

치근 발육정도와 Laser Doppler Flowmeter 측정치의 상호 관련성

서완종 · 김현정 · 김영진 · 남순현

경북대학교 치과대학 소아치과학 교실

Abstract

RELATIONSHIP BETWEEN LASER DOPPLER FLOWMETER OUTPUT AND STAGE OF ROOT DEVELOPMENT

Wan Jong Su, Hyun Jung Kim, Young Jin Kim, Soon Hyeun Nam

Depart. of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Kyungpook National University

The purpose of this study was to evaluate the changes of laser doppler flowmeter output associated with stage of root development.

Laser Doppler Flowmeter was done in 40 elementary students aged between 7 and 8 years and in 20 adults aged between 23 and 24 years. Among 40 elementary students, 20 had apical foramina with 1~2mm diameters and another 20 had ones with larger diameters than 2mm.

The LDF values were analyzed with ANOVA and paired t-test.

The results were as follows.

1. Immature root apices group had a higher tendency than mature root apices group in LDF values, but there was no statistical significance ($p>0.05$).
2. There was no statistical significance in LDF values comparing groups with immature root apices ($p>0.05$).
3. There were no significant differences between right and left central incisors in LDF values ($p>0.05$).

Key word : Laser Doppler flowmeter, pulp vitality test, immature root, open apex, pulp blood flow

I. 서 론

외상을 받거나 자가이식된 치아에 있어서 치수가 괴사될 경우 염증성 치근흡수에 의해 치아의 상실을 초래할 수 있으며, 이를 방지하기 위해서는 정확한 치수생활력 검사를 시행한 후 치수생활력이 상실되었다면 가능한 조기에 근관치료를 실시하여야 한다. 그러나, 미완성 치근단을 가진 초기영구치의 치수생활력 검사방법으로 현재 임상에서 흔히 사용되는 전기치수검사, 냉검사, test cavity등과 같이 감각신경에 근거를 둔 방법은 위음성 및 위양성 반응의 빈도가 높은¹⁾ 것으로 보고되고 있다. 이에 좀 더 신뢰도가 높은 치수생활력 검사방법이 요구되어 왔으며 그러한 방법으로 치수혈류를 측정하여 치수생활력 유무를 판단하고자 하는 연구가 있었다.

치수는 경조직으로 둘러싸인 한정된 공간내에 존재하는 특수한 연조직으로서 신체 주요장기에 비해 혈류량이 낮지만 구강조직중 혈류체적이 가장 높은 조직²⁾으로서 치수내 혈관망은 전체 치수용적의 14.4%를 차지하며 치수의 중심부에서 42.9%, 조상아세포층 근처에서 5~10%를 차지한다³⁾. 치수는 조직학적으로 외층으로부터 치수주위의 조상아세포대, 무세포대, 세포밀도가 높은 세포밀집대, 치수의 주 혈관과 신경이 존재하는 치수심부로 구성되어 있다. 이 중에서 치수심부에 존재하는 혈관은 근단공과 부공을 통해 치수로 출입하며, 치수의 중심부에서 조상아세포하 부위쪽으로 작은 분지를 내어 이곳에서 광범위한 모세혈관망을 형성한다⁴⁾.

이러한 혈관을 가진 치아의 치수혈류에 관한 연구방법으로 intravital microscopy⁵⁾, local isotope clearance^{6,7)}, hydrogen wash-out⁸⁾, labelled microsphere trapping^{5,9)}, photoplethysmography¹⁰⁾등이 소개되었다. 그러나 이러한 방법은 임상적 적용이 곤란하고 치수생활력 측정보다 주로 치수내 염증반응을 이해하는데 사용되었다.

이에 보존적이며 임상적 적용이 용이한 방법으로 Laser Doppler Flowmeter (이하 LDF)에 의한 치수혈류측정 방법이 소개되었다. LDF는 저출력(1~3mW)의 He-Ne빛을 이용하며 움직이는 물체 및 정지해있는 물체에 의해 반사되는 파장의 차이를 이용해 치수혈류를 측정하는 방법이다.

치수생활력 측정을 위한 LDF의 응용에 있어

Gazelius등¹¹⁾은 사람에서 최초로 사용하였고 Gazelius등¹²⁾과 Musselwhite등¹²⁾은 생활력이 있는 사람치아를 대상으로 LDF를 이용한 연구를 통해 pulsatile signal이 cardiac cycle과 동일하다고 보고한 바 있다. 또한, Gazelius등¹³⁾은 11살된 소년의 외상받은 하악 4전치에 LDF와 전기치수검사를 이용하여 치수생활력을 측정된 결과 치수혈류가 감각신경에 비해 빠른 회복을 보였다고 보고하였고, 남¹⁴⁾은 미완성 치근을 가진 치아를 대상으로 한 치수생활력 검사 실험 결과 LDF검사에서는 100%반응을 보였지만 전기치수검사에서는 28.4%만 반응을 나타내어 LDF가 미완성 치근단을 가진 치아의 치수생활력 검사방법으로 신뢰성이 있다고 하였다. 이와같은 보고들을 참고하여 볼때 LDF를 이용한 검사방법은 치아가 외상을 받은 경우 다른 검사방법에 비해 조기에 치수생활력을 측정할 수 있으며 미완성 치근단을 가진 초기 영구치의 경우 위반응의 빈도가 낮아 신뢰도가 높은것으로 생각된다.

일반적으로 치아외상은 2~4세의 유치열 및 8~10세의 혼합치열기에서 많이 발생하며¹⁵⁾ 특히 학동기의 치아외상은 대부분 미완성치근단을 가진 영구절치에서 호발한다는 것을 고려할때 이들의 적절한 치료를 위해서는 외상후 조기에, 정확한 치수생활력을 측정하는 것이 필수적이라 사료된다.

지금까지 많은 선학에 의해 외상후 조기에 치수생활력을 측정할 수 있는 방법으로 LDF가 추천되어 왔으나, 대부분의 보고는 완성된 치근단을 가진 치아를 대상으로 한 것이었고 치근단 발육정도에 따른 치수혈류량의 변화에 관한 보고는 미흡하다. 이에 본 논문은 치근단 발육정도에 따른 치수혈류량의 변화여부 및 발육정도에 따른 LDF 기준측정치를 알아 보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험대상

23세에서 24세 사이의 성인남녀와 7세에서 8세 사이의 아동을 대상으로 하였으며, 치수혈류측정은 방사선 사진상 치근단공의 크기가 2mm이상인 치아, 1~2mm인 치아 20 및 치근단이 완료된 군으로 분류하여 상악 좌우 중절치를 각각 20개씩 특정하였

Table 1. LDF values on Maxillary right and left central incisors (Mean \pm S.D.)

	n	Closed apex	Open apex(1~2mm)	Open apex(over 2mm)
RI	20	10.84 \pm 3.63	12.28 \pm 4.70	13.19 \pm 4.32
LI	20	10.59 \pm 1.87	13.29 \pm 3.26	13.41 \pm 5.71
total	40	10.72 \pm 1.65	12.78 \pm 3.33	13.31 \pm 4.78

RI: maxillary right central incisor LI: maxillary left central incisor

다. 모든 대상치아는 정상색조를 가지며 치과적 외상병력, 치아우식증 및 수복의 경험이 없었고 치근단 방사선 사진상 치근단 병소가 존재하지 않고, 임상증상이 없는 치아로 한정하였다.

2. 시험재료

LDF는 저출력(0.8-1mW)과 적외선(파장 630nm)이 사용된 Periflux system 4000(Perimed사, Sweden)을 사용하였고, 시간계수는 0.2초, 사용된 출력신호는 perfusion unit(P.U.)였다. probe는 직경 1.5mm의 PF407을 사용하였다.

3. 시험방법

치수생활력 검사에 앞서 치근단 완성여부의 확인 및 치근단공의 직경을 측정하기 위해 치근단 방사선 사진을 XCP를 이용하여 표준화하여 촬영하였다. 미완성 치근단을 가진 치아의 치근단공 직경은 치근점의 한쪽부위에서 다른쪽 부위의 최단거리로 하였으며 확대경하에 버어니어 캘리퍼스(Mitutoyo사, JAPAN)를 이용하여 측정하였다.

LDF에 의한 치수생활력 검사를 위해 검사치아를 거즈로 분리한 후, 공기로 건조하였고 치은 혈류영향을 최소로 하기 위해 치은연에서 3mm떨어진 치아 순면중심을 선택하였으며 10%인산으로 15초간 산부식시킨다음 광중합레진을 이용하여 probe holder를 부착하였다.

치수혈류량 측정은 우선 signal이 안정될 때 까지 약 5분가량 관찰하였고 signal의 안정을 확인한 후 5분이상 측정하여 안정된 상태의 평균치를 통계에 이용하였으며, 각 시험군간의 LDF측정치를 ANOVA test를 이용하여 비교하였고 동일 대상에서 좌우 치아간의 비교는 paired-t test를 이용하였다.

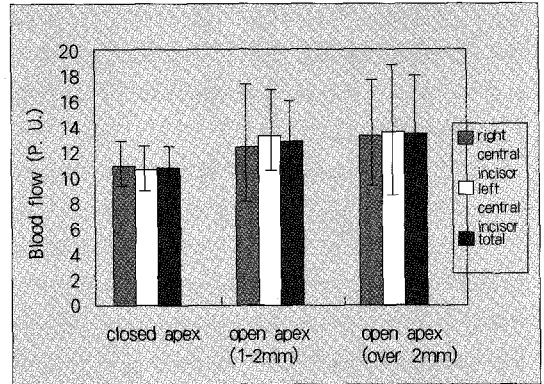


Fig. 1. The values to Laser Doppler Flowmeter on maxillary right and left central incisors(mean \pm S.D.)

Ⅲ. 성 적

1. Laser Doppler Flowmeter의 측정

치근단공의 완성유무 및 근단공 직경에 따른 치아의 LDF측정값은 Table 1 및 Fig. 1과 같았다. 미완성 치근단을 가진 치아에서 근단공 직경이 2mm이상인 경우 13.31 \pm 4.78, 1~2mm인 경우 12.78 \pm 3.33을 나타내었고, 완성된 치근단을 가진 치아에서 10.72 \pm 1.65를 나타내어 근단공 직경이 증가함에 따라 LDF측정치가 증가하는 양상을 보였지만 통계학적 유의성은 없었다 (p > 0.05).

2. 좌우 치아간 비교

LDF검사에서 좌우 치아간 비교는 Table 1 및 Fig. 1과 같이 나타났다.

치근단공 완성유무 및 직경에 따른 좌우 치아간 측정치에 있어 유의한 차이는 나타나지 않았다 (p > 0.05).

Ⅳ. 고 찰

소아 및 학동기 연령에서 빈발하는 치아외상의 치료와 자가이식 치아의 치료에서, 치수생활력 유무를 정확히 판단하여 근관치료 여부를 결정하는 것이 중요하다.

일반적으로 외상에 의해 치수혈관이 손상받은 경우 근단공 부위로부터의 재혈관화에 의해 치수생활력을 회복하는 경우가 많으나, 이것은 치근단의 완성도, 손상의 심한정도 및 적절한 처치유무에 의해 크게 영향을 받는다.

외상시 치근단 발육정도 및 치수생활력 회복과의 관계에 관하여 Andreasen 등¹⁶⁾은 치아에 외상이 가해진 경우 근단공 직경이 큰 초기 영구치에서 재혈관화가 잘 일어나며 치수생활력 유지 및 점진적 치근 발육을 관찰할 가능성이 높다고 보고하였다. Smith 등¹⁷⁾은 치아재식술에 있어 공여치의 치근성장기 전체 치근길이의 1/3~1/2정도 형성된 경우 치수생활력을 유지할 가능성이 높다고 하였으며, Kling 등¹⁸⁾은 재식한 인간의 치아에서 미완성 치근단을 가진 치아의 경우 치수강의 크기에 관계없이 18%에서 재혈관화를 관찰하였지만, 근단공직경이 1mm이하인 경우 모든 치아에서 치수괴사가 발생하였다고 보고하여 근단공 직경이 클수록 재혈관화의 가능성이 높음을 시사하였다.

선학의 보고와 같이 미완성 치근단을 가진 치아가 외상을 받은 경우, 그 치료방법으로 치수생활력을 회복할 것을 기대하고 장기간 관찰할 수 있으나, 치수가 생활력을 회복하지 못하고 괴사된 경우 치근흡수가 발생할 수 있으며, 치근흡수는 유기질 함량이 많은 미완성 치근이 완성된 치근보다 더 급속하게 진행된다¹⁸⁾. 따라서 치수혈관이 손상받은 경우 치수생활력 유무를 조기에 진단하는 것이 중요하며 이를 위하여 여러가지 치수생활력 검사방법과 더불어 방사선 사진촬영, 동요도, 치아색조, 타진등의 보조자료를 이용하여 왔지만 어느것도 단독으로 외상초기의 치수생활력 유무에 관한 최종적인 진단을 제공하지 못하였다. 특히 현재 많이 사용되고 있는 치수생활력 검사방법인 전기치수검사나 냉검사는 치수내 감각신경에 근거를 둔 방법으로 치수내 신경발육상태에 의해 영향을 받을 뿐 아니라, 피검자의 주관에 의해 반응이 달라지는 등¹⁹⁾ 많은 문제점이 보고되고

있다. 이에 치수생활력 검사를 치수내 존재하는 감각신경보다 치수혈류상태에 근거를 두고 치수상태를 파악하고자 하는 연구가 있었다.

치수는 신체내 다른 주요장기에 비해 혈류량이 낮지만 구강조직중 혈류체적이 최대로서 치수내에 존재하는 혈관은 근단공과 부공을 통해 출입하며 세동맥, 세정맥, 모세혈관으로 구성²⁰⁾되어 있다. 혈관의 직경은 세정맥, 세동맥, 모세혈관 순으로, 큰 세정맥인 경우 200 μ m정도에 달하며, 세동맥은 100 μ m정도, 모세혈관은 10 μ m를 넘지 않는다²¹⁾. 또한 치수내 혈류량은 치관부가 치근부의 2배 정도²²⁾이며 치수각부위가 치수내 어떤 부위보다 높다²³⁾. 근단공과 부공을 통해 치수내로 들어온 혈관은 중심부에서 조상아세포하 부위로 분지를 내며 직경이 감소하고, 이 부위에서 광범위한 모세혈관망을 형성²⁴⁾하기 때문에 치수의 중심부에 비해 외곽부의 혈류량이 높으며 모세혈관은 조상아세포층으로 짧은 침상돌기를 내어 영양분을 공급²⁵⁾한다.

이와 같이 많은 혈관이 분포된 치아의 치수생활력을 검사함에 있어 신경감각의 반응보다 치수혈류의 유무에 근거를 두고 치수생활력을 판단하고자 한 노력의 일환으로 소개된 LDF검사방법은 임상적 적용이 간편하고 보존적, 객관적이라는 장점이 있으며 특히 미완성 치근단을 가진 초기 영구치가 외상을 받은 경우에 있어서 기존의 검사방법에 비해 조기에 정확히 치수생활력을 측정할 수 있다²⁶⁾. 그러나 고가의 기계를 구입하여야 하고, 색조가 짙은 치아에서는 laser의 투과력이 약하여 측정이 곤란하며, 파절된 치아에서 타액에 오염된 경우 위양성 반응의 가능성이 존재한다²⁷⁾. 또한 적혈구의 농도와 속도의 곱인 Perfusion Unit를 단위로 사용하는 LDF에서는 측정치를 절대적 단위로 계산할 수 없다²⁸⁾는 단점이 있다.

LDF의 원리는 송신기에서 나온 저출력(1-3mW)의 He-Ne빛이 치수내에 존재하는 움직이는 물체(적혈구, 다른 혈액세포)와 정지해 있는 물체에 부딪혔을 때 산란되는 파장의 차이를 수신기가 받아들여 피검자가 관찰할 수 있도록 하는 것이며 측정단위로는 적혈구의 농도와 속도의 곱인 Perfusion Unit를 사용한다.

이들 LDF의 초기 응용은 주로 성형외과 영역에서 피부등의 연조직에서 발생하는 재혈관화를 측정하

기 위해 사용²⁹⁾되었고, Stern등³⁰⁾은 피부와 부신 피질에 혈관 수축 약제를 투여하여 혈류의 변화를 관찰하였으며 Oberg²¹⁾은 골격근, Williams등³²⁾은 대뇌 피질 그리고 Hellem등³³⁾은 하악골에 적용하는 등 각종 신체장기의 혈류측정에 다양하게 사용되었다. 치아에 관한 응용에 있어서 초기에 laser의 경조직 투과성에 대한 의문이 제기되었으나, 치아에서는 골조직과는 달리 법랑소주 및 상아세관 같은 특수한 구조물이 존재하여 laser의 투과가 가능⁷⁾하다는 사실이 보고된 이후, 치수생활력 검사방법으로 그 응용이 확대되어 왔다.

LDF를 이용한 치수생활력 검사에 관하여 Gazelius등¹¹⁾이 최초로 인간치아에 응용할 수 있음을 보고한 이래, Vongsavan과 Matthews²⁴⁾는 LDF를 이용하여 법랑질과 상아질을 통해 치수혈류량을 측정하였고, Olgart등²⁵⁾은 탈구된 치아의 치수혈류량을 LDF를 이용하여 외상받지 않은 인접치와 비교 측정하였으며, Gazelius등¹¹⁾과 Musselwhite등¹²⁾은 생활력이 있는 사람치아를 대상으로 LDF를 이용하여 연구한 결과 pulsatile signal이 cardiac cycle과 동일하게 나타난다고 보고하였다. Gazelius, Olgart, Edwall 등¹³⁾은 11세 소년의 탈구된 하악 4전치를 LDF와 전기치수검사를 이용하여 치수생활력을 측정한 결과 LDF를 이용한 경우 외상 1주일 후에는 음성반응을 보였지만, 6주후 부분적으로 양성반응을 나타내었고, 9개월후 모든 치아에서 양성반응을 나타내어 정상적인 치수혈류를 회복하였다고 하였다. 그러나, 전기치수검사에 있어서 9개월후 4개 치아중 3개 치아만 반응하였으며 2년후 모든 치아에서 완전히 반응하였다고 보고하여 LDF가 전기치수검사에 비해 초기에 치수생활력 여부를 측정할 수 있다고 보고하였다. 또한 남¹⁴⁾은 미완성 치근단을 가진 치아의 치수생활력 검사에 있어 전기치수검사는 단지 28.4%에서만 양성 반응을 나타내었으나, LDF에서는 100% 양성반응을 나타내어 미완성 치근단을 가진 치아에서 신뢰성이 높은 검사방법이라고 하였다.

이러한 LDF를 이용한 검사방법으로 치아가 외상을 받은 경우 초기에 치수생활력을 확인할 수 있으며, 이는 불필요한 근관치료를 감소시켜 미완성 치근단을 가진 치아에서 근관치료를 시행할 경우 약제를 이용한 근형성성술식의 어려움 및 상아질벽의 얇

은 두께로 인한 치근파절의 위험등의 가능성을 감소시킬수 있다.

그러나, LDF를 이용한 치수생활력 검사에 관한 이들 대부분의 보고는 완성된 치근단을 대상으로 한 것이었으며, 미완성 치근단을 대상으로 한 치수혈류에 관한 연구는 희소하다. 특히 소아에서 발생하는 영구치아의 외상은 대부분 미완성 치근단을 가진 치아에서 호발¹⁵⁾하는 것을 고려할 때 LDF를 이용한 치수생활력 검사에 있어 치수생활력을 판정하기 위한 기준이 필요하리라 사료된다.

일반적으로 치수는 생물체내 다른 모든 조직과 마찬가지로 증령적 변화를 가진다. 치아는 맹출하여 시간의 경과에 따라 상아질, 백악질의 침착으로 인해 치수체적과 근단공직경이 감소³⁶⁾되며, 혈관의 경우 내층의 비후와 외층의 석회화, 근단공직경의 감소에 따라 치수내로 들어오는 혈류량의 감소를 초래³⁷⁾한다. 또한 Kramer등²¹⁾은 연령증가에 따라 관주상아질의 점진적 침착으로 인한 상아세관의 직경감소 혹은 폐쇄, 이차상아질의 침착으로 인한 조상아세포 하부위의 모세혈관망 소실을 초래한다고 하였다. 이들 보고를 참조하여 볼 때 완성된 치근단과 미완성 치근단을 가진 치아의 치수혈류량에는 차이점이 있을것으로 사료되며, 이를 확인하는 것은 정상적인 치수생활력을 확인하는 기준치 설정에 있어 매우 중요하다 생각된다.

LDF에 의한 치수혈류 측정시 측정치에 영향을 미치는 요소에 대해 Ingolfsson, Transtad, Hersh, Riva 등³⁸⁾은 동일인을 대상으로 한 LDF측정에 있어 하악 중절치가 상악중절치, 상악견치에 비해 높은 측정치를 나타내었다고 하였고, Vongsavan과 Matthews 등²⁹⁾은 치수혈류량 측정부위의 법랑질과 상아질을 제거한후 LDF측정을 통해 제거하지 않은 반대측 동일치아에 비해 훨씬 높은 측정치를 얻었다고 보고하여 치질의 두께가 측정치에 영향을 미침을 시사하였으며 Olgart등²⁷⁾은 치아의 색조에 의해서도 영향을 받을 수 있다고 하였다. 또한, Edwall등³⁹⁾은 동일치아라도 측정부위에 따라 측정치가 다르게 나타날 수 있으며 치은혈류로부터의 영향을 최소로 하기 위하여 최소 치은 상방 3mm이상 떨어진 치아 순면 중앙부를 측정점으로 추천하였다. McDonald등⁴⁰⁾은 laser의 파장이 길수록 치수 심부조직의 혈류량 측정이 가능하며 이에 따른 LDF측정치의 증가를

보고하였고, Ingolfsson등^{41,42)}은 probe내에 존재하는 laser를 투사하는 transmitter와 받아들이는 receiver사이의 거리가 멀수록 더 넓고 깊은 부위의 혈류량 측정이 가능하며 이에 따라 증가된 LDF측정치를 얻을수 있다고 하여 측정치를 비교시 동일 기종, 동일 probe를 사용하여야 한다고 하였다.

LDF를 이용하여 치근단공 발육정도에 따른 치수혈류량을 측정하고자 한 본 실험에서는 치아색조에 의한 영향을 배제하고자 정상색조를 가진 치아만을 대상으로 하였으며, 치은상방 최소 3mm떨어진 부위에 probe를 고정하여 측정하였다. 치수혈류량 측정치는 완성된 치근단공을 가진 치아에서 10.72 ± 1.65 PU, 치근단공이 1~2mm인 치아에서 12.78 ± 3.33 PU, 2mm이상인 치아에서 13.31 ± 4.78 PU로서 치근단공이 클수록 치수혈류량이 높게 나타났으나 통계학적인 유의성이 나타나지 않았으며, 치근단공이 클수록 치수혈류량이 증가된다는 선학의 보고와는 상이하였다.

이와 같은 결과는 LDF를 이용한 검사방법이 치수전체의 혈류량이 아닌 국소적 부위의 혈류량만 측정할수 있기 때문으로 사료된다. 치수내 혈관분포에서 알 수 있듯이 LDF에 의해 측정되는 혈류는 모두 치관부의 조상아세포하 부위에 존재하는 모세혈관의 적혈구로서 이러한 모세혈관은 전체 치수용적의 10%정도를 차지한다⁴⁾. 그리고 치근단공이 클수록 측정치가 다소 높게 나타난 것은 Ingolfsson등³⁸⁾과 Vongsavan등²⁹⁾의 보고를 참조할 때 치근단공의 발육정도에 의해서라기 보다 laser가 통과한 부위의 치질두께에 의해 더 많은 영향을 받은것으로 사료된다. 또한 치근단공이 완성된 치아를 관찰한 경우에서도 본 시험의 LDF측정치가 Gazelius, Olgart, Edwall등^{13,26)}의 보고보다 높게 나타나는데 이는 probe내에 존재하는 laser를 투사하는 transmitter와 laser를 받아들이는 receiver사이의 거리가 멀어질수록 조직심부의 혈류를 측정할 수 있다는 Ingolfsson등^{41,42)}의 보고를 참조시 사용된 probe가 서로 달랐기 때문으로 생각된다.

본 시험의 결과를 고려할 때, 외상받은 치아의 치수생활력 검사시에 LDF사용은 신뢰성이 있는 방법이며, 동일치아의 LDF측정치 정상범위는 치근단공의 발육정도에 관계없이 20대까지 동일한 기준을 사용할 수 있을 것으로 사료된다. 또 LDF를 이용한

치수혈류량 측정치는 치질의 두께에 의해 영향을 받는다고 생각되지만, 이를 확인하기 위해서는 향후 좀 더 치질이 두꺼워지는 노인 치아를 대상으로 한 비교연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

V. 요 약

치근단공 완성여부 및 근단공 크기에 따른 LDF 측정치 변화를 비교하기 위해 23세에서 24세 성인 남녀 20명 및 7세에서 8세 취학 아동중 치근단공의 크기가 2mm이상인 아동 20명, 1~2mm인 아동 20명의 상악 좌우중절치를 대상으로 LDF검사를 시행하였다. LDF는 안정된 signal이 나타날 때 까지 5분이상 관찰하였으며, 안정상태 도달후 5분이상 측정하였다.

모든 반응인자의 정규분포를 확인한 다음, 각 시험군간의 LDF측정치를 ANOVA test를 이용하여 비교하였고, 동일대상에서 좌우 치아간의 비교는 paired-t test를 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. LDF측정치에 있어 미완성 치근단공을 가진군이 완성된 치근단공을 가진 군에 비해 높게 나타났지만 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p > 0.05$).
2. 미완성 치근단공을 가진 군간의 비교시 LDF측정치에 있어 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p > 0.05$).
3. 각 시험군내에서 좌우중절치간의 비교시 LDF측정치에 있어 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p > 0.05$).

참 고 문 헌

1. Zvi Fuss, Henry Trowbridge, Bender IB et al: Assessment of Reliability of Electrical and Thermal Pulp Testing Agents. J Endod 12:301-305, 1986.
2. Haudika O: Development of microcirculation. American Physiological Society 4: 165-216, 1984.
3. Vongsavan N, Matthews B: The Vascularity of Dental Pulp in Cats. J Dent Res 71:

- 1913-1915,1992.
4. Duane E, Surindar N: Pulpal vasculature as demonstrated by a new method. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 27:678-683,1969.
 5. Kim S: Regulation of pulpal blood flow. *J Dent Res* 64:590-596,1985.
 6. Edwall L, Kindlova M: The effect of sympathetic nerve stimulation on the rate of disappearance of tracers from various oral tissues. *Acta Odont Scand* 29:387-400, 1971.
 7. Edwall B, Gazelius B, Berg JO et al: Blood flow changes in the dental pulp of cat and rat measured simultaneously by laser doppler flowmetry and local 125I clearance. *Acta Physiol Scand* 131:81-91,1987.
 8. Heyeraas-Tonder KJ, Aukland K: Blood flow in the dental pulp in dogs measured by local H₂ gas desaturation technique. *Arch Oral Biol* 20:73-79,1975.
 9. Meyer MW, Path MG: Blood flow in the dental pulp of dogs determined by hydrogen polarography and radioactive microsphere methods. *Arch Oral Biol* 24:601-605,1979.
 10. Shoher I, Mahler Y, Samueloff S: Dental pulp photoplethysmography in human beings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 36:915-921,1973.
 11. Gazelius B, Orgart L, Edwall B et al: Non-invasive recording of blood flow in human dental pulp. *Endod Dent Traumatol* 2:219-221,1986.
 12. Musselwhite JM, Klizman B, Maixner W et al: Laser Doppler: a clinical test of pulpal vitality. *Oral Surg* 1996.
 13. Gazelius B, Olgart L, Edwall B: Restored vitality in luxated teeth assessed by laser doppler flowmeter. *Endod Dent Traumatol* 4:265-268,1988.
 14. 남동우: 미완성 치근을 가진 치아의 치수생활력 검사에서 Laser Doppler Flowmeter의 신뢰도. *대한소아치과학회지* 24:683-690,1998.
 15. Andreasen JO: Etiology and Pathogenesis of traumatic dental injuries *Scand J Dent Res* 78:339-342,1970.
 16. Schatz JP, Joho JP: Autotransplantations and loss of anterior teeth by trauma. *Endod Dent Traumatol* 9:36-39,1993.
 17. Smith JJ: Successful Autotransplantation. *J Endod* 13:77-80,1987.
 18. Andreasen JO: Atlas of replantation and transplantation of teeth. Mediglove Co Fribourg pp.35-51,1992
 19. 신원규, 어종갑: 전기치수진단기를 이용한 유구치의 반응에 관한 통계학적 연구. *대한소아치과 학회지* 8:65-74,1981.
 20. Kim S: Neurovascular interactions in the dental pulp in health and inflammation. *J Endod* 14:48,1990.
 21. Kazuto Takahashi, Yoshiaki Kishi, Syngeuk Kim : A scanning electron microscope study of the blood vessels of dog pulp using corrosion resin casts. *J Endod* 8:131-135, 1982.
 22. Path MG, Meyer MW: Heterogeneity of blood flow in the canine tooth of the dog. *Arch Oral Biol* 25:83,1980.
 23. Meyer MW, Path MG: Blood flow in the dental pulp of dogs determined by hydrogen polarography and radioactive microsphere methods. *Arch Oral Biol* 24:601,1979.
 24. Duane E, Surinder N: Pulpal vasculature as demonstrated by a new method. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 27:678-683,1969.
 25. Richard E, James K, Soo D Lee: Ultrastructure of Terminal Pulpal Blood Vessels in Mouse Molars. *Anat Rec* 179:527-542,1955.
 26. Olgart L, Gazelius B, Lindh-Stromberg O: Laser Doppler Flowmetry in assessing vitality in luxated permanent teeth. *Int*

- Endod J 21:300-306,1988.
27. Olgart M: Laser Doppler Flowmetry in vitality testing of teeth. *Realites Cliniques* 5: 283-291,1994.
 28. Vongsavan N, Matthews B: In vitro experiments on the use of laser Doppler techniques for recording blood flow in teeth. *Arch Oral Biol* 78:9-10,1993.
 29. Vongsavan N, Matthews B: Experiments on extracted teeth into the validity of using laser doppler techniques for recording pulpal blood flow. *Arch Oral Biol* 38:431-439,1993.
 30. Stern MD, Bowen PD, Parma R et al: Measurement of renal cortical and medullary blood flow by laser Doppler spectroscopy in the rat. *Am J Physiol* 2 36:80-87,1979.
 31. Oberg PA, Nilsson GE, Tenland T et al: Measurement of skeletal muscle blood flow in bullet wounding with a new laser Doppler flowmeter. *Microvasc Res* 18:298,1979.
 32. Williams PC, Stern MD, Bowen PD et al: Mapping of cerebral cortical strokes in rhesus monkeys by laser Doppler spectroscopy. *Med Res Eng* 13:3-5,1980.
 33. Hellem S, Jacobsson LS, Nilsson GE et al: Measurement of microvascular blood flow in cancellous bone using laser Doppler flowmetry and ^{133}Xe -clearance. *Int J Oral Surg* 12:163-177,1983.
 34. Mesaros SV, Trope M: Revascularization of traumatized teeth assessed by laser doppler flowmetry:case report. *Endod Dent Traumatol* 13:24-30,1997.
 35. Watson ADM, Dittford TR, McDonald F: Blood flow changes in the dental pulp during limited exercise measured by laser doppler flowmetry. *Int Endod J* 25:82-87,1992.
 36. Morse DR: Age-related changes of the dental pulp complex and their relationship to systemic aging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 72:721-745,1991.
 37. Morse DR, Esposito JV, Schoor RS et al: A review of aging of dental components and a retrospective radiographic study of aging of the dental pulp and dentin in normal teeth. *Quintessence Int* 22:711-720,1991.
 38. Ingolfsson ER, Tronstad L, Hersh E et al: Effect of probe design on the suitability of laser doppler flowmetry in vitality testing of human teeth. *Endod Dent Traumatol* 9: 65-70,1993.
 39. Ramsay DS, Artun J, Martinen SS: Reliability of pulpal blood flow measurements utilizing laser doppler flowmetry. *J Dent Res* 70:1427-1430,1991.
 40. Odor TM, Pittford TR, McDonald F: Effect of wavelength and bandwidth on the clinical reliability of laser Doppler recordings. *Endod Dent Traumatol* 12:9-15,1996.
 41. Ingolfsson ER, Tronstad L, Riva CE: Reliability of laser Doppler flowmetry in testing vitality of human teeth. *Endod Dent Traumatol* 10:185-187,1994.
 42. Ingolfsson ER, Tronstad L, Hersh E et al: Efficacy of laser Doppler flowmetry in determining pulp vitality of human teeth. *Endod Dent Traumatol* 10:83-87,1994.

국문초록

치근 발육정도와 Laser Doppler Flowmeter 측정치의 상호 관련성

서완종 · 김현정 · 김영진 · 남순현

경북대학교 치과대학 소아치과학교실

외상받은 치아의 치수 생활력을 조기에 진단하는 것은 매우 중요하다. 그러나 대부분의 경우 치수생활력을 조기에 알 수 없으며, 특히 미완성 치근단을 가진 치아에서는 치수생활력 검사의 신뢰도는 더욱 낮아진다. 본 연구는 미완성 치근단을 가진 치아를 대상으로 하여 치근단 완성도에 따른 Laser Doppler Flowmeter(이하 LDF)의 측정치 차이와 발육단계에 따른 각각 LDF 측정 기준치를 알아 보고자 하였다. 이를 위하여 23세에서 24세 성인 남녀 20명 및 7세에서 8세 취학 아동중 치근단공의 크기가 2mm 이상인 아동 20명, 1~2mm인 아동 20명의 상악 좌우중절치를 대상으로 LDF검사를 시행하였다. LDF는 안정된 signal이 나타날 때 까지 5분이상 관찰하였으며, 안정상태 도달후 5분이상 측정하였다. 모든 반응인자의 정규분포를 확인한 다음, 각 시험군간의 LDF측정치를 ANOVA test를 이용하여 비교하였고, 동일대상에 서 좌우 치아간의 비교는 paired-t test를 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. LDF측정치에 있어 미완성 치근단을 가진군이 완성된 치근단을 가진 군에 비해 높게 나타났지만 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p>0.05$).
2. 미완성 치근단을 가진 군간의 비교시 LDF측정치에 있어 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p>0.05$).
3. 각 실험군내에서 좌우중절치간의 비교시 LDF측정치에 있어 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p>0.05$).

주요어 : Laser Doppler Flowmeter, 치수 생활력 검사, 미완성 치근단, 치수혈류량