下顎後退症患者において顎矯正手術が 日本語母音に及ぼす影響について

金子 早知子 中野 洋子 高野 伸夫

The Influence of Orthognathic Surgery on Japanese Vowel Sounds of the Mandibular Retrognathia

SACHIKO KANEKO, YOKO NAKANO and NOBUO TAKANO

Abstract

Objective: We measured the formant frequency of vowels in retrusion patients and normal healthy control patients, and made a comparative study of the purpose in phonology. We wanted to know how orthognathic surgery has influenced the articulation of vowels in patients. We investigated how the relationships between the position of the maxilla and mandible and incisor occlusion affected vowel sounds. And because resonance space is believed to affect sound frequencies, we investigated the effect of the width of the airway preoperatively and postoperatively on vowel sounds.

Methods: Five vowel sounds in 10 Japanese patients with mandibular retrusion requiring surgery for jaw deformity and malocclusion preoperatively and at 3 and 6 months postoperatively were recorded and compared with those in normal healthy control patients. Also, the effect of the positional relationship between the maxilla and the mandible and incisor occlusion on these vowel sounds was investigated by correlating skeletal and denture patterns of cephalometric measurements taken preoperatively and at 3 months postoperatively with these vowel sounds. The width of the airway was measured preoperatively and 3 months after the operation, and the correlation with the frequency of the vowels was examined.

Results: In /e/ F1, /o/ F2-F1, significant differences were observed between the preoperative patients and

the control patients. However, these differences disappeared at 3 and 6 months postoperatively.

A significant difference was admitted with F1 of /a/ and F1 of /e/ in comparing the preoperative with the postoperative patients 6 months by a rank test with a sign of Wilcoxon.

Both preoperatively and postoperatively, positive correlations were observed between F2-F1 the narrow, open vowels /i/ with SNA and SNB. In the preoperative patients, some correlations were observed between F1 the semi-narrow, open vowel /e/ and denture patterns.

Significant increases were observed between the preoperative and 3 months postoperative patients in the width of the hypopharyngeal cavity. Many correlations were observed between the change of width of the airway and the vowel frequency, particularly in the posterior tongue vowel /u/. But other vowels had few correlations.

Conclusion: A change of occlusion of the front teeth and a change of frame by the mandible correction operation greatly influenced close vowels and half close vowels that were a front tongue vowel, especially the influence of /i/ and /e/ in retrusion patients. It was an interior tongue vowel that the change in the airway influenced the vowel frequency of only /u/.

Key words: mandibular retrusion (下顎後退症), vowel (母音), frequency (周波数)

[Received Nov. 18, 2011]

緒 言

下顎後退症患者では、日常生活に大きな支障を及ぼす構音障害を持つものは少ないが、患者自身が構音しにくいと自覚している場合や、あるいは聞き取りの際聴覚的な歪みを認める場合もある。

不正咬合と構音障害との関連性については、過去より多くの報告がなされてきた。Graber¹⁾は構音に影響を及ぼす不正咬合として、前歯部開咬や口腔周囲筋の異常を伴う Angle II 級 I 類症例、上下顎切歯が接触しておらず異常な舌機能を伴う Angle III 級症例に構音障害を生じやすいと報告し、Angle III 級では歯音および破裂音に影響が出やすいとしている。また、Bloomer²⁾は、不正咬合が顎運動や舌運動および嚥下の悪習癖を引き起こし、それにより構音障害が起こされると述べている。

日本において顎矯正手術を要する不正咬合の 6 割は下顎前突症であり、それと比較すると下顎後退症の手術症例件数は少ない。そのため不正咬合に特有な構音障害について定量的な計測を行い検討している研究の多くは下顎前突症を対象としている。さらに、不正咬合の歯列や上下顎骨の位置関係が構音に及ぼす影響についてはまったく明らかではない。

当科では、年間を通じ多くの顎矯正手術を行っており、下顎後退症の手術件数も多い。手術後の機能面での評価を行う上でも下顎後退症患者の音声学的な検討が必要と思われる。

そこで本研究では、下顎後退症患者および正常咬合者における母音のフォルマント周波数の計測を行い音声学的に比較検討した。さらに顎矯正手術が母音の構音にどのよう

に影響を及ぼすのかを明らかにすべく、声道の形態を決定する因子すなわち上下顎の骨格の位置や前歯部の被蓋関係および共鳴腔としての気道径と構音との関係を術前後において検討した。

対象・方法

1) 対象

対象は、当科にて顎矯正手術を施行した標準語を話す下顎後退症患者女性 10 名、平均年齢は 21.4 歳である。下顎は Facial Angle で分類し、Facial Angle が 1SD 以上後退しているものを対象とした。上顎は SNA で分類し、SNA が正常範囲内もしくは正常範囲より 1SD 以上後退しているものを対象とした³⁾。

Overjet は平均 6.78mm、overbite は平均 -0.06mm であった (Table 1)。術式は全例 Le Fort I 型骨切り術と下顎枝矢状分割術を併用した上下顎同時移動術であった。骨固定はすべてプレート固定であり、術後の顎間固定期間は平均 8.3 日間であった。これに、顎口腔系機能に異常が認められず臼歯部が Angle I 級の個性正常咬合を有し、標準語を話す女性 10 名、平均年齢 23 歳を対照群とした。

本研究は東京歯科大学倫理委員会において承認番号 220 として承認を得た。下顎後退症患者には詳細に説明し同意を得た。特に未成年患者には保護者同伴のもとに説明し同意を得て、音声採取を行った。

2) 音声データ採取方法

音声サンプルの採取は、可及的に外界の音を遮断できる部屋において、Shure 社製ダイナミック型マイクロフォンを用いて採取し、Hoya-Pentax 社 CSL4500 に直接入力した。被験者はイスの背もたれにもたれず楽に座らせ、口唇をマ

Table 1 List of mandibular retrusion group

Pt No.	Age	SNA	Facial Angle	overjet	overbite	operation
1	26	77.6	79.5	8	3.6	Le Fort I + SSRO
2	16	74.9	79.8	7.6	0.9	Le Fort I + SSRO
3	24	73.5	78.6	6.4	1.5	Le Fort I + SSRO
4	21	78.3	72.7	6.6	-4.2	Le Fort I + SSRO
5	25	82.1	75.4	1.9	-1.1	Le Fort I + SSRO
6	19	75.8	71.7	5.5	0.8	Le Fort I + SSRO
7	19	81.1	74.9	8.1	-2	Le Fort I + SSRO
8	19	81.8	75.9	10.1	-0.9	Le Fort I + SSRO
9	28	71.4	77.7	6	0.2	Le Fort I + SSRO
10	17	74.6	77.9	7.6	0.6	Le Fort I + SSRO
average	21.4	77.11	76.41	6.78	-0.06	

SNA normal value 81.30 ± 2.69

This research's patient SNA $\leq$ normal value

Facial Angle normal value 84.04 ± 3.42

This research's patient Facial Angle $<$ normal value

イクロフォンから 10cm ほど離し, 検査語音を 1 秒以上定常的に持続して 3 回発声させ音声サンプルを採取した。サンプリング・レートは 11025Hz と設定し音声データの採取を行った。Bandwidth は 500Hz 以下と設定しフォルマントを描出し, 計測を行った。

被験音は日本語 5 母音で, 音声サンプル採取時期は術前, 術後 3 か月および術後 6 か月とした。得られた音声サンプルより 5 母音のフォルマント周波数を測定した。

3) 分析内容

不正咬合者の母音の構音の研究ではさまざまな方法がなされているが⁴⁻⁷⁾, 近年の音声学分野では Ladefoged⁸⁾の説が有力である。

母音を特徴付けるフォルマント周波数を, 低い順に第一フォルマント, 第二フォルマントと呼び, それぞれを F1 (第一フォルマント) F2 (第二フォルマント) と表わす。

Ladefoged の説では F1 の値を縦軸, F2-F1 の値を横軸に表したグラフを描き, 交点が舌の高まりの位置を表すとしたもので, これより母音の F1 の値で舌の高低を, F2-F1 の値で舌の前後の位置を推測することができるとされている。これに基づき, 対照群より採取した母音周波数から作成したグラフを示す (Fig. 1)。また, 母音は口唇の開き具合により狭母音, 半狭母音および広母音と区別するが, 舌位置の高い /i/ は狭母音であり, 舌位置が低くなるごとに半狭母音, 広母音となる⁹⁾。本研究でも Ladefoged⁸⁾のグラフをもとに, データの比較検討を行い, 下顎後退症患者の構音の特徴について考察した。

(1) 下顎後退症患者と対照群との母音周波数の比較

下顎後退症患者の術前, 術後 3 か月および術後 6 か月の音声データの平均値と対照群から採取したデータの平均値を比較検討した。

(2) 下顎後退症患者の術前後における母音周波数の経時的变化

下顎後退症患者の術前, 術後 3 か月および術後 6 か月の経時的变化を比較検討した。

(3) 術前および術後 3 か月の周波数と側面頭部 X 線規格写真計測値との相関関係

術前および術後 3 か月時の側面頭部 X 線規格写真において 10 項目を計測し, 術前後の変化を比較した。その後, 術前および術後 3 か月の音声データと, 側面頭部 X 線規格写真の計測項目との相関関係を検討した。

側面頭部 X 線規格写真の計測項目は, Downs 法および Northwestern 法をもとにした Skeletal pattern に関する 5 項目および Denture pattern に関する 5 項目の計 10 項目である。

- ① SNA : SN 平面と N-A とのなす角
- ② SNB : SN 平面と N-B とのなす角
- ③ Facial Angle : 顔面角

Fig. 1 Relationship between F1 and F2-F1 of five vowels of control
high, low, front, back; tongue position

- ④ Mandibular Plane angle : 下顎下縁平面角
- ⑤ Gonial Angle : 下顎角
- ⑥ Interincisal Angle : 上下顎中切歯軸傾斜角
- ⑦ overjet : 垂直的被蓋
- ⑧ overbite : 水平的被蓋
- ⑨ M1 to FH Plane : FH 平面に対する上顎中切歯の歯軸傾斜角
- ⑩ L1 to Mandibular Plane : 下顎下縁平面に対する下顎中切歯の歯軸傾斜角

(4) 術前および術後 3 か月の周波数と気道径との相関関係

側面頭部 X 線規格写真において 5 項目の気道径の計測を行い, 術前と術後 3 か月の変化を比較した。それより, 術前および術後 3 か月の音声データと, 側面頭部 X 線規格写真より計測した気道の幅径との相関関係を検討した。なお, 側面頭部 X 線規格写真は嚥下時あるいは安静時で撮影した。

計測項目は, Goncalves ら¹⁰⁾の報告にもとづく以下の 5 項目の距離である (Fig. 2)。

- ① HY-C3 : 舌骨から第 3 頸椎
- ② PASnar : 舌基底部から咽頭後壁までの最狭窄部
- ③ U-MPW : 鼻咽腔最下点から咽頭後壁
(口蓋垂尖端から咽頭後壁)
- ④ RPnar : 軟口蓋と咽頭後壁の最狭窄部
- ⑤ UPWA-UPW : UPWA から UPW
(Ba と PNS を結ぶ直線上の軟口蓋と咽頭後壁)

4) 統計

下顎後退症患者と対照群との母音周波数の比較には student-t 検定を用い, 下顎後退症患者における母音周波数の経時的变化の検討には Wilcoxon の符号付き順位検定を用い, 危険率 5% 未満を有意差ありとした。また術前後の周

- ①HY-C3
Distance from hyoid to C3
- ②PASnar
The narrowest distance between the base of the tongue and the posterior pharyngeal
- ③U-MPW
Lowest retropalatal airway space
- ④RPnar
The narrowest distance between the soft palate and the posterior pharyngeal wall
- ⑤UPWA-UPW
The distance from UPWA to UPW

Fig. 2 Cephalometric measurements of airway

Fig. 3 Comparison relationship between F1 and F2-F1 of five vowels of control group with mandibular retrusion group before operation
high, low, front, back; tongue position Fig. 4 Comparison relationship between F1 and F2-F1 of five vowels of control group with post-operative 3 months group
high, low, front, back; tongue position

波数と側面頭部 X 線規格写真の計測値との相関関係および術前後の周波数と気道径との相関関係の検討には、ピアソンの相関係数を用いて相関係数を求め、5%の有意水準で相関係数の有意性の検討を行った。

結 果

1) 下顎後退症患者と対照群との母音周波数の比較

術前の下顎後退症患者は対照群と比較して、/e/ の F1 が有意に低く、/o/ の F2-F1 が有意に高かった (Fig. 3)。しかし、術後 3 か月 (Fig. 4) および術後 6 か月 (Fig. 5) では対照群と比較して有意差は認められなかった。

2) 下顎後退症患者の術前後における母音周波数の経時的変化

Wilcoxon の符号付き順位検定で、術前と術後 6 か月の比較において /a/ の F1 および /e/ の F1 で有意差を認めた (Fig. 6)。

3) 術前および術後 3 か月の周波数と側面頭部 X 線規格写真計測値との相関関係

術前後の側面頭部 X 線規格写真の計測値で有意差をもって変化を示したのは、SNB, Facial angle および overjet の 3 項目であった。SNB, Facial angle は術前と比較して有意に増加し、overjet は逆に減少を認めた (Table 2)。次いでこれら側面頭部 X 線規格写真の計測値と母

Fig. 5 Comparison relationship between F1 and F2-F1 of five vowels of control group with post-op 6 months group
high, low, front, back; tongue position

Fig. 6 Comparison relationship between F1 and F2-F1 of five vowels of pre-op 6 months group with post-op 6 months group
high, low, front, back; tongue position

Table 2 Pre-operation and 3 months postoperative of facial morphology

pre-op	SNA	SNB	MP	GA	FA	U1 to FH	L1 to MP	Inc Angle	overjet	overbite
Pt 1	78.3	64.4	54.5	126.9	72.7	99.9	92.6	113	6.6	-4.2
Pt 2	73.5	64.9	34.2	125.6	78.6	109.5	90.6	125.6	6.4	1.5
Pt 3	74.9	71.4	41.9	129.4	79.8	102.7	83.8	131.6	7.6	0.9
Pt 4	77.6	69.2	36.8	132.9	79.5	105.2	95.3	122.7	8	3.6
Pt 5	82.1	75.2	47.7	127.4	75.4	98.4	79.8	134.1	1.9	-1.1
Pt 6	81.1	67	45	119	74.9	108.3	97.2	109.6	8.1	-2
Pt 7	81.8	66.8	44.4	121.8	75.9	94.9	95.2	125.5	10.1	-0.9
Pt 8	75.8	65.9	39.6	117.9	71.7	106.8	85.8	127.8	5.5	0.8
Pt 9	71.4	66.7	43.8	132.3	77.7	106.4	88.1	121.7	6	0.2
Pt 10	74.6	68.6	43.5	126.5	77.9	103.4	94.6	118.5	7.6	0.6
post-op	SNA	SNB	MP	GA	FA	U1 to FH	L1 to MP	Inc Angle	overjet	overbite
Pt 1	76.2	72.2	43.7	126.1	82.7	109.4	79.1	127.8	2.3	1
Pt 2	78	70.9	36.4	129.6	79.2	99.7	95.1	128.8	3.5	1.3
Pt 3	77.4	75.7	35.7	128.8	83.1	110.4	82	131.9	4.1	1.2
Pt 4	80.6	71.7	36.2	137.6	79.2	91.9	94.9	137.1	2	1.5
Pt 5	82	80.2	37.7	125.5	84.2	107.6	85	129.6	2.6	0.9
Pt 6	73.5	71	46.3	129	78	109.1	90.6	114.1	3.3	0.4
Pt 7	80.5	72.5	39.6	128.9	81.4	100.4	89.1	130.9	3.1	3
Pt 8	66.9	66.3	41.6	133.8	85.1	111.2	77.8	129.4	1.5	-0.7
Pt 9	71.3	66.4	42.1	124.2	81	101.1	88.6	128.2	4.7	2
Pt 10	75.7	73.1	38.3	127	82.7	108.1	98.5	115.1	3.5	1.3
ttest	0.531	0.0007	0.052	0.186	0.004	0.613	0.283	0.067	0.0005	0.117

MP: Mandibular Plane

GA: Gonial Angle

FA: Facial Angle

U1 to FH: Upper 1 to FH Plane

L1 to MP: Lower 1 to Mandibular Plane

Inc Angle: Interincisal Angle

Table 3 Correlation coefficients between F1 and F2-F1 of vowel /i/, /e/ and facial morphology

/i/					
Pre-ope	SNA	SNB	Facial Angle	L1 to MP	overjet
F1		-0.563			
F2-F1	0.750	0.652			
Post-3M	SNA	SNB	Facial Angle	L1 to MP	overjet
F1			-0.813	-0.669	-0.566
F2-F1	0.641	0.616			
/e/					
Pre-ope	SNA	Facial Angle	L1 to MP	I A	overbite
F1			-0.563	0.831	0.585
F2-F1	0.715				
Post-3M	SNA	Facial Angle	L1 to MP	I A	overbite
F1		0.667			
F2-F1					

L1 to MP: Lower 1 to Mandibular Plane

I A: Interincisal Angle

Pre-ope: preoperative

Post-3M: 3 months operative

Table 4 Pre-operation and 3 months postoperative of airway

pre-ope	HY-C3	PASnar	U-MPW	RPnar	UPWA-UPW	post-ope	HY-C3	PASnar	U-MPW	RPnar	UPWA-UPW
Pt.1	3.3	0.9	1.3	0.8	2.6	Pt.1	3.2	0.8	1.4	1	2.7
Pt.2	2.8	0.6	1.3	1.3	2.2	Pt.2	3	0.8	1.4	1	2.1
Pt.3	3.5	0.7	0.9	0.6	1.7	Pt.3	3.6	0.9	1.1	1.2	2.2
Pt.4	3.2	0.7	0.8	0.7	2.2	Pt.4	3.6	1.4	1.3	1.1	2.2
Pt.5	3	0.6	1	1	2.3	Pt.5	3.3	0.8	1	1	2.2
Pt.6	3.2	1	0.7	0.3	1.5	Pt.6	3.4	1.4	1.3	1.1	2.1
Pt.7	3.1	0.7	0.8	0.6	2.1	Pt.7	3.2	0.9	1.1	0.9	2.1
Pt.8	3.9	0.6	0.9	0.8	2	Pt.8	3.9	1.1	1.1	1	2.3
Pt.9	2.7	0.9	1.1	1	2.2	Pt.9	2.9	1	1.3	1.1	2.2
Pt.10	3.7	0.6	0.7	0.6	1.5	Pt.10	3.6	1	0.8	0.4	1.8
average	3.24	0.73	0.95	0.77	2.03	average	3.37	1.01	1.18	0.98	2.19
(cm)						t-test	0.033	0.003	0.004	0.08	0.07

Pre-ope: preoperative

Post-3M: 3 months operative

音の周波数との相関関係を検討した。5 母音のなかでも多くの相関を認めたのは /i/ および /e/ であった (Table 3)。

4) 術前および術後 3 か月の周波数と気道径との相関関係

術前後の気道径の計測値は HY-C3, PASnar および U-MPW の 3 項目において、術後有意に拡大が認められたが、RPnar および UPWA-UPW では有意差が認められな

Table 5 Correlation coefficients between F1 and F2-F1 of vowel /u/ and airway

/u/			
Pre-ope	HY-C3	PAS-nar	U-MPW
F1			
F2-F1	-0.640	0.587	0.660
Post-3M	HY-C3	PAS-nar	U-MPW
F1	0.518		
F2-F1	-0.705		0.572

かった (Table 4)。

これら気道径の計測値と母音の周波数との相関関係を検討した。多くの項目で相関を認めたのは5母音のなかで /u/ のみであった (Table 5)。

考 察

1) 下顎後退症患者と対照群との母音周波数の比較について

不正咬合者の母音のフォルマント周波数を計測し比較検討した研究は、これまでも多く報告¹¹⁻²¹⁾ されているが、ほとんどは下顎前突症患者が対象である^{12-14, 16, 17, 20)}。

Niemi ら¹⁵⁾ は、下顎後退症患者男性5名から母音の音声データを採取して周波数分析を行い、各個体の術前後の変化を比較した。しかし個体間に共通した変化の傾向は認められなかったとしている。

本研究において、術前の下顎後退症患者と対照群のデータをグラフで比較すると、術前の下顎後退症患者の /e/ の舌位置は対照群よりも有意に上方に位置していると考えられる。

これは浅い overbite および大きな overjet という前歯部の被蓋関係や、大きく後退している下顎位のために、前舌母音の舌位置が影響を受けるものと考えられた。

術前の /o/ における F2-F1 は対照群よりも有意に高く、舌位置が前方に位置していることが示唆されたが、これは、下顎後退症患者の舌位置は対照群よりも後方に位置するのではないかという予想に反していた。

術後は前歯部の被蓋関係が改善し下顎の位置が変化し、対照群との有意差が認められなくなったと考えられる。

2) 下顎後退症患者の術前後における母音周波数の経時的変化について

術前と術後6か月の比較において、/a/ および /e/ の F1 が術後有意に上昇しており、6か月の間に緩やかな変化があったものと考えられる。

下顎前突症患者の術前後の発音を聴取して明瞭度の推移

を検討した荒尾¹⁶⁾ や、前歯部反対咬合者の矯正治療前後の構音の変化を考察した野正¹⁷⁾ の報告でも、治療後時間の経過とともに構音が正常者により近くなっていくことが指摘されており、本研究でも同様に推移したものと考えられた。

3) 術前後の周波数と側面頭部 X 線規格写真の計測値との相関関係について

Ladefoged⁸⁾ は日本語の母音の舌位置は狭い範囲のなかに存在し、それがより明確に各母音の違いを反映すると述べており、広母音よりも狭母音の方がより下顎や舌の位置の影響を受けやすいとしている。

また、顔面の形態や不正咬合に、狭母音および半狭母音が影響を受けやすいという報告が多い¹⁸⁻²⁰⁾。

本研究は、側面頭部 X 線規格写真の計測項目と術前後の音声データとの相関関係を検討した。結果は狭母音の /i/ および /u/ と、半狭母音の /e/ で多くの相関関係を示し、これまでの報告と同様の傾向を認めた。なかでも、前舌母音の /i/ および /e/ がより多くの項目で相関関係を示した。

Skeletal pattern に関する項目では /i/ の F2-F1 と術前後の SNA および SNB が正の相関関係を認めた。これより術前も術後も A 点および B 点が前方に位置するほど舌位置は前方に位置する傾向にあると考えられた。また、術後の Facial Angle と F1 が負の相関関係を示した。下顎の前方移動に伴い前歯部の咬合関係が改善され、舌位置が低くなり F1 の周波数は上昇する傾向にあると考えられた。

/i/ の Denture pattern に関する項目は、術後前歯部の被蓋関係が改善したため L1 to MP および overjet は減少し、それに伴って舌位置が低くなるため F1 が高くなる傾向にあると考えられた。

術前の /e/ では、Interincisal Angle および overbite の値が小さく下顎位が大きく後退しているため舌位置が高くなり、F1 が低くなる傾向にあると考えられた。術後前歯部の被蓋の改善とともに、これらの相関関係は認められなくなった。

4) 術前後の周波数と気道径との相関関係

声門で発せられた音は咽頭腔、口腔および鼻腔を経る過程でその空間の形態によって決定される共鳴周波数の影響を受けるとされている。顎矯正手術前後の口腔内環境の変化や咽頭腔の変化を検討した報告²²⁻²⁴⁾ はこれまでも散見されるが、共鳴腔と音声との関係を考察した報告はほとんど見られない。

Niemi ら¹⁵⁾ は、下顎の前方移動術を施行した男性患者5名の術前後の母音の音声で周波数分析を行い、術後の母音の周波数の変化は共鳴腔の形態変化によるものとしているが、共鳴腔の計測はなされていない。

本研究では術前後の気道径と母音の音声データとの相関

関係を検討した。術前と術後3か月の気道径を比較すると、中咽頭腔および下咽頭腔が術後有意に拡大していたにもかかわらず /a/, /i/, /e/ および /o/ の周波数は、ほとんど影響されないと考えられた。

これに対し /u/ は術前後ともに多くの項目で相関関係を認めた。特に、HY-C3 と術前後の F2-F1 が負の相関関係を示した。

母音の音を完成させるためにある部位が充分機能できない場合には、他の部位が補償して声道全体として構音運動が機能するとされている²⁵⁾。日本語母音 /u/ は中舌から奥舌あたりまでの広い範囲で狭めを形成する。術後 HY-C3 は延長し下咽頭腔が拡大したことによる代償機能として舌は狭めの位置を後退させたと考えられた。

母音はすべての子音に連続する音である。今後はさらに子音に関する分析を進めることにより、下顎後退症患者の構音の特徴をより詳細に調査できると思われた。

結 語

下顎後退症患者において顎矯正手術による前歯部の咬合や骨格の変化は、狭母音および半狭母音に影響を及ぼし、なかでも前舌母音である /i/ および /e/ に大きく影響した。気道径の変化が母音周波数に影響を及ぼしたのは奥舌母音である /u/ のみであった。

文 献

- 1) Graber, T.M.: Orthodontics, principles and practice, 3rd ed., W.B. Saunders Co, Philadelphia, 1972, p476-477.
- 2) Bloomer, H.: Speech defects in relation to orthodontic, Am J Orthod, 49: 920-929, 1963.
- 3) 飯田順一郎, 他: 総合診断, 葛西一貴: 歯科矯正学, 第4版, 医歯薬出版, 東京, 2002, p155-164.
- 4) 勢島 実, 他: 成人反対咬合者の外科的矯正治療による口腔形態の変化と舌の調音との関係—電気的パトグラフィーによる観察—, 日矯歯誌, 42: 273-287, 1983.
- 5) 荒尾宗孝: 下顎前突症手術前後の音声ならびに発音に伴う舌運動, 下顎運動に関する研究 (第2報)—健康者との比較—, 愛院大歯誌, 26: 33-53, 1988.
- 6) 村岡史麻, 他: 高速度カメラを用いた口唇の発語運動解析, Orthod Waves Jpn Edit, 65: 87-100, 2006.
- 7) 奥平真理子, 他: 口唇運動の三次元解析システム, 日顎変形会誌, 15: 114-125, 2005.
- 8) Ladefoged, P.: Vowels and Vowel-like Articulations, Harcourt Brace Jovanovich: A Course in Phonetics, 2nd ed., New York, 1982, p197-212.
- 9) 田口恒夫: 声と構音, 言語治療用ハンドブック, 日本文化科学社, 東京, 1968, p8-10.
- 10) Goncalves, J.R., et al.: Post-surgical Stability of Oropharyngeal Airway Changes Following Counter-Clockwise Maxillo-Mandibular Advancement Surgery, J Oral Maxillofac Surg, 64: 755-762, 2006.
- 11) 中野洋子: 下顎前突症患者における音声の分析, 歯科学報, 85: 891-929, 1985.
- 12) 松崎雅子: 外科的矯正治療前後の骨格性下顎前突症者の音質評価, 口病誌, 65: 14-24, 1998.
- 13) 霜島慶司: 反対咬合者における発声音の解析, 日矯歯誌, 38: 308-321, 1979.
- 14) 鬼木秀子, 他: 骨格性開咬症と骨格性下顎前突症が構音に及ぼす影響について, 西日矯歯誌, 44: 179-185, 2000.
- 15) Niemi, M., et al.: Acoustic comparison of vowel sounds produced before and after orthognathic surgery for mandibular advancement, J Oral Maxillofac Surg, 64: 910-916, 2006.
- 16) 荒尾宗孝: 下顎前突症手術前後の音声ならびに発音に伴う舌運動, 下顎運動に関する研究 (第1報)—音声 (単音) の異聴傾向について—, 愛院大歯誌, 25: 356-364, 1987.
- 17) 野正真理子: 学童期前歯部反対咬合者の矯正治療前後における構音に関する研究, 福岡歯大誌, 20: 187-197, 1993.
- 18) 小野元子, 他: 不正咬合者における母音の音響学的特徴と顔面形態との関連, 福岡歯大誌, 30: 97-104, 2004.
- 19) Bowers, J., et al.: An acoustic-speech study of patients who received orthognathic surgery, Am J Orthod, 88: 373-379, 1985.
- 20) 山本隆昭, 他: 骨格性反対咬合者における母音の音響学的特徴, Orthod Waves, 60: 296-301, 2001.
- 21) 浜 雄一郎, 他: OpenBite 傾向の診断に対する構音分析法の応用とその有用性に関する研究, 日大歯学, 64: 412-420, 1990.
- 22) 青木義親, 他: 上顎骨前方および下顎骨後方同時移動術の外科的矯正治療による咽頭気道形態の変化, 日大口腔科学, 33: 9-18, 2007.
- 23) 東 香奈子, 他: 外科的下顎骨前方移動後における咽頭気道形態の変化について, 日大口腔科学, 30: 120-128, 2004.
- 24) 大音博之: 下顎後方移動術後の口腔咽頭腔容積と上気道機能の変化について, 愛院大歯誌, 45: 111-127, 2007.
- 25) Lawrence, J. Raphael, et al.: Speech Science Primer-Physiology, Acoustic, and Perception of Speech, 5th ed., 廣瀬 肇訳, 医学書院, 2007, p89-109.