



# 폐쇄성 수면 무호흡 환자에서 임시 하악 전방 이동 장치를 이용한 치료결과 분석

박준형 · 오수석 · 홍종락 · 김창수 · 팽준영<sup>1</sup>

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 구강악안면외과, <sup>1</sup>강북삼성병원 구강악안면외과

## Abstract

### Assessment of Treatment Outcome after Using Temporary Mandibular Advancement Devices in Obstructive Sleep Apnea Patients

Joon-Hyung Park, Suseok Oh, Jongrak Hong, Chang-Soo Kim, Jun-Young Paeng<sup>1</sup>

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Samsung Medical Center, <sup>1</sup>Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Kangbuk Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine

**Purpose:** The aim of this study was to evaluate the effect of temporary mandibular advancement devices (MAD) in obstructive sleep apnea (OSA) patients

**Methods:** 28 patients (male 21, female 7) undergoing temporary mandibular advancement device treatment for OSA were selected from 2011.01. to 2012.02. in the department of Oral & Maxillofacial Surgery at SamsungMedicalCenter. Treatment efficacy was determined by polysomnography (PSG) at baseline & after MAD delivery. The response group was defined as >50% Apnea-Hypopnea Index (AHI) reduction plus post-MAD AHI <10, and the non-response group was defined as <50% AHI reduction. The lateral cephalogram was analysed including SNA, SNB, UL, MPH, PAS, PASU, and PAST using V-ceph™ (Cybermed, USA).

**Results:** The responders were 23 patients, and non-responders were 5 patients. The AHI was significantly reduced with temporary MAD ( $8.08 \pm 7.93$ ) compared with baseline ( $28.51 \pm 20.56$ ) in the response group (n=23). No significant difference was observed between pre MAD and post MAD except SNB on cephalometric analysis. Among 11 patients successfully treated with the temporary device, 9 patients said that using permanent device brings better effect too.

**Conclusion:** These results indicate that the Temporary MAD could not be the only effective tools on OSA but also be used to predict patient's reactivity about permanent appliance treatment. Further studies are warranted to evaluate the relations between temporary MAD and permanent MAD.

**Key words:** Mandibular advancement device, Obstructive sleep apnea, Oral appliance

원고 접수일 2012년 8월 27일, 원고 수정일 2012년 9월 22일,  
게재 확정일 2012년 11월 27일

책임저자 팽준영  
(110-746) 서울시 종로구 새문안로 29, 강북삼성병원 구강악안면외과  
Tel: 02-2001-2303, Fax: 02-2001-2285, E-mail: jypaeng@gmail.com

RECEIVED August 27, 2012, REVISED September 22, 2012,  
ACCEPTED November 27, 2012

Correspondence to Jun-Young Paeng  
Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Kangbuk Samsung Medical  
Center  
29, Saemunan-ro, Jongno-gu, Seoul 110-746, Korea  
Tel: 82-2-2001-2303, Fax: 82-2-2001-2285, E-mail: jypaeng@gmail.com

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서론

폐쇄성 수면 무호흡증 환자의 치료방법으로 구개수구개인두성형술(uvulopalatopharyngoplasty), 구개수구개피판술(uvulopalatal flap), 상하악 전진술(maxillomandibular advancement) 등의 수술적인 방법과, 양압기(continuous positive airway pressure, CPAP), 구강내 장치(oral appliance) 등의 비수술적인 방법이 사용되고 있다.

여러 구강내 장치 중 하악 전방이동장치(mandibular advancement device, MAD)는 가장 널리 쓰이는 형태로 정도에서 중등도의 무호흡 환자에서 주적응증이 되며 환자가 CPAP에 적응하지 못한 경우에 이를 대신하여 사용되기도 한다. 또한 출장과 같은 수면환경의 변화가 잦은 경우 휴대가 간편하고 착용이 쉬운 MAD는 치료의 편의성을 제공한다. 일반적으로 MAD에 비해 CPAP이 더 효과가 뛰어나다고 알려져 있으나[1] 증상이 심하지 않은 경우 큰 차이가 없다는 보고도 있다[2].

MAD의 정확한 작용 기전은 아직 밝혀지지 않았으나 수면 도중 발생할 수 있는 인두의 폐쇄를 방지함으로써 상기도의 개방성을 유지시키는 것이 목적이다. 여기에는 대개 기도의 전후 길이, 단면적의 변화와 관련된다고 알려져 있으며 상기도 전체의 길이, 연구개 길이, 목둘레, 하악골 위치, 기도 주위 근긴장도, 편도 크기 등 여러 가지 해부학적 요인들과 연관이 있는 것으로 알려져 있다.

MAD는 환자마다 그 효과가 다양하게 나타날 수 있어 실제 각 환자에서의 효과를 예측하기 위해 다양한 연구가 진행되어 왔다. 특히 구강내 장치는 고가일 뿐 아니라 여러 차례 내원과 검사가 필요하고, 치료에 따른 합병증이 발생할 수 있다. 따라서 모든 무호흡 환자에게 비특이적으로 치료를 시작하기 보다 효과가 있을 것으로 예상되는 환자를 선별하여 치료 효과를 예측할 수 있다면 훨씬 더 바람직한 접근이 될 것이다. 이에 대하여 장치의 효과를 미리 예측하는 방법에 대해 여러 연구들이 발표되어 왔다. 2001년 Liu 등[3]은 전방 위치된 상악골, 좁은 구인두, 작은 수평피개교합, 긴 후두와 짧은 연구개 길이, 저맹출된 상악 구치, 전방 위치된 상악골, 낮은 체질량 지수(body mass index, BMI), 어린 연령 등과 같은 특징을 보이는 환자군에서 구내 장치

에 대해 좋은 효과를 보인다고 보고하였다. 또 2004년 Marklund 등[4]은 여성이 남성보다 장치치료에 잘 반응한다고 하였다.

이에 본 연구에서는 진료실에서 당일 간단히 제작할 수 있는 임시 MAD가 수면 무호흡 환자에서 치료 효과가 있는지 확인하고, 영구장치 제작 전에 미리 장치의 효과를 예측하는 도구로서의 활용 가능성에 대해 알아보고자 하였다.

## 연구방법

본 연구는 2011년 1월부터 2012년 2월까지 수면 무호흡을 주소로 삼성서울병원 구강악안면외과에 내원한 환자들 중 임시 MAD를 제작한 환자 28명을 대상으로 하였다. 이 중 남자는 21명, 여자는 7명이었으며 평균 나이는 58.7±9.80세였다. 평균 무호흡 지수(Apnea Hypopnea Index, AHI)는 29.1±19.56으로 중등도의 무호흡 정도를 보였고 평균 BMI는 24.98±3.03이었다.

구개 연조직 수술 병력이 있거나 CPAP 사용 중인 환자는 포함시켰으며 무치악 부위가 1/3악을 넘지 않고 장치 착용이 어려운 정도의 심한 치주질환이 없는 경우를 선택하였다. 골격적인 악안면 이상 및 저형성이 있는 환자나 심한 비만 환자, 턱관절 장애를 가진 환자는 대상에서 제외하였다. 연구 프로토콜은 다음과 같다.

각각의 환자는 타과에서 수면다원검사(polysomnography, PSG)를 시행하여 무호흡 정도와 수면 양상을 확인한 후 구강내 장치 제작을 위해 구강외과로 의뢰되었다. 의뢰된 당일엔 먼저 수면 무호흡 환자서식에 따른 기록을 작성하고 측모 두부규격 방사선 사진을 촬영하였다. 그리고 하악의 최대 전방 이동량을 측정 후 최대치의 약 60~70%로 이동량을 설정하여 임시 MAD를 제작하였다. 장치를 착용한 채로 다시 측모 두부규격 방사선 사진을 촬영하였다.

약 2주 동안 밤에만 장치를 끼고 자면서 효과와 부작용을 평가하여 장치가 너무 조이거나 헐렁한 경우 조정하고, 효과가 없는 것 같다고 하거나 근육, 턱관절 불편감이 심한 경우 이동량을 조정하였다. 특별한 문제가 없는 경우에는 1주 후 follow-up 수면다원검사를 시행하였다. 검사결과 나타난 AHI 값의 변화와 주관적 소견을 참조하여 임시장치에서 효과가 있다고 판단되면 본 장치를 제작하였다.

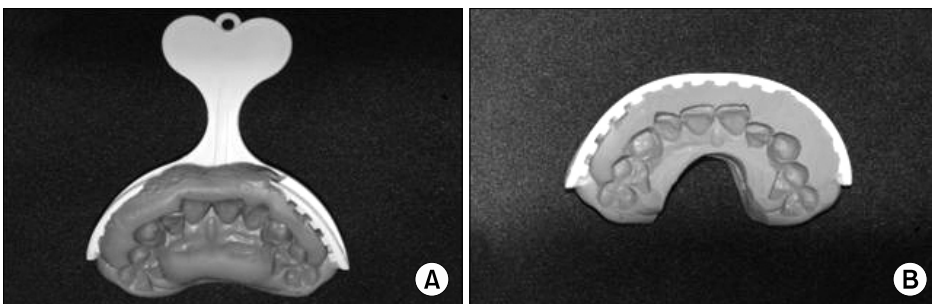


Fig. 1. Temporary mandibular advancement device. (A) After taking impression. (B) After trimming.

임시 장치는 인상채득용 임시 트레이와 퍼티 인상재로 제작되었으며 채득한 후 간단히 다듬어 그대로 사용하게 하였다(Fig. 1). 환자의 하악 최대 전방 이동량을 고려하여 장치를 제작할 전방 이동량을 결정하고 트레이를 구강 내에서 시적한다. 수차례 재현성을 가지도록 전방이동 연습을 충분히 시킨 후에 퍼티 인상재를 혼합하여 트레이에 담아 하악을 전방 이동한 채로 인상을 채득한다(Fig. 2). 채득한 후 그 상태로 바로 측모 두부규격 방사선 사진을 촬영하여 전방 이동량과 하악의 변화를 확인한다(Fig. 3). 전방 이동량, 장치 유지력, 턱관절 위치 등이 적절하다고

판단되면 이물감을 줄이기 위해 손잡이 부분과 인상재의 불필요한 부분을 잘라내어 다듬어 환자에게 주고 주의사항을 교육하였다.

임시 MAD의 사용 전, 후 AHI를 비교할 때 AHI 값이 50% 이상 줄어들거나, 장치 착용 후 값이 10 이하인 경우를 반응군(response group)으로 정의하였고 AHI 값이 50% 미만 줄어들거나, 오히려 늘어난 경우를 무반응군(non-response group)으로 정의하였다 이들의 장치 사용 전후 AHI 차이를 비교하여 반응 여부를 관찰하였다.

착용 전후로 촬영한 측모 두부규격 방사선 사진을 비교하여

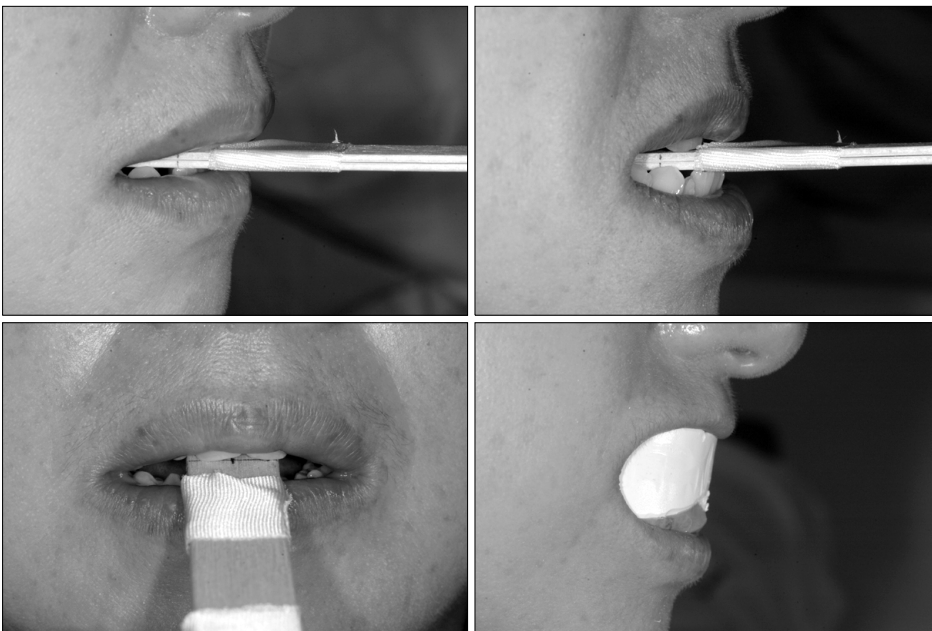


Fig. 2. Impression and delivery of temporary mandibular advancement device.

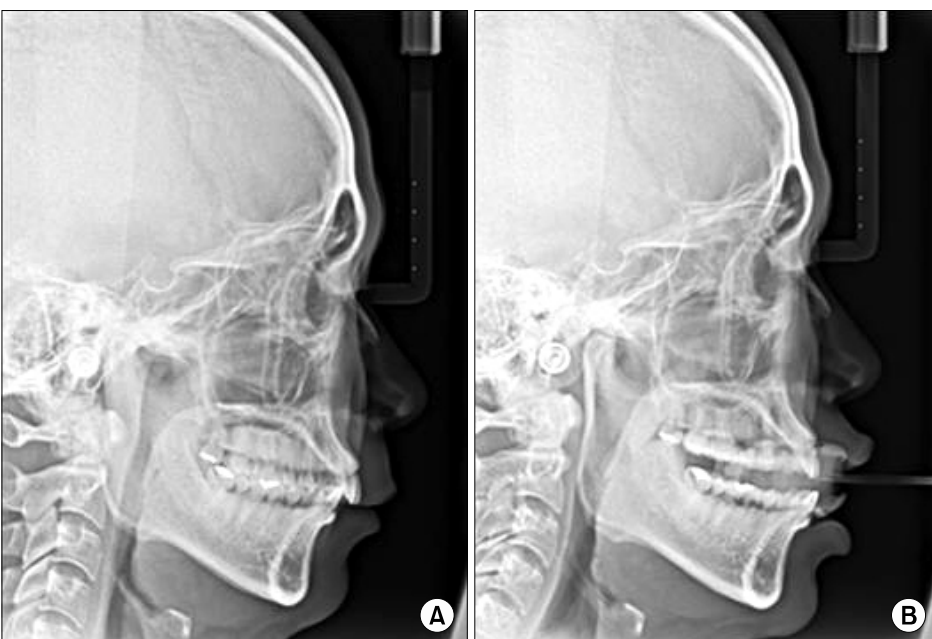


Fig. 3. Lateral cephalography on (A) baseline and (B) with temporary mandibular advancement device wearing.

기도 공간의 변화를 평가하였다. 두부규격 방사선 사진상 설정한 계측값은 SNA (S-N 평면과 Na-A point 선 사이의 각), SNB (S-N 평면과 Na-B point 선 사이의 각), MPH (하악평면에서 설골까지 거리), UL (연구개 길이), PAS (후방기도공간), PASU (구개수에서 후방인두벽까지의 거리), PAST (설근에서 후방인두벽까지의 거리) 7가지를 설정하였다(Fig. 4). V-ceph™ (Cybermed, Irvine, CA, USA) 프로그램상에서 각각의 수치들을 계측한 후 통계적으로 분석하여 장치 착용 전후로 유의한 변화가 있는지를 알아보았다. 또한 방사선 사진상에서 측정된 전방 이동량과 AHI 감소와 상관 관계가 있는지 분석하였다.

통계에는 Paired t-test와 Wilcoxon signed rank test 및 Pearson's correlation coefficient를 사용하였으며 IBM SPSS ver. 20.0 프로그램(IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다.

## 결 과

### 1. 장치 착용 전후 AHI 비교

Table 1에 임시 MAD의 착용 전후 AHI의 평균, 표준편차,

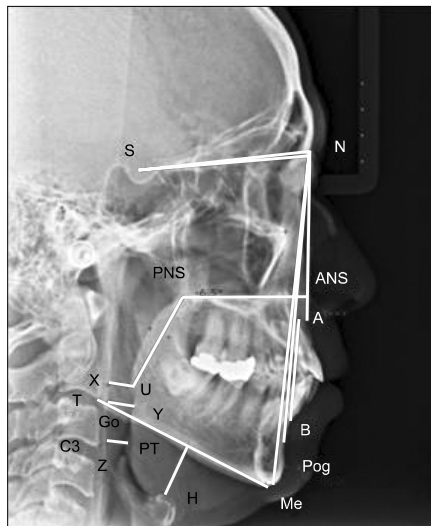


Fig. 4. Cephalometric analysis. S, sella; N, nasion; PNS, posterior nasal spine; ANS, anterior nasal spine; U-X, velopharynx; Z-PT, hypopharynx; T-Y, oropharynx; Go, gonion; C3, 3rd cervical vertebra; H, hyoid bone; A, A point; B, B point; Pog, pogonion; Me, menton.

Table 1. Comparison of the AHI value between pre and post temporary MAD

	N	Pre t-MAD	Post t-MAD	Diff.	P-value
Responders	23	28.51±20.56	8.08±7.93	-20.43±3.7	0.000*
Non-responders	5	31.8±15.76	25.54±11.49	-6.26±3.1	0.114
Sum	28	29.1±19.56	11.2±10.82	-17.9±17.13	0.000*

AHI, Apnea-Hypopnea Index; MAD, mandibular advancement device; diff., post-pre. \*P<0.05.

P-value 등이 나타나 있다. 28명 중 26명이 AHI 감소를 보였으며 2명에서는 오히려 증가하였다. 23명이 반응군에 속했으며 5명은 무반응군에 속하였다. 반응군의 착용 전 AHI는 28.51±20.56, 착용 후는 8.08±7.93으로 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 또 전체군에서도 AHI값이 29.1±19.56에서 11.2±10.82로 감소하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

### 2. 측모 두부규격 방사선 사진 분석

측모 방사선 사진에서 계측한 수치들은 장치 착용 전, 후로 비교해 보았을 때 하악이 전방이동된 것을 나타내는 SNB의 증가 외에 다른 계측치들은 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다 (Table 2).

방사선 사진상에서 측정된 전방이동량은 최소 2.53 mm, 최대 9.5 mm였으며, 평균 5.31 mm였다. Pearson's correlation coefficient 분석에서 Pearson 상관계수 0.564, P 값 0.004로 전방 이동량이 클수록 AHI 감소량이 많은 양의 상관 관계를 나타냈다.

### 3. 임시 MAD와 영구 MAD

임시 MAD를 착용한 28명 중에 영구 장치 제작으로 진행한 환자는 16명이었으며, 이 중 11명은 임시 MAD를 착용한 후 수면 무호흡이나 코골이 증상이 개선되었다고 응답하였다. 영구 MAD를 제작하지 않은 환자는 12명으로, 그 이유는 턱관절이나 치아 불편감, 장치 이물감, 효과 없음, F/U loss 등이었다. 임시 MAD에서 효과 있다고 느낀 환자 11명 중 9명은 영구 MAD에서도 효과가 있다고 응답하였으며, 효과가 없다고 하였던 2명은 영구장치에서도 효과가 없다고 응답하였다.

Table 2. Cephalometric analysis between pre and post temporary MAD

	Pre t-MAD	Post t-MAD	Diff.	P-value
SNA	80.57±3.93	80.82±3.64	0.25±0.63	0.062
SNB	77.71±4.43	80.47±4.07	-2.76±1.38	0.000*
MPH	15.53±5.72	16.47±5.15	-0.94±4.13	0.275
UL	37.61±4.66	38.39±4.85	-0.78±4.13	0.292
PAS	9.51±3.9	8.92±3.6	-0.59±2.56	0.270
PASU	8.31±3.6	7.74±2.53	-0.57±3.01	0.366
PAST	9.78±4.51	9.66±3.87	0.12±2.49	0.816

\*P<0.05.

## 고찰

임시 MAD를 사용하였을 때 92.8%의 환자에서 무호흡의 감소를 확인하였으며, 대부분 통계적으로 유의한 변화를 보였다. 이는 임시 MAD가 그 자체로 무호흡 개선에 효과를 보임을 알 수 있었다. 그러나 임시 MAD의 경우 전체 치아를 피개하는 형태가 아니기 때문에 장기간 사용 시 교합에 영향을 줄 수 있고 내구성도 떨어지므로 치료 목적으로 사용하는 것은 적절하지 않다. 따라서 효과가 있다고 판단이 되면 영구 MAD를 제작하는 것이 바람직하다.

영구 MAD의 경우 상악 치열이 레진상으로 붙어 있는 monobloc 형태와 분리가 가능한 IST 형태가 있는데 본 연구에서는 무작위로 선택되었다. 2000년 Bloch 등<sup>5)</sup>은 두 가지 형태의 MAD의 효과와 부작용에 대한 무작위 대조 교차 연구에서 IST 형태가 monobloc 형태에 비해 만족스럽지 못한 효과를 보고하였으며, 2009년 Ghazal 등<sup>6)</sup>은 단기간 효과는 monobloc 형태가 더 우수하지만 2년 이상의 장기간 추적 연구에서 환자들이 지속적으로 장치를 사용하는 비율이 IST 형태가 더 많아 결과적으로 더 효과를 나타내었음을 발표했다. 또한 전방 이동량의 적정 (titration)이 가능한 형태가 고안되어 수면다원검사 중에 전방 이동량을 바꾸면서 무호흡 감소에 가장 효과가 있는 이동량을 찾아 적용하는 방법이 시행되고 있다<sup>7,8)</sup>. 이 경우 무호흡의 정도가 심할 때에도 특히 효과적이라고 알려져 있다.

본 연구에서 전방 이동량이 클수록 AHI 값이 감소하는 역 상관관계를 보였다. 장치의 전방 이동량은 최대 전방이동량의 60~70% 내에서 환자가 불편감을 느끼지 않는 정도로 결정되었기 때문에 이 범위 내에서는 전방으로 많이 이동할수록 효과가 있었다고 볼 수 있다.

장치 착용 후 하악이 전방 이동하면서 여러 계측치들의 변화를 유발하였으나, SNB 외에는 모두 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다. 이것으로 볼 때 특정 계측값의 변화가 장치 사용 후 AHI의 감소와 직접 연관된다고 볼 수 없다. 일반적으로 측모 두부규격 방사선 사진에서 장치의 효과를 예측하는 데 있어 의미 있게 생각되는 계측치는 연구개의 길이, 후방 비인두 공간, 후방 구인두 공간 등이 있는데 본 연구에서는 일반적인 개념과는 달리 장치 사용 후 연구개 길이는 증가하고 후방 기도 공간은 오히려 줄어드는 경향을 볼 수 있었다.

이는 첫 번째로 장치 자체의 두께가 영향을 미치기 때문이고, 두 번째로 하악골이 전방이동할 때 전방유도를 따라 하방으로 수직고경이 증가하면서 시계방향으로 회전이 일어나기 때문이다. Vroegop 등<sup>9)</sup>은 수면 중 내시경을 통해 설근 부위에서 기도 단면적의 변화를 측정하여 전방이동 중에 수직고경이 증가할 때 80%의 환자에서 후방 인두의 단면적이 좁아짐을 발견하였다. 또한 Nikolopoulou 등<sup>10)</sup>은 구내 장치로 인해 전방이동 없이 수직고경이 증가한 경우 정상인에서도 무호흡이 증가할 수 있다고

하였다. 그러나 수직고경의 증가가 치료 효과에 중요한 요인은 아니라는 연구도 있어<sup>11)</sup> 현재 수직고경 변화가 무호흡에 미치는 영향은 명확히 알기 어렵다. 그럼에도 불구하고 무호흡이 감소한 것은 단면적 및 부피의 3차원적인 변화, 기도저항을 유발시키는 좁은 특정 부위에서 해부학적 형태의 변화 등이 유발되었고 전반적인 기도 주위 근육과 연조직의 긴장도 증가로 기도 협착이 감소하였기 때문이라 생각한다. 이러한 변화는 2차원적으로는 평가가 불가능하며 Nasopharyngoscope 또는 computed tomography를 이용하여 장치 착용 후 기도의 변화를 평가할 수 있다.

수면 무호흡 환자에서 장치의 효과를 예측을 위한 방법들이 여러 가지 보고되어 있다. 2010년 Chan 등<sup>12)</sup>은 상기도의 저항을 알 수 있는 flow-volume curve를 이용하여 장치 효과를 예측하는 방법에 대한 연구에서, 실제 장치 착용 후 PSG를 시행하여 비교한 결과 반응군과 비반응군 모두에서 예측값과 PSG 결과와 통계적인 관련성이 없다고 하였다. 수면 중이 아닌 깨어있는 상태에서 서서 측정된 것이므로 한계가 있지만 효과 예측에 있어 이 방법만으로는 불충분하다고 할 수 있다. 그리고 2010년 Tsuiki 등<sup>13)</sup>은 CPAP를 쓸 때 보다 높은 양압을 필요로 하는 수면 무호흡 환자들에서 구강내 장치에 대한 치료 반응이 상대적으로 더 좋지 않음을 보고하였다. 또한 깨어있는 상태에서 횡격막 신경 자극을 통해 호흡근과 상기도의 활성을 없앴으로써 수면 시의 기도폐쇄를 재현하여 폐쇄 부위를 확인할 수 있는데 2011년 Bosshard 등<sup>14)</sup>은 기도의 폐쇄 부위가 비인두에서 일어난 환자군보다 구인두에서 일어난 환자군에서 통계적으로 의미 있게 더 높은 장치 치료 성공률을 보였다고 하였다.

위에서 소개한 방법들에 비하여 임시 MAD를 이용한 예측 방법은 가장 덜 침습적이며 술식이 간단하다. 또 깨어 있는 상태가 아닌 실제 수면 중에 사용함으로써 비교적 예측이 정확하고, 장치에 대한 환자의 적응도도 평가할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 임시 MAD에서 효과가 있었던 11명 중 9명은 영구 MAD에서 효과가 있다고 하였으며, 임시 MAD에서 효과가 없었던 2명은 영구 MAD에서도 효과가 없었다. 그러나 환자의 주관적인 개선 정도에 대해 Epworth Sleepiness Scale, Stanford Sleepiness Scale와 같은 정량적인 평가가 이루어지지 못한 한계가 있으며, 임시 MAD와 영구 MAD를 모두 사용한 환자들에서 수면다원검사를 통한 교차 연구를 통해 두 장치 간의 연관 관계에 대한 추가적인 연구가 더 필요할 것이라 생각한다. 또한 본 연구에서는 구강내 연조직 수술 병력이 있는 환자군을 포함하였는데 수술여부가 장치의 효과에 미치는 영향에 대한 연구가 부족하며, 이에 대해 부가적인 연구가 필요하다.

## 결론

1. 수면 무호흡 환자에서 임시 MAD를 이용한 하악의 전방이동을 통하여 무호흡 지수의 감소를 확인할 수 있었다.
2. 하악의 전방이동 시 측모 두부규격 방사선 사진상의 변화와 수면 무호흡의 감소와는 통계적인 상관 관계를 보이지 않았다.
3. 임시 MAD는 영구장치 사용 전 효과를 예측하기 위한 하나의 평가도구로서 사용될 수 있으며, 영구 MAD와의 상관 관계를 평가하기 위한 추가적인 연구가 뒷받침되어야 할 것이라 생각한다.

## References

1. Ferguson KA, Ono T, Lowe AA, Keenan SP, Fleetham JA. A randomized crossover study of an oral appliance vs nasal-continuous positive airway pressure in the treatment of mild-moderate obstructive sleep apnea. *Chest* 1996;109:1269-75.
2. Aarab G, Lobbezoo F, Hamburger HL, Naeije M. Oral appliance therapy versus nasal continuous positive airway pressure in obstructive sleep apnea: a randomized, placebo-controlled trial. *Respiration* 2011;81:411-9.
3. Liu Y, Lowe AA, Fleetham JA, Park YC. Cephalometric and physiologic predictors of the efficacy of an adjustable oral appliance for treating obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:639-47.
4. Marklund M, Stenlund H, Franklin KA. Mandibular advancement devices in 630 men and women with obstructive sleep apnea and snoring: tolerability and predictors of treatment success. *Chest* 2004;125:1270-8.
5. Bloch KE, Iseli A, Zhang JN, *et al*. A randomized, controlled crossover trial of two oral appliances for sleep apnea treatment. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:246-51.
6. Ghazal A, Sorichter S, Jonas I, Rose EC. A randomized prospective long-term study of two oral appliances for sleep apnoea treatment. *J Sleep Res* 2009;18:321-8.
7. Kuna ST, Giarraputo PC, Stanton DC, Levin LM, Frantz D. Evaluation of an oral mandibular advancement titration appliance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:593-603.
8. Lettieri CJ, Paolino N, Eliasson AH, Shah AA, Holley AB. Comparison of adjustable and fixed oral appliances for the treatment of obstructive sleep apnea. *J Clin Sleep Med* 2011;7:439-45.
9. Vroegop AV, Vanderveken OM, Van de Heyning PH, Braem MJ. Effects of vertical opening on pharyngeal dimensions in patients with obstructive sleep apnoea. *Sleep Med* 2012;13:314-6.
10. Nikolopoulou M, Naeije M, Aarab G, Hamburger HL, Visscher CM, Lobbezoo F. The effect of raising the bite without mandibular protrusion on obstructive sleep apnoea. *J Oral Rehabil* 2011;38:643-7.
11. Pitsis AJ, Darendeliler MA, Gotsopoulos H, Petocz P, Cistulli PA. Effect of vertical dimension on efficacy of oral appliance therapy in obstructive sleep apnea. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:860-4.
12. Chan AS, Lee RW, Srinivasan VK, Darendeliler MA, Grunstein RR, Cistulli PA. Nasopharyngoscopic evaluation of oral appliance therapy for obstructive sleep apnoea. *Eur Respir J* 2010;35:836-42.
13. Tsuiki S, Kobayashi M, Namba K, *et al*. Optimal positive airway pressure predicts oral appliance response to sleep apnoea. *Eur Respir J* 2010;35:1098-105.
14. Bosshard V, Masse JF, Sériès F. Prediction of oral appliance efficiency in patients with apnoea using phrenic nerve stimulation while awake. *Thorax* 2011;66:220-5.