

전기 치수 검사 시 역치 자극 이후 과용(過用) 자극 시간의 측정

남기창¹ · 안선희¹ · 김수찬¹ · 김덕원¹ · 이승종^{2*}

¹연세대학교 의과대학 의학공학교실, ²연세대학교 치과대학 보존과학교실

ABSTRACT

MEASUREMENT OF THE EXCESSIVE STIMULUS TIME AFTER THE SENSORY THRESHOLD LEVEL DURING ELECTRIC PULP TESTING

Ki-Chang Nam¹, Seon-Hui Ahn¹, Soo-Chan Kim¹, Deok-Won Kim¹, Seung-Jong Lee^{2*}

¹Department of Medical Engineering, College of Medicine, Yonsei University

²Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

Use of electric pulp testing elicits painful response in vital teeth. In this study, we examined the excessive time from pain feeling to stimulation disconnection in clinical situation. D626D (Parkell Inc., USA.) scan type electric pulp tester was used in total of 23 young healthy individuals. Each of the right central incisors and first premolars were used as testing teeth. Stimulation disconnection was achieved by EMG in anterior belly of digastric muscle, finger span, and voice and the excessive stimulation time over the sensory threshold was recorded. As a result, we found that the short responses before the stimulation disconnection appeared following order; EMG, finger span, and voice. The EMG disconnection is suggested to be used to reduce the excessive stimulus time in electric pulp testing. [J Kor Acad Cons Dent 29(3):226-232, 2004]

Key words : Tooth, Pulp test, Electric pulp tester, Pulp vitality, Pain response, EMG (electromyograph), Stimulation time

I. 서 론

치수 검사 (pulp test)는 치과 임상 진료 시 치아에 자극을 가하여 생활력 (vitality) 여부를 판단하는 검사로 치수에 감지 레벨 (sensory threshold) 이상의 자극을 가하여 통증을 유발 시키며 피검자의 반응으로 평가한다. 치아 내의 치수는 혈관과 신경 그리고 결합조직을 포함하고 있는

연조직으로 치아의 성장과 발육시기에는 치아에 영양을 공급하는 역할을 하고 치아가 성숙되면, 감각의 기능만을 갖는다¹⁾. 조직학적으로 치수는 무수신경과 유수신경에 의해 신경 지배를 받는다²⁾. 신경섬유의 전기 생리학적인 연구에 따르면 유수신경인 A-섬유는 상아질의 통각에 관여하고, 무수신경인 C-섬유는 염증 시 나타나는 동통에 중요한 역할을 한다³⁾.

치수 신경의 흥분은 치아의 상아질에 가해지는 물리적 화학적 자극에 의해서 일어나며^{4,6)}, 그로 인한 통증은 신경 전달을 통해 피검자가 유발된 통증을 음성이나 동작으로 표현하게 된다. 치수신경의 반응에 대한 연구로는 Narhi 등이 치수 신경의 흥분 전달 속도와 기계적 자극에 대한 반응을 발표한 바 있고⁷⁾ Azerad 는 치수 자극에 반응하는 신경세포가 삼차신경 복합 감각 핵에 존재함을 보고 하면서 그에 가해지는 유해자극에 대한 반응을 기록하였다⁸⁾. Mahan은

* Corresponding author: **Seung-Jong Lee**

Department of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Yonsei University
134 Shinchon-Dong, Seodaemun Gu, Seoul, Korea, 120-752
Tel : 82-2-361-8700 Fax : 82-2-313-7575
E-mail : sjlee@yumc.yonsei.ac.kr

※ 본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것입니다. (과제고유번호 : 02-PJ1-PG10-31401-0003)

말초조직에 가해지는 유해자극에 의해 여러 동통반응을 일으키며, 그 중에서도 악안면에서 나타나는 대표적인 반응은 개구반사 (JOR, jaw opening reflex)라고 주장하였다⁹⁾.

좀 더 객관적인 데이터를 얻기 위한 노력으로 Mason 등은 전기 치수 자극에 의해 개구반사 (JOR)를 유발시켰을 때, 악이복근 (digastric muscle)의 근전도 (electromyograph)신호를 oscilloscope를 이용하여 측정하고 근전도의 진폭 변화에 대하여 발표하였다¹⁰⁾. Koole 등도 다양한 안면 턱 운동에 따른 근전도 변화를 측정한 실험에서 침습전극과 표면전극을 이용하여 개구반사에 관여하는 악이복근의 측정 결과를 보고하였다¹¹⁾. Matthews 등에 의하면 역치 자극 레벨의 약 3배 정도 단극성 (monopolar) 자극을 치수에 가하였을 때 사람의 교근 (masseter muscle) 근전도 반응의 지연시간은 자극 후 약 15~20ms 정도라 발표하였다¹²⁾. 한영철 등에 의하면 실험동물에서 전기 치수 자극에 의해 유발된 동통반응에 따른 감각 신경의 반응과 그에 따른 근전도를 동시에 측정하여 비교한 근전도의 잠복기가 하악의 경우 평균 10.83ms, 상악의 경우 9.99ms 로 나타났다¹³⁾. 유미경 등에 의하면 쥐의 치수를 mustard oil로 자극 하였을 때 악이복근, 교근, 설근에서의 근전도 변화의 유의한 차이를 발견하여 근전도가 치수자극에 대한 반응 평가에 중요한 지표로 사용될 수 있음을 제시 하였다¹⁴⁾.

치수 자극에 의한 피검자의 다양한 동통 반응의 측정에 있어서, Ahlquist 등은 온도 (thermal test-rapid cooling) 자극 후, INA (Intradental Nerve Activity), 동통의 크기에 대한 손가락 구부림 (finger span response)반응, 음성 표현 (verbal response) 등이 나타나는 지연시간 측정하였다¹⁵⁾. 이와 같이 기존의 연구들은 치수에 역치 자극 이상의 자극을 가해지는 시점으로부터 신경의 반응과 그에 따른 인체 반응의 시간 지연을 측정하였다.

실제 임상에서 전기 치수 검사기 사용 시, 낮은 전류 세기부터 피검자가 통증을 느낄 때 까지 전류 강도를 서서히 증가시키면서 피검자가 통증을 호소하면 자극을 차단시키게 된다. 전기 치수 검사기를 이용하여 전류 자극의 통로 (path)를 형성하였다가 차단하는 방법은 검사자가 피검자의 반응을 보고 차단하는 방법과 피검자가 직접 차단하는 방법이 있다. 이러한 검사 과정에서 피검자가 역치 자극 이상의 전류세기에서는 매우 불편함과 통증을 호소한다. 또한 통증을 느낀 이후에 뇌의 중추신경 명령 전달에 의해 자극을 탈출하기까지는 역치 자극 이상의 전류의 세기로 더 큰 자극을 전달하게 된다.

이상으로 보아 치수 자극에 의한 생리학적 반응에 대한 연구도 중요하나 임상에서 적용중인 치수 검사 시 역치 자극 이상의 과용 자극을 줄임으로써 피검자의 불편함을 최소화 할 필요가 있다. 본 연구에서는 전기 치수 검사 시, 낮은 전류 자극으로부터 피검자가 전류에 의한 통증을 느낄 때까지

강도를 증가시킨 뒤 피검자의 동작이나 음성 반응에 의해 자극을 중단하는 과정에서 피검자의 반응을 객관적으로 측정하며, 자극 중단까지 걸리는 시간을 측정 분석하였다.

Ⅱ. 실험 재료 및 방법

1. 전기 치수 검사 방법

실험에 사용된 전기 치수 검사기는 D626D (Parkell Inc., USA.) 으로 출력 스위치를 누르고 있는 동안 자동으로 자극 전류의 강도가 증가하는 디지털형 전기 치수 검사기이다. 자극 전류가 증가하는 빈도는 2.5, 5, 10 Hz 로 세 가지 모드가 있으며, 이는 곧 전류의 세기가 각각 400, 200, 100 msec 마다 증가함을 뜻한다. 일반적인 전기 치수 검사 방법은 Figure 1과 같이 검사하고자 하는 치아에 전류 자극 전달을 위해 단면적의 직경이 1.5 mm 인 금속 프로우브 팁 (probe tip)을 접촉시켜 단극성 자극을 주었다. 치아에 전류를 가하기 위해서는 전기 치수 검사기와 접촉된 치아와 전류의 통로 (current path)가 형성되어야 하는데, 이 때 전류의 통로를 형성하는 방법은 피검자가 직접 전기 치수 검사기와 접촉하거나 검사자가 전기 치수 검사기와 피검자를 접촉시켜 연결한다. 전류의 자극은 피검자나 검사자가 자극 버튼을 누르는 동안 정해진 자극 주기의 속도로 전류 강도가 증가하며 전달된다. 또한 피검자가 역치 자극에서 통증을 느낀 후 자극 전류를 차단하는 방법은 전류의 통로를 제거하거나 자극 스위치를 차단함으로써 이루어진다.

실험은 치아에 병변이 없거나 과거 병력이 없는 건강한 성인 남녀 23명 (남 : 16 명, 26.9 ± 2.2 세; 여 : 7 명, 25.9 ± 2.9 세)의 우측 첫 번째 상악 전치와 우측 첫 번째 상악 소구치를 대상으로 실험에 대한 설명과 사전 동의를 얻은 뒤 실시하였다. 전기 치수 검사기의 자극이 치아에 묻

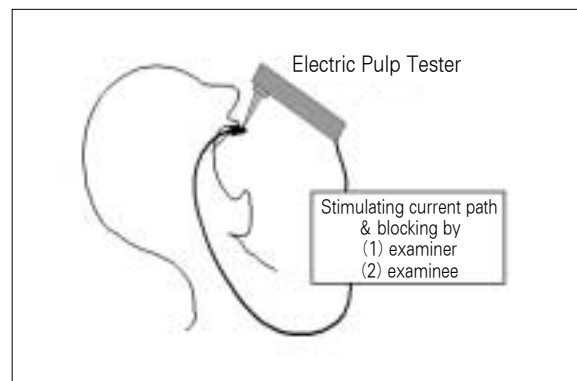


Figure 1. Conventional pulp vitality testing using electric pulp tester.

은 타액에 의해 치아 이외의 다른 부분으로 자극이 전달되는 것을 막기 위해 치아를 완전히 건조시켰으며, 프로우브 팁과 치아의 표면 접촉 임피던스를 줄이기 위해 통상적으로 임상에서 사용하는 치약을 검사 부위에 발랐다. 전기 치수 자극 레벨의 증가 빈도는 5 Hz로 하였으며, 역치 자극에 대하여 피험자가 통증을 느낄 때 나타날 수 있는 다음의 세 가지 반응을 피검자에 의한 자극 차단과 검사자에 의한 자극 차단으로 구분하여 측정하였다.

2. 악이복근 (diagastric muscle)의 근전도

치수 내의 신경에 역치 자극 이상의 자극이 가해질 때 발생하는 개구반사는 유해 임펄스 (nociceptive impulse)가 체성신경이나 운동신경에 의해 전달되어 삼차신경 중 하악 분지 (mandibular division)의 운동섬유가 자극에 의해 흥분되어 악안면 근육의 수축이 발생한다. 치수 자극에 의한 악안면 근육 변화를 측정하기 위해서 악안면의 악이복근 (diagastric muscle), 교근 (masseter muscle), 설근 (tongue muscle)에 대한 측정 결과가 보고 된바 있다¹¹⁻¹⁴⁾. 이 중 개구 (opening)시는 악이복근에서, 폐구 (closing)시는 교근에서 근전도 변화가 뚜렷하다¹¹⁾. 따라서 본 연구에서는 개구반사를 측정하기 위해 악이복근의 근전도 변화를 관찰하였다.

단일 근육의 활동성을 측정하기 위해서는 침습전극 (intramuscular electrode)를 사용하나, 표면전극을 사용 하여도 개구운동의 전반적인 근육 활동을 측정하기에는 충분하며, 비침습적인 장점이 있다¹¹⁾. 악이복근의 근전도 측정을 위해 Figure 2와 같이 두 가지 위치에 표면전극 (surface electrode)을 부착하여 측정 비교하였다. 악이복근은

좌우 대칭으로 존재하나, 검사 치아의 좌우 위치에 대한 Figure 2 (b)의 전극의 좌우 위치의 영향은 없다¹¹⁾.

쌍전극 방식 (bipolar)의 근전도 측정을 위해 직경 10mm의 일회용 Ag-AgCl 표면전극 (RedDot, 3M, USA)을 사용하였으며, 두 전극간의 간격은 2.5cm로 일정하도록 하였다. 집지 전극은 손바닥 방향으로 왼손 손목에 부착하였고, 근전도 증폭기 (Tel100, Biopac system Inc., USA)의 증폭비를 10,000배로 하여 측정하였다. 수집된 근전도 신호는 통증에 의한 자극 반응을 구분하기 위해 20Hz 고역 통과 필터를 거친 후 동적잡음을 제거하였다.

3. 손가락 움직임 반응

피검자가 통증을 느낄 때, 손가락을 움츠리거나 피검자가 전류 통로를 위해 잡고 있던 전기치수 검사기를 놓기 위해 손가락 움직임이 발생하므로 이를 검출하기 위해 밴드 타입의 가변저항 (Flex point, USA)을 Figure 3과 같이 오른손 중지에 부착하였다. 밴드 타입의 가변저항은 손등에 부착이 되고 손가락 마디에 연결된 가이드 사이에 끼어 넣는다. 피검자가 통증을 느낄 때 손가락을 구부리게 되면 가변저항의 값이 변하게 되는데 이를 전압으로 출력하여 측정한다. 출력 신호를 교류 커플링 (AC coupling)을 거쳐 동적잡음을 제거 하였으며, 통증에 의해 갑작스런 신호의 변화가 측정되도록 하였다.

4. 음성 반응

피검자가 통증을 느낄 때, 음성으로 표현하는 신호를 측정하기 위하여 PC용 마이크를 사용하였다.

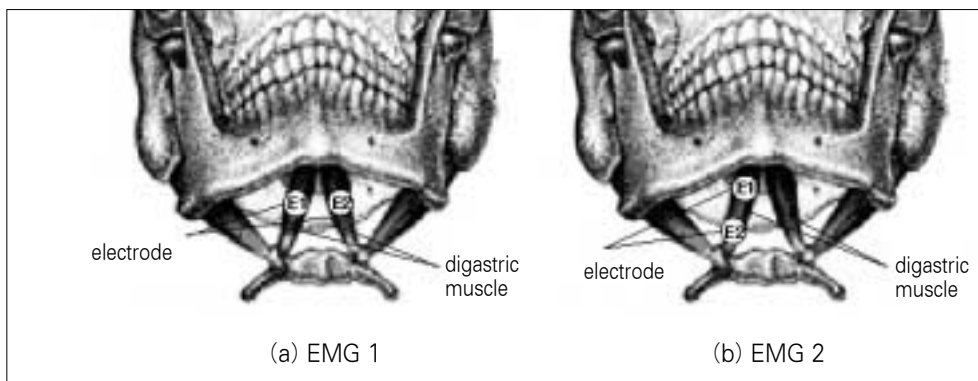


Figure 2. Electrode position to measure the diagastric muscle EMG.

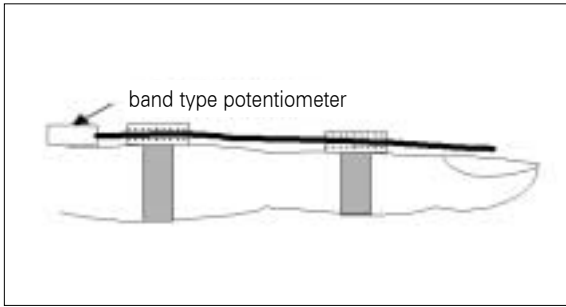


Figure 3. Flexible band sensor for measuring the finger span.

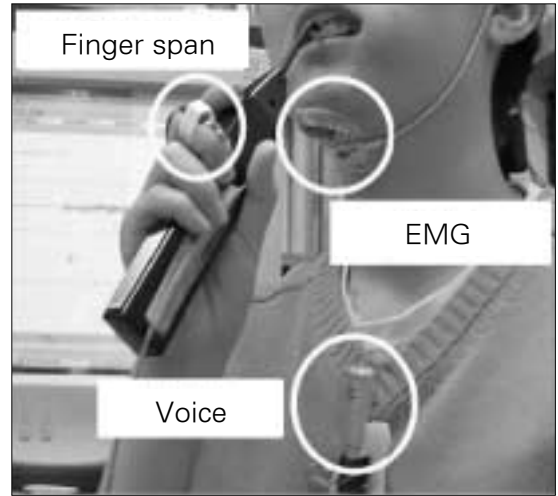


Figure 4. Measurement of pain responses during electric pulp testing.

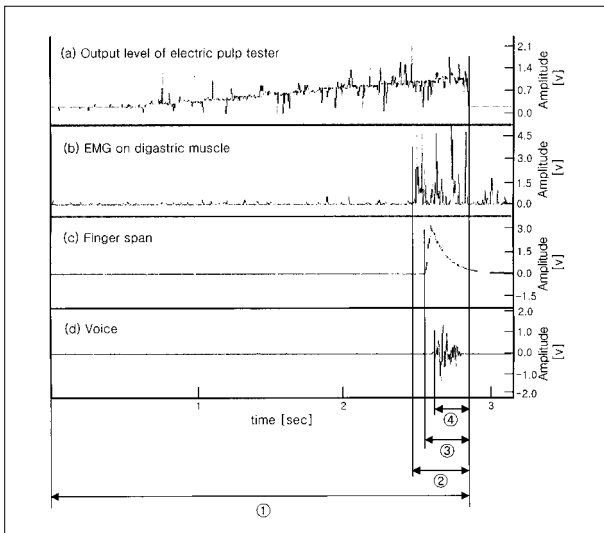


Figure 5. Record of electric pulp testing level, EMG, finger span, and voice during electric pulp testing (① : time of electric pulp testing, ②, ③, ④ time delay between showing EMG, finger span, and voice response and stimulation stop, respectively).

5. 전기 치수 검사 시 통증에 대한 인체 반응 측정

전기 치수 검사 시 피검자에게 가해지는 치수 검사기의 자극 레벨의 출력과 세 가지 인체 반응 신호를 동시에 측정하였다. 이 네 가지 신호는 MP100 (Biopac system Inc. USA)을 이용하여 Figure 4와 같이 PC로 전송되어 기록된다.

Figure 5의 ①은 치수 대한 자극을 역치 자극 이하의 크기에서 서서히 증가시켜 감지 레벨 이후에 피검자가 통증 반응을 보인 후 자극을 차단시켰을 때까지의 시간이다. Figure 5의 ②는 역치 자극에서 통증을 느낄 때 악이복근에서 나타나는 근전도가 발생하는 시점으로부터 자극이

차단되기까지의 시간이며, ③과 ④는 각각 손가락 움직임과 음성 반응이 발생하는 시점으로부터 자극이 차단되기까지 시간이다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

Table 1과 2는 전기 치수 검사 시, 낮은 전류 자극에서 역치 자극에 다다를 때 까지 서서히 출력 레벨을 증가시키다가 피검자나 검사자에 의해서 통증을 느낀 후, 전류 자극을 벗어날 때 까지 각 인체 반응의 지연시간을 나타낸다. 일반적으로 통증에 의해 신경 반응이 운동 반응으로 나타나므로, 지연시간이 길수록 역치자극을 느끼는 시점과 가까움을 뜻한다.

치수 자극에 의해 나타나는 인체 반응은 근전도, 손가락 움직임, 음성 신호로 기록되었다. Table 1은 근전도 1의 방식으로 전극을 부착하였을 때이고, Table 2는 근전도 2의 방식으로 전극을 부착하였을 때이다. 데이터의 통계분석은 SPSS 8.0 (SPSS Inc., USA)을 이용하여 유의수준 $p = 0.01$ 로 비모수적 검정을 하였다.

1. 남 / 여

Table 1과 2의 결과에서 모든 인체 반응의 시간 지연에 대한 남녀의 차이는 Mann-Whitney test (non-parametric independent t-test) 검증 결과, 유의수준 $p = 0.01$ 에 대하여 통계적으로 유의하지 않았다. 따라서 이후의 통계 처리에서는 남자와 여자의 데이터를 구분하지 않고 처리하였다.

Table 1. Time delay between EMG, finger span, and voice response and stimulation disconnection, respectively (EMG 1)

tooth	pain response	current blocking by					
		examiner (mean ± std, msec)			examinee (mean ± std, msec)		
		male (n = 16)	female (n = 7)	total (n = 23)	male (n = 16)	female (n = 7)	total (n = 23)
central incisor (n = 23)	EMG 1	322.2 ± 61.4	342.9 ± 40.4	328.5 ± 55.7	206.7 ± 44.5	177.1 ± 32.3	197.3 ± 42.6
	Finger span	279.4 ± 62.9	282.9 ± 33.8	280.5 ± 54.9	126.3 ± 39.0	122.9 ± 30.1	125.2 ± 35.7
	Voice	223.4 ± 60.0	186.4 ± 135.9	212.2 ± 88.3	68.4 ± 124.6	77.1 ± 48.9	71.1 ± 106.1
premolar (n = 23)	EMG 1	334.7 ± 77.1	352.9 ± 85.9	340.5 ± 78.4	230.0 ± 82.8	250.7 ± 99.2	236.3 ± 86.3
	Finger span	246.9 ± 100.6	270.0 ± 32.4	253.9 ± 85.4	130.3 ± 33.3	118.6 ± 17.3	126.7 ± 29.5
	Voice	223.3 ± 68.1	208.6 ± 45.4	218.8 ± 61.5	94.4 ± 65.5	114.3 ± 86.7	100.4 ± 71.2

Table 2. Time delay between showing EMG, finger span, and voice response and stimulation stop, respectively (EMG 2)

tooth	pain response	current blocking by					
		examiner (mean ± std, msec)			examinee (mean ± std, msec)		
		male (n = 16)	female (n = 7)	total (n = 23)	male (n = 16)	female (n = 7)	total (n = 23)
central incisor (n = 23)	EMG 2	336.9 ± 44.0	337.9 ± 64.6	337.2 ± 49.6	203.1 ± 33.9	207.1 ± 48.8	204.4 ± 37.9
	Finger span	278.1 ± 67.8	219.3 ± 91.0	260.2 ± 78.5	132.2 ± 34.5	119.1 ± 28.0	128.2 ± 32.6
	Voice	247.8 ± 43.5	210.7 ± 35.2	236.5 ± 43.9	101.6 ± 67.1	95.7 ± 58.6	99.8 ± 63.3
premolar (n = 23)	EMG 2	366.9 ± 113.4	339.3 ± 57.9	358.5 ± 99.2	228.8 ± 61.0	225.0 ± 76.8	227.6 ± 64.4
	Finger span	269.7 ± 46.1	270.0 ± 47.3	269.8 ± 45.4	102.8 ± 80.1	133.6 ± 37.6	112.2 ± 70.5
	Voice	226.6 ± 41.6	212.1 ± 34.0	222.2 ± 39.3	90.3 ± 87.1	99.3 ± 41.8	93.0 ± 75.3

Table 3. Maximum power value of EMG in digastric muscle as the electrode position by electric pulp testing

tooth	pain response	current blocking by					
		examiner (mean ± std, V _{peak} ²)			examinee (mean ± std, V _{peak} ²)		
		male (n = 16)	female (n = 7)	total (n = 23)	male (n = 16)	female (n = 7)	total (n = 23)
central incisor (n = 23)	EMG 1	6.5 ± 8.6	3.4 ± 1.8	5.6 ± 7.3	9.4 ± 11.7	5.1 ± 2.6	8.0 ± 9.9
	EMG 2	4.9 ± 4.4	18.2 ± 12.4	9.0 ± 9.7	7.3 ± 9.2	13.8 ± 9.2	9.3 ± 9.5
premolar (n = 23)	EMG 1	6.3 ± 9.8	5.5 ± 5.1	6.1 ± 8.5	7.9 ± 12.4	8.2 ± 5.6	8.0 ± 10.6
	EMG 2	9.1 ± 8.9	17.7 ± 14.4	11.7 ± 11.3	9.6 ± 9.9	12.6 ± 8.2	10.5 ± 9.3

2. 피검자 / 검사자

Table 1과 2에서 세 가지 반응에 대한 피검자와 검사자에 의한 지연시간 비교 시, Wilcoxon signed rank test (non-parametric paired t-test) 검증 결과, 유의 수준 p = 0.01에 대하여 통계적으로 유의한 평균의 차이가 있었다 (Figures 6~9). 그러나 Table 3에서 최대 전력 값은 유의차가 없었다.

3. 전치 / 소구치

본 실험에서 대상으로 한 전치와 소구치에서 각 인체 반응의 시간 지연 결과를 비교하였다. 근전도, 손가락, 음성 반응이 시간 지연의 결과를 전치와 소구치에 대해 비교했을 때, Mann-Whitney 검정 결과 유의수준 p = 0.01에 대하여 통계적 유의차가 없었다.

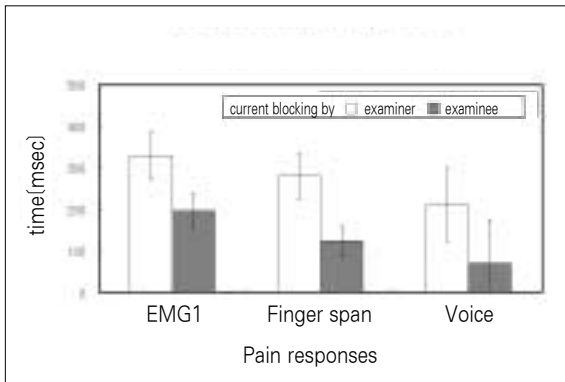


Figure 6. Time delay between the examiner and examinee (central incisor, EMG1)

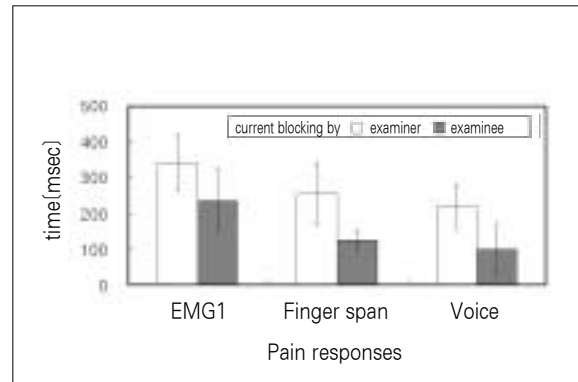


Figure 7. Time delay between the examiner and examinee (premolar, EMG1)

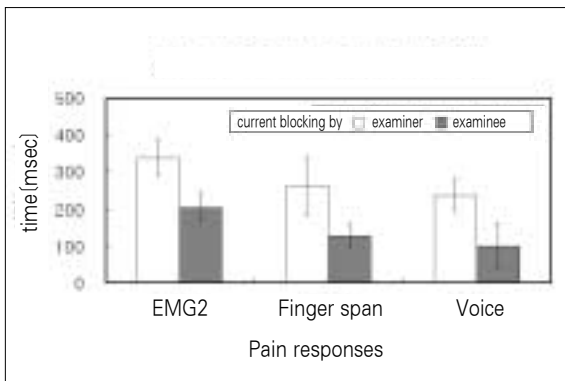


Figure 8. Time delay between the examiner and examinee (central incisor, EMG2)

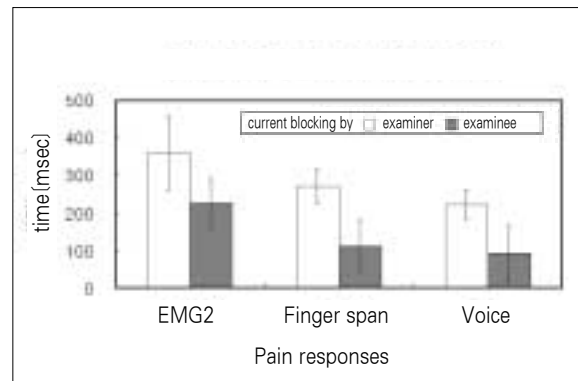


Figure 9. Time delay between the examiner and examinee (premolar, EMG2)

4. 근전도 1 / 근전도 2

Table 1과 2에서 악이복근의 근전도 전극 부착 위치에 인체 반응의 지연 시간을 비교한 결과, 유의 수준 $p = 0.01$ 에 대하여 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. Table 3에서 근전도 전극 부착 위치에 따른 최대 전력 값을 비교해 본 결과, 평균적으로 근전도 2의 방법이 큰 값으로 분포하고 있으나, $p = 0.01$ 로 검정한 결과 통계적으로 유의차가 나타나지 않았다. 따라서 본 연구에서 적용한 근전도 전극 부착 위치에 따라서 인체 반응 시간을 측정하는 것은 차이가 나지 않음을 알 수 있었다.

Table 1과 2에서 보는 바와 같이 치아에 전기 자극을 가

했을 때, 피검자의 악이복근의 근전도 반응이 가장 먼저 일어난 후, 손가락을 이용한 통증 표현 그리고 음성을 통한 통증 표현의 순서로 나타나는 것을 확인하였다. 일반적인 임상에서 전기 치수 검사는 연속적으로 전류 자극을 증가시키기 때문에 역치 자극을 느끼는 정확한 시점을 알 수 없다. 따라서 본 연구에서는 각각의 인체 반응이 나타나서 전류 통로 차단이 되기까지의 시간을 측정하였다. 역치 자극 강도에서 통증을 감지한 뒤 각각의 인체 반응이 나타나므로 세 가지 인체 반응 중 가장 먼저 나타난 근전도의 반응이 역치 자극을 느끼는 시점과 가깝다고 볼 수 있다. 또한 근전도 신호의 시간 지연 이상으로 역치 자극을 느낀 이후에 과용 자극이 전달됨을 알 수 있다.

검사자에 의한 전류 자극 통로의 차단과 피검자에 의한 전류 자극 통로의 차단 지연 시간의 결과를 비교해 보면, 피검자가 직접 통증을 느낀 뒤 자극을 차단하는 반응이 빠르게 나타남을 알 수 있다.

Table 1의 실험을 위해 사용된 전기 치수 검사기의 출력에 대한 주기는 200msec 이다. 즉, 200msec 마다 자극 레벨이 한 단계씩 상승하게 되므로, 역치 자극에 의해 통증을 느낀 이후에 전류 자극 통로를 차단하기 까지 역치 자극 이상의 자극이 전달되므로 불필요한 고통을 유발하게 됨을 확인할 수 있었다. 근전도 신호 반응으로 보아 역치 자극보다 약 2단계의 과용자극이 전달됨을 알 수 있었다. 100 msec의 주기로 자극을 증가시키면 약 4 단계의 과용자극이 전달된다. 만약 400 msec 의 자극 주기를 사용하게 되면 과용자극이 가해지기 전에 자극을 차단할 수 있으나, 검사시간이 몇 초간 더 길어지게 될 것이다.

IV. 결론 및 요약

본 연구에서는 실제 임상에서 전기 치수 검사기를 사용할 때, 역치 자극에 의해 통증을 느낀 이후부터 전류 자극을 차단하기까지의 지연 시간에 대하여 조사하고자 전기 치수 검사 시 통증에 의해 유발되는 인체 반응을 조사하고자 하였다. 실험에 사용된 전기 치수 검사기는 D626D (Parkell Inc., USA.) 스캔 타입이었고 건강한 성인 남녀 23명 (남 : 16 명, 26.9 ± 2.2 세; 여 : 7 명, 25.9 ± 2.9 세)의 우측 첫 번째 상악 전치와 우측 첫 번째 상악 소구치를 대상으로 하였다. 역치 자극에 대하여 피험자가 통증을 느낄 때 나타날 수 있는 반응을 악이복근의 반응, 손가락 반응 및 음성 반응으로 구분하고 피검자에 의한 자극 차단과 검사자에 의한 자극 차단으로 구분하여 시간을 측정하였다. 결과는 피검자의 악이복근의 근전도 반응이 가장 먼저 일어난 후, 손가락의 통증의 표현 그리고 음성의 통증표현의 순서로 나타나는 것을 확인하였다. 또한 검사자 보다 피검자에 의해 통증에 대한 반응이 빨리 나타나므로, 피검자에 의해 자극 차단이 되는 방법을 사용하며, 불필요한 고통을 줄이기 위해 자극 주기는 350 msec 이상이 되도록 사용할 것을 제안한다.

참고문헌

1. Ingle JI, and Taintor JF. Endontics. 3rd edition, Lea & Febiger, 1965.
2. Byers MR. Dental sensory receptor. *Int Rev Neurobiol* 25:39-94, 1984.
3. Narhi MVO. The characteristics of intradental sensory units and their responses to stimulation. *J Dent Res* 64(spec):564-571, 1985.
4. Brannstrom M, Johnson G, Nordenvall KJ. Transmission and control of dental pain: resin impregnation for the desensitization of dentin. *J Am Dent Assoc* 99(4):612-618, 1979.
5. Hirvonen TJ, Narhi MVO, Hakumaku MOK. The excitability of dog pulp nerves in relation to the condition of dentine surface. *J Endodon* 10(7):294-298, 1984.
6. Narhi MVO, Hirvonen TJ, Hakumaku MOK. Activation of intradental nerves in the dog to some stimuli applied to the dentine. *Arch Oral Biol* 27(12):1053-1058, 1982.
7. Narhi MVO, Hirvonen TJ, Hakumaku MOK. Responses of intradental nerve fibres to stimulation of dentine and pulp. *Arch Physiol Scand* 115(2):173-178, 1982.
8. Azerad J, Woda A, Fessard DA. Physiological properties of neurons in different parts of cat trigeminal sensory complex. *Brain Res* 246(1):7-21, 1982.
9. Mahan PE. Jaw depression elicited by tooth pulp stimulation. *Exp Neurol* 29(3):439-448, 1970.
10. Mason P, Strassman A, Maciewicz R. Is the Jaw-Opening Reflex a valid model of pain? *Brain Res Rev* 10:137-146, 1985.
11. Koole P, Jongh HJD, Boering G. A comparative study of electromyograms of the masseter, temporalis, and anterior digastric muscles obtained by surface and intramuscular electrodes: raw-EMG. *Cranio*. 9(3):228-240, 1991.
12. Matthews B, Baxter J, Watts S. Sensory and reflex responses to tooth pulp stimulation in man. *Brain Res* 113(1):83-94, 1976.
13. 한영철, 이정식, 이종훈. 치수자극으로 유도되는 삼차신경 척수 미측핵의 전압기록에 관한 실험적 연구. *대한구강생물학회지* 9(1):21-29, 1985.
14. 유미경, 박수정. 쥐의 치수자극에 의해 유발되는 자율신경 반응과 악안면 근육활동의 변화. *대한치과보존학회지* 24(1):657-665, 1999.
15. Ahlquist ML, Edwall LGA, Franzen OG, Haegerstam GAT. Perception of pulpal pain as a function of intradental nerve activity. *Pain* 19(4):353-366, 1984.