

# Study for discriminating method of origin side vibration from non-symptomatic clicking group

Da-Un Jung, Dong-Wan Kang\*

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chosun University, Gwangju, Republic of Korea

**Purpose:** study for discriminating method of origin side vibration from non-symptomatic clicking group. **Materials and Methods:** 60 joints vibrations of 30 subjects in non-symptomatic clicking group was recorded via subject's awareness, examiner's palpation and JVA analysis. Origin side vibration was discriminated with consideration for frequency spectrum, time delay and phase shift of waveforms, analysis of numeric values. **Results:** There were all unilateral vibrations with JVA analysis and number of origin vibrations were 42. 11 pairs of vibrations showed time delay and phase shift and transferred side vibrations showed smaller values of total integral and bigger values of  $> 300 / < 300$  ratio than origin side vibrations except one pair of vibrations. Also as the ipsi-lateral joint vibrations with smaller values of total integral showed bigger values of  $> 300 / < 300$  ratio than the contra-lateral joint vibrations and there all ipsi-lateral vibrations were showed small values of total integral below 10 and hard to detect time delay and phase shift. So the features were used in discrimination of origin side vibrations. **Conclusion:** There should be all-around considerations for discrimination of origin side vibrations that is frequency spectrum, phase shift and time delay and analysis of numeric values. (*J Dent Rehabil Appl Sci* 2016;32(1):38-46)

**Key words:** temporomandibular joint; vibration; differential diagnosis

## 서론

측두하악장애의 중요한 두 가지 증상은 동통과 기능 장애이다. 기능장애는 보통 악관절음이 동반되면서 정상적인 과두-원판운동이 방해받는다.<sup>1</sup> 악관절음은 통상 단순 관절음(click)이라는 짧은 순간의 단일음인데 소리가 좀 더 큰 경우는 거대 관절음(pop)이라고 한다. 염발음(crepitation)은 크고 복합적으로 묘사되는 다발성의 거친 자갈이 부딪히는 소리이다.<sup>2</sup> 일반적으로 촉진과 청진으로 측정된 악관절음은 기록과 측정에서 관찰자의 주관이 개입되어 이러한 방법의 정확성에 대해 Wabeke 등<sup>3</sup>은 촉진과 청진이 각각 60%와 20%의 특이도를 갖는다고 하였고 Christensen<sup>4,5</sup>은 진행된 측두하악관절 질환과 같이 소리를 쉽게 인지할 수 있는 증례를 제외하고는 청진과 촉진으로 악관절음을 정확히 기록하는 것은 힘들다고 하였다. 이에 악관절음을 디지털로 변환, 저장하여 도표나 수식으로 기록하려는 시도가 계속되어 왔고 패턴화 및 수식화 된 악관절음은 기존에 아날로그 방식으로 기록될 때와는 다르게 객관적인 악관절음의 특징을 보여준다. Gay와 Bertolami,<sup>6</sup> Gallo 등,<sup>7</sup> Widmalm 등,<sup>8</sup> Sano 등<sup>9</sup>은 마이크로폰으로 잡음을 기록하는 음파 홀로그래피(sonography)를 보고하였으나 피부나 모발 등과의 접촉으로 인한 잡음이나 주위의 잡음으로 인한 오차가 생길 수 있어 Christensen,<sup>4,5</sup> Ishigaki 등,<sup>10</sup> Li 등<sup>11</sup>은 이를 보완한 전자진동술(electrovibratography)을 이용하였다. Kernohan 등<sup>12</sup>의 보고에 따르면 일반적으로

환과 같이 소리를 쉽게 인지할 수 있는 증례를 제외하고는 청진과 촉진으로 악관절음을 정확히 기록하는 것은 힘들다고 하였다. 이에 악관절음을 디지털로 변환, 저장하여 도표나 수식으로 기록하려는 시도가 계속되어 왔고 패턴화 및 수식화 된 악관절음은 기존에 아날로그 방식으로 기록될 때와는 다르게 객관적인 악관절음의 특징을 보여준다. Gay와 Bertolami,<sup>6</sup> Gallo 등,<sup>7</sup> Widmalm 등,<sup>8</sup> Sano 등<sup>9</sup>은 마이크로폰으로 잡음을 기록하는 음파 홀로그래피(sonography)를 보고하였으나 피부나 모발 등과의 접촉으로 인한 잡음이나 주위의 잡음으로 인한 오차가 생길 수 있어 Christensen,<sup>4,5</sup> Ishigaki 등,<sup>10</sup> Li 등<sup>11</sup>은 이를 보완한 전자진동술(electrovibratography)을 이용하였다. Kernohan 등<sup>12</sup>의 보고에 따르면 일반적으로

\*Correspondence to: Dong-Wan Kang  
Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chosun University,  
309 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju, 61452, Republic of Korea  
Tel: +82-62-220-3825, Fax: +82-62-227-2363, E-mail: dwkang@chosun.ac.kr  
Received: February 2, 2016/Last Revision: March 17, 2016/Accepted: March 18, 2016

Copyright© 2016 The Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion.  
© It is identical to Creative Commons Non-Commercial License.

소리로 인식되는 악관절음은 측두하악관절에서 발생된 압력이 악골을 통해 전달된 고체 전달음이라 할 수 있으므로 공기 전파음을 기록하는 마이크로폰을 사용하여 기록하는 것보다 변환기를 이용하여 압력을 전기적 신호로 변환시켜 기록하는 것이 측두하악관절과 관련된 소리영역을 미세하게 기록하는데 효과적이라고 하였다. 그러나 측두하악관절의 병리적 상황에 대한 객관적인 분류가 어렵고 그에 따른 방법론적 한계로 신뢰할만한 결과가 제시되지 않아<sup>13</sup> 전자진동술을 이용한 악관절 잡음 분석이 임상에서 중요한 진단보조기구로 유용하게 사용될 수 있는지는 논란이 계속되고 있다.

Bio-JVA (SONO-PAK system-BioResearch, Inc., Milwaukee, USA)는 압전형 가속도 센서(accelerometer)를 이용한 변환기로 악관절진동을 기록하는 장치이다. Headset 양쪽의 변환기를 측두하악관절 상방의 피부에 접촉하여 위치시키고 악관절진동 신호를 받아 차동증폭기(differential amplifier)로 전달하는데 피실험자가 개/폐구 운동을 할 동안의 진동을 기록하며 개/폐구 1회당 1.5 s 속도로 총 7회의 개/폐구 cycle을 기록한다. 이렇게 기록된 진동신호를 디지털 신호처리하고 고속 푸리에 변환을 통해 주파수 스펙트럼(frequency spectrum)을 산출하며 0 - 1,000 Hz의 대역폭으로 sampling rate는 2,000 samples/second인데 500 Hz이상에서는 진동 값이 거의 없기 때문에 주파수 스펙트럼 상에는 0 - 500 Hz까지 나타낸다.<sup>14</sup> 고속 푸리에 변환은 시간 영역의 진동신호를 주파수 영역으로 변환하여 주파수 스펙트럼으로 나타내는데, 진동음을 이루는 각각의 주파수(frequency)에서 진폭(amplitude)을 추출하여 산출된 주파수 스펙트럼은 원래 값인 absolute plot (pascals)과 증폭기를 통해 최대 범위로 확대되어 주파수 스펙트럼의 특징이 시각적으로 강조된 relative plot (%power) 두 가지로 표현된다. JVA summary 각 window의 수치들은 모두 absolute plot에서 산출된 것으로 진동 총에너지(total integral)는 주파수 스펙트럼 곡선 아래의 면적으로(Pascals × Hertz) 이는 악관절진동의 에너지 총량을 의미한다. Integral < 300 Hz는 300 Hz이하의 에너지 총량을, Integral > 300 Hz는 300 Hz이상의 에너지 총량을 의미하며 > 300 / < 300ratio는 300 Hz이상의 진동 에너지(integral) 값을 300 Hz이하의 진동 에너지 값으로 나눈 것으로 이는 고주파수 영역 에너지에 대한 저주파수 영역 에너지의 비율을 의미한다. 최대 진폭(peak amplitude)은 진폭이 가장 클 때의 진폭 값으로 단위는

pascals이고, 최대 주파수(peak frequency)(Hertz)는 주파수 스펙트럼에서 가장 높은 진폭을 가질 때의 주파수 값이며, 중간 주파수(median frequency)(Hertz)는 주파수 스펙트럼에서 진동 에너지 값을 중간으로 나눌 때의 주파수 값이다.<sup>15</sup>

청진이나 촉진보다 JVA를 이용하는 것이 더 객관적이고 과학적인 기록이기는 하나 임상에 적용되기 위해서는 진동 값의 수치에 대한 기준과 일관된 해석이 필요하며 진동을 측정하고 분석할 진동을 선택함에 있어 원인관절을 감별하는 것이 반드시 선행되어야 한다. 측두하악관절에서 발생하는 진동은 일정 부분이 반대 측 관절로 전달될 수 있다고 여겨지는데 진동의 위상(phase of vibration)을 살펴보았을 때 두 개의 진동이 약간의 시간차를 두고 매우 유사한 형태를 보인다면 나중에 발생한 진동을 반대 측에서 전달된 진동으로 보고 이를 시간차(time delay)를 두고 나타난 위상변위(phase shift)라고 한다.<sup>16-18</sup> JVA 프로그램 상에서는 진동을 수치화하기 전 좌우 진동을 비교하여 위상 변위가 나타날 때 거울상(mirror image)이 있는지 묻고 거울상이 있다고 술자가 선택할 경우 진동 발생 측에 대한 백분율(%)로 전달 측 진동 총에너지 값을 표시한다.

본 연구에서는 측두하악관절 장애의 증상이 없으면서 관절잡음만을 갖고 있는 단순악관절 잡음군 30명을 대상으로 설문과 촉진으로 악관절 진동을 기록한 후 JVA로 분석하여 대상자의 인지와 검사자의 촉진 그리고 JVA분석의 차이를 살펴보는 한편 좌우 진동 중 유의한 진동을 감별해 보았다. 이 때 대부분의 JVA분석에서 진동 총에너지 값이 작은 쪽의 > 300 / < 300 ratio가 반대쪽의 > 300 / < 300 ratio보다 더 크거나 같음을 관찰하였고 이에 좌/우 진동 감별에서의 고려사항을 보고하는 바이다.

## 연구 재료 및 방법

### 1. 대상 선정

악관절 잡음을 제외하고는 동통이나 개구장애 등의 측두하악장애 증상이 없는 단순악관절 잡음군의 치과대학생 30명(20 - 30세)을 대상으로 하였다.

### 2. 설문지 작성

각 대상자에게 다음과 같은 설문지를 작성하게 하였다.

1. 관절잡음이 느껴집니까? (예, 아니오)
2. 관절잡음이 어느 쪽에서 느껴집니까? (왼쪽, 오른쪽, 양쪽, 잘 모르겠음)
3. 관절진동의 기록과 분석

먼저 단일 검사자의 촉진으로 관절 잡음을 검사한 후 JVA를 이용하여 관절 진동을 기록하였다. 컴퓨터 외 전자기기나 다른 소음이 없는 실험실에서 피실험자를 편안한 상태로 의자에 앉히고 귀 바로 앞쪽에서 개/폐구 시 움푹 파이는 측두하악관절의 과두 상방에 센서를 위치시켰다. 최대 개구량을 측정하여 Bio-JVA 프로그램에 입력하고 모니터 상에서 1.5초 간격으로 움직이는 개/폐구 그림과 매트릭스 소리에 맞추어 7회 개/폐구 운동을 기록하였다. 통증이 일어나지 않을 정도에서 최대한 크게 개구하고 치아 접촉될 때까지 폐구하게 하였는데 그 소리가 피실험자 본인에게만 들릴 정도로 가볍게 폐구하도록 하였다. 이를 먼저 피실험자에게 충분히 교육시킨 후 측정 당일에는 식사 등의 저작운동과 최대개구를 악관절진동 측정 1시간 이내에 하지 않도록 지시하였고 7회의 개/폐구 운동을 5분 간격으로 3회 측정하였다. 3회 측정 결과 중 개/폐구 cycle 상에서 반복적으로 같은 위치에서 4 - 6회 재현성이 있으며 가장 큰 값을 나타내는 진동을 선택하였고 하나의 관절에서 2회 이상의

재현성 있는 악관절 진동이 포착될 경우 각각을 독립된 것으로 간주하였다. 모든 진동을 포착하고 평균값을 내기 전에 JVA 프로그램 상의 measure noise를 이용하여 주파수 주파수(line frequency)로 인해 발생하는 배경 잡음(background noise)를 제거하였다.

#### 4. 진동의 감별

30명의 60개 관절에서 44쌍(88개)의 진동값을 얻었다. 1회의 관절진동이 포착된 사람이 17명, 2회의 관절진동이 포착된 사람이 11명 그리고 3회의 관절진동이 포착된 사람이 2명이었다. 이 중 진동 총에너지 값이 아주 작으면서 주파수 스펙트럼이 하나의 hump를 갖는 매끈한 곡선이 아닌 배경 잡음과 유사한 패턴을 보이는 것이 2쌍으로 4개의 관절진동을 유의하지 않은 것(transferred)으로 감별하였다(Fig. 1). 프로그램 상 위상 변위를 묻는 경우는 11쌍으로 좌/우가 감별되었고 판단하여 한쪽 11개의 관절진동을 유의하지 않은 것으로 감별하였다(Fig. 2). 나머지 위상변위를 보이지 않는 진동들에서 진동 총에너지 값이 큰 쪽을 유의한 진동(origin)이라고 가정하였을 때 한 쌍의 진동을 제외한 모든 경우에서 진동 총에너지 값이 작은 쪽의  $> 300 / < 300$  ratio가 반대 쪽  $> 300 / < 300$ 보다 크거나 같음을 관찰하였는데 이러한 경우 진동 총에너지 값이 작은 쪽

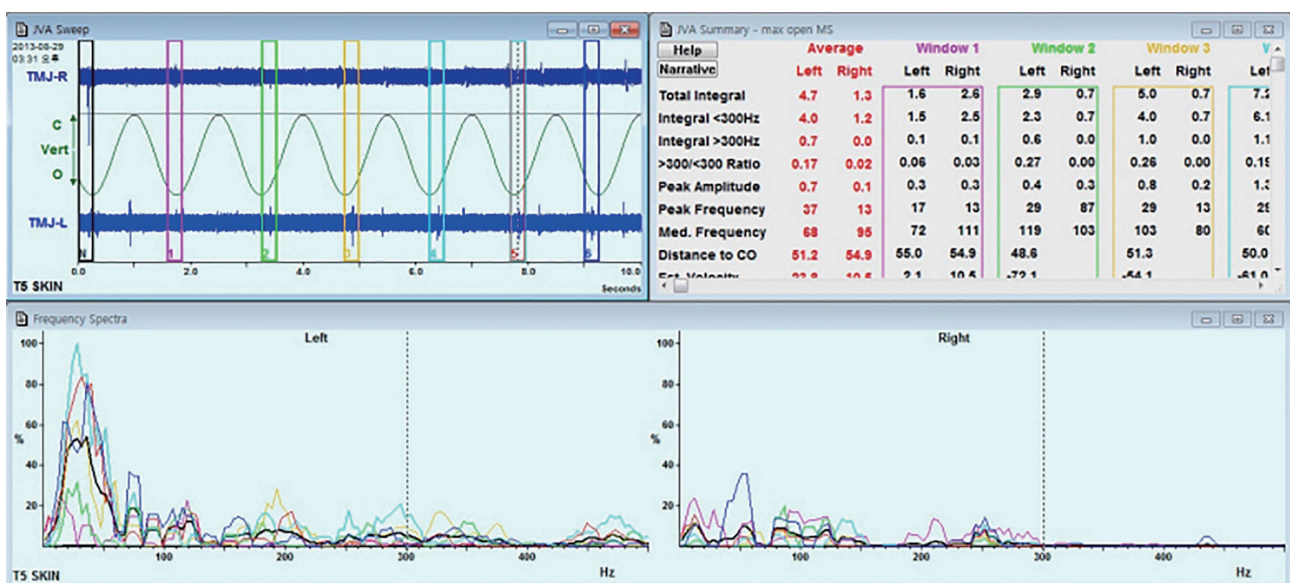
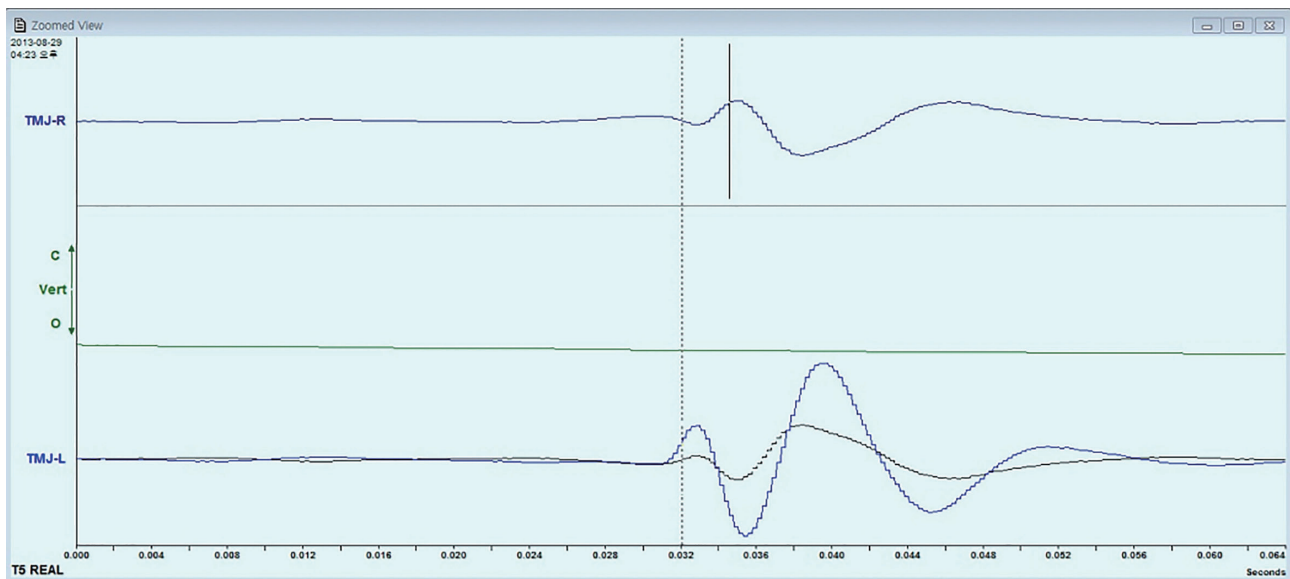
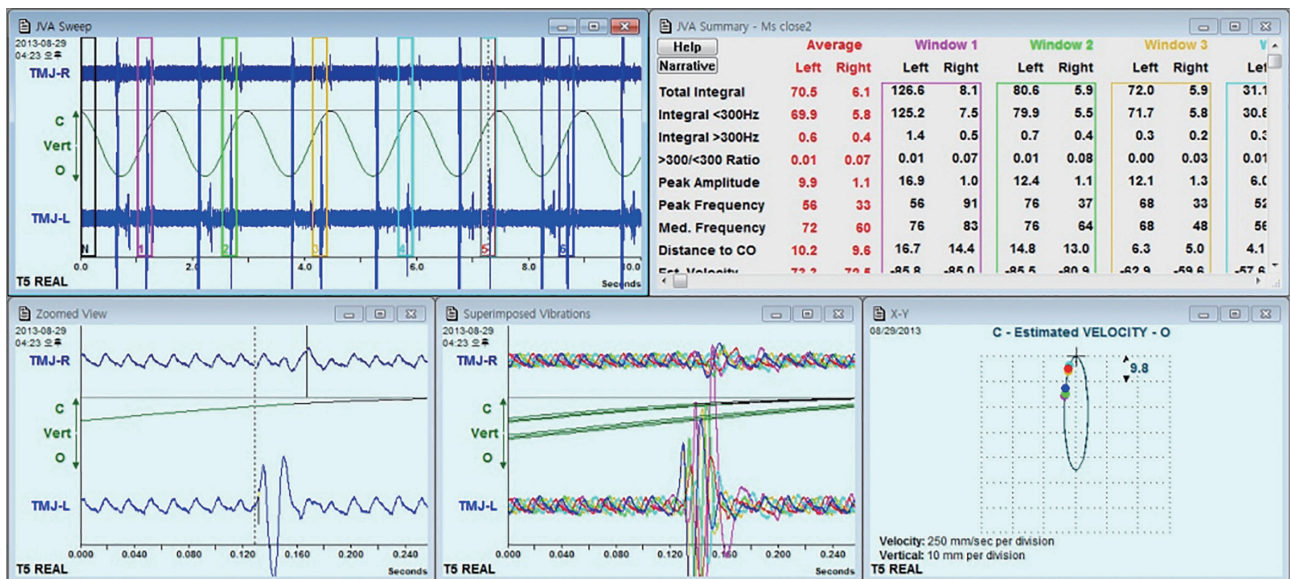


Fig. 1. Irregular pattern of frequency spectrum along with small values of total integral below 10 in both side vibrations was discriminated as background noise or errors in recordings.





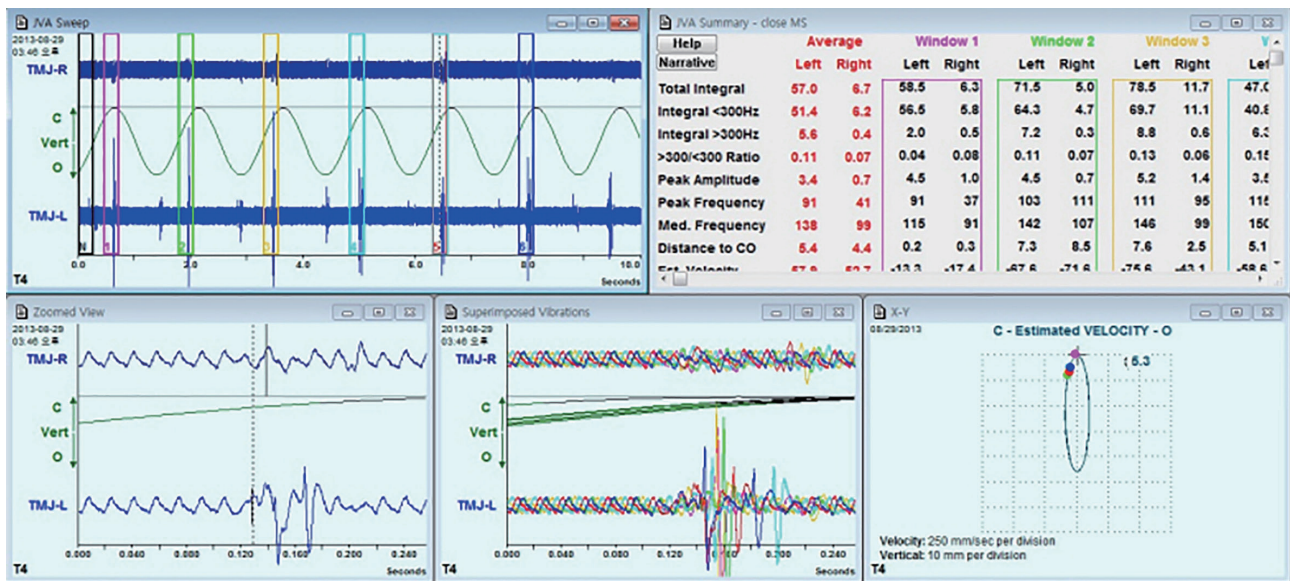
**Fig. 2.** Time delay and phase shift in waveforms of vibrations. There is transferred vibration in right side overlapped in lower waveform of left side vibration. Sample rate is 2000 and one step represents 0.5 milliseconds in 4X horizontal expanded zoom view in options of the JVA program.



**Fig. 3.** Unilateral joint vibrations without time delay and phase shift. In these cases, ipsi-lateral joint vibrations with smaller values of total integral and bigger values of  $> 300 / < 300$  ratio than contra-lateral joint vibrations were discriminated as transferred joint vibrations. All transferred vibrations showed small values of total integral below 10.

은 모두 10이하의 값을 갖는 미세한 진동임을 알 수 있었다. 또한 위상변위를 보이는 11개의 관절진동 중 10개의 관절진동에서도 진동 총에너지 값이 작은 쪽의  $> 300 / < 300$  ratio가 반대 쪽  $> 300 / < 300$  ratio보다 크거나 같음이 관찰되는 것으로 보아  $> 300 / < 300$  ratio가 큰 쪽의 진동 값을 유의하지 않은 것으로 판단하여

위상변위를 보이지 않는 경우에서도 동일하게 진동 총에너지 값이 큰 쪽의 진동을 유의한 진동으로 감별하였다(Fig. 3). 위상변위를 보이면서 진동 총에너지 값이 작은 쪽의  $> 300 / < 300$  ratio가 반대 쪽  $> 300 / < 300$  ratio보다 크거나 같은 특성이 나타나지 않은 한 쌍의 진동은 Fig. 4에 나타내었다.



**Fig. 4.** Ipsi-lateral joint vibration with smaller values of total integral and > 300 / < 300 ratio than contra-lateral joint vibration. Both subject and examiner recorded this case as bilateral joint vibrations but JVA detected mirror image in right side waveforms and it was discriminated as left origin joint vibration. Only 1 pair of vibrations showed this features among 42 unilateral joint vibrations.

## 결과

JVA를 이용하여 30명 대상자의 60개 관절에서 얻은 44쌍의 진동 값에서 42개의 편측성 관절 진동을 감별하였다. 대상자와 검사자가 양측성으로 감별한 경우가 각각 10건, 7건이었던 반면 JVA상 양측성으로 감별된 경우는 한 건도 없었다(Table 1).

**Table 1.** Comparison of discrimination for origin side of clicking with JVA detected, subject's awareness and examiner's palpation

	JVA	Subjects	Examiner
Left side	19	9	13
Right side	11	7	9
Both	0	10	7
Uncertain	0	4	1
Total	30	30	30

## 고찰

본 연구에서는 단순악관절 잡음군의 관절잡음을 JVA로 분석하고 좌우 진동 중 유의한 진동을 감별하였다. Eriksson 등<sup>19</sup>은 촉진으로 악관절잡음을 기록했을 때 검사자간 신뢰도가 14%로 매우 낮으며 검사자내 신뢰도는 평균 79%로 다소 높았으나 여러 연구자에 의해 보고된 악관절잡음의 양태를 단순비교 하는 것은 상당한 주의를 요한다고 하였다. Widmalm 등<sup>16</sup>은 청진이나 촉진으로는 환자나 관찰자 모두 악관절 잡음이 어느 쪽에서 나는지 확실히 알 수 없으며 전기적 기록으로 얻은 주파수 스펙트럼의 위상 변위와 시간 차 분석을 통해 원인관절을 찾는 것이 진단에 중요하다고 하였다. 본 연구에서 대상자의 인지와 검사자의 촉진 결과를 JVA분석 결과와 비교해 보았을 때 JVA로 감별된 편측성 진동을 촉진시 양측성 잡음으로 표현한 경우가 가장 많았는데 이는 악관절 잡음이 작고 2회 이상인 경우에서 주로 나타났다. 대상자와 검사자 모두 미약한 진동이 2회 이상일 때 좌우의 감별이 어렵다는 것을 알 수 있었는데 발생측의 진동이 반대측 관절로 전달될 때 환자가 반대측에서 오히려 더 크게 소리를 들을 수 있다고 한 Radke와 Kull<sup>17</sup>의 보고에서 근거를 찾을 수 있다.

진동의 파형에서 나타나는 시간차 위상변위에 대해 Widmalm 등<sup>16</sup>은 두개골을 통하여 진동이 전파되기 때문으로 보고 그 시간차 범위는 0.2 - 1.2 ms라고 하였고 Radke와 Kull<sup>17</sup>은 골 전도 보다는 탄성을 가진 하악골의 관절원판 변위 방향에 따른 다른 텅김 현상 때문으로 설명하였다. 본 보고에서는 편측으로 감별한 42개의 편측 진동 중 11개에서만 위상변위가 관찰되었는데 이는 전달된 측의 진동 총에너지 값이 10이하로 작아 위상 변위가 감지되기에 진동의 파형이 미약하기 때문인 것으로 사료된다. 위상변위의 유무에 상관없이 한 쌍의 진동을 제외한 모든 편측 진동에서 총에너지 값이 작은쪽의  $> 300 / < 300$  ratio가 반대쪽  $> 300 / < 300$  ratio보다 크거나 같았으며 이는 배경 잡음에서 기본적으로 갖고 있는 300 Hz 이상의 값에 비해 300 Hz 이하의 값이 상대적으로 작기 때문이거나 300 Hz 이상의 진동 값이 진동 측에서 전달측으로 전달되었기 때문으로 사료된다.

전체 에너지량을 나타내는 진동 총에너지 값과 에너지 분포의 특성을 나타내는 나머지 JVA summary 항목들의 활용에 대해서 살펴보면 Ishigaki 등<sup>20</sup>은 악관절 기능 이상 환자들 가운데서 악관절 내장증 환자를 구별하는 기준으로 진동 총에너지 값을 첫 번째 기준으로 활용하였을 때 진단 특이도를 75%, 진단 민감도를 80.2%라고 보고하였다. Huang 등<sup>21</sup>은 무증상의 대조군보다 관절원판 전방변위 환자의 진동에서 모든 항목의 수치가 유의하게 크며 특히 진동 총에너지 값이 유의하게 증가하는데 그 진단 특이도를 84.6%, 민감도를 85.7%라고 보고하였다. 고주파수 에너지값의 해석에 대해서 Ishigaki 등<sup>22</sup>은 방사선 사진상 정상이나 측두하악관절 질환 증상만을 보이는 그룹의 악관절 진동이 정상군

의 악관절 진동 보다 300 Hz 이상의 에너지가 유의하게 큼을 보고하였다. 동 저자의 다음 연구에서는<sup>20</sup> 퇴행성 변화를 보이는 측두하악관절의 진동이 다른 악관절 질환의 진동들보다 350 - 450 Hz이상의 에너지에서 높은 값을 갖는다고 하였다. Widmalm 등<sup>23</sup>은 골관절성 변화(arthrotic changes)를 보이는 표본에서의 관절잡음이 400 Hz 이상의 구성요소를 갖는다고 한 바 있으며 Zhang 등<sup>15</sup>은 건강한 관절의 관절잡음을 1주일 간격으로 측정하였을 때 진동 총에너지와 최대 진폭값은 변화가 있는 반면 최대 주파수, 중간 주파수,  $> 300 / < 300$  ratio, 주파수 스펙트럼의 진동 패턴은 재현성이 있으므로  $> 300 / < 300$  ratio가 안정적인 진단과 치료의 기준이 될 수 있을 것이라고 하였다. Li 등<sup>11</sup>은 이악물기가 있는 사람에서 평균 0.08, 0.13의  $> 300 / < 300$  ratio 값을, 정상군에서 평균 0.1의  $> 300 / < 300$  ratio 값을 보고한 바 있고 Huang 등<sup>21</sup>은 정상군에서 평균 0.1, 정복성 관절 원판변위 환자에서 평균 0.58의  $> 300 / < 300$  ratio 값을 보고하였다. 본 보고에서 단순악관절 잡음군의 평균  $> 300 / < 300$  ratio가 0.06인 한편 전달된 측의 평균  $> 300 / < 300$  ratio 값은 0.13이었다(Table 2).

본 연구가 측두하악관절 질환의 제 증상이 없는 단순 악관절 잡음군을 대상으로 한 것임을 고려해 볼 때 진동 총에너지 값이 더 작은 쪽의  $> 300 / < 300$  ratio 값을 측두하악관절 질환의 진행을 나타내는 유의미한 수치로 보기에는 어려움이 있다. 이는 300 Hz 이상의 진동 에너지 값이 반대측 관절에서 전달된 것으로 생각할 수 있으며 300 Hz 이하의 진동 에너지 보다 300 Hz 이상의 진동 에너지가 반대측 관절로 더 잘 전달되는 성질을 갖기 때문으로 보인다. Tse 등<sup>24</sup>은 하악골 공진 주

**Table 2.** Numeric values of origin side vibration and transferred side vibration

		TI	I < 300	I > 300	Ratio	PA	PF	MF
Origin (n=42)	Mean	21.4	20.3	1.1	0.06	3.16	51.5	71.9
	Maximum	70.5	69.9	8.9	0.32	12.7	177	220
	Minimum	3.6	3.2	0.1	0.01	0.6	21	33
Transferred (n=42)	Mean	8	7.3	0.7	0.13	1.3	48.5	89.2
	Maximum	31.5	31	2.6	0.38	5.3	162	201
	Minimum	1.4	1.3	0.1	0.02	0.2	17	33

The value of total integral of transferred side was smaller and  $> 300 / < 300$  ratio was bigger than origin side in all subjects except one pair of vibrations.

TI, total integral; I < 300, integral < 300 Hz; I > 300, integral > 300 Hz; Ratio,  $> 300 / < 300$  ratio; PA, peak amplitude; PF, peak frequency; MF, medial frequency.



파수(mandibular resonant frequency)보다 낮은 진동은 damping effect로 감쇠되는 반면 더 높은 진동은 증폭되는 효과가 있다고 하였다. 위상변위를 보이면서 진동 총 에너지 값이 큰 쪽에서  $> 300 / < 300$  ratio도 더 컸던 한 쌍의 경우(Fig. 3)에 대한 해석은 Radke와 Kull<sup>17</sup>이 제시한 악관절 내장증의 다양한 양상에 따른 반대측 측두하악관절로의 진동 전달양 차이에서 근거를 찾을 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 이 경우 대상자와 검사자 모두 양측성으로 감별한 것을 고려해 볼 때 진동의 파형에서 위상 변위를 보이기는 하나 이를 양측성 관절 진동으로 해석할 가능성도 열어두어야 할 것이다.

## 결론

본 연구에서는 단순악관절 잡음군에서 유의미한 좌/우 진동을 감별하는데 다음과 같은 기준을 세울 수 있었다.

1. 진동 총에너지 값이 10이하로 작으면서 주파수 스펙트럼이 불규칙한 패턴을 보이는 경우는 배경 잡음으로 감별하였다.
2. JVA프로그램상 위상변위를 묻는 경우는 더 먼저 발생된 진동을 유의미한 것으로 감별하였다.
3. 반대측 관절진동보다 작은 10이하의 진동 총에너지 값을 가지면서  $> 300 / < 300$  ratio가 반대측보다 같거나 큰 경우는 반대측 관절에서 전달된 진동으로 감별하였다.

단순 악관절 잡음군에서 보이는 단순 관절음과 같이 진동 에너지값이 크지 않은 진동의 좌우감별에는 진동 총에너지 값과  $> 300 / < 300$  ratio 값이 함께 고려되어야 하며 이 때의  $> 300 / < 300$  ratio 값은 관절의 퇴행성 변화를 시사하는 것이 아닌 진동의 전달로 인한 오차값으로 여겨야 할 것이다. 이와 같이 JVA를 통한 악관절 진동 분석에서는 수치의 비교 분석에 앞서 주파수 스펙트럼의 패턴 분석과 좌/우 진동감별이 모두 선행되어야 하며 향후 방사선적 진단 기준에 따른 진행된 측두하악관절 장애에서의 악관절 진동 기록과 분석이 필요할 것이다.

## Acknowledgements

이 논문은 2015년도 조선대학교 치과병원 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

## References

1. Eriksson L, Westesson PL, Rohlin M. Temporomandibular joint sounds in patients with disc displacement. *Int J Oral Surg* 1985;14:428-36.
2. Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 5th ed. Seoul; Mosby a division of Elsevier; 2004. p. 201.
3. Wabeke KB, Spruijt RJ, van der Zaag J. The reliability of clinical methods for recording temporomandibular joint sounds. *J Dent Res* 1994;73:1157-62.
4. Christensen LV. Physics and the sounds produced by the temporomandibular joints. Part I. *J Oral Rehabil* 1992;19:471-83.
5. Christensen LV. Physics and the sounds produced by the temporomandibular joints. Part II. *J Oral Rehabil* 1992;19:615-27.
6. Gay T, Bertolami CN. The spectral properties of temporomandibular joint sounds. *J Dent Res* 1987;66:1189-94.
7. Gallo LM, Airoidi R, Ernst B, Palla S. Power spectral analysis of temporomandibular joint sounds in asymptomatic subjects. *J Dent Res* 1993;72:871-5.
8. Widmalm SE, Williams WJ, Djurdjanovic D, McKay DC. The frequency range of TMJ sounds. *J Oral Rehabil* 2003;30:335-46.
9. Sano T, Widmalm SE, Westesson PL, Takahashi K, Yoshida H, Michi K, Okano T. Amplitude and frequency spectrum of temporomandibular joint sounds from subjects with and without other signs/symptoms of temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil* 1999;26:145-50.
10. Ishigaki S, Bessette RW, Maruyama T. Diagnosis accuracy of TMJ vibration analysis for internal derangement and/or degenerative joint disease. *Cranio* 1994;12:241-5.
11. Li X, Lin X, Wang Y. Temporomandibular joint vibration in bruxers. *Cranio* 2009;27:167-73.
12. Kernohan WG, Beverland DE, McCoy GF, Shaw SN, Wallace RG, McCullagh GC, Mollan RA. The diagnostic potential of vibration arthrography. *Clin Orthop Relat Res* 1986;210:106-12.
13. Sharma S, Crow HC, McCall WD Jr, Gonzalez YM. Systematic review of reliability and diagnostic validity of joint vibration analysis for diagnosis

- of temporomandibular disorders. *J Orofac Pain* 2013;27:51-60.
14. Radke JC, Kull RS. Comparison of TMJ vibration frequencies under different joint conditions. *Cranio* 2015;33:174-82.
  15. Zhang J, Whittle T, Wang L, Murray GM. The reproducibility of temporomandibular joint vibrations over time in the human. *J Oral Rehabil* 2014;41:206-17.
  16. Widmalm SE, Williams WJ, Ang BK, McKay DC. Localization of TMJ sounds to side. *J Oral Rehabil* 2002;29:911-7.
  17. Radke JC, Kull RS. Distribution of temporomandibular joint vibration transfer to the opposite side. *Cranio* 2012;30:194-200.
  18. Widmalm SE, Williams WJ, Yang KP. False localization of TMJ sounds to side is an important source of error in TMD diagnosis. *J Oral Rehabil* 1999;26:213-4.
  19. Eriksson L, Westesson PL, Sjoberg H. Observer performance in describing temporomandibular joint sounds. *Cranio* 1987;5:32-5.
  20. Ishigaki S, Bessette RW, Maruyama T. Vibration analysis of the temporomandibular joints with degenerative joint disease. *Cranio* 1993;11:276-83.
  21. Huang ZS, Lin XF, Li XL. Characteristics of temporomandibular joint vibrations in anterior disk displacement with reduction in adults. *Cranio* 2011;29:276-83.
  22. Ishigaki S, Bessette RW, Maruyama T. Vibration of the temporomandibular joints with normal radiographic imagings: comparison between asymptomatic volunteers and symptomatic patients. *Cranio* 1993;11:88-94.
  23. Widmalm SE, Westesson PL, Brooks SL, Hatala MP, Paesani D. Temporomandibular joint sounds: correlation to joint structure in fresh autopsy specimens. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:60-9.
  24. Tse KM, Tan LB, Lim SP, Lee HP. Conventional and complex modal analyses of a finite element model of human head and neck. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2015;18:961-73.



## 단순악관절 잡음군에서 좌/우 진동 감별방법 연구

정다운, 강동완\*

조선대학교 치의학전문대학원 보철학교실

**목적:** 단순악관절 진동군에서 좌/우 진동 중 유의한 진동의 감별법을 연구하는 것이다.

**연구 재료 및 방법:** 단순악관절 진동만을 갖고 있고 측두하악관절 질환의 제 증상이 없는 단순악관절 진동그룹 30명의 60개 관절에서 44쌍의 진동을 기록하였고 대상자의 인지와 검사자의 촉진, JVA 검사 결과를 비교하였다. JVA로 기록된 진동의 주파수 스펙트럼, 진동파형 시간차 위상변위 분석, 수치 분석을 통해 좌/우 진동 중 유의한 진동을 감별하였다.

**결과:** JVA 분석결과 양측성 진동은 한 건도 없었으며 유의한 편측 진동은 42개로 감별되었다. 시간차 위상변위를 보이는 것은 11쌍이었고 이 중 한 쌍을 제외한 모든 진동에서 전달된 측의 진동이 발생측 진동보다 진동 총에너지(total integral) 값은 더 작고  $> 300 / < 300$  ratio는 같거나 더 큰 특징을 보이는 것을 관찰하였다. 또한 진동 총에너지 값이 10 이하로 작고 시간차 위상변위를 보이지 않아 좌/우 감별의 근거가 모호한 나머지 진동 모두에서 진동 총에너지 값이 더 작은 쪽의  $> 300 / < 300$  ratio가 더 큼을 관찰하여 이를 좌/우 감별의 근거로 삼을 수 있었다.

**결론:** JVA로 좌/우 진동 중 유의한 진동을 감별하기 위해서는 주파수 스펙트럼, 시간차 위상변위 및 수치 분석 등이 모두 고려되어야 한다.

(구강회복응용과학지 2016;32(1):38-46)

**주요어:** 측두하악관절; 진동; 감별진단

\*교신저자: 강동완

(61452) 광주광역시 동구 필문대로 303 조선대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실

Tel: 062-220-3825 | Fax: 062-227-2363 | E-mail: dwkang@chosun.ac.kr

접수일: 2016년 2월 2일 | 수정일: 2016년 3월 17일 | 채택일: 2016년 3월 18일