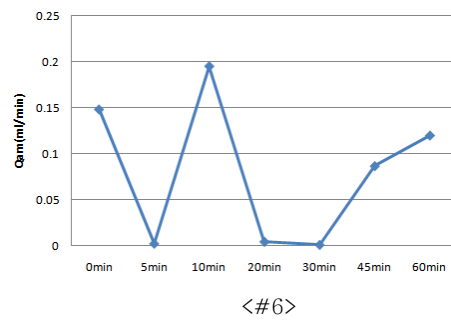
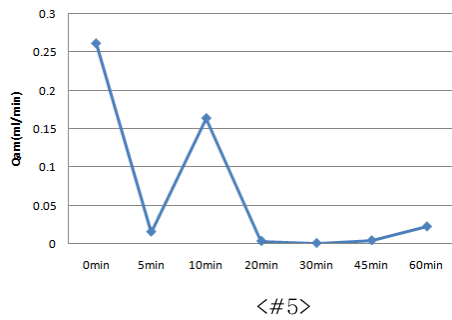
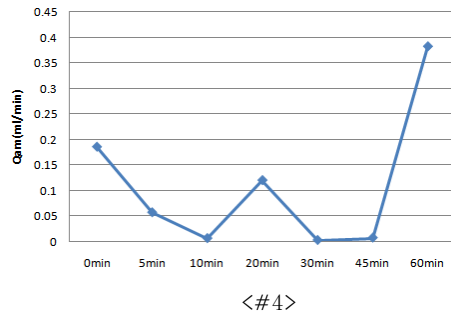
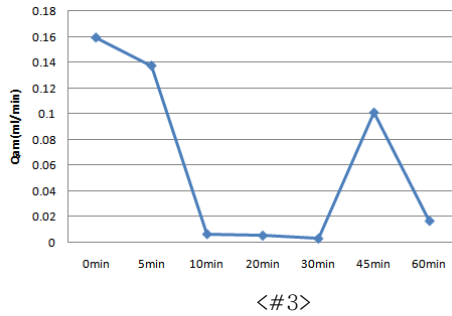
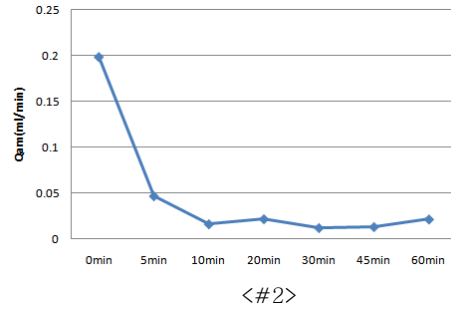
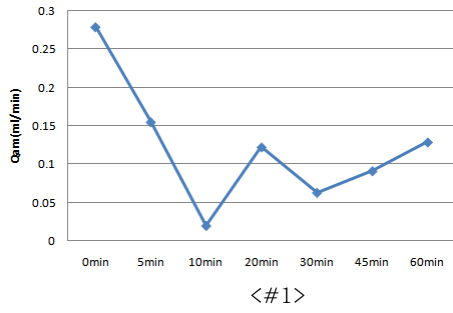


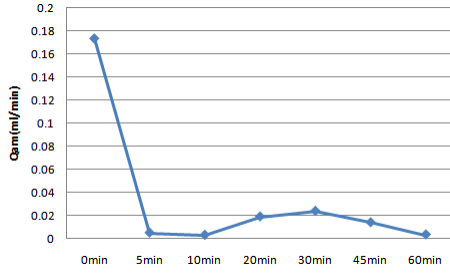
<#17>



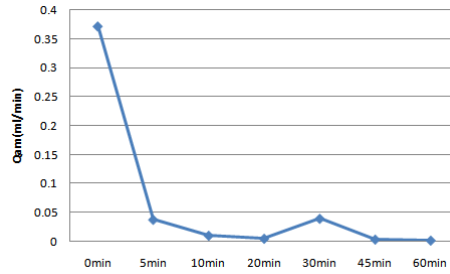
<#18>

5. Changes of  $Q_{am}$ (Average volume velocity, ml/min) in experiment 2.

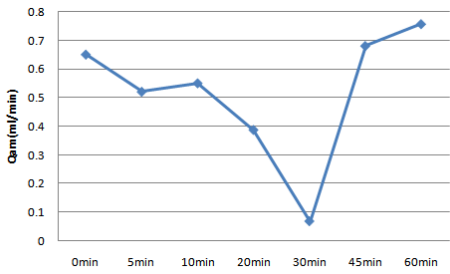




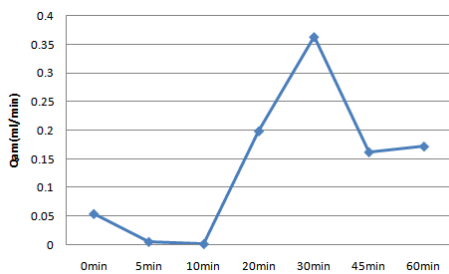
<#9>



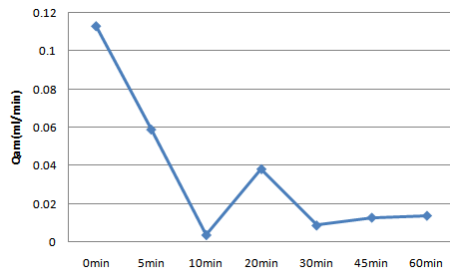
<#10>



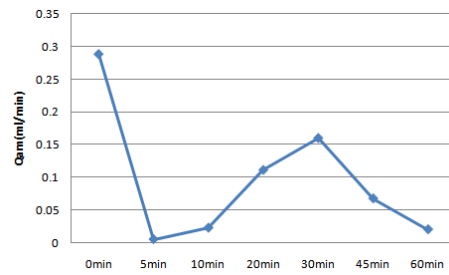
<#11>



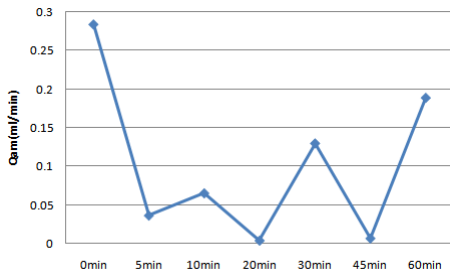
<#12>



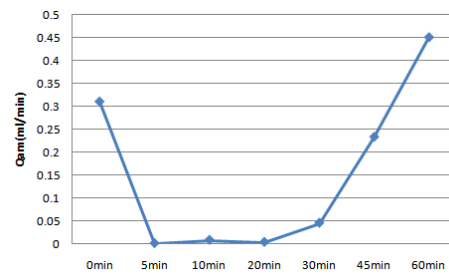
<#13>



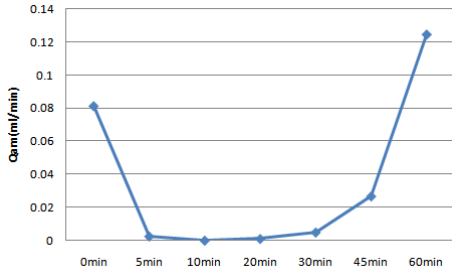
<#14>



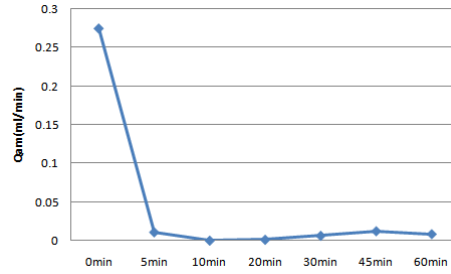
<#15>



<#16>

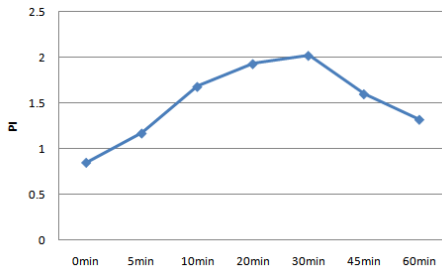


<#17>

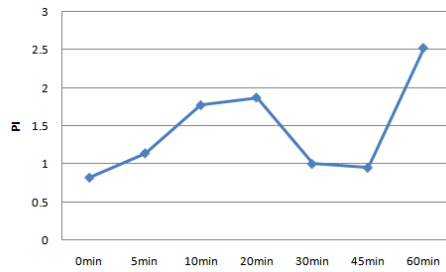


<#18>

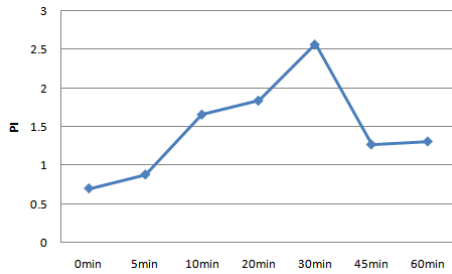
6. Changes of PI(Pulsation index) in experiment 2.



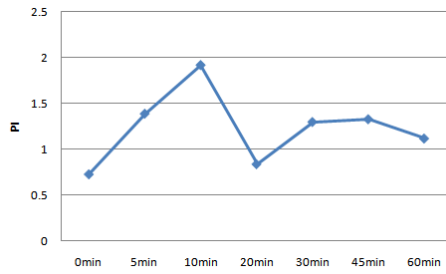
<#1>



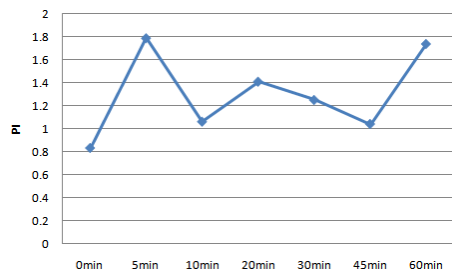
<#2>



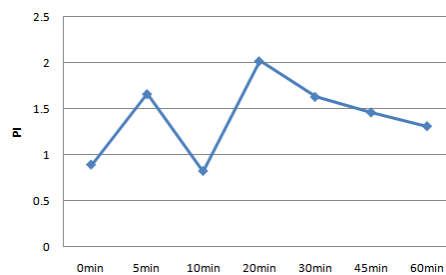
<#3>



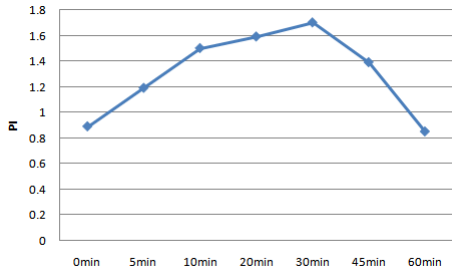
<#4>



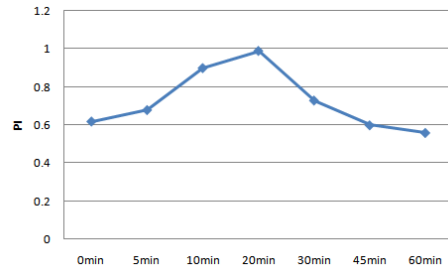
<#5>



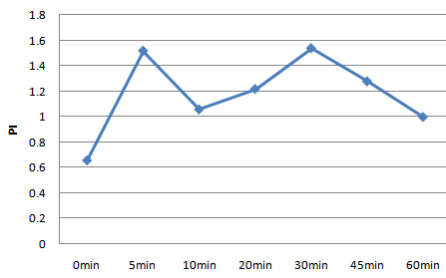
<#6>



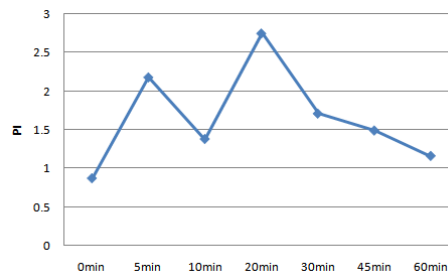
<#7>



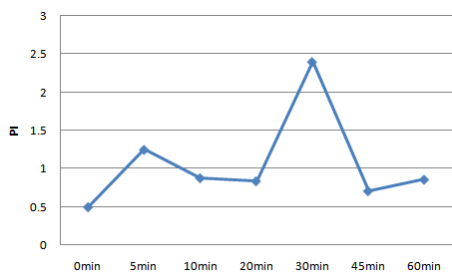
<#8>



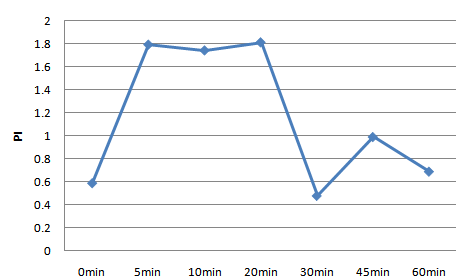
<#9>



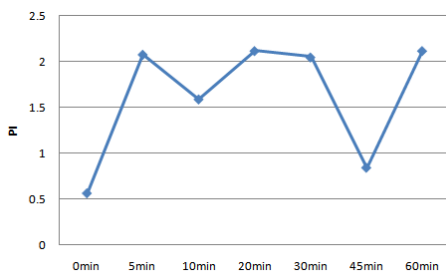
<#10>



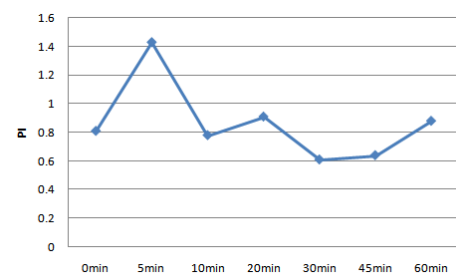
<#11>



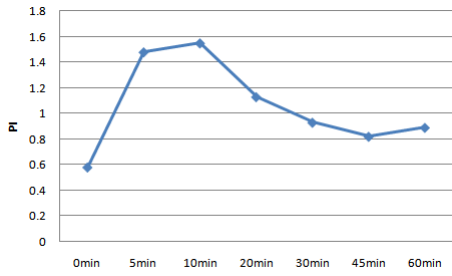
<#12>



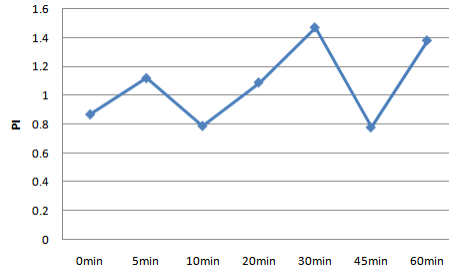
<#13>



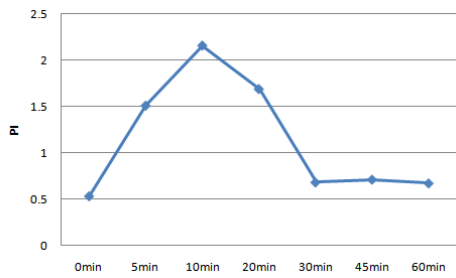
<#14>



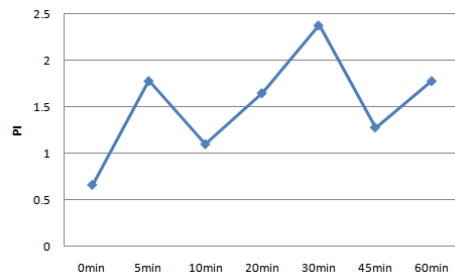
<#15>



<#16>

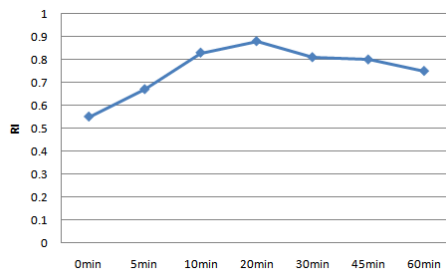


<#17>

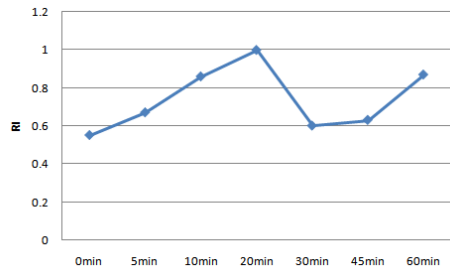


<#18>

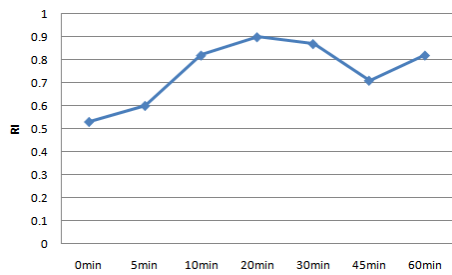
### 7. Changes of RI(Circulation resistance) in experiment 2.



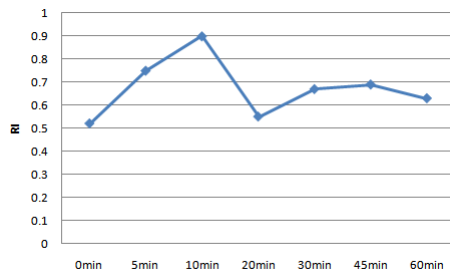
<#1>



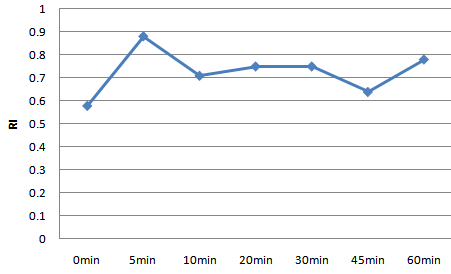
<#2>



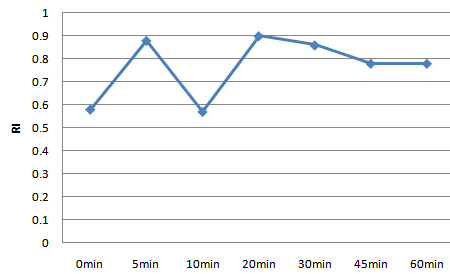
<#3>



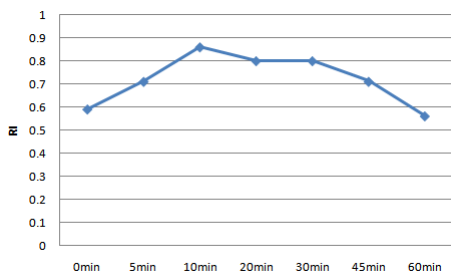
<#4>



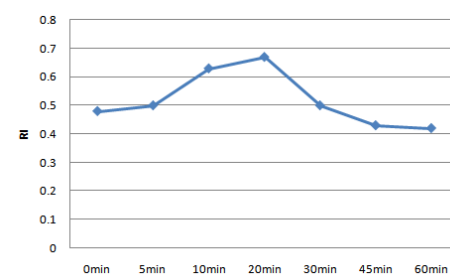
<#5>



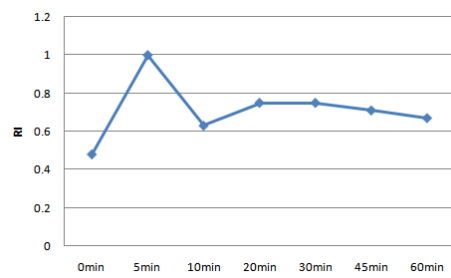
<#6>



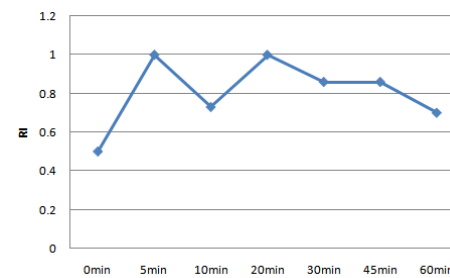
<#7>



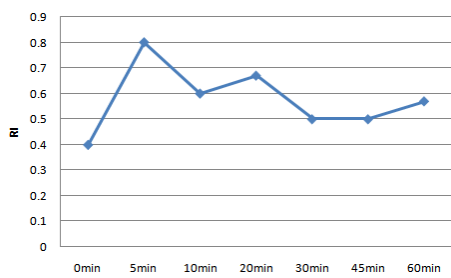
<#8>



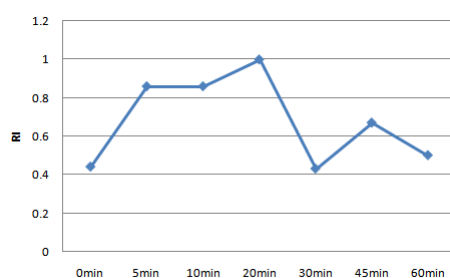
<#9>



<#10>

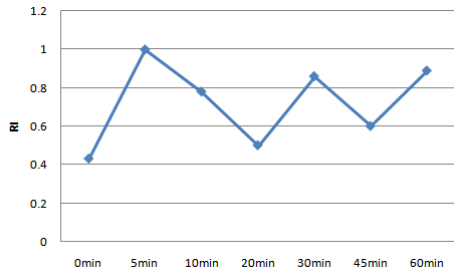


<#11>

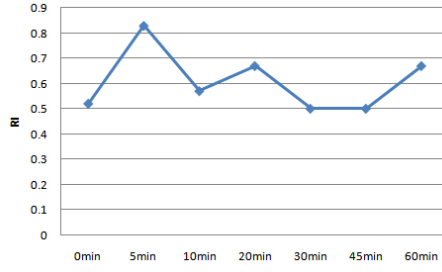


<#12>

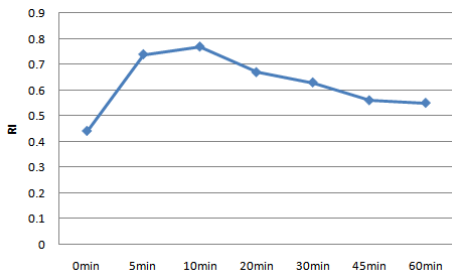




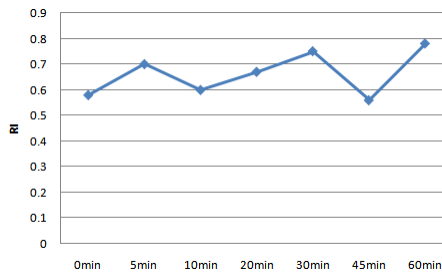
<#13>



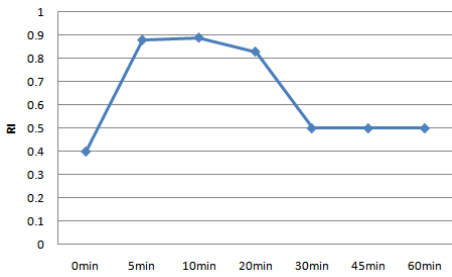
<#14>



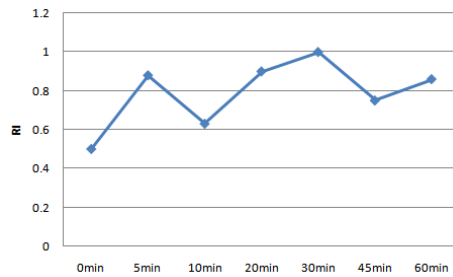
<#15>



<#16>



<#17>



<#18>

# Abstract

## Pulpal blood flow measurement using Ultrasound Doppler Graphy

Min Jung Yoon

*Department of Dentistry*

*The Graduate School, Yonsei University*

(Directed by Professor Sung Ho Park, D.D.S, M.S.D, Ph.D)

This study compared the difference in pulpal blood flow between vital and root-filled teeth, and examined the changes in pulpal blood flow following infiltration anesthesia using ultrasound Doppler graphy.

<Experiment 1> To compare the difference in pulpal blood flow between vital and root-filled teeth, 11 patients (mean age 32.06 years, 3 men , 8 women) who had undergone root canal treatment on anterior tooth of the maxilla or mandible and had vital controlateral tooth were examined. Pulpal blood flow measurements were performed on vital and root canal treated teeth using ultrasound Doppler graphy. The variables consisted of Vas, Vam, Vakd, Qas, Qam, PI and RI, which are indicators of the pulpal blood flow level.

<Experiment 2> Eighteen patients (mean age 26.7 years, 13 men , 5 women) were selected to examine the changes in pulpal blood flow after infiltration

anesthesia. Before infiltration anesthesia, the pulpal blood flow measurements were performed on the maxillary central incisor using ultrasound Doppler graphy. Local anesthetic solution containing 2% lidocaine with 1:80,000 epinephrine was injected into the submucosa above the tooth. The ultrasound Doppler graphy test was carried out at 5,10,20,30,45 and 60 minutes. The variables were Vas, Vam, Vakd, Qas, Qam, PI and RI, which are indicators of the pulpal blood flow level.

The raw data was analyzed statistically using SAS system. In the fist experiment, the differences between the vital and root-filled teeth were analyzed using a paired t-test at 95% confidence intervals. In the second experiment, the mixed procedure at 95% confidence intervals was used to evaluate the changes in the pulpal blood flow after injection. The results are as follows:

1. There was significant difference in Vas, Vam, Vakd, Qas, Qam and RI between the vital and root-filled teeth ( $p < 0.05$ ).

2. Observations of the changes in the pulpal blood flow after infiltration anesthesia using 2% lidocaine with 1:80,000 epinephrine on maxillary central incisor showed a decrease in the Vam, Vakd and Qam values until 30 minutes followed by a returned to pre-anesthetic state after 60 minutes. The Vas and Qas values decreased until 30 minutes and then increased gradually thereafter. The PI and RI values increased until 30 minutes and then decreased gradually thereafter.

Ultrasound Doppler graphy can distinguish between the vital and root-filled teeth, and can measure the changes in pulpal blood flow.

---

**Key Words** : Ultrasound Doppler graphy, Pulpal blood flow, Pulp vitality