気管食道瘻発声における新声門での構音調節機構

寺岡 優・木西 實・毛利 光宏・天津 睦郎

Neoglottic Articulatory Adjustment in
Tracheoesophageal Speech

Masaru Teraoka, Minoru Kinishi, Mitsuhiro Mohri
and Mutsuo Amatsu

During the past 17 years we have been performing the tracheoesophageal (TE) fistulization for voice reconstruction following total laryngectomy. The principle of this technique is to divert the exhaled air through the TE fistula into the esophagus and vibrate hypopharyngeal mucosa. Radiographical examination and manometry during TE phonation reveal that the thyropharyngeal muscle forms the retropharyngeal prominence on which the neoglottis is located. It has been already reported that the glottis is open for voiceless sounds with laryngeal articulatory adjustment in laryngeal speech. Although TE speakers have lost the larynx, they produce voiceless and voiced sounds with articulatory adjustment. This strongly suggests that neoglottic adjustment exists in TE speech. This study was designed to clarify its mechanism.

Ten speakers were subjected to this study consisting of the fiberoptic examination of the neoglottis, and aerodynamic and electromyographic (EMG) studies with the test words of voiceless or voiced plosives.

Fiberoptic examination revealed a transient neoglottal opening for voiceless sound production. The EMG activity of the thyropharyngeal muscle decreased for voiceless sound production. The EMG activity reduction started prior to the increase of the supraneoglottal pressure. These findings indicate that the neoglottic adjustment plays an important role to open the neoglottis in TE speech.

Key words: 氣管食道瘻發聲, 無聲破裂音, 構音調節, 新聲門, 甲狀咽頭筋

緒 言

喉頭摘出者の Quality of Life を考慮すると、音声言語によるコミュニケーションを再獲得させることは必要不可欠である。従来より食道発声、人工喉頭による音声再獲得が行われてきたが、最近30年間には手術的に音声再建をはかる試みが登場してきた。著者らは1976年以降、喉頭摘出(喉摘)後の音声再建術として気管食道瘻形成術を行ってきた^{1, 2)}。気管食道瘻を用いた発声(気管食道瘻発声)では、下咽頭後壁に主として甲状咽頭筋により形成された膨隆部が生じ、その限局された部位に新声門が形成され、規則的な音声が生産されることを明らかにしてきた²⁻⁴⁾。

ヒトが言語を用いて意思の疎通を円滑に行うためには、音声機能に加えて構音機能が本来の役割を果たす必要がある。構音時には、構音点や構音様式の形成が構音器官の働きにより行われるとともに、喉頭レベルでも無声音および有声音生成の調節機能が行われている。声帯振動による有声音生成とは異なり、無声音生成時には声門開大と声帯振動の停止が観察される⁵⁾。この際の声門開大には、内喉頭

筋、中でも唯一の声門開大筋である後輪状披裂筋（後筋）が重要な役割を果たしていることが指摘されている⁶⁾。声帯振動の停止には、声門の開大度だけでなく、構音点閉鎖後に生じる声門上圧上昇により声門上・下圧差が減少し、これが声帯振動の停止に影響するという声門上・下圧の圧変化も関与することが明らかにされてきた⁷⁾。

無喉頭発声でも、無声音と有声音の受聴識別は可能である。喉頭を喪失しているにもかかわらず無声音が生成されることは、無喉頭発声者においても新声門開大や粘膜振動の停止が生じていることを示唆する。廣瀬⁸⁾は食道発声者で、西澤⁹⁾は気管食道瘻発声者で、無声音生成時に新声門開大と粘膜振動の停止を確認している。これらの研究では、新声門を開大させる能動的な機構が存在する可能性を示唆しているが、その調節機構については未だ明らかではない。

気管食道瘻発声では甲状咽頭筋の収縮により成る下咽頭後壁膨隆部の限局された部位に新声門が形成され²⁾、無喉頭者での無声音生成時には新声門開大や粘膜振動の停止が観察される^{8, 9)}ことから、無声音生成時に新声門による調

節が存在するとすれば、甲状咽頭筋が重要な役割を果たしていると考えられる。喉頭発声者では無声音生成時にみられる声門開大が主として後筋の働きで行われるのに対し、気管食道瘻発声者では甲状咽頭筋が単一で新声門を形成していることから、新声門開大は同筋の一過性筋収縮低下によるものと推察される。また、喉頭発声と同様の機序を想定するとすれば、新声門の粘膜振動の停止には、新声門の開大とともに新声門上・下圧の変化が影響するものと考えられる。

したがって、気管食道瘻発声における構音調節機構を解明するためには、甲状咽頭筋の筋収縮と新声門上・下圧の両面からの検討が必要である。さらに、これらが新声門開大や粘膜振動の停止にどのような役割を果たしているかを検討することが重要である。そこで、無声破裂音および有声破裂音を含む検査語を発話させ、新声門上・下圧、甲状咽頭筋の筋電図の同時測定を行った。またファイバースコープにより新声門動態を観察し分析した。

本研究では、これらの結果得られた各々の現象の相互の時間的関係を詳細に検討し、気管食道瘻発声者での無声破裂音生成時の構音調節機構の実態を解明することを目的とした。

対 象

気管食道瘻発声を行っている10症例を対象とした。全例男性で、年齢は45歳から80歳であった。術後期間は1年2カ月から12年で、平均3年8カ月であった。なお、これらの対象症例に単音節68音節を発話させ、これを聴力正常な検定者6人に聴取させて、無声音と有声音の識別が可能であることを確認した。

方 法

被検者に無声破裂音または有声破裂音を含む検査語、すなわち /a:pa:/ /a:ka:/ /a:ta:/ /a:ba:/ /a:ga:/ /a:da:/ を呼気を中断させずに発話させ、以下に示す各項の検査を行った。

1. 空気力学的検査

経鼻的に圧トランスデューサー (Miller MPC 500) を二本挿入し、ファイバースコープで観察しながらそれぞれを新声門上、新声門下に留置して、発話中の新声門上圧および新声門下圧を測定した。

2. 筋電図検査

ファイバースコープを用いて、発声時に形成された下咽頭後壁膨隆部を確認し、この直上までファイバースコープを挿入し、頸部皮膚側より透見される光を目安として後壁膨隆部に同芯針電極を刺入した。発声を行わせ、安定した筋放電が得られることを確認した。発話中の下咽頭後壁膨隆部の筋電図および積分ユニットによる筋放電の積分曲線を記録し、同時に新声門上圧、気管内圧を記録した (図1)。筋電図検査には Neuropack Four mini (日本光電社製) を、記録には Thermal Array Recorder (日本光電社製)

図1 筋電図検査のブロックダイアグラム

表1 空気力学的検査

検査語	新声門上圧最高値 (mmHg)	新声門下圧 (mmHg)
/a:pa:/	22.5±4.8	29.7±6.5
/a:ba:/	7.3±2.1	30.6±7.3
/a:ka:/	23.4±5.0	30.6±6.2
/a:ga:/	8.4±1.9	29.6±5.6
/a:ta:/	24.1±4.8	31.2±6.4
/a:da:/	9.1±2.3	30.1±6.0
平均±標準偏差		

を用いた。

気管内圧は気管内に圧トランスデューサーを留置し、発声時気管孔を指で閉鎖する際に、圧トランスデューサーの周囲より空気の漏れがないことを確認して測定した。本検査においても、圧トランスデューサーを経鼻的に新声門下に留置して新声門下圧を測定することが望ましいが、圧トランスデューサーが針電極に接触すれば、得られる筋放電に影響を及ぼす可能性があるため、気管内圧を新声門下圧に代用した。また、発話中の気管内圧および新声門下圧の同時測定を行い、発話中の気管内圧は新声門下圧より平均12.9%高値を示したが、全例で両者が同様の波形を示すことを確認した。

3. 新声門動態の観察

発話中、ファイバースコープで新声門動態を観察し、これを音声とともに録画した。録画速度は毎秒30コマで、これを1コマごとに写真撮影し、新声門の経時的変化を分析した。1コマを0.033秒(s)として、新声門動態の変化の所要時間を算出した。

結 果

1. 空気力学的検査

無声破裂音または有声破裂音を含む検査語発話中の新声門上圧は、発話後大気圧レベルを維持し、一過性に上昇した後、再び大気圧となった。新声門下圧は検査語発話中上昇し、ほぼ一定であった。発話中の新声門上圧の最高値と新声門下圧の測定結果を表1に示した。

無声破裂音を含む検査語発話中の新声門上圧の最高値は、

これに対応する有声破裂音を含む検査語発話中のそれより高値を示した ($p < 0.005$).

2. 筋電図検査

/a:pa:/ 発話中の下咽頭後壁膨隆部の筋電図, 筋放電の積分曲線, 新声門上圧および気管内圧を図2に示した. 発話中の筋電図(図2-1)では, 安静時に比較して筋放電の増加が観察され, その後一過性の筋放電低下(↓), すなわち放電圧低下と放電数減少を認めた. その後, 再び筋放電が増加し, 発話終了後徐々に減少した. 筋放電の積分曲線(図2-2)では筋放電低下の開始(図2-2-a), 最大低下(図2-2-b)および筋放電の再増加が明瞭に観察された. 新声門上圧(図2-3)は発話後大気圧レベルを持続した後, 上昇を開始した(図2-3-c). その後最高値(図2-3-d)を示した後は下降し再び大気圧となった. 気管内圧(図2-4)は発話中上昇しほぼ一定であった. 筋放電低下の開始(図2-2-a)は新声門上圧の上昇開始(図2-3-c)に先行し, その際気管内圧(図2-4-e)の変化は認めなかった. 筋放電の最大低下時点(図2-2-b)は, 新声門上圧最高値の時点(図2-3-d)とほぼ一致した. /a:ka:/ /a:ta:/ 発話中も同様であった. 有声破裂音を含む検査語発話中は, 新声門上圧の一過性上昇および気管内圧の持続的上昇が認められたが, 明らかな筋放電の変化は認められなかった.

無声破裂音を含む検査語発話中の筋放電低下の開始から最大低下までの所要時間(a-b), 新声門上圧の上昇開始から最高値までの所要時間(c-d), 筋放電低下の開始が新声門上圧上昇に先行する時間(a-c)を表2に示した. 測定誤差は0.02sである.

3. 新声門動態の観察

無声破裂音を含む検査語の発話開始, すなわち /a:/ では下咽頭後壁に膨隆部が生じ, その前部に新声門が形成され, 新声門閉鎖の保持と粘膜振動が観察され, この状態が持続した. 新声門の閉鎖様式は, 前壁と後壁との間に側壁

が相接する形で新声門を形成する左右型と, 前壁と後壁が互いに接して新声門を形成する前後型の2群に分けられ, それぞれ5例であった. この2群のいずれにおいてもこのように新声門閉鎖と粘膜振動が一定時間持続した後, 徐々

図2 [a:pa:] 発話中の筋電図および圧検査
上段より, 後壁膨隆部の筋電図(1), 筋放電の積分曲線(2), 新声門上圧(3) および気管内圧(4)である. 発話中, 新声門上圧の上昇に一致して後壁膨隆部の筋放電低下(矢印)を認め, 筋放電低下の開始(a)は新声門上圧の上昇開始(c)に先行し, その際気管内圧(e)は変化しなかった. 筋放電の最大低下時点(b)は新声門上圧最高値の時点(d)とほぼ一致した.

表2 無声破裂音を含む検査語発話中の, 筋放電低下の開始から最大低下までの所要時間(筋放電低下時間), 新声門上圧の上昇開始から最高値までの所要時間(上圧上昇時間)および筋放電低下の開始が新声門上圧上昇に先行する時間(先行時間)

症 例	筋放電低下時間 (s)			上圧上昇時間 (s)			先行時間 (s)		
	/a:pa:/	/a:ka:/	/a:ta:/	/a:pa:/	/a:ka:/	/a:ta:/	/a:pa:/	/a:ka:/	/a:ta:/
1	0.32	0.32	0.32	0.12	0.12	0.12	0.20	0.20	0.20
2	0.25	0.22	0.25	0.09	0.08	0.09	0.16	0.14	0.16
3	0.23	0.23	0.23	0.07	0.07	0.07	0.16	0.16	0.16
4	0.30	0.30	0.31	0.08	0.10	0.09	0.22	0.20	0.22
5	0.24	0.26	0.26	0.08	0.10	0.10	0.16	0.16	0.16
6	0.27	0.28	0.26	0.07	0.08	0.06	0.20	0.20	0.20
7	0.26	0.27	0.27	0.08	0.09	0.08	0.18	0.18	0.19
8	0.27	0.24	0.26	0.07	0.08	0.08	0.20	0.16	0.18
9	0.26	0.31	0.29	0.10	0.11	0.11	0.16	0.20	0.18
10	0.24	0.24	0.23	0.08	0.08	0.07	0.16	0.16	0.16
平 均	0.26	0.27	0.27	0.08	0.09	0.09	0.18	0.18	0.18
標準偏差	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

に新声門が開大し、最大開大位となったあと、再び閉鎖に向った。この際、最大開大位では粘膜振動の停止が認められた。閉鎖が完了した後は発話終了まで、再びその状態が保持され、粘膜振動が観察された。無声破裂音を含む検査語の発話を繰り返すと、この動態が反復、再現された。有声破裂音を含む検査語の発話中では、一過性の新声門開大や粘膜振動の停止は観察されなかった。

新声門の閉鎖様式が左右型である症例の /a:pa:/ 発話中における一過性の新声門開大時の新声門像を図3に示した。一過性開大直前の新声門像(図3-1)では、前述のよう

に後壁膨隆部(図3-1-A)の前部にこれと前壁との間に側壁が相接する形で新声門(図3-1-B)が形成され、新声門閉鎖が保持された。次に後壁膨隆部がやや後退し、新声門後部が開くことにより新声門開大が開始した(図3-2)。後壁膨隆部は徐々に前部から膨隆が消失し、これに連なる側壁も膨隆の度合が減少した(図3-2~図3-6)。これにより新声門の上方に周堤を形成した(図3-6-C)。新声門は、後部の開大が増大するとともに両側壁も外方に移動し、最大開大となった(図3-6-D)。その後、逆の経過をたどり後壁膨隆部が増大するとともに新声門開大の

図3 [a:pa:] 発話中の新声門像

[a:pa:] 発話中の新声門の一過性開大を毎秒30コマで写真撮影した新声門像である。一過性開大直前の新声門像(1)では後壁膨隆部(1-A)の前部に新声門(1-B)が形成され、新声門閉鎖は保持されている。次に新声門は徐々に開大し(2~5)、最大開大(6-D)となった。この時後壁膨隆部は前部から膨隆が消失し、新声門上方で周堤を形成した(6-C)。その後新声門開大の度合が減少し(7~8)、新声門は再び閉鎖した(9)。

表3 無声破裂音を含む検査語発話中の、新声門開大開始から最大開大までの所要時間（新声門開大時間）

症 例	新声門開大時間 (s)		
	/a:pa:/	/a:ka:/	/a:ta:/
1	0.17	0.17	0.17
2	0.13	0.10	0.13
3	0.13	0.13	0.13
4	0.20	0.20	0.17
5	0.13	0.13	0.13
6	0.13	0.13	0.13
7	0.17	0.17	0.17
8	0.13	0.13	0.13
9	0.07	0.07	0.07
10	0.07	0.07	0.07
平 均	0.13	0.13	0.13
標準偏差	0.04	0.04	0.04

度合は減少し（図3-7～図3-8）、新声門は再び閉鎖し（図3-9）、この状態が持続した。また、新声門の粘膜振動の停止が観察された（図3-4～図3-7）が、その開始や粘膜振動の再開の時期を明確にすることは困難であった。/a:ka:/ /a:ta:/ 発話中も同様の所見が観察された。

新声門開大開始から最大開大までの所要時間は、これに要したコマ数から求めた。/a:pa:/ /a:ka:/ /a:ta:/ 発話中ではいずれも平均 0.13 ± 0.04 sであった（表3）。新声門最大開大から閉鎖までの所要時間は、/a:pa:/ /a:ka:/ /a:ta:/ 発話中ではいずれも平均 0.07 ± 0.02 sであった。測定誤差は0.02sである。

考 察

喉頭発声者では、無声音生成時に一過性の声門開大と声帯振動の停止が観察される⁵⁾。内喉頭筋筋電図による研究から、この際の声門開大は声門開大筋および声門閉鎖筋の協調した働きにより生じ、特に後筋の役割が重要であると指摘されている⁶⁾。また、無声音生成時にみられる声帯振動の停止の成立には、この声門開大に加えて、声門上・下圧差の条件も重要な役割を果たしていることが明らかになってきた⁷⁾。このように無声音生成時に声門開大をひき起こす内喉頭筋の働きが喉頭調節と呼ばれているが、これに声門上・下圧差の減少による影響も含めて喉頭調節と呼ぶこともある。粘弾性を持つ声帯¹⁰⁾は、声門閉鎖が保たれた状態で声門下圧およびベルヌーイ効果の働きにより振動する¹¹⁾が、無声音生成時は声門開大に加え、これにより生じる声門上圧上昇により声門上・下圧差が減少し、声帯振動が停止すると考えられる。また、高齢者では無声破裂音/k/発音時に声門の開大不良と咽頭圧の低値を示すことから、この声門開大不良は咽頭圧低下によるもので、このことから内喉頭筋の調節よりもむしろ咽頭圧が声門を開大させているという報告¹²⁾もある。

著者らは、気管食道瘻発声において、術後再建下咽頭腔

の周壁を構成する甲状咽頭筋が気管食道瘻発声の際に一定の筋収縮を生じることにより、新声門を形成することを確認してきた²⁻⁴⁾。喉頭での音声調節が失われた気管食道瘻発声でも、楽な発声時に同筋の適度な収縮が後壁膨隆部を形成し新声門閉鎖を保持することにより、規則正しい音声生成される^{2, 13, 14)}。さらに高音発声および強大発声の際にも、呼気圧の上昇に対応して同筋の収縮をさらに強め、新声門閉鎖を保持することにより規則的な音声波が生成されることをすでに報告した¹⁵⁾。これらのことから、甲状咽頭筋の筋収縮を増強することにより、新声門閉鎖を保持する音声調節機構が存在することが明らかになっている。

無喉頭発声においても無声音と有声音の受聴識別は可能であり、無声音生成時の新声門開大や粘膜振動の停止が確認され、新声門における何らかの構音調節機構が存在することが指摘されている^{8, 9)}。しかし、無声音生成時の新声門開大や粘膜振動停止の成立機序、すなわち喉頭調節に代わる新声門における構音調節機構は未だ明らかではない。

気管食道瘻発声者では、甲状咽頭筋が単一で新声門を形成し、同筋の収縮により新声門閉鎖が保持されることから、無声破裂音生成時に新声門での構音調節が存在するとすれば、新声門開大は同筋の一過性筋収縮低下により起こっていると推察される。そこで、気管食道瘻発声者における無声破裂音生成時の構音調節機構を解明するために、無声破裂音を含む検査語発話中の甲状咽頭筋による後壁膨隆部の筋放電の変化、新声門上・下圧の変化および新声門開大の相互の時間的關係を検討して、その得られた結果から気管食道瘻発声における無声破裂音生成時の新声門での構音調節機構の存在を明らかにしようとした。

無声破裂音または有声破裂音を含む検査語発話中、新声門上圧は発話後は大気圧レベルを持続し、一過性に上昇した後、再び大気圧となった。新声門上圧の一過性上昇は新声門上腔が閉鎖腔を形成したことを意味する。今回用いた検査語は「母音 /a:/、無声または有声破裂音、母音 /a:/」の連続からなる。/a:/ 発話時は構音点が開放され新声門上腔は閉鎖されていない。一方、無声であれ有声であれ破裂音生成時には構音点が閉鎖されることにより新声門上腔は閉鎖腔となる。その後、構音点の開放により無声または有声破裂音が発音され、再び新声門上腔は開放される。したがって、新声門上圧の上昇開始から最高値までの区間は、構音点が閉鎖されている区間すなわち無声または有声破裂音生成時に相当するといえる。

喉頭発声者の構音時声門上圧は破裂音生成時に一過性に上昇し、無声破裂音生成時では約8 mmHg、有声破裂音生成時では約6 mmHgであり、無声破裂音生成時の声門上圧は有声破裂音生成時のそれと比較して有意に高値を示すと報告されている¹⁶⁾。本研究においても、無声破裂音生成時の新声門上圧の最高値は、有声破裂音生成時のそれよりも有意に高値を示した（表1）。これを喉頭発声者における構音時声門上圧の報告と比較すると、気管食道瘻発声者における構音時新声門上圧は、有声破裂音では喉頭発声

者のそれと同程度であり、無声破裂音では喉頭発声者のそれと比較して明らかに高値であった。また、気管食道瘻発声での新声門下圧は約30mmHgであり、喉頭発声の楽な発声時の声門下圧が10mmHg以下である^{17, 18)} ことと比較すると、気管食道瘻発声でのそれは高値である。気管食道瘻発声者では喉頭発声者と比較して新声門下圧が高値であるため、無声破裂音生成時には新声門開大を生じると新声門上圧も高くなると考えられる。気管食道瘻発声者においても、有声破裂音生成時と比較して無声破裂音生成時には新声門上圧が高値であることにより新声門上・下圧差が減少する。したがって、喉頭発声者と同様に粘膜振動の停止には、新声門上・下圧差の減少が影響を及ぼしていると推察される。

新声門上圧と同時測定した筋電図において（図2）、無声破裂音を含む検査語の発話中、一過性の新声門上圧上昇とはほぼ一致して一過性の筋放電低下が認められた。このことから、この筋放電低下は無声破裂音生成時に対応しているものと考えることができる。甲状咽頭筋の筋放電低下が開始した時点では構音点閉鎖後に生じる新声門上圧の上昇は認めず、新声門下圧も不変であった。これにより、無声破裂音生成時には最初に甲状咽頭筋の筋放電低下による調節が開始し、この時点では新声門上・下圧は関与していないことが判明した。

新声門動態の観察では、無声破裂音を含む検査語発話中、新声門閉鎖の後、新声門の一過性開大が生じ、その後再び新声門閉鎖が認められた。著者らは母音[a:]発話時には

新声門閉鎖が保持されることを確認しており²⁾、また、食道発声者や気管食道瘻発声者で無声音生成時に一致して新声門の一過性開大を認める^{8, 9)}と報告されていることから、今回認められた新声門の一過性開大は無声破裂音生成時に対応した現象であると考えられる。

本研究では、甲状咽頭筋の筋放電と新声門上・下圧は同時に測定されたが、新声門動態は同時に観察されていない。しかし、新声門開大には甲状咽頭筋の筋放電低下による新声門閉鎖の保持力の低下に加えて呼気圧による新声門開大作用も関与していると考えられる。無声破裂音生成時では、先述したように甲状咽頭筋の筋放電が最大低下となり新声門閉鎖の保持力が最も低下する時点で呼気圧がほとんど変化していないことから、この時点が新声門の最大開大時であると推定される。甲状咽頭筋の筋電図と新声門上圧の同時測定から、甲状咽頭筋の筋放電が最大低下となる時点と新声門上圧が最高値を示す時点が一致するので、甲状咽頭筋の筋放電の最大低下、新声門の最大開大および新声門上圧の最大上昇の各時点は一致すると考えることができる。このことから甲状咽頭筋の筋放電、新声門開大および新声門上圧におけるそれぞれの変化の時間的関係を検討した。

甲状咽頭筋の筋放電低下の開始から最大低下までの所要時間、新声門開大の開始から最大開大までの所要時間および新声門上圧上昇の開始から最高値までの所要時間の関係（図4）から、全例で甲状咽頭筋の筋放電低下が新声門開大や新声門上圧上昇に先行して開始することが判明した。すなわち無声破裂音生成時には甲状咽頭筋の一過性筋収縮

図4 甲状咽頭筋の筋放電低下、新声門開大および新声門上圧上昇の相互関係
甲状咽頭筋の筋放電低下の開始から最大低下までの所要時間（筋放電低下）、新声門開大開始から最大開大までの所要時間（新声門開大）および新声門上圧上昇開始から最高値までの所要時間（新声門上圧上昇）を各症例ごとに示した。

低下による新声門閉鎖の保持力の低下が最初に生じているといえる。新声門の保持力の低下に続く新声門開大と新声門上圧上昇のそれぞれの開始の関係は次の2群に分けられた。10例のうち8例では新声門開大が新声門上圧上昇に平均0.08s 先行して開始し、残りの2例では新声門開大が新声門上圧上昇に平均0.02s 遅れて開始した。前者の8例では、甲状咽頭筋の筋収縮低下により新声門閉鎖の保持力が新声門下圧による新声門開大作用に対抗できなくなり、構音点閉鎖の前に新声門開大が開始したと考えることができる。後者の2例では、甲状咽頭筋の筋収縮低下による新声門閉鎖の保持力の低下が進行中に構音点閉鎖が生じ、その後新声門開大が開始した。この場合には、新声門の保持力の低下、新声門下圧による開大作用の他に新声門上圧による開大作用の関与も考えられないことはない。しかし、これらの症例では新声門開大の開始は新声門上圧の上昇開始後0.03s および0.01s で、新声門開大開始時点の新声門上圧は10mmHg および4 mmHg であり、新声門開大開始時点の新声門下圧は約30mmHg であることと比較すると、この時点の新声門上圧は明らかに低値である。このことから、これらの2例でも新声門の開大開始は、甲状咽頭筋の筋収縮低下と高値を示す新声門下圧により引き起こされると考えられる。

以上のことから、新声門の開大開始は新声門の保持力の低下と新声門下圧の開大作用の両者の関係により遂行されるといえる。いったん新声門開大が開始した後は、新声門上腔と新声門下腔が単一の閉鎖腔となるため、呼気圧による新声門開大作用は新声門開大開始時と比較してほとんど無視しう程度となる。この際の新声門開大の進行は、主として新声門閉鎖の保持力の低下により行われるといえる。したがって、無声破裂音生成時の新声門開大には甲状咽頭筋の筋収縮低下による新声門の保持力の低下が最も重要であるといえる。

声帯の粘膜上皮や固有層浅層は振動に適した粘弾性を有している¹⁰⁾。これに対し、気管食道瘻発声では高い新声門下圧が粘膜振動に必要なことから、新声門粘膜の粘弾性は声帯のそれと比較して異なると考えられる。気管食道瘻発声者では、無声破裂音生成時の新声門の開大開始が粘膜振動に必要なベルヌーイ効果を失わせるとともに、粘弾性の相違も加わって粘膜振動の停止に関与していると推察される。また、この新声門開大により新声門上圧が上昇し、新声門上・下圧差を減少させていることも粘膜振動を停止させているといえる。

以上のことから、気管食道瘻発声者における無声破裂音生成時の構音調節は次のように考えられる。無声破裂音を生成する際に、呼気圧をほぼ一定に保ちながら甲状咽頭筋の筋収縮を低下させ、新声門閉鎖の保持力を低下させる。この新声門閉鎖の保持力の低下と高値を示す新声門下圧の開大作用により新声門開大が開始する。構音点閉鎖後に新声門上圧が上昇し、新声門開大がこれを促進させる。この結果、新声門上・下圧差を減少させる。新声門開大とこれ

による新声門上・下圧差の減少により新声門の粘膜振動が停止する。

本研究により、気管食道瘻発声者において無声破裂音生成時に新声門を形成する甲状咽頭筋の一過性筋収縮低下が生じ、新声門開大を促し、さらにこれが新声門上・下圧差を減少させることにより新声門の粘膜振動を停止させていることがわかった。この現象を喉頭発声者における構音時喉頭調節と対比させるならば、新声門調節と呼ぶことができる。

喉頭発声者では無声音生成時の声門開大は、声門開大筋の収縮と声門閉鎖筋の弛緩という拮抗した内喉頭筋の協調により行われている。一方、気管食道瘻発声者では甲状咽頭筋が単独で新声門を形成しているの、この内喉頭筋の拮抗した働きに対応しているのは、甲状咽頭筋の弛緩ということになる。甲状咽頭筋の弛緩は、内喉頭筋の収縮と弛緩、という拮抗作用による巧みな調節には及ばないかもしれないが、実際に同筋の弛緩は気管食道瘻発声者で無声音生成を可能にしている。

以上のことを要約すると、気管食道瘻発声者において無声破裂音生成には新声門を形成する甲状咽頭筋の一過性筋収縮低下が重要な役割を果たしており、喉頭発声者での内喉頭筋による喉頭調節に対応して、気管食道瘻発声者においては無声破裂音生成時に甲状咽頭筋が新声門調節を行っていることが明らかになったといえる。

結 論

気管食道瘻発声者において、無声破裂音生成時に呼気圧の変化を伴わない甲状咽頭筋の一過性筋放電低下が新声門開大や新声門上圧上昇に先行して開始した。

甲状咽頭筋の筋収縮低下が新声門閉鎖の保持力の低下を生じ、これが新声門開大に重要な役割を果たしていることが判明した。

新声門の粘膜振動の停止は、新声門開大とこれに伴って生じる新声門上圧上昇による新声門上・下圧差の減少により成立すると考えられた。

本研究により、気管食道瘻発声者では無声破裂音生成に、甲状咽頭筋が喉頭発声での内喉頭筋による喉頭調節に対応した新声門調節を行っていることが明らかとなった。

本論文の要旨は第6回日本喉頭科学会（佐賀市）、第3回国際音声外科会議（京都市）において口演した。

参 考 文 献

- 1) 天津陸郎ほか：喉摘後の音声獲得手術—One stageで行う新しい術式について—。日耳鼻 80：780～785, 1977.
- 2) 天津陸郎：喉頭摘出後の音声再建外科。第93回日本耳鼻咽喉科学会総会宿題報告, 1992.
- 3) 吉藤美佳ほか：気管食道瘻発声における新声門の研究。日気食会報 45(1)：13～21, 1994.

- 4) Mohri M et al: Neoglottic activity in tracheoesophageal phonation. *Auris Nasus Larynx* 21: 53~58, 1994.
 - 5) Sawashima M: Fiberoptic observation of the larynx and other speech organs. *Dynamic Aspects of Speech Production*. 31~46, Univ Press, Tokyo, 1977.
 - 6) Hirose H: Posterior cricoarytenoid as a speech muscle. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 85: 334~342, 1976.
 - 7) 廣瀬 肇: 発話時の喉頭調節. *喉頭* 1: 36~40, 1989.
 - 8) 廣瀬 肇ほか: 食道発声法による語音調節—有声・無声の弁別を中心に—. *音声言語* 24: 197~203, 1983.
 - 9) 西澤典子ほか: TE シャント発声の調節機能. *音声言語* 33: 248~255, 1992.
 - 10) 平野 実: 音声外科の基礎と臨床. *耳鼻* 21: 239~440, 1975.
 - 11) Van den Verg JW: Myoelastic-aerodynamic theory of voice production. *J Speech Hear Res* 1: 227~244, 1958.
 - 12) 児嶋久剛ほか: 老化と構音—破裂音 [k] の検討—. *喉頭* 4: 105~108, 1992.
 - 13) Kinishi M & Amatsu M: Pitch perturbation measures of voice production of laryngectomees after the Amatsu tracheoesophageal shunt operation. *Auris Nasus Larynx* 13: 53~62, 1986.
 - 14) Kinishi M & Amatsu M: Aerodynamic studies of laryngectomees after the Amatsu tracheoesophageal shunt operation. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 95: 181~184, 1986.
 - 15) 藤本崇史ほか: 気管食道瘻発声における新声門での音声調節. *日耳鼻* 97: 1009~1018, 1994.
 - 16) 原 ケイ子: 語音発声時の音声の強さと声門上圧の関係について. *九州歯会誌* 38(3): 531~544, 1984.
 - 17) Van den Berg JW: Direct and indirect determination of the mean subglottic pressure. *Folia phoniat* 8: 1~24, 1956.
 - 18) 丘村 熙: 呼気力の音声に及ぼす影響. *耳鼻臨床* 68: 919~935, 1975.
-

別刷請求先 〒650 神戸市中央区楠町7丁目5-2

神戸大学医学部耳鼻咽喉科学教室 寺岡 優