

하악의 위치 변화가 기도저항에 미치는 영향

경북대학교 치과대학 구강내과학교실[†], 의과대학 내과학교실[†]

최재갑[†] · 정태훈[†]

목 차

- I. 서 론
- II. 연구대상 및 방법
- III. 결 과
- IV. 총괄 및 고찰
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

코골이는 수면 동안에 연구개와 후방 구협주의 진동에 의해서 발생하는 소리¹⁾, 혹은 수면장애의 국제 분류(International Classification of Sleep Disorders)에 의하면 코골이는 인두 조직의 진동에 의해서 야기되며, 무호흡이나 저환기를 동반하지 않는, 소음성 상부 기도 호흡으로 정의되고 있다²⁾. 코골이는 모든 연령에서 나타나지만 특히 40대 이후의 비만한 성인 남성에서 발생률이 높으며 전체 인구의 약 19-37%에서 발생하는 것으로 알려져 있다^{3, 6)}. 코골이는 한 때 수면 중에 발생하는 단순한 소음으로 간주되어 단지 동침자의 수면을 방해하는 것 이상의 의미가 없는 것으로 생각하였지만 근래에 들어 고혈압, 관상동맥 질환, 뇌졸중 등의 발생과 관련성이 있을 수 있다는 주장과 함께 특히 수면무호흡증

의 중요한 증상임이 밝혀지면서 의학적 치료의 대상으로 부각되고 있다^{6, 11)}.

코골이의 발생과 관련된 정확한 기전은 아직 충분히 밝혀지지는 않았지만 Robin¹²⁾에 의하면 공기의 흐름을 제한하는 비병증이나 혀의 후방 이동에 의한 상부기도의 불완전한 폐색과 수면 중에 설인근의 긴장도를 조절하는 중추 반사작용의 기능적 장애에 의해서 코골이가 발생한다고 하였으며, Fairbanks¹³⁾는 상부기도중 견고한 조직에 의한 지지가 없는 후두개와 후비공 사이의 허탈 가능한 부분에서 코골이가 기원한다고 하면서 연구개, 구개수, 편도선, 혀의 기저부, 인두근 등의 구조와 기능이 관계된다고 하였다.

코골이 환자의 일부는 편도선 비대, 왜소악, 후퇴악 등과 같은 명백한 해부학적 이상을 가지고 있지만 그 보다는 수면 중에 발생하는 혀의 후방 이동으로 인한 구강인두의 폐색이 더욱 흔한 문제이다¹⁴⁾. 이 점은 코골이 환자에 대하여 수면 중에 상부기도를 영상방사선사진으로 촬영하여 흡기시에 인두 기도와 후두 기도 부위의 직경이 작아지는 것을 관찰함으로써 확인되었다¹⁵⁾.

특히 혀의 몸체를 구성하고 있는 이설근은 하악의 이부와 연결되어 있는데, 이 근육이 수축하면 혀를 전방으로 이동시키게 된다. 수면 동안에 이설근 활성도의 감소와 함께 개구로 인한 하악의 후방 이동이 일어나면 혀가 후방으로 밀려서 구강인두 부위의 기도가 좁아지게 되고, 만약 후방으로 밀려간 혀가 구강인두를 완전히 폐쇄하게 되면 폐쇄성 무호흡 상태가 된다¹⁶⁾. 따라서 수

*이 연구는 1995년도 경북대학교병원 의학연구소의 일부 지원 하에 이루어졌음.

면 중에 혀의 후방 이동을 감소시키거나 방지하는 것은 코골이와 폐쇄성 수면무호흡증의 증상을 완화시키는데 있어서 효과적인 방법이 될 수 있으며, 이러한 이유로 코골이와 폐쇄성 수면무호흡증의 치료를 위하여 외과적 방법^{17,18)}과 비외과적 방법¹⁹⁾에 의한 여러 가지의 하악 전방이동술식이 시도되었다.

상부기도의 폐색을 방지하기 위해서 하악을 전방으로 이동시킬 목적으로 치과용 장치를 사용한 것은 1902년 Robin²⁰⁾에 의해서 처음 보고되었으며 그후 많은 사람들에 의해서 코골이의 치료를 위한 다양한 형태의 하악전방이동용 구강장치물이 고안되었으며 그 종류가 300여 가지에 이른다¹³⁾. 구강장치물을 사용하여 코골이를 치료하는 방법은 수술에 따르는 고통과 부작용이 없고, 환자가 사용하기에 편리하며, 경비가 적게 들기 때문에 상당히 좋은 치료법으로 인정되고 있다.

코골이와 폐쇄성 수면무호흡증에 대한 하악전방이동용 구강장치물의 임상적 효과에 관한 보고는 이미 다수의 학자들에 의해서 발표된 바가 있으며 모든 경우에서 코골이의 증상이 높은 비율로 개선되었음을 보여주었다²¹⁻²⁶⁾. Schmidt-Nowara 등²⁵⁾은 구강장치물을 사용한 68명의 환자 중 한 명을 제외하고 나머지의 모든 환자에서 코골이가 감소되었으며 환자의 50%는 코골이가 제거되었다고 하였다. O'Sullivan 등²⁶⁾은 하악전방이동장치에 의해서 코골이가 없어진 환자가 17%, 많이 감소된 환자가 75%, 약간 감소된 환자가 8%이었다고 하였다. Powell 등²⁷⁾도 이와 같은 결과를 보고하면서 동시에 하악의 전방이동에 의해서 호흡방해지수(Respiratory Disturbance Index)와 산소포화도가 현저히 개선되었다고 하였다.

그러나 이들 연구는 대부분 환자 자신이나 동침자의 주관적 보고에 의해서 코골이의 정도를 평가하였기 때문에 자료의 신뢰성에 대한 논란의 여지가 남아 있으며, 또한 코골이의 물리학적 발생기전이나 이러한 장치의 작용원리를 연구하는데 있어서 충분한 자료를 제공해주지 못하였다. 특히 코골이의 발생이 주로 상부기도 내경의 감소와 그로 인한 기류의 변화에 의해서 발생된다는 점을 고려해 볼 때 구강장치물의 임상적 효

과를 실험적으로 증명하기 위해서는 상부기도의 형태 변화에 관한 연구와 기류 변화에 대한 연구가 필수적이라고 할 수 있다.

하악의 전방이동에 의한 상부기도의 형태 변화에 관한 연구는 주로 두부규격방사선사진^{18,25,26,28)}, 컴퓨터단층촬영사진²⁸⁾, 그리고 자기공명영상사진²⁹⁾ 등을 이용하여 시행되었으며 대개 구강인두강의 단면적과 용적이 증가되고 있음을 보여주었다. Johnson 등³⁰⁾은 하악이 안정위에서 최대 전방위를 취할 때 두부규격방사선사진상의 후방 기도 공간(posterior airway space)이 평균 56% 정도 증가되었다고 하였으며, Lowe 등²⁸⁾의 연구에서는 구강장치물을 사용한 후 구강인두에서 가장 좁은 부분의 단면적이 41.6mm²에서 92.3mm²으로 늘어났다고 하였다. 또한 Smith²⁹⁾에 의하면 3차원 자기공명영상사진 촬영법을 이용하여 하악전방이동장치에 의한 상부기도의 용적 변화를 측정한 결과 하악이 5mm 정도 전방으로 이동됨으로써 연구개에서 후두개에 이르는 기도의 용적이 32% 정도 늘어났다고 하였다.

또한 Masumi 등³¹⁾은 폐활량측정법을 이용하여 하악의 전방이동에 의한 상부기도의 기류 변화를 평가하기도 하였는데 하악을 최대한 전방으로 위치시킬 때 최대 흡입률이 상당히 증가되었다고 하였다. 이러한 연구 결과는 하악전방이동장치가 기류역학에 대하여 유익한 효과를 가져올 수 있음을 시사하는 것이기는 하지만 폐활량계로써 최대 흡입률을 측정할 때 기도 내경 이외에도 호흡근의 세기와 조화, 피검자의 자발적 의지 등과 같은 다른 요인에 의해서 영향을 받을 수 있기 때문에 정확성이 떨어진다고 할 수 있다.

특히 코골이가 기도저항의 증가와 그로 인한 기도내압의 감소 및 기류속도의 증가에 의해서 발생된다는 점^{32,33)}을 고려하면 코골이에 대한 구강장치물의 효과를 설명하기 위해서는 기도저항의 측정에 의한 평가가 매우 중요하다고 할 수 있다. 그러나 구강장치물의 사용이 기도저항에 미치는 효과에 관한 연구는 매우 드물었다.

따라서 본 연구의 목적은 컴퓨터 시스템이 장치된 체적변동기록기(plethysmograph)를 이용하여 코골이 환자와 정상인에 대해서 호흡 동안

에 나타나는 기도저항을 측정하고 하악의 전방이동에 따른 기도저항의 변화를 평가하여 코골이의 발생기전 및 코골이 치료에 대한 구강장치물의 작용기전을 분석하려는 것으로, '하악의 전방이동에 의해서 기도저항의 변화가 없다'가 귀무가설이며 기각수준은 $P < 0.05$ 이다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

코골이 환자 11명을 실험대상으로 하였다. 코골이 환자는 경북대학교병원 구강내과에 코골이를 주소로 내원한 환자중 호흡기 계통의 질병이나 그 밖에 전신적으로 심각한 질병의 병력이 없는 사람을 실험대상으로 선정하였다. 대조군은 코골이가 없는 10명의 비교적 건강한 성인이었다. 이들은 본인이나 가족의 진술에 의해 코골이의 경험이 없고 낮 동안의 심한 졸리움증, 만성 피로감, 두통, 호흡기 계통의 질병을 비롯한 그 밖의 심각한 전신질환, 약물복용 등의 병력이 없는 사람으로 하였다. 코골이 환자와 정상인 모두 측두하악관절 장애의 임상적 증거가 없으며 정상적인 하악의 한계운동범위를 가지는 사람으로 한정하였다.

2. Mouth positioner의 제작

실험 중 개구량을 일정하게 유지하고 하악의 위치를 고정시키기 위해서 치과용 인상재로 사용되는 실리콘 재료(Exafine, GC Corporation, Tokyo, Japan)를 이용하여 mouth positioner를 각 피검자당 두 개씩 제작하였다. 이 mouth positioner는 편측의 구치부에 올려져서 하악의 위치가 일정하게 유지될 수 있도록 해주는 것인데, 하나는 하악의 중심위에서, 다른 하나는 하악의 최대 전방운동 거리의 2/3 위치에서 제작되었다. 두 개 모두 전치간 거리가 7mm가 되게 수직고경을 일정하게 하였다.

3. 기도저항의 측정

체적변동기록기(6200 Autobox DL, Sensormedics, Yorba Linda, CA, U.S.A.)를 이용하여 하악이 중심위 상태에 있을 때, 그리고 하악이 최대 전방운동 거리의 2/3 위치에 있을 때 각각 흡기시와 호기시의 기도저항(airway resistance: Raw), 기도비전도계수(specific airway conductance: sGaw), 그리고 흉부가스용적(thoracic gas volume: Vtg)을 측정하였다.

피검자를 체적변동기록기안에 편안히 앉히고 마우스피스와 밸브어셈블리를 조정하여 머리를 중립위가 되게 하였다. 환자의 코를 집게로 집어서 막고 환자로 하여금 밸브어셈블리를 통하여 입으로 숨을 쉬게 하였다. 약 30초 정도 경과하면서 환자의 호흡이 안정 상태를 유지하면 환자의 두 손을 양 쪽 뺨에 가볍게 대고서 초당 2-3회 정도의 속도로 가벼운 다호흡(panting)을 시켰다. 이 순간 밸브어셈블리를 닫으면 DuBois³⁴⁾가 설명한 법칙에 따라 체적변동기록기에 내장된 컴퓨터 시스템에 의하여 기도저항, 기도비전도계수, 흉부가스용적 등이 자동적으로 측정되었다. 각 피검자에 대해 이와 같은 측정을 세 번 반복하여 그 평균치를 취하였다.

4. 통계처리

연령, 신장, 체중, 체형지수(body mass index: BMI), 기도저항, 기도비전도계수, 흉부가스용적에 대해서 실험군과 대조군 간의 평균치의 비교는 t-test로써 검정하였으며, 각 군내에서 하악의 중심위와 전방위에서 각각 측정한 계측치의 평균치의 비교는 Wilcoxon sign test로써 검정하였다.

III. 결 과

1. 피검자의 체격 및 체형지수의 비교(표 1)

코골이 환자군과 정상 대조군 사이에 신장, 체중, 그리고 체형지수의 평균치는 표1과 같으며, 신장은 코골이 군이 167.3 ± 6.9 cm, 대조군이 171.7 ± 4.7 cm, 체중은 각각 66.5 ± 10.3 kg, $59.5 \pm$

Table 1. Anthropometric characteristics of the subjects

	Snoring group	Control group	p-value
Age(yr)	40.5±12.5	23.7±1.6	0.0000
Height(cm)	167.3±6.9	171.7±4.7	0.0916
Weight(kg)	66.5±10.3	59.5±5.7	0.2670
BMI [§] (kg/m ²)	23.7±2.8	20.1±1.6	0.1025

§: BMI=Body mass index

Table 2. Comparison of pulmonary mechanical characteristics between snoring and control subjects at normal jaw position

	Snoring group	Control group	p-value
Ins-Raw	2.39±0.41	1.81±0.21	0.0497
Exp-Raw	2.48±0.63	1.93±0.28	0.0235
Raw	2.37±0.61	1.90±0.25	0.0127
sGaw	0.14±0.03	0.15±0.02	0.3608
Vtg	3.31±1.05	3.58±0.49	0.0309

Ins-Raw: Inspiratory airway resistance(cmH₂O/L/sec)

Exp-Raw: Expiratory airway resistance(cmH₂O/L/sec)

Raw: Airway resistance(cmH₂O/L/sec)

sGaw: Specific airway conductance((cmH₂O · sec)⁻¹)

Vtg: Thoracic gas volume(L)

Table 3. Comparison of pulmonary mechanical characteristics between normal and protrusive jaw position in control subjects

	Normal	Protrusive	% change	p-value
Ins-Raw	1.81±0.21	1.65±0.20	8.6	0.0099
Exp-Raw	1.93±0.28	1.77±0.25	8.2	0.0212
Raw	1.90±0.25	1.73±0.18	9.0	0.0107
sGaw	0.15±0.02	0.17±0.04	15.2	0.0088
Vtg	3.58±0.49	3.44±0.55	3.7	0.0105

5.7kg, 그리고 체형지수는 코골이 군이 23.7±2.8, 대조군이 20.1±1.6 으로서 어느 항목에서도 유의한 차이를 보여주지 않았다.

2. 코골이 환자군과 정상 대조군 사이의 기도저항, 기도비전도계수, 그리고 흉부가스용적의 비교

하악이 중심위 관계에 있을 때 코골이 환자군의 평균 기도저항이 2.37±0.61cmH₂O/L/sec인 것에 비해 정상 대조군에서는 1.90±0.25cmH₂O/L/sec로 나타나 코골이 환자군에서 기도저항이 높았다(p<0.05). 이는 흡기성 기도저항과 호기성 기도저항에서도 마찬가지로의 결과를 보였으나 기도비전도계수는 두 군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. 흉부가스용적은 코골이 환자군이 정상 대조군보다 적었다(p<0.05)(표 2).

3. 정상 대조군과 코골이 환자군에서 하악의 전방이동에 따른 기도저항, 기도비전도계수, 그리고 흉부가스용적의 변화

두 군 모두에서 하악의 전방이동에 의해 기도저항이 상당히 감소 하였는데 정상 대조군에서의 감소폭이 8.2%-9.0%이었음에 비해 코골이 환자군에서는 감소폭이 12.2%-16.4%로 나타나 정상 대조군에 비해 더 큰 변화를 보였다. 기도비전도계수는 정상 대조군에서 15.2%, 코골이 환자군에서 11.0% 정도 증가하였다(표 3,4).

Table 4. Comparison of pulmonary mechanical characteristics between normal and protrusive jaw position in snoring subjects

	Normal	Protrusive	% change	p-value
Ins-Raw	2.39±0.41	2.00±0.47	16.4	0.0041
Exp-Raw	2.48±0.63	2.18±0.62	12.2	0.0059
Raw	2.37±0.61	2.05±0.55	13.5	0.0009
sGaw	0.14±0.03	0.16±0.04	11.0	0.0169
Vtg	3.31±1.05	3.45±1.01	4.3	0.1399

IV. 총괄 및 고찰

기도저항은 단위 시간당 흐르는 공기의 량에 대한 폐포압과 대기압의 차이로 정의되며 다음과 같이 표시될 수 있다.³⁵⁾

$$Raw = \frac{Palv}{Vm}$$

Raw ; 기도저항(cmH₂O/L/sec)

Palv ; 폐포압(cmH₂O)

Vm ; 구강기류속도(L/sec)

전신 체적변동기록기는 공기의 흐름이 있는 상태에서 폐포압을 평가하기에 이상적인 장치이기 때문에 기도저항의 측정에 매우 적합한 장비라고 볼 수 있다. 그 밖에도 체적변동기록기는 조작이 간편하고 시간이 적게 걸리며 환자에게 고통을 주지 않는 등의 장점이 있다. 이 장비의 단점으로는 가격이 비싸고 공간을 많이 차지하며 환자에게 밀실공포증을 야기할 수 있으며 환자가 마우스피스를 통해서 호흡을 할 수 있게 약간의 연습이 필요한 점등이 있다.³⁶⁾ 실험에서는 피검자가 특별히 밀실공포증을 호소하는 경우는 없었지만 실험을 하기전에 충분한 설명과 시범을 통하여 피검자가 실험중에 불안을 느끼지 않도록 하였다.

일반적으로 코골이는 비만한 사람에게서 더 많이 발생하는 것으로 알려져 있으며, 또한 체중 감소에 의해서 코골이 및 수면무호흡증의 발생을 상당히 줄일 수 있었다는 연구보고도 다수가 있다.³⁷⁻⁴⁰⁾ 본 연구에서도 정상 대조군의 평균 체형지수가 20.1인 것에 비해 코골이 환자군의 평균 체형지수가 23.7로 조사되어 코골이를 하는 사람들이 약간 더 비만한 경향을 보였다. 그러나 Howard 등⁴⁰⁾과 Metes 등⁴¹⁾에 의해서 조사된 서양인 코골이 환자들의 평균 체형지수가 대체로 27-36인 것에 비하면 본 연구에서 측정된 한국인 코골이 환자의 평균 체형지수는 그보다 훨씬 낮다고 할 수 있는데, 이는 같은 코골이 환자라고 할지라도 한국인은 서양인에 비해 비만 정도

가 덜 심하다는 것을 보여주는 것으로써, 이러한 자료는 인종에 따라 코골이의 원인과 치료를 위한 처방이 다소 다를 수도 있음을 시사하는 것으로 볼 수 있다.

코골이 환자에게서 기도저항이 증가한다는 사실은 이미 여러 보고자들^{32,41,42)}에 의해서 확인된 바가 있으며 저자들의 연구에서도 동일한 결과를 보여주었다. 기도저항은 신체 크기와 폐 용적, 기류 속도(airflow rate), 비환기성 공간의 기체 용적, 연령, 운동, 체위 등의 요인에 의해서 결정되는데, 코골이 환자에게서 기도저항이 증가되는 것은 주로 기류 속도의 증가와 관계되는 것으로 사료된다. Lugaresi^{33,43)}가 설명한 코골이의 발생기전에 따르면 수면 동안에 구강인두근 긴장도의 감소, 중추성 호흡의 불안정, 바로 누운 자세 등에 의해서 혀가 인두벽 쪽으로 쳐져 내려오면 기도가 좁아지게 되고, 기류의 속도는 점차 빨라지는데, 이렇게 되면 벤츄리 효과(Venturi effect)에 의해서 인두강내의 음압이 증가하게 된다고 하였다. 특히 흡기시에는 횡격막의 수축에 의해서 인두강내에 음압이 발생된 상태이므로 여기에 위와 같은 기전이 더해지면 인두강내의 음압은 더욱 커지고 기류의 속도도 더욱 빨라지게 된다고 하였다. 이와 같이 빨라진 기류에 의해서 연조직의 진동이 일어남으로써 코골이가 발생되는데 따라서 코골이의 강도는 기류의 속도와 인두 기도 폐색의 정도에 비례한다고 하였다.

체적변동기록기에 의해서 측정되는 흉부가스용적은 공기를 강하게 불어낼 때 압축되는 흉부의 가스용적을 말하며 대개는 폐에서 환기되는 가스용적과 거의 같다. 그러나 폐 질환이 있는 일부의 경우에는 폐의 내부에 비환기성 공동이 존재할 수가 있는데 이 부분의 공기도 흉곽운동에 의해서 압축되기 때문에 흉부가스용적에 포함된다. Briscoe와 DuBois⁴⁴⁾의 실험에 의하면 이러한 흉부가스용적은 기도저항과 반비례의 관계에 있다고 하였기 때문에 흉부가스용적이 기도저항에 영향을 줄 수 있다. 저자들의 실험에 의하면 코골이 환자군에서 흉부가스용적이 정상 대조군에 비해 더 적게 측정되었는데 이러한 점이 코골이 환자의 기도저항을 크게 하는데 기여

할 수도 있었을 것으로 볼 수 있다. 그러나, 코골이 환자군의 평균 연령이 대조군보다 더 높았기 때문에 이로 인한 영향을 배제할 수가 없으며, 따라서 이에 관한 보다 정확한 결론을 얻기 위해서는 같은 연령층을 대상으로 하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

하악의 전방이동에 의한 기도저항의 변화를 측정 한 결과 코골이 환자군과 정상 대조군에서 모두 하악의 전방이동에 의해서 기도저항의 감소를 보여주었으며 코골이 환자군에서 감소의 폭이 더 크게 나타났다. 이와 같은 소견은 구강내 장치물에 의한 코골이의 치료 효과가 기도저항의 감소와 관련이 있음을 시사하는 것이다. 특히, 코골이와 폐쇄성 수면무호흡증이 흡기시에 주로 나타난다는 점을 고려해 볼 때, 하악의 전방이동에 의하여 흡기성 기도저항이 가장 크게 감소되었다는 것은 상당히 의미있는 결과로 볼 수 있다.

이와 같이 하악의 전방이동에 의해 기도저항이 감소하는 것은 앞서 언급한 바와 같이 구강내 장치물이 하악과 혀를 전방으로 이동시킴으로써 구강인두 부위의 단면적과 용적이 늘어나는 것과 밀접한 관련성이 있을 것으로 추정된다. 또한 Lowe 등²⁸⁾은 하악재위치장치를 장치한 후 이설근의 활성도가 상당히 높아졌다고 하여 이러한 추론을 뒷받침하고 있다. 그러나 Stauffer 등⁴⁵⁾은 폐쇄성 수면무호흡 환자에게서 인두강의 크기와 인두의 공기저항 사이에는 아무런 상관관계가 없었다는 매우 상반된 주장을 한 바가 있는데 그들의 견해에 의하면 기도저항은 동적인 상태에서 측정되는 것이고 인두강의 크기는 정적인 상태에서 측정되는 것이기 때문에 서로 관련성이 없을 수 있다고 하였다. 따라서 구강내 장치물에 의해 기도저항이 감소되는 기전에 관해서는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론적으로 정상인에 비해 코골이 환자는 더 높은 기도저항을 나타내었으며, 하악의 위치를 중심위에서부터 최대 전방 이동 거리의 2/3되는 지점까지 이동하였을 때 기도저항이 코골이 환자군에서는 13.5%, 정상 대조군에서는 9%씩 각각 감소하였다. 이러한 결과는 하악전방이동용

구강장치물이 코골이와 수면무호흡증의 치료에 긍정적인 효과를 나타낼 수 있음을 실험적으로 입증하는 것이라고 할 수 있다.

참고문헌

1. Robin, I. G.: Snoring. Proc. R. Soc. Med., 41:151-153, 1948.
2. American Sleep Disorders Association: International classification of sleep disorders: diagnostic and coding manual. Rochester, Minnesota, American Sleep Disorders Association, 1990.
3. Fitzpatrick, M. F., Martin, K., Fossey, E., Shapiro, C. M., Elton, R. A., and Douglas, N. J.: Snoring, asthma and sleep disturbance in Britain: a community-based survey. Eur. Respir. J., 6:531-535, 1993.
4. Norton, P. G., Dunn, E. V., and Haight, J. S.: Snoring in adults: some epidemiologic aspects. Can. Med. Assoc. J., 128:674-675, 1983.
5. Lugaresi, E., Cirignotta, F., Coccagna, G., and Piana, C.: Some epidemiological data on snoring and cardiocirculatory disturbances. Sleep, 3:221-224, 1980.
6. Lugaresi, E., Coccagna, G., and Cirignotta, F.: Snoring and its clinical implication, in Guilleminault, C., Dement, W., and Alan, R. (eds.): Sleep apnea syndromes. New York, Liss Inc., 1978, pp.13-21.
7. Koskenvuo, M., Partinen, M., Sarna, S., Kaprio, J., Langinvainio, H., and Heikkila, K.: Snoring as a risk factor for hypertension and angina pectoris. The Lancet, April 20:893-895, 1985.
8. Gislason, T., Aberg, H., and Taube, A.: Snoring and systemic hypertension—an epidemiological study. Acta. Med. Scand., 222:415-421, 1987.
9. Zwillich, C.: The clinical significance of snoring. Arch. Intern. Med., 139:24, 1979.
10. Rice, D. H.: Snoring and obstructive sleep apnea. Med. Clin. N. Am., 75:1367-1371, 1991.
11. Hoffstein, V.: Snoring and hypertension. Sleep and respiration, Wiley-Liss, Inc., 1990, pp.371-376.
12. Robin, I. G.: Snoring, Proc. R. Soc. Med., 61:575-582, 1968.
13. Fairbanks, D. F.: Snoring: not funny-not hopeless, AFP, 33:205-211, 1986.

14. Lowe, A.A.: The tongue and airway. *Otolaryngol. Clin. N. Am.*, 23:677-695, 1980.
15. Cirignotta, F., and Lugaresi, E.: Some cineradiographic aspects of snoring and obstructive sleep apneas. *Sleep*, 3:225-226, 1980.
16. Kuna, S. T., Remmers, J.: Neural and anatomic factors related to upper airway occlusion during sleep. *Med. Clin. N. Am.*, 69:1221-1242, 1985.
17. Powell, N., Guilleminault, C., Riley, R., and Smith, L.: Mandibular advancement and obstructive sleep apnea syndrome. *Bull. Europ. Physiopath. Resp.*, 19:607-610, 1983.
18. Yu, L. F., Pogrel, M. A., and Ajayi, M.: Pharyngeal airway changes associated with mandibular advancement. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 52:40-43, 1994.
19. Lowe, A. A.: Dental appliances for the treatment of snoring and/or obstructive sleep apnea. In: Kryger, M., Roth, T., Dement, W., eds. *Principles and practice of sleep medicine*, 2nd edition. Philadelphia: WB Saunders Co., 1994:722-735.
20. Robin, P.: Glossoptosis due to atresia and hypotrophy of the mandible. *Am. J. Dis. Child.*, 48:541-547, 1934.
21. Bonham, P. E., Currier, G. F., Orr, W. C., Othman, J., and Nanda, R. S.: The effect of a modified functional appliance on obstructive sleep apnea. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 94:383-392, 1988.
22. Clark, G. T., Arand, D., Chung, E., and Tong, D.: Effect of anterior mandibular positioning on obstructive sleep apnea. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 147:624-629, 1993.
23. Ichioka, M., Tojo, N., Yoshizawa, M., et al.: A dental device for the treatment of obstructive sleep apnea: a preliminary study. *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 104:555-558, 1991.
24. Nakazawa, Y., Sakamoto, T., Yasutake, R., et al.: Treatment of sleep apnea with prosthetic mandibular advancement (PMA). *Sleep*, 15:499-504, 1992.
25. Schmidt-Nowara, W. W., Mead, T. E., and Hays, M. B.: Treatment of snoring and obstructive sleep apnea with a dental orthosis. *Chest*, 99:1378-1385, 1991.
26. O'Sullivan, R. A., Hillman, D. R., Mateljan, R., Pantin, C., and Finucane, K. E.: Mandibular advancement splint: an appliance to treat snoring and obstructive sleep apnea. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 151(1):194-198, 1995.
27. Powell, N., Guilleminault, C., Riley, R., and Smith, L.: Mandibular advancement and obstructive sleep apnea syndrome. *Bull. Europ. Physiopath. Resp.*, 19:607-610, 1983.
28. Lowe, A., Fleetham, J., Ryan, F., and Mathews, B.: Effect of a mandibular repositioning appliance used in the treatment of obstructive sleep apnea on tongue muscle activity. In Issa, F. G., Suratt, P. M., and Remmers, J. E. (eds.) *Sleep and respiration*, Wiley-Liss, Inc., New York, 1990, p. 395-405.
29. Smith, S. D.: A three-dimensional airway assessment for the treatment of snoring and/or sleep apnea with jaw repositioning intraoral appliances: A case study. *J. Craniomandib. Practice*, 14:332-343, 1996.
30. Johnson, L. M., Arnett, G. W., Tamborello, J. A., and Binder, A.: Airway changes in relationship to mandibular posturing. *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 106:143-148, 1992.
31. Masumi, S., Hishigawa, K., Williams, A. J., Yan-Go, F. L., and Clark, G. T.: Effect of jaw position on forced inspiratory airflow in normal subjects and patients with obstructive sleep apnea. *Chest*, 109:1484-1489, 1996.
32. Hoffstein, V., Chaban, R., Cole, P., and Rubinstein, I.: Snoring and upper airway properties. *Chest*, 94:87-89, 1988.
33. Lugaresi, E., Cirignotta, F., Coccagna, G., and Montagna, P.: Clinical significance of snoring. In Saunders, N. and Sullivan, C. (eds.): *Sleep and Breathing*. New York: Dekker, 1984, vol. 21, p. 283-298.
34. DuBois, A. B., Botelho, S. Y., and Comroe, J. H. Jr.: A new method for measuring airway resistance in man using a body plethysmograph: Values in normal subjects and in patients with respiratory disease. *J. Clin. Invest.*, 35:327-335, 1956.
35. 6200 Autobox DL Operator's Manual, Sensormedics, Yorba Linda, U.S.A., 1992, p. 14.15.
36. Hemingway, A.: Measurement of airway resistance with the body plethysmograph. Charles C Thomas Publisher, U.S.A., 1973, p. 69-72.
37. Smith, P. L., Gold, A.R., Meyers, D.A., et al.: Weight loss in mildly to moderately obese patients

-
- with obstructive sleep apnea. *Ann. Intern. Med.*, 103:850-855, 1985.
38. Suratt, P. M., McTier, R. F., Findley, L. J., et al.: Changes in breathing and the pharynx after weight loss in obstructive sleep apnea. *Chest*, 92:631-637, 1987.
39. Harman, E. M., Wynne, J. W., and Block, A. J.: The effect of weight loss on sleep-disordered breathing and oxygen desaturation in morbidly obese men. *Chest*, 82:291-294, 1982.
40. Howard, M. B., Block, A. J., and Perri, M. G.: Treatment for snoring, combined weight loss, sleeping on side, and nasal spray. *Chest*, 107:1283-1288, 1995.
41. Metes, A., Ohki, M., Cole, P., Haight, J. S. J., and Hoffstein, V.: Snoring, apnea and nasal resistance in men and women. *J. Otolaryngol.*, 20:57-61, 1991.
42. Skatrud, J. B., and Dempsey, J. A.: Airway resistance and respiratory muscle function in snorers during NREM sleep. *J. Appl. Physiol.*, 59:328-335, 1985.
43. Lugaesi, E., Cirignotta, F., Montagna, P., and Zucconi, M.: Snoring: pathophysiology and clinical consequences. *Semin. Respir. Med.*, 9:577-585, 1988.
44. Briscoe, W. A., and DuBois, A. B.: The relationship between airway resistance, airway conductance and lung volume in subjects of different age and body size. *J. Clin. Invest.*, 37:1279-1285, 1958.
45. Stauffer, J. L., Zwillich, C. W., Cadieux, R. J., Bixler, E. O., Kales, A., Varano, L. A., and White, D. P.: Pharyngeal size and resistance in obstructive sleep apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 136:623-627, 1987.

- ABSTRACT -

Effect of Mandibular Repositioning on Airway Resistance

Jae-Kap Choi[†], D.D.S., M.S.D., Ph.D., Tae-Hoon Jung[†], M.D., M.S., Ph.D.

*Department of Oral Medicine, School of Dentistry[†] and
Department of Medicine, School of Medicine[‡], Kyungpook National University*

This study evaluated whether substantial airflow resistance changes occurred by changing jaw position in normal and snoring subjects. A case-control design was utilized to assess group differences. Subjects included 11 snoring patients and 10 non-snoring subjects.

Airway resistance was assessed using a whole body plethysmograph. Subjects in this study had their mouth opening standardized to a position of 7 mm of vertical separation and the resistance was measured under the following conditions: normal jaw position and 2/3 maximum protrusive jaw position.

The results were as follows:

1. The airway resistance was higher in snoring group than in non-snoring group.
2. Both groups had a significant decrease in their airflow resistance upon jaw protrusion.

In conclusion, these data document that airflow resistance can be significantly influenced by jaw positioning. Moving the jaw in a protrusive position produced reduction of resistance.