

エレクトロパラトグラフィを用いた構音の  
ホームトレーニングの効果

—通常の訓練で改善が難しかった症例について—

山 本 一 郎 井 上 幸 藤 原 百 合

## エレクトロパラトグラフィを用いた構音の ホームトレーニングの効果

— 通常の訓練で改善が難しかった症例について —

山本 一郎 井上 幸\* 藤原 百合\*\*

**要旨** 口蓋化構音や側音化構音が通常の訓練で治り難かった両側性唇顎口蓋裂術後症例に、8歳4カ月から約1年間、エレクトロパラトグラフィ（EPG）の簡易トレーニング装置を用いて家庭における視覚的フィードバック訓練を行った。使用装置はWinEPGシステム（Articulate Instruments Ltd.）とそのPortable Training Unit: PTUである。

初回評価時、/t, ts/のEPGパターンは舌全体が歯茎部から硬口蓋にかけて広く接触していた。/s/は聴覚的には摩擦音であったがEPGパターンを見ると歯茎部は完全に閉鎖しており、呼気は硬口蓋後方のF1歯部周辺から歯列に沿ってから流出していると推測された。/j, tj/のEPGパターンは舌全体が口蓋に接触し呼気が正中から流出するのを妨げていた。

初回評価後、およそ1カ月おきにWinEPGで記録と分析を行って具体的な訓練目標を示し、毎日自宅でPTUを用いて練習をすることを課した。また地域における言語訓練でもPTUを活用した。練習開始後13カ月で目標音の改善を達成し、PTUを用いた訓練は終了となった。

3歳11カ月から4年以上、通常の構音訓練を続けても改善しにくかった舌運動の異常な習癖が、1年あまりの視覚的フィードバック訓練で改善したのは、訓練目標が具体的に練習効果が目に見えること、またPTUを自宅に持ち帰っての練習は、本人のみならず家族にも理解しやすく、双方のモチベーションが高まって自宅での反復練習を促したこと、によると思われる。

言語聴覚士にとっても練習効果を客観的に測定できる利点がある。今後EPGは従来の言語聴覚療法に加え新たな訓練・分析方法になりうることが示唆された。

キーワード：異常構音、エレクトロパラトグラフィ、視覚的フィードバック、ホームトレーニング

### The Effect of Home Training with Electropalatography

— A Post-operative Cleft Palate Patient with  
Residual Articulation Problems —

Ichiro YAMAMOTO, Miyuki INOUE and Yuri FUJIWARA

---

山本歯科医院 矯正歯科クリニック

\* 滋賀県彦根子ども家庭相談センター

\*\* 広島大学病院特殊歯科総合治療部言語治療室

Yamamoto Dental Clinic

\* Hikone Child Guidance Center

\*\* Graduate School of Biomedical Sciences, Hiroshima University

印刷請求先：山本一郎 〒662-0811 兵庫県西宮市川町2-3-8

山本歯科医院 矯正歯科クリニック

〔2006年7月3日受付〕

**Abstract: Primary objective:** To determine the effectiveness of electropalatography (EPG) home training using a portable training unit (PTU) for a patient with residual articulation disorders.

**Methods and procedures:** The subject was a post-surgical bilateral cleft palate patient whose velopharyngeal function was adequate. She started EPG home training at the age of 8 years 4 months, because she had residual articulation disorders such as palatalized or lateral misarticulation, although she had received conventional speech therapy for more than 4 years.

The WinEPG system (Articulate Instruments, Edinburgh) was used to make recordings during the initial assessment and the monthly follow-up.

**Experimental interventions:** A training program was developed at each session, and she was instructed to carry out her homework assignments using the PTU.

**Main outcome:** After 13 months of home training, marked changes in the EPG patterns and 'Center of Gravity: COG' values were observed.

**Conclusions:** Compared to conventional therapy, EPG home training resulted in a much quicker improvement in target sound production.

**Key words:** cleft palate speech, electropalatography, visual feedback, home training

## 緒 言

口蓋裂に伴う構音障害には、鼻咽腔閉鎖機能不全に関連するものと関連の少ないものがある。前者には、声門破裂音、咽頭破裂音、咽喉頭摩擦音など構音点が口腔以外の場所に移動するタイプと、構音点・構音方法は誤っていないが呼気の鼻漏出による弱音化・鼻音化がおこるタイプが含まれる。一方、鼻咽腔閉鎖機能不全に関連の少ない構音障害には、口蓋化構音、側音化構音、鼻咽腔構音などがあり、口腔内での誤った舌運動が原因となる。近年、外科的治療技術の進歩により初回口蓋形成術で良好な鼻咽腔閉鎖機能を獲得する症例が増加した。それに伴って、口蓋裂術後に現れる構音障害は、後者の鼻咽腔閉鎖機能不全に関連の少ないタイプ、中でも口蓋化構音や側音化構音が多く見受けられるようになった<sup>1)</sup>。

このような異常構音に対する訓練法として「聴覚刺激法」「キーワードを使う方法」「漸次接近法」「構音位置付け法」など伝統的アプローチ<sup>2)</sup>が用いられてきたが、口蓋化構音や側音化構音など舌の異常な運動パターンが習慣化した症例の中には、従来の構音訓練では改善しにくい例もある。治療期間が長引くと、本人の練習意欲も減退し、家族も何時終了になるのか不安を訴える場合がある。

今回は、学齢期に達しても口蓋化構音や側音化

構音の改善に難渋している症例にエレクトロパトグラフィ (EPG) を用いた視覚的フィードバック訓練を導入し、その訓練効果を客観的に判定する。

## 対象および方法

対象は、両側性唇顎口蓋裂術後の女兒。口唇形成術を生後2カ月と5カ月に受け、口蓋形成術を1歳4カ月で受けている。鼻咽腔閉鎖機能は良好である。3歳8カ月時の構音評価で、口蓋化構音と側音化構音が認められ、3歳11カ月から6歳7カ月まで2年8カ月間、およそ月1回のペースで舌・口唇の随意運動の促進と口蓋化構音に対する通常の構音訓練を行った。口蓋化がみられた /t, d, s, ts, dz/ は歯間音の状態意識すれば構音可能となったが、側音化がみられた /ʃ, tʃ/ については浮動性もみられ、経過観察としていた。小学校入学後、登校をいやがるなど精神的に不安定な時期があり、1年ほど練習を中断した。その後、構音訓練を再開し、/t, d, ts, dz, s/ は意識すれば歯間音の状態で音読まで可能となったが、会話への般化が得られなかった。母親からも、「言語訓練は何時まで続くのだろうか? 良くなるのだろうか?」と不安な声が聞かれた。

そこで8歳4カ月時、EPGによる視覚的フィードバック訓練を取り入れることを提案し、両親の承諾を得て上顎の印象を採取し、EPG人工口蓋



図1 EPGパレット：62個の電極を配した人工口蓋

(EPGパレット)を製作した。このEPGパレットには解剖学的指標に基づいて62個の電極が配置されている<sup>3)</sup>(図1)。

構音の記録と分析には、WinEPGシステム(Articulate Instruments Ltd.)を用いた。WinEPGシステムは、Windows OSに対応しワンクリックで音声とEPGパターンの記録や分析ができるなど、汎用性・操作性が向上している。サンプリングレートは100Hzで、長い文章の音読も記録することが可能である。またEPGパターン分析も視覚的の評価に加えて舌の口蓋への接触が前方か後方かを数値化(Center of Gravity: COG)し客観的に評価することもできる<sup>4)</sup>。

EPG訓練開始前にWinEPGシステムを用いてEPGパターンと音声を同時記録し、ベースラインとした。スピーチサンプルは、歯音、歯茎音、硬口蓋音を含むVCV音節を用いた。反応惹起方法は、モニタに提示された課題の音読である。なお、EPGパレットは30分以上装着して慣れた後に記録をとった。初回評価後、およそ1カ月毎に記録と分析を行った。

練習は当院来院時だけでなく、EPGの簡易トレーニング装置(Portable Training Unit: PTU)を自宅に持ち帰りモニタを見ながら毎日30分自己練習することを課した。また、地域における言語訓練でもPTU(図2)を活用した。

## 結 果

### 1. 治療経過

EPGを用いた練習は、図3に示したとおり口蓋化構音の認められた/t/から始め、/ts, s/に進んだ。次いで側音化構音が認められた/tʃ, ʃ/に移った。その後、/ts/からの般化が見られなかった/dz/の練習を追加した。ターゲットとなる音の正常なEPGパターンを治療者が示し、それを目標としてモニタで舌と口蓋の接触状態を確認しながら、単音節、単語、短文、音読の順に進めた。単音節での正常なパターンは1-3回の練習で可能となり、単語レベルは1-2回、短文レベルは2-6回の練習を要した。先発の/t, ts, s/は、単音節から短文の練習まで8-9回のセッションを要したが、後発の/tʃ, ʃ, dz/は3-5回と、より短期間で目標を達成し、練習開始後13カ月でEPGを用いた訓練は終了となった。

2. 治療前後のEPGパターンとCOG値の変化  
/t/音発生時、正常例では歯茎部と舌側縁が馬蹄形に接触し閉鎖している。本症例の初回評価時には、舌全体が口蓋に接触するパターンになっていたが、治療後は正常例と同様の馬蹄形に変化した。最大接触フレームのCOG値は、治療前の0.558から治療後0.644に上昇した。舌の口蓋への接触が前方に変位したことを示している。ちなみに正常例のCOG値は0.645であった(図4)。

/s/の産生は、正常例でみると舌側縁は閉鎖し前歯部に近接して呼気の流出部が開いている。ところが本症例の初回評価時のパターンはサウンドスペクトルで確認した摩擦音産生時に歯茎部は完全に閉鎖しており、硬口蓋後方で舌の側縁の接触が見られなかった。呼気は硬口蓋後方の臼歯部周辺から歯列に沿ってから流出していると思われた。もともと口蓋化構音を呈していた/s/音だが、EPG訓練開始前に舌を前歯列の間に挟んで構音する練習が行われていた。その影響で前舌が歯茎部を閉鎖し呼気が両側から流れる側音化構音の状態になったものと推測される。聴覚的にも側音化構音の印象であった。治療後は、正常例と同様に前方に開放部がみられた(図5)。

/ts/産生時、正常例では馬蹄形の閉鎖から前方の開放に移行している。一方、症例の治療前の

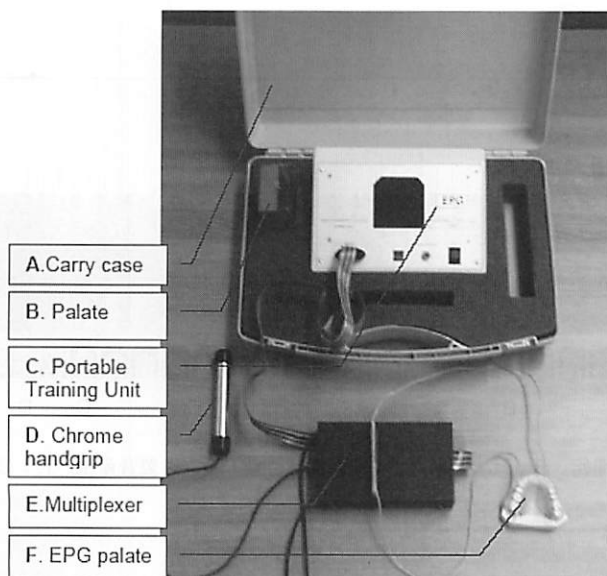


図 2 簡易トレーニング装置

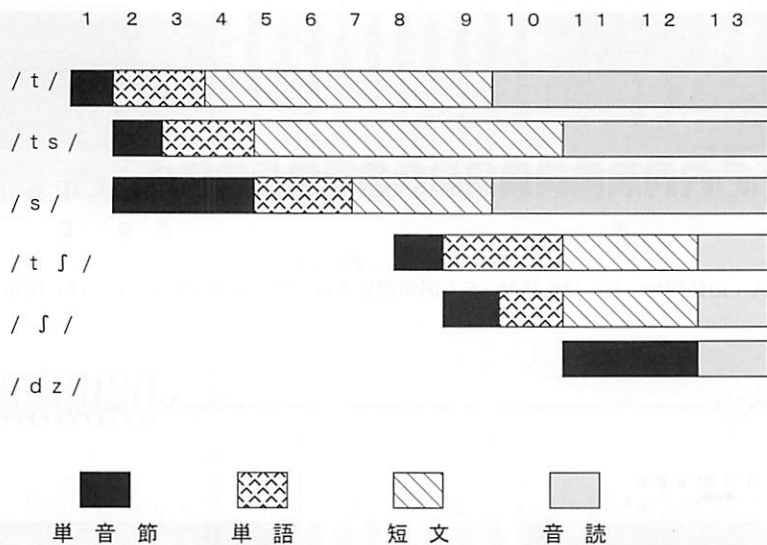
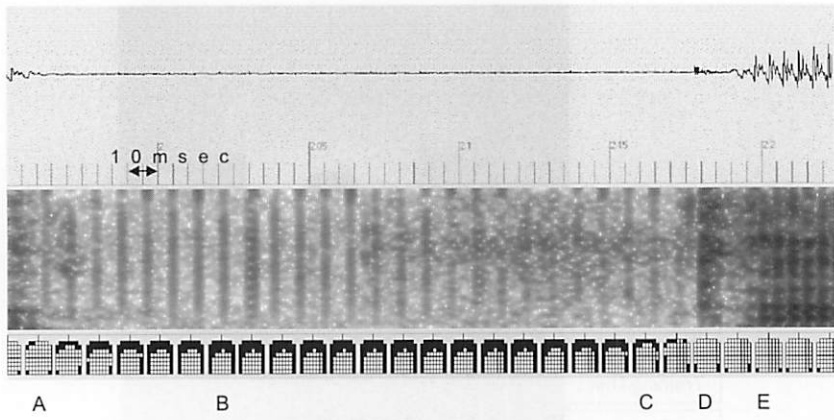


図 3 練習経過  
(横軸は評価/病院での訓練回)

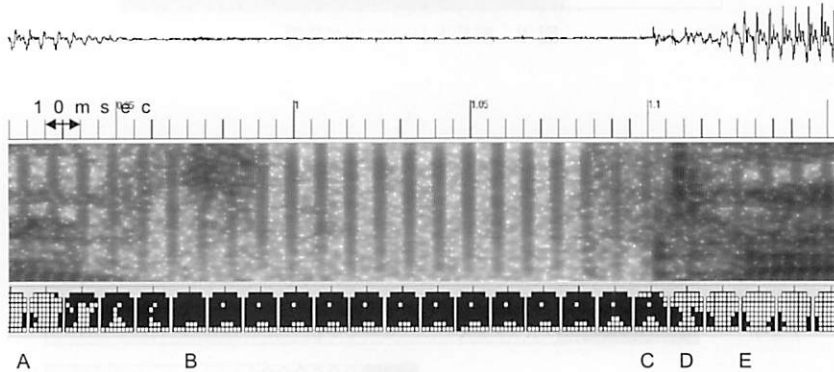
パターンは、/t/の治療前のパターンと同様に後方まで舌が接触していた。治療後は、正常例と同じパターンとなった。最大接触フレームのCOG値は、治療前が0.578で治療後は0.644に上昇した(図6)。

/ʃ/産生時、治療前は舌全体が口蓋に接触し呼

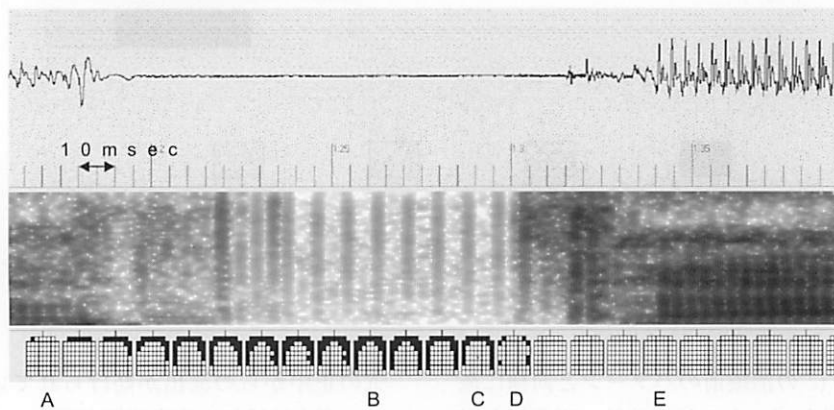
気の正中からの流出が妨げられていた。治療後は、正中に呼気の流出経路が現れたが、正常例に比べるとより前方に狭めが形成されている。聴覚的には/s/に近い音になっていた。最大接触フレームのCOG値は0.507から0.556に上昇した(図7)。



正常例 「あた」の /t/  
 A: 閉鎖開始 B: 最大接触 C: 閉鎖開放直前 D: 破裂音產生 E: 母音開始

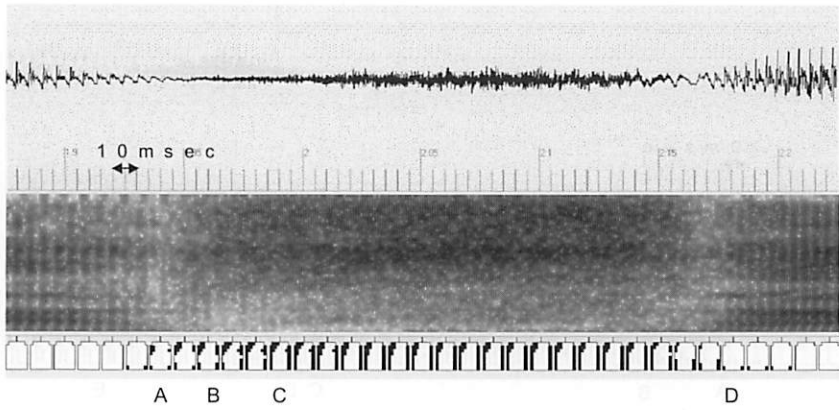


症例：治療前 「あた」の /t/  
 A: 閉鎖開始 B: 最大接触 C: 閉鎖開放直前 D: 破裂音產生 E: 母音開始

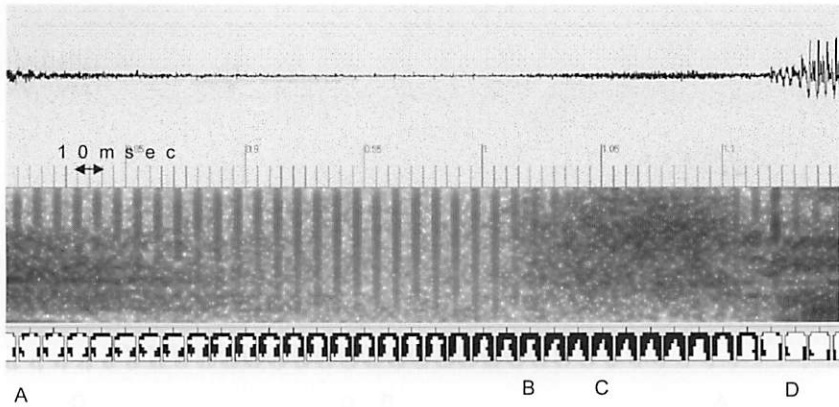


症例：治療後 「あた」の /t/  
 A: 閉鎖開始 B: 最大接触 C: 閉鎖開放直前 D: 破裂音產生 E: 母音開始

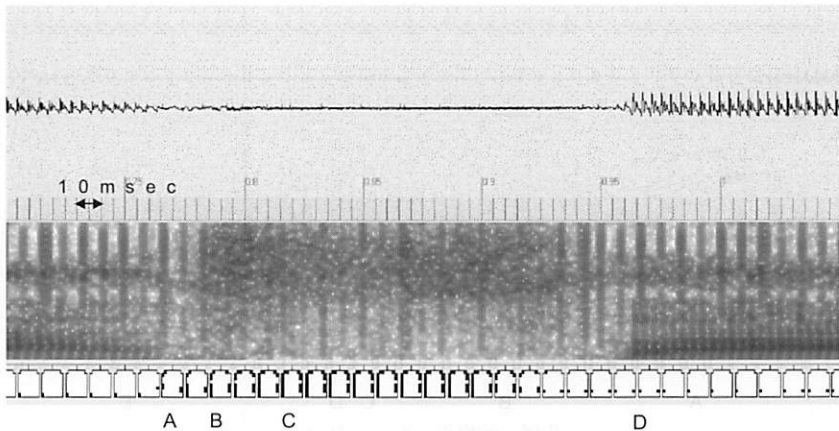
図 4 /t/ 產生時の音声波形, サウンドスペクトルと EPG 連続フレーム (10msec/フレーム)



正常例 「あさ」の /s/  
A: 舌接触開始 B: 摩擦音開始 C: 最大接触 D: 母音開始

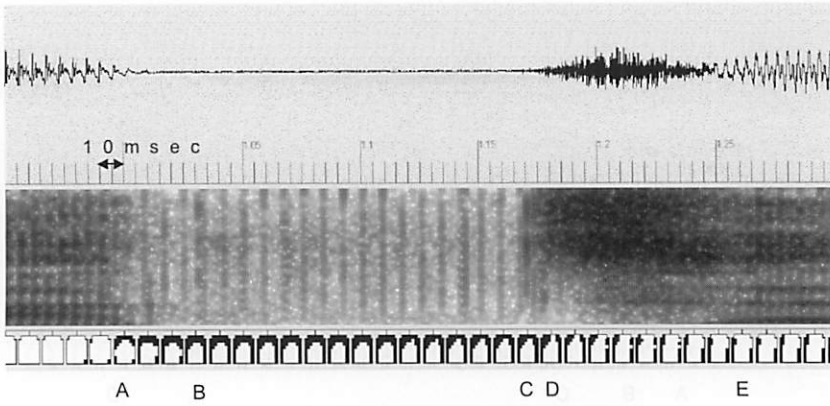


症例：治療前 「あさ」の /s/  
A: 舌接触開始 B: 摩擦音開始 C: 最大接触 D: 母音開始

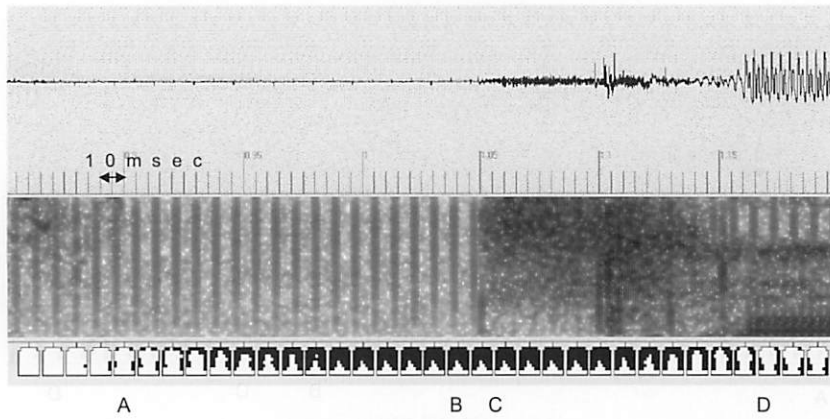


症例：治療後 「あさ」の /s/  
A: 舌接触開始 B: 摩擦音開始 C: 最大接触 D: 母音開始

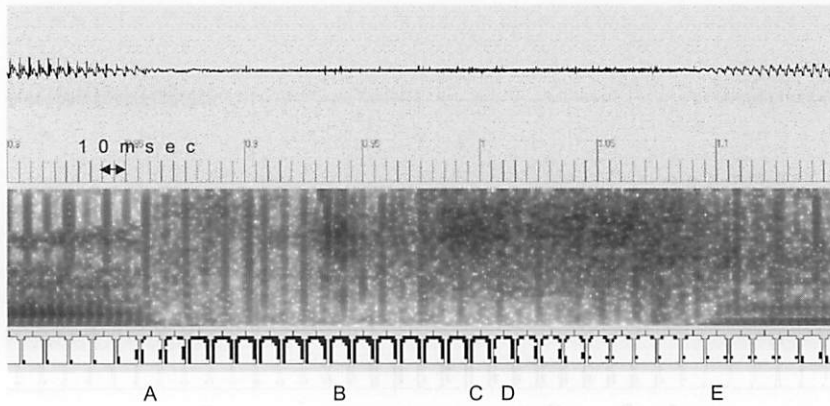
図 5 /s/ 産生時の音声波形, サウンドスペクトルと EPG 連続フレーム (10msec/ フレーム)



正常例「あつ」の/ts/  
A: 閉鎖開始 B: 最大接触 C: 閉鎖開放直前 D: 摩擦音開始 E: 母音開始



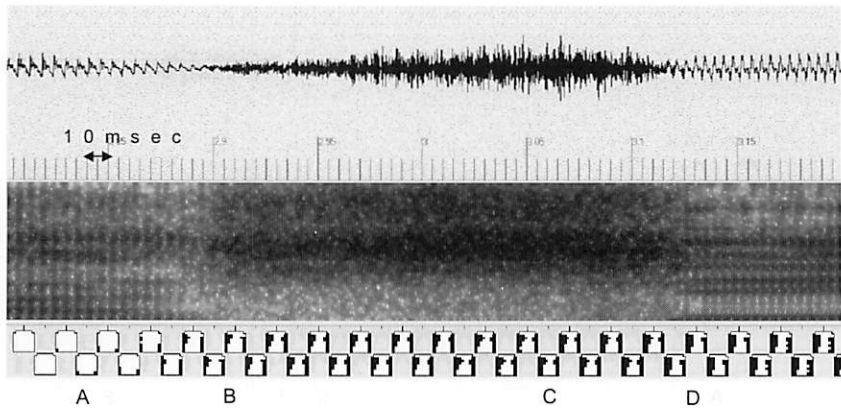
症例：治療前「あつ」の/ts/  
A: 閉鎖開始 B: 最大接触 C: 疑似破擦音開始 D: 母音開始



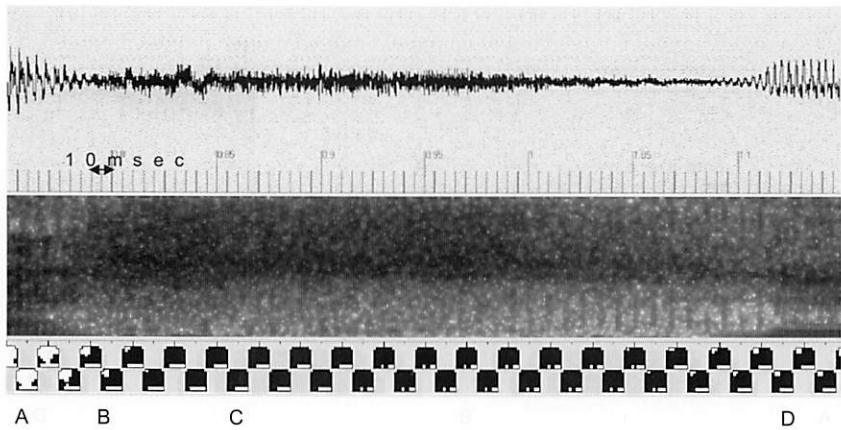
症例：治療後「あつ」の/ts/  
A: 閉鎖開始 B: 最大接触 C: 閉鎖開放直前 D: 摩擦音開始 E: 母音開始

図 6 /ts/ 産生時の音声波形, サウンドスペクトルと EPG 連続フレーム (10msec/ フレーム)

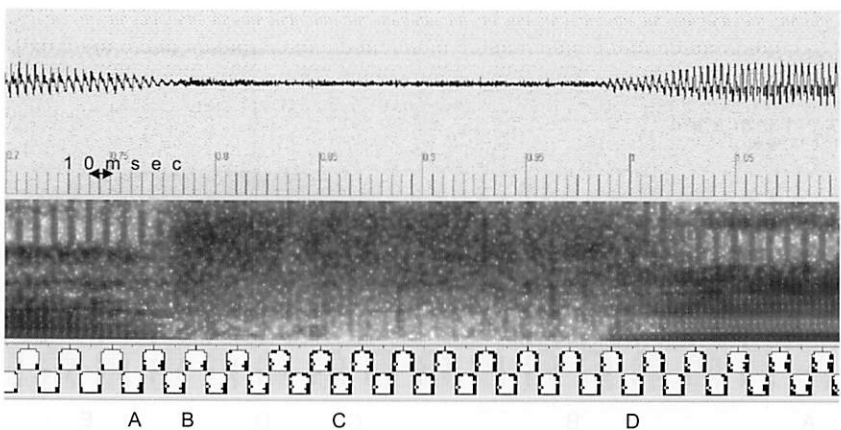




正常例「あし」の /j/  
A: 舌接触開始 B: 摩擦音開始 C: 最大接触 D: 母音開始

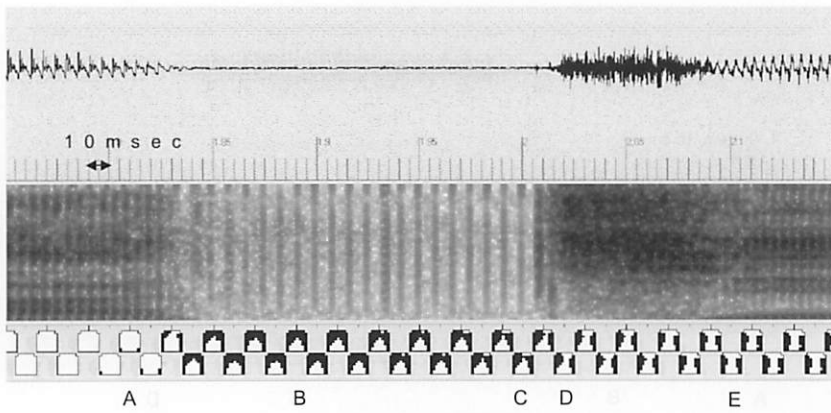


症例：治療前「あし」の /j/  
A: 舌接触開始 B: 摩擦音開始 C: 最大接触 D: 母音開始

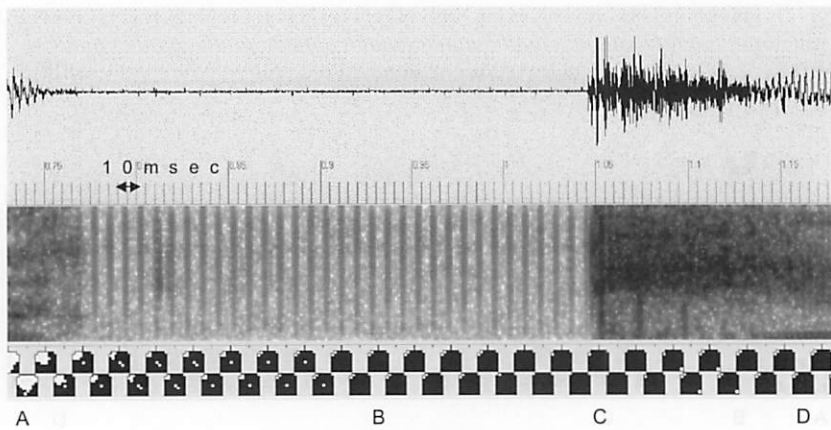


症例：治療後「あし」の /j/  
A: 舌接触開始 B: 摩擦音開始 C: 最大接触 D: 母音開始

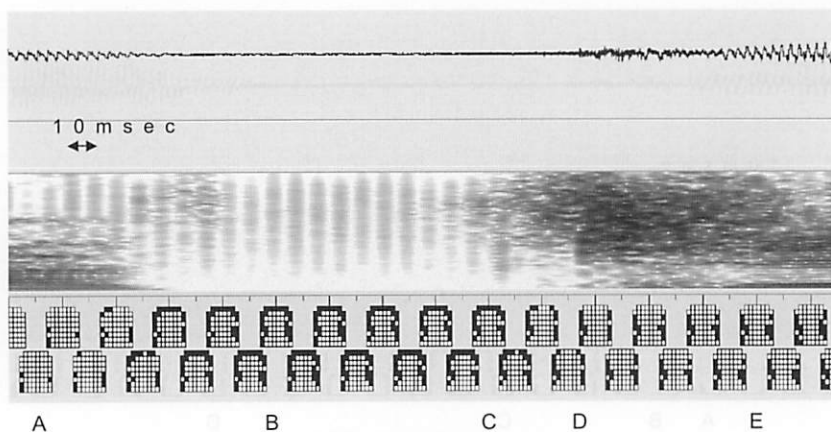
図 7 /j/ 産生時の音声波形, サウンドスペクトルと EPG 連続フレーム (10msec/ フレーム)



正常例「あち」の /tʃ/  
 A: 閉鎖開始 B: 最大接触 C: 閉鎖開放直前 D: 摩擦音開始 E: 母音開始



症例：治療前「あち」の /tʃ/  
 A: 閉鎖開始 B: 最大接触 C: 疑似破擦音開始 D: 母音開始



症例：治療後「あち」の /tʃ/  
 A: 閉鎖開始 B: 最大接触 C: 閉鎖開放直前 D: 摩擦音開始 E: 母音開始

図 8 /tʃ/ 産生時の音声波形, サウンドスペクトルと EPG 連続フレーム (10msec/フレーム)

/tʃ/ も /s/ と同じく、舌全体が口蓋に接触するパターンから、正常例と同じパターンに変化した。最大接触フレームの COG 値は、0.487 から 0.562 に上昇した (図 8)。

## 考 察

### 1. 治療期間について

本症例は、口蓋裂術後良好な鼻咽腔閉鎖機能は得られたが、口蓋化構音や側舌化構音など舌の異常な習癖による構音障害が認められた。そこで 3 歳 11 カ月から 8 歳 3 カ月まで 4 年間余り構音訓練を行い、/t, d/ は舌を歯間に突出した状態で音読まで可能になった。しかし、正常な構音操作には至らず会話では異常構音のままであった。そこで、8 歳 4 カ月時に EPG を導入し、PTU を持ち帰って家庭における視覚的フィードバック訓練に取り組んでもらったところ、1 年余りで正常な構音操作を獲得し、会話の明瞭度も改善した。

Michi (1993)<sup>5)</sup> は、EPG 訓練の利点として 1) 構音操作について正確かつリアルタイムの情報得られる、2) 実際に目標とするパターンを示せる、3) 練習の動機付けが高まる、4) 改善の度合いを客観的に測れる、5) 速やかに効果的な改善が得られる、と記している。しかし、日本においてはリオン社製の EPG が唯一の製品であったが、その性能 (録音時間最長 4 秒)、価格 (2500,000 円) および人工口蓋床の供給等の問題から一般臨床に広く使用されたとは云いにくい状態であった。また、残念なことにリオン社は 1996 年 EPG の事業から撤退をしている。

EPG を用いた練習は、目標が具体的で分かりやすく、外部フィードバックによる “knowledge of results”<sup>6)</sup> によって練習効果が高まると考えられる。さらに家庭で PTU を用いて練習すると、家族にも練習の進捗状況がわかり易いという利点がある。本症例の母親も、言語室での従来の練習はその場ではわかったような気がするが、帰宅するとどうすればよいのか戸惑うことが多かったと語った。EPG を用いた練習は、本人のみならず家族にも理解しやすく、双方の動機付けが高まって家庭における反復練習をもたらし、短期間に効果があがったと考えられる。

### 2. 異常構音の EPG パターンについて

表 1 舌と口蓋の異常な接触パターン：  
Gibbon による分類 (文献 7 参照)

Pattern 1:	increased contact
Pattern 2:	retraction to palatal or velar position
Pattern 3:	fronted placement
Pattern 4:	complete closure
Pattern 5:	open pattern
Pattern 6:	double articulation
Pattern 7:	increased variability
Pattern 8:	abnormal timing

Gibbon (2004)<sup>7)</sup> は口蓋裂に伴う発話時の異常な舌と口蓋の接触パターンを 8 種類にまとめている (表 1)。本症例の治療前の /t/ のパターンは、舌が硬口蓋全体に接触しており Gibbon の分類の Pattern 1: increased contact に類似している。聴覚的には /t/ が /tʃ/ に聞こえる “palatalize” で、Yamashita<sup>8)</sup> の分類では「口蓋化構音」にあたる。治療前の /ts/ も /t/ より少ないが硬口蓋まで広く接触していた。小澤はリオンの DP を用いて口蓋化構音の構音動態と音響的特長の関連について検討し、構音点は症例によって異なり口蓋の広い範囲にわたっていたと報告している<sup>9)</sup>。山下もリオンの DP を用いて口蓋化構音の EPG パターンを分析し、硬口蓋全体に接触するパターン (Max)、健常人より接触位置が後方のパターン (Tb, Sb)、舌の接触が見られない開放パターン (O: 軟口蓋接触型) の 3 つに分類している。山下の Max は Gibbon の Pattern 1: increased contact にあたり、Tb, Sb および O は、Gibbon の Pattern 2: retraction to palatal or velar placement に該当する。一口に「口蓋化構音」と言っても、舌の接触パターンは症例によって様々であることは、EPG による分析で明らかである。今後、Gibbon の分類の Pattern 1 と Pattern 2 のように分けたほうが良いのかどうか検討していく必要がある。

本症例の治療前の /s/ は聴覚的には摩擦音であるのに歯茎部は完全に閉鎖しており、Gibbon の分類では Pattern 4: complete closure に類似しており、complete closure のパターンは lateral fricative や posterior nasal fricative の原因となるとしている。本症例の場合、呼気の流出は鼻腔

ではなく口腔からなので、lateral fricative と考えられる。Yamashita は側音化構音では舌が口蓋全体に接触していることが多いとしており、今後側音化構音の多様性についても検討していく必要がある。

/s//tʃ/ は後続母音 /i/ を含めて、Gibbon の分類では Pattern 4: complete closure であり、Yamashita の「側音化構音」に該当する。加藤は、側音化構音の動態をエレクトロ歯冠パトグラフで観察した。歯冠パトグラフは電極を硬口蓋だけでなく側方歯の歯冠にも配置したもので、側方歯列への舌の接触を観察することができる。側音化構音の音を産生するとき、舌は硬口蓋のほぼ全体に接触しているが、側方歯列への接触は左右差があり、接触がみられない側から呼気が流出していると報告した<sup>11)</sup>。今回の症例も舌の接触開始や終了時に左右差が認められ、口蓋への接触が少ない側から呼気が流出していると推測される。

このように、口蓋裂に伴う異常な構音操作は症例によりさまざまであり、聴覚的な評価だけで実際の動態を推測するのは難しい面がある。正確に評価し効果的な訓練を行うには、経験が問われる。今回のように EPG の手法を導入すれば、経験の浅い言語聴覚士も客観的に評価し、具体的な練習目標を示すことができる。訓練効果のエビデンスにもなり、口蓋裂の異常構音に対する言語治療に科学的な裏付けが得られる。今後 EPG を言語聴覚分野の臨床や研究に取り入れていく取り組みを進めていきたい。

## 結 語

口蓋化構音や側音化構音が通常の訓練で治り難かった症例に、8歳4カ月から約1年間、EPGの簡易トレーニング装置を用いて家庭における視覚的フィードバック訓練を行った。訓練目標が具体的で、練習効果が目に見えることから、モチベーションが高まり、比較的短期間に改善が得ら

れた。

練習効果が EPG パターンや COG の変化により、客観的に測定できる利点がある。

本稿の要旨は第30回日本口蓋裂学会学術講演会(2006年5月白馬)にて発表した。

## 文 献

- 1) 岡崎恵子：口蓋裂言語。岡崎恵子、加藤正子編集：口蓋裂の言語臨床。第2版。25-41。医学書院。東京、2005。
- 2) 藤原百合：訓練の方法とその選択。小寺富子監修：言語聴覚療法臨床マニュアル改訂。第2版版。366-367。協同医書出版。東京、2004。
- 3) Hardcastle, W.J., Gibbon, F.: Electropalatography and its clinical application. In Ball, M.J., Code, C. ed.; Instrumental clinical phonetics. 149-193, Whurr Publishers, London, 1997.
- 4) Wrench, A., Gibbon, F., McNeill, A.M., et al.: An EPG therapy protocol for remediation and assessment of articulation disorders. Proceedings of 7th International Conferences on Spoken Language Processing, 965-968, 2002.
- 5) Michi, K., Yamashita, Y.: Role of visual feedback treatment for defective /s/ sounds in patients with cleft palate. J. of Speech & Hearing Research, 36 : 277-285, 1993.
- 6) Schmidt, R.A., Young, D.E.: Methodology for motor learning: A paradigm for kinematic feedback. J. of Motor Behavior, 23 : 13-24, 1991.
- 7) Gibbon, F.: Abnormal patterns of tongue-palate contact in the speech of individuals with cleft palate. Clinical Linguistics, Phonetics, 18 : 285-311, 2004.
- 8) Yamashita, Y., Michi, K.: Misarticulation caused by abnormal lingual-palatal contact in patients with cleft palate with adequate velopharyngeal function. Cleft Palate-Craniofacial J., 28 : 360-368, 1991.
- 9) 小澤由嗣、岡崎恵子：口蓋化構音の構音動態と音響的特徴の関連—症例間の差異の検討。音声言語医学, 35 : 322-330, 1994.
- 10) 山下夕香里、今井智子、道 健一：口蓋裂術後症例にみられる構音障害の舌・口蓋接触パターンの分析(抄)。音声言語医学, 31 : 71, 1990.
- 11) 加藤正子：側音化構音の動態について—エレクトロ歯冠パトグラフによる観察—。音声言語医学, 32 : 18-31, 1991.