

# 폐쇄성 수면무호흡증 환자에서 성공적인 치료 결과에 도달하기 위한 구강장치 치료의 고려사항

원광대학교 치과대학 구강내과학교실  
원광치의학연구소, 원광치의학교육연구센터

임현대

## ABSTRACT

### Consideration of oral appliance to achieve successful treatment outcome of patients with obstructive sleep apnea


Department of Oral Medicine, college of Dentistry, Wonkwang Univ.  
Wonkwang Dental Research Institute, Wonkwang Research Institute of Dental Education

Hyun-Dae Lim

Oral appliances are the main alternative to continuous positive airway pressure (CPAP) for the treatment of obstructive sleep apnea(OSA). Treatment of OSA with oral appliance (OA) could provide an equivalent health benefit to achieve the best possible health outcomes. But not all outcome of OA treatment is successful. The challenge of predicting which patients will not receive therapeutic benefit from OA remains a barrier to the more widespread use of this therapy. This review summarizes some of the putative action mechanisms related to oral appliance effectiveness, side effects and its management, and on patient acceptability and treatment adherence are discussed.

Key words : Obstructive sleep apnea, oral appliance, side effects, adherence, precision medicine

Corresponding Author

Hyun-Dae Lim, DDS, PhD, professor,  <https://orcid.org/0000-0001-9474-3267>  
Department of Oral medicine, college of dentistry, Wonkwang university, Iksan, Korea  
E-mail : denthd94@wku.ac.kr

## I. 서론

폐쇄성 수면 무호흡증은 수면 중 상기도가 반복적으로 완전히 또는 부분적으로 허탈하여 공기흐름이 차단되거나 심각하게 감소되는 것으로 10초 이상 공기흐름이 차단되는 것을 무호흡, 공기흐름이 50% 초과하여 감소되거나 산소포화도가 3% 이상 감소되는 것을 저호흡이라하고 무호흡과 저호흡이 시간당 5회 이상 반복되는 경우로 정의된다<sup>1)</sup>.

폐쇄성 수면 무호흡증이 지속되면 삶의 질이 악화되고 고혈압과 당뇨, 심뇌혈관질환 위험의 증가, 과도한 낮 동안의 졸음, 교통사고 위험의 증가, 신경인지 손상 등의 전신질환과 같은 합병증이 발생하게 된다.

폐쇄성 수면 무호흡증의 치료법은 주로 생활습관의 변화, 수술적 치료, 지속적 기도 양압(continuous positive airway pressure, CPAP)치료, 구강 장치치료 등이 사용된다.

이중 구강 장치치료 중 가장 많이 사용되는 대표적인 장치는 하악 전방 위치 장치(mandibular advancement device, MAD)는 하악을 앞으로 내밀도록 하여 상기도의 허탈을 방지하는 목적으로 사용한다. 이러한 구강 장치는 휴대하기 쉽고, CPAP 등 다른 치료법에 비해 비교적 사용이 간편하여 폐쇄성 수면무호흡증 치료에 많이 사용하고 있다<sup>2,3)</sup>. 2015년에 미국수면학회(AASM)과 미국 치과수면학회(AADSM)에서는 수면무호흡증의 구강장치 치료에 대한 가이드라인 업데이트에서는 구강장치는 CPAP에 적응하지 못하거나 대체치료를 선호하는 환자들에서 사용이 적응된다고 하였고 확인할 수 있는 근거가 제한되기는 하였지만 모든 수면무호흡증의 심도에서 효과적일 수 있다고 하였다<sup>4)</sup>.

구강장치의 치료 성공률은 다양하게 보고되었다. AHI가 5 미만으로 떨어진 완전한 반응비율은 21%에서 71%까지였고 이 반응자 중에는 약 25%의 심한 수면무호흡증 환자도 포함되었다. AHI가 10이상이지만 50% 이상

감소된 부분 반응 비율은 6%에서 63%였다. 교차실험에서 환자들은 CPAP에 비하여 구강장치를 선호하였고 자가 보고한 부착도(adherence)도 CPAP보다 높게 나타났다<sup>2)</sup>. 또한 AHI외에도 산소포화도나 각성지수와 수면다원검사 결과는 CPAP의 효과에는 미치지 못하지만 구강장치 치료후에 또한 개선되었을 뿐만 건강결과에 대한 이익은 CPAP의 결과와 동등하다고 알려졌고 이는 부착도 차이와 관련 있을 수 있다<sup>1)</sup>.

폐쇄성 수면무호흡증의 다른 치료처럼 구강장치의 치료 목표는 폐쇄성 무호흡증, 저호흡증과 이와 관련된 산소불포화도를 예방하는 것 뿐만 아니라 폐쇄성 수면무호흡증의 증상(코골이, 낮동안 과도한 졸림증과 신경인지 손상)과 폐쇄성 수면무호흡증과 관련된 증가된 심장, 대사성 질환과 인지 위험들을 수정하도록 하는 것이다<sup>5)</sup>.

이 논문의 목적은 구강장치의 위와 같은 치료 목표를 달성하기 위하여 필요한 구강장치의 적정(titration)과 부작용을 예방, 관리하는 방법을 알아보고 더 나아가 수면무호흡증의 병인에 대한 이해와 이에 따른 구강장치 치료를 표적화 하여 구강장치의 치료개념 옵션을 확장시키고 임상결과를 향상시킬 수 있도록 구강장치의 효율적인 관리법에 대하여 고찰하고자 한다.

## II. 본론

### 1. 하악의 전방이동과 적정

하악의 전방 이동량은 치료 효과에 영향을 준다. 혀와 연구개를 전방으로 이동시켜 구강인두(oropharynx)와 연구개인두(velopharyngeal)를 확장시킨다. kato등은 하악을 2mm 전진시키면 야간의 산소 불포화도를 20% 개선하였음을 보여주고 하악 전진의 양이 클수록 수면 무호흡 이벤트를 감소시킬 수 있다고 하였다<sup>6)</sup>. 그러나 하악 전방 이동량과 AHI 결과가 반드시 비례관계는 아

니며 경우에 따라서는 폐쇄성 수면 무호흡 심각도가 증가될 수도 있다<sup>7)</sup>. 구강장치 장착 후 반응하지 않거나 더 악화된 경우에도 성공적으로 적정(titration)을 시행한 구강장치 치료는 AHI 관련하여 상대적으로 높은 치료 반응이 나타났다고 보고되었다.<sup>8~10)</sup> 또한 졸립, 인지 기능 평가와 건강 관련 삶의 질의 주관 및 객관적인 평가에서 CPAP 적정과 유사한 개선을 보였다<sup>11)</sup>. 적정양에 대하여 일치된 의견은 없지만, 부작용 발생 위험이 증가할 수 있지만 환자가 편안함을 느끼는 한계까지의 적정보다 주관적 증상의 해소까지 적정을 하도록 하는 것이 더 효과적이다<sup>12,13)</sup>. 일정 적응 기간(주로 4에서 6주) 후에 치료 효과의 평가를 위해 객관적인 수면무호흡 평가가 필요하고 치료반응이 부족하다면 하악 전방 이동량을 조금씩 증가시키도록 한다. 이후 정기적으로 치료 반응, 부작용, 장치 착용 시간 등의 평가하도록 한다<sup>5)</sup>.

## 2. 구강장치 착용 부착도 평가

구강장치치료로 수면무호흡증의 치료는 수면다원검사 결과들이 완전히 정상화에 도달하지 못하였더라도 건강 결과에 대한 이익은 CPAP의 결과와 동등하다고 알려졌고 이는 부착도(adherence) 차이와 관련 있을 수 있다. 구강장치와 CPAP치료를 비교한 연구들에서 일반적으로 환자들은 구강장치를 더 선호하였다. 이러한 선호도와 부착도의 차이가 임상적 효과에 영향을 주었을 것이다<sup>14)</sup>.

CPAP 처방을 받은 환자중 46%만 밤의 70% 라고 가정할 수 있는 4시간이상 사용하였고 5년후에는 사용자가 17%까지 떨어졌다는 보고가 있다<sup>4)</sup>. 반면에 구강장치는 자가 보고에 따르면 일년에 77% 정도 착용하는 것으로 알려졌다<sup>5)</sup>. 새로운 구강내 모니터링 장비를 이용하여 객관적인 부착도를 평가한 결과 밤마다 평균 6.4에서 6.8시간 착용하는 것으로 확인되었다<sup>16)</sup>.

구강장치의 부착도와 순응도는 환자의 주관적인 보고에 의한 경우가 많이 객관적인 확인이 어려웠다. 최근에

는 구강장치의 부착도를 높이기 위해 객관적인 모니터 방법들이 소개되었다<sup>16)</sup>. 문헌에 따르면 구강 장치 치료를 중단하는 이유로 귀찮고 불편하다는 이유가 44.9%였으며 효과가 없다가 36%, CPAP등의 다른 치료를 시작하였다는 이유가 23.6%였다<sup>17)</sup>. 구강장치의 치료 효능을 높이기 위해서는 환자들의 정기적으로 통증이나 불편감등의 부작용을 확인하고 부착도를 객관적으로 평가하여 지속적으로 착용을 격려하도록 하여야 한다.

## 3. 구강장치 부작용 예방과 관리

구강장치 치료의 부착도와 임상적 효과를 극대화하기 위해서는 부작용의 관리가 필수적이다.

구강장치의 부작용은 장치의 종류나 하악의 전방이동량, 장착 기간등의 영향에 따라 다양하게 보고되고 있다.

장치 착용후 초기에 환자들이 흔하게 호소하는 부작용으로는 타액분비증가, 구강건조감, 치아나 잇몸의 통증 등이 나타난다. 이는 비교적 단기간에 나타나며 증상이 심하지 않은 것으로 알려졌다. 저작근이나 턱관절 부위의 통증이 나타난 경우에는 6개월에서 12개월까지 지속되다가 시간이 지남에 따라 증상이 완화되는 경향을 보이는 것으로 알려져 있다<sup>8)</sup>. 장기적으로는 수직피개 및 수평피개의 감소, 전치부 및 구치부의 경사도 변화, 교합접촉점의 감소등 교합변화와 관련된 부작용이 나타났다. 구강장치의 작용하는 힘의 벡터에 의해 상악 전치부의 구개측 경사와 하악 전치부 순측 경사 경향은 수직피개와 수평피개를 감소시킨다. 또한 구치부의 교합접촉점 감소와 전치부의 교합접촉점 증가가 나타난다. 이외에도 하악평면각의 증가, 안모길이의 증가 등 다양한 골격변화가 보고되었다. 이러한 변화들은 장치를 사용하는 기간이 길수록, 사용횟수와 하악의 전방 이동량이 많을수록 심해지는 것으로 알려졌다. AASM과 AADSM은 구강내 장치 사용시 발생할 수 있는 치아 및 교합 변화의 부작용을 줄이기 위해 반드시 숙련된 치과의사가

정기적으로 체크하고 경과관찰 할 것을 권고하고 있다

4). 구강내 장치의 치료효과를 높일 뿐만 아니라 불편감과 부작용을 줄이기 위해서는 구강장치를 착용 후 환자를 정기적으로 내원하도록 하여 환자와 장치의 상태를 평가하도록 하는 것이 필요하다. 최근 치과수면의 전문가들이 구강장치 부작용을 각 상황에 따른 관리에 대하여 합의를 도출하여 각 상황에 맞게 환자의 부작용을 관리할 것을 권고하였다(Table 1)<sup>18,19</sup>. 침 분비가 많아지거나 입이 마른 경우, 혀나 치은의 자극과 같은 연조직의 불편함은 대부분 초기 적응과정으로 장치의 연마상태를 확인하고 구강윤활제를 사용하는 방법으로 적응 과정을 돕도록 하였다. 지속적으로 턱관절의 통증이나 불편감 또는 교합의 변화가 느껴지는 경우 하악의 전방이동량을 줄이거나 그 외에 장치 착용 시간을 줄여보거나 일정 기간동안 사용하지 않도록 하여 교합의 불편감이 완

화된 후 장치를 다시 사용하도록 하였다. 또는 morning occlusal guide를 사용하거나 하악 운동을 시행하도록 하였다. 턱관절 불편감을 해결하기 위하여 턱관절 운동요법이나 근육마사지, 온찜질, 근육이완 등의 물리치료 등을 시행할 수 있다<sup>18,19</sup>.

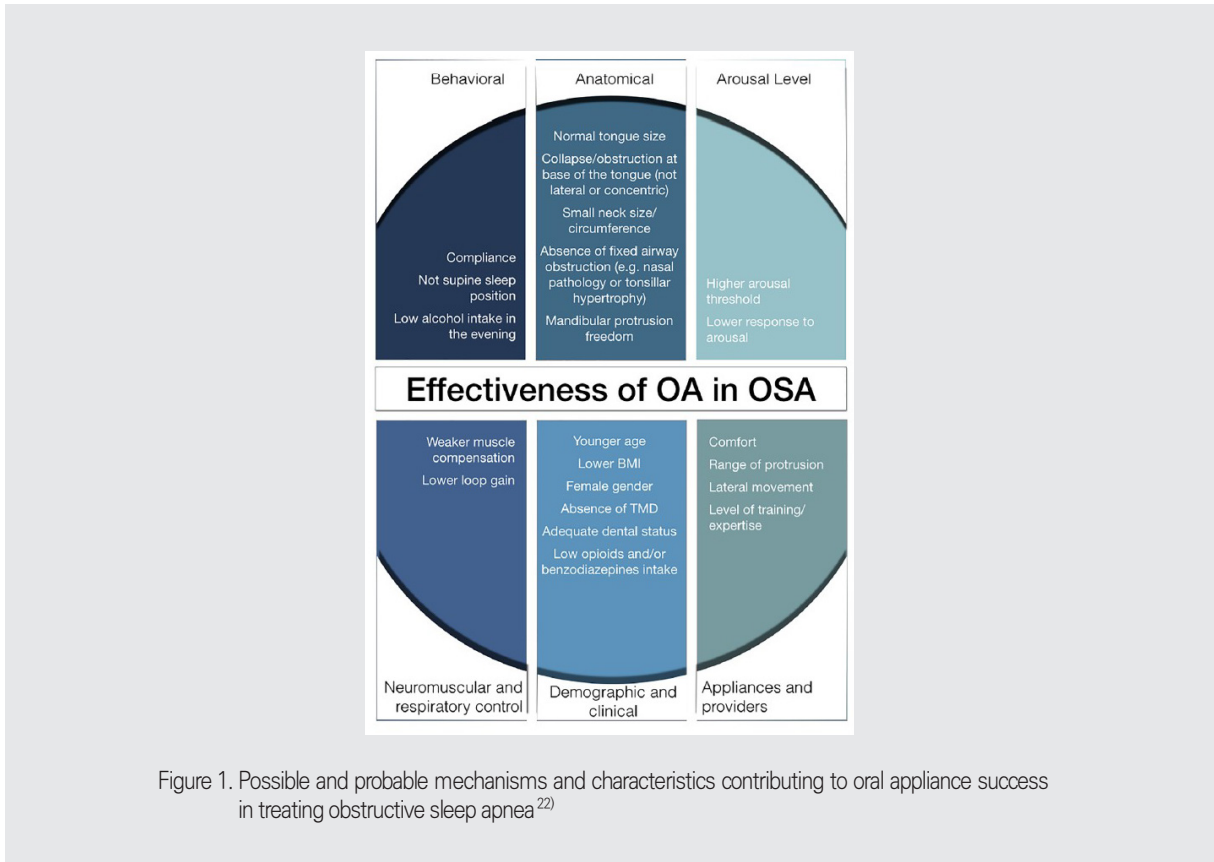
#### 4. 구강장치 치료 효과 사전 예측

수면무호흡증을 구강장치로 치료하였을 때 항상 성공적인 결과가 나타나는 것은 아니다. 구강장치 치료에 대한 반응에 대하여 신뢰성 있게 예측할 수 없는 문제가 필요하게 치료를 지연시키고 재원을 낭비하게 하여 폐쇄성 수면무호흡증 관리에서 구강장치 사용에 대한 장벽이 되어왔다. 이전의 연구들에서 더 나은 치료결과 관련된 인류학적, 생리적, 수면다원검사 변수들이 확인되

Table 1. Management of Side effects of Oral appliance for OSA<sup>18,19</sup>

Side effects	Management		
	First - line	Second - line	
Temporomandibular joint-related side effects	Transient morning jaw pain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting, palliative care, isometric contraction, passive jaw exercise</li> <li>• decreasing the titration rate</li> </ul>	
	Persistent temporomandibular joint pain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• palliative care, isometric contraction and passive jaw stretching exercises</li> <li>• verifying or correcting midline positions</li> <li>• appliance adjustment,</li> <li>• decreasing the titration rate, decreasing advancement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• placing posterior stops or anterior discluding elements</li> <li>• decreasing wearing time and temporarily discontinuing use of oral appliance therapy</li> </ul>
	Tenderness in muscles of mastication	<ul style="list-style-type: none"> <li>• palliative care</li> <li>• watchful waiting</li> <li>• verifying or correcting midline positions</li> <li>• use of a morning occlusal guide,</li> <li>• isometric contraction and passive jaw stretching exercises</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• decreasing oral appliance advancement, vertical dimension, and the rate of forward titration</li> <li>• modifying the acrylic</li> <li>• temporarily discontinuing use of oral appliance therapy</li> </ul>
	Joint sounds	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• if the joint sounds are accompanied by persistent tmj pain, however, temporary or permanent discontinuation of the oral appliance</li> </ul>

Intraoral tissue-related side effects	Soft tissue and tongue irritation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting</li> <li>• palliative care (includes patient reassurance and application of topical medications)</li> <li>• appliance modification</li> <li>• discontinuing oral appliance therapy temporarily</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• temporarily discontinuing use of the oral appliance</li> </ul>
	Gingival irritation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modification of the appliance</li> <li>• palliative care</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• discontinuing oral appliance therapy temporarily</li> </ul>
	Excessive salivation/drooling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modification to the appliance</li> </ul>
	Dry mouth	<ul style="list-style-type: none"> <li>• palliative care</li> <li>• watchful waiting</li> <li>• decreasing vertical dimension</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modification of the appliance and techniques for discouraging mouth breathing</li> </ul>
Occlusal changes	Altered occlusal contacts/bite changes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting, jaw stretching exercises</li> <li>• use of a morning occlusal guide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chewing hard gum in the mornings</li> <li>• modification to the appliance</li> </ul>
	Incisor changes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting</li> <li>• use of a morning occlusal guide</li> <li>• modification to the appliance</li> </ul>	
	Decreased overjet and overbite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting, isometric contraction and passive jaw stretching exercises</li> <li>• use of a morning occlusal guide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• manage decreased overjet and overbite.</li> <li>• chewing hard gum in the morning</li> </ul>
	Alterations in position of mandibular canines and molars	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting</li> <li>• use of a morning occlusal guide</li> </ul>	
	Interproximal gaps	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting</li> <li>• use of a morning occlusal guide,</li> <li>• adjusting ball clasps</li> <li>• modifications to the appliance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• use of a distal wrap-around retainer and restoration of contact areas</li> </ul>
Damage to teeth or restorations	• Tooth mobility	<ul style="list-style-type: none"> <li>• palliative care</li> <li>• modifying the appliance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• decreasing the titration rate</li> <li>• daytime/fixed splinting of teeth</li> </ul>
	• Tooth fractures or damage to dental restorations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modifying the appliance</li> <li>• referral to a general/restorative dentist</li> </ul>	
Appliance issues	• Appliance breakage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• repairing or replacing the appliance</li> </ul>	
	• Allergies to appliance material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• removing the allergenic material</li> <li>• discontinuing oral appliance therapy temporarily</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• referring to another health care provider</li> </ul>
	• Gagging	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modifying the appliance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• use of anesthetic rinse, spray, or gel</li> <li>• deprogramming the gag reflex</li> </ul>
	• Anxiety	<ul style="list-style-type: none"> <li>• watchful waiting</li> <li>• use of desensitization techniques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• referring to another health care provider</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• if these treatment options are insufficient or inappropriate, recommending a different oral appliance design may also be appropriate or discontinuing oral appliance therapy temporarily or permanently</li> </ul>	



었다. 이러한 변수들은 여성, 나이가 어릴수록, 체질량지수가 작을수록, 목둘레가 작을수록, 초기 AHI가 낮을수록 양와위 의존 폐쇄성 수면 무호흡(supine dependent OSA)등이 포함된다<sup>20-22)</sup>.

폐쇄성 수면 무호흡증 위험과 연관된 임상적인 두개 안면과 구강인두의 특징은 목 둘레가 큰 경우, 하악후퇴증/하악과 상악의 후퇴, 좁고 깊은 구개, 긴연구개, 큰 아데노이드가 포함된다<sup>22)</sup>.

두부측방사선사진 측정을 통한 예측은 치과에서 일반적으로 사용되는 방법으로 상악이 길수록, 구인두가 작을수록, 상하악전치의 수평피개가 작을수록, 연구개의 횡단면적에 비하여 기도의 수직길이가 클수록 치료 효과가 좋을 것으로 알려졌다<sup>21,23,24)</sup>.

최근에는 수학적으로 유체의 흐름을 계산하여 확인

할 수 있는 전산유체역학분석(computational fluid dynamic study)을 CT상의 상기도 해부학적 구조에 적용하여 실제 정확한 공기흐름 유형을 확인할 수 있는 방법을 이용하여 전방장치의 효과를 예측하는 것이 제안되기도 하였다<sup>25)</sup>.

약물유도 수면 내시경 검사(drug-induced sleep endoscope, DISE)는 기도 평가를 위하여 약물을 이용하여 수면상태와 비슷한 진정단계를 유도하여 내시경으로 상기도 내부를 평가하는 방법이다. 수면무호흡 환자에게서 수술이나 구강 장치의 성공율을 높이기 위하여 코골이 부위와 기도 폐쇄 부위 평가를 위해 시행되고 있다<sup>26)</sup>.

또한 CPAP을 적정하는 것처럼 수면다원검사를 시행하면서 반응에 도달하기 위해 요구되는 양만큼 하악을 전진시켜 평가해보는 하루 밤 적정(single night titra-

tion)방법이 치료 결과를 예측하는데 유망한 방법으로 소개되었다<sup>27)</sup>.

### 5. 폐쇄성 수면 무호흡증 병인의 특성에 따른 맞춤형 접근

폐쇄성 수면무호흡의 병태생리는 해부학적인 요소와 비해부학적인 요소의 다양한 병인들이나 “표현형 특성 (phenotypic traits)에 표출된다. 이들 특성은 해부학적 요인(좁은(narrow)/가득찬(crowded)/허탈(collapsible) 상기도)과 비해부학적 요인(기도가 좁아지는 동안 너무 쉽게 깨게 되는[낮은 호흡 각성 역치(a low respiratory arousal threshold)], 수면 중 비효과적인 또는 감소된 인두 확장 근육 활성화(weak response of poor upper airway dilator muscle), 불안정한 환기 조절(high loop gain))이 포함되어 있다<sup>28)</sup>. 이들 표현형 특성에 따른 증상으로 구강장치에 효과에 맞는 특정 잠재적 병태생리 기전을 표적화함으로써 구강장치의 치료개념 옵션을 확장시키고 임상 결과를 향상시킬 수 있다<sup>29)</sup>.

구강장치는 혀와 연구개를 전방으로 이동시켜 기도를 기계적으로 확장하고 폐쇄를 막아서 주로 수면무호흡증의 병인중 해부학적 불균형을 수정하는 역할을 주로 하고 비해부학적 요소에 직접적인 영향을 준다는 근거는 부족하다<sup>30)</sup>. 그러나 구강장치는 폐쇄성 수면 무호흡증 환자의 하부군에서 수면 각성을 또한 감소시킬 수 있고 환기 조절 반사의 낮은 loop gain이 나타나는 사람들에게서 더 효과적인 것으로 나타났다. CPAP은 구강장치에 해부학적과 비해부학적 특성에 대하여 부가적인 작용을 할 수 있다. 폐쇄성 수면 무호흡증 환자에서 구강장치의 효과에 기여하는 가능한 기전과 특성을 Fig. 1에 정리하였다<sup>22)</sup>.

폐쇄성 수면 무호흡증은 기구나 장치 중심 접근 보다는 가능한 최선의 건강결과를 달성하기 위해서 포괄적인 만성질환관리 모델이 요구되는 만성질환이다<sup>31)</sup>. 이를 위해 환자 표현형특성과 건강을 고려하여 최선의 다학제적이고 체계적인 접근이 필요하다.

### III. 결론

수면무호흡증을 구강장치로 치료하는 방법은 CPAP을 대체할 수 있고 CPAP과 유사한 정도의 건강 결과를 가져올 수 있어 중요성이 확대되고 있다. 그러나 구강장치의 치료가 모두 성공할 수 있는 것은 아니며 성공 여부를 미리 예측하지 못하는 한계가 구강장치 치료의 사용확대를 저해하고 있다. 또한 수면무호흡증도 단순히 AHI로만 평가할 수 없으며 해부학적인 특징뿐만 아니라 호흡 각성 역치, 호흡 관련 근육의 활성화, 환기 조절 등의 비해부학적인 특징의 병인들도 복합적으로 작용되고 있다. 구강장치 치료 개념의 옵션을 확장시키고 임상 결과를 향상시키기 위해서는 수면무호흡증의 병인을 이해를 바탕으로 특정 잠재적 병태생리 기전을 표적화하고 치료 결과를 신뢰성있게 예측할 수 있어야 한다. 이러한 과정으로 선별된 환자에게 수면 무호흡, 교합과 턱관절에 대하여 평가할 수 있는 숙련된 치과 의사에게 의해 구강장치 치료가 시행되어야 한다. 구강장치 장착하도록 한 다음 구강장치의 효과를 극대화하고 순응도를 높이기 위해서는 일정 적응 기간이후 객관적인 수면호흡평가를 하여야 하고 정기적으로 치료, 부작용, 장치 착용 시간 등의 확인을 통하여 환자에게 지속착용을 격려해 나가야 한다.

## 참고문헌

- Andrew S. L. Chan, Kate Sutherland & Peter A. Cistulli Mandibular-advancement splints for the treatment of obstructive sleep apnea, *Expert Review of Respiratory Medicine* 2019 <https://doi.org/10.1080/17476348.2020.1686978>
- Bamagoos AA, Sutherland K, Cistulli PA. Mandibular Advancement Splints. *Sleep Med Clin*. 2016;11(3):343-52.
- Sutherland K, Vanderveken OM, Tsuda H, et al. Oral appliance treatment for obstructive sleep apnea: an update. *J Clin Sleep Med*. 2014;10(2):215-27.
- Ramar K, Dort LC, Katz SG, et al. Clinical Practice Guideline for the Treatment of Obstructive Sleep Apnea and Snoring with Oral Appliance Therapy: An Update for 2015. *J Clin Sleep Med*. 2015;11(7):773-827.
- Heatley EM, Harris M, Battersby M et al. Obstructive sleep apnea in adults: A common chronic condition in need of a comprehensive chronic condition management approach. *Sleep Med Rev* 2013;17:349-355.
- Kato J, Isono S, Tanaka A, Watanabe T, Araki D, Tanzawa H, Nishino T. Dose-dependent effects of mandibular advancement on pharyngeal mechanics and nocturnal oxygenation in patients with sleep-disordered breathing. *Chest*. 2000;117(4):1065-72.
- Ma Y, Yu M, Gao X. The effect of gradually increased mandibular advancement on the efficacy of an oral appliance in the treatment of obstructive sleep apnea. *J Clin Sleep Med*. 2020;16(8):1369-1376.
- Remmers J, Charkhandeh S, Grosse J, et al. Remotely controlled mandibular protrusion during sleep predicts therapeutic success with oral appliances in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep*. 2013;36(10):1517-25, 1525A.
- Sutherland K, Ngiam J, Cistulli PA. Performance of Remotely Controlled Mandibular Protrusion Sleep Studies for Prediction of Oral Appliance Treatment Response. *J Clin Sleep Med*. 2017;13(3):411-417
- Remmers JE, Topor Z, Grosse J, et al. A Feedback-Controlled Mandibular Positioner Identifies Individuals With Sleep Apnea Who Will Respond to Oral Appliance Therapy. *J Clin Sleep Med*. 2017;13(7):871-880.
- Gagnadoux F, Fleury B, Vielle B, et al. Titrated mandibular advancement versus positive airway pressure for sleep apnea. *Eur Respir J*. 2009 ;doi: 10.1183/09031936.00148208
- Dieltsjens M, Vanderveken OM, Heyning PH, et al. Current opinions and clinical practice in the titration of oral appliances in the treatment of sleep-disordered breathing. *Sleep Med Rev*. 2012;16(2):177-85.
- Minagi HO, Okuno K, Nohara K, et al. Predictors of Side Effects With Long-Term Oral Appliance Therapy for Obstructive Sleep Apnea. *J Clin Sleep Med*. 2018;14(1):119-125.
- Sutherland K, Phillips CL, Cistulli PA Efficacy versus Effectiveness in the Treatment of Obstructive Sleep Apnea: CPAP and Oral Appliance *J Dent Sleep Med* 2015;2(4):175-181
- Ferguson KA, Cartwright R, Rogers R, et al. Oral appliances for snoring and obstructive sleep apnea: a review. *Sleep*. 2006;29(2):244-62.
- Lowe AA, Sjöholm TT, Ryan CF, et al. Treatment, airway and compliance effects of a titratable oral appliance. *Sleep*. 2000;23 Suppl 4:S172-8.
- Almeida FR; Lowe AA; Tsui S et al. Long-term compliance and side effects of oral appliances used for the treatment of snoring and obstructive sleep apnea syndrome. *J Clin Sleep Med* 2005;1(2):143-152
- Sheats RD, Schell TG, Blanton AO, Braga PM, Demko BG, Dort LC, Farquhar D, Katz SG, Masse JF, Rogers RR, Scherr SC, Schwartz DB, Spencer J. Management of side effects of oral appliance therapy for sleep-disordered breathing. *J Dent Sleep Medicine*. 2017;4(4):111-125
- 조정환 코플이 및 폐쇄성 수면무호흡증의 구강내 장치 치료시 부작용 및 관리 대한치과의사협회지 2019;57(5):270-278
- 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(4):1270-8.
- Liu Y, Lowe AA, Fleetham JA, et al. Cephalometric and physiologic predictors of the efficacy of an adjustable oral appliance for treating obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;120(6):639-47.
- Lavigne GJ, Herrero Babiloni A, Beetz G et al Critical issues in dental and medical management of obstructive sleep apnea *Journal of Dental Research* 2019 DOI: 10.1177/0022034519885644 [journals.sagepub.com/home/jdr](https://journals.sagepub.com/home/jdr)
- Verbruggen, A. E., Vroegop, A. V., Dieltjens, M., Wouters, K., Kas-toer, C., de Backer, W. A., ... & Vanderveken, O. M. Predicting therapeutic outcome of mandibular advancement device treatment in obstructive sleep apnoea (PROMAD): study design and baseline characteristics. *J dent sleep medi*, 2016;3(4):119-138.
- Junior, C. M. C., & Palombini, L. Evaluation of the upper airway in obstructive sleep apnoea. *Indian J Med Res*, 2010;131: 230-235
- Zhao, M., Barber, T., Cistulli, P., Sutherland, K., & Rosengarten, G. Computational fluid dynamics for the assessment of upper airway response to oral appliance treatment in obstructive sleep apnea. *Journal of biomechanics*, 2013;46(1):142-150.
- Vanderveken, O. M. Drug-induced sleep endoscopy (DISE) for non-CPAP treatment selection in patients with sleep-disordered breathing. 2013;17(1):13-14
- Tsai WH, Vazquez JC, Oshima T, et al. Remotely controlled mandibular positioner predicts efficacy of oral appliances in sleep apnea. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;170(4):366-70.
- Carberry JC, Amatoury J, Eckert DJ Personalized management approach for OSA *CHEST* 2018; 153(3):744-755
- Sutherland K, Cistulli PA. Recent advances in obstructive sleep apnea pathophysiology and treatment. *Sleep and Biological Rhythms*. 2015;13(1):26-40.
- Chan AS, Sutherland K, Schwab RJ, et al. The effect of mandibular advancement on upper airway structure in obstructive sleep apnoea. *Thorax*. 2010;65(8):726-32.
- E.M. Heatley et al. Obstructive sleep apnoea in adults: A common chronic condition in need of a comprehensive chronic condition management approach *Sleep Medicine Reviews* 2013;17:349-355