原著論文

閉塞型睡眠時無呼吸症候群患者に対する 口腔内装置の適切な下顎開口量の検討

西川 葵, 槇原絵理, 鱒見進一

Evaluation of appropriate jaw opening by an oral appliance for patients with obstructive sleep apnea syndrome

Aoi Nishikawa, DDS, Eri Makihara, DDS, PhD and Shin-ichi Masumi, DDS, PhD

抄 録

目的：異なる下顎開口量によって生じる気道形態の変化を観察し，閉塞型睡眠時無呼吸症候群患者に対する口腔内装置製作に際して適切な開口量を検討すること。

方法：顎口腔機能に異常を認めない正常有歯顎者 18 名に対し酸素飽和度低下指数（ODI）の測定を行い， $ODI < 5$ の者を低 ODI 群（13 名）， $ODI \geq 5$ の者を高 ODI 群（5 名）とした．スパイロメーターを用いて被験者の下顎 50% 前方位での 4 つの異なる開口量（0 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm）における最大中間吸気速度（ FIF_{25-75} ）を測定した．また各開口量およびコントロールとして中心咬合位における MRI 撮像を行い，正中矢状面での軟口蓋最上方点から喉頭蓋基底部の気道体積および水平断での軟口蓋最後方点における気道前後径を測定した．

結果：両群とも開口量 0 mm から開口すると呼吸量は増加する傾向にあったが，気道体積には同様の傾向は認められなかった．さらに上気道を上方，下方に分割して検討したところ，開口により変化するのは主に上気道上方であることが示唆された．

結論：開口量による差をはっきり示せない現状では，睡眠時無呼吸症候群に対して口腔内装置による治療を行う際は，開口量の増加に伴う患者の負担なども考慮して必要以上に開口させないことが重要であると考えられた．

和文キーワード

睡眠時無呼吸症候群，最大中間吸気速度，上気道形態，開口量

I. 緒 言

現在，閉塞型睡眠時無呼吸症候群（obstructive sleep apnea syndrome: OSAS）は中高年の男性の 4%，女性の 2%に見られる生活習慣病である^{1,2)}．OSAS は日常生活において昼間の過度の眠気を引き起こし，QOL の低下をまねくだけでなく，過度の眠気による重大な交通事故や心血管系疾患をもたらすともいわれている³⁾．

OSAS の治療法には一般的には経鼻持続陽圧呼吸装置（nasal continuous positive airway pressure: nasal CPAP）療法，外科的療法（舌手術⁴⁾，気管瘻孔形成術（tracheostomy）^{5,6)}，口蓋垂軟口蓋咽頭形成術（uvulo-

palato-pharyngo-plasty: UPPP）⁷⁾，下顎前方移動術（mandibular advancement）⁸⁻¹¹⁾，オトガイ舌骨前方移動術（chin-hyoid advancement）¹²⁾，舌骨上筋切開術（suprahyoid myotomy）^{13,14)}，内科的療法（減量¹⁵⁾，飲酒制限，禁煙），薬物療法¹⁶⁾，睡眠体位の工夫¹⁷⁾，口腔内装置（oral appliance: OA）による歯科的治療があり，それぞれ疾患の重症度により治療法を選択する．外科的療法は重症の患者に対して行われ，内科的療法は軽度および中等度の患者に対して行われる¹⁸⁾．我が国においては，無呼吸低呼吸指数（apnea-hypopnea index: AHI）が 20 以上であれば CPAP が第一選択となり，それ以下であれば OA による治療が推奨されて

九州歯科大学口腔機能学講座顎口腔欠損再構築学分野

Division of Occlusion & Maxillofacial Reconstruction, Department of Oral Function, Kyushu Dental University

受付：2014 年 7 月 16 日／受理：2014 年 10 月 11 日

Received on July 16, 2014/Accepted on October 11, 2014

いるが¹⁹⁾、海外では OA による治療の適応範囲が中等度症例にまで拡大されている^{19,20)}。歯科領域においては、関連医療機関より OA による治療を依頼され、装置を作製することが多い。現在用いられている OA には睡眠中に下顎を前方移動させた状態に保持する下顎前方牽引装置や、舌を前方に保持する舌前方整位装置などがあり、両者とも下顎に連結する舌骨や周囲軟組織を牽引することにより気道の拡大を図るものである²¹⁾。

OSAS は仰臥位において舌や軟口蓋が後退し、上気道が狭窄することにより発症し、特に口蓋咽頭が狭窄する²²⁾。この部位は体位の変化により形態に最も影響を受けやすく²³⁾、仰臥位時に下顎を前方移動することにより、中咽頭の面積が増加することが報告されている^{22,24)}。これまで OSAS 患者に対する OA の治療効果は CPAP 療法の治療効果には劣るものの、AHI や日中傾眠などの症状の改善には十分効果があることが報告されている²⁵⁻²⁷⁾。さらに、OA を製作する際の適正な治療用顎位について、下顎前方移動量や頭位、体位の違いによる上気道形態の変化について検討はされているが^{28,29)}、開口量の違いによる気道体積の変化について検討した研究は数少ない。一般臨床において、患者には就寝中 OA を装着するよう指示を与えているが、OA 装着時の開口量が大きい場合、患者の顎関節および周囲組織への負担も増大し、長時間の使用は非常に難しくなると考えられる。しかしながら、OA による治療効果を最大限発揮させるには最低どのくらいの開口量が必要であるのかは不明である。

本研究の目的は、異なる下顎開口量によって生じる上気道開存度および周囲軟組織の形態の変化を MR 画像にて観察するとともに、最大中間吸気速度 (FIF₂₅₋₇₅) を計測し、OSAS に対し下顎前方牽引装置を OA として製作する際の適切な下顎開口量を検討することにある。なお、本研究は九州歯科大学研究倫理委員会の承認の下に行われた (承認番号 11-35)。

II. 方 法

1. 被験者

本研究の被験者は、九州歯科大学歯学部学生および医療従事者に研究内容を告知し、参加希望者の中から本研究を理解し同意を得た者で顎口腔機能に異常を認めない正常有歯顎者 18 名とした。なお現在矯正中の者および耳鼻咽喉領域に疾患を有する者は除外した。各被験者に 1 晩酸素飽和度モニター (PULSOX-300i: KONICA MINOLTA) を用いて、酸素飽和度低下指数 (Oxygen Desaturation Index: ODI) の測定を行った。ODI は、1 時間当たりの酸素飽和度が 3% 以上低下し

表 1 The data of subjects. (age, BMI, ODI)
被験者情報 (年齢, BMI, ODI)

	low ODI group	high ODI group
age	26.5±3.33	30.2±5.02
BMI	20.8±1.40	27.8±3.81 **
ODI	1.9±1.04	10.2±4.90 **

(** p<0.05)

た回数であり、SAS のスクリーニングに広く利用されている。一般的に ODI $\geq$ 5 の場合 PSG 検査が推奨されている。本研究では、Fietze ら³⁰⁾の研究を参考にして、ODI<5 の者を低 ODI 群、ODI $\geq$ 5 を高 ODI 群としてグループ分けしたところ、低 ODI 群 13 人 (男性 9 人、女性 4 人: 平均年齢 26.5±3.33 歳, BMI 20.8±1.40, ODI 1.9±1.04)、高 ODI 群 5 人 (男性 5 人: 平均年齢 30.2±5.02 歳, BMI 27.8±3.81, ODI 10.2±4.90) であった (表 1)。なお、両群間の年齢に有意差は認められなかった。

2. バイトブロックの製作

まず、各被験者の中心咬合位と下顎最前方位における切歯点の位置より下顎前方移動量を測定し、この距離の半分である下顎位を下顎 50% 前方位として咬合採得を行った。各被験者の上顎スタディモデルを平均値付着板を用いて咬合器 (モービルスペース咬合器, モリタ) に装着後、下顎 50% 前方位における咬合採得記録を介して下顎スタディモデルを咬合器に装着した。この状態を開口量 0 mm とし、咬合器の開閉軸を回転軸として咬合器上の切歯指導釘を 5 mm, 10 mm, 15 mm と挙上させ、それぞれ開口量 5 mm, 10 mm, 15 mm とした。4 種の異なる開口量 (0 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm) におけるスパイロメーター記録用臼歯部バイトブロック (図 1) および MRI 撮像用前歯部バイトブロック (図 2) を、常温重合レジン (プロビナイス, 松風) を用いて製作した。なお、各グループにおける overbite は、低 ODI 群が 2.4±0.91 mm, 高 ODI 群が 2.3±0.75 mm, overjet は、低 ODI 群が 1.5±0.74 mm, 高 ODI 群が 2.1±0.82 mm であった。

3. スパイロメーター

スパイロメーター (スパイロシフト SP-750, フクダ電子) を用いて各開口量における FEF₂₅₋₇₅ および FIF₂₅₋₇₅ の測定を行った。まず各被験者に鼻クリップを装着した状態で仰臥位を指示し、臼歯部バイトブロックを装着した後、4 種の開口量における努力呼吸を各 3 回ず

図 1 The bite-block of the posterior teeth for spirometer.
スパイロメーター記録用の臼歯部バイトブロック

図 2 Set the bite-block of the anterior teeth for MRI.
MRI 撮像用の前歯部バイトブロックを装着した状態

図 3 Recording by spirometer
スパイロメーター記録時の様子

つ行わせて FEF_{25-75} および FIF_{25-75} を測定した。測定順序はランダムとし、各測定間は 1 分間の休憩を設けた。なお、 FEF_{25-75} および FIF_{25-75} の測定結果は同様の傾向を示したため、代表値として FIF_{25-75} の結果について提示することとした (図 3)。

4. MR 画像

各被験者に仰臥位を指示し、前歯部バイトブロックを装着させた状態およびコントロールとして中心咬合位の計 5 種の MR 画像を MRI (EXCELART Vantage powered by Atlas PPP; Toshiba, Japan) を用いて撮像した。なお、撮像条件は専用コイル (Atlas Head

図 4 Measuring points of upper airway in the mid-sagittal view of magnetic resonance image

正中矢状断 MR 画像における上気道の計測基準点

a. The upper point of soft palate, b. The posterior point of soft palate, c. The lower point of soft palate, d. The base point of epiglottis, a-d: upper airway, a-c: upper part of the upper airway, c-d: lower part of the upper airway

a. 軟口蓋最上方点, b. 軟口蓋最後方点, c. 軟口蓋最下点, d. 喉頭蓋基底部, a-d: 上気道, a-c: 上気道上部, c-d: 上気道下部

図 5 Sample MR image of axial view at posterior point of soft palate

軟口蓋最後方点における水平断の MR 画像のサンプル

e: antero-posterior distance of upper airway at the most posterior point of soft palate

e: 気道前後径

SPEEDER, Toshiba, Japan) を用いて、TR25, TE5.5, マトリックス 250×256 , FOV 23×23 , フリップ角 60° , スライス厚 1.5 mm とした。撮像中は頭位の移動を防ぐため強固に固定し、バイトブロック交換時も頭位は固定したまま行った。MRI 撮像後、画像解析ソフト (OsiriX, Pixmeo SARL, Switzerland) を用いて正中矢状面における軟口蓋最上点、軟口蓋最後方点、軟口蓋最下点、喉頭蓋基底部の位置を確認し正中矢状断での上気道体積量 (cm^3) を計測した (図 4)。気道体積に関してまず軟口蓋最上点から喉頭蓋基底部までの体積を求め、次に気道を軟口蓋最上点から軟口蓋最下点と

表 2 Forced inspiratory flow (FIF₂₅₋₇₅) (%) of various jaw openings in two groups when the FIF₂₅₋₇₅ at 0 mm of jaw opening is 100%.

開口量 0 mm における最大中間吸気速度 (FIF₂₅₋₇₅) を 100% にしたときの低 ODI 群および高 ODI 群の FIF₂₅₋₇₅ (%)

opening distance	low ODI group	high ODI group
0mm	100	100
5mm	126.8±43.57	120.9±34.33
10mm	133.1±52.53	122.5±25.34
15mm	138.1±47.25	144.5±25.50

(unit:%) (* p<0.01, ** p<0.05)

表 3 Upper airway volume (%) of various jaw openings in two groups when the volume at centric occlusion is 100%.
中心咬合位における気道体積を 100% としたときの低 ODI 群および高 ODI 群の気道体積 (%)

opening distance	low ODI group	high ODI group
control	100	100
0mm	114.3±13.64	117.4±5.49
5mm	125.1±25.76	122.8±6.89
10mm	121.5±18.21	116.8±13.02
15mm	114.6±23.44	114.7±11.81

(unit:%) (* p<0.01, ** p<0.05)

表 4 Volume of the upper part (%) of various jaw openings in two groups when the volume at centric occlusion is 100%.
中心咬合位における気道体積を 100% としたときの低 ODI 群および高 ODI 群の上気道上方体積 (%)

opening distance	low ODI group	high ODI group
control	100	100
0mm	125.6±19.36	117.9±19.94
5mm	136.5±27.10	151.2±40.84
10mm	132.3±28.70	110.7±23.43
15mm	123.0±25.00	114.0±23.29

(unit:%) (* p<0.01, ** p<0.05)

軟口蓋最下点から喉頭蓋基底部までの 2 つの領域にわけてそれぞれの体積を求めた²³⁾。また正中矢状断画像で決定した軟口蓋最後方点を水平断に投影し、正中における前後径を気道前後径として計測した (図 5)。

5. 統計解析

呼吸機能の観察において得られたデータのうち、開

表 5 Volume of the lower part (%) of various jaw openings in two groups when the volume at centric occlusion is 100%.

中心咬合位における気道体積を 100% としたときの低 ODI 群および高 ODI 群の上気道下方体積 (%)

opening distance	low ODI group	high ODI group
control	100	100
0mm	108.2±21.18	118.4±2.82
5mm	120.7±36.38	112.2±19.81
10mm	118.8±28.47	121.7±29.89
15mm	114.1±34.40	116.3±10.30

(unit:%)

表 6 Antero-posterior distance of upper airway (%) at the most posterior point of soft palate of various jaw openings in two groups when the dimension at centric occlusion is 100%.

中心咬合位における気道前後径を 100% とした低 ODI 群および高 ODI 群の気道前後径 (%)

opening distance	low ODI group	high ODI group
control	100	100
0mm	158.0±71.04	110.9±14.41
5mm	185.7±140.35	127.6±26.66
10mm	177.5±92.75	113.5±16.13
15mm	132.8±78.79	110.4±22.06

(unit:%)

口量 0 mm におけるデータをベースラインとして他の各開口量のデータを百分率で算出した。また、上気道形態の観察において得られたデータのうち、中心咬合位におけるデータをベースラインとして他の各開口量のデータを百分率で算出した。これらのデータについて一元配置分散分析を行った後、各開口量間の比較検討には Tukey 法を用い、低 ODI 群と高 ODI 群間における各開口量での呼吸機能および上気道形態の各データの比較検討には Student's-t-test を用いた。なお、有意水準は 5% とした。

III. 結 果

1. 開口量の違いによる呼吸量の変化

低 ODI 群の FIF₂₅₋₇₅ は、50% 前方位で開口量 0 mm が 2.5±0.54 L/s、開口 5 mm が 3.0±1.04 L/s、開口 10 mm が 3.1±1.12 L/s、開口 15 mm が 3.3±1.33 L/s であった。また、高 ODI 群の FIF₂₅₋₇₅ は、50% 前方位で開口量 0 mm が 2.3±0.78 L/s、開口 5 mm が 2.7±0.84 L/s、開口 10 mm が 2.8±1.07 L/s、開口 15 mm が 3.3

± 1.13 L/s であり、高 ODI 群が低 ODI 群の開口 5 mm における FIF_{25-75} を達成するためには、15 mm の開口が必要であることがわかった。

50%前方位で開口量 0 mm における FIF_{25-75} を 100% とした場合の低 ODI 群および高 ODI 群における開口量との関係を表 2 に示す。低 ODI 群において、開口量の増加に伴い FIF_{25-75} は増加した。また、開口 0 mm と開口 5 mm、開口 0 mm と開口 10 mm、開口 0 mm と開口 15 mm の間に有意差が認められたが、開口 5 mm、開口 10 mm および開口 15 mm の間には有意差は認められなかった。高 ODI 群において、低 ODI 群の場合と同様に、開口量の増加に伴い FIF_{25-75} は増加した。また、開口 0 mm と開口 15 mm の間に有意差が認められたが、開口 5 mm、開口 10 mm および開口 15 mm の間には有意差は認められなかった。

低 ODI 群と高 ODI 群間には有意差は認められなかったが、開口 5 mm、開口 10 mm においては低 ODI 群の方が高く、開口 15 mm では高 ODI 群の方が高かった。

2. 開口量の違いによる上気道形態の変化

1) 軟口蓋最上方点から喉頭蓋基底部の気道体積

低 ODI 群の軟口蓋最上方点から喉頭蓋基底部までの上気道体積は、コントロールが 13.5 ± 3.67 cm³、50%前方位における開口量 0 mm が 15.5 ± 4.58 cm³、開口 5 mm が 16.7 ± 4.49 cm³、開口 10 mm が 16.4 ± 4.70 cm³、開口 15 mm が 15.5 ± 4.70 cm³ であった。また、高 ODI 群の軟口蓋最上方点から喉頭蓋基底部までの気道体積は、コントロールが 11.5 ± 1.99 cm³、50%前方位における開口量 0 mm が 13.5 ± 2.54 cm³、開口 5 mm が 14.1 ± 2.27 cm³、開口 10 mm が 13.6 ± 3.57 cm³、開口 15 mm が 13.0 ± 1.65 cm³ であった。

中心咬合位における軟口蓋最上方点から喉頭蓋基底部までの気道体積を 100%とした場合の低 ODI 群および高 ODI 群における開口量との関係を表 3 に示す。低 ODI 群において、中心咬合位と比較して 50%前方位およびその顎位からの開口で上気道体積は増加し、開口 5 mm が最も高い値を示しそれ以上の開口では減少した。また、コントロールと開口 5 mm およびコントロールと開口 10 mm の間に有意差が認められたが、各開口量間には有意差は認められなかった。高 ODI 群において、中心咬合位と比較して 50%前方位およびその顎位からの開口で上気道体積は増加したが、低 ODI 群と同様に開口 5 mm が最も高い値を示し、それ以上の開口では減少した。また、コントロールと開口 0 mm、コントロールと開口 5 mm およびコントロールと開口 10 mm の間に有意差が認められたが、各開口量間には有意差は認められなかった。

低 ODI 群と高 ODI 群間には有意差は認められなかったが、開口 5 mm、開口 10 mm、開口 15 mm においては低 ODI 群の方が高く、開口 0 mm においては高 ODI 群の方が高かった。

2) 軟口蓋最上方点から軟口蓋最下点の気道体積

低 ODI 群の軟口蓋最上方点から軟口蓋最下点までの気道体積は、コントロールが 6.1 ± 2.32 cm³、50%前方位における開口量 0 mm が 7.6 ± 2.90 cm³、開口 5 mm が 8.0 ± 2.67 cm³、開口 10 mm が 7.7 ± 2.31 cm³、開口 15 mm が 7.2 ± 2.42 cm³ であった。また、高 ODI 群の軟口蓋最上方点から軟口蓋最下点までの気道体積は、コントロールが 3.9 ± 1.51 cm³、50%前方位における開口量 0 mm が 4.5 ± 1.55 cm³、開口 5 mm が 5.5 ± 1.30 cm³、開口 10 mm が 4.1 ± 1.93 cm³、開口 15 mm が 4.2 ± 1.91 cm³ であった。

中心咬合位における軟口蓋最上方点から軟口蓋最下点までの気道体積を 100%とした場合の低 ODI 群および高 ODI 群における開口量との関係を表 4 に示す。低 ODI 群において、中心咬合位と比較して 50%前方位およびその顎位からの開口で気道体積は増加し、開口 5 mm が最も高い値となりそれ以上の開口では減少した。また、コントロールと開口 0 mm、コントロールと開口 5 mm およびコントロールと開口 10 mm の間に有意差が認められたが、各開口量間には有意差は認められなかった。高 ODI 群において、中心咬合位と比較して 50%前方位およびその顎位からの開口で気道体積は増加し、低 ODI 群と同様に開口 5 mm が最も高い値を示しそれ以上の開口では減少した。また、コントロールと開口 5 mm の間に有意差が認められたが、各開口量間には有意差は認められなかった。

低 ODI 群と高 ODI 群間には有意差は認められなかったが、開口 0 mm、開口 10 mm、開口 15 mm においては低 ODI 群の方が高く、開口 5 mm においては高 ODI 群の方が高かった。

3) 軟口蓋最下点から喉頭蓋基底部の気道体積

低 ODI 群の軟口蓋最下点から喉頭蓋基底部までの気道体積は、コントロールが 7.4 ± 2.33 cm³、50%前方位における開口量 0 mm が 7.9 ± 2.50 cm³、開口 5 mm が 8.6 ± 2.56 cm³、開口 10 mm が 8.7 ± 2.80 cm³、開口 15 mm が 8.4 ± 2.99 cm³ であった。また、高 ODI 群の軟口蓋最下点から喉頭蓋基底部までの気道体積は、コントロールが 8.2 ± 0.69 cm³、50%前方位における開口量 0 mm が 9.0 ± 0.83 cm³、開口 5 mm が 8.6 ± 2.00 cm³、開口 10 mm が 9.3 ± 2.75 cm³、開口 15 mm が 8.8 ± 1.16 cm³ であった。

中心咬合位における軟口蓋最下点から喉頭蓋基底部

までの気道体積を 100%とした場合の低 ODI 群および高 ODI 群における開口量との関係を表 5 に示す。低 ODI 群において、中心咬合位と比較して 50%前方位およびその顎位からの開口で気道体積は増加したが、開口 10 mm が最も高い値を示しそれ以上の開口では減少した。また、各開口量間には有意差は認められなかった。高 ODI 群において、中心咬合位と比較して 50%前方位およびその顎位からの開口で気道体積は増加したが、開口 10 mm が最も高い値を示してそれ以上の開口では減少した。また、各開口量間にも有意差は認められなかった。

低 ODI 群と高 ODI 群間には有意差は認められなかったが、開口 5 mm においては低 ODI 群の方が高く、開口 0 mm、開口 10 mm、開口 15 mm においては高 ODI 群の方が高かった。

以上のことから開口により体積変化が生じるのは、気道上方であることが確認された。

3. 開口量の違いによる気道前後径の変化

低 ODI 群の気道前後径は、コントロールが 0.6 ± 0.31 mm、50%前方位における開口量 0 mm が 0.8 ± 0.30 mm、開口 5 mm が 0.8 ± 0.34 mm、開口 10 mm が 0.8 ± 0.35 mm、開口 15 mm が 0.7 ± 0.32 mm であった。また、高 ODI 群の気道前後径は、コントロールが 0.6 ± 0.21 mm、50%前方位における開口量 0 mm が 0.7 ± 0.19 mm、開口 5 mm が 0.8 ± 0.29 mm、開口 10 mm が 0.7 ± 0.19 mm、開口 15 mm が 0.7 ± 0.25 mm であった。

中心咬合位における気道前後径を 100%とした場合の低 ODI 群および高 ODI 群における開口量との関係を表 6 に示す。低 ODI 群において、下顎を 50%前方にすることにより気道前後径は増加したが、開口量の増加に伴う気道前後径の増加や減少は認められず、各開口量間にも有意差は認められなかった。高 ODI 群において、低 ODI 群の場合と同様に、下顎を 50%前方にすることにより気道前後径は増加したが、開口量の増加に伴う気道前後径の増加や減少は認められず、各開口量間にも有意差は認められなかった。

低 ODI 群と高 ODI 群間には有意差は認められなかったが、開口 0 mm、開口 5 mm、開口 10 mm、開口 15 mm において低 ODI 群の方が高かった。

IV. 考 察

1. ODI を用いたグループ分けについて

本研究では、各被験者に対し 1 晩の ODI 測定を行った後、一般的に $ODI \geq 5$ の場合には PSG 検査が推奨されていることから、今回は $ODI = 5$ をカットオフ値とし

て^{31,32)} 低 ODI 群と高 ODI 群にグループ分けした。通常 OSAS の診断には専門医療機関において PSG 検査を行い確定診断を行うが、専門機関での検査は時間を要することと、家庭での検査の方が専門機関での検査に比べ実際の睡眠状況を正確に反映できるともいわれている³³⁾ ため、本研究では ODI 測定を用いてグループ分けを行った。ODI 検査は検査にかかる経費が削減でき、利便性も良く、装置も小さいため、睡眠の質も良好といわれている³⁴⁾。

2. 下顎前方移動距離について

日常臨床において OA を製作する際の下顎前方移動距離は、中心咬合位から下顎最前方位までの距離の 50%～80%の下顎前方位が利用されている。本研究では、下顎 50%前方位と下顎 75%前方位で気道体積の変化を比較した結果、効果が変わらないという Tsuda ら³⁵⁾ の報告を参考に、下顎 50%前方位において測定を行った。

3. 開口量と呼吸量との関係

OA 装着時の睡眠中における呼吸は安静時呼吸であり、スパイロメーター測定では覚醒時の努力呼吸であることから実際の臨床とは異なるが、過去のスパイロメーターを用いた OA に関する研究において、下顎を前方位にすることにより $F_{EF_{25-75}}$ と $F_{IF_{25-75}}$ が増加するとの報告^{3,36,37)} があったことから、本研究においても、開口量の変化が呼吸量に影響を及ぼすか否かについてスパイロメーターを用いて検討することとした。また、これまでに OA による治療効果を検討した研究において使用されている開口量は 7～15 mm であったことから³⁶⁻³⁸⁾、本研究では、開口量を 0 mm、5 mm、10 mm、15 mm と変化させて開口量と呼吸量との関係について検討した。その結果、低 ODI 群および高 ODI 群ともに開口量の増加に伴い $F_{IF_{25-75}}$ は有意に増加したが、各開口量間に有意差は認められなかった。また、両群間においても呼吸量の変化に有意差は認められなかった。

4. 開口量と気道形態

Bucca ら³⁹⁾ は、 $F_{IF_{25-75}}$ は上気道開存の指標として用いることができると報告しており、本研究において開口量の増加に伴い呼吸量が増加したことから、気道形態計測前には、開口量の増加に伴い気道の開存は増加することが予測された。軟口蓋最上方点から喉頭蓋基底部の気道形態の変化を観察するために、全被験者に対して MRI 撮像後に上気道の 2 次元および 3 次元画像より気道形態について検討した。下顎開口と気道狭窄との関連性について検討したこれまでの研究において、Kuna ら⁴⁰⁾ は、開口することにより下顎が後退し、中咽

頭径が減少すると報告している。また L'Estrange ら⁴¹⁾ は、下顎を最大まで開口させると、舌と軟組織が後退して中咽頭が狭窄すると報告している。そこで本研究では中咽頭部に位置している組織の中で最も気道が狭窄しうる部位として Zhang ら²³⁾ の報告を参考に軟口蓋最後方点を基準点とした。Meurice ら⁴²⁾ は、睡眠中の上下顎切歯間距離が 15 mm 開口すると中咽頭が狭窄するとの報告している。一方、Pitsis ら⁴³⁾ は OA の治療効果について検討し、開口量 4 mm と 14 mm の OA にて検討したところ効果の違いは認められなかったが、開口量 4 mm の OA の方が使用感は優れており、患者のコンプライアンスが良いと報告している。George⁴⁴⁾ は口腔内装置の下顎開口量は骨格により決定すると報告している。今回我々の研究において、軟口蓋最上方点から喉頭蓋基底部の気道体積は、とくに軟口蓋最上方点から軟口蓋最下点までの上気道上方部において両群とも中心咬合位から下顎を前方位にすることにより増加し、開口量 5 mm が最も高い値となりそれ以上開口させるとかえって減少する傾向が認められた。過去に OSAS の原因である気道閉塞は中咽頭で起こるとの報告があるが²³⁾、本研究においても同様に体積変化に関係しているのは上気道上方であるとの結果を得た。また、気道前後径について検討したところ、下顎を前方に移動することにより気道前後径は増加傾向を示すが、開口量を変化することによる影響は認められなかったことから、今後、開口量と気道前後径との関連性について観察する際には、基準点についてもう少し検討する必要があるかもしれない。また、両群間においても気道形態の変化に有意差は認められなかった。

以上のことから、呼吸量、気道の形態ともに共通して咬合挙上した開口量 5 mm, 10 mm, 15 mm 間で有意差を示すことはできなかった。しかしながら、過度の開口は下顎後方回転および口蓋帆挙筋や口蓋帆張筋の過緊張により中咽頭の狭窄を引き起こすことが考えられ^{41, 42)}、OA 装着における開口量は必要以上に大きく開口させないことが重要であると考えられる。

なお本研究では、覚醒時で行われたため睡眠時の正確な状況を再現していないこと、被験者は実際の患者ではないこと、被験者の選択に関して、研究内容をあらかじめ告知していたことから OSAS に対するある程度の自覚や不安がある被験者が多く集まった傾向にあり一般集団と比較して高 ODI 群の確率が高くなった可能性があること、グループ分けに関しても ODI によるスクリーニングのみであること、低 ODI 群と比較して高 ODI 群の被験者が少なく男女比も異なっていることなど、両群の比較検討を行うには種々のバイアスがあ

ることを考慮しなければならない。今後、睡眠中のデータや被験者の数を増やした研究を行っていく必要があると考える。

V. 結 論

本研究では OA の適切な下顎開口量について検討を行った。結果より呼吸量、気道の形態ともに共通して咬合挙上した開口量 5 mm, 10 mm, 15 mm 間で有意な差を示すことはできなかった。

開口量による差をはっきり示せない現状では、睡眠時無呼吸症候群に対して口腔内装置による治療を行う際は、開口量の増加に伴う患者の負担なども考慮して必要以上に開口させないことが重要であると考えられた。

文 献

- 1) 榊原博樹. 睡眠時無呼吸症候群の診断と治療. 日内会誌 2004; 93: 1069-1076.
- 2) Young T, Palta M, Dempsey J, Skatrud J, Weber S, Badr S. The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *N Engl J Med* 1993; 328: 1230-1235.
- 3) Zhang W, Masumi S, Makiyama E, Tanaka T, Morimoto Y. Effects of jaw, head and body positions on upper airway dimensions and maximum forced inspiratory airflow. *J Kyushu Dent Soc* 2009; 63: 8-17.
- 4) Lapidot A, Ben-Hur N. Fastening the base of the tongue forward to the hyoid for relief of respiratory diseases in Pierre Robin syndrome. *Plast Reconstr Surg* 1975; 56: 89-91.
- 5) Weitzman ED, Kahn E, Pollak CP. Quantitative analysis of sleep and sleep apnea before and after tracheostomy in patients with hypersomnia-sleep apnea syndrome. *Sleep* 1980; 3: 407-423.
- 6) Conway WA, Victor LD, Magilligan DJ Jr, Fujita S, Zorick FJ, Roth T. Adverse effect of tracheostomy for sleep apnea. *J Am Med Assoc* 1981; 246: 347-350.
- 7) Fujita S, Conway W, Zorick F, Roth T. Surgical correlation of anatomic abnormalities in obstructive sleep apnea syndrome: uvulopalatopharyngoplasty. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1981; 89: 923-934.
- 8) Kuo PC, West RA, Bloomquist DS, McNeil RW. The effect of mandibular osteotomy in three patients with hypersomnia sleep apnea. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1979; 48: 385-392.
- 9) Bear SE, Priest JH. Sleep apnea syndrome: correction with surgical advancement of the mandible. *J Oral Surg* 1980; 38: 543-549.
- 10) Powell N, Guilleminault C, Riley R, Smith L. Mandibular advancement and obstructive sleep apnea syndrome. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1983; 19: 607-610.
- 11) Spire JP, Kuo PC, Campbell N. Maxillofacial surgical approach: an introduction and review of mandibular advancement. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1983; 19: 604-606.
- 12) Riley R, Guilleminault C, Powell N, Derman S. Mandibular osteotomy and hyoid advancement for obstructive sleep apnea: a case report. *Sleep* 1984; 7: 79-82.
- 13) Ellis E 3rd, Carlson DS. Stability two years after mandibu-

- lar advancement with and without suprahyoid myotomy: an experimental study. *J Oral Maxillofac Surg* 1983; 41: 426-437.
- 14) Riley RW, Powell NB, Guilleminault C, Nino-Murcia G. Maxillary, mandibular, and hyoid advancement: an alternative to tracheostomy in obstructive sleep apnea syndrome. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1986; 94: 584-588.
- 15) Harman EM, Wynne JW, Blick AJ. The effect of weight loss on sleep-disordered breathing and oxygen desaturation in morbidly obese men. *Chest* 1982; 82: 291-293.
- 16) White DP, Zwillich CW, Pickett CK, Douglas NJ, Findley LJ, Weil JV. Central sleep apnea. Improvement with acetazolamide therapy. *Arch Intern Med* 1982; 142: 1816-1819.
- 17) Cartwright RD. Effect of sleep position on sleep apnea severity. *Sleep* 1984; 7: 110-114.
- 18) 鱒見進一. 睡眠時無呼吸症候群と歯科. 九州歯会誌 2004; 58: 33-42.
- 19) Kushida CA, Morgenthaler TI, Littner MR, Alessi CA, Bailey D, Coleman J Jr, et al. American Academy of Sleep. Practice parameters for the treatment of snoring and obstructive sleep apnea with oral appliances: an update for 2005. *Sleep* 2006; 29: 240-243.
- 20) Kathleen A, Ferguson MD, Cartwright R, Rogers R, Wolfgang S. Oral appliances for snoring and obstructive sleep apnea: a review. *Sleep* 2006; 29: 244-262.
- 21) 鱒見進一, 植原絵理. 睡眠時無呼吸症候群に対する歯科の役割と間接法による歯科的装置の製作法. 歯科技工 2004; 32: 1084-1095.
- 22) Tsuiji S, Almeida FR, Bhalla PS, Lowe AA, Fleetham JA. Supine-dependent changes in upper airway size in awake obstructive sleep apnea patients. *Sleep Breath* 2003; 7: 43-50.
- 23) Zhang, W, Song X, Masumi S, Tanaka T, Zhu Q. Effects of head and body positions on 2- and 3-dimensional configuration of the oropharynx with jaw protruded: a magnetic resonance imaging study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 111: 778-784.
- 24) Jan MA, Marshall I, Douglas NJ. Effect of posture on upper airway dimensions in normal human. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 145-148.
- 25) O'Sullivan RA, Hillman DR, Mateljan R, Pantin C, Flinucane KE. Mandibular advancement splint: an appliance to treat snoring and obstructive sleep apnea. *Am. J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 194-198.
- 26) Kathleen A, Ono T, Alan A, Sean P, John A. 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: 1269-1275.
- 27) Clark GT, Blumenfeld I, Yoffe N, Peled E, Lavie P. A crossover study comparing the efficacy of continuous positive airway pressure with anterior mandibular positioning devices on patients with obstructive sleep apnea. *Chest* 1996; 109: 1477-1483.
- 28) Tsuiji S, Almeida FR, Lowe AA, Su J, Fleetham JA. The interaction between changes in upright mandibular position and supine airway size in patients with obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128: 504-512.
- 29) 津田緩子, 鱒見進一. 閉塞型睡眠時無呼吸症候群の口腔内装置に有効な下顎位および体位の検討. 補綴誌 2005; 49: 736-743.
- 30) Fietze I, Dingli K, Diefenbach K, Douglas NJ, Glos M, Tallafuss M, et al. Night-to-night variation of the oxygen desaturation index in sleep apnoea syndrome. *Eur Respir J* 2004; 24: 987-993.
- 31) Stooh R, Bingham A, Itoi A, Guilleminault C, Dement W. Sleep and sleep-disordered breathing in commercial long-haul truck drivers. *Chest* 1995; 107: 1275-1282.
- 32) Douglas NJ, Thomas S, Jan MH. Clinical value polysomnography. *Lancet* 1992; 339: 347-350.
- 33) Kingshott RN, Douglas NJ. The effect of in-laboratory polysomnography on sleep and objective daytime sleepiness. *Sleep* 2000; 23: 1109-1113.
- 34) Whittle AT, Finch SP, Mortimore IL, Mackay TW, Douglas NJ. Use of home sleep studies for diagnosis of the sleep apnoe/hypopnoea syndrome. *Thorax* 1997; 52: 1068-1073.
- 35) Tsuda H, Tsuda T, Masumi S. Effect of a jaw position on forced maximum inspiratory airflow in normal Japanese subjects and in Japanese patients with sleep apnea syndrome. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 25-30.
- 36) Masumi S, Nishigawa K, Williams AJ, Yan-Go FL, Clark GT. Effect of a jaw position and posture on forced inspiratory airflow in normal subjects and patients with obstructive sleep apnea. *Chest* 1996; 109: 1484-1489.
- 37) Sxhmidt-Nowara WW, Meade TE, Hays MB. Treatment of snoring and obstructive sleep apnea with a dental orthosis. *Chest* 1991; 99: 1378-1385.
- 38) Knudson RC, Meyer JB Jr, Montalvo R. Sleep apnea prosthesis for dentate patients. *Chest* 1992; 68: 109-111.
- 39) Bucca C, Ciolin A, Brussio L, Arienti A, Graziano A, Erovigni F, et al. Tooth loss and obstructive sleep apnea. *Respir Res* 2006; 7: 8. doi: 10.1186/1465-9921-7-8
- 40) Kuna ST, Remmers JE. Neural and anatomic factors related to upper airway occlusion during sleep. *Med Clin North Am* 1985; 69: 1221-1242.
- 41) L'estrage PR, Battagel JM, Harkness B, Spratley MH, Nolan PJ, Jorgensen GI. A method of studying adaptive changes of the oropharynx to variation in mandibular position in patients with obstructive sleep apnoea. *J. Oral Rehabil* 1996; 23: 699-711.
- 42) Meurice JC, Mark I, Carrier G, Series F. Effect of mouth opening on upper airway collapsibility in normal sleeping subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153: 255-259.
- 43) 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: 860-864.
- 44) George PT. Selecting sleep-disordered-breathing appliances. Biomechanical considerations. *J Am Dent Assoc* 2001; 132: 339-347.

著者連絡先: 西川 葵
〒803-8580
福岡県北九州市小倉北区真鶴2-6-1
TEL: 093-582-1131
FAX: 093-582-1139
E-mail: r10yamaguma@fa.kyu-dent.ac.jp

Evaluation of appropriate jaw opening by an oral appliance for patients with obstructive sleep apnea syndrome

Aoi Nishikawa, DDS, Eri Makihara, DDS, PhD and Shin-ichi Masumi, DDS, PhD

Division of Occlusion & Maxillofacial Reconstruction, Department of Oral Function, Kyushu Dental University

Ann Jpn Prosthodont Soc 7: 46-54, 2015

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to evaluate an appropriate jaw opening by an oral appliance for patients with obstructive apnea syndrome.

Methods: Eighteen normal dentulous subjects without stomatognathic function were enrolled in this study. The subjects were divided into two groups (low ODI group: 13, high ODI group: 5) by Oxygen Desaturation Index (ODI) (cut-off score=5). To assess the changes in ventilation, the forced inspiratory flow (FIF_{25-75}) was measured using a spirometer for four kinds of jaw opening (0 mm, 5 mm, 10 mm and 15 mm) with the position of 50% jaw protrusion. The airway morphology of all the subjects was also imaged by magnetic resonance imaging for the same four kinds of jaw opening and centric occlusion as a control. The upper airway volume from the upper point of the soft palate to the base point of the epiglottis and the antero-posterior distance of the upper airway at the most posterior point of the soft palate were measured and evaluated.

Results: Although FIF_{25-75} increased with jaw opening in both groups, a similar tendency for airway volume was not observed. There was no statistically significant difference between the two groups. In addition, the volume change of the upper airway occurred mainly at the upper part.

Conclusions: It is suggested that it is better to decrease unnecessary jaw opening to reduce discomfort for OSAS patients.

Key words

obstructive sleep apnea syndrome, forced inspiratory flow, upper airway volume, jaw opening