喉頭反射の発声に及ぼす影響

三 浦 巧・遊 座 潤・山 中 康 久・和 田 研
柴 啓 介・鈴 木 晴 彦・今 野 昭 義・金 子 敏 郎

Influence of Laryngeal Reflex on Phonation

Takumi Miura, Jun Yuza, Yasuhisa Yamanaka,
Ken Wada, Keisuke Shiba, Haruhiko Suzuki,
Akiyoshi Konno and Toshio Kaneko

Eleven adult cats were anesthetized with intramuscular injection of Ketamine hydrochloride. Electrically induced vocalization was performed after Kanai's method. (stimulating location APO, L4.5-5.5, H-3.5-6.0) The internal branch of the superior laryngeal nerve was cut and the peripheral stump was placed on a pair of silver recording electrodes. Then afferent discharges from laryngeal sensory receptors during electrically induced vocalization were recorded.

In this study, 16 single afferent discharges were obtained. They were classified into four groups. Discharge rate of the first group corresponded to the fundamental frequency change during evoked vocalization. Discharge rate of the second group showed augmentation during evoked vocalization but was not correlated with the fundamental frequency change. Discharge rate of the third group decreased during evoked vocalization. Receptors of the fourth group showed activities only at the initiation time of the evoked vocalization.

In 3 out of 7 successfully investigated cases, we observed that the pitch of evoked vocalization decreased after section of the internal branch of the superior laryngeal nerve. In the other cases, we observed hoarseness and an increase of the induced vocalization cycle.

These results suggest that central nerve system receives real time informations from the larynx during evoked vocalization and laryngeal sensory receptors play some role in the control mechanism of phonation.

Key Words: 誘発発声, 求心性発射, 喉頭反射

はじめに

喉頭の機能には、嚥下、呼吸、発声があげられるが¹⁾、そのうち発声は系統発生的にもっとも新しい機能といわれている。鳥類や哺乳類の一部では発声を微妙に調節することによって、他とのコミュニケーションをはかっており、どのような機序で発声の調節が行われているかが問題となる。これに対して聴覚からのフィードバック、喉頭知覚受容器からのフィードバック、中枢神経内部でのフィードバックなどが考えられている²⁾。

喉頭に様々な知覚受容器が存在している事はすでに解剖学的にも生理学的にも明らかにされており、その中には500Hzの振動刺激に1対1対応する知覚受容器の存在が報告されている。さらに喉頭知覚神経に加えた電気刺激が喉頭筋に反射性収縮を惹起することが知られており、喉頭知覚受容器からのフィードバックの可能性を示唆している。しかし発声中の喉頭知覚受容器から、実際にどのような求心性発射が出ているかについての報告は現在までのところ

なく、また喉頭知覚受容器からの情報が発声の調節にどのように利用されているか詳細は不明である。本研究はそれらの解明を目的とした。

方 法

体重2.3~5.0kgの成猫11頭を使用した。ketamine hydrochloride (Ketalar[®]) 5~10mg/kgを筋注にて麻酔したネコを脳定位固定装置に腹臥位に固定し、頭皮正中に縦切開を加えて頭蓋骨を露出する。次に電極を刺入するためにドリルで頭蓋骨に直径約2mmの小孔をあけた。位置はkanai³⁾の報告に従いAPO, L4.5~5.5の直上とし、先端直径7μm、抵抗2~10MΩのタングステン電極を刺入した。電極を0.5mmずつ進めながら持続0.2ms, 100Hzの矩形波連続刺激を加え発声をもっとも誘発しやすい部位を決定した後、デンタルセメントにて電極を頭蓋骨に固定した。次にネコを仰臥位に再固定し、前頸部正中に縦切開において上喉頭神経内枝を露出し、切断、その末梢端より発声中の喉頭知覚受容器からの求心性発射を記録した。発声

時に喉頭筋への遠心路に影響を与えず、かつ求心性発射を記録できる神経として上喉頭神経内枝を選んだ。

上喉頭神経内枝末梢端を双極銀線電極の上に置き、その求心性発射の導出をはかった。得られた神経電位は日本光電社製生体アンプ AB-651J にて増幅した後、TEAC 社製データレコーダー MR-30 に記録した。同時に直径 50 μ m、ウレタン被覆のステンレス製 bipolar hooked wire electorode を用いて甲状披裂筋筋電図を記録し、ストレインゲージを用いて胸部運動を記録した。音声波形は口前 20 cm に置いたマイクより記録した。さらに上喉頭神経内枝の分割を繰り返し単一求心性発射の記録を行った。音声波形は日本電気三栄社製シグナルプロセッサ 7T17 にて FFT 解析を施行、ネコの鳴き声の基本周波数の時間的変化を求めた。求心性発射の発射頻度は個々のスパイクの発射間隔の逆数で求めた。

次に上喉頭神経内枝切断時の音声波形の変化を記録し、FFT 解析を施行した。切断はまず右側を施行し、ついで左側を行った。この際、甲状披裂筋筋電図に加え輪状甲状筋筋電図を記録し上喉頭神経外枝は損傷されていないことを確認した。さらに切断した上喉頭神経内枝中枢端に種々の電気刺激を加え音声の変化を記録した。

実験を通じてネコの保温につとめ体温を一定に保ようにした。左大腿静脈にカニューレションし適宜、麻酔の追加、補液を施行した。

結 果

脳幹部電気刺激を施行するとどのような呼吸相においても、まず吸気が始まりついで発声が始まった。その後、吸気と発声を交互に繰り返すというパターンが続き、刺激が加えられている間は繰り返し発声が誘発された。電気刺激を停止すると、直ちに発声も停止した。発声を長時間繰り返すと音声徐々に小さくなり、ついには発声しなくなった。

上喉頭神経内枝末梢端より喉頭知覚受容器からの求心性発射を記録すると発声の開始に一致して著明な増加が認められ、発声の終了とともにすみやかに減少した (図 1)。さらに上喉頭神経内枝の分割を繰り返して単一求心性発射を求めたところ、発声中に発射頻度が増加するものに加えて発声中に逆に発射頻度が低下する知覚受容器の存在が明らかになった (図 2)。

ネコの鳴き声の基本周波数の時間的変化と喉頭知覚受容器からの求心性発射の発射頻度との相関関係をみると、まず上喉頭神経内枝全体から得られる求心性発射を FFT 解析して得られた基本周波数とネコの鳴き声の基本周波数は非常によく一致していた。求心性発射をスピーカーから音として流すとネコの鳴き声とよく似て聞こえる、という事実からもこれは確かめられた (図 3)。

単一求心性発射の発射頻度と鳴き声の基本周波数の時間的変化との関係を調べると 3 つに分類できた。一つは発射頻度が基本周波数とほぼ一致するもの、一つは発声中に発

射頻度は増加するものの基本周波数とは一致しないもの (図 4)、最後に発声中に発射頻度が逆に減少するものの 3 種類である (図 5)。この他に鳴き初めだけ発射の認められるものも存在した (図 6)。仮に基本周波数と一致するものをタイプ A、基本周波数と一致はしないが発射数が増加するものをタイプ B、発射数が逆に減少するものをタイ

図 1 発声中の喉頭知覚受容器からの求心性発射
1 段目 上喉頭神経内枝より得た複合神経電位
2 段目 甲状披裂筋筋電図
3 段目 胸部運動モニター上向きが吸気
4 段目 音声波形を示す

図 2 上喉頭神経内枝より得た単一求心性発射
上段より、単一求心性発射、甲状披裂筋筋電図、音声波形を示す。

図 3 F0 ネコ発声の基本周波数
ISLN Fi 上喉頭神経内枝よりの複合神経電位を FFT 解析して得た基本周波数

図4 縦軸が求心性発射の発射頻度、黒太線は発声期間を示す。

図5 縦軸は発射頻度、黒太線は発声期間

図6 発声開始時のみ発射するもの。矢印で示す。

タイプC、鳴き初めだけ発射するものをタイプDとすると全部で16個記録した単一求心性発射のうちタイプAは4個、タイプBは6個、タイプCは4個、タイプDは2個という結果になった(表1)。

発声中に上喉頭神経内枝を切断しその前後の発声の変化を観察した結果、FFT解析によってピッチの低下が認められたものが7例中3例であった(図7)(図8)。ピッチの低下が認められなかった例においても、発声と吸気の周期が速くなることが認められた。さらに定量的な検討はできなかったが、聴覚心理的に上喉頭神経内枝切断後は嗄声になるような印象を受けた。この傾向は片側の上喉頭神経内枝切断後より両側上喉頭神経内枝切断後により強く認められた。この際、口腔内より声帯運動を観察したが、切断

表1 ま と め

発射頻度↑(≒F ₀) タイプA	4 (2)
発射頻度↑(<F ₀) タイプB	6 (3)
発射頻度↓ タイプC	4 (0)
発声開始時のみ タイプD	2 (2)
計	16 (自発発射ー)

図7 ISLN 切断前後の発声のFFT解析、矢印が切断時点

図8 ISLN 切断前後のF₀変化

前後でその動きに特に差は認められず、声門閉鎖にも異状は認められなかった。なお実験の手技上の問題から両側同時に上喉頭神経内枝を切断することは行わなかった。

切断した上喉頭神経内枝中枢端に種々の電気刺激を加え音声の変化を観察したが、その変化に一定の傾向は見出せなかった。これに関してはさらに詳細な検討が必要と思われる。

た。なお実験の手技上の問題から両側同時に上喉頭神経内枝を切断することは行わなかった。

切断した上喉頭神経内枝中枢端に種々の電気刺激を加え音声の変化を観察したが、その変化に一定の傾向は見出せなかった。これに関してはさらに詳細な検討が必要と思われる。

最後に喉頭内に8%キシロカインを噴霧すると求心性発射の活動抑制が観察された。

実験終了後、30μAの直流を30秒間流してlesionを形成し、開頭して脳幹部を取り出し標本を作製した。発声を

惹起させた部位が中脳 reticular formation の腹外側部であることを確認した。

考 察

喉頭に存在する様々な知覚受容器からの求心性発射の記録は、Andrew⁴⁾ 甲状喉頭蓋関節の関節受容器から記録したのをはじめとして、Boushey⁵⁾ らは喉頭の化学受容器からの応答を、Sant'Ambrogio⁶⁾ らは喉頭内圧、気流、喉頭筋の活動に反応する知覚受容器からの応答を、Harding⁷⁾ らは水に反応する知覚受容器からの応答を記録している。その他、Wyke⁸⁾、Falempin⁹⁾、Kirchner¹⁰⁾、Hirose¹¹⁾、Widdicombe¹²⁾、Eyzaguirre¹³⁾、Shingai¹⁴⁾ らが種々の喉頭知覚受容器の報告をしている。

喉頭に存在する様々な知覚受容器のうち触受容器についての報告をみると、Storey¹⁵⁾ が喉頭内の触受容器の分布について、披裂部、喉頭蓋喉頭面の前連合付近に最も多いと報告している。Sampson¹⁶⁾ らはネコの喉頭粘膜に正弦波振動刺激を加え、上喉頭神経内枝よりその応答を記録している。振動刺激の振幅を一定にして周波数を変化させ、求心性発射の頻度を測定している。Suzuki¹⁷⁾ らは声帯下部の粘膜に加えた振動刺激に400Hzまで1対1の応答を示す求心性発射をネコの反回神経より記録している。

筆者¹⁸⁾ もネコの喉頭粘膜に正弦波振動刺激を加え反回神経よりその応答を記録した。さらに振動刺激の振幅と周波数を変化させ振動刺激に対する喉頭知覚受容器の周波数特性を調べ、3種類に分類した。その結果、500Hz、10 μ mの振動刺激に1対1の応答を示す受容器が認められた。

一方、組織学的な報告を見てみると、Adzaku¹⁹⁾ らはネコの喉頭においてルフィニ小体様の構造が認められ、それらは声帯直下、前方に多いと報告している。König²⁰⁾ らはヒトの喉頭において声帯後方1/3から披裂間部にかけて神経網が発達し、網状小体が多く存在していると報告している。Nagai²¹⁾ はヒトの声帯模様部中央付近でクラウゼ小体様の構造を観察している。また田中²²⁾ はWGA-HRPを用いて、ネコの喉頭においては喉頭蓋喉頭面、披裂喉頭蓋ヒダ、披裂部、声帯後方に感覚神経の分布密度が高いと報告している。甲藤²³⁾ はヒト内喉頭筋の筋紡錘について報告している。

この様に喉頭に様々な知覚受容器が存在していることは生理学的にも形態学的にも明らかである。さらにこれらの知覚受容器を介した喉頭反射に関する報告も枚挙にいとまがない。Sasaki²⁴⁾、Mårtensson²⁵⁾、Kirchner²⁶⁾、Suzuki²⁷⁾、Suzuki²⁸⁾、Ogura²⁹⁾、来間³⁰⁾、村上³¹⁾、Murakami³²⁾、Murakami³³⁾ などの報告がある。持田³⁴⁾ は上喉頭神経内枝に加えた電気刺激によって反対側の甲状披裂筋に潜時の異なる2種類の反射波が認められること、反回神経刺激による誘発筋電図反応は声門下喉頭粘膜に加えた振動刺激によって促進されることを報告している。三橋³⁵⁾ は吸気から呼吸への移行期付近で喉頭反射の大きさのピークがあり、特に潜時の遅い反射波が振動刺激により促進されやすいと

報告している。さらに伊藤³⁶⁾ は甲状披裂筋に加え後輪状披裂筋、外側輪状披裂筋、輪状甲状筋にも潜時の異なる2種類の反射波が出現し、声門下喉頭粘膜に加えた振動刺激が反射に及ぼす促進効果は筋や呼吸位相によって異なると報告している。

これらの結果は発声の調節において聴覚からのフィードバックの他に喉頭知覚受容器が発声時の喉頭粘膜の振動をはじめとする喉頭内部の変化を感知して発声の調節に利用している可能性を示唆している。しかし現在までの実験は電気刺激やバイブレーターによる機械的刺激など非生理的刺激であり、実際の発声時に生じる喉頭内部の変化を喉頭知覚受容器が感知し得るのか否か、さらに感知できる場合にはどの程度の情報が中枢に送られているかは報告がなく全く不明であった。

今回、我々は脳幹部電気刺激によって発声を誘発する方法を利用して、実際の発声時における喉頭知覚受容器の求心性発射の記録と解析に成功した。電気刺激による誘発発声の報告は古来枚挙に暇がなく非常に多くの報告がなされているが、その機序についての詳細な報告はない。またこの誘発発声が自然発声と同じ機序で生じ、音声学的にも同じものかどうか不明である。しかし少なくとも我々が耳で聞いた感じでは誘発発声は自然発声とほとんど同じに聞こえ、聴覚心理的に同等と思われた。

本研究の結果、図1にあるように発声時に求心性発射の著明な増加が認められ、発声中の喉頭内部の変化を喉頭知覚受容器が実際に感知し、その情報を中枢に送っていることが確認できた。さらに上喉頭神経内枝全体から得られる求心性発射をFFT解析して得られた基本周波数とネコが一回鳴く際の鳴き声の基本周波数の時間的変化がほぼ一致している事実は、発声時の喉頭内部の変化のうち、基本周波数で振動する声帯振動に関わる変化を感知している知覚受容器が存在していることを示していると思われた。

さらに単一求心性発射の解析では発射頻度が基本周波数とほぼ一致するものタイプA、発声中に発射頻度は増加するものの基本周波数とは一致しないものタイプB、発声中に発射頻度が逆に減少するものタイプC、鳴き初めだけ発射の認められるものタイプDなど色々な種類の知覚受容器が存在している事が明らかとなった。発声に伴う喉頭内部の変化は振動だけではなく筋緊張、内部気流、関節の動きなど多くのパラメーターがあり、色々なタイプの求心性発射が存在していることは当然と思われる。特に発声中に発射頻度が逆に減少する知覚受容器が存在することは興味深い事実と思われた。いずれにしても発声に伴う喉頭内部の変化に関する情報がリアルタイムで中枢に送られていることは事実のようである。ただし今回の研究では求心性発射の知覚受容器に関する検討は行わなかった。何故ならば喉頭内を観察するために喉頭に操作を加えることによって発声に変化してしまうからである。今後はそれぞれのグループの知覚受容器がどこに存在しているかの検討も行いたい。

ではこれらの知覚受容器からの情報が発声の調節にどの

様に利用されているのであろうか。喉頭知覚受容器からの情報が発声の調節に関与しているか否かについては、多くの報告がありいまだ結論は出ていない。Tanabe ら³⁷⁾、Gould ら³⁸⁾ はヒトの上喉頭神経内枝をキシロカインでブロックしても呼気流の動揺は延長するものの平均的ピッチには差はなかったと報告している。一方、Thoms ら³⁹⁾ と Jurgen ら⁴⁰⁾ はサルを使った誘発発声において上喉頭神経内枝を切断すると音声のピッチが変化し雑音成分が増加すると報告している。さらに Garrete ら⁴¹⁾ はネコを用いた誘発発声の実験によって喉頭知覚受容器は発声の調節に主たる働きはしていないと結論しているが、上喉頭神経内枝の切断ではなく気管切開によって喉頭に気流が流れないようにして発声の変化をみている。

今回、ネコの誘発発声中に上喉頭神経内枝を切断したところ7例中3例でピッチの低下が認められ、その他の場合においても嘔声になることが認められた。従って Thoms ら、Jurgen らの実験結果と一致する内容となっており、やはり結論として喉頭知覚受容器からの情報が発声の調節になんらかの役割を果していることは事実と思われた。ただし、その役割が発声の調節全体のなかでどの程度の比重を占めるかについてはさらに検討を要すると思われる。またネコの誘発発声を利用した実験結果が、最も高度に統合された随意運動のひとつであるヒトの発声にそのまま適応できるかも疑問であるが、少なくとも今までの非生理的刺激による実験よりも、より自然に近い状態で発声の調節が検討できたと考えている。

切断された上喉頭神経内枝の中枢端に電気刺激を加えて発声の変化を見る実験は、残念ながら一定の傾向は見出せなかった。今後も実験方法を検討しながら、さらにこの実験を進めてみたい。

ま と め

ネコの脳幹部電気刺激によって発声を誘発し、上喉頭神経内枝より発声中の喉頭知覚受容器からの求心性発射を記録し、以下の結果を得た。

1. 上喉頭神経内枝全体から得られた求心性発射は発声中に著明な増加を認め、その基本周波数は鳴き声の基本周波数に一致して増減した。
2. 単一求心性発射においては発射頻度が基本周波数とほぼ一致するものタイプA、発声中に発射頻度は増加するものの基本周波数とは一致しないものタイプB、発声中に発射頻度が逆に減少するものタイプC、鳴き初めだけ発射の認められるものタイプDの少なくとも4種類に分類できた。
3. 発声中に上喉頭神経内枝を切断するとピッチの低下や嘔声が認められた。
4. 切断された上喉頭神経内枝中枢端に電気刺激を加えたが発声変化に一定の傾向は認められなかった。

本研究は、千葉大学医学部付属動物実験施設の「動物実験に関する指針」及び日本生理学会の「生理学領域におけ

る動物実験に関する基本的指針」に基づいて行われたことを付記する。

お わ り に

稿を終えるにあたり御指導、御校閲を頂いた金子敏郎教授に深謝いたします。また実験の場を提供下さり、御指導、御助言を頂いた本学第一生理学教室中島祥夫教授、坂本尚志助教授に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 広瀬 肇：喉頭の機能。日気食会報 38：334～335, 1987.
- 2) Borden GJ, Harris KS, 広瀬 肇訳：ことばの科学入門。MRCメディカルリサーチセンター, 128～136, 東京, 1984.
- 3) Kanai T, Wang SC: Localization of the central vocalization mechanism in the brain stem of the cat. *Experimental neurology* 6: 426～434, 1962.
- 4) Andrew BL: Proprioception at the joint of the epiglottis of the rat. *J Physiol* 126: 507～523, 1954.
- 5) Boushey HA, Richardson PS, Widdicombe JG: The response of laryngeal afferent fibers to mechanical and chemical stimuli, *J Physiol* 240: 153～175, 1974.
- 6) Sant'Ambrogio G, Mathew OP et al.: Laryngeal receptors responding to transmural pressure, airflow and local muscle activity. *Respiration Physiology* 54: 317～330, 1983.
- 7) Harding R, Johnson P et al.: Liquid-sensitive laryngeal receptors in the developing sheep, cat and monkey. *J Physiol* 277: 400～422, 1978.
- 8) Wyke BD: Laryngeal myotatic reflexes and phonation. *Folia phoniat* 26: 249～264, 1974.
- 9) Falempin M, Rousseau JP: Activity of lingual, laryngeal and oesophageal receptors in conscious sheep. *J Physiol* 347: 47～58, 1984.
- 10) Kirchner JA, Wyke BD: Articular reflex mechanisms in the larynx. *Annals of Otol Rhinol Laryng* 74: 749～768, 1965.
- 11) Hirose H: Afferent impulses in the recurrent laryngeal nerve in the cat. *Laryngoscope* 71: 1196～1206, 1961.
- 12) Widdicombe JG: Modes of excitation of respiratory tract receptors. *Progress in brain research* 43: 243～252, 1976.
- 13) Eyzaguirre C, Sampson S et al.: The motor control of intrinsic laryngeal muscles in the cat, in Granit R (ed): *Muscular afferent and motor control*. Almqvist & Wiksell, Stockholm,

- 1966, pp. 209~225.
- 14) Shingai T: Ionic mechanism of water receptors in the laryngeal mucosa of the rabbit. *Jap J Physiol* 27: 27~42, 1977.
 - 15) Storey AT: A functional analysis of sensory units innervating epiglottis and larynx. *Experimental neurology* 20: 366~383, 1968.
 - 16) Sampson S, Eyzaguirre C: Some functional characteristics of mechano-receptors in the larynx of the cat. *J neurophysiol* 27: 464~480, 1964.
 - 17) Suzuki M, Kirchner JA: Sensory fibers in the recurrent laryngeal nerve. *Annals of Otol Rhinol Laryngol* 78: 21~31, 1969.
 - 18) 三浦 巧: ネコ喉頭知覚受容器に関する生理学的研究. *日耳鼻* 91: 1228~1236, 1962.
 - 19) Adzaku FK, Wyke B: Innervation of the subglottic mucosa of the larynx, and its significance. *Folia phoniat* 31: 271~283, 1979.
 - 20) König WF, von leden H: The peripheral nervous system of the human larynx. *Archives of Otolaryngology* 73: 21~34, 1961.
 - 21) Nagai T: Encapsulated sensory corpuscle in the mucosa of human vocal cord: An electron microscope study. *Arch histol Jap* 45: 145~153, 1982.
 - 22) 田中康政: ネコ喉頭および咽頭における感覚神経の走行ならびに分布. *耳鼻と臨床* 32: 1018~1044, 1986.
 - 23) 甲藤洋一: ヒト内喉頭筋の筋紡錘の分布と構造. *日耳鼻* 90: 59~67, 1987.
 - 24) Sasaki CT: Physiology of the larynx in *Otolaryngology Vol. III*, Harper & Row, New York, 1977.
 - 25) Mårtensson A: Reflex responses and recurrent discharges evoked by stimulation of laryngeal nerves. *Acta physiol scand* 57: 248~269, 1963.
 - 26) Kirchner JA, Suzuki M: Laryngeal reflexes and voice production. *Ann NY Acad Sci* 155: 98~109, 1968.
 - 27) Suzuki M, Sasaki CT: Initiation of reflex glottic closure. *Annals of Otol Rhinol Laryngol* 85: 382~386, 1976.
 - 28) Suzuki M, Sasaki CT: Effect of various sensory stimuli on reflex laryngeal adduction. *Annals of Otol Rhinol Laryngol* 86: 30~36, 1977.
 - 29) Ogura JH, Lam RL: Anatomical and physiological correlations on stimulating the human superior laryngeal nerve. *Laryngoscope* 63: 947~959, 1953.
 - 30) 来間出征男: 各種実験動物における喉頭反射について—神経生理学的検索—. *日気食会報* 24: 268~275, 1973.
 - 31) 村上 泰: 内喉頭筋反射と“spastic-after discharge”に関する電気生理学的研究. *日耳鼻* 79: 14~20, 1976.
 - 32) Murakami Y, kirchner JA: Reflex tensor mechanism of the larynx by external laryngeal muscles. *Annals of Otol Rhinol Laryngol* 80: 46~60, 1971.
 - 33) Murakami Y, Kirchner JA: Mechanical and physiological properties of reflex laryngeal closure. *Annals of Otol Rhinol Laryngol* 81: 59~71, 1972.
 - 34) 持田 晃: 喉頭機能の反射性制御, 粘膜の振動刺激が反回神経反射に及ぼす影響. *日耳鼻* 93: 938~948, 1990.
 - 35) 三橋敏雄: 振動刺激と反射性喉頭調節の実験的検討—呼吸相と上喉頭神経内枝の関与について—. *日耳鼻* 93: 1020~1033, 1990.
 - 36) 伊藤宏文: ネコにおける喉頭機能の反射性制御, 喉頭粘膜への振動刺激が誘発性喉頭反射に及ぼす影響について. *日耳鼻* 95: 1164~1173, 1992.
 - 37) Tanabe M, Kitajima K, Gould WJ: Laryngeal phonatory reflex. The effect of anesthetization of the internal branch of the superior laryngeal nerve: acoustic aspects. *Annals of Otol Rhinol Laryng* 84: 206~212, 1975.
 - 38) Gould WJ, Tanabe M: The effect of anesthesia of the internal branch of the superior laryngeal nerve upon phonation, An aerodynamic study. *Folia phoniat* 27: 337~349, 1975.
 - 39) Thoms G, Jürgens U: Role of the internal laryngeal nerve in phonation, An experimental study in the squirrel monkey. *Experimental neurology* 74: 187~203, 1981.
 - 40) Jürgens U, Kirzinger A: The laryngeal sensory pathway and its role in phonation. *Exp Brain Res* 59: 118~124, 1985.
 - 41) Garrett JD, Luschi ES: Subglottic pressure modulation durring evoked phonation in the anesthetized cat. *Laryngeal Function in Phonation and Respiration* (Bare T et al ed) 139~153, College-Hill Press, Boston, 1987.