

# Comparison vibration characteristics of several wireless endodontic handpieces

Bo-Kyung Lee, Yoon Lee, Se-Hee Park, Kyung-Mo Cho, Jin-Woo Kim\*

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Republic of Korea

**Purpose:** Wireless endodontic handpieces (WEH) are widely used in dental clinics due to their convenience and portability. This study aimed to compare the vibration magnitudes and patterns generated by five WEH. **Materials and Methods:** Vibration acceleration of five WEH (X-Smart IQ, E connect S, Endo A Class, ENDOIT, and TRAUS ENDO) in the rotary and reciprocating motion was measured with accelerometer. The average vibration acceleration was analyzed using the t-test, Welch's ANOVA test, and Dunnett T3 test at  $P < 0.05$ . **Results:** In all WEH, the average vibration acceleration in reciprocating motion was significantly higher than that in rotary motion ( $P < 0.001$ ). In rotary motion, repeated vibration graphs of constant amplitude were obtained without sudden changes in the magnitude of vibration, and the average vibration acceleration value was high in the order of X Smart IQ, Endo A Class, ENDOIT, E Connect S, and TRAUS ENDO ( $P < 0.001$ ), there was no statistically significant difference between X Smart IQ and Endo A Class. In reciprocating motion, a vibration graph was obtained in which large amplitude peaks appear at specific points within one cycle are repeated. The average vibration acceleration value was highest in the order of X Smart IQ, E Connect S, Endo A class, ENDOIT, and TRAUS ENDO ( $P < 0.001$ ). **Conclusion:** Regardless of the type of WEH, greater vibration occurred in the reciprocating motion than in the rotary motion ( $P < 0.001$ ). In the reciprocating motion, there was a difference in vibration for all handpieces ( $P < 0.001$ ). (*J Dent Rehabil Appl Sci* 2022;38(2):81-9)

**Key words:** accelerometer; vibration; wireless endodontic handpieces

## 서론

근관 성형을 위한 엔진 구동용 모터는 니켈-티타늄 회전 기구의 파절을 최소화 시키고 편리성을 증대하는 방향으로 발전해왔다.<sup>1</sup> 1990년대 초반의 간단한 1세대 전기 모터가 개발된 후, 많은 발전과 개발이 있었고, 기어 시스템을 무선 핸드피스에 장착하여 회전 기구의 크기에 따라 토크를 조절할 수 있는 전기모터가 개발되었다.<sup>2,3</sup>

특히 근관치료용 무선 핸드피스는 유선 핸드피스에 비해 이동이 편리하고 간편하여 진료실에서 많이 사용되고 있다.<sup>4</sup> 초창기 모델들은 유선에 비해 배터리의 출력 안정

성이 떨어진다는 단점이 있었지만, 리튬-이온 배터리의 도입으로 배터리가 비교적 작고 가벼워짐과 동시에 높은 충전 전압을 얻어 토크 안정성을 얻을 수 있게 되었다.<sup>5,6</sup>

핸드피스와 모터가 분리되어 있는 유선 핸드피스와는 달리, 근관치료용 무선 핸드피스는 배터리와 전기모터가 핸드피스에 내장되어 있어 전체적인 핸드피스의 무게, 배터리와 전기모터의 무게 분포도에 따라 발생하는 진동양상과 진동크기가 다양하게 나타날 수 있고,<sup>7</sup> 각각의 핸드피스에 의해 발생하는 진동의 정도에도 차이가 생길 가능성이 있다.

또한, 기존의 연속 회전운동을 기반으로 하는 파일 시

\*Correspondence to: Jin-Woo Kim

Professor, Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, 7 Jukheon-gil, Gangneung 25457, Republic of Korea

Tel: +82-33-640-3189, Fax: +82-33-640-3113, E-mail: mendo7@gwnu.ac.kr

Received: April 1, 2022/Last Revision: April 26, 2022/Accepted: May 20, 2022

시스템은 한 방향으로의 지속적인 회전으로 인한 몇 가지 문제점(피로파절, Taper lock)을 가지고 있었고,<sup>8</sup> 이를 극복하는 방안으로 시계방향과 반시계방향으로의 왕복 회전 운동을 기반으로 하는 파일 시스템이 개발되었다. 하지만 왕복 회전 운동 기반의 파일 시스템은 회전 방향이 바뀔 때 비교적 큰 진동을 유발하여 술자와 환자가 불편감을 느낄 수 있다.<sup>9</sup> 그럼에도 불구하고 근관치료용 무선 모터의 진동에 관한 연구에 비해 무선 전기모터를 이용한 핸드피스들의 진동 차이에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 회전운동 및 왕복운동을 이용한 근관성형이 가능한 다섯 가지의 근관치료용 무선 핸드피스 X Smart IQ (Dentsply sirona, Ballaigues, Switzerland), E Connect S (Eighteeth, Changzhou, China), Endo A Class (Saeyang, Daegu, Korea), ENDOIT (MicroNX, Daegu, Korea), TRAUS ENDO (Saeshin, Daegu, Korea)을 사용하여, 회전 및 왕복운동으로 근관성형 시 발생하는 진동의 크기와 양상을 비교 평가하고자 한다.

## 연구 재료 및 방법

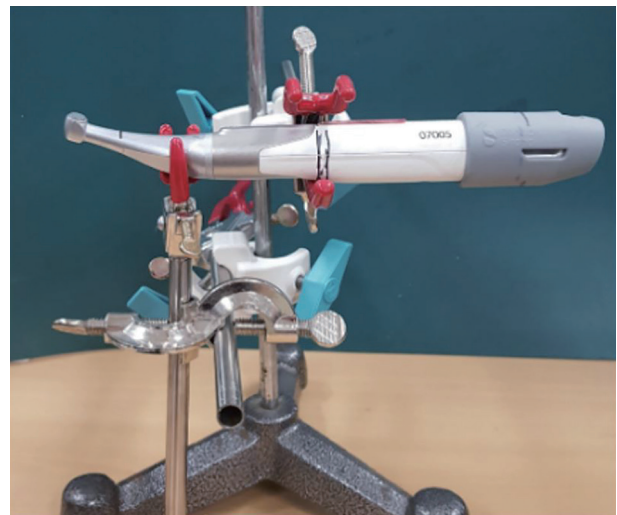
회전운동 근관성형법과 왕복운동 근관성형법 모두 가능한 X Smart IQ (Dentsply sirona), E Connect S (Eighteeth), Endo A Class (Saeyang), ENDOIT (MicroNX), TRAUS ENDO (Saeshin) 다섯 가지의 근관치료용 무선 핸드피스를 대상으로 하였다(Fig. 1).

핸드피스를 변형 펜-파지법으로 잡을 때의 실제 손 위치를 재현하기 위해 2명의 술자가 10회 반복하여 핸드피스를 잡았을 때의 위치를 기준으로 하였다. 2개의 클램프를 스탠드에 고정시키고 작은 클램프를 사용하여 핸드피스를 잡는 엄지와 검지를 재현하였고, 또 다른 클램프는 핸드피스를 받치는 위치에 지지대 역할을 하는 부위(엄지손가락과 검지손가락 사이)를 재현하도록 설치하였다. 두 클램프 사이의 거리는 50 mm로 일정하게 유지하였는데, 이 값은 2명의 술자가 반복해서 10회 잡았을 때의 핸드피스를 잡는 위치(엄지손가락과 검지손가락 위치)와 핸드피스를 받치는 위치(엄지손가락 중지손가락 사이 거리) 사이의 거리를 평균을 낸 값이다(Fig. 2).

근관치료용 무선 핸드피스에서 발생하는 진동은 3차원적으로 진동가속도를 측정할 수 있는 가속도계(Tri-axial ICP<sup>®</sup> accelerometer, Model 356A12, PCB piezo-

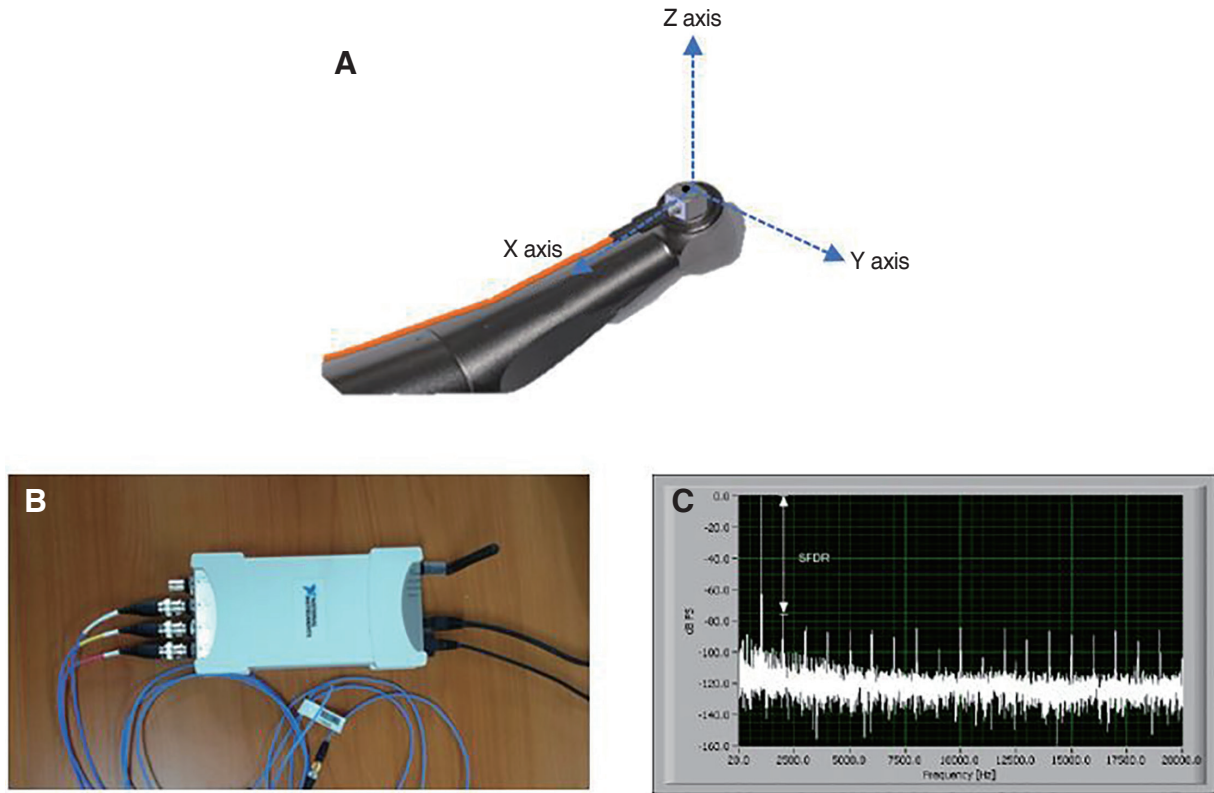


**Fig. 1.** Cordless Endodontic Handpieces. From left to right, X Smart IQ (Dentsply sirona, USA), E Connect S (Eighteeth, China), Endo A Class (Saeyang, Korea), ENDOIT (MicroNX, Korea), TRAUS ENDO (Saeshin, Korea).



**Fig. 2.** Clamped wireless endodontic handpiece.

tronics, Depew, USA)를 핸드피스의 머리 부분에 부착 후 측정하였고, NI Sound and Vibration Assistant 2009 software (National Instruments, Austin, USA)를 이용하여 진동가속도를 분석하였다(Fig. 3).



**Fig. 3.** Representative photograph of vibration test. (A) Tri-axial accelerometer, (B) DAQ Board, Wi-Fi Carrier, (C) NI Sound and Vibration Assistant 2009 software.

회전운동 근관성형법은 250 rpm, 2.0 Ncm 조건에서 25 mm의 ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 사용하였고, 왕복운동 근관성형법은 반시계방향 150°, 시계방향 30° 회전, 300 rpm으로 무선핸드피스 회전운동 조건을 설정하고 25 mm의 Reciproc R25 (VDW GmbH, Munich, Germany)를 장착해 사용하였다. 단, 무선 핸드피스 중 미리 설정된 각도외에는 왕복회전운동의 회전각도의 변경이 불가능한 ENDOIT에서는 반시계방향 180°, 시계방향 60°, 300 rpm 조건에서 시행하였다.

다섯 가지 근관치료용 무선 핸드피스 헤드 부분에 파라핀 왁스와 유틸리티 왁스를 이용하여 가속도계를 단단하게 고정시키고, 발생하는 진동을 X, Y, Z 축으로 각각 측정하였다. 핸드피스의 장축과 평행한 방향을 X축, 핸드피스 장축과 수직이면서 핸드피스에 고정된 나이트이 파일의 장축과 수직인 방향을 Y축, 나이트이 파일의 장축과 평행한 방향을 Z축으로 설정하였다. 발생한 진동은 DAQ Board와 Wi-Fi Carrier를 통해 컴퓨터로 전송되

고 NI Sound and Vibration Assistant 2009 software를 통해 실시간으로 진동가속도가 측정된다. 1초당 25,600개의 진동가속도를 측정하였고, 3초 동안 측정하여 진동가속도를 76,800개의 수치로 나타내어 분석하였다. 모든 군에서 동일한 조건하에 열 번의 반복실험을 실시하여 평균 진동가속도를 구하였다. 평균 진동가속도는 실효치(RMS, Root Mean Square)를 이용하여 계산하였고, 실효치를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$Amp_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n}(Amp_1^2 + Amp_2^2 + Amp_3^2 + \dots + Amp_n^2)}$$

왕복운동 근관성형법의 경우 반시계방향의 회전 시작 지점부터 시계방향의 회전 종점까지의 한 사이클에 해당하는 시간을 한 구간으로 하여, 각 사이클에 대한 진동양상을 그래프로 비교하였다.

각 군의 평균 진동가속도를 비교분석하기 위해서 SPSS version 25.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)을 사용하였고, 제1종 오류수준은 0.05로 하였다. 핸드피스 별로 모드에 따라 평균 진동가속도의 차이를 검정하기 위



해 Kolmogorov-Smirnov test를 실시한 결과, 정규성을 만족하여 T-test를 실시하였다. 또한 같은 Mode에서 핸드피스 종류에 따른 평균 진동가속도의 차이를 검정하기 위해 Kolmogorov-Smirnov test를 실시한 결과, 정규성을 만족하였으나, 등분산 가정을 만족하지 않아 Welch ANOVA test를 실시하였고, 사후검정을 위해 Dunnett T3 test를 실시하였다.

## 결과

모든 근관치료용 무선 핸드피스에서 회전운동 근관성형법에서의 평균진동가속도보다 왕복운동 근관성형법에서의 평균진동가속도가 유의하게 높게 나타났다( $P < 0.001$ )(Table 1). 핸드피스의 종류에 따른 평균진동가속도 비교에서는, 회전운동 근관성형법에서의 평균진동가속도 값은 X Smart IQ, Endo A Class, ENDOIT, E Connect S, TRAUS ENDO 순으로 높게 나타났고( $P < 0.001$ )(Table 1), X Smart IQ와 Endo A Class 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 왕복운동 근관성형법에서의 평균진동가속도 값은 X Smart IQ, E Connect S, Endo A class, ENDOIT, TRAUS ENDO 순으로 높게 나타났다( $P < 0.001$ )(Table 1).

근관치료용 무선 핸드피스의 진동그래프 양상을 살펴보면, 회전운동 근관성형법에서는 급격한 진동의 크기 변화 없이 일정한 진폭의 반복적인 진동그래프가 얻어지고, 왕복운동 근관성형법에서는 한 사이클 안에 특정 지점에서 큰 진폭의 피크가 나타나는 진동이 반복되는 양상의 그래프가 나타났다. 근관치료용 무선 핸드피스 종류에 따

라 진동 그래프의 양상이 다양하게 나타났으며, X, Y, Z 세 개의 축 중에서 핸드피스 종류에 관계없이 Y축(핸드피스 장축과 수직이면서 핸드피스에 고정된 나이트이 파일의 장축과 수직인 방향)에서 가장 큰 진동이 나타났다.

## 고찰

회전운동과 왕복운동 근관성형법에서 다섯 가지 근관치료용 무선 핸드피스에서 발생하는 평균 진동가속도 값은 유의하게 차이가 있었다( $P < 0.001$ ). 기계적 진동은 주로 모터에서 발생하고, 물체의 무게, 형태, 전체적인 균형 등 여러 외부적인 요인의 복합체로 나타난다.<sup>10</sup> 다섯 가지의 근관치료용 무선 핸드피스에서 사용되는 모터, 핸드피스의 무게, 형태, 배터리와 모터의 위치 등이 모두 다르기 때문에 근관치료용 무선 핸드피스의 진동양상 및 평균진동가속도 값도 유의하게 다르게 나타난 것으로 사료된다.

회전운동 근관성형법은 일정한 속도로 시계방향으로 회전하는 성형방식이다. 모두 25 mm의 ProTaper Universal 파일을 사용하여 250 rpm, 2.0 Ncm 조건 하에서 실험하였다. 다섯 가지의 근관치료용 무선 핸드피스는 모두 일정한 진폭과 진동수로 연속적이고 반복적인 진동 패턴을 나타내었다. 가장 큰 평균 진동가속도값을 가지는 X Smart IQ와 Endo A Class는 연속적인 진동의 진폭이 다른 핸드피스보다 크게 나타났는데, 이는 핸드피스 진동의 가장 큰 부분을 차지하는 엔진 구동용 모터의 진동이 다른 핸드피스보다 크기 때문으로 생각된다. 평균 진동가속도 값이 가장 작은 TRAUS ENDO는 다른 핸드피스에 비해 작은 진폭을 가지지만, 반복적으로 특정 시점에 0.1 초의 간격으로 큰 피크를 보이는 특징적인 형태를 나타내었다.

왕복운동 근관성형법은 시계방향과 반시계방향으로 왕복 운동하며 회전하는 성형방식이다.<sup>11</sup> 반시계방향 150° 회전, 시계방향 30° 회전, 300 rpm 조건에서 25 mm의 Reciproc R25를 사용하였고, 실험에서 사용된 회전각도와 속도는 Reciproc 파일의 제조사에서 제시하는 Reciproc All mode를 기준으로 설정하였다. 단, 회전각도의 변경이 불가능한 ENDOIT에서는 반시계방향 180° 회전, 시계방향 60° 회전, 300 rpm 조건에서 시행하였다. 왕복운동 근관성형법 진동그래프는 일정한 주기의 반복적 형태를 띠고 있으며,<sup>12</sup> 이를 이용해 무선 핸드피스의 상대적 회전속도의 크기를 비교할 수 있다.<sup>9</sup>

**Table 1.** Mean values and standard deviations of vibratory acceleration ( $10^2$  g; gravity)

Handpiece	Rotary motion	Reciprocating motion
X Smart IQ	62.79 $\pm$ 2.59 <sup>Aa</sup>	158.15 $\pm$ 2.74 <sup>Ba</sup>
E Connect S	40.29 $\pm$ 1.84 <sup>Ab</sup>	86.03 $\pm$ 5.03 <sup>Bb</sup>
Endo A Class	60.27 $\pm$ 0.99 <sup>Aa</sup>	77.55 $\pm$ 1.12 <sup>Bc</sup>
ENDOIT	43.03 $\pm$ 0.95 <sup>Ac</sup>	51.10 $\pm$ 1.44 <sup>Bd</sup>
TRAUS ENDO	26.61 $\pm$ 0.48 <sup>Ad</sup>	48.84 $\pm$ 0.39 <sup>Bc</sup>

Same superscript shows no statistically significant difference.

A,B: Comparison depending on rotation motion within same wireless endodontic handpiece.

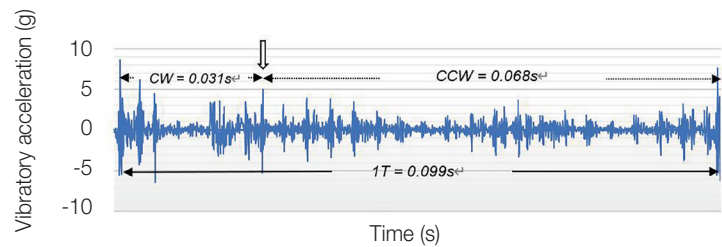
a,b,c,e,d: Comparison depending on cordless endodontic handpiece within same rotation motion.

평균진동가속도 값이 가장 크고, 진동양상의 특징이 가장 뚜렷이 나타나는 Y축 그래프를 이용해 근관치료용 무선 핸드피스들의 진동그래프에서의 한 주기를 측정했을 때, X Smart IQ는 약 0.099초, E Connect S는 약 0.161초, Endo A Class는 약 0.110초, ENDOIT은 약 0.210초, TRAUS ENDO는 약 0.219초로 나타났다(Fig. 4-8). 각 무선 핸드피스의 진동그래프를 관찰했을 때 한 주기 안에서 특정 지점에 피크가 발생하는 걸 관찰할 수 있었고, 이 지점은 회전방향이 바뀌는 전환되는 지점으로 여겨진다(Fig. 4-8의 흰색 화살표).<sup>13</sup>

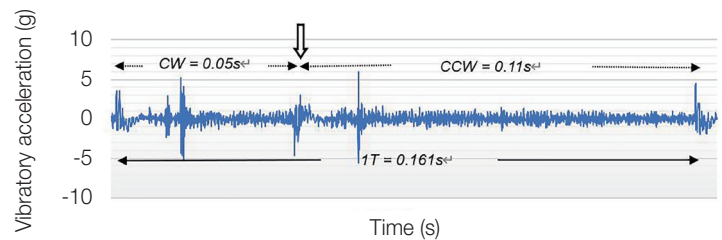
왕복회전운동에서 근관치료용 무선 핸드피스에서의 실제 회전각도와 속도가 진동가속도 그래프에서 역산한 것과 일치하는지 확인하기 위해 간단한 추가적인 실험으로 검증하였다. 고속 카메라의 슬로모션 동영상 촬영(High frame rate)을 이용하여 왕복운동 근관성형법의 한 주기를 측정한 결과 진동그래프로 측정한 주기와 일치하였다.

그러나 핸드피스의 실제 회전각도는 핸드피스 마다 각도가 달랐으며 그 값은 X Smart IQ 반시계방향 180°, 시계방향 60°, E Connect S 반시계방향 240°, 시계방

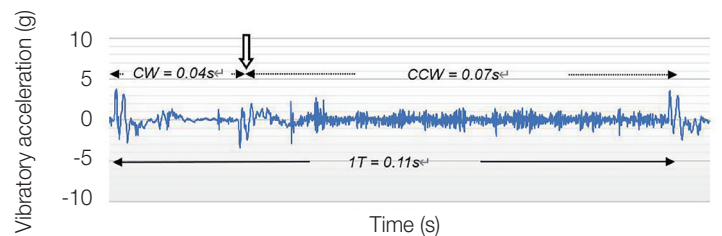
**Fig. 4.** Vibration graph of X Smart IQ, Y axis. CW, Clock wise; CCW, Counter clock wise; T, Time period.



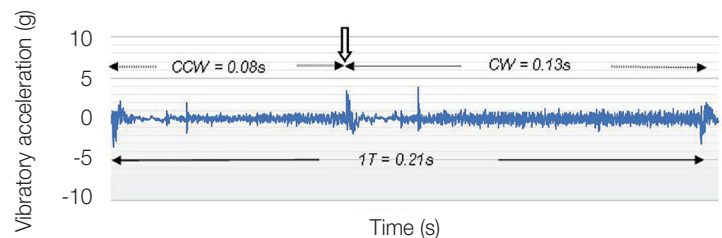
**Fig. 5.** Vibration graph of E Connect S, Y axis. CW, Clock wise; CCW, Counter clock wise; T, Time period.



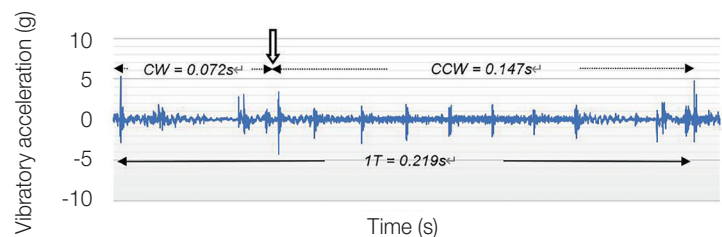
**Fig. 6.** Vibration graph of Endo A Class, Y axis. CW, Clock wise; CCW, Counter clock wise; T, Time period.



**Fig. 7.** Vibration graph of ENDOIT, Y axis. CW, Clock wise; CCW, Counter clock wise; T, Time period.



**Fig. 8.** Vibration graph of TRAUS ENDO, Y axis. CW, Clock wise; CCW, Counter clock wise; T, Time period.



향 120°, Endo A Class 반시계방향 123°, 시계방향 3°, ENDOIT 반시계방향 150° 시계방향 270°, TRAUS ENDO 반시계방향 315°, 시계방향 95°로 측정되었고, 핸드피스에 따라 매 왕복운동회전 주기마다 5 - 10° 정도의 차이가 있었다. 따라서 X Smart IQ를 제외한 근관치료용 무선 핸드피스의 실제 회전각도는 제조사가 제공한 각도와 차이가 있다고 볼 수 있으며 이에 관련된 추가적인 연구와 분석이 필요해 보인다.

진동그래프를 이용하여 구한 주기와 디지털 카메라를 이용하여 구한 회전각도를 이용해 근관치료용 무선 핸드피스의 분당 회전 수를 계산하면 한 주기의 왕복운동에서 X Smart IQ, E Connect S, Endo A Class, ENDOIT은 약 120° 진행하고, TRAUS ENDO는 약 240° 진행하므로 1회전(360°)할 때 걸리는 시간을 계산해 분당 회전 수를 계산하면, X Smart IQ는 약 200 rpm, E Connect S는 약 124 rpm, Endo A Class는 약 181 rpm, ENDOIT은 약 95 rpm, TRAUS ENDO는 약 182 rpm의 값이 얻어진다.

XZ평면으로 회전하는 물체에서 X, Y, Z축에서의 진동 가속도는 다음과 같은 식으로 표현할 수 있고, 회전 속도(각속도)가 증가하면 진동가속도도 증가함을 보여준다.

$$X_a = -r\omega^2 \cos(\omega t), Z_a = -r\omega^2 \sin(\omega t) \\ (r = \text{회전반경}, \omega = \text{각속도})$$

X Smart IQ, Endo A Class, ENDOIT은 계산된 분당 회전 수 값이 작아질수록 평균 진동가속도도 작게 나타나는 경향을 보이는데, 이는 근관치료용 무선 핸드피스의 진동의 정도에 영향을 미치는 여러 요소 중에 회전속도의 차이가 큰 영향을 주고 있음을 나타낸다. E Connect S의 경우 Endo A Class보다 분당 회전수가 작았지만, Endo A Class보다 높은 진동가속도 값을 나타냈다. 진동그래프에서 E Connect S가 회전 방향이 바뀔 때 특정 지점에서 나타나는 높은 피크가 전체적인 평균진동가속도를 높이는 역할을 했다고 추측할 수 있다. TRAUS ENDO는 분당 회전 수(약 182 rpm)가 Endo A Class(약 181 rpm)와 비슷했으나 다섯 종류의 근관치료용 무선 핸드피스 중에서 가장 작은 평균진동가속도를 나타냈다. 진동그래프에서 보았을 때 TRAUS ENDO는 진동의 진폭이 다른 네 종류의 핸드피스에 비해 확연히 작았으며, 이는 진동이 주로 발생하는 모터의 진동이 다른 핸드피스에 비해 매우 작기 때문이라고 추측할 수 있다. 또한 한 주기의 왕복운동에서 120°를 회전하는 타 핸드피스에 비해 240° 회전하여, 1회전(360°) 회전 시 방향

을 전환하는 횟수가 작은 것도 원인으로 추정할 수 있다.

왕복운동 근관성형법에서 다섯 가지의 근관치료용 무선 핸드피스 모두 제조사에서 제시한 분당 회전수보다 낮은 분당 회전수를 나타내었고, 회전범위도 일치하지 않았다. 임상에서 근관치료용 무선 핸드피스를 사용하거나 분당 회전 수, 회전범위와 관련된 실험을 할 때, 이와 같은 사실을 고려해야 하며, 이 부분에 대해 추가적인 연구와 분석이 필요할 것이다.

실제 임상에서 손으로 파지하는 것과 같이 실험에서도 핸드피스는 클램프로 완벽히 고정하지 않았으며, 그에 따라 발생하는 외부 잡음이 고주파의 진동수를 어느 정도 유발했을 것으로 생각된다. 또한 외부 잡음의 영향으로 팁의 회전에 의한 직접적인 영향을 분석하는데 어려움이 있었고, 팁의 회전에 의한 영향보다 회전 방향을 바꿀 때 발생하는 회전각속도의 영향이 더 클 것으로 사료되어, 평균진동가속도 수치의 단순한 비교보다 수치의 상대적 크기, 진동가속도 그래프에서 회전 방향을 바꿀 때 발생하는 특정 파형을 이용하여 분석하였다.

본 실험에서는 핸드피스에 부착하여 진동을 측정하는 가속도계를 사용하였으나, 접촉식 가속도계는 부착 방법, 고정 정도에 따라 진동가속도 값이 많이 달라진다. 이전 연구에서 가속도계의 부착위치에 따라 평균가속도가 달라진다는 연구 결과<sup>14</sup>는 술자가 느끼는 핸드피스의 진동을 잘 반영할 수 있는 적합한 부착위치를 고려해야 함을 시사한다. 원거리로 진동가속도를 측정할 수 있는 Laser doppler vibrometers는 부착식 가속도계에서 발생할 수 있는 측정 오류 문제를 해결할 수 있어, 핸드피스에서 발생하는 진동을 더 정확히 측정할 수 있다고 알려져 있다.<sup>15</sup> 하지만 직접 파일을 이용하여 근관성형 할 때의 진동에 있어서는 파일과 핸드피스 체결부에서 발생하는 진동, 파일과 근관벽 사이에서 발생하는 진동 등 여러가지 요소가 복합되어 환자에게 전달되기 때문에, 술자에게 또는 환자에게 전달되는 진동의 크기를 측정하기 위해서는 실험 설계에 있어 더 많은 고려와 연구가 필요할 것으로 생각된다.

유선 근관치료용 핸드피스를 이용하여 실제 치아에 전달되는 평균진동가속도를 측정한 실험에서 왕복운동 근관성형법에서 회전운동 근관성형법 보다 더 큰 진동을 나타내었으며,<sup>12</sup> 실제 환자가 느끼는 진동으로 인한 불편감도 왕복운동 근관성형법에서 더 크다는 임상적 연구<sup>16</sup>가 있다. 유,무선 근관치료용 핸드피스에서 발생하는 진동의 크기가 인체에 영향을 미칠 정도의 수치는 아니지

만, 수년간에 걸쳐 반복적인 진동에 노출되었을 때의 축적된 영향은 hand-arm vibration syndrome을 발생시킬 수 있다.<sup>17</sup> 그러므로 근관치료용 핸드피스들의 진동 측정 방법, 분석 방법을 표준화 시켜 근관치료용 핸드피스에서 발생하는 진동을 줄일 수 있는 여러 방안이 모색되어야 할 것이다.

## 결론

다섯 가지의 근관치료용 무선 핸드피스(X-Smart IQ, E Connect S, Endo A class, ENDOIT, TRAUS ENDO)에서 발생하는 진동을 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 근관치료용 무선 핸드피스 종류에 관계없이 왕복운동 근관성형법이 회전운동 근관성형법에서 보다 더 큰 진동이 발생하였다( $P < 0.001$ ).
2. 회전운동 근관성형법에서 X-Smart IQ, Endo A class가 E Connect S, ENDOIT, TRAUS ENDO 보다 유의하게 더 큰 진동이 발생하였다( $P < 0.001$ ).
3. 왕복운동 근관성형법에서 X Smart IQ에서 가장 큰 진동이 발생하였고, E Connect S, Endo A class, ENDOIT, TRAUS ENDO 순으로 유의한 진동의 차이가 나타났지만( $P < 0.001$ ), 핸드피스마다 제조 회사의 표기와 실제 분당 회전 수, 회전범위의 차이가 있기 때문에 이에 대한 해석에 있어서 주의를 요한다.

근관치료용 무선 핸드피스의 종류에 따라 진동의 크기 및 양상은 다양하다. 근관치료용 핸드피스 제작 시 진동에 영향을 줄 수 있는 여러 조건들을 고려하여 최소의 진동과 최대의 효율을 얻을 수 있는 설계가 필요할 것이다.

## ORCID

**Bo-Kyung Lee** <https://orcid.org/0000-0003-0533-7190>

**Yoon Lee** <https://orcid.org/0000-0001-9813-8531>

**Se-Hee Park** <https://orcid.org/0000-0002-4052-4082>

**Kyung-Mo Cho** <https://orcid.org/0000-0003-3464-9425>

**Jin-Woo Kim** <https://orcid.org/0000-0002-0004-0710>

## References

1. Giraki M, Bauer A, Barthel C, Rüttermann S, Ger-

hardt-Szep S. Problems with a cordless endodontic hand piece when preparing severely curved root canals. *J Dent Probl Solut* 2016;3:040-4.

2. Jain P. Rotary instruments: importance of speed and torque. In: Jain P, editor. *Current therapy in endodontics*. Ames; John Wiley & Sons Inc.; 2016. p. 30-2.
3. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen's pathway of the pulp. 11th ed. St. Louis; Elsevier; 2016. p. 233.
4. McCombs G, Russell DM. Comparison of corded and cordless handpieces on forearm muscle activity, procedure time and ease of use during simulated tooth polishing. *J Dent Hyg* 2014;88:386-93.
5. Park SH, Seo HW, Hong CU. An evaluation of rotational stability in endodontic electronic motors. *J Korean Acad Conserv Dent* 2010;35:246-56.
6. Park KH, Yi KH. Voltage balancing circuit for Li-ion battery system. *J Korea Indust Inform Syst Res* 2013;18:73-80.
7. Newland DE, Ungar EE. Mechanical vibration analysis and computation. *J Acoust Soc Am* 1990; 88:2506.
8. Vadhana S, SaravanaKarthikeyan B, Nandini S, Velmurugan N. Cyclic fatigue resistance of race and Mtwo rotary files in continuous rotation and reciprocating motion. *J Endod* 2014;40:995-9.
9. Jeon YJ, Kim JW, Cho KM, Park SH, Chang HS. Vibration characteristics of endodontic motors with different motion: reciprocation and conventional rotation. *J Korean Dent Assoc* 2014;52:734-43.
10. Finley WR, Hodowanec MM, Holter WG. An analytical approach to solving motor vibration problems. Available from: [https://www.maintenance.org/file-SendAction/fcType/0/fcOid/399590942964504823/filePointer/399590942964856169/fodoid/399590942964856167/Analytical\\_Approach\\_to\\_Solving\\_Motor\\_Vibration\\_Problems.pdf](https://www.maintenance.org/file-SendAction/fcType/0/fcOid/399590942964504823/filePointer/399590942964856169/fodoid/399590942964856167/Analytical_Approach_to_Solving_Motor_Vibration_Problems.pdf) (updated 2021 Jun 15).
11. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J* 2008;41:339-44.
12. Park SJ, Park SH, Cho KM, Ji HJ, Lee EH, Kim JW. Comparison of vibration characteristics of file systems for root canal shaping according to file length.



- Restor Dent Endod 2020;45:e51.
13. Choi DM, Kim JW, Park SH, Cho KM, Kwak SW, Kim HC. Vibrations generated by several nickel-titanium endodontic file systems during canal shaping in an ex vivo model. J Endod 2017;43:1197-200.
14. Poole RL, Lea SC, Dyson JE, Shortall AC, Walmsley AD. Vibration characteristics of dental high-speed turbines and speed-increasing handpieces. J Dent 2008;36:488-93.
15. Castellini P, Martarelli M, Tomasini E. Laser doppler vibrometry: Development of advanced solutions answering to technology's needs. Mechanical Systems and Signal Processing 2006;20:1265-85.
16. Park SR, Park SH, Cho KM, Kim JW, Kim HC. Patient discomfort levels during instrumentation procedure using nickel-titanium files with different kinetic movements. Aust Endod J 2021 Nov 23. doi: 10.1111/aej.12590.[Online ahead of print]
17. Kim SG. Musculoskeletal Disorders by Vibration. Korean Industrial Health Association 2017;355:34-47.



## 여러 근관치료용 무선 핸드피스들의 진동양상 비교

이보경 전공의, 이윤 조교수, 박세희 교수, 조경모 교수, 김진우\* 교수

강릉원주대학교 치과대학 치과보존학교실

**목적:** 여러 근관치료용 무선 핸드피스에서 발생하는 진동의 크기와 양상을 비교해 보고자 한다.

**연구 재료 및 방법:** 클램프로 고정시킨 5개의 근관치료용 무선 핸드피스(X Smart IQ, E Connect S, Endo A Class, ENDOIT, TRAUS ENDO)의 헤드부분에 가속도계를 이용하여 회전운동과 왕복운동방식으로 동작할 때 핸드피스 자체에서 발생하는 진동가속도를 측정하였다.

**결과:** 모든 근관치료용 무선 핸드피스에서 회전운동보다 왕복운동에서의 평균진동가속도가 유의하게 높게 나타났다( $P < 0.001$ ). 회전운동에서는 급격한 진동의 크기 변화 없이 일정한 진폭의 반복적인 진동그래프가 얻어졌으며, 평균진동가속도 값은 X Smart IQ, Endo A Class, ENDOIT, E Connect S, TRAUS ENDO 순이었고( $P < 0.001$ ), X Smart IQ와 Endo A Class 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 왕복운동에서는 한 주기 안에 특정 지점에서 큰 진폭의 피크가 나타나는 양상의 진동그래프가 얻어졌으며, 평균진동가속도 값은 X Smart IQ, E Connect S, Endo A class, ENDOIT, TRAUS ENDO 순이었다( $P < 0.001$ ).

**결론:** 무선 근관치료용 핸드피스 종류에 관계없이 회전운동보다 왕복운동에서 더 큰 진동이 발생하였다. 왕복운동에서는 모든 핸드피스에서 진동의 차이가 있었다( $P < 0.001$ ).

(구강회복응용과학지 2022;38(2):81-9)

**주요어:** 가속도계; 근관치료용 무선 핸드피스; 진동

\*교신저자: 김진우

(25457) 강원도 강릉시 죽헌길 7, 강릉원주대학교 치과대학 치과보존학교실

Tel: 033-640-3189 | Fax: 033-640-3113 | E-mail: mendo7@gwnu.ac.kr

접수일: 2022년 4월 1일 | 수정일: 2022년 4월 26일 | 채택일: 2022년 5월 20일