

原 著

成人骨格性反対咬合症の発音機能に対する 外科的矯正治療の効果 ——舌接触パターン、顎運動および発声音の解析——

栗生田佳奈子 河内満彦 菅原準二 梅森美嘉子 三谷英夫

東北大学歯学部歯科矯正学講座

Kanako AOUDA, Mitsuhiko KAWAUCHI, Junji SUGAWARA, Mikako UMEMORI and Hideo MITANI
Department of Orthodontics, School of Dentistry, Tohoku University

キーワード：外科的矯正治療，骨格性反対咬合症，舌接触パターン，顎運動経路，音声分析

外科的矯正治療前後における成人骨格性反対咬合症患者の発音機能を評価する目的で，発音時の舌接触パターン，顎運動，および発声音の解析を横断的資料を用いて行った。研究対象は初診時に外科的矯正治療を要すると診断された成人骨格性反対咬合症患者 38 例（非開咬-術前群 20 例，開咬-術前群 18 例）および治療後 2 年以上経過した患者 31 例（非開咬-術後群 16 例，開咬-術後群 15 例）である。対照群には正常咬合者 13 例（正常咬合群）を用いた。結果は以下の通りであった。

1. 術前および術後の反対咬合症患者では，発音時における舌の口蓋への接触部位は正常咬合群より前方位を示していた。顎運動経路は，非開咬-術前群では後方位を，開咬-術前群では上方位を示した。一方，術後では両群とも正常咬合群に類似したパターンを示す傾向が認められた。顎運動距離については，各群間に有意差はみられなかった。
2. 日本語としての“自然らしさ”については，両術前群は正常咬合群に劣るといった，“自然らしさ”は術後に改善の傾向がみられたが，依然として正常咬合群より劣っていた。
3. スペクトル分析については各群間で差が認められなかった。

以上の結果から，外科的矯正治療は成人骨格性反対咬合症患者の発音機能の向上に寄与する可能性があるものと思われた。しかし，術後群と正常咬合群とを比較した場合では，術後群の音質は依然として劣っていた。このことは発音機能に関わる神経筋機構の恒常性は形態改善に速やかに順応するものではないことを示唆しているものと考えられた。

（日矯歯誌 55 (5) : 387~396, 1996）

The effects of orthognathic surgery on the speech function in adult skeletal Class III patients ——Analysis of the pattern of tongue contact, mandibular movement and quality of speech sounds——

The purpose of this study was to investigate the changes of speech function following orthognathic surgery in skeletal ClassIII patients.

The patients who showed severe cross bite and were indicated for orthognathic surgery were subdivided into two groups (twenty pre-ClassIII group and eighteen pre-open bite group). The post-op groups were also subdivided into sixteen post-ClassIII group and fifteen post-open bite group. Thirteen normal occlusions were selected as the control group (N-group).

1. During the phonation, pre-and post-op groups put their tongue forward compared with N-group. Regarding mandibular movement, pre-ClassIII group showed distal and pre-open bite group showed superior position. Post-op groups had a tendency to be similar to N-group. No significant differences were found in distance of mandibular movement.

2. Pre-op groups were judged to be inferior to N-group in quality of speech sounds. Post-op groups were judged to be superior to pre-op groups, but still inferior to N-group.

3. There were no significant differences according to the spectrum analysis of speech sounds among five groups.

These results suggest orthognathic surgery could improve the speech function. But speech sounds of

post-op groups were judged to be still inferior to those of N-group. This suggest that the homeostasis of neuromuscular system relating to the speech function

can't adapt immediately to the morphological correction.

(J. Jpn. Orthod. Soc. 55 (5) : 387~396, 1996)

緒 言

外科的矯正治療を要する顎変形症患者の中には、咀嚼障害、審美障害の他に発音障害を訴えて来院する者も少なくない。顎変形症患者に対する外科的矯正治療の重要な目的として発音機能の改善を位置づけるためには、治療前の状態の把握や治療による改善度を総合的に評価する必要がある。

しかし顎変形症患者の発音に関する研究は、舌および顎運動の研究¹⁾、パラトグラフィによる舌接触部位の観察^{2~7)}、聴覚印象による研究^{8~15)}、周波数による分析^{16~19)}など過去にも行われているが、音声の分析を行う際に重要な概念であるスピーチチェーンを構成する要素（調音・聴覚・音響）に関して総合的に分析を行ったものはほとんどない。また、発音時の顎運動様相に関しても定量的に評価した報告は少なく、さらに研究に用いた被験者数も少ないのが現状である。

そこで本研究では、顎変形症の中でも特に反対咬合症例をとりあげ、それに対する外科的矯正治療の発音機能への効果を総合的に評価することを目的とした。

研究対象ならびに方法

I. 研究対象

研究対象とした被験者は表1に示す5群により構成されている。術前群は、東北大学歯学部附属病院矯正科において重度の骨格性反対咬合症と診断され、外科的矯正治療が必要と判断された患者である。術前群はさらに前歯部の垂直的被蓋を示す者(overbite ≥ 0 mmの者、以下非開咬-術前群と呼ぶ)と示さない者(overbite ≤ -2 mmの者、以下開咬-術前群と呼ぶ)の

2群に分類した。いずれの群も歯の配列状態や顎の左右的な偏位が発音機能に影響を与えることを避けるために、著しい前歯部叢生または非対称を有するものは除いた。術後群は外科的矯正治療を受け、術後矯正を目的としたマルチブラケット装置を撤去した後、最低2年以上経過した者とした。また術前群に対応させるために、初診時の前歯部垂直的被蓋関係によって同様に非開咬群、開咬群に分けた(以下非開咬-術後群および開咬-術後群と呼ぶ)。

また、対照群として個性正常咬合を有する者(以下正常咬合群と呼ぶ)13例を選択した。選択基準は山内²⁰⁾の報告にもとづき、

- 1) 智歯を除く歯数の異常がないこと
 - 2) 上下大臼歯関係が左右ともI級であること
 - 3) Overbite, overjet がそれぞれ1.0 mm~4.0 mmであること
 - 4) 上下顎正中線の偏位が1.0 mm以内であること
 - 5) 叢生は存在しないか、存在しても前歯部に局限しており、arch length discrepancy が ≤ 3.0 mm以内であること
 - 6) 反対咬合、鉗状咬合がみられないこと
 - 7) 咬頭を被覆する修復物がないこと
 - 8) 顎関節症状の既往がないこと
- とした。

なお、図1は術前群、術後群および正常咬合群のoverbiteを横軸に、overjetを縦軸にとり、被験者の初診時における前歯部被蓋の状態を示したものである。非開咬-術前群と非開咬-術後群、開咬-術前群と開咬-術後群のそれぞれのoverbite, overjetの平均値の差についてt-testを行ったところ、統計学的な有意差はみられなかった。以下、統計処理にはエクセル統計for WINDOWS ((株)社会情報サービス)を用いた。

表 1 研究対象

被験者群		症例数			平均年齢	ブラケット撤去後の平均経過年数	手術方法	
		男性	女性	総数			Two-jaw surgery	One-jaw surgery
術前群	非開咬-術前群	7	13	20	20y5m	—	—	—
	開咬-術前群	2	16	18	21y9m	—	—	—
術後群	非開咬-術後群 ^(注1)	4	12	16	24y5m	3y1m	7	9
	開咬-術後群 ^(注2)	1	14	15	26y1m	4y1m	10	5 ^(注3)
対照群		7	6	13	21y3m	—	—	—
		21	61	82				

^(注1) : 術前に非開咬の反対咬合を呈し、かつ外科的矯正治療後2年以上経過した症例

^(注2) : 術前に開咬を伴う反対咬合を呈し、かつ外科的矯正治療後2年以上経過した症例

^(注3) : Le Fort I 型上顎骨切り術単独適用の1例を含む

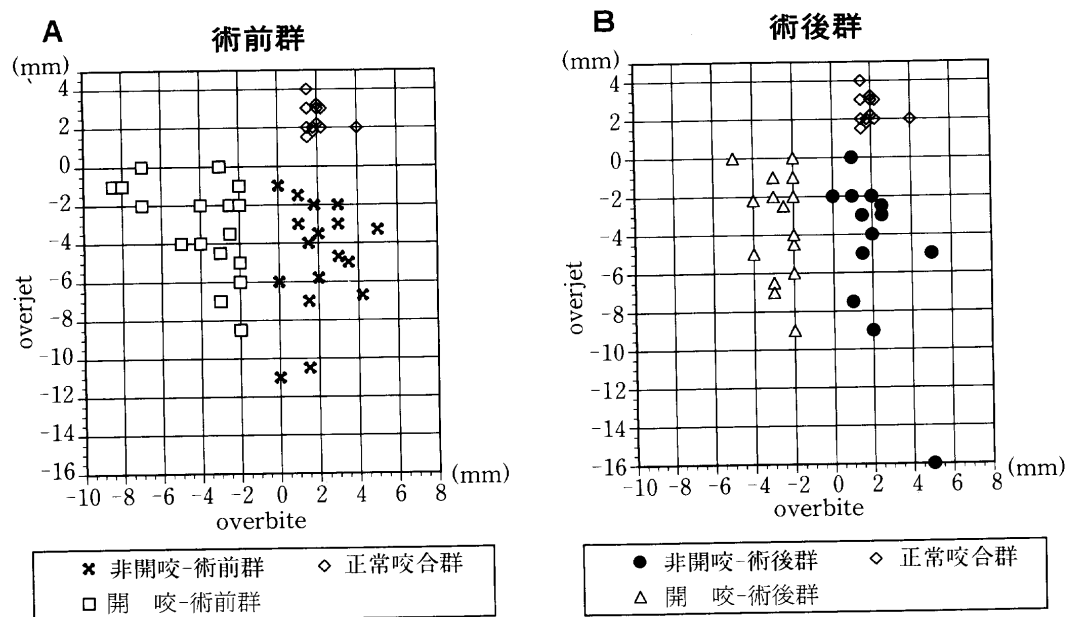


図1 被験者群の初診時前歯部被蓋

横軸を overbite, 縦軸を overjet として, 開咬および非開咬-術前群 (図A), 開咬および非開咬-術後群 (図B) および正常咬合群 (図A, B) の初診時における前歯部被蓋を表している。

同様に, 骨格系を評価する計測項目のうち, ANB, AB to Occlusal plane, 上下顔面高の比 (ANS-Me/N-ANS) について同様な検定を行ったところ, 術前群と術後群では平均値に差が認められなかった。

II. 研究方法

1. 被験音

被験音は, 発音時の調音部位と呼気の排出法および開口量から本研究の目的になかったものを総合的に判断して, 以下のように決定した。

子音については, 調音点が歯および口蓋にある音素のうち歯音として/s/, 歯茎音として/t/, /r/さらに軟口蓋音として/m/を選んだ。また, 母音については, 調音条件の影響を除くために, すべて広母音/a/で統一した。よって被験音は日本語2音節無意味単語の母音子音母音とし, 摩擦歯音の/asa/, 破裂歯茎音の/ata/, 弾音の/ara/, 通鼻両唇音の/ama/とした。

2. 調音レベル

1) 舌接触部位

舌接触部位は粉末式静的パラトグラフィで評価した。厚さ 0.1 mm の SCHEU-DENTAL 社製 Platzh.-FOLIE を 220 度で 25 秒間軟化後, 上顎歯列模型に圧接し, 歯列咬合面, 唇頬側最大豊隆部及び最後方臼歯遠心側部までの口蓋を覆うようにしてトリミングし, ワセリンを表層に一層塗布した後, その上にアルジネート粉末印象材を均一に塗布した。

被験者にうがいをさせ舌を湿らせた後, 口腔内に口蓋板を装着して被験音を発音させた。次いで口蓋板を口腔内から取り出し, 舌接触部位の前後的位置をマークした。/sa/では, 上顎中切歯切縁から最小狭めの位置

までの距離を, /ta/および/ra/では切縁から接触帯の中央までの距離について計測を行った。また/ma/については, 接触の有無について調べた。以下, 5 群間の統計的比較は, 各群のばらつきを分散分析し, 5 % レベルで有意性が認められた場合, 各群の平均値に差があるかについて post hoc test を行った。

2) 顎運動経路

被験者の下顎前歯唇側面にマグネットを接着した後, 頭部にヘッドセットを装着した。この場合ヘッドセットは正中線から左右対称で, かつ床面と被験者のフランクフルト平面が水平になるようにした。次に被験者に中心咬合位をとらせてゼロ調整した後, 被験音を自然な状態で繰り返し発音させ, その顎運動様相をシロナソグラフ・アナライジング・システムII (東京歯科産業(株), 東京, カノープス電子(株), 神戸)を用いて記録した。その後, 子音産生時の構えと母音発声終了時の位置, および移動距離について調査するため, 当教室で開発した顎運動自動解析プログラムにより, 5 回目以降 10 回の顎運動経路を分析した。安静位でゼロ調整を行った予備実験では, 顎位が不安定で再現性に問題があったため, 本研究では中心咬合位を原点とした。

3. 聴覚レベル

本研究では, 精神物理実験法である対比較法により, 日本語音素の“自然らしさ”に関する質的分析を行った。まず, 被験者に自然頭位をとらせ, 発声音は日常会話の大ききで無理のない速度とし, 調音検査と同種の被験音 (/sa/, /ta/, /ra/, /ma/) を発音させ, 発声音は発音検査システム²¹⁾によりデジタル信号として記

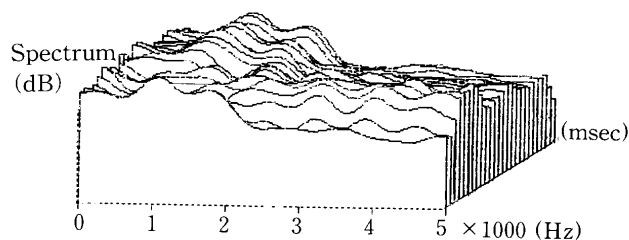


図2 鳥瞰図の1例

正常咬合群中1名の/sa/発音時の鳥瞰図を示した。X軸は周波数、Y軸は時間、Z軸は音圧を表している。

録した。その後、被験音ごとにデータを切り分けディスクに保存した。さらにそのデータをデジタルアナログ変換した後、2個の音を無作為に抽出し、各被験音ごとに2音で1対の刺激音を編集した。それらの対を連続してランダムな順序で正常な聴覚を有する成人男女それぞれ5名に聞かせ、二者のうち、質的に優れており、聴きやすいと思われる方を“より自然らしい”日本語として、選択させた。その結果を以下の組合せで比較し、 χ^2 検定により統計学的に処理した。

- 1) 正常咬合群と非開咬-術前群
- 2) 正常咬合群と開咬-術前群
- 3) 非開咬-術前群と開咬-術前群
- 4) 正常咬合群と非開咬-術後群
- 5) 非開咬-術前群と非開咬-術後群
- 6) 正常咬合群と開咬-術後群
- 7) 開咬-術前群と開咬-術後群
4. 音響レベル

発声音を物理現象の1つである音声波形として解析するため、高速フーリエ変換によるスペクトル分析を行った。最初に鳥瞰図が5つの群によって違うかどうかを定性的に調査した。鳥瞰図とはX軸に周波数、Y軸に時間、Z軸に各スペクトルの強さをとり、発声音をスペクトルの経時変化として三次元的に表現したものである。図2にその1例として、正常咬合群中1名の/sa/発音時における鳥瞰図を示した。その後、被験音の子音から母音への渡りの部分を40 msec 切り出し、ハミング窓を通過させ、高速フーリエ変換による処理を行い、低周波数領域の第1、第2フォルマンのピークピッキングを行った²²⁾。フォルマンとは、ある範囲の振動数の音を含んだ音域であり、発声腔の固有振動によって共鳴し、エネルギー集中域として現れたものをいうが、一般に各発声音で固有な特徴を有すると考えられている。本研究対象である骨格性反対咬合症の術前群と正常咬合群、術前群と術後群では、調音器官の形態に大きな違いがみられたが、それら調音器官から産生される発声音について音響的な特徴を抽出することを試みた。

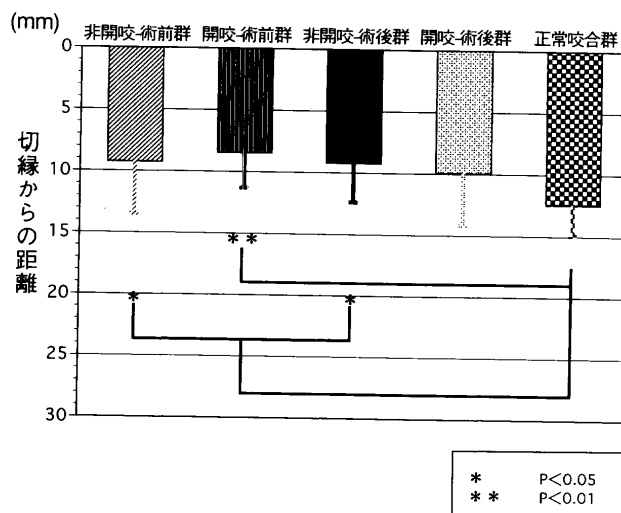


図3 /sa/発音時パラトグラフィ

縦軸は上顎中切歯切縁と最小狭め間の距離を表している。距離が小さいほど、舌が前寄りであることを示す。線分は各群の標準偏差の範囲を表している。(図4、5も同様)

正常咬合群に比べて、開咬-術前群は危険率1%で、非開咬-術前群および術後群は危険率5%で前方位を示していた。

結 果

I. 調音レベル

1. 舌接触部位

図3は/sa/発音時パラトグラフィの結果を示したものである。縦軸は上顎中切歯切縁から最小狭めの位置までの距離を示し、距離が小さいほど舌が前方位にあることを意味している。正常咬合群に比して開咬-術前群は危険率1%で前方位を、非開咬-術前群および非開咬-術後群は危険率5%で前方位を示していた。非開咬-術前群と非開咬-術後群、開咬-術前群と開咬-術後群では舌位に有意差が認められなかった。

図4に示すように、/ta/発音時には非開咬および開咬-術前群、非開咬および開咬-術後群は危険率1%で正常咬合群より前方位の接触を示していた。術前群と術後群の比較では、有意差は認められなかった。

図5は/ra/発音時のパラトグラフィの結果である。開咬-術前群は正常咬合群に比して危険率1%で前方位を示した。術前群と術後群の比較では、有意差は認められなかった。

/ma/は通鼻両唇音であるため接触がないのが正常であるが、開咬および非開咬-術前群で接触するものが特に多く認められた。

2. 顎運動経路

1) /sa/発音時顎運動の平均経路 (図6)

X、Y座標の原点は中心咬合位を示している。

(1) 子音発音時の構え (線分上方の点)

非開咬-術前群は正常咬合群より危険率1%で後方位を、開咬-術前群より危険率5%で後方位かつ危険率

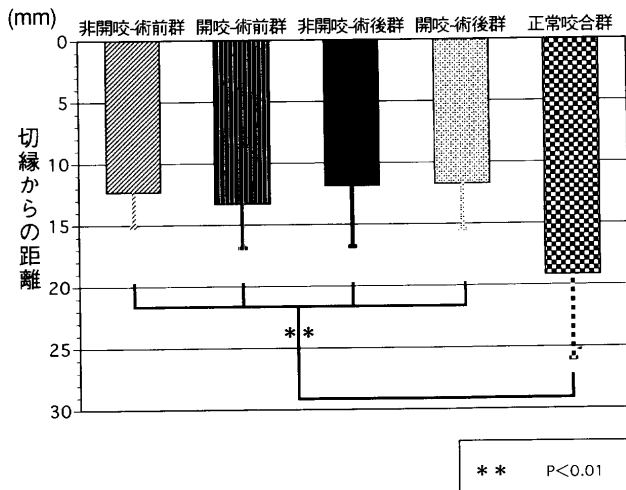


図4 /ta/発音時パトグラフィ

縦軸は上顎中切歯切縁と接触帯中央の間の距離を表している。正常咬合群に比べ、他の4群は危険率1%で前方位を示していた。

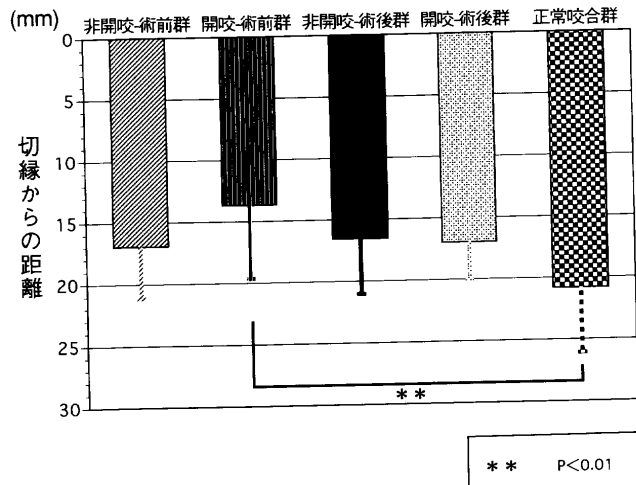


図5 /ra/発音時パトグラフィ

縦軸は上顎中切歯切縁と接触帯中央の間の距離を表している。正常咬合群に比べ、開咬-術前群は危険率1%で前方位を示していた。

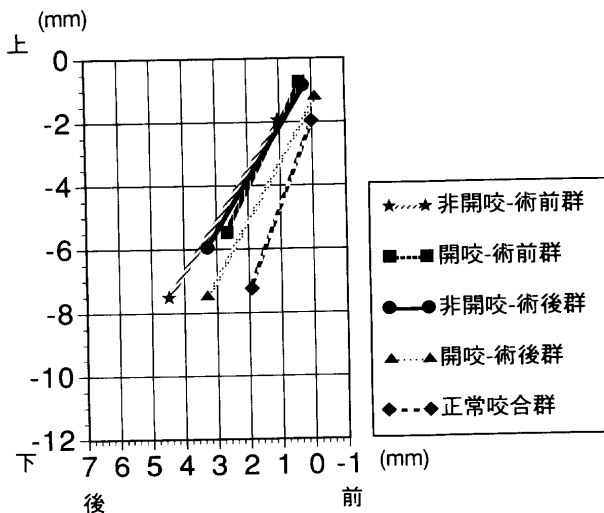


図6 /sa/発音時顎運動の平均経路

横軸は被験者のフランクフルト平面、縦軸はそれに直交する線。原点は中心咬合位を示す。線分の前上方(子音発声時の構え)から後下方(母音発声終了時)へ下顎が運動していることを表している。

(図7~9も同様)

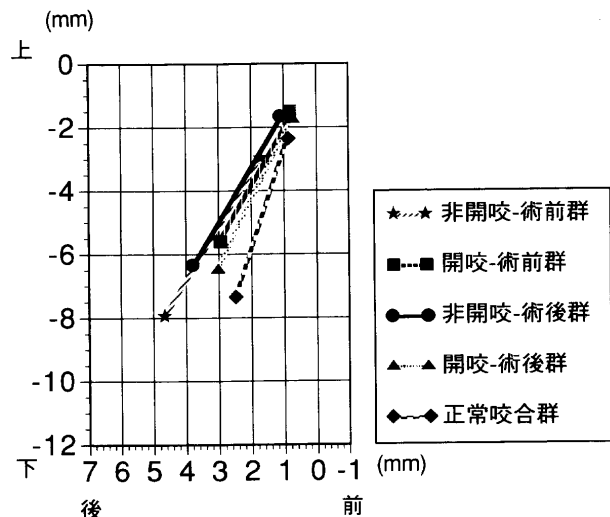


図7 /ta/発音時顎運動の平均経路

較では、統計的有意差はなかった。開咬および非開咬-術後群と正常咬合群との間に有意差はみられなかった。

2) /ta/発音時顎運動の平均経路(図7)

(1) 子音発声時の構え

非開咬-術前群は正常咬合群より危険率1%で後方を、開咬-術前群より危険率1%で後下方位を示した。非開咬-術後群は非開咬-術前群より危険率5%で前方位を、危険率1%で上方位を示した。それに対し、開咬-術後群は開咬-術前群とほぼ同じ位置を示した。開咬および非開咬-術後群と正常咬合群との間では統計的有意差はなかった。

(2) 母音発声終了時

非開咬-術前群は正常咬合群および開咬-術前群より危険率1%で後方を示した。非開咬-術前群と非開咬-術後群、開咬-術前群と開咬-術後群の比較では、統計

1%で下方位を示していた。開咬-術前群は正常咬合群より危険率5%で上方位を示した。非開咬-術後群は非開咬-術前群より危険率5%で前方位かつ上方位を示し、正常咬合群に比べても危険率5%で上方位を示していた。開咬-術前群と開咬-術後群の比較では、有意差は認められなかった。開咬-術後群と正常咬合群との間に有意差はみられなかった。

(2) 母音発声終了時(線分下方の点)

非開咬-術前群は正常咬合群より危険率1%で、開咬-術前群より危険率5%で後方を示した。非開咬-術前群と非開咬-術後群、開咬-術前群と開咬-術後群の比

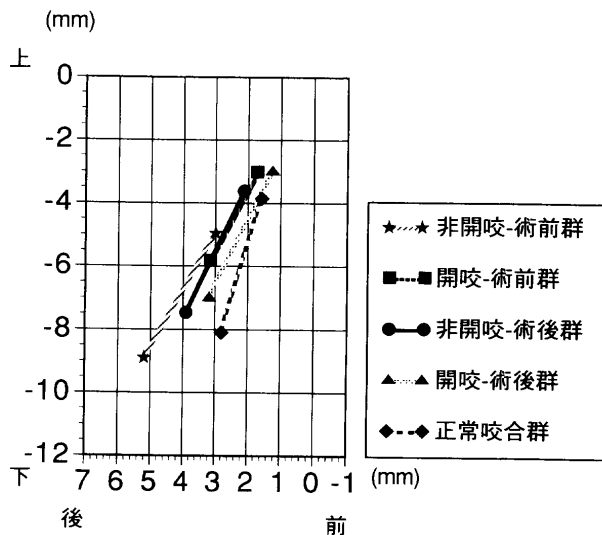


図8 /ra/発音時顎運動の平均経路

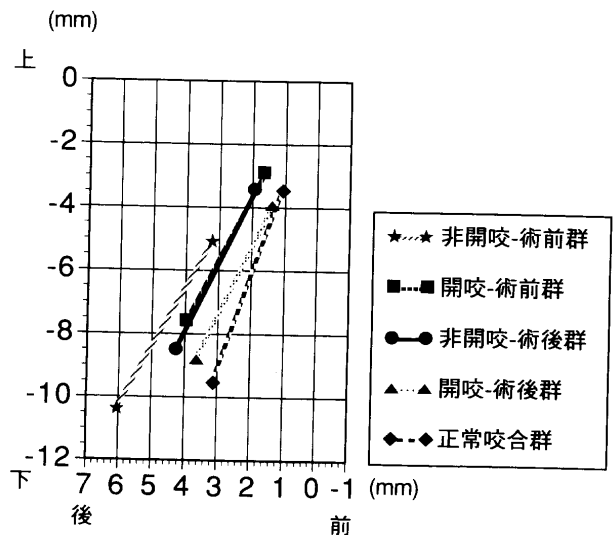


図9 /ma/発音時顎運動の平均経路

的有意差はなかった。開咬および非開咬-術後群と正常咬合群との間で有意差は認められなかった。

3) /ra/発音時顎運動の平均経路 (図8)

(1) 子音発声時の構え

非開咬-術前群は正常咬合群および開咬-術前群より危険率1%で後方位を示した。非開咬-術前群と非開咬-術後群、開咬-術前群と開咬-術後群の比較では、統計的有意差はみられなかった。開咬および非開咬-術後群と正常咬合群との間で有意差は認められなかった。

(2) 母音発声終了時

非開咬-術前群は正常咬合群および開咬-術前群より危険率1%で後方位を示した。非開咬-術前群と非開咬-術後群、開咬-術前群と開咬-術後群の比較では、統計的有意差はなかった。開咬および非開咬-術後群と正常咬合群との間で有意差は認められなかった。

4) /ma/発音時顎運動の平均経路 (図9)

(1) 子音発声時の構え

非開咬-術前群は正常咬合群より危険率1%で後方位かつ危険率5%で下方位を、開咬-術前群より危険率1%で後下方位を示した。非開咬-術後群は非開咬-術前群より危険率1%で前方位かつ危険率5%で上方位を示したことが確認された。開咬-術前群と開咬-術後群との比較では有意差がみられなかった。開咬および非開咬-術後群と正常咬合群との間で有意差は認められなかった。

(2) 母音発声終了時

非開咬-術前群は正常咬合群および開咬-術前群より危険率1%で後方位を示した。非開咬-術後群は非開咬-術前群より危険率5%で前方位を示した。開咬-術前群と開咬-術後群の比較では統計的有意差が認められなかった。開咬および非開咬-術後群と正常咬合群の比較では明確な差は認められなかった。

3. 顎運動距離

図10~13に示すように術前群間、術後群間および術前群と術後群との比較では、/sa/, /ta/, /ra/, /ma/全ての発音時において有意差はみられなかった。

II. 聴覚レベルについて

1. 正常咬合群と非開咬-術前群との比較において、正常咬合群の発声音の方が日本語の音素として“自然らしい”と判定されたのは145組中122組で84%であった。

2. 正常咬合群と開咬-術前群との比較において、正常咬合群の発声音の方が“自然らしい”と判定されたのは160組中130組で81%であった。したがって開咬および非開咬-術前群の発声音は、正常咬合群のそれより危険率0.1%で日本語の音素として劣っているものと考えられた。

3. 非開咬-術前群と開咬-術前群との比較において、非開咬群の発声音の方が“自然らしい”と判定されたのは395組中191組で48%であり、有意差はなかった。したがって非開咬-術前群と開咬-術前群との間では、差は認められないと考えられた。

4. 正常咬合群と非開咬-術後群との比較において、正常咬合群の発声音の方が“自然らしい”と判定されたのは112組中92組で82%であった。

5. 非開咬-術前群と非開咬-術後群との比較では、術後群の発声音の方が“自然らしい”と判定されたのは256組中175組で68%であった。したがって非開咬-術後群は危険率0.1%で非開咬-術前群より発声音の質がよいと判断されていたが、危険率0.1%で正常咬合群のそれには劣ると判断された。

6. 正常咬合群と開咬-術後群との比較において、正常咬合群の発声音の方が“自然らしい”と判定されたのは112組中88組で79%であった。

7. 開咬-術前群と開咬-術後群との比較では、術後群の発声音の方が“自然らしい”と判定されたのは224

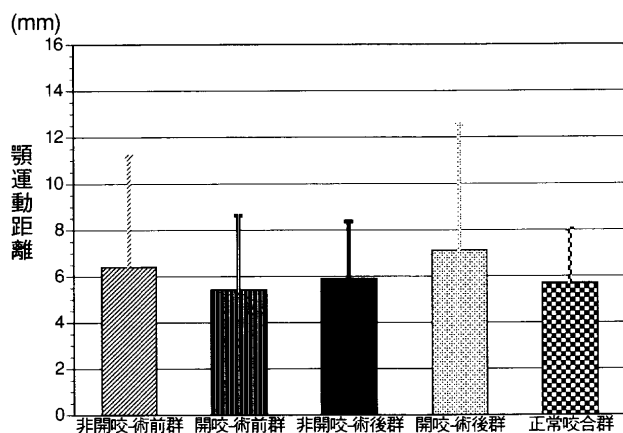


図 10 /sa/発音時顎運動距離

各グラフ上方の線分は各群の標準偏差の範囲を表している。5群間で有意差は認められなかった。(図 11~13 も同様)

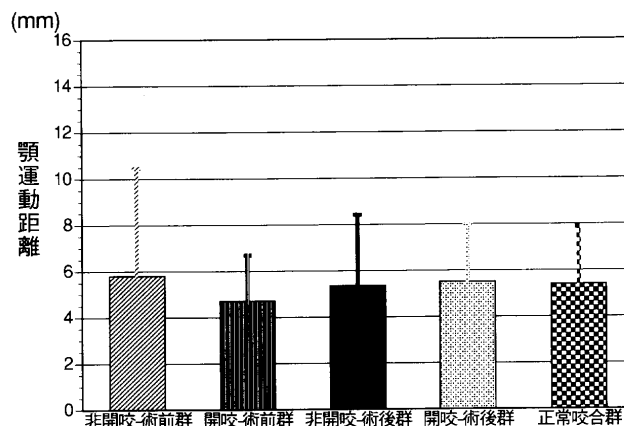


図 11 /ta/発音時顎運動距離

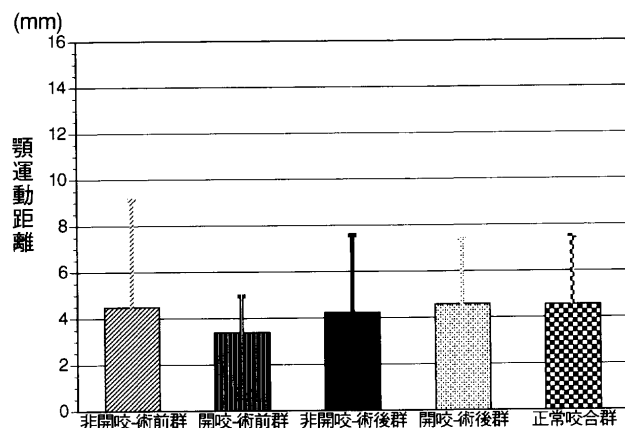


図 12 /ra/発音時顎運動距離

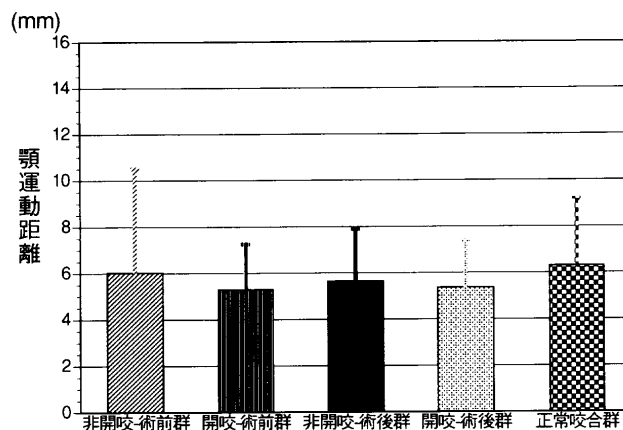


図 13 /ma/発音時顎運動距離

組中 137 組で 61% であった。したがって開咬-術後群は危険率 0.1% で開咬-術前群より発声音の質がよいと判断されたが、危険率 0.1% で正常咬合群のそれには劣ると判断された。

III. 音響レベル

/sa/, /ta/, /ra/, /ma/ すべての発声音において、各群のフォルマントに有意差は認められなかった。表 2 に 1 例として、/sa/ 発音時の第 1, 第 2 フォルマントの平均値と標準偏差を示した。

考 察

I. 研究対象について

本研究では、歯系によっておこる構音障害をできるだけ除外し、骨格の不正に対応した構音の特徴を把握するために、術前群の資料は歯の不正による舌への影響が小さいと考えられるもの、つまり著しい叢生、歯数の異常等が初診時に認められないものとした。このことはすなわち菅原らの報告²⁾にあるように、被験音によっては上下顎前歯部の咬合状態、上顎前歯部の叢

表 2 高速フーリエ変換による第 1, 第 2 フォルマントの分析 (/sa/ 発音時の例)

	第 1 フォルマント (Hz)	第 2 フォルマント (Hz)
非開咬-術前群	855±91	1687±85
開 咬-術前群	872±81	1767±163
非開咬-術後群	823±97	1592±124
開 咬-術後群	868±68	1674±114
正 常 咬 合 群	925±78	1739±64

表の数値は平均値±標準偏差である。
5 群間で有意差は認められなかった。

生の程度および口蓋前方部の傾斜など、口蓋の形態が構音異常に影響を与えると考えられるためである。また、反対咬合症は、上下顎骨の前後的位置および大きさの不調和の結果として負の overjet を伴っていることが多い。発音には舌、口唇、歯、歯肉などの 3 次元的な位置関係が大きく影響していると考えられるので、本研究では前後的不調和の他に垂直的不調和を有して

いるかどうか, つまり overbite の量によってさらに 2 群に分類することが妥当であると判断した。これにより骨格的不調和が前後的なものだけであるもの(非開咬群)と垂直的不調和も伴うもの(開咬群)とに分け, それらの違いについても検討できるものと考えた。

次に, 術後群の資料は, 初診時において術前群と同様の条件を満足し, かつブラケット撤去後 2 年以上経過した症例とした。その理由は一般に外科的矯正治療の予後はほぼ 2 年で安定し, 顎骨および周囲組織の順応はこの時点で十分に得られると考えられるためである。

II. 調音レベル

1. 舌接触部位

良い音を産生するためには正常な調音体と調音点の存在および二者間の正しい位置関係が不可欠である²³⁾。しかし反対咬合症の患者では骨格または歯列不正によってそのような位置関係が得られない場合が多い。一方, 発音は対人関係の上できわめて重要な役割を果たすため, 患者自身はより良い音を作ろうとする学習を行うものと考えられる。すなわち, 患者は聴覚からのフィードバックにより調音に関する学習を行い, それを具体化するために舌位や顎運動を調節することによって, それらの位置的な不正を補償する機構を働かせる可能性がある。

本研究では, /sa/, /ta/, /ra/ 発音時において, 開咬群, 非開咬群の術前および術後は正常咬合群より前方位を示し, 術後にも術前の傾向が残存していた。下顎前突症患者の舌骨は正常咬合者に比べて前方位にあるといわれているため²⁴⁾, 舌も前方位をとることが予想される。したがって口蓋と舌の正しい関係を得るためには下顎を後方へ大きく移動し, できるだけ舌を後方へ接触させようという補償機構が働いていると推察される。しかし, 本研究のパラトグラフィを用いた観察によれば, 術前における補償機構の作働は十分ではなく, 外科的矯正治療を終了して 2 年以上経過した後も, 術前の傾向を持続していることが明らかになった。このことは, 形態の改変と機能の順応の相互関係を検討するうえで留意すべき問題点と考えられた。

2. 顎運動経路

本研究では, 非開咬-術前群の発音時顎運動経路は, 正常咬合群および開咬-術前群より後下方位を, 開咬-術前群の発音時顎運動経路は, 正常咬合群および非開咬-術前群より上方位を示した。このことは, 非開咬群は前後的不正の補償を, 開咬群は垂直的不正の補償を行った結果であると推察された。また術前群と術後群の比較から, 開咬, 非開咬群ともに術後群は術前群より正常咬合群に類似した運動パターンを示す傾向が認められた。このことは外科的矯正治療による形態の改善に伴い, 骨格系や歯系の不正を補償する必要が少なくなったためと考えられる。しかし, 術後群においても正常咬合群とは異なったパターンを示していたこと

から, 発音機能には, 神経筋機構, 顎顔面および咬合形態, 舌, 口唇などの軟組織, 顎関節などさまざまな因子が関与し, 外科的矯正治療後においてこれらの複合体が新しい環境に適応するにはかなりの時間を要することを示すものと理解できよう。川村ら²⁵⁾は, 骨格性下顎前突症患者のチューイングガム咀嚼運動は外科的矯正手術を適用することで正常咬合者に近似するほどの改善がみられたが, それには術後 1 年では不十分であると述べている。また不正の程度や個人の適応能力にも変異が認められ, さらに発音は人間の社会精神的意志によりなされるものであるため, 個体間の変異も大きいという特徴を有する。これらのことから, 術後においても正常咬合群との間で有意差があったものと推察される。

3. 顎運動距離

/sa/, /ta/, /ra/, /ma/ すべての発声音において, いずれの群間でも有意差は認められなかった。

研究対象者の形態的特徴から判断すれば, 反対咬合症または下顎前突症患者は, 一般的に正常咬合者より下顎頭から下顎切歯までの距離が大きいこと, 切歯点での移動距離も大きいのではないかと予想される。また, 適切な音産生に不利な前歯部でのギャップを補償するため, 上下切歯間の離開度を調整する神経筋機構が作用した場合, 移動距離に差が認められることが予想される。しかし本研究の結果では, 開咬-術前群, 非開咬-術前群の移動距離は正常咬合群のそれと有意差が認められなかった。この理由としては, 移動距離は個体差が大きく, たとえ補償機構があってもそれが隠されてしまうこと, あるいは良い音を産生するための適切な開口量はある範囲内に入る可能性のあることなどが考えられる。

さらに /ma/ 発音時では, /sa/, /ta/, /ra/ 発音時に比べて 5 群間の差が小さかった。摩擦音の /sa/, 破裂音の /ta/, 弾音の /ra/ を明瞭に発音するためには, 正しい調音部位を獲得することが必要とされる。それに対し /ma/ は通鼻両唇音で, 舌, 口蓋, 歯は構音にたずさわらず, 比較的骨格系および歯系の不正を補償する必要がないため, 各群間の差が少なかったと思われる。

III. 聴覚レベル

外科的矯正治療が必要な患者では, 発声音に関し, 若干の歪みを有することがあるものの, 唇顎口蓋裂患者のように明らかな聞きにくさや異聴傾向を示さないことが多い。そこで本研究では発声音を異聴傾向としてではなく, 日本語としての“自然らしさ”について質的に評価することを目的として精神物理実験方法である対比較法を採用することにした。

非開咬-術前群と正常咬合群, 開咬-術前群と正常咬合群の比較では, 正常咬合群の発声音の方が日本語の音素の“自然らしさ”に関して, より高いと評価され, これは明らかに正常咬合群の方が良い音を産生するのに適した調音器官を有していることによるものと考え

られた。

本研究では、術前群に比べて術後群の方が“より自然らしい”日本語として質的に高く、外科的矯正治療の効果がうかがえたが、このような発声音の解析については以前から多くの研究がなされている。Turvey⁹⁾, Glass¹⁰⁾, Witzel¹¹⁾, Ruscello¹⁴⁾, Vallino¹⁵⁾ などが報告しているように術後に改善がみられるとしたものと、Goodstein⁸⁾, Garber¹²⁾, Dalston¹³⁾ らのように改善がみられないとするものまで結果はまちまちである。このような結果の相違には、各研究における被験者数、骨格および咬合状態、外科手術内容、術後経過時間要素などが均質でないことが強く影響していると考えられる。本研究では、術後群に発声音の質的改善がみられるものの、開咬群、非開咬群ともに正常咬合群に比べると依然として劣っていると判定された。これは、外科的矯正治療によって顔面の骨格構成(skeletal framework)が改善されたものの、舌の位置などの周囲組織の形態的問題や顎運動などの機能的問題点の改善にまで至らず、術後2年以上経過していても正常咬合群のレベルまでは達していないことを示唆している。

IV. 音響レベル

1. 高速フーリエ変換によるスペクトル分析

音響レベルでの音声分析とは、音波の一形態である音声波から音声として特徴づけている要因を抽出し、それを変数として音声を表そうとする試みをいう。この場合では共鳴腔としての声道の形態、声帯振動および発音運動などの個体差がすべて音声の個体差に結びつくことが予想される。

まず、鳥瞰図により各群の特徴を定性的に調べたが差はなかった。次に定量的評価としてピークピッキング(第1, 第2フォルマントの抽出)を行ったところ、各群間に差は認められなかった。この理由としては、正常咬合者も含め個体差が大きいことが第一に考えられた。また、術前群、術後群ともに著しい異聴傾向が存在するわけではないため、高速フーリエ変換による定量的、定性的評価が難しいことも原因していると考えられた。

ま と め

本研究では外科的矯正治療が成人骨格性反対咬合症の発音機能の向上に寄与することが示唆されたが、それは正常咬合群のレベルまでには達していないことが判った。特に、発音時の舌接触部位は術後においても正常咬合群との間で違いがみられた。これらより術後においても発音障害を残している場合、音産生が不十分であることの原因として、舌が関与している可能性があると考えられた。

今後は、縦断資料を採取して個別に観察し、各群の症例数も増やすとともに構音障害の要因と思われる項

目別に分類し、発音訓練が術後の新しい環境への適応を加速させることができるかどうかについて検討するつもりである。

稿を終えるにあたり、本研究で用いた発音検査システムの開発に際し、多大なるご教示をいただいた群馬大学工学部、金森吉成教授に心から感謝いたします。さらに被験者の外科手術を担当していただきました、本学歯学部口腔外科学第一講座、川村仁助教授に深甚なる感謝の意を表します。

本稿の一部は、第53回日本矯正歯科学会大会(1994年10月、郡山市)において発表した。

文 献

- 1) 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 発音に伴う舌運動および下顎運動について一健常者との比較一、愛院大歯誌 26：33-53, 1988.
- 2) 菅原準二：成人反対咬合者の調音の特徴一電気的パラトグラフィによる観察一〔会〕、歯科基礎誌 21：272, 1979.
- 3) 河内満彦：デントパラトグラフィ発音機能検査システムの開発とそれを用いた骨格型下顎前突者の調音運動および発声音の解析、日矯歯誌 46：71-92, 1987.
- 4) 勢島 実, 板垣正樹, 菅原準二, 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一電気的パラトグラフィによる観察一、日矯歯誌 42：273-287, 1983.
- 5) 鈴木規子, 斎藤裕子, 太田恵子, 他：顎骨変形症患者における術前・術後の構音時舌運動様式の変化について一ダイナミック・パラトグラフィによる観察一、顎変形誌 1：9-11, 1982.
- 6) 寺島多実子, 鈴木聖一, 天野光章, 他：嚙下パターン解析のための簡易ペーストパラトグラム法、日矯歯誌 51：90-97, 1992.
- 7) 板垣正樹, 菅原準二, 河内満彦, 他：骨格型反対咬合者の舌の調音運動、下顎運動および音声の同時観察一Long face・Open bite群とShort face・Deep bite群との比較一、日矯歯誌 45：237-249, 1986.
- 8) Goodstein, D. B., Cooper, D., Wallace, L., *et al.* : The effect on speech of surgery for correction of mandibular prognathism, Oral Surg 37：846-849, 1974.
- 9) Turvey, T. A., Journot, V. and Epker, B. N. : Correction of anterior open bite deformity : A study of tongue function, speech changes, and stability, J Maxillofac Surg 4：93-101, 1976.
- 10) Glass, L., Knapp, J. and Bloomer, H. H. : Speech and lingual behavior before and after

- mandibular osteotomy, J Oral Surg 35 : 104-109, 1977.
- 11) Witzel, M. A., Ross, R. B. and Munro, I. R. : Articulation before and after facial osteotomy, J Maxillofac Surg 8 : 195-202, 1980.
 - 12) Garber, S.R., Speidel, T.M. and Marse, G. : The effects on speech of surgical premaxillary osteotomy, Am J Orthod 79 : 54-62, 1981.
 - 13) Dalston, R. M. and Vig, P. S. : Effects of orthognathic surgery on speech : A prospective study, Am J Orthod 86 : 291-298, 1984.
 - 14) Ruscello, D. M., Tekieli, M. E., Jakomis, T., *et al.* : The effects of orthognathic surgery on speech production, Am J Orthod 89 : 237-241, 1986.
 - 15) Vallino, L. D. : Speech, velopharyngeal function, and hearing before and after orthognathic surgery, J Oral Maxillofac Surg 48 : 1274-1281, 1990.
 - 16) 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.
 - 17) 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.
 - 18) Bowers, J., Tobey, E. A. and Shaye, R. : An acoustic-speech study of patients who received orthognathic surgery, Am J Orthod 88 : 373-379, 1985.
 - 19) 山本隆昭, 今井 徹, 梅田和宏, 中村進治 : 骨格性反対咬合者における無声摩擦音/ $\int$ / $\int$ の音響的特徴と聴覚印象, 日顎変形誌 5 : 156-163, 1995.
 - 20) 山内 積, 石原勝利, 白土祥樹, 他 : 最近の日本人正常咬合者の顎顔面形態について, 日矯歯誌 54 : 93-101, 1995.
 - 21) Kawauchi, M., Kanamori, Y., Sachdeva, R., *et al.* : The dynamic dento-palatography system : a new approach for evaluating speech, J Biomed Eng 14 : 163-168, 1992.
 - 22) 大泉充郎, 藤村 靖 : 音声科学, 東京, 1980, 東大出版会, 136-138.
 - 23) 柴田貞雄, 井野朝二, 山下真司 : エレクトロパレートグラフによる構音訓練法, 東京, 1979, (株)リオン.
 - 24) 黒田敬之, 布田栄作, 花田晃治, 他 : 頭部X線規格写真による舌骨体の位置の検討, 日矯歯誌 25 : 31-38, 1966.
 - 25) 川村 仁, 長坂 浩, 佐藤修一, 他 : 顎矯正手術を適用した骨格型下顎前突症のチューイングガム咀嚼に関する筋電図学的研究—4年以上経過例について—, 口科誌 43 : 543-550, 1994.

主 任 : 三 谷 英 夫 教授 1996 年 5 月 10 日 受付

連絡先 : 粟生田佳奈子
 東北大学歯学部歯科矯正学講座
 〒 980-77 仙台市青葉区星陵町 4-1