

## 치수생활력 검사를 위한 Laser Doppler Flowmeter의 이용

경북대학교 치과대학 소아치과학교실

서완종 · 김현정 · 남순현 · 김영진

Abstract

### THE USE OF LASER DOPPLER FLOWMETER FOR PULP VITALITY TEST

Wan-Jong Su, D.D.S., Hyun-Jung Kim, D.D.S., Ph.D.  
Soon-Hyeun Nam, D.D.S., Ph.D., Young-Jin Kim, D.D.S., Ph.D.

*Dept. of Pediatric Dentistry, School of Dentistry Kyungpook National University, Taegu, Korea*

Various diagnostic methods, such as electric pulp test, cold test, test cavity etc., have been used to determine the pulp vitality. At least two or more methods should be used with supplemental information to diagnose each case because using one method doesn't provide sufficient accuracy.

These conventional methods have depended on nervous responses, but Laser Doppler Flowmeter determines the pulp vitality by measuring pulpal blood flow.

In this case, we tested the vitality of the traumatized teeth with incomplete root apices and autotransplanted teeth with conventional methods and Laser Doppler Flowmeter. Conventional methods, such as electric pulp test and cold test can produce various responses according to the development state of the pulpal nerve and the sensory threshold of the patient. But, Laser Doppler Flowmeter has a lower false response rate than any other pulp vitality test methods and it can determine the vitality somewhat earlier than the other method.

**Key words :** Autotransplanted teeth, Laser Doppler Flowmeter, pulp vitality test, traumatized teeth

I. 서 론

깊은 우식증이나 치조골 병소에 관련된 치아, 외상받은 치아 및 자가이식치아에 있어서 치수생활력 유무를 정확히 판단하여 근관치료 여부를 결정하는 것은 매우 중요하다. 치수생활력 유무를 판단하기 위해 병력 참조 및 치아색조, 동요도, 타진, 방사선 사진 촬영등 보조자료와 더불어 전기치수검사, 냉검사, test cavity등이 사용되어 왔다.

이중 전기치수검사는 1867년 Magitot가 처음 소개<sup>1)</sup>한 이래 임상적 적용이 간편하고, 치아에 특별한 손상을 주지 않으며, 자극후 회복이 빠르기 때문에 흔히 사용되는 치수생활력 검사의 하나로 오랫동안 사용되어 왔다. 그러나, 전기치수검사는 외상을 받거나 미완성 치근을 가진 치아에서 다수의 위음성 반응이 보고<sup>2)</sup>되고 있고, 다근치에서 한 치근은 생활력이 있지만 나머지 치근은 생활력이 상실된 경우<sup>3)</sup>, 근관내 치수가 액화괴사된 경우<sup>4)</sup>에 위양성 반응이 종종 나타난다. 또한 심장박동기를 장착한 환자에 위험성이 있으며<sup>5)</sup> 특히 소아의 경우 술식에 대한 이해력의 부족, 치과에 대한 공포, 행동조절 등의 문제점을 가지고 있어 신뢰도에 한계점을 가지고 있다.

이에 치수내 존재하는 감각신경에 근거를 둔 방법보다 치수혈류 흐름을 통해 치수상태를 파악하고자 하는 노력이 있었으며 이에 local isotope clearance<sup>6)</sup>, photoplethysmograph<sup>8)</sup>, hydrogen wash-out<sup>9)</sup>, labelled microsphere trapping<sup>10,11)</sup>, intravital microscopy<sup>10)</sup> 등의 방법이 있었다. 그러나 이러한 방법은 모두 임상적 적용이 곤란하며 치수생활력 측정보다는 주로 치수내 염증반응을 이해하는데 사용되었다.

이에 보존적이고 임상적 적용이 간편하며 재현성있는 방법이 요구되었고 한 방법으로서 laser doppler flowmeter(LDF)에 의한 치수혈류량 측정을 통해 치수생활력을 파악하는 방법이 소개되었다. 치수생활력 측정을 위한 이들의 이용에 있어 Gazelius 등<sup>12)</sup>은 LDF를 사람에서 최초로 사용하였고 Gazelius 등<sup>13)</sup>과 Musselwhite 등<sup>13)</sup>은 생활력이 있는 사람치아를 대상으로 LDF를 이용한 연구를 통해 pulsatile signal이 cardiac cycle과 동일하다고 보고한 바 있다.

본 증례는 경북대학교 소아치과에 내원한 환자중 미완성 치근단을 가지고 있으며 외상받은 치아 및 자

가이식치아를 대상으로 치수생활력을 검사하기 위해 기존의 검사방법과 더불어 LDF를 이용하여 측정된 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 증례보고

증례 1

- 환자명 : 박 ○ ○, 8세 3개월, 여
- 주소 : 상악 전치부 외상
- 현증 : 상악 좌우 중절치, 측절치의 아탈구 및 동요도
- 기왕력 : 내원 2일전 철봉에 상악전치부를 부딪침
- 치과병력, 의과병력 : 특이사항 없음

내원당일 상악 전치부에 약간의 동요도 및 치근단 방사선 사진상 상악 좌우 중절치에 다소의 치근막강 비후가 관찰되어 wire & resin splint를 장착하였으며(Fig. 1) 2주후 치수 생활력 검사 결과 전기치수검사, 냉검사에서는 모든 치아가 음성반응을 나타내었지만 LDF상 상악 좌우 중절치와 우측 측절치는 치수생활력이 존재하는 양상을, 상악 좌측 측절치는 치수혈류가 중단된 양상을 나타내었다(Fig. 2, 3).

6주후 역시 모든 치아가 전기치수검사, 냉검사에 음성반응을 나타내었지만 LDF상 상악 좌우 중절치와 우측 측절치는 치수생활력이 존재하는 양상을 나타내었고 상악 좌측 측절치는 치수혈류가



Fig. 1. 내원당일 치근단 방사선 사진



Fig. 2. 2주, 6주, 5개월 후 상악전치부 치근단 방사선 사진

어느정도 회복된 양상을 나타내어(Fig. 2, 3) 계속 관찰한 결과 5개월 후 치근단 방사선사진상 모든



Fig. 4. 초진시 구강내 정면사진

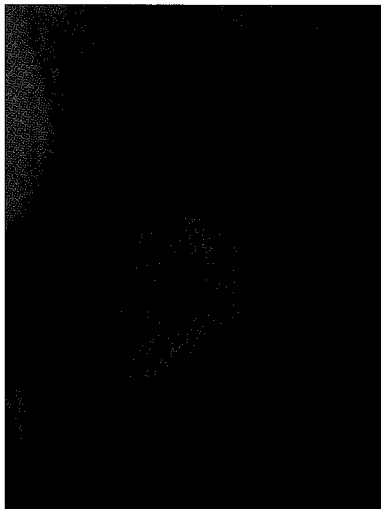


Fig. 5. 초진시 상악 전치부 치근단 방사선 사진

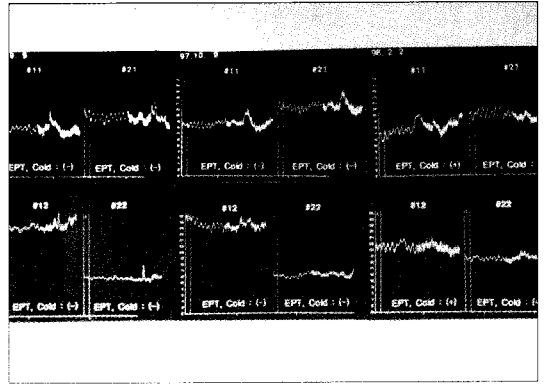


Fig. 3. 2주, 6주, 5개월 후 상악 좌우 중절치, 측절치 LDF 그래프

치아에서 정상적인 치근발육을 보이며 병적 소견도 보이지 않았다. 또한, 모든 치아가 전기치수검사, 냉검사에 양성반응을 나타내었고, LDF상 모든 치아가 치수생활력이 존재하는 양상을 나타내었다(Fig. 2, 3).

#### 증례 2

- 환자명 : 이 ○ ○, 8세 2개월, 남
- 주소 : 상악 우측 중절치의 미맹출
- 현증 : 상악 우측 중절치의 만곡을 동반한 수평대부
- 치과병력, 의과병력 : 특이사항 없음

초진시 구강내 소견으로 상악 우측 중절치가 맹출되지 않은 상태이었으며(Fig. 4) 치근단 방사선



Fig. 6. 재식직후 상악 전치부 치근단 방사선 사진

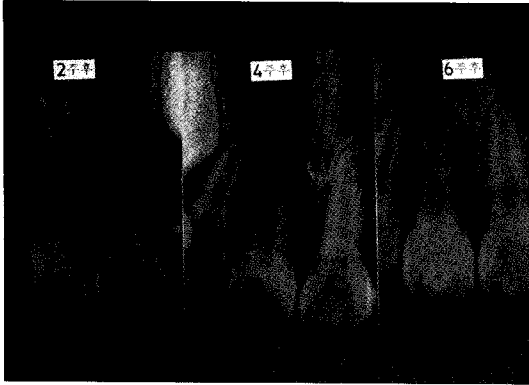


Fig. 7. 2주, 4주, 6주후 상악 전치부 치근단 방사선 사진

사진상 상악 우측중절치의 수평매복이 관찰되었다 (Fig. 5).

환자의 협조도 및 치근의 만곡을 고려하여 교정력을 이용한 견인치료 대신 자가치아이식술을 결정하였다. 상악 우측 중절치를 발거한 결과 치근의 만곡이 관찰되어 순설측을 반대로 하여 자가치아이식을 시행한 후 wire & resin splint를 장착하였다(Fig. 6).

2주후 대조치아인 상악좌측중절치에 비해 상악 우측중절치는 전기치수검사, 냉감사 모두에 음성반응을 보였으며 LDF상 혈류가 중단된 양상이었다(Fig. 7, 8).

4주(Fig. 7, 8), 6주후(Fig. 7, 8)에도 각각 유사한 결과가 나타나 근관치료를 시행하였다.

### III. 총괄 및 고찰

외상을 받거나 자가이식된 치아에 있어 치수가 과사될 경우 염증성 치근흡수에 의해 치아의 상실을 초래하는 경우가 많으며, 이를 방지하기 위해 정확한 치수생활력 검사 및 치수생활력이 상실되었다면 가능한 조기에 근관치료를 실시하여야 한다.

치수생활력 유무를 파악하기 위해 각종 보조자료와 더불어 전기치수검사, 냉감사, test cavity등이 사용되어 왔으며 이중 전기치수검사는 임상적 적용이 용이하고, 보존적이라는 장점이 있어 흔히 사용되는 치수생활력 검사방법의 하나로 오랫동안 사용되어 왔다. 그러나 전기치수검사는 감각신경에 근거를 둔 방법으로 치수내 신경발달 분포가 불완

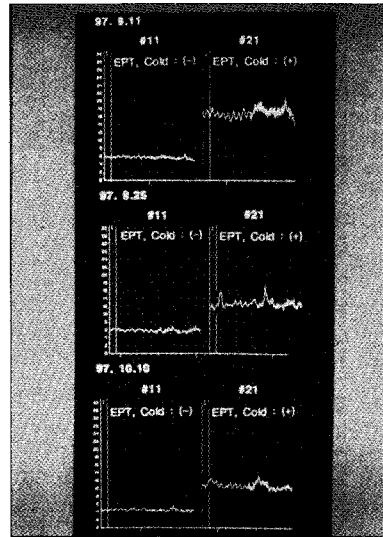


Fig. 8. 2주, 4주, 6주후 상악 좌우 중절치 LDF 그래프

전한 경우 음성반응의 가능성이 높고<sup>14)</sup>, 피검자의 주관에 의해 반응이 다르게 나타날 수 있으며 특히 소아의 경우 술식에 대한 이해력의 부족, 치료에 대한 공포, 행동조절 등의 문제점이 있어 신뢰도에 한계점을 지닌다. Schaffer<sup>15)</sup>는 동일인에 있어서 검사시각 및 날짜에 따라 전기치수검사 역치가 다르다고 보고하였고 Godt<sup>16)</sup>는 개개인의 나이, 치관의 크기, 치아의 위치 등에 따라 전기치수검사 역치가 다양하게 나타난다고 하였다. 또한 Nordenman<sup>17)</sup>은 연속되는 치아에 있어서 전기치수검사기로 측정해 가는 동안 뒤에 검사되는 치아의 역치가 앞서 검사된 치아의 역치보다 높아지는 경향이 있다고 보고하였으며 Fearnhead<sup>14)</sup>는 치아내에 존재하는 신경섬유의 벽측관이 완성되는 데는 치아맹출후 4~5년 정도 소요되며 맹출후 얼마되지 않은 치아에 전기치수검사를 시행할 경우 위음성반응의 가능성을 보고하였다.

이에 치수혈류를 측정하여 치수상태를 파악하고자 하였고 그중 한 방법으로 LDF에 의한 치수혈류량 측정을 통해 치수생활력을 파악하는 방법이 소개되었다.

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

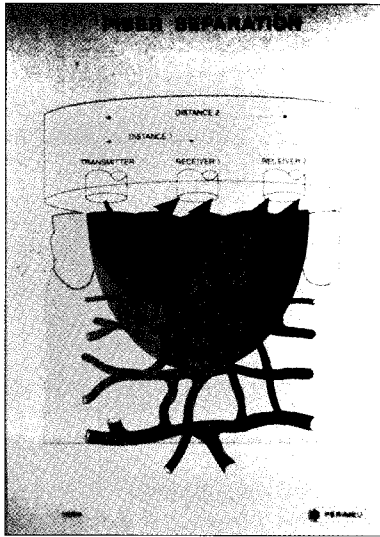


Fig. 9. LDF원리를 나타내는 모식도

받아들여 피검자가 관찰 할 수 있도록 하는 것이며 측정단위로는 적혈구의 농도와 속도의 곱인 Perfusion Unit를 사용한다(Fig. 9).

LDF는 Riva 등<sup>18)</sup>이 토끼망막의 혈류측정에 처음 적용한 이래 Oberg 등<sup>19)</sup>은 골격근, Williams 등<sup>20)</sup>은 대뇌피질, Hellem 등<sup>21)</sup>은 하악골에 적용하는 등 각종신체장기의 혈류측정에 다양하게 사용되었다. 치수 혈류측정에 있어 Gazelius 등<sup>22)</sup>은 사람에서 최초로 LDF를 사용하였고 Vongsavan과 Matthews<sup>22)</sup>는 LDF를 이용하여 법랑질과 상아질을 통해 치수혈류량을 측정 하였으며, Gazelius 등과 Musselwhite 등<sup>12)</sup>은 생활력이 있는 사람치아를 대상으로 LDF를 이용하여 연구한 결과 pulsatile signal이 cardiac cycle과 동일하게 나타난다고 보고하였다.

치수생활력 측정을 위한 LDF의 적용방법에는 영구치열환자에서 고무인상재로 인상을 채득하고 인상체 내면의 치아협면에 치은혈류 영향을 최소화하기 위해 치은연으로부터 3mm떨어진 중앙부위에 구멍을 뚫고 probe를 위치시켜 치수혈류량을 측정하는 방법이 있으며 혼합치열인 경우 치열이 계속 변화하므로 miniholder를 치면에 직접 부착하여 치수혈류량을 측정하는 방법이 있다. LDF그래프를 해석하여 치수생활력 유무를 판단하는 방법을 살펴보면 생활력이 있는 치아에서는 물결모양의 vasomotion이 존재하고, 진폭이 크고 균일하며,

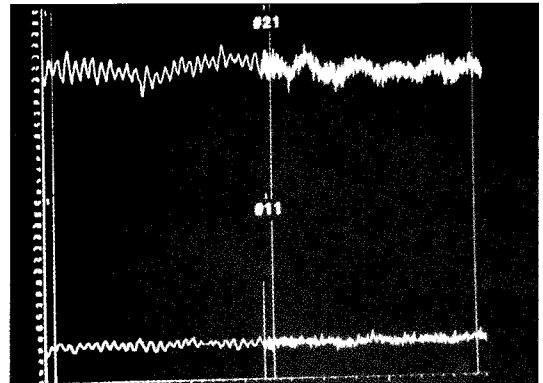


Fig. 10. 치수 생활력 유무에 따른 LDF 그래프

Perfusion Unit의 수치가 상대적으로 높다. 반면 생활력이 상실된 경우, vasomotion이 거의 존재하지 않고, 진폭이 작고 불규칙적이며, Perfusion Unit의 수치가 상대적으로 낮다(Fig. 10).

이러한 LDF를 이용한 방법은 임상적 적용이 간편하고 보존적, 객관적이며 외상받은 치아의 경우 비교적 조기에 치수생활력을 측정할 수 있다. 그러나 가격이 비싸고, 변색된 치아의 경우 He-Ne 빛이 치수내로 투과되는 양이 적어 치수혈류량 측정이 곤란한 단점이 있다.

일반적으로 미완성 치근단을 가진 초기영구치에 외상이 가해진 경우 손상받은 신경조직은 혈관조직보다 회복되는데 오랜기간이 소요<sup>23)</sup>되며 이 기간동안 기존의 검사방법에 음성반응을 보이는 치아에서 LDF를 이용하여 측정시 치수생활력이 존재하는 양상을 보이는 경우가 많다. 이러한 LDF를 이용한 측정결과와 함께 주기적인 치근단 방사선사진 및 임상검사를 통해 치근의 정상적인 발육을 종종 관찰할 수 있고 불필요한 근관치료를 예방할 수 있다.

본 증례에서는 미완성 치근단을 가지고 있으며 외상받은 치아 및 자가이식치아를 대상으로 치수생활력을 검사함에 있어 기존의 방법과 더불어 LDF를 이용하여 측정한 결과 첫 번째 증례의 경우 내원후 6주까지 모든 치아가 전기 치수검사 및 냉검사에 음성반응을 보였지만 치근단 방사선사진상 별다른 병적소견이 관찰되지 않았고 LDF상 치수생활력이 존재하는 양상을 나타내었다.

이는 LDF를 이용한 검사방법이 기존의 검사방법에 비해 비교적 조기에 정확히 치수생활력을 검

사할 수 있는 방법임을 시사한다. 계속 관찰한 결과 5개월 후 모든 치아에서 전기치수검사 및 냉검사에 양성반응을 나타내었고, 치근단 방사선사진상 정상적인 치근발육이 관찰되었으며, LDF상 치수생활력이 존재하는 양상을 나타내어 불필요한 근관치료를 예방할 수 있었다. 일반적으로, 외상받은 초기영구치에 있어서 치수혈관 재생은 6주까지 부분적 회복이 일어나고 9개월 후 완전히 회복된다<sup>20)</sup>는 보고를 참조할 때 특별한 임상증상이 없으면 성급한 근관치료를 삼가해야 할 것으로 사료된다. 두 번째 증례의 경우 자가이식된 상악우측중절치를 상악좌측중절치를 대조치아로 하여 치수생활력 검사를 시행한 결과 6주까지 전기치수검사, 냉검사 및 LDF검사방법에서 모두 치수생활력이 상실된 양상을 나타내었다. 자가이식된 치아가 미완성 치근단을 가지고 있어 재혈관화를 기대하며 계속 관찰하려 하였으나, 6주째 부터 방사선 사진상 치근단 부위에 방사선 투과성 부위가 관찰되었고, 치수혈류가 부분적으로 회복되는데 6주정도의 기간이 소요된다<sup>20)</sup>는 사실을 감안하여 근관치료를 시행하였다.

IV. 요 약

저자는 본 병원에 내원한 환자중 미완성치근단을 가지고 있으며 외상받은 치아 및 자가이식치아를 대상으로 기존의 치수생활력 검사방법과 더불어 LDF를 이용한 검사방법을 통해 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 치수생활력유무를 판단함에 있어 현재까지 널리 사용된 전기치수검사, 냉검사등의 방법은 치수 내 신경발달 정도 및 피검자의 주관에 의해 반응이 다르게 나타나는 경우가 많다.
2. 이에 반해 LDF를 이용한 치수생활력 검사방법은 위음성 및 위양성 반응의 빈도가 낮아 신뢰도가 높으며 비교적 초기에 치수생활력을 측정할 수 있는 우수한 방법이다.

참 고 문 헌

1. Martin H, Ferris C, Mazzella W et al : An

evaluation of media used in electric pulp testing. Oral Surg, Oral Med & Oral Path 27:374-378, 1969.

2. Bhaskar SN, Rappaport HM : Dental vitality test and pulp status. J Am Dent Assoc 86: 409-411, 1973.

3. Grossman LI : Endodontic practice, 10th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 17-22, 1981.

4. Ehrmann EH : Pulp testers and pulp testing with particular reference to the use of dry ice. Aust Dent J 22:272-279, 1977.

5. Woolley LH, Woodworth J, Dobbs JL : A preliminary evaluation of the effects of electrical pulp testers on dogs with artificial pacemakers. J Am Dent Assoc 89:1099-1101,1974.

6. Edwall L, Kindlova M : The effect of sympathetic nerve stimulation on the rate of disappearance of tracers from various oral tissue. 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 I25I clearance. Acta Physiolog Scand 131:81-91, 1987.

8. Shoher I, Mahler Y, Samueloff S : Dental pulp photoplethysmography in human beings. Oral Surg, Oral Med & Oral Pathol 36:915-921, 1973.

9. Heyeraas-Tonder KJ, Aukland K : Blood flow in the dental pulp in dogs measured by local H<sub>2</sub> gas desaturation technique. Arch Oral Biol 20:73-79, 1975.

10. Kim S : Regulation of pulpal blood flow. J Dent Res 64:590-596, 1985.

11. 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.

12. Gazelius B, Olgart L, Edwall B et al : Non-invasive recording of blood flow in human dental pulp. Endod Dent Traumatol 2:219-221, 1986.

13. Musselwhite JM, Klizman B, Maixner W et al : Laser Doppler a clinical test of pulpal vitality

- ty. Oral Surg 1996.
14. Fearhead RW : The histological demonstration of nerve fibers in human dentin. Symposium Royal Society of Medicine, London 15-24, 1963.
  15. Schaffer J : Pulp testing. New York J Dent 28:48-61, 1958.
  16. Godt IL : Bertrag zur Emihlung der Elektrischen Reizschwelle Am Zahn. Dent Zahrant 22:1363-1368, 1967.
  17. Nordenman A : Dental sensitivity to electrical excitation threshold values of caries free non-filled teeth. Acta Odont Scand 28:233-242, 1970.
  18. Riva C, Ross B, Bendek GB : Laser Doppler measurement of blood flow in capillary tubes and retinal arteries. Invest Ophthalmol 11:936-944, 1972.
  19. Oberg PA, Nilsson GE, Tenland T et al : Measurement of skeletal muscle blood flow in bullet wounding with a new laser Doppler flowmeter. Macrovasc Res 18:298, 1979.
  20. 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.
  21. Hellem S, Jacobsson LS, Nilsson GE et al : Measurement of microvascular blood flow in cancellous bone using laser doppler flowmetry and  $^{133}\text{Xe}$ -clearance. Int J Oral Surg 12:163-177, 1983.
  22. Vongsavan N, Matthews B : Experiments on extracted teeth into the validity of using laser doppler techniques for recording pulpal blood flow. Archs Oral Biol 38:431-9, 1993.
  23. Watson ADM, Dittford TR, McDonald F : Blood flow changes in the dental pulp during limited exercise measured by laser Doppler flowmetry. International Endodontic Journal 25:82-87, 1992.
  24. Gazelius B, Olgart L, Edwall B : Restored vitality in luxated teeth assessed by laser Doppler flowmeter. Endod Dent Traumatol 4:265-268, 1988.