

전기 치수 자극에 의해 유발된 동통 반응의 측정

Measurement of the pain responses induced by electric pulp test

안 선 회*, 남 기 창*, 김 수 찬**, 김 재 성*, 이 승 중***, 김 덕 원**

(Seon-Hui Ahn, Ki-Chang Nam, Soo-Chan Kim, Jae-Sung Kim,
Seung-Jong Lee, and Deok-Won Kim)

*연세대학교 대학원 생체공학협동과정(전화:(02)361-5404,팩스:(02)363-9923,E-mail:sunny0105@yumc.yonsei.ac.kr)

*연세대학교 대학원 생체공학협동과정(전화:(02)361-5404,팩스:(02)363-9923, E-mail:chadol@yumc.yonsei.ac.kr)

**연세대학교 의과대학 의학공학교실(전화:(02)361-5404,팩스:(02)363-9923, E-mail:firmware@yumc.yonsei.ac.kr)

*연세대학교 대학원 생체공학협동과정(전화:(02)361-5404,팩스:(02)363-9923,E-mail:jaesungkim@yumc.yonsei.ac.kr)

***연세대학교 치과대학 보존과학교실(전화:(02)361-8713,팩스:(02)313-7575, E-mail:sjlee@yumc.yonsei.ac.kr)

**연세대학교 의과대학 의학공학교실(전화:(02)361-5402,팩스:(02)364-1572, E-mail:kdw@yumc.yonsei.ac.kr)

Abstract : Electric pulp test is a method to examine the vitality of dental pulp using the electrical stimulation. During the pulp test, the current stimulates intradental nerve, and makes patients painful. Some studies were accomplished to measure the responses of subjects by stimulating over the sensory threshold. In this study, we examined the time delay between pain feeling and stimulation stop in clinical situation. And we measured the activated responses(EMG in anterior belly of digastric muscle, voice, and finger span). As a result, it was verified that the minimum and maximum delay was EMG and voice, respectively. By reducing the excessive stimulus time, the unnecessary pain can be minimized using EMG that has the minimum delay.

Keywords : tooth vitality, electric pulp test, pulp pain, pain response, sensory threshold

1. 서 론

치아 내의 치수는 혈관과 신경 그리고 결합조직을 포함하고 있는 연조직으로 치아의 성장과 발육시기에는 치아에 영양을 공급하는 역할을 하고 치아가 성숙 되면, 감각의 기능만을 갖는다. 조직학적으로 치수는 무수신경과 유수신경에 의해 신경 지배를 받고 있는데, 대부분이 무수신경의 지배를 받는다. 신경섬유의 전기 생리학적인 연구에 따르면 유수신경인 A-섬유는 상아질의 통각에 관여하고, 무수신경인 C-섬유는 염증이 나타나는 동통에 중요한 역할을 한다[1].

치수 검사(pulp test)는 치과 임상 진료 시 치아에 자극을 가하여 생활력(vitality) 여부를 판단하는 검사로 치수에 감지 레벨(sensory threshold) 이상의 자극을 가하면 동통을 일으킨다. 유발된 통증으로 인한 교감신경의 흥분으로 동맥혈압(arterial blood pressure)이 상승하고, 혈중 노르에피네프린(norepinephrine), 도파민(dopamine), 코르티코스테론(corticosterone) 등이 증가한다는 것이 실험적으로 증명 되었다[2]. 치수 자극에 의한 동통이 신경을 통한 전달로 피검자는 몇 가지 동통 반응을 나타내게 되고, 기존의 동통에 관한 연구에 의하면 Mahan은 "동통은 말초조직에 가해지는 유해자극에 의해 일어나는 감각으로 여러 동통반응을

일으키는데 악안면에서 나타나는 대표적인 반응은 개구반사(JOR, Jaw Opening Reflex)"라고 하였고[3], Mason 등은 전기 치수 자극에 의해 개구반사(Jaw Opening Reflex)를 유발시키는 악이복근(Anterior belly of digastric muscle)의 근전도(Electromyograph) 신호를 측정하는 연구에서 근전도 신호 진폭이 커짐을 확인하였다[4-7]. 또한 Ahlquist 등은 온도(thermal test-rapid cooling) 자극을 가하였을 때, INA(Intradental Nerve Activity), 동통의 크기에 대한 손가락 구부림(finger span response)반응과 자극 이후에 음성으로 표현하는(verbal response) 반응 등을 측정하였다[8,9]. 이러한 기존의 연구에서는 동통 반응 측정 시, 주로 감지 레벨 이상의 자극을 가한 시점으로부터 피검자의 반응이 발생하는 시점까지의 잠복기(latency)를 측정하였다[4,5,8,9].

실제 임상에서 전기 치수 검사기를 이용한 생활력 검사는 치아에 낮은 전류에서부터 전류강도를 서서히 증가시키면서 자극을 가한다. 감지 레벨 이상의 자극에 의해 통증이 유발되면 전류의 도통 차단을 피검자가 직접 기기를 잡고 있다가 떼거나, 검사자가 피검자의 반응을 보고 차단 시켜 주는 두 가지 방법이 있다. 이때, 피검자가 감지 레벨에서 자극을 느끼고 전류를 차단하기까지는 감지 레벨 이상의 자극이 피검자에게

전달되므로 고통과 불쾌감을 주게 된다.

본 실험에서는 치수 자극을 감지 레벨이하의 크기에서 서서히 증가시켜 감지 레벨 이후에 피검자가 동통 반응을 보인 후 자극을 차단시켰을 때, 동통 반응이 발생하는 시점으로부터 자극이 끝나는 시점까지의 시간을 측정하였다.

II. 실험 방법

1. 전기 치수 검사기

실험에 사용한 전기 치수검사기(D626D, Parkell Inc., USA)는 그림 1과 같으며 치아에 접촉되는 프로우브(probe) 팁(tip)의 직경은 1.5mm이다.

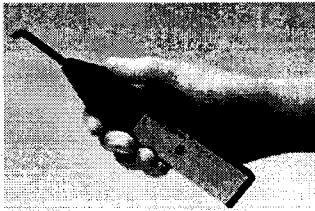


그림 1. 전기 치수 검사기
Fig. 1. Electric pulp tester

피검자는 치아 병변이 없는 건강한 10명을 대상으로 실험하였으며 상악의 우측 첫 번째 전치에 전기 치수 자극을 가하였다. 피검자에게 가해지는 치수 자극은 감지 레벨 이하에서 점차 증가하는 방식의 자극이다. 그림 2는 발치된 치아의 임피던스가 2.88MΩ일 때, 실험에 사용된 전기 치수 검사기에 의해 치아에 전달되는 자극 레벨에 따른 전류의 크기이다.

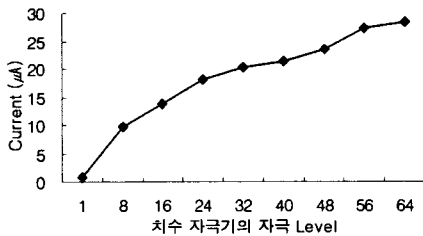


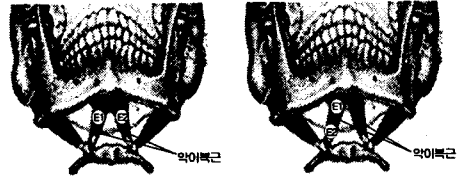
그림 2. 전기 치수 자극 시 치아에 가해지는 전류량 (in vitro)
Fig. 2. Current intensity inflicted on teeth during electric pulp test

치아에 묻은 타액에 의해 치아 이외의 다른 부분으로 자극이 전달되는 것을 막기 위해 솜과 거즈를 이용

하여 치아를 완전히 건조시킨 후 자극을 가하였다. 프로우브 팁과 치아와의 표면 접촉 임피던스를 줄이기 위해 입상에서 사용되는 전도성 물질을 사용하였다. 전기 치수 자극 시 감지 레벨 자극에 대하여 피검자가 동통을 느낄 때 나타날 수 있는 다음의 세 가지 반응을 측정하였다.

2. 근전도 반응

치수에 감지 레벨 이상의 자극이 가해질 때 발생하는 개구반사(Jaw opening reflex)는 유해 임펄스(nociceptive impulse)가 체성신경이나 운동신경에 의해 전달되어 삼차신경 중 하악 분지(Mandibular division)의 운동섬유가 자극에 의해 흥분되어 악이복근의 수축이 발생한다[3]. 악이복근의 근전도 측정을 위해 그림 1과 같이 두 가지 위치에 대하여 측정 비교하였다.



(a) 근전도 I (b) 근전도 II

그림 3. 악이복근 근전도 측정을 위한 전극 위치
Fig. 1. Electrode position to measure the anterior belly of digastric muscle EMG

근전도 측정을 위해 직경 10mm의 일회용 Ag-AgCl 표면전극(RedDot, 3M, USA)을 사용하였고 전극간의 간격은 2.5cm로 일정하도록 하였다. 접지 전극은 손바닥 방향으로 왼손 손목에 부착하였고, Tel100(Biopac system Inc., USA) 증폭기의 증폭비를 10,000배로 하여 측정하였다.

3. 음성 반응

감지 레벨이상의 자극에 대해 음성으로 나타나는 피검자의 동통반응을 측정하기 위하여 PC용 마이크를 사용하였다.

4. 손가락 반응

감지 레벨이상의 자극에 대해 손가락 구부림 반응을 측정하기 위해 밴드 타입의 가변저항(Flex point, USA)을 오른손 중지에 부착하였다.

5. 피검자의 반응 측정

실험 시에 피검자에게 가해지는 치수 검사기의 자극

레벨을 알기 위하여 세 가지 반응 신호와 함께 치수 검사기의 출력 레벨을 동시에 측정하였다. 이 네 가지 신호는 MP100(Biopac system Inc. USA)을 이용하여 그림 4, 5와 같이 측정하였다.

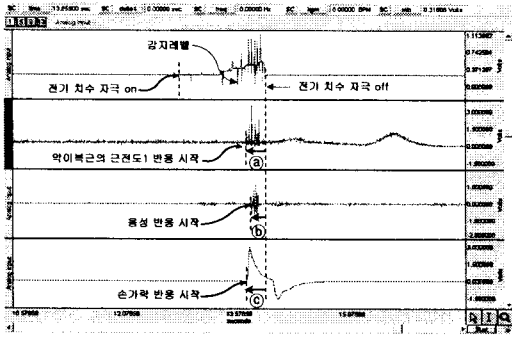


그림 4. 피검자의 동통 반응(근전도 I 방법)
Fig. 4. Pain responses of a subject(EMG I)

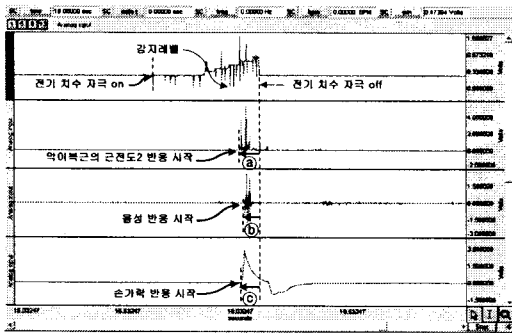


그림 5. 피검자의 동통 반응(근전도 II 방법)
Fig. 5. Pain responses of a subject(EMG II)

전기 치수 검사 시 피검자가 자극을 감지한 뒤 전류 루프를 차단하는 방법에 따라 검사자가 피검자의 손을 잡아 자극의 루프를 형성하고, 치수 자극기의 버튼을 누르고 있다가 피검자가 반응을 보이면 버튼을 때는 검사자의 자극 차단방법(자극차단①), 피검자가 치수 자극기를 직접 잡고 자극 버튼을 누르고 있다가 감지레벨에서 동통을 느끼면 버튼을 때는 피검자의 자극 차단방법(자극차단②) 두 가지로 구분 하였다. 피검자에게 감지레벨 이후에 가해지는 자극 시간을 측정하기 위하여 악이복근의 근전도, 음성, 그리고 손가락 신호 각각의 반응이 나타나기 시작한 시점으로부터 전기 치수 자극이 차단될 때까지의 시간을 측정하여 분석하였다(그림 4, 5의 (a), (b), (c)). 근전도와 음성신호는 피검자의 움직임에 의한 잡음을 제거하기 위해 20Hz 고역통과 필터링을 하였고, 근전도 신호 성분을 명확히 보

고자 제곱을 위해 전력(power) 값으로 보았다.

III. 실험 결과 및 고찰

표 1, 2는 피검자 10명의 치아에 치수 자극을 가했을 때 근전도, 음성, 손가락 반응이 나타나기 시작해서 피검자에게 전달되는 자극이 차단되는 시간의 평균과 표준편차를 정리한 것이다. 검사자가 자극을 차단한 경우 근전도 I 과 근전도 II 방법 모두 측정된 시간이 각각 $295 \pm 62 \text{msec}$, $332 \pm 50 \text{msec}$ 로 가장 길었고, 피검자 자극 차단 시에도 역시 근전도 반응이 $216 \pm 56 \text{msec}$, $192 \pm 59 \text{msec}$ 로 가장 길었다. 표 1, 2는 그림 4, 5에서 자극에 대한 반응이 시작하는 시점으로부터 자극이 차단된 시점까지의 시간이므로 그 값이 클수록 반응이 먼저 시작된 것이다. 따라서 가장 길게 측정된 악이복근의 근전도 반응이 음성과 손가락 반응에 비해 감지레벨 자극으로부터 동통 반응이 빨리 나타난다는 것을 알 수 있다.

치수 자극의 차단 주체가 피검자일 때, 근전도, 음성, 손가락 모두 검사자가 자극을 차단할 때보다 시간이 짧게 측정되었다. 이것은 피검자 본인이 감지레벨에서 직접 차단시키기 때문에 검사자가 차단할 때와 비교할 때 감지레벨로부터 같은 시점에 반응하여도 자극의 차단이 보다 빨리 이루어지기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 치수 자극의 차단 주체가 피검자일 때 검사자일 때보다 자극이 빨리 차단으로써 감지레벨 이상의 자극에 덜 노출됨을 알 수 있다.

근전도 측정방법에 따른 신호의 차이를 비교하기 위하여 각 근전도 신호의 최대값(peak power)을 비교해본 결과 표 1, 2에서 나타난 바와 같이 근전도 2방법을 사용하였을 때 더 크게 측정됨을 확인하였다.

감지레벨에 대해서 세 가지 반응의 반응률을 살펴본 결과 피검자 자극 차단 시 음성의 반응률은 다른 것에 비해 70%, 80%로 적게 측정된 것을 알 수 있었다.

본 실험에서 감지레벨로부터 자극이 차단될 때까지의 노출 시간을 계산하기 위해서 감지레벨 자극이 가해진 시점에서 가장 먼저 반응이 나타난 악이복근의 근전도 반응의 잠복기를 고려하였다. 왜냐하면 피검자에게 가해지는 자극은 감지레벨 이하에서 점차 증가하는 자극으로 피검자가 정확히 어느 시점에서 자극을 감지하는지는 알 수 없기 때문이다. 따라서 한영철 등에 의해 감지레벨의 자극이 가해진 후 악이복근의 반응이 나타나기까지의 잠복기가 $9.99 \pm 0.39 \text{ msec}$ 로 보고된 것을[2] 참고하였다. 그 결과 실제 피검자의 자극 감지레벨 시점을 감안한다면 근전도 I의 경우 검사자에 의한 자극 차단 시 304.9msec , 피검자에 의한 차단 시 225.9msec 의 시간동안 전기 자극에 노출되며, 근전도 II의 경우 검사자에 의한 자극 차단 시 평균

341.9msec, 피검자에 의한 자극 차단 시 평균 201.9msec의 시간동안 노출된다고 볼 수 있다. 이 시간은 치수검사기의 자극 레벨이 몇 단계 더 상승할 수 있는 시간이며 그것은 피검자에게 불필요한 불쾌하고 고통스런 동통을 유발시키게 된다.

표 1. 동통 반응이 시작한 시점으로부터 자극이 차단 될 때까지의 시간 (근전도 I 측정, N=10)

Table 1. Time delay between pain feeling and stimulation stop in clinical situation (EMG I, N=10)

	검사자 자극차단			피검자 자극차단		
	근전도 I	음성	손가락	근전도 I	음성	손가락
평균 ± 표준편차 (msec)	295±62	187±54	272±70	216±56	129±61	134±51
반응율 (%)	100	90	100	90	70	100
peak power(V)	1.89±0.93			6.07±5.58		

표 2. 동통 반응이 시작한 시점으로부터 자극이 차단 될 때까지의 시간 (근전도 II 측정, N=10)

Table 2. Time delay between pain feeling and stimulation stop in clinical situation (EMG II, N=10)

	검사자 자극차단			피검자 자극차단		
	근전도 II	음성	손가락	근전도 II	음성	손가락
평균 ± 표준편차 (msec)	332±50	235±36	236±110	192±59	122±74	118±57
반응율 (%)	90	100	100	100	80	100
peak power(V)	4.02±3.33			8.21±11.28		

IV. 결론

본 연구에서는 치아에 전기 자극을 가하였을 때 피검자 악이복근의 근전도, 음성, 손가락 반응 중 근전도의 반응이 감지 레벨에서 가장 먼저 나타나는 것을 확인하였다. 악이복근의 근전도를 두 가지 방법으로 측정하여 비교해본 결과 모두 개구반사가 잘 나타나는 것을 확인하였고 특히 근전도 II 방법에서 최대값이 더 큰 것으로 나타났다. 또한 피검자에게 반응이 나타나기 시작하는 시점으로부터 자극이 차단되는 시간을 측정하여 피검자가 감지레벨 이후의 불필요한 자극에 노출되는 시간을 측정하였다. 각 반응에 대해서 반응률을 계산해본 결과 자극의 피검자 차단 시 음성 반응의

반응률이 저조한 것으로 나타나 피검자의 동통반응을 살펴볼 때 음성반응은 부적합 할 것으로 사료된다. 본 연구를 바탕으로 향후 다양한 조건에 따른 자극에 노출되는 시간을 측정하여 과용 자극을 줄이기 위한 방법에 도움이 될 것으로 기대한다.

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

(과제고유번호 : 02-PJ1-PG10-31401-0003)

참고문헌

- [1] Kaplan J. R., Manuck. S. B., Clarkson T. B., Lusso F. M., Taub D. M., Miller E. W. Connection of midbrain periaqueductal gray in the monkey. II Descending efferent projection. J. Neurophysiol. 49:582, 1983.
- [2] Narhi MVO ' The characteristics of intradental sensory and their responses to stimulation J Dent Res 64:564-571.1985.
- [3] Mahan P. E., Connection of midbrain periaqueductal gray in the monkey. II Descending efferent projection. J. Neurophysiol. 49:582, 1983.
- [4] Mason P, Strassman A and Maciewicz R. Intracellular responses of raphe magnus neurons during the jaw-opening reflex evoked by tooth pulp stimulation. Brain Research 1986;379:232-241
- [5] 한영철, 이경식, 이종훈. 치수자극으로 유도되는 삼차신경 척수 미측핵의 전압기록에 관한 실험적 연구. 대한구강생물학회지 1985;9(1):21-29
- [6] Koole P, de Jongh HJ, Boering G. A comparative study of electromyograms of the masseter, temporalis, and anterior digastric muscles obtained by surface and intramuscular electrodes:raw-EMG The Journal of craniomandibular practice 1991;9(3):228-240
- [7] Belforte JE, Barcelo AC, Pazo JH. Striatal modulation of the jaw opening reflex. Brain research 2001;891(1-2):138-147
- [8] Ahlquist ML, Edwall LG, Franzén OG, Haegerstam GA. Perception of pulpal pain as a function of intradental nerve activity Pain:1984;19(4):353-366
- [9] Ahlquist ML, Franzén OG. Encoding of the subjective intensity of sharp dental pain. Endod Dent Traumatol 1994;10(4):153-166
- [10] Jeffrey P. Okeson, 기우천, 최재갑, 윤창륙, 고명연, "구강안면 통증", 지성출판사, 1996