骨格性下顎前突症における顎矯正手術前後の 咽頭気道形態の変化

—下顎骨後退術と上下顎移動術の比較—

河野賢二 井川加織 高森晃一
黒川英雄 迫田隅男

Morphological Changes in Pharyngeal Airway Space after Mandibular Setback Surgery with and without Le Fort I Osteotomy in skeletal Class III Patients

KENJI KOUNO, KAORI IGAWA, KOICHI TAKAMORI,
HIDEO KUROKAWA and SUMIO SAKODA

Abstract

The purpose of this study was to compare the changes in pharyngeal airway space after mandibular setback surgery with those after two-jaw surgery in skeletal Class III patients. Subjects were selected from consecutive patients with Class III patients treated with orthognathic surgery, and divided into two groups: 13 patients received mandibular setback surgery (MS group) and 8 patients received two-jaw surgery (TW group). First, jaw relationship, head posture, tongue position and pharyngeal airway space were compared between two lateral cephalograms taken before surgery (T0) and one or more year after surgery (T1) in each group. Then, the surgical changes occurring from T0 to T1 (T1-T0) were calculated and statistically compared between the two groups. As a result, jaw relationships were improved significantly in both groups after the surgery since ANB increased from T0 to T1 in both groups, 5.3 degrees in the MS group and 7.1 degrees in the TW group, respectively. The head posture and tongue position did not appear to change significantly due to the surgical intervention between the two groups. The palatal pharyngeal space increased significantly in the TW group, while there was no significant post-operative difference in the

MS group. On the contrary, the superior posterior pharyngeal space and middle pharyngeal space decreased significantly in the MS group, while there was no significant post-operative difference in the TW group. All these changes showed significant differences between the two groups. On the other hand, the epiglottic pharyngeal space decreased in both groups, and the ratio was smaller in the TW group than in the MS group. In conclusion, our results indicated that two-jaw surgery actually seems to improve the jaw relationship compared to mandibular setback surgery, while the pharyngeal airway space behind the soft palate is maintained and middle airway space except for those is not narrower than in mandibular setback surgery. Also, the results suggest we have to take into consideration that the pre-operative pharyngeal airway, as well as facial pattern and stability after surgery, affects the post-surgical course in orthognathic surgery of skeletal Class III patients though narrowing of the pharyngeal airway space did not cause breathing disorders.

Key words: Pharyngeal airway (咽頭気道), Orthognathic surgery (顎矯正手術), skeletal Class III (骨格性下顎前突)

[Received Jul. 20, 2006]

緒 言

骨格性下顎前突症における顎矯正手術では顔貌や咬合は改善するが、それに伴って咽頭気道は狭窄し、さらに咽頭気道腔は舌や舌骨、頭位の変化によって影響を受けていると報告されている¹⁻⁶⁾。また、下顎骨後退術後の咽頭気道の狭窄が著しいと、呼吸障害の原因となりうると指摘されている⁷⁾。

骨格性下顎前突症における顎矯正手術では、下顎枝矢状分割術による下顎骨の後退と、Le Fort I 型骨切り術による上顎骨の前方移動を併用した上下顎移動術がよく行われる。これらの術前後の顔貌や咬合の変化、術後の安定性について調査した報告は比較的多く認める^{8,9)}が、咽頭気道の長期的変化について比較した報告は少ない。

そこで本研究では、骨格性下顎前突症患者で下顎骨後退術を単独で行った症例と上下顎移動術を行った症例の手術前後の顎顔面骨格と咽頭気道、咽頭気道に影響する部位の変化を調査し、術式による咽頭気道の変化の違いを明らかにすることを目的とした。

対 象

対象は宮崎大学医学部附属病院歯科口腔外科において、骨格性下顎前突症と診断され、著しい非対称 (Me の偏位が 3 mm 以上) や開咬 (overbite が負の値のもの)、唇顎口蓋裂などの先天異常を認めず、下顎骨の後方移動量もしくは上顎骨の前方移動量と下顎骨の後方移動量の合計が 10mm 以上であったもののうち、手術後 1 年以上経過していた 21 例である。このうち、下顎骨後退術を単独で施行していた患者 (以下、下顎骨後退群) は 13 例 (男: 8 名, 女: 5 名) で、上顎骨前方移動術を併用したもの (以下、上下顎移動群) は 8 例 (男: 4 名, 女: 4 名) であった。なお、術前後の側面頭部 X 線規格写真 (以下、セファロ) において、第二頸椎の傾斜が 2.5° 以上変化していたものについては、頭位による咽頭気道への影響が大きいとして対象からあらかじめ除外した。

上顎骨前方移動術は Le Fort I 型骨切り術 (Obwegeser 法) で、移動方向は垂直的移動や回転は含まず前方移動のみ行った。骨切り部の固定は、第一大臼歯部と犬歯部の上方で L 字型吸収性プレート (FIXSORB-MX, L-REG) と 4 本の吸収性ミニスクリュー (FIXSORB-MX, PS208) をそ

れぞれ使用して、左右 4 箇所の上顎骨を固定した。下顎骨後退術は下顎枝矢状分割術 (Dal Pont-Obwegeser 法) で、骨片は直線型吸収性プレート (FIXSORB-MX, PA4S) と 4 本の吸収性ミニスクリュー (FIXSORB-MX, PS208) を左右それぞれに使用して Rigid な固定とした。顎間固定は、咬合スプリントを併用し、ワイヤーで術後 1 週間行い、その後約 3 か月間にわたり顎間ゴムを使用するように指示した。

資料として、術直前 (以下、T0) と術後 1 年以上経過した時点 (以下、T1) で撮影されたセファロを用いた。T0 時の年齢は下顎骨後退群が平均 18 歳 5 か月、上下顎移動群が平均 18 歳 6 か月で、T1 時は下顎骨後退群が平均 20 歳 3 か月、上下顎移動群が平均 19 歳 10 か月であった。また、下顎骨後退群の下顎骨の後方移動量は平均 10.4 ± 1.0mm で、上下顎移動群の上顎骨の前方移動量は平均 4.1 ± 0.5mm、下顎骨の後方移動量は平均 8.1 ± 1.4mm であった (Table 1)。セファロの撮影は座位で行い、フランクフルト平面を床に平行に固定した。撮影中は鼻呼吸で舌を安静位にし、中心咬合位をとるように設定した。

方 法

1. セファロの計測

各時点のセファロから、それぞれ透写図を作成し、顎顔面骨格および咽頭気道に影響する項目と咽頭気道幅径を計測した。計測項目は 15 項目で、以下に示す (Fig. 1)。

1) 顎顔面骨格の角度計測 (°)

- ① ∠ SNA
- ② ∠ SNB
- ③ ∠ ANB
- ④ ∠ MP-FH

2) 咽頭気道に影響する部位 角度計測 (°)

⑤ ∠ OPT-SN: 第二頸椎後方部の最上点と最下点とを結んだ線が SN 平面と交わる角度

⑥ ∠ HSN: S を中心に舌骨の最下点 (H) と N の間にできる角度

⑦ SP-angle: 上顎骨最後方点と軟口蓋最下点 (PSP) とを結んだ線が FH 平面に交わる角度

距離計測 (mm)

⑧ S-H: S から H までの距離

Table 1 Backgrounds of the both groups

	Age at T0	Age at T1	Maxillary (advancement)	Mandibular (setback)
MS group (n = 13)	18Y5M	20Y3M	—	10.4 ± 1.0mm
TW group (n = 8)	18Y6M	19Y10M	4.1 ± 0.5mm	8.1 ± 1.4mm

MS: mandibular setback surgery, TW: two jaw surgery

⑨ C3-H : 第三頸椎前方部の最下点から H までの距離

⑩ D1 : FH 平面に垂直な線に投影した PNS から舌背までの距離

3) 咽頭気道幅径の計測 (mm)

本計測は, Mochida ら¹⁰⁾ に準じて行った。

Fig. 1 Measurements on the lateral cephalogram

① $\angle$ SNA($^{\circ}$), ② $\angle$ SNB($^{\circ}$), ③ $\angle$ ANB($^{\circ}$), ④ $\angle$ MP-FH($^{\circ}$), ⑤ $\angle$ OPT-SN($^{\circ}$), ⑥ $\angle$ HSN($^{\circ}$), ⑦SP-angle($^{\circ}$), ⑧S-H(mm), ⑨C3-H (mm), ⑩D1 (mm), ⑪PPS (mm), ⑫SPPS (mm), ⑬MPS (mm), ⑭IPS (mm), ⑮EPS (mm)

⑪ Palatal pharyngeal space (PPS) : PNS を通る FH 平面と平行な線上における PNS と咽頭後壁との距離

⑫ Superior posterior pharyngeal space (SPPS) : PNS と PSP の中点を通る FH 平面と平行な線上における軟口蓋と咽頭後壁との距離

⑬ Middle pharyngeal space (MPS) : PSP を通る FH 平面と平行な線上における PSP と咽頭後壁との距離

⑭ Inferior pharyngeal space (IPS) : 第二頸椎前方部の最下点を通る FH 平面と平行な線上における舌と咽頭後壁との距離

⑮ Epiglottic pharyngeal space (EPS) : 咽頭蓋先端を通る FH 平面と平行な線上における舌と咽頭後壁の距離

2. 分析方法

1) 各群における T0 時から T1 時の変化の比較

下顎骨後退群および上下顎移動群におけるそれぞれの T0 時と T1 時の計測値を比較し, 差の有意性を paired t-test によって検定した。

2) T0 時から T1 時における変化量の両群間の比較

各群における T0 時から T1 時の変化量 (T1-T0) を算出し, その変化量を両群間で比較した。また, 差の有意性を unpaired t-test によって検定した。

結 果

顎顔面骨格の計測では, 下顎骨後退群における T1 時の計測値は T0 時と比較して, $\angle$ SNB が 5.3° 減少し, $\angle$

Table 2 Comparison of measurements between at T0 and T1 on each group

	MS group(n = 13, mean $\pm$ S. D.)			TW group(n = 8, mean $\pm$ S. D.)		
	T0	T1	t-test	T0	T1	t-test
$\angle$ SNA($^{\circ}$)	79.8 $\pm$ 3.0	79.8 $\pm$ 3.1	NS	76.9 $\pm$ 5.0	80.1 $\pm$ 4.5	**
$\angle$ SNB($^{\circ}$)	84.9 $\pm$ 3.5	79.6 $\pm$ 4.0	**	82.3 $\pm$ 7.5	78.3 $\pm$ 5.8	**
$\angle$ ANB($^{\circ}$)	-5.1 $\pm$ 2.0	0.2 $\pm$ 1.9	**	-5.4 $\pm$ 3.9	1.8 $\pm$ 2.1	**
$\angle$ MP-FH($^{\circ}$)	27.1 $\pm$ 4.8	29.9 $\pm$ 4.3	**	29.6 $\pm$ 9.5	29.4 $\pm$ 7.2	NS
$\angle$ OPT-SN($^{\circ}$)	99.5 $\pm$ 7.5	99.8 $\pm$ 7.7	NS	98.7 $\pm$ 12.1	99.2 $\pm$ 12.5	NS
$\angle$ HSN($^{\circ}$)	89.4 $\pm$ 3.6	90.7 $\pm$ 3.5	*	90.4 $\pm$ 7.3	90.9 $\pm$ 7.3	NS
SP-angle($^{\circ}$)	57.2 $\pm$ 6.8	52.3 $\pm$ 6.4	**	59.4 $\pm$ 9.6	51.7 $\pm$ 7.2	**
S-H(mm)	118.6 $\pm$ 8.9	120.0 $\pm$ 10.6	NS	121.7 $\pm$ 5.1	123.1 $\pm$ 5.1	NS
C3-H(mm)	41.2 $\pm$ 6.5	40.2 $\pm$ 7.0	**	41.1 $\pm$ 3.9	40.8 $\pm$ 3.7	NS
D1(mm)	16.9 $\pm$ 6.0	11.7 $\pm$ 3.4	**	19.1 $\pm$ 3.8	14.4 $\pm$ 1.1	*
PPS(mm)	26.6 $\pm$ 3.3	26.9 $\pm$ 3.1	NS	24.9 $\pm$ 3.4	29.5 $\pm$ 3.8	**
SPPS(mm)	15.9 $\pm$ 2.5	12.2 $\pm$ 2.8	**	13.7 $\pm$ 2.9	13.8 $\pm$ 3.0	NS
MPS(mm)	14.5 $\pm$ 2.5	11.4 $\pm$ 2.7	**	14.7 $\pm$ 1.8	14.3 $\pm$ 2.4	NS
IPS(mm)	18.9 $\pm$ 5.2	14.2 $\pm$ 4.7	**	17.3 $\pm$ 3.2	14.2 $\pm$ 2.2	**
EPS(mm)	18.1 $\pm$ 5.3	14.0 $\pm$ 5.0	**	16.8 $\pm$ 3.2	15.4 $\pm$ 3.0	**

NS: not significant, *: p < 0.05, **: p < 0.01

MS: mandibular setback surgery

TW: two jaw surgery

Table 3 Comparison of the differences from T0 to T1 (T1-T0) between two groups

	MS group	TW group	
	(n = 13, mean $\pm$ S. D.)	(n = 8, mean $\pm$ S. D.)	t-test
$\angle$ SNA($^{\circ}$)	0.0 $\pm$ 0.2	3.3 $\pm$ 1.1	**
$\angle$ SNB($^{\circ}$)	-5.3 $\pm$ 1.0	-3.9 $\pm$ 2.0	*
$\angle$ ANB($^{\circ}$)	5.3 $\pm$ 0.9	7.2 $\pm$ 2.1	*
$\angle$ MP-FH($^{\circ}$)	2.8 $\pm$ 2.1	-0.3 $\pm$ 3.0	*
$\angle$ OPT-SN($^{\circ}$)	0.2 $\pm$ 1.2	0.5 $\pm$ 1.4	NS
$\angle$ HSN($^{\circ}$)	1.3 $\pm$ 1.9	0.5 $\pm$ 2.2	NS
SP-angle($^{\circ}$)	-4.8 $\pm$ 3.3	-7.7 $\pm$ 2.8	NS
S-H(mm)	1.4 $\pm$ 3.1	1.4 $\pm$ 1.7	NS
C3-H(mm)	-1.1 $\pm$ 1.2	-0.3 $\pm$ 1.5	NS
D1(mm)	-5.2 $\pm$ 4.4	-4.7 $\pm$ 3.9	NS
PPS(mm)	0.3 $\pm$ 1.0	4.6 $\pm$ 0.7	**
SPPS(mm)	-3.7 $\pm$ 1.6	0.1 $\pm$ 0.8	**
MPS(mm)	-3.1 $\pm$ 1.6	-0.4 $\pm$ 0.9	**
IPS(mm)	-4.8 $\pm$ 2.6	-3.1 $\pm$ 1.7	NS
EPS(mm)	-4.1 $\pm$ 2.2	-1.4 $\pm$ 1.1	**

NS: not significant, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

MS: mandibular setback surgery

TW: two jaw surgery

ANB と $\angle$ MP-FH がそれぞれ 5.3° と 2.8° となり有意に増加していた。上下顎移動群では $\angle$ SNA が 3.3° 増加し、 $\angle$ SNB が 3.9° 減少して、 $\angle$ ANB が 7.2° と有意に増加していた (Table 2, 3)。両群間の変化量では上下顎移動群が下顎骨後退群に比べ、 $\angle$ SNA と $\angle$ ANB で有意に大きく、 $\angle$ SNB と $\angle$ MP-FH で有意に小さかった (Table 3)。

頸椎と舌、軟口蓋に関する計測では、下顎骨後退群における T1 時の計測値は、T0 時と比較して $\angle$ HSN が増加し、C3-H と D1, SP-angle が減少していた。上下顎移動群では、D1 と SP-angle が減少していた (Table 2)。両群間の変化量ではすべての項目で有意な差は認めなかった (Table 3)。

咽頭気道幅径の計測では、下顎骨後退群における T1 時の計測値は、T0 時と比較して SPPS と MPS, IPS, EPS がそれぞれ 3.7mm, 3.1mm, 4.8mm, 4.1mm と有意に減少していた。

上下顎移動群では、PPS が 4.6mm 増加し、IPS と EPS がそれぞれ 3.1mm と 1.4mm となり有意に減少していた (Table 2)。PPS における両群間の変化量の比較は、下顎骨後退群で変化がなかったのに対し、上下顎移動群では有意に増加し、その変化は両群間で有意に異なっていた。また、SPPS と MPS においては、下顎骨後退群では減少していたのに対して、上下顎移動群では変化がなく、その変化は両群間で有意に異なっていた。EPS においては両群ともに減少していたが、上下顎移動群の減少量は下顎骨後

退群に比べ有意に小さかった (Table 3)。

考 察

これまで、下顎骨後退術後の咽頭気道の狭窄については多く報告されている¹⁻⁶⁾。閉塞性睡眠時無呼吸症候群 (以下 OSA) は咽頭腔の狭窄により発症する¹¹⁾ ことから、下顎骨後退術後に OSA が悪化したとする報告もある^{7, 12)}。下顎骨の後方移動量が大きいとその狭窄量も増えるため^{3, 13)}、重度の骨格性下顎前突症ではその危険性が増加することは明らかである。一方、重度の骨格性下顎前突症では術後安定性や顔貌、下顎骨の後退量の大きさなどから上顎骨前方移動術が併用され、下顎骨後退術単独の治療と比較される^{8, 9)} が、咽頭気道の変化について両者を比較したものは少ない。

本研究では顎骨の相対的な移動量が 10mm 以上の重度の骨格性下顎前突症例を選択したところ、顔面骨格では、上下顎移動群が下顎骨後退群に比べ、下顎骨の後方移動量が小さかったが、上顎骨は前方移動して、手術による上下顎骨の相対的な前後関係の改善度は大きかった。

頭位は舌骨の位置や咽頭気道腔に影響を与えるとされ¹⁴⁾、下顎骨後退術後には、狭窄した咽頭気道を確保するために頸椎が補償的に変化するため、自然頭位で頸椎の変化を含めて調査した報告⁴⁾ が認められる。一方、実際の気道計測を行うには、頸椎の動きによる気道の変化を減じて評価すべきである¹⁴⁾ と報告しているものもある。しか

し、OSA は睡眠時に咽頭腔が狭窄することが一因であることから¹⁵⁾、実際に咽頭気道の狭窄が問題となるのは仰臥位である。そのため本来は、一定の頭位で撮影されたものを計測すべきであるが、臨床的研究では困難であると考えられ、本研究では術前後で極端に頭位が変化したものを除外した。その結果、両群ともに頸椎の傾斜に術前後で有意な差は認めず、本研究の咽頭気道に対する頭位の影響は少なかったと考えられた。

下顎骨後退術後の咽頭気道幅径について、本研究と比べて下顎骨の後方移動量は少ないものの、Kawakami ら²⁾は術後1年経過時に本研究におけるIPS部で2.2mm減少したとしている。Achilleos ら⁴⁾は頭位の変化を含めて術後3年経過時にU-MPW (本研究のPPS) は減少していたが、V-LPW (本研究のEPS) は変化がなかったとしている。このように、術後の調査時期やセファロ撮影方法、下顎骨の後退量など、研究条件の違いから詳細な結果はさまざまである。しかし、下顎骨後退術における咽頭気道幅径の減少については一定の見解を得ている。本研究でも、下顎骨後退群における咽頭気道幅径はPPS以外の軟口蓋後方部のSPPSとMPS、中咽頭気道の下部にあたるIPSとEPSで狭窄が起こっていた。一方、上下顎移動群ではPPSは術前後で増加し、SPPSとMPSは変化しなかったが、IPSとEPSは減少していた。変化量の比較ではIPS以外すべての項目で異なっており、上下顎移動群が相対的な前後の顎間関係の改善度が高かったが、咽頭気道の狭窄は少なかった。

下顎骨後退術後に咽頭気道の狭窄が起こる原因として、舌骨の位置変化による舌の移動が関与している^{4-5, 16)}。また、Kawakami ら²⁾は術直後に下方に押し下げられた舌骨が術後本来の位置に戻る傾向を示し、そのことにより舌が後方へ押し込まれ、咽頭気道腔の狭窄が起こるとしている。本研究では、下顎骨後退群の舌骨の前後的位置はわずかに後方位であったが、垂直的位置に関しては両群ともに術前後で有意差は認めず、術後1年以上経過時にはほぼ本来の位置に戻っていた。以上から、IPSとEPSの減少は舌の咽頭気道への侵入が引き起こしたと考えられた。また、両群間における術前後の変化の比較では舌や舌骨に関する項目で有意差は認めず、EPSの減少量には有意差を認めた。下顎骨の後方移動量が大いいと咽頭気道の狭窄も大きい^{3, 13)}ことが一因であると考えられた。

下顎骨後退術後には軟口蓋の形態が変化し¹⁷⁻¹⁹⁾、Turnbull ら¹⁸⁾は口腔容積の減少に伴い押し上げられた舌が軟口蓋を圧迫し、その幅は減少して上方へ傾斜するため、軟口蓋後方部の咽頭気道で狭窄が起こりやすいとしている。本研究でも両群ともに軟口蓋の傾斜を示すSP-angleは有意に増加し、D1は有意に減少していた。また、両群におけるこの変化は術前後で舌骨の位置に変化がなかった

ことから、舌が押し上げによる軟口蓋の後方への傾斜であると考えられた。さらに、本研究の下顎骨後退群ではその後方部にあたるSPPSとMPSは狭窄し、これまでの報告と類似していた。一方、SP-angleとD1の変化量は両群間で有意差はなく、軟口蓋の変化は両群ともに同様であったが、上下顎移動群のPPSは上顎骨の前方移動に伴って増加し、SPPSとMPSは減少しなかった。これまで、唇顎口蓋裂患者における上顎骨前方移動では気道が拡大する¹⁰⁾とされている。また、OSA患者に対して上下顎前方移動術を行って改善した²⁰⁾という報告もある。そのことから上顎骨前方移動術は、軟口蓋が前方に移動するため上咽頭気道を拡大することが考えられる。以上のことから、上下顎移動群では上顎骨の移動に伴う軟口蓋の前方移動が、軟口蓋の上方移動により引き起こる上気道狭窄に対して代償的に働いていたと考えられた。

術後の咽頭気道狭窄に対する代償的反応として下顎骨の回転が起こると報告されている^{2, 3)}。本研究では下顎骨後退群の下顎下縁平面は術前後で有意に開大していたが、上下顎移動群では変化を認めず、その変化量も両群間で有意差が認められた。今回の研究では術後の後戻りについて調査していないが、咽頭気道の狭窄の程度が大きかった下顎骨後退群にだけ $\angle$ MP-FHの変化が認められたことから、下顎下縁平面の開大は咽頭気道の狭窄と関連している可能性がある。今後これらを明らかにするため、咽頭気道の狭窄量と後戻りとの関連について経時的变化を調査する必要がある。

Body mass indexで2群に分類したOSA患者と正常者の対照群におけるSPASとMAS、IAS1、IAS2 (SPASは本研究でのSPPS、MASはMPS、IAS1はIPS、IAS2はEPSに類似した部位である) を計測している報告²¹⁾がある。本研究の術後の咽頭気道幅径はその対照群より小さかったが、OSA群より大きく、顎矯正手術による咽頭気道の狭窄が直ちに呼吸障害に結びつくわけではないと考えられる。しかし本研究でも、下顎骨後退術では最大部で平均4.8mmの咽頭気道の狭窄を認めたことから、手術前に咽頭気道の狭窄やOSAなどの呼吸障害を伴う場合には、下顎骨後退術と上下顎移動術におけるその変化の違いを考慮すべきであると考えられた。

結 語

骨格性下顎前突症患者に対して上下顎移動術を行った症例と下顎骨後退術を単独で行った症例について、術前後の咽頭気道の変化を比較検討した。上下顎移動術は下顎骨後退術に比べて、上下顎骨の相対的な前後の顎間関係の変化が大きかったが、咽頭気道の狭窄は少なく、特に軟口蓋後方部の咽頭気道では狭窄は認めなかった。今後、術前の咽頭気道形態や呼吸障害の有無によっては顎矯正手術方法の

選択の際、顔貌や術後安定性とあわせて咽頭気道形態についても考慮すべきであると考えられた。

引用文献

- 1) Eggensperger, N., et al.: Long-term changes of hyoid bone position and pharyngeal airway size following mandibular setback by sagittal split ramus osteotomy, *J Craniomaxillofac Surg*, 33 : 111-117, 2005.
- 2) Kawakami, M., et al.: Changes in tongue and hyoid positions, and posterior airway space following mandibular setback surgery, *J Craniomaxillofac Surg*, 33 : 107-110, 2005.
- 3) Liukkonen, M., et al.: Effect of mandibular setback surgery on the posterior airway size, *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 17 : 41-46, 2002.
- 4) Achilleos, S., et al.: Surgical mandibular setback and changes in uvuloglossopharyngeal morphology and head posture: a short- and long-term cephalometric study in males, *Eur J Orthod*, 22 : 383-394, 2000.
- 5) Gu, G., et al.: Hyoid position, pharyngeal airway and head posture in relation to relapse after the mandibular setback in skeletal Class III, *Clin Orthod Res*, 3 : 67-77, 2000.
- 6) Enacar, A., et al.: Changes in hypopharyngeal airway space and in tongue and hyoid bone positions following the surgical correction of mandibular prognathism, *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 9 : 285-290, 1994.
- 7) Riley, R., et al.: Obstruct sleep apnea syndrome following surgery for mandibular prognathism, *J Oral Maxillofac Surg*, 45 : 450-452, 1987.
- 8) 山田明子, 他: 外科的矯正治療にともなう硬組織と軟組織形態の変化の関連性, *日矯歯誌*, 63 : 85-94, 2004.
- 9) 黒田 崇, 他: 下顎前突症の顎矯正手術後における長期安定性について 下顎枝矢状分割術と上下顎移動術との比較, *歯科学報*, 102 : 583-596, 2002.
- 10) Mochida, M., et al.: Effects of maxillary distraction osteogenesis on the upper-airway size and nasal resistance in subjects with cleft lip and palate, *Orthod Craniofac Res*, 7 : 189-197, 2004.
- 11) 岡本牧人, 他: いびき・睡眠時無呼吸症候群の診療ガイドラインをめぐって 閉塞性睡眠時無呼吸症候群の病態, *口腔・咽頭科*, 17 : 159-164, 2005.
- 12) Guilleminault, C., et al.: Sleep apnea in normal subjects following mandibular osteotomy with retrusion, *Chest*, 88 : 776-778, 1985.
- 13) Chen, F., et al.: Predicting the pharyngeal airway space after mandibular setback surgery, *J Oral Maxillofac Surg*, 63 : 1509-1514, 2005.
- 14) Muto, T.: The effect of head posture on the pharyngeal airway space (PAS), *Int J Oral Maxillofac Surg*, 31 : 579-583, 2002.
- 15) 高橋康郎: 健康な心と身体は口腔から—睡眠時無呼吸症候群の治療と口腔内装置の役割—医科の立場から, *日歯医誌*, 25 : 21-26, 2006.
- 16) Kawamata, A., et al.: Three-dimensional computed tomographic evaluation of morphologic airway changes after mandibular setback osteotomy for prognathism, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 89 : 278-287, 2000.
- 17) Saitoh, K.: Long-term changes in pharyngeal airway morphology after mandibular setback surgery, *Am J Orthod Dentfac Orthop*, 125 : 556-561, 2004.
- 18) Turnbull, N., et al.: The effects of orthognathic surgery on pharyngeal airway dimensions and quality of sleep, *J Orthod*, 27 : 235-247, 2000.
- 19) Hochban, W., et al.: Mandibular setback for surgical correction of mandibular hyperplasia-does it provoke sleep-related breathing disorders?, *Int J Oral Maxillofac Surg*, 25 : 333-338, 1996.
- 20) Hoekema, A., et al.: Oral appliances and maxillomandibular advancement surgery: an alternative treatment protocol for the obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome, *J Oral Maxillofac Surg*, 64 : 886-891, 2006.
- 21) Endo, S., et al.: Cephalometric evaluation of craniofacial and upper airway structures in Japanese patients with obstructive sleep apnea, *J Med Dent Sci*, 50 : 109-120, 2003.