イヌ披裂筋の構造と運動神経支配に関する研究

愛媛大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：柳原尚明教授）

相 原 隆 一

MOTOR INNERVATION OF THE CANINE ARYTENOID MUSCLE

RYUICHI AIBARA, M.D.

Department of Otolaryngology, Ehime University School of Medicine, Ehime

Dual motor innervation by the bilateral recurrent laryngeal nerves (RLNs) has been demonstrated in the human arytenoid muscle (AR). Whether AR of the dog receives dual motor innervation remains to be cleared yet, although the canine larynx is frequently used in experimental studies. To answer this question, the author observed the muscular structure in detail and anastomotic nerve branch between the bilateral RLNs, and then carried out glycogen depletion experiments on AR of dog compared with typical unpaired ARs of monkey and of guinea pig.

1) Muscular structure

AR of the dog consisted of three parts of muscle bundles: the transverse arytenoid muscle (TVA), ventricular muscle (VT) and anonymous small bundle provisionally named the smaller interarytenoid muscle (IAm). While TVA and VT were paired type, IAm was unpaired type and lay horizontally on the dorsal aspect of the sesamoid cartilage around the midline. So the canine AR displayed a trigastric muscle as a whole.

2) Anastomotic nerve branch

By the vital staining with methylene blue, the arytenoid branch of canine RLN ramified in three directions: anteriorly to the bellies of TVA and VT, medially to the anastomotic branch and superomedially to IAm. By the silver impregnation method of Barker and Ip, the bilateral IAm ramuli were found to form collateral anastomoses and terminate disorderly on the individual fibers.

3) Glycogen depletion experiments

When an electrical stimulation was applied to the unilateral RLN in the monkey and the guinea pig, about one half of AR fibers were unstained with PAS staining and, in turn, these unstained fibers were known to be innervated by the ipsilateral RLN. While these unpaired ARs receive dual motor innervation as a whole muscle, every individual fiber is innervated by the unilateral RLN.

In the canine VT and TVA, almost 90% of fibers were depleted of glycogen on the belly of the stimulated side, while the reverse was on the nonstimulated side. This finding suggests that most fibers of canine VT and TVA are ipsilaterally and the remaining fibers are contralaterally innervated. About one half of fibers of IAm were unstained and the others were stained. This pattern was similar to that observed in the monkey and the guinea pig. Therefore, IAm receives dual motor innervation from both RLNs as a whole muscle.

イヌ披裂筋, アセチルコリンエステラーゼ染色法

Key words: メチレンブルー超生体染色法, 組織片鍍銀染色法
グリコーゲン消耗法

A94—0805—60010

神経喉頭科学においては、動物実験の結果がヒトの臨床所見と矛盾する場合があります、その主な理由に内喉頭筋の形態と機能に種別差があることが挙げられている。内喉頭筋のなかでも披裂筋の種別差は著しく、本筋の形態と機能に関する研究が神経喉頭科学におけるヒトと動物の間の矛盾を解く重要な鍵と考えられている¹⁾

比較解剖学的にみると²⁾、両側の披裂軟骨の背側面を走行する筋の総称である披裂筋は、ヒト・サル・モルモットなどの *unpaired type** とイヌ・ネコ・ラットなどの *paired type** の二群に大別される。前者の方がより進化した形で、もともと左右一対の筋が進化の過程で融合し1個の筋となり、両側の反回神経支配を受けることになったと考えられている¹⁾³⁾。

神経喉頭科学の実験ではイヌが一般に使用されている。その結果からヒトの場合を類推するためにはイヌ披裂筋の形態ならびに運動神経支配様式の詳細を解明しておくことが重要である。著者は以上の見地からイヌ披裂筋に関して研究し、イヌ披裂筋は *paired type* であるが正中部には *unpaired type* の小筋束が存在すること、イヌ披裂筋の一部を構成する室筋は両側の反回神経支配を受ける可能性があることなどをすでに報告した⁴⁾⁵⁾。これらの新知見が得られたイヌ披裂筋の運動神経支配様式は十分に解明されていない。本研究ではイヌ披裂筋の構造ならびに反回神経披裂筋枝の走行を改めて検討し、筋線維レベルでの運動神経支配様式を検討した。

表1 付図略語解説

V T:	室筋
TVA:	横披裂筋
I A m:	披裂間小筋(仮称)
S C:	種子軟骨
I C:	披裂間軟骨
LCA:	外側輪状披裂筋
PCA:	後輪状披裂筋
T A:	甲状披裂筋
RLN:	反回神経

*) *Unpaired type* とは左右に分かれず両側の披裂軟骨の背側面に跨がって走行する形態を、*paired type* とは左右に分かれて一対の走行を示す形態を意味する。

I 披裂筋の走行と筋線維型の分布

1. 研究方法

i 披裂筋の構造の観察

以下の諸実験に使用する正常イヌ30頭の喉頭を摘出し、披裂筋の起始、停止とその走行を手術用顕微鏡下に詳細に観察した。

ii 筋線維の連続性の観察

成犬3頭の喉頭をホルマリン固定、脱灰、パラフィン包埋して披裂筋の正中部分を中心に厚さ4 μ mの筋の縦断切片を作製、H-E染色とVan-Gieson染色を行い光学顕微鏡下に観察した。

iii 神経筋接合部および筋腱接合部の観察

成犬4頭の披裂筋を摘出、4%パラホルムアルデヒドで固定し筋表面の結合織を丹念に除去し、燐酸緩衝液で洗浄してKarnovsky法によるアセチルコリンエステラーゼ(ACh-E)染色⁶⁾を施し、褐色調に染まった神経筋接合部ならびに筋腱接合部⁷⁾の局在を観察した。

iv 筋線維型分布の観察

正常成犬6頭の披裂筋を摘出、液体窒素で冷却したイソペンタン内で凍結標本とし、-20°Cのクリオスタット内で厚さ10 μ mの連続横断切片を作成してATPase染色⁸⁾を行い、筋線維型の分布を観察した。

2. 研究結果

横披裂筋は観察したすべての喉頭で披裂軟骨筋突起の甲状披裂筋の停止線上から幅広く起始し、種子軟骨の外側端と背面に停止した。室筋は披裂軟骨楔状突起の腹側から起始し、正中部で種子軟骨の背側面に停止

図1 イヌ披裂筋の全体像

A: 背側面。室筋は正中部で両側からの筋束が合している。

B: 腹側面。横披裂筋は種子軟骨の外側端に停止している。

////: 室筋の起始範囲, |||||: 横披裂筋の起始範囲。

図2 イヌ披裂筋正中部の基本構築（背側面）
 A：室筋筋線維の多くは披裂間軟骨と種子軟骨の背側面に停止している。
 B：両側の室筋の延長上の正中部に横走する小筋束（矢印）を認める。

しながら対側の同筋と合体した（図1）。この室筋正中部の筋線維の走行には個体差があり、図2 Aのように室筋がほとんど種子軟骨の背側面と披裂間軟骨に停止し、paired type にみえるもの、図2 Bのように披裂間軟骨はなく、あっても痕跡的で正中部に横走する小筋束が観察されるもの、および両者の中間型が観察された。

光顕レベルでは、図3 Aのように室筋筋線維の大部分は披裂間軟骨に停止しているが、腹側面の一部は正中を横走しているもの（図2 Aに対応）、図3 Bのように多数の筋線維が正中部を横走するもの（図2 Bに対応）、および両者の中間型が認められた。図3 Bの正中部は Van-Gieson 染色でみると赤染された腱や筋膜などが不規則に介在していた。

神経筋接合部は両側室筋および横披裂筋の筋腹中央ならびに正中部で両側室筋停止部の間を横走する小筋束の計3カ所に集中して認められた。この正中部の小

図3 室筋正中部付近の H-E 染色
 A：図2 Aに対応，B：図2 Bに対応。

筋束は明らかに室筋と区別され、以下、“披裂間小筋”と記載することにした。神経筋接合部は室筋および横披裂筋では線状に密集し、披裂間小筋では筋全体に散在性に分布していた（図4）。筋線維の連続性は室筋と披裂間小筋の間に明らかな腱組織がある場合と、筋線維同士が筋腱接合部によって連結される場合とがある（図5）。

筋線維型比率は観察した6頭中5頭において室筋、横披裂筋、披裂間小筋ともにタイプ2線維優位であり、それぞれの筋線維型比率の平均値は室筋ではタイプ1線維6.9%、タイプ2線維93.1%、横披裂筋ではそれぞれ8.5%、91.5%、披裂間小筋ではそれぞれ12.5%、87.5%であった。披裂間小筋は室筋、横披裂筋に比べタイプ1線維の比率がやや高く、小径の筋線維が多い。さらにいずれの筋においても5%以下（平均1.7%）の頻度でタイプ2 C線維が観察された。タイプ1線維は室筋では筋全体に散在し、横披裂筋では主に腹側面に散

図4 室筋における神経筋接合部の局在 (ACh-E 染色)

A: 全体像, B: 正中部の拡大像。

両側の筋腹中央部に密集(矢印), 披裂間小筋では散在性に分布(矢尻, B)。

在した(図6)。しかし図7に示す1頭では室筋でタイプ2線維, 横披裂筋および披裂間小筋でタイプ1線維優位であった。

3. 小括

i イヌ披裂筋正中部には横走する小筋束があり, その筋束上には散在性に神経筋接合部が分布する。したがって本筋束は室筋, 横披裂筋とは明らかに区別される unpaired type の筋とみなされ, 披裂間小筋と名付けた。

ii 披裂間小筋の筋線維は腱または筋腱接合部のみを介して主として両側の室筋, 一部では横披裂筋とつながっており, イヌ披裂筋は全体として三腹筋の形態をとる。

iii. 筋線維型比率は圧倒的にタイプ2優位であるが, 横披裂筋と披裂間小筋においてタイプ1優位を示す個体もあり, 披裂間小筋が横披裂筋由来の筋である可能性を示唆する。

iv. タイプ1線維の筋内分布は室筋では全体に散在し, 横披裂筋では腹側面に散在する。

図5 室筋と披裂間小筋の筋線維の連続性 (ACh-E 染色)

A: 明らかな腱(矢印)を介して, B: ACh-E 活性を有する筋腱接合部のみを介して, 筋線維が連結されている。

II. 反回神経披裂筋枝の分岐と神経終末

1. 研究方法

i 反回神経披裂筋枝の分岐様式の観察

メチレンブルー超生体染色法⁹⁾を用い, 体重2kg前後の幼犬3頭について観察した。ペントバルビタール40mg/kgを腹腔内に投与して麻酔, 一側大腿静脈をカットダウンして18G留置カテーテルを挿入。Merck社製メチレンブルーを生理的食塩水で1/6%に希釈した溶液150mlを体温にあためて約30分間かけて注入, この間に対側大腿静脈を切開, 排血した。つづいて1/18%に希釈した同溶液を1ml/minで2時間程度ゆっくり滴下。数時間後に喉頭を摘出し手術用顕微鏡下に青染した反回神経披裂筋枝を剖出して未固定のまま写真撮影した。

ii. 神経終末の観察

Barkerらの組織片鍍銀染色法¹⁰⁾を用いた。幼犬2頭, 成犬1頭の摘出喉頭を原法にしたがって染色した後グリセリン中に保存した。保存した喉頭から披裂筋を摘出して実体顕微鏡下に筋をほぐし, 筋線維表面に付着する黒染した神経終末とその近傍の軸索の進入路を光学顕微鏡下に観察した。

2. 研究結果

反回神経前枝は後輪状披裂筋(後筋)枝を出した後, 披裂筋枝と外側輪状披裂筋(側筋)・甲状披裂筋(内筋)枝に分岐, 披裂筋枝は輪状披裂関節のすぐ背側で後筋付着部下面を関節後縁に接して内上走り, 横披裂筋の

図6 室筋(上段)と横披裂筋(下段)の筋線維型分布(同一個体の室筋と横披裂筋を別個に摘出して横断切片を作製した.)
左: Routine ATPase染色 (pH 10.5).
右: 酸前処置ATPase染色 (pH 4.5).
いずれも右方が腹側, 上方が頭側。

図7 室筋と横披裂筋・披裂間小筋との間に対照的筋線維分布を示した1例
上段: 室筋および横披裂筋。
下段: 披裂間小筋(上段の2倍に拡大)。
上段下部の横披裂筋に類似し, タイプ1優位である。
左: Routine ATPase染色,
右: 酸前処置ATPase染色。

筋腹へ進入する太い枝と, さらに内側方へ向かう1～2本の細い枝に分岐した。後者はさらに内上方の披裂間小筋へ向かう小枝, 種子軟骨下縁で対側からの同枝と吻合する小枝および上喉頭神経内枝またはガレン吻合枝由来で輪状孔へ進入する枝に合する小枝に分岐した(図8)。

図9に示すように披裂間小筋内における神経の走行は, 左右からの軸索が互いに筋束内で吻合する形で進入しながら運動終末を形成した。

3. 小括

イヌ反回神経披裂筋枝は横披裂筋筋腹へ進入する支配枝を出した後も数本に分岐する。種子軟骨下縁で対

側の同枝との吻合枝が存在するのに加え, 披裂間小筋内にも吻合枝があり, 運動終末を形成している。

III. グリコーゲン消耗法¹¹⁾による筋線維レベルでの運動神経支配の同定

1. 研究方法

成犬5頭を用いた。塩酸ケタミン筋注にて全身麻酔し, 前頸部切開にて両側反回神経を露出させ, 一側を切断し対側を双極電極で5～10V, 持続1 msecの矩形

図8 メチレンブルー超生体染色法
 上段：喉頭を左後上方より見る。
 左後筋は付着部近くで切除している。
 下段：正中部のシェーマ。
 1：横披裂筋筋腹へ進入する枝，
 2：輪状孔へ入る小枝，
 3：対側の披裂筋枝との吻合枝，
 4：披裂間小筋へ向かう小枝。

波で40Hz, 0.5秒間隔の反復刺激を1～2時間行った。この間、輪状軟骨直下に設けた気管切開口から刺激に同期して0.5秒間隔で声門の閉鎖運動が起こるのを確認した。双極有鉤線電極を輪状甲状筋を貫通して両側の内筋に刺入し、筋電図を記録し刺激側のみが有効に刺激されていることを確認した。成犬1頭に対しては同様の手法で両側の反回神経を同時に刺激した。コントロールとして典型的な unpaired type の披裂筋をもつサル2頭とモルモット3匹で一側反回神経刺激

を行いイヌと比較した。なお、モルモットでは反回神経が非常に細く刺激が不確実となるため、輪状軟骨より下方の部位で迷走神経本幹を2～3Vで刺激した。刺激終了後すみやかにイヌおよびサルでは各内喉頭筋を摘出して、モルモットでは喉頭を一塊として凍結し、厚さ10～16 μ mの連続横断切片を作製し、H-E染色、PAS染色、ATPase染色を行い、各筋線維におけるグリコーゲン量と筋線維型とを比較した。

図9 披裂間小筋内の神経の走行（組織片鍍銀法）

A：弱拡大。

矢印の太い神経束は喉頭内腔面へ分布する知覚枝，運動枝は披裂間小筋へ分布する細枝。

B：別個体にみられた披裂間小筋内の吻合枝。

焦点を変えると複雑に分岐して運動終末を形成している。

2. 研究結果

側筋と室筋および横披裂筋のグリコーゲン消耗法の結果を図10に示す。刺激が適切に行われれば、一側性反回神経支配を受ける側筋では、図10Bに示すように刺激側の筋のグリコーゲンは消耗され、すべての筋線維がPAS-negative (PAS(-))となる。一方、非刺激側においてもほとんど染色されないが、弱染にとどまった筋線維 (PAS(±)) があるが、これはもともとグリコーゲン量の少ないタイプ1線維によく対応していることがATPase染色で示されている(図10A)。室筋および横披裂筋の非刺激側のPAS染色とATPase染色の所見は側筋と同じであったが、刺激側では10%弱のタイプ2線維が散在性にPAS-positive (PAS(+))として残存し、これらの筋線維には刺激が及んでいないことが明らかにされた(図10C, D)。

披裂間小筋とその周辺についてみると図11のごとくなる。刺激側寄りではPAS(-)の筋線維が多くPAS(+)の筋線維は約30%であった。正中部ではPAS(-)

とPAS(+)がほぼ均等に混在して、非刺激側寄りではPAS(+)の筋線維が多く観察された。筋線維型分布とグリコーゲン量の差による分布とは図12のごとく一致せず、切片部位によるPAS染色の所見の相違は電気刺激によるグリコーゲンの枯渇程度の差と考えられた。なお両側刺激では全筋線維がPAS(-)となり、反回神経以外の運動神経支配は受けていないこと、また十分な刺激条件であったことが確認された。

サルおよびモルモットの電気刺激後のPAS染色像を図13に示す。サルではPAS(-)とPAS(+)の筋線維が一部ではモザイク状に、一部では数本から数十本の集簇を形成するように混在した。モルモットでもPAS(-)とPAS(+)の筋線維が混在した。

3. 小括

i 室筋と横披裂筋は側筋と同様の筋線維型分布を示すにもかかわらず、PAS染色像に差が生じたのは、室筋と横披裂筋には対側の反回神経支配を受ける筋線維が少数ながら存在するためであり、室筋と横披

図9 披裂間小筋内の神経の走行（組織片鍍銀法）

A：弱拡大。

矢印の太い神経束は喉頭内腔面へ分布する知覚枝，運動枝は披裂間小筋へ分布する細枝。

B：別個体にみられた披裂間小筋内の吻合枝。

焦点を変えると複雑に分岐して運動終末を形成している。

2. 研究結果

側筋と室筋および横披裂筋のグリコーゲン消耗法の結果を図10に示す。刺激が適切に行われれば，一側性反回神経支配を受ける側筋では，図10Bに示すように刺激側の筋のグリコーゲンは消耗され，すべての筋線維がPAS-negative (PAS(-))となる。一方，非刺激側においてもほとんど染色されないが，弱染にとどまった筋線維 (PAS(±)) があるが，これはもともとグリコーゲン量の少ないタイプ1線維によく対応していることがATPase染色で示されている(図10A)。室筋および横披裂筋の非刺激側のPAS染色とATPase染色の所見は側筋と同じであったが，刺激側では10%弱のタイプ2線維が散在性にPAS-positive (PAS(+))として残存し，これらの筋線維には刺激が及んでいないことが明らかにされた(図10C, D)。

披裂間小筋とその周辺についてみると図11のごとくなる。刺激側寄りではPAS(-)の筋線維が多くPAS(+)の筋線維は約30%であった。正中部ではPAS(-)

とPAS(+)がほぼ均等に混在して，非刺激側寄りではPAS(+)の筋線維が多く観察された。筋線維型分布とグリコーゲン量の差による分布とは図12のごとく一致せず，切片部位によるPAS染色の所見の相違は電気刺激によるグリコーゲンの枯渇程度の差と考えられた。なお両側刺激では全筋線維がPAS(-)となり，反回神経以外の運動神経支配は受けていないこと，また十分な刺激条件であったことが確認された。

サルおよびモルモットの電気刺激後のPAS染色像を図13に示す。サルではPAS(-)とPAS(+)の筋線維が一部ではモザイク状に，一部では数本から数十本の集簇を形成するように混在した。モルモットでもPAS(-)とPAS(+)の筋線維が混在した。

3. 小括

i 室筋と横披裂筋は側筋と同様の筋線維型分布を示すにもかかわらず，PAS染色像に差が生じたのは，室筋と横披裂筋には対側の反回神経支配を受ける筋線維が少数ながら存在するためであり，室筋と横披

図11 グリコーゲン消耗法：2（イヌ）
（披裂間小筋とその周辺のPAS染色）
A：刺激側寄り，B：正中，C：非刺激側寄り。
シェーマは切片部位を示す

末梢の記載は不明確である。矢武¹⁹⁾はメチレンブルー超生体染色法で観察し、ヒトとネコでは両側披裂筋枝の間に吻合枝があったがイヌでは認められず、イヌ披裂筋の神経支配は一側性であると結論した。一方、李²⁰⁾は軟部組織を剥離する方法で観察した成犬7頭の全例に左右の吻合枝を認め、イヌ披裂筋の神経支配は両側性であると記載した。著者はメチレンブルー超生体染色法により披裂筋枝は横披裂筋筋腹への支配枝を出した後、内側方へ向かう対側の披裂筋枝への吻合枝、正中部の披裂間小筋へ向かう小枝、さらに上喉頭神経内枝由来で輪状孔へ進入する枝に合する小枝などに分岐することを明らかにした。披裂筋内には上喉頭神経内枝由来の知覚枝である穿通枝や吻合枝が多いとされ、とくに吻合枝は披裂筋の結合織中にも終止することが知られている¹⁹⁾が、Barkerらの組織片鍍銀法により観察した披裂間小筋内の吻合枝は明らかに運動終末を有していたので、運動性吻合枝であると結論できる。この左右の反回神経披裂筋枝の間にみられた運動性吻合枝がイヌ披裂筋の運動神経支配様式および一側脱神経時の神経再生、筋の再支配に重要な役割を果たしているものと推測され、今後の研究課題である。

3. 筋線維レベルでの支配側の同定

本研究で用いたグリコーゲン消耗法は1968年にEdströmら¹¹⁾が行った手法で、最近では神経喉頭科学でも内喉頭筋の再支配の評価に用いられている²¹⁾²²⁾。しかし正常でも筋線維毎のグリコーゲン含量に差がある²³⁾²⁴⁾²⁵⁾、運動の種類によってグリコーゲンの消耗過程が異なる²⁶⁾、さらにPAS染色はグリコーゲンが完全に枯渇した場合の評価法としてはよいが、一定値以上のグリコーゲン量の分別はできない²⁷⁾²⁸⁾ことが知られており、結果の判定には注意が必要である。また筋固有の作用発現に十分な収縮をもたらす刺激頻度は筋によって異なり²⁹⁾、イヌでは後筋で20Hz、閉鎖筋群で30Hz以上が至適頻度で、両者を一定以上の刺激電圧で同時刺激すると20Hzで声門は開大し、30Hz以上になると声門は閉鎖する¹⁶⁾。

以上のことから著者は適切な電気刺激を与え、グリコーゲンが完全に枯渇してPAS(－)となったもののみを指標とした。また披裂筋と同様の筋線維型比率を示す側筋³⁰⁾をグリコーゲン枯渇の対照としたので、両者の所見の相違は真に運動神経支配様式の相違によるものと考えられる。すなわち

図12 グリコーゲン消耗法: 3 (イヌ)
(披裂間小筋における筋線維型との比較)
左上: 図11. Aの一部を拡大したもの,
右上: Routine ATPase 染色,
左下: ATPase 染色 (pH4.5)
右下: ATPase 染色 (pH4.2).

1) 室筋および横披裂筋では対側の反回神経支配を受けるタイプ2線維が10%弱の頻度で散在し、同側優位の両側支配を受ける。

2) 披裂間小筋ではサルやモルモットの典型的な unpaired type の披裂筋と同様に左右それぞれの反回神経支配を受ける筋線維が約半数ずつ混在し、典型的な両側支配を受ける。

3) 筋全体としてみると両側性反回神経支配を受けているが、個々の筋線維は左右どちらか一侧のみの運動神経支配を受けている。

4. 両側性反回神経支配について

ヒト披裂筋が両側性運動神経支配を受けることは、一側の陳旧性迷走神経麻痺症例において内喉頭筋の中で披裂筋のみが全く萎縮しない³¹⁾、一側反回神経麻痺症例の披裂筋が正常と全く変わらない筋放電を示す³²⁾、また形態学的には左右の反回神経披裂筋枝が披裂筋の中央部で吻合している¹⁹⁾、神経筋接合部が筋腹中央部に集中して分布する³³⁾などにより一般に認められている。比較解剖学的にはもともと左右一对の筋が進化の過程で融合し1個の筋となり、両側の反回神経支配を受けるようになったと考えられている¹⁾。筋

図13 グリコーゲン消耗法: 4(サル, モルモット)
A: サル, B: モルモット披裂筋正中部のPAS染色。

サルとモルモットは unpaired type の構築を示し、いずれも切片部位によるグリコーゲン枯渇パターンの相違は認められなかった。

線維レベルではヒト内喉頭筋で報告されている多重神経終末は筋の生理学的意義づけに関して収縮特性の多様性や自律神経の関与などを示唆する³⁴⁾が、運動神経の支配側という観点からすると、今回のグリコーゲン消耗法による観察から unpaired type の披裂筋でも1本の筋線維上には左右どちらか一侧由来の運動終末しかもたない。筋全体としてみると結果的に両側から均等に運動神経支配を受けているものと考えられる。したがって一側の反回神経に脱神経が起こっても対側支配の筋活動が残存しているため筋全体としては脱神経に陥っていないようにみえる。さらに一側の脱神経後にも筋の変性萎縮が生じないのは対側神経からの sprouting³⁵⁾が起こるためではないかと推測されるが、今後、解明すべき問題である。

V 結 語

イヌ披裂筋における筋構造と支配神経の走行を観察

し、さらに筋線維レベルでの支配側の同定をグリコーゲン消耗法を用いて行い、以下の結論を得た。

1) イヌ披裂筋を組み立てている基本構造には、室筋、横披裂筋、種子軟骨、披裂間軟骨に加えて、正中部にある unpaired type の独立した小筋束があることを明らかにした。この筋を披裂間小筋と名付けた。室筋および横披裂筋と本筋を併せてイヌ披裂筋は全体として三腹筋の形態をとる。

2) イヌ反回神経披裂筋枝は室筋および横披裂筋筋腹への支配枝を出した後、内上走して対側との吻合枝を形成する。披裂間小筋内でも対側との吻合枝があり、両側由来の運動終末が混在する。

3) イヌ室筋および横披裂筋の筋線維の大部分は同側の反回神経支配を受けるが、対側の反回神経支配を受ける筋線維が10%弱含まれ、同側優位の両側性運動神経支配を受ける。

4) イヌ披裂間小筋では左右の反回神経支配の筋線維が各々ほぼ半数ずつ混在する。これはヒトと同じく unpaired type の筋構造を示すサルおよびモルモットにおける典型的な両側性運動神経支配のパターンと同じである。

5) Unpaired type の披裂筋でも個々の筋線維は左右どちらか一侧のみの運動神経支配しか受けない。

参考文献

- 1) 広戸幾一郎：発声機能の面よりみた喉頭の病態生理。耳鼻臨床 59増1: 229-291, 1966.
- 2) Negus VE: The comparative anatomy and physiology of the larynx. Hafner Publishing Company, New York, 1962, pp 94-97.
- 3) 豊住頼一：哺乳動物における嗅覚、呼吸、嚥下に関する比較解剖学的研究。耳鼻 25: 29-37, 1979.
- 4) 相原隆一, 河村裕二, 丘村 照：披裂筋の神経支配について—イヌにおける実験的研究—。耳鼻臨床 82: 1169-1176, 1989.
- 5) 相原隆一, 河村裕二, 丘村 照：披裂筋の運動神経支配様式について—その比較解剖学的観察—。喉頭 1: 96-101, 1989.
- 6) Karnovsky MJ, Roots L: A "direct-coloring" thiocholine method for cholinesterases. J Histochem Cytochem 12: 219-221, 1964.
- 7) Lubinska L, Zelena J: Acetylcholinesterase at muscle-tendon junctions during postnatal development in rats. J Anat 101: 295-308, 1967.
- 8) 埜中征哉：臨床のための筋病理入門。日本医事新報社，東京，1987，10-20頁。
- 9) 佐野 豊：組織学研究法—理論と術式—。南山堂，東京，1976，371-376頁。
- 10) Barker D, Ip MC: A silver method for demonstrating the innervation of mammalian muscle in teased preparations. J Physiol (Lond) 169: 73P-74P, 1963.
- 11) Edström L, Kugelberg E: Histochemical composition, distribution of fibres and fatiguability of single motor units. Anterior tibial muscle of the rat. J Neurol Neurosurg Psychiat 31: 424-433, 1968.
- 12) 菅野正雄：喉頭神経ニ就テ。大日耳鼻 35: 1338-1376, 1929.
- 13) 高瀬晴朗：哺乳動物内喉頭筋及び喉頭関節の比較解剖生理学的研究。耳鼻 10補1: 18-58, 1964.
- 14) Vogel PH: The innervation of the larynx of man and the dog. Am J Anat 90: 427-440, 1952.
- 15) 竹之内 智：喉頭神経刺激による声門の運動に関する研究。耳鼻臨床 56: 398-420, 1963.
- 16) Takenouchi S, Koyama T, Kawasaki M et al: Movements of the vocal cords. Acta Otolaryng 65: 33-50, 1968.
- 17) Brewer DW, Dana ST: Investigations in laryngeal physiology: The canine larynx — part II. Ann Otol Rhinol Laryngol 72: 1060-1075, 1963.
- 18) Miller ME: Anatomy of the dog. WB Saunders, Philadelphia, 1964, pp 159-161, 719-726.
- 19) 矢武良規：哺乳動物の喉頭神経に関する比較解剖学的研究。耳鼻 11補2: 49-77, 1965.
- 20) 李 同海, 飯塚俊勝, 荒井 潤, 林 永直, 遠藤ゆり他：犬における両側反回神経の吻合枝について。日気食会報 33: 250-253, 1982.
- 21) Fata JJ, Malmgren LT, Gacek RR et al: Histochemical study of posterior cricoarytenoid muscle reinnervation by a nerve-muscle pedicle in the cat. Ann Otol Rhinol Laryngol 96: 479-487, 1987.
- 22) Jacobs IN, Sanders I, Wu B-L et al: Reinnervation of the canine posterior cricoarytenoid muscle with sympathetic preganglionic neurons. Ann Otol Rhinol Laryngol 99: 167-174, 1990.
- 23) Dubowitz V, Brooke MH eds. Normal muscle. In: Muscle biopsy: a modern approach. WB Saunders, Philadelphia, 1973, pp 71-72.
- 24) Hammersen F: A color atlas of cytology, histology and microscopic anatomy. Urban & Schwarzenberg Inc, Baltimore, 1980, p 68.
- 25) Stein JM, Padykula HA: Histochemical

- classification of individual skeletal muscle fibers of the rat. *Am J Anat* 110: 103-123, 1962.
- 26) Gollnick PD, Piehl K, Saltin B: Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibres after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates. *J Physiol* 241: 45-57, 1974.
 - 27) Essén B, Henriksson J: Glycogen content of individual muscle fibres in man. *Acta Physiol Scand* 90: 645-647, 1974.
 - 28) Piehl K: Time course for refilling of glycogen stores in human muscle fibres following exercise-induced glycogen depletion. *Acta Physiol Scand* 90: 297-302, 1974.
 - 29) Wyke BD, Kirchner JA: Neurology of the larynx, in Hinchcliffe R, Harrison D (ed) *Scientific foundations of otolaryngology*. William Heinemann Medical Books Ltd, London, 1976, pp 546-574.
 - 30) 笠 誠一: 内喉頭筋の酵素組織化学的研究. *耳鼻* 28: 394-402, 1982.
 - 31) Kirchner JA: Atrophy of laryngeal muscles in vagal paralysis. *Laryngoscope* 76: 1753-1765, 1966.
 - 32) Hiroto I, Hirano M, Tomita H: Electromyographic investigation of human vocal cord paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 77: 296-304, 1968.
 - 33) Freije J, Malmgren LT, Gacek RR: Motor end-plate distribution in the human interarytenoid muscle. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 113: 63-68, 1987.
 - 34) 甲藤洋一, 丘村 熙, 柳原尚明: ヒト内喉頭筋の神経終末の銀染色法による観察. *日気食会報* 38: 409-414, 1987.
 - 35) Brown MC, Holland RL, Hopkins WG: Motor nerve sprouting. *Ann Rev Neurosci* 4: 17-42, 1981.
-
- 稿を終えるに臨み、ご懇篤なるご指導、ご校閲を賜りました恩師柳原尚明教授、丘村 熙助教授ならびに愛媛大学医学部第2解剖学教室出崎順三講師に心より感謝申し上げます。本研究に際し、暖かいご指導、ご助言をいただいた清水大三郎文部技官、甲藤洋一先生、河村裕二先生ならびに第2解剖学教室、耳鼻咽喉科学教室の諸先生に感謝いたします。
- なお本論文の一部は第6回(1989年)世界気管食道科学会議、第2回(1990年)日本喉頭科学会総会、第42回(1990年)日本気管食道科学会総会にて発表した。
-
- (1990年12月6日受稿 1991年1月19日受理)
- 別刷請求先 〒791-02 愛媛県温泉郡重信町大字志津川
愛媛大学医学部耳鼻咽喉科学教室 相原隆一