

# 맥박산소측정기(pulse oximetry)를 이용한 치수 생활력 측정과 기존 방법과의 비교

권익재, 서광석\*, 김정욱<sup>†</sup>, 장주혜<sup>‡</sup>, 공현중<sup>§</sup>

서울대학교 치의학대학원, \*치과마취과학교실, <sup>†</sup>소아치과학교실, <sup>‡</sup>서울대학교치과병원 장애인구강진료실, <sup>§</sup>서울대학교 의학연구원 의용생체공학연구소

## Pulp Vitality Evaluation and Comparison with Old Methods Using Pulse Oximetry

Ikjae Kwon, Kwang-Suk Seo\*, Jung-Wook Kim<sup>†</sup>, Juhea Chang<sup>‡</sup>, and Hyoun-Joong Kong<sup>§</sup>

Seoul National University School of Dentistry, \*Department of Dental Anesthesiology, <sup>†</sup>Department of Pediatric Dentistry, Seoul National University School of Dentistry, <sup>‡</sup>Clinic for Persons with Disabilities, Seoul National University Dental Hospital, <sup>§</sup>Institute of Medical and Biological Engineering, Medical Research Center, Seoul National University, Seoul, Korea

**Background:** This study evaluated pulp vitality of anterior permanent teeth using pulse oximetry (PO), which is already used for monitoring of patient's SpO<sub>2</sub> and pulse rates (PR). Also we compared with ice tests and electric pulp test (EPT).

**Methods:** 9 teeth, endodontic treated, were selected as non-vital teeth group. 17 vital teeth were selected as control group. Our aim is to compare sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) of ice test, electric pulp test and pulse oximetry, respectively. Pulse oximetry has two test results, SpO<sub>2</sub> and pulse rates. Also we calculated correlation and statistical significances by Pearson's test between EPT and pulse oximetry.

**Results:** Sensitivity, specificity, PPV, NPV were calculated on each tests. Ice test has results of 1.00, 0.89, 0.94 and 1.00, respectively. EPT has results of 0.94, 0.78, 0.89 and 0.88 respectively. SpO<sub>2</sub> has results of 0.94, 1.00, 1.00 and 0.90, respectively. PR has results of all 1.00.

**Conclusions:** PO showed relatively accurate, stable and objective results on both SpO<sub>2</sub> and PR. Percentage of ability of accurate diagnosis for vital teeth is 94% for ice test, 89% for EPT, 100% for SpO<sub>2</sub> and PR. Percentage of ability of accurate diagnosis for non-vital teeth is 100% for ice test, 88% for EPT, 90% for SpO<sub>2</sub> and 100% for PR. In additions, PR could be more accurate and significant tests than SpO<sub>2</sub>.

**Key Words:** Pulse oximetry, Pulse rates, Pulp vitality, Dental sensor holder

### 서론

치수 검사는 치과의사가 치아를 진단하고 치료계획을 세우는데 있어서 매우 중요한 요소이다. 하지만 치수는 범랑질과 상아질이라는 단단한 경조직으로 둘러싸여 있다는 특징 때문에 생활력을 측정하는데 많은 어려움이 따른다[1]. 이제까지 치수 검사를 위해 여러 가지 방법들이 고안되었는데, 크게 치수 감수성 검사(pulp sensibility test)와 치수 생활력 검사(pulp vitality test)로 나누어 볼 수 있다. 치수 감수성 검사에

는 온도검사인 냉검사(cold test)와 온검사(heat test), 전기 치수검사(electric pulp test), 와동검사(test cavity)가 있고 치수 생활력 검사에는 laser Doppler flowmetry (LDF), 그리고, 환자의 산소포화도 감시에 사용되는 맥박산소측정기

Received: 2012. 3. 28 • Revised: 2012. 4. 2 • Accepted: 2012. 4. 2

Corresponding Author: Kwang-Suk Seo, Department of Dental Anesthesiology Seoul National University School of Dentistry, 101 Daehaka-ro Jongno-gu, Seoul, 110-768, South Korea

Tel: +82.2.2072.0622 Fax: +82.2.766.9427 email: stone90@snu.ac.kr

\* 이 연구는 2009년도 서울대학교치과병원 일반연구과제 연구비 지원을 받음. (연구번호 04-2009-0036)

(pulse oximetry)를 이용하여 평가하는 방법이 있다[2]. 이 중에서 현재 임상에서 가장 많이 사용되고 있는 검사는 온도 검사 중 하나인 냉검사와 전기치수검사로 치수 감수성 검사이다. 이들은 치수에 대한 감각 반응을 검사하므로 치수의 혈류를 직접적으로 검사하지는 못한다. 그리고 환자의 주관적인 반응에 의존하게 되고 검사 자체가 환자의 불쾌감과 고통을 유발시킬 수 있어 협조도가 나쁜 어린이나 지적 장애 인에게는 사용하기 어렵다. 치수 감수성 검사는 치수의 신경학적 관점에서 접근한 것으로 외상 등의 원인으로 인해 치수에서 혈류 공급은 정상이나 신경에 일시적인 마비(paresthesia)가 온 경우에는 치수 생활력을 허위 음성(false negative)으로 얻을 가능성이 크며, 반대로 신경 감각은 있으나 혈류 공급이 잘 안되어 허위 양성(false positive)으로 얻을 가능성도 있다[3].

치수 생활력 검사를 위해 고안된 방법인 laser Doppler flowmetry (LDF)와 맥박산소측정기 방법은 치수를 신경학적 관점에서 감수성을 검사하는 것과 달리 혈류학적 관점에서 치수의 혈류를 직접적으로 측정한다[4]. 이중 맥박산소측정기는 LDF에 비해 비용이 저렴하고 현재 임상에서 전신마취나 진정요법 시 손가락이나 귓볼에 센서를 적합하여 산소포화도 측정을 하는 안정성이 검증된 기구이다. 또한 비침습적인 방법으로 혈액의 산소포화도를 측정할 수 있는 기구로 검사 시 환자의 불쾌감이나 통증이 없고 객관적으로 혈류를 검사할 수 있다[5,6,7].

맥박산소측정기는 산소결합 헤모글로빈(oxygenated hemoglobin)과 산소비결합 헤모글로빈(deoxygenated hemoglobin)이 적색광과 적외선을 흡수하는 비율이 달라지는 원리를 이용한다[8]. 현재 임상에서 쓰이는 맥박산소측정기는 660 nm과 910 nm의 파장을 주로 사용하는데, 이렇게 두 파장의 빛이 혈관을 통과하면 산소결합 헤모글로빈과 산소비결합 헤모글로빈의 비율차이에 따라 적색광과 적외선의 흡수되는 비율이 달라져서 수신부에서 받는 빛의 양이 달라진다. 이 달라지는 빛의 양을 계산하여 산소포화도를 측정하게 된다[9].

현재 기존의 맥박산소측정기를 이용한 치수 생활력 검사 연구에서 산소포화도의 수치를 이용하여 실험 정도를 평가하는 보고들이 있는데[2,6], 이러한 연구의 결과가 기계의 오류

인지 아니면 실제로 측정된 것인지 평가하기에 어려운 점이 있다. 특히 논리적으로 산소포화도가 낮게 나오는 경우를 불활치로 판단하는 것은 논리적인 오류가 있다. 그래서 본 연구에서는 손가락의 정상적인 맥박수의 측정을 함께 시행하여 맥박산소측정기의 정확도를 증가시키고자 하였다. 이것을 확인하고자 이미 근관 치료가 완료되어 실험됨이 확실한 영구 전치와 치수 생활력이 있는 영구전치에서 산소포화도(SpO<sub>2</sub>)와 박동수(pulse rates, PR)를 측정하여 기존 방법인 냉검사, 전기치수검사와 함께 맥박산소측정기 검사의 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 양성 예측치(positive predictive value), 음성 예측치(negative predictive value)를 비교하였다.

## 대상 및 방법

본 연구는 서울대학교치의학대학원 연구윤리위원회(IRB)의 승인을 획득하고, 본 연구에 대하여 설명을 듣고 서면으로 동의를 한 환자에서 시행하였다.

피험자는 서울대학교치과병원에서 진료를 받은 기록이 있는 환자로 다음과 같은 조건을 모두 만족하는 치아를 가지고 있는 환자를 선택하였다.

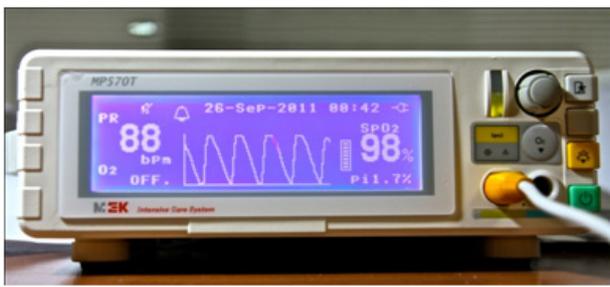
- 1) 상하악 절치 중에 근관치료를 이미 완료하여 실험이 확실하다고 판단되는 치아가 있는 경우
- 2) 1)의 조건을 만족하는 치아가 금속도재관(PFM)이나 전부도재관(all ceramic) 등의 수복물을 하지 않아 냉검사, 전기치수검사, 맥박산소측정기 검사를 하는데 문제가 없는 경우
- 3) 1)의 조건을 만족하는 치아가 치아의 해부학적인 외형 문제가 없어 센서를 장착하는데 어려움이 없는 경우
- 4) 실험치 이외에 동일 악궁의 절치 중에 생활력이 있다고 생각되는 치아가 존재하는 경우
- 5) ASA 1, 2급에 속하며 만19세 이상의 성인
- 6) 연구 방법에 대한 설명을 듣고 서면으로 동의를 한 환자

위의 조건을 만족시키는 총 7명의 환자(남자 4명, 여자 3명)에게서 총 26개의 치아(실험치 9개, 생활치 17개)를 대상으로 실험하였다. 실험에 참가한 환자의 평균 연령은

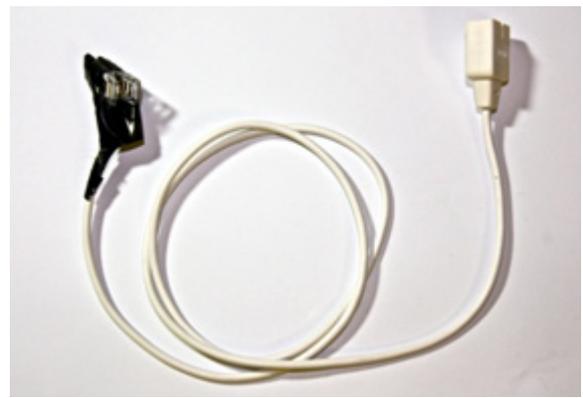
**Table 1.** Results of Pulp Vitality Tests

No.	#1				#2				#3			#4			#5			#6			#7					
Sex	M				M				M			F			F			M			F					
Age (yr)	30				30				29			26			30			70			48					
vitality (-/+)	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+
tooth #	12	11	21	22	42	41	31	32	11	21	22	11	21	22	12	11	21	22	42	41	31	32	42	41	31	32
ice test	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+
EPT	-	22	18	-	-	13	11	13	15	-	16	50	51	18	10	11	-	10	15	15	-	13	7	-	-	11
SpO <sub>2</sub>	0	97	94	98	0	97	97	98	0	0	98	0	0	98	99	97	0	99	80	84	0	85	94	0	0	98
PR	0	79	80	79	0	79	79	79	74	0	81	0	0	78	79	84	0	81	65	65	0	68	71	0	0	75

SpO<sub>2</sub>: oxygen saturation of pulse oximetry, PR: Pulse rate of pulse oximetry



**Fig. 1.** Pulse oximetry monitoring system (MP570T, MEKICS Corporation, KOREA).



**Fig. 2.** Pulse oximetry sensor attached to dental sensor holder (A58060, Chunjiin Medial, KOREA).

37.57세였다(Table 1). 치아의 실활 여부 판단은 위의 1) 항목과 같이 근관 치료가 완전히 끝났는지의 여부로 판단하였다. 근관치료의 완료 유무는 방사선 사진을 이용해 판단하였다. 완전히 근관치료가 끝난 후 특별한 병적 소견이 없으면 실험대상 치아로 포함하였다.

모든 시험자에서 총 3가지의 치수검사를 시행하여 4가지의 측정값을 얻었다. 전통적으로 많이 써오던 방법으로는 온도 검사 중 냉검사와 전기치수검사를 시행하였고, 새로운 방법으로는 맥박산소측정기 검사를 이용하였다. 맥박산소측정기 검사의 측정값으로는 산소포화도와 박동수를 모두 측정하여 비교하였다.

온도검사 중 냉검사는 얼음을 이용하였다. 치관 부위에 얼음을 적합했을 시 정상적으로 차가움을 느낄 시에는 (+)로 느끼지 못할 시에는 (-)로 표시하였다.

전기치수검사는 신흥덴탈사의 치수진단기(품명 A30260, 신흥덴탈사, KOREA)를 이용하였다. 0부터 64까지의 단계로 나누어져 있으며 반응이 없을 경우에는 (-)로 반응을 할 경우에는 반응을 하는 최소 값을 기록하였다.

맥박 산소측정기(MP570T, MEKICS Co., Korea)는 2대를 사용하였는데, 하나는 손가락에 또 하나는 치아용으로 사용하였다(Fig. 1). 광센서는 기존에 사용되고 있는 천지인 메디칼 사의 인체신호 감지용 의료용 센서(품명 A58060, 천지인메디칼, KOREA)를 사용하였다. 센서의 고정을 위해서 추가적으로 집계를 사용하여 센서에 부착하였다. 지름 1 mm의 원형 구멍을 통해 빛이 치아를 통과할 수 있도록 설계되었으며, 센서의 위치는 치은연 상방 1 mm에 위치할 수 있도록 조절하였다(Fig. 2).

맥박산소측정기 하나는 손가락에 적용하여 정상적인 산소포화도와 박동수를 확인하면서 또 다른 맥박산소측정기는 치아에 적용하였다. 집계형의 센서를 치아에 최대한 밀착시켜서 고정하였으며, 집계만으로 고정되지 않을 경우에는 술자의 손을 이용하여 고정하였다. 집계의 위치는 센서의 발신부가 협측에 위치하고 수신부가 설측에 위치하도록 하였으며, 치은연 1 mm 상방에서 센서의 발신부에서 빛을 보내면

설면의 수신부에서 빛을 받아 산소포화도와 박동수 값을 계산하도록 하였다(Fig. 3).

각각의 치아에 대해서 냉검사, 전기치수검사와 함께 맥박 산소측정기 검사의 산소포화도와 박동수의 총 4가지의 검사 값을 측정하였다.

산소포화도와 박동수가 1분이 지나도 적절한 측정값이 나오지 않으면 실패된 것으로 판단하였고, 손가락에서 맥박수와 치아에서 측정한 맥박수가 동일한 값이 나오면 생활력이 있는 것으로 판단하였다.

4가지 검사값에 대하여 해당 치아의 실제 실패여부와 비



Fig. 3. Pulse oximetry with dental sensor holder on patient's tooth.

Table 2. Ratio of Finger and Teeth SpO<sub>2</sub>

SpO <sub>2</sub>	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
Finger (A)	98	98	97	99	99	98	99
Avg of teeth (B)*	96.33	97.33	98.00	98.00	98.33	83.00	96.00
Ratio (B/A)	0.98	0.99	1.01	0.99	0.99	0.85	0.97

\* Average SpO<sub>2</sub> of vital teeth on each patient.

Table 3. Ice Test Results on Teeth

	vital	non-vital	total	
Ice test	Positive	17	1	18
	Negative	0	8	8
	total	17	9	26

Table 4. EPT Results on Teeth

	vital	non-vital	total	
Ice test	Positive	16	2	18
	Negative	1	7	8
	total	17	9	26

교하여 참 양성(true positive), 참 음성(true negative), 거짓 양성(false positive), 거짓 음성(false negative)으로 분류하였다. 이를 바탕으로 민감도, 특이도, 양성 예측치, 음성 예측치를 계산하였다. 민감도는 (참 양성 수) / (참 양성 수 + 거짓 음성 수)로 계산하였으며, 특이도는 (참 음성 수) / (거짓 양성 수 + 참 음성 수)로 계산하였다. 양성 예측치는 (참 양성 수) / (참 양성 수 + 거짓 양성 수)로 계산하였으며, 음성 예측치는 (참 음성 수) / (거짓 음성 수 + 참 음성 수)로 계산하였다.

## 결과

남자 4명 여자 3명의 총 7명의 환자군에서 실패치 9개, 생활치 17개의 총 26개의 치아에서 냉검사, 전기치수검사, 맥박산소측정기 검사를 시행하였다. 7명의 환자군에서 4가지 측정값을 치아의 생활력 유무와 함께 Table 1에 정리하였다.

Table 2에서 각각의 환자에 대해서 손가락과 치수에서 측정된 산소포화도의 비율을 계산하였다. 치수에서 측정된 산소포화도는 생활력 있는 치아의 값을 평균하여 구하였다. 한 환자의 경우 비율이 0.85로 적게 나왔으며 나머지 6명의

Table 5. SpO<sub>2</sub> Results on Teeth

	vital	non-vital	total	
SpO <sub>2</sub>	Positive	16	0	16
	Negative	1	9	10
	total	17	9	26

Table 6. Pulse Rates (PR) Results on Teeth

	vital	non-vital	total	
PR	Positive	17	0	17
	Negative	0	9	9
	total	17	9	26

**Table 7.** Sensitivity, Specificity, Positive Prediction Value (PPV), Negative Prediction Value (NPV) of Four Test Results

	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
Ice test	1.00	0.89	0.94	1.00
EPT	0.94	0.78	0.89	0.88
SpO <sub>2</sub>	0.94	1.00	1.00	0.90
PR	1.00	1.00	1.00	1.00

환자에서는 0.97-1.01 범위 내의 비율을 보여주었다.

냉검사에서는 9개의 실험치 중 1개의 치아가 생활치로 (Table 3), 전기치수검사의 경우에는 9개의 실험치 중 2개의 치아가 생활치로, 17개의 실험치 중 1개의 치아가 실험치로 진단되었다(Table 4). 맥박산소측정기 검사 중 산소포화도 값은 17개의 실험치 중 1개의 치아가 실험치로 검사되었고(Table 5) 손가락과 치아의 박동수 값의 비교 한 경우에는 시험한 결과와 실제 생활력 여부가 모두 일치하게 나왔다 (Table 6).

각각의 검사에서 민감도, 특이도, 양성 예측치, 음성 예측치를 구한 결과를 Table 7에 정리하였다.

## 고찰

치수에서 생활력 측정을 위해 현재까지 다양한 방법의 맥박산소측정기를 이용한 연구가 발표되어 있는데, 가장 핵심이 되는 부분은 적절한 형태의 센서를 고안하여 치아에 적용을 시키는 것으로 여러 가지 형태가 고안되었다[10,11]. Noblett 등과 Kahan 등의 연구에서는 치과에서 사용하는 러버댐 클램프를 이용하여 치아에 고정하였으며[12,13], Goho 등의 연구에서는 귀에 적합하는 맥박산소측정기를 수정하여 사용하였다[14]. 또한 Gopikrishna 등의 연구에서 처럼 집게형태의 센서 고정원을 직접 제작하여 실험을 한 경우도 있다[15,16]. 본 연구에서는 기존의 인체 신호감지용 전극을 그대로 이용하여 인체에 무해하도록 하였으며 추가적인 집계를 이용하여 센서를 고정하는 방식을 택하여 산소포화도와 박동수를 측정하였다. 치아에 센서를 적합시킬 때에는 센서의 위치가 중요하다. 너무 치관 쪽으로 센서가 위치하면 치수의 혈류를 감지할 수 없고 너무 치은 쪽으로 위치하면 치은의 혈류가 치수의 혈류를 측정하는데 방해

하기 때문이다. 본 연구에서는 치은연에서 1 mm 떨어진 곳에 센서가 위치하도록 집계를 위치시켜 치은의 방해로 최소화 하였으며, 치수의 혈류를 측정하는 것에도 부족함이 없도록 하였다.

맥박산소측정기를 이용한 치수의 생활력 측정에서 정확도를 측정하여 기존의 치수검사와 비교한 논문은 많지 않다. Gopikrishna 등의 연구에서는 냉검사, 전기치수검사, 맥박산소측정기 검사의 민감도, 특이도, 양성 예측치, 음성 예측치를 비교하였고[16], Karayilmaz 등의 연구에서는 LDF, 맥박산소측정기와 전기치수검사의 정확도를 서로 비교하였다[17]. 선행된 연구에서는 맥박산소측정기의 산소포화도 값만을 가지고 정확도를 비교하였지만 본 연구에서는 손가락과의 맥박수 값을 같이 비교해서 산소포화도 값의 정확도와 차이가 있는지 알아보았다.

완벽한 치수 생활력의 진단을 위해서는 병이 존재할 때, 즉 치수가 생활이 되었을 때 검사값이 음의 값을 가지고 병이 존재하지 않을 때, 즉 치수가 생활일 때 검사값이 양의 값을 가져야 한다. 이 척도를 측정할 수 있는 것이 민감도, 특이도, 양성 예측치, 음성 예측치이다. 이 값들을 비교해보면 검사의 정확도를 다양한 측면에서 비교할 수 있다[18].

민감도는 실제 질병이 존재하는 환자를 검사해 낼 수 있는 능력을 말한다. 치수검사에서는 실제 생활력이 있는 치아를 양의 값으로 검사해 낼 수 있는 능력을 뜻하게 된다[18]. 실제로 생활력이 있는 치아 중에서 검사를 통해 생활로 나온 치아의 비율을 계산하여 구할 수 있다. 실험 결과 냉검사의 경우 1.00, 전기치수검사의 경우 0.94이 나타났고, 산소포화도의 경우 0.94, 박동수로 확인한 경우는 1.00으로 나타났다. 전기치수검사는 방법이 제대로 이루어지지 않거나 외상이 있어 일시적인 치근단 신경의 마비가 있을 경우에는 생활치임에도 실험로 검사 결과가 나올 수 있다[3]. 산소포화도의 경우 치아의 해부학적 형태가 산소포화도를 읽기 힘들거나 치은의 방해가 심할 경우 생활치임에도 검사 결과가 실험로 나올 수 있다. 하지만 박동수의 경우 냉검사와 같이 생활치에서 실험치로 검사 값을 얻는 경우는 없었다.

특이도는 질병이 존재하지 않는 환자를 검사해 낼 수 있는 능력을 뜻한다. 치수검사에서는 실제로 실험된 치아를 음의 값으로 검사해 낼 수 있는 능력이 된다[18]. 방사선 검사를

통해 근관치료 여부를 확인하여 실활되었다고 판단되는 치아 중에서 검사를 통해 실활치로 나온 비율을 계산하여 구하게 된다. 실험 결과 냉검사의 경우 0.89, 전기치수검사의 경우 0.78로 나타났고, 산소포화도의 경우 1.00, 박동수의 경우는 1.00으로 나타났다. 냉검사의 경우 얼음이 녹아서 치은을 자극할 경우 환자가 반응할 수 있기 때문에 실활치에서 생활치로 읽는 오류가 있었고, 전기치수검사의 경우 근관 치료를 이미 한 치아였지만 전기치수검사에 미약하지만 반응이 존재하였다. 이것의 이유로는 부근관 존재로 인한 전기치수검사에 대한 반응과 인접치아로 전류가 흘러서 환자가 반응을 보이는 경우가 있을 수 있다. 맥박산소측정기 검사의 경우 실활치의 경우 모든 경우에서 산소포화도와 박동수가 측정이 안 되었다.

양성 예측치는 양의 결과를 가진 검사가 실제로 질병이 존재할 확률을 나타낸다. 치수검사에서는 검사결과 중에서 생활력이 있다고 나온 치아 중에서 실제 생활인 치아의 비율을 나타낸다[18]. 실험 결과 냉검사의 경우 0.94, 전기치수검사의 경우 0.89가 나왔고, 산소포화도의 경우 1.00, 박동수의 경우는 1.00으로 나왔다. 이것은 산소포화도와 박동수 모두 생활력이 있다고 검사되었을 경우에 기존의 냉검사와 전기치수검사보다 더 높은 정확도를 가진다는 것을 보여준다.

음성 예측치는 음의 경과를 가진 검사가 실제로 질병이 존재하지 않을 확률을 나타낸다. 치수검사에서는 검사결과 중에서 실활로 나온 치아 중에서 실제 실활인 치아의 비율을 나타낸다[18]. 실험 결과 냉검사의 경우 1.00, 전기치수검사의 경우 0.88이 나왔고, 산소포화도의 경우 0.90, 박동수의 경우는 1.00으로 나왔다. 이는 산소포화도와 박동수 모두 실활로 검사되었을 경우에 기존의 냉검사와 전기치수검사보다 더 높은 정확도를 가진다는 것을 보여준다.

아직까지 맥박산소측정기로 치수의 생활력을 측정하는 것에는 몇 가지 단점이 있다. 첫 번째로는 다양한 치아의 해부학적 형태에 맞게 센서를 적합시킬 수 있는 기구가 필요하다. 치수의 작은 혈류를 측정해야 되기 때문에 약간의 떨림이나 치아에 부적합이 있어도 잘못된 값을 나타낼 수 있다. 두 번째로는 범랑질과 상아질에 의한 산란이다. 치아 경조직에 의한 산란 때문에 빛이 직진하여 센서의 수신부에 닿지 못하고 반사되어 닿을 수 있기 때문에 정확도가 떨어질

수 있다. 세 번째로는 치은에 의한 오류이다. 치은은 인체의 다른 부분에 비해 혈류량이 아주 많다. 센서가 치은 쪽에 가깝게 위치하게 될 경우에 치은의 혈류를 읽을 수 있는 문제점이 발생할 수 있다.

맥박산소측정기를 이용한 치수 생활력 측정이 실제 임상에 적용된 논문은 많지 않다. Gopikrishna 등의 연구에서 외상을 받은 17명의 환자에게서 실험을 하여 외상 후 초기 치근단 신경 마비로 인한 가성 실활에 대하여 냉검사나 전기치수검사보다 더 향상된 정확도의 결과를 얻었다는 보고가 있으며[3], Kataoka 등의 연구에 따르면 20명의 구인두 악성 종양 환자에게서 치수의 생활력을 맥박산소측정기를 이용해 측정한 결과 유의할 만한 결과를 얻었다고 하였다[19]. 이처럼 외상을 받아 신경단절이 의심되어 전기치수검사 등의 검사 결과가 의심되는 경우나 환자의 순응도가 떨어져 반응을 알기 힘든 소아나 장애인 환자의 경우 맥박산소포화도 검사가 기존의 치수검사에 비해 새로운 대안이 될 수 있다.

본 연구에서는 산소포화도와 박동수 두 가지 값을 모두 치아에서 측정하여 비교하였다. 비교 결과 박동수의 경우에서 보다 더 정확도가 높은 결과값이 나왔으며 유의성도 더 높았다. 맥박산소측정기를 이용한 치수의 생활력 측정에서 박동수도 하나의 중요한 검사값이 될 수 있음을 보여준다.

본 연구에서 사용한 센서는 발신부와 수신부가 분리되어 치아의 협면에는 발신부가 설면에는 수신부가 위치한다. 이와 다르게 발신부와 수신부가 한쪽에 위치하여 반사되는 빛에 의해 산소포화도와 박동수를 측정할 수 있다면 센서의 디자인도 단순화될 뿐 아니라 크기도 작아지게 되어 치아에 잘 적합시킬 수 있다. 또한 전치 설면의 설면결절로 인해 센서가 부적합 되는 경우도 방지할 수 있다[20]. 발신부와 수신부 센서가 한 곳에 위치하는 경우에 대해서는 추후 좀 더 발전된 논의를 위해 연구해볼 필요가 있다고 생각된다.

결론적으로 맥박산소측정기 검사는 냉검사와 전기치수검사와의 비교 시 산소포화도 값에서 생활치를 실활치로 오진할 수 있는 가능성을 제외하고는 산소포화도 값과 박동수 값에서 모두 신뢰성 있는 결과를 보여주었다. 생활치를 정확히 진단할 확률은 냉검사가 94%, 전기치수검사가 89%, 산소포화도 값과 박동수 값은 모두 100%였으며, 실활치를 정확히 진단할 확률은 냉검사가 100%, 전기치수검사가 88%,

산소포화도 값이 90%, 박동수 값이 100%였다.

## 참고문헌

- Rowe AH, Pitt Ford TR: The assessment of pulpal vitality. *Int Endod J* 1990; 23(2): 77-83.
- Chen E, Abbott PV: Dental pulp testing: a review. *Int J Dent* 2009; 2009: 365785.
- Gopikrishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D: Comparison of electrical, thermal, and pulse oximetry methods for assessing pulp vitality in recently traumatized teeth. *J Endod* 2007; 33(5): 531-5.
- Abd-Elmeguid A, Yu DC: Dental pulp neurophysiology: part 2. Current diagnostic tests to assess pulp vitality. *J Can Dent Assoc* 2009; 75(2): 139-43.
- Jafarzadeh H, Rosenberg PA: Pulse oximetry: review of a potential aid in endodontic diagnosis. *J Endod* 2009; 35(3): 329-33.
- Calil E, Caldeira CL, Gavini G, Lemos EM: Determination of pulp vitality in vivo with pulse oximetry. *Int Endod J* 2008; 41(9): 741-6.
- Radhakrishnan S, Munshi AK, Hegde AM: Pulse oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality testing. *J Clin Pediatr Dent* 2002; 26(2): 141-5.
- Oikarinen K, Kopola H, Mäkinen M, Herrala E: Detection of pulse in oral mucosa and dental pulp by means of optical reflection method. *Endod Dent Traumatol* 1996; 12(2): 54-9.
- Schmitt JM, Webber RL, Walker EC: Optical determination of dental pulp vitality. *IEEE Trans Biomed Eng* 1991; 38(4): 346-52.
- Mills RW: Pulse oximetry—a method of vitality testing for teeth? *Br Dent J* 1992; 172(9): 334-5.
- Schnettler JM, Wallace JA: Pulse oximetry as a diagnostic tool of pulpal vitality. *J Endod* 1991; 17(10): 488-90.
- Noblett WC, Wilcox LR, Scamman F, Johnson WT, Diaz-Arnold A: Detection of pulpal circulation in vitro by pulse oximetry. *J Endod* 1996; 22(1): 1-5.
- Kahan RS, Gulabivala K, Snook M, Setchell DJ: Evaluation of a pulse oximeter and customized probe for pulp vitality testing. *J Endod* 1996; 22(3): 105-9.
- Goho C: Pulse oximetry evaluation of vitality in primary and immature permanent teeth. *Pediatr Dent* 1999; 21(2): 125-7.
- Gopi Krishna V, Kandaswamy D, Gupta T: Assessment of the efficacy of an indigenously developed pulse oximeter dental sensor holder for pulp vitality testing. *Indian J Dent Res* 2006; 17(3): 111-3.
- Gopi Krishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D: Evaluation of efficacy of a new custom-made pulse oximeter dental probe in comparison with the electrical and thermal tests for assessing pulp vitality. *J Endod* 2007; 33(4): 411-4.
- Karayilmaz H, Kirzioglu Z: Comparison of the reliability of laser Doppler flowmetry, pulse oximetry and electric pulp tester in assessing the pulp vitality of human teeth. *J Oral Rehabil* 2011; 38(5): 340-7.
- Hyman JJ, Cohen ME: The predictive value of endodontic diagnostic tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 58(3): 343-6.
- Kataoka SH, Setzer FC, Gondim-Junior E, Pessoa OF, Gavini G, Caldeira CL: Pulp vitality in patients with intraoral and oropharyngeal malignant tumors undergoing radiation therapy assessed by pulse oximetry. *J Endod* 2011; 37(9): 1197-200.
- Oikarinen KS, Kainulainen V, Sarkela V, Alaniska K, Kopola H: Information of circulation from soft tissue and dental pulp by means of pulsatile reflected light: further development of optical pulp vitalometry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997; 84(3): 315-20.