Osaka University Knowledge Archive

Title	ラット舌咽神経の感覚性応答とそれに対する口蓋帆挙筋の反応
Author(s)	古澤, 清文
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3085285
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

ラット舌咽神経の感覚性応答と
それに対する口蓋帆挙筋の反応

指導教官：大阪大学歯学部
口腔外科学第1講座
松矢篤三教授

松本歯科大学口腔外科学第2講座
（主任：山岡　稔）

古澤清文

The role of sensory components of the glossopharyngeal nerve for levator veli palatini muscle in the rat

Kiyofumi Furusawa

Oral and Maxillofacial Surgery Department II
Matsumoto Dental College
Shiojiri, Nagano 399-07, Japan

Key words : glossopharyngeal nerve, respiration, air flow receptor, levator veli palatini muscle, muscle spindle

First, this study was attempted to investigate the motor supply of the levator veli palatini muscle. This muscle was innervated by branch of the glossopharyngeal nerve (LVP branch). Cut of the LVP branch arose cease of the rhythmic spontaneous movements of the levator veli palatini muscle. The spontaneous discharges recorded from the LVP branch were synchronized with discharges of the phrenic nerve that occurred at inspiratory phase. These findings indicated that

an origin of motor supply of the levator veli palatini muscle is the glossopharyngeal nerve, and that this muscle is related to the function of respiratory system, especially to that of inspiration .

Second, the study yielded quantitative data on the effects of various stimuli applied to the mucous membrane of nasopharynx, palate and tongue, and muscle on discharge patterns from afferent branches of the glossopharyngeal nerve. Evoked discharges were recorded from branches of r.sinus carotici, r.pharyngeus, r.lingualis, and LVP branch following the stimulus described below. Each branch of r.sinus carotici, r.pharyngeus, r.lingualis, and LVP branch responds to stimulus of oxygen, air flow, tactile, and stretch of muscle, respectively. This study demonstrated the existence of muscle spindles in the levator veli palatini muscle, and that afferent impules from the chemoreceptors in the carotid sinus, air flow receptors in pharynx, mechanoreceptors in soft palate modulate the movements of the levator veli palatini muscle. These findings indicate that the levator veli palatini muscle is mainly responsible for respiratory function.

緒言

口蓋帆挙筋は軟口蓋挙上運動の主体をなし、鼻咽腔の動態変化に深くかかわるため、同領域周辺の知覚をつかさどる舌咽神経の感覚性応答により様々な影響を受けることが推察される。しかしながら、舌咽神経は解剖学的に走行が複雑な上、各分枝の生理学的な機能も明確とは言えない。一方、口蓋帆挙筋については、従来より、その behavior をとらえた研究[1,2]や筋電図学的研究[3,-5]は認められるものの末梢の神経放電を指標にして、運動神経支配ならびに感覚性応答を明かにした研究はなされていない。

そこで本研究ではラットを用いて、まず口蓋帆挙筋の運動神経支配とその神経放電の発火様式を明らかにした上で舌咽神経の各分枝からの感覚性応答を調べ、それらが口蓋帆挙筋の活動にどのような影響をあたえるかを検討した。

実験方法

実験には生後8～10週のWistar系ラット（200～250g）を用いた。麻酔はチオペンタール（ラボナール®）0.1-0.15mg/gを腹腔内注射にて行い、実験中は経皮酸素／炭酸ガス分圧モニター（OKV-7301、日本光電）にて経皮酸素分圧を45-55mmHg，炭酸ガス分圧を50-53mmHgに保った。すべての個体において気管切開は行なわず、ラットを保温パッド（Deltaphase isothermal pad®,BRAINTREE SCIENTIFIC, INC）上に仰臥位に固定し、直腸温度を36-38℃、室内空気は22-25℃に保った。神経および筋肉の露出は手術用顕微鏡（OMS-70,TOPCON）下で可及的に無傷で行なった。なお、ラット舌咽神経と口蓋帆挙筋の解剖学的位置関係は以下のごとくである。

オトガイ下部より下顎骨下縁内側、鎖骨上に至る皮膚切開を加え、内側翼突筋、胸骨舌骨筋、胸鎖乳突筋を明示し、顎二腹筋後腹および茎突舌骨筋を鼓室胞付近で切断し前方へ翻転

する。舌咽神経は頸静脈孔を出た後、頸動脈洞枝を分枝し、鼓室胞付近で口蓋帆挙筋と舌下神経の間を下行し、咽頭枝を分枝する。この咽頭枝は、口蓋帆挙筋に沿って進み、迷走神経咽頭枝と神経叢を形成する。一方、舌咽神経の本幹は、口蓋帆挙筋に分枝（以後口蓋帆挙筋枝と称す。）を与えた後、口蓋帆挙筋の正中側1/3付近を穿通し、一部は軟口蓋に分布し、最終枝である舌枝へと移行する（図1,2）。 図1.2

I　口蓋帆挙筋の運動神経支配について

ラットでは口蓋帆挙筋の収縮運動と思われる軟口蓋の運動が安静時にも肉眼的に常に観察される。この筋運動の支配神経を同定するために迷走神経の咽頭枝および舌咽神経の口蓋帆挙筋枝を単独に切断して運動様相の変化を観察した。なお両者は比較的容易に分離識別が可能であった。次にこの運動神経放電を解析するために口蓋帆挙筋枝を口蓋帆挙筋へ分布する直前（図3,R）で切断し、その中枢切 図3

断端からの遠心性神経放電（図3,M）を記録した。記録電極は絶縁被覆したタングステン微小電極（Tungsten Electrodes Blunt®, FHC）の先端をフック状に加工したものを単極（直径：100μm, 先端露出部1～5μm, 抵抗値＞2MΩ）として用いた（以後タングステンフック電極と称す）。導出した神経放電はプレアンプ（OP-900, META PRODUCT）にて増幅した後、オシロスコープ（VC-10, 日本光電）上で観察するとともにデータレコーダー（MR-30, TEAC）に記録した。

I-1 口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電と口蓋帆挙筋の筋電図との関係

Wistar系ラット3匹を用いた。口蓋帆挙筋の筋電位を導出するために絶縁被覆したタングステン微小電極を単極電極（直径：100μm、先端露出：1～5μm、抵抗値＞2MΩ）として顎下部より経皮的に神経放電記録側と反対側の口蓋帆挙筋に挿入した（図3,EMG）。筋

電位はプレアンプ（OP-900, META PRODUCT）にて増幅後、口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電と同時に記録した。

I-2　口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電の発火様式について

Wistar系ラット3匹を用いた。呼吸筋である横隔膜を支配する横隔神経を鎖骨レベルで分離切断し、その中枢切断端（図3, AP）からの遠心性神経放電を、口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電と同時に記録した。さらに、円形の鼻マスク（容積2 ml）をラットの左右の鼻孔を完全に覆うように顔面に密着させ、鼻マスクに接続したチューブ（直径4 mm）を気流抵抗管（TV241T, 日本光電）に接続し自然呼吸をさせた（図3, NAF）。気流速度は差圧トランスデューサー（TP-602T, 日本光電）および呼吸用カプラ（AD-601G, 日本光電）により、口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電と同時に記録した。

II 舌咽神経の感覚性応答について

II-1 頸動脈洞枝（図 2, IX_s）

Wistar 系ラット 5 匹を用いた。頸動脈洞枝を舌咽神経本幹より分離切断した後、その末梢切断端から求心性神経放電を記録した（図 4,R）。円形の鼻マスク（容積 2 ml）をラットの左右の鼻孔を完全に覆うように顔面に密着させ、鼻マスクに接続したチューブ（直経 4 mm）を介して容量 30 l の 95% 酸素バックに連結した。これにより自然呼吸を妨げない 95% 酸素（図 4, ↓O_2）に対する頸動脈洞枝からの感覚性応答を調べた（図 4,A）。なお、酸素バックとチューブの連結には 3 方活栓を用い、瞬時に室内空気との切り換えを可能とした。 図4

III-2 咽頭枝（図 2, IX_p）

Wistar 系ラット 5 匹を用いた。咽頭枝を分離切断の後、その末梢切断端をタングステンフック電極にかけ求心性神経放電を記録した（

図5,R）。自然呼吸時（図5,↕RA）の感覚性応答（図5,B）を記録後、刺激因子としては、鼻マスク（容積2ml）に接続したチューブ（直経4mm）を気流抵抗管を介して加圧バッグに接続し加圧室内空気（気流速：10ml/s）を断続的に吸入させた（図5,↓10ml/s）。気流速度は差圧トランスデューサおよび呼吸用カプラにより求心性神経放電と同時に記録した。また口マスク（容積4ml）を用いて口腔内へ加圧室内空気を断続的に送り感覚性応答の有無を調べた。 図5

II-3　舌枝（図2,IX_1）

Wistar系ラット5匹を用いた。舌枝を口蓋帆挙筋への穿通部直前で分離切断後、その末梢切断端からタングステンフック電極を用いて求心性神経放電を導出した（図6,R）。刺激因子は、先端が鈍のガラスプローブ（直径300μm）を用い口腔内より同側の軟口蓋および舌根への接触刺激とした（図6,Probe）。なお、刺 図6

激は刺激持続時間約100msec，刺激間隔約500msecで行った

II-4 口蓋帆挙筋枝

Wistar系ラット15匹を用いた。口蓋帆挙筋枝単独の感覚性応答を調べるために頸動脈洞枝および咽頭枝を舌咽神経の本幹との分枝部で切断し、舌枝は口蓋帆挙筋筋腹を貫通後のレベルで切断した（図7,S_1 ～ S_3）。次に舌咽神経本幹を鼓室胞付近で切断し、その末梢切断端をタングステンフック電極にかけ、口蓋帆挙筋の筋長を変化させることによる求心性神経放電の変化を観察した（図7,R）。口蓋帆挙筋の牽引は、鼓室胞内側に付着する口蓋帆挙筋の腱組織に手術用ナイロン糸（100 μm）をかけて行った（図7,Stretch）。牽引力はナイロン糸を介してFDピックアップ（TB-611T、日本光電）に接続し、ひずみ圧力用アンプ（AP-621G，日本光電）にて増幅後、求心性神経放電と同時に記録した。さらに組織学的に口蓋

図7

帆挙筋の筋伸展受容器の有無を検討するために口蓋帆挙筋を鼓室胞内側の起始部より軟口蓋停止部にいたるまでできるだけ無傷で切離した。検体は、2.5%グルタールアルデヒドで固定、低温重合樹脂（Technobit® 7100, Kulzer）にて包埋し、4μmの連続切片を作成した後トルイジンブルーにて染色し鏡検した（検体数：10）。

III. 舌咽神経の感覚性応答が口蓋帆挙筋に与える影響

III-1 ～ III-4 の実験に Wistar 系ラット各5匹を用いた。口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電の発火様式に対する、各種の刺激因子（95%酸素呼吸、負荷呼吸、軟口蓋への触刺激、口蓋帆挙筋の筋長の変化）による影響を検討した。遠心性神経放電の導出は、右側の口蓋帆挙筋枝が口蓋帆挙筋に分布する直前（図3,R）で行なった。なお神経放電の解析は、群発性放電における放電数、放電時間、放電間隔について行い

（図 12,A）、放電数の算定には必要に応じてスパイクカウンター（SP-1000, META PRODUCT）を使用した。

III-1 95% 酸素呼吸の影響

両側の頸動脈洞枝を保存したまま、II-1 で使用した実験装置を用いて 95% 酸素呼吸が口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電にいかなる影響を与えるかを調べた。95% 酸素呼吸は記録開始から 20-40 回目の呼吸の間に行った。次に同一個体で両側の頸動脈洞枝を切断した後、同様の実験を行なった。

III-2 負荷呼吸の影響

II-2 で使用した鼻マスクおよび加圧装置を用い、ラットの吸息相に一致させて加圧空気（最大気流速度：20ml/s）を吸入させ、口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電と鼻孔部での気流速度とを同時に記録した。

III-3　軟口蓋への触刺激の影響

II-3で用いたガラスプローベを用いて、左側の軟口蓋へ触刺激を行い、この際の右側口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電を記録した。

III-4　口蓋帆挙筋の筋長の変化による影響

左側の口蓋帆挙筋をII-4の方法によりナイロン糸にて牽引した（最大張力：1g）。この際の右側口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電と張力曲線とを同時に記録した。

実験結果

I　口蓋帆挙筋の運動神経支配と口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電の発火様式について

安静時に観察された筋運動は迷走神経の咽頭枝を切断してもなんら変化せず、舌咽神経の口蓋帆挙筋枝を単独に切断することにより停止した。さらに口蓋帆挙筋枝の遠心性神経

放電は、反対側の口蓋帆挙筋の筋放電、同側の横隔神経の遠心性神経放電および吸息相と同期していた（図８）。 図8

II 舌咽神経の感覚性応答について

II-1 頸動脈洞枝

室内空気での呼吸で頸動脈洞枝から持続性の求心性神経放電を認め、95%酸素呼吸を開始するとその放電数の減少が観察された。さらに室内空気での呼吸に切り換えると直ちに放電数は増加した（図９,A）。 図9

II-2 咽頭枝

自然呼吸に同期して弱い神経放電を認めた（図９,B-a）。次に鼻孔より加圧空気を断続的に吸入させることにより気流速度曲線と同期した求心性神経放電が惹起された（図９, B-b）。一方、図９, B-a で認められた自然呼吸に同期した神経放電の消失が観察された。なお口

マスクよりの加圧空気では、同枝からの感覚性応答は認められなかった。

II-3　舌枝

軟口蓋および舌根への触刺激により感覚性応答が得られた（図9,C）。なお感覚受容領域は同側の軟口蓋ならびに舌根で正中を越えることはなかった。また触刺激により嚥下運動は惹起されなかった。

II-4　口蓋帆挙筋枝

口蓋帆挙筋の牽引（最大張力：1.0g）と同期して筋伸展受容器からの感覚性応答が認められた（図9,D）。この応答は口蓋帆挙筋へ牽引力を加えるとほぼ同時に応答し、牽引力の増加とともに放電数も増加した。さらに、組織学的に筋伸展受容器が存在することを確認した。図10,11に示すように筋紡錘は口蓋帆挙筋の正中側ほぼ1/3の鼻腔側に位置し、その数は各個体に1～2個存在した。最大直径は約50 図10.1

μm, 連続切片数より算出した筋紡錘の長径は約 180 μm であった。

III 舌咽神経の感覚性応答が口蓋帆挙筋に与える影響

III 1 ～ III 4 までの実験結果の代表例を図 12 ～図 15 に示した。

III-1 95% 酸素呼吸の影響

95% 酸素呼吸を開始させると直ちに口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電数の減少と放電間隔の延長が惹起された（図 12,A）。また室内空気呼吸にもどすと、放電数に一過性の増加が認められた（図 12,B）。

同一個体での両側頸動脈洞枝切断後の実験では、室内空気呼吸で頸動脈洞枝切断前に比べ放電間隔の延長がみられた（図 12,C）。また、95% 酸素呼吸を開始しても著明な放電数の減少は観察されず、緩徐な放電数の増加と、放電時間および放電間隔の延長が認められた。

さらに室内空気呼吸にもどした後、95%酸素呼吸開始前の遠心性放電の発火様式に回復するまでに時間を要した（図12,C）。

III-2　負荷呼吸の影響

鼻孔より吸息相に一致させた加圧空気（最大気流速度：20ml/s）を吸入させると口蓋帆挙筋枝の遠心性神経の放電数の減少と、放電時間および放電間隔の短縮が認められた（図13）。 図13

III-3　軟口蓋への触刺激による影響

触刺激開始直後より口蓋帆挙筋枝の遠心性神経の放電数の増加と、放電時間および放電間隔の延長が認められた（図14）。 図14

III-4　口蓋帆挙筋の筋長の変化による影響

口蓋帆挙筋に牽引力を加えると口蓋帆挙筋枝の遠心性神経の放電数の減少を認めたが放電時間および放電間隔に著明な変化は認めな

かった（図15）。

図15

考察

1　口蓋帆挙筋の運動神経支配について

発生学的ならびに生理学的な検討から口蓋帆挙筋は、舌咽神経咽頭枝および迷走神経咽頭枝より形成される咽頭神経叢、あるいは顔面神経により支配されている[3,6,7,8]とされているがその詳細は不明である。この理由として解剖学的に口蓋帆挙筋が頭蓋底直下に位置し、さらには内頸静脈や迷走神経咽頭枝と舌咽神経咽頭枝からなる神経叢と近接していることから、その神経支配を直接確認することは困難であることが挙げられる。このため、van-Loveren[9]らはネコを用い口腔内より口蓋帆挙筋を直視下で露出した後、同筋にHRPを注入することにより、口蓋帆挙筋が迷走神経あるいは舌咽神経支配であることを示唆した。本

研究においては、ラットの口蓋帆挙筋が安静時においても収縮運動していることから手術用顕微鏡を用いて迷走神経の咽頭枝、舌咽神経の口蓋帆挙筋枝を単独に切断した。その結果、舌咽神経の口蓋帆挙筋枝を単独に切断することによってのみ口蓋帆挙筋の運動は停止した。さらに口蓋帆挙筋の筋電位と口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電が同期していることを確認した。これにより安静時における口蓋帆挙筋活動の運動神経支配は舌咽神経によるものであることが明らかとなった。次に、この口蓋帆挙筋の収縮運動の様相を解析するために口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電と呼吸筋である横隔膜を支配する横隔神経の遠心性神経放電ならびに鼻孔部での気流とを同時に記録した。その結果、口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電は、横隔神経の遠心性神経放電および吸息相と同期していた。このことからラットの口蓋帆挙筋は呼吸筋と考えられ、特に吸息活動を営むことが明らかになった。

2　舌咽神経の各分枝からの感覚性応答とそれらに対する口蓋帆挙筋の反応

舌咽神経は頸動脈洞枝、咽頭枝、舌枝、扁桃枝および茎突咽頭筋を支配する分枝を持つとされる[10,11]。舌咽神経は延髄から頸静脈孔を出た後、内頸動脈、交感神経、舌下神経、迷走神経、顔面神経などが複雑に走行する頭蓋底直下を交感神経の分枝や迷走神経咽頭枝と神経叢を作りながら下走し、その最終枝である舌枝になる。この解剖学的な理由により舌咽神経の各分枝を無傷で剖出することは困難が伴い、従って舌咽神経の各分枝の機能を統合的に明かにした研究は皆無である。そこで、舌咽神経の各分枝から求心性入力すなわち感覚性応答を明確にした上で各分枝からの感覚性応答が口蓋帆挙筋の活動にどのような影響を与えるかを、口蓋帆挙筋の遠心性神経放電の発火様式から検討した。

1) 頸動脈洞枝

呼吸中枢に影響を及ぼす化学因子としては $PaCO_2$, PaO_2 がよく知られている。その末梢の化学受容器は頸動脈小体にあり主に動脈血の PaO_2 の変化により刺激される[12]。Biscoe[13] は末梢の化学受容器からの求心性神経放電を頸動脈洞枝からとらえ吸息時にその神経放電が増加することを示した。本実験は経皮酸素分圧 45-55mHg、経皮炭酸ガス分圧 50-53mHg のレベルで行なった。この値は動脈血液中のガス分圧とほぼ同値であった。無麻酔下の Wistar 系ラットの PaO_2 は 90-105mHg、$PaCO_2$ は 30-40mHg である[14] ことから実験結果 II-1 で観察された 95% 酸素呼吸以前に観察された頸動脈洞枝の求心性神経放電は PaO_2 の低下に起因していることが考えられる。また、95% 酸素呼吸開始直後より著明な求心性神経放電の減少が認められることから呼吸中枢に関与する末梢の化学受容器の鋭敏な

反応機構の存在がうかがえる。次にこの頸動脈洞枝からの求心性入力が口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に与える影響を調べた。実験結果 IV-1（図 12,B）で示したごとく放電数では減少し、放電間隔は著明に延長した。さらに 95% 酸素呼吸を停止した後、一過性の rebound 現象をみとめた。これは口蓋帆挙筋が低酸素下での呼吸動態に呼応して活動していることを示している。

頸動脈小体の化学受容器からの求心性神経を切断すると PaO_2 低下の影響は消失する[12]。本研究でも両側の頸動脈洞枝切断により放電間隔の延長が観察されチオペンタール麻酔下での PaO_2 低下の影響が消失していた。さらに 95% 酸素呼吸を行なっても遠心性神経放電に鋭敏な反応は観察されず、緩徐な放電数の増加が認められた。これは $PaCO_2$ の変化が直接呼吸中枢に作用した結果であると推測される。これらの結果から、頸動脈洞枝は PaO_2 に反応する末梢性化学受容器からの情報を伝達し、その

応答は口蓋帆挙筋の遠心性神経放電に影響を与える事が示された。

２）咽頭枝

本研究において舌咽神経咽頭枝から自然呼吸に一致した感覚性応答を認めた。この反応は、鼻孔より室内空気を負荷することにより賦活された。これはラットの舌咽神経咽頭枝の支配領域すなわち軟口蓋の鼻腔側粘膜あるいは咽頭粘膜に吸息相に応答する air flow receptor が存在することを意味する。これと同様の所見を Grélot ら[15]は除脳ネコを用いた実験で示している。Tubone[16]は、ラットを用いた実験で吸息相に一致した感覚性応答を眼神経の分枝である前篩骨神経から導出し同神経支配領域の air flow receptor の存在を証明した。また、イヌの上喉頭神経内枝の支配領域にも air flow receptor の存在が認められている[17]。これらのことから鼻孔部からの吸気に対する感覚

性応答は三叉神経、舌咽神経、迷走神経の順に惹起されていることが示唆される。

次に吸息相での負荷呼吸が口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に与える影響を検討した。イヌの舌咽神経咽頭枝への電気刺激によって口蓋帆挙筋に反射性筋活動が誘発される[4,18]ことから舌咽神経咽頭枝の求心性神経放電が口蓋帆挙筋運動に影響を与えることは推測されていた。

本研究では迷走神経反射による呼吸への影響を避けるため気管切開は行なわなかった。そのため負荷呼吸時の口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電には種々の求心性入力が反映する恐れがある。air flow receptor からの求心性入力以外で最も口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に影響を与えると思われる要因は肺伸展受容器[19]からの迷走神経の求心性入力である。一般に吸息性ニューロンは "off-switch" の性格を持ち[20,21]吸息相は迷走神経求心性入力に対して高閾値の "all or none off-switch" 機構によって抑制さ

れている[22]。本研究においても吸息相での負荷気流速を30ml/s以上にすると口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電は消失し、呼吸停止が惹起された。このため本研究では肺伸展受容器からの迷走神経求心性入力の影響を少なくするため負荷気流速度を最大20ml/sとした。なお、吸気流量の増加による経皮ガス分圧の変化は認めなかった。これらのことから図13に示した口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電の変化は、ほぼ上気道粘膜に存在するair flow receptorからの感覚性応答を反映していると考える。吸息相における室内空気負荷により放電数の減少と放電時間および放電間隔の短縮が認められた。放電数の減少と放電時間の短縮は1回の吸気量の増加を反映しているものと推測されるが放電間隔の短縮、すなわち呼吸数の増加現象については前述した肺伸展受容器以外からの感覚性応答の影響も考えられる。この現象が何を意味するかは今後の研究が必要である。いずれにしても上気道粘膜に存在するair

flow receptor からの求心性応答が呼吸中枢を介して口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に影響を与えることが考えられる。

３）舌枝

舌咽神経舌枝の感覚性神経線維が舌後方1/3と軟口蓋部の粘膜に分布し、主に味覚に関与することは広く知られている。このことから同部に圧受容器が存在してもなんら不思議はない。しかしながら舌枝からの求心性入力が口蓋帆挙筋活動に関与しているか否かの検討は、全くなされていない。そこで本研究では軟口蓋の圧受容器からの求心性入力が吸息筋であるラットの口蓋帆挙筋にどのような影響を与えるかを検討した。実験結果III-２に示したごとく軟口蓋粘膜への触刺激により放電数の増加、放電時間および放電間隔の延長が観察された。この呼吸はいわゆる”深呼吸”の状態である。ラットの呼吸は鼻呼吸であること

から口腔内より軟口蓋へ行なった刺激操作が物理的に吸気を障害していることは考えられない。すなわち、この”深呼吸”は軟口蓋に存在する圧受容器からの求心性入力による口蓋帆挙筋への影響を示したものと言える。嚥下運動時、呼吸は抑制され食塊が気道内に誤嚥されるのを防ぐことはよく知られている。ラットはその解剖学的特徴（図1）から呼吸時に喉頭はあたかも長い軟口蓋に隠れるように位置して呼吸器系通路を確保している。一方、嚥下時の咽頭口部前方の閉鎖は舌根部が軟口蓋と接触することにより行なわれ、喉頭閉鎖により呼吸器系通路と消化器系通路との切り換えが行なわれている。このことから呼吸と嚥下は中枢で統合された緊密に連携した交代性を有していることが想像される。今回、舌咽神経舌枝支配領域への触刺激によって嚥下運動は全く惹起されなかったが、Ciampini[23]らはヒツジを用いた研究で舌咽神経への電気刺激が上喉頭神経内枝への電気刺激により誘発さ

れる嚥下の始動を容易にすることを明らかにしている。これらのことから本研究で認められたいわゆる”深呼吸”は、呼吸器系通路と消化器系通路を切り換えるにあたり、呼吸から嚥下に移行する準備段階として軟口蓋からの感覚性応答が吸息相の変化を惹起したものと考えられる。

4）口蓋帆挙筋枝

本研究において口蓋帆挙筋枝を介しての筋伸展受容器から感覚性応答が認められた。しかしながら、この感覚性応答が筋紡錘からのものかあるいはGolgi腱紡錘など他の深部感覚受容器からのものか電気生理学的に確定できなかった。そこで口蓋帆挙筋を鼓室胞起始部から軟口蓋停止部に至るまで切離し組織学的に検討を加えた。検体は4μmの連続切断として鏡検した。その結果、採取したすべての口蓋帆挙筋に1ないし2個の筋紡錘が認められ、

その位置は正中側1/3の鼻腔側で口蓋帆挙筋枝に近接していた。このことから本実験で導出された感覚性応答は筋紡錘からの反応であることが示唆される。

口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に対して、口蓋帆挙筋の筋長の変化が与える影響は、放電数に対してだけであった。この事実と組織学的に口蓋帆挙筋に筋紡錘の数が少ないことを考えあわせると口蓋帆挙筋の筋伸展受容器からの求心性入力は、同じように吸息活動を営む外肋間筋の筋伸展受容器からの求心性入力のように直接延髄の吸息性ニューロンに影響を及ぼす[24,25]ことはないことを示唆している。すなわち、ラットの口蓋帆挙筋の筋伸展受容器は呼吸の反射性調節機能[26]としての役割よりもいわゆる錘外筋の長さ調節機構に関与していると考えられる。

総括

口蓋帆挙筋の運動神経支配と、舌咽神経の感覚性応答が口蓋帆挙筋の活動に与える影響を明らかにする目的で、ラットを用い舌咽神経の4本の分枝の機能について検討を加えた。その結果以下のことが明らかになった。

1 舌咽神経の分枝（口蓋帆挙筋枝）は口蓋帆挙筋を支配し、その遠心性神経放電は吸息相に同期していた。

2 末梢の呼吸化学受容器からの感覚性応答が頸動脈洞枝を介して導出され、その求心性神経放電の変化は口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に影響を与えた。

3 舌咽神経咽頭枝を介して軟口蓋の鼻腔側粘膜あるいは咽頭粘膜の air flow receptor からの感覚性応答が導出された。その求心性入力は口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に影響を与えた。

4 舌根および軟口蓋には圧受容器が存在し軟口蓋の圧受容器からの感覚性応答により呼吸は、いわゆる”深呼吸”の状態になった。

5 舌咽神経の口蓋帆挙筋枝を介して口蓋帆挙筋の筋伸展受容器からの感覚性応答が導出されたが、その求心性入力は呼吸リズムに影響を与えなかった。また組織学研究により同筋に筋紡錘を認めた。

謝辞

稿を終えるにあたり、本研究課題を与えられ、かつ御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました大阪大学歯学部口腔外科学第1講座松矢篤三教授、ならびに松本歯科大学口腔外科学第2講座山岡　稔教授に深謝の意を表します。

また、本研究を遂行するに際し、数々の御援助と御助言をいただきました松本歯科大学口腔生理学教室熊井敏文講師に深謝します。

さらに、細部にわたり終始かわらず御指導と御教示下さいました大阪大学歯学部口腔外科学第1講座古郷幹彦博士に心から感謝いた

します。

研究の円滑な進展のため特別の御配慮をいただきました大阪大学歯学部口腔外科学第1講座および松本歯科大学口腔外科学第2講座の教室員の方々に心から御礼を申し上げます。

文 献

1) Yamaoka, M., Matsuya, T., Miyazaki, T., Nishio, J. and Ibuki, K. (1983) : Visual training for velopharyngeal closure in cleft palate petients : a fibrescopic procedure (preliminary report). J. Max.-Fac. Surg., 11, 191-194.

2) Matsuya.T., Yamaoka, M., and Miyazaki, T.(1979) : A fiberscopic study of velopharyngeal closure in patients with operated cleft palates. Plast. Reconstr.Surg., 63, 497-500.

3) Nishio, J., Matsuya, T., Machida, J. and Miyazaki, T. (1976) : The motor nerve supply of the velopharyngeal muscles. Cleft Palate J., 13, 20-30.

4) 古澤清文, 古郷幹彦, 西尾順太郎, 浜村康司, 伊吹薫, 井上一男, 松矢篤三, 山岡　稔, 宮崎　正 (1985) : 口蓋帆挙筋の反射性収縮の特性ー舌咽神経咽頭枝求心性神経電気刺激による口蓋帆挙筋反射ー. 日口蓋誌, 10, 52-58.

5) 古澤清文, 古郷幹彦, 西尾順太郎, 井上一男, 浜村康司, 山岡　稔, 松矢篤三, 宮崎　正 (1986)

：反射性嚥下動作時における口蓋帆挙筋の収縮様式の検討. 日口蓋誌, 11, 47-56.

6) Kent,G.C., Jr. (1969) : Comparative anatomy of the vertebrates. ed.2, C.V.Mosby, Saint Louis, 366-367.

7) Hebel, R. and Stromberg, M.W. (1976) : Anatomy of the laboratory rat. ed.1, Williams & Wilkins, Baltimore, 130.

8) Ibuki,K., Matsuya, T., Nishio, J., Hamamura, Y. and Miyazaki, T. (1978) : The course of facial nerve innervation of the levator veli palatini muscle. Cleft Plate J., 15, 209-214.

9) van-Loveren , H., Saunders, M.C. and Keller, J. T.(1983) : Localization of motoneurous innervating the levator veli palatini muscle in the cat. Brain Res. Bull., 11, 303-307.

10) Crouch,J.E., and Lackey, M.B. (1969) : Test-atlas of cat anatomy. ed. 1, Lea & Febriger, Philadilphia, 310-311.

11) Miller, M.E., Christensen, G.C. and Evans,H.E., (1964) : Anatomy of the dog. ed.1, W.B. Saunders, Philadelphia, 511-512.

12) Ganong, W.F.(1981) : Review of Medical Physiology. ed. 14, Appleton & Lange, East Norwalk, 572.

13) Biscoe, T.J. and Sampson, S.R. (1968) : Rhythmical and non-rhythmical spontaneous activity recoreded from the central cut end of the sinus nerve. J. Physiol., 196, 327-338.

14) Kaczmarczyk, G. and Reinhardt, H.W. (1975) : Arterial blood gas tensions and acid-base status of wister rats during thiopental and halothane anesthesia. Lab. Anim.Sci., 25, 184-190.

15) Grélot, L., Barillot, J. C. and Bianchi, A. L.(1989) : Pharyngeal motoneurones: respiratory-related activity and responses to laryngeal afferents in the decerebrate cat. Exp. Brain Res., 78, 336-344.

16) Tsubone, H. (1989) : Nasal 'flow' receptors of the rat. Respir. Physiol., 75, 51-64.

17) Sant'Ambrogio, G., Mathew,O.P., Fisher J.T.and Sant'Ambrogio, F.B.(1983) : Laryngeal receptors responding to transmural pressure, airflow and local muscle activity. Respir. Physiol., 54, 317-330.

18) Kogo, M., Nishio, J., Matsuya, T., Hamamura, Y. and Miyazaki, T.(1987) : Coordination of the levator veli palatini and

intrinsic laryngeal muscles : an evoked electromyograplic study. Cleft Palate J., 24, 119-125.

19) Pack, A.I. (1981) : Sensory inputs to the medulla. Ann. Rev. Physiol., 43, 73-90.

20)Cohen,M.I. (1979) : Neurogenesis of respiratory rhythm in the mammal. Physiol. Rev., 59, 1105-1173.

21)Mario, P.L., Davies, R.O. and Pack, A. I. (1981) : The responses of I β cells to increases in the rate of lung. Brain Res., 219, 289-305.

22)Euler, C. von (1977) : The functional organization of the respiratory phase-switching mechanism. Fed. Proc., 36, 2375-2380.

23)Ciampini, G. and Jean, A. (1980) : Rôle des afférences glossopharyngiennes et trigéminales dans le declenchement et le déroulement de la déglutition 1. Afférences glossopharyngiennes. J. Physiol., Paris, 76, 49-60.

24)Shannon, R.(1980) : Intercostal and abdominal muscle afferent influence on medullary dorsal respiratory group neurons. Respir. Physiol., 39, 73-94.

25)Remmers, J. E. and Marttila, I. (1975) : Action of intercostral

muscle afferents on the respiratory rhythm of anesthetized cats. Respir. physiol., 24, 31-41.

26)Euler, C. von (1974) : On the role of proprioceptors in perception and execution of motor acts with special reference to breathing. In :Loaded breathing. (Pengelly, L.D., Rebuck, A.S. and Campbell, E.J.M., editor). ed.1, C. Livingstone, Toronto, 139-149.

図の説明

図1. ラット舌咽神経と口蓋帆挙筋の解剖学的位置関係（X16）

IX　：　舌咽神経

IX_P ：咽頭枝

IX_l ：舌枝

X_P ：走神経咽頭枝

XII ：舌下神経

L　：口蓋帆挙筋

S　：軟口蓋

E　：喉頭蓋（呼吸時には軟口蓋に隠れるように位置する）

T　：　舌

Ty ：鼓室胞

H　：翼突鈎

図2. ラット舌咽神経と口蓋帆挙筋および周囲器管との解剖学的位置関係の模式図

IX：舌咽神経

IX_s ：頸動脈洞枝

IX_p ：咽頭枝

IX_l ：舌枝

X ：迷走神経

X_p ：咽頭枝

XI：副神経

XII：舌下神経

LVP：口蓋帆挙筋

Pa ：口蓋骨

Ty ：鼓室胞

Ca ：頸動脈管

Ju ：頸静脈孔

Hy ：舌下神経管

図３　実験Ｉ実験模式図

Br.LVP：口蓋帆挙筋枝

LVP ：口蓋帆挙筋

N.Ph ：横隔神経

R　：口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電
　　導出部位

M　：遠心性神経放電

EMG：口蓋帆挙筋の筋電位の採取部位

AP　：横隔神経の遠心性神経放電
　　導出部位

NAP：鼻孔部での呼吸気流

図 4　実験 II-1 実験模式図

R.sin：頸動脈洞枝

R　：頸動脈洞枝の求心性神経放電
　　導出部位

A　：頸動脈洞枝からの感覚性応答

O_2　：95% 酸素呼吸

図 5　実験 II-2 実験模式図

R.phary.：咽頭枝

R　：咽頭枝の求心性神経放電

導出部位

B　：咽頭枝からの感覚性応答

R.A.：室内空気

図 6　実験 II-3 実験模式図

R.ling.：舌枝

R　：舌枝の求心性神経放電

導出部位

C　：舌枝からの感覚性応答

Probe：ガラスプローブ（直径 300 μm）

図 7　実験 II-4 実験模式図

Br.LVP：口蓋帆挙筋枝

LVP　：口蓋帆挙筋

R　：口蓋帆挙筋枝の求心性神経放電

導出部位

D　：口蓋帆挙筋枝からの感覚性応答

S_1：頸動脈洞枝切断部位

S_2 ：咽頭枝切断部位

S_3 ：舌枝切断部位

Stretch ：口蓋帆挙筋の牽引部位と方向

図 8　口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電の様相

A: 口蓋帆挙筋の筋電位と口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電の同時記録

B: 口蓋帆挙筋枝および横隔神経の遠心性放電の同時記録

C: 口蓋帆挙筋枝の遠心性放電と鼻孔部での呼吸気流速度との同時記録

i: 吸息相

e: 呼息相

図 9　各分枝からの感覚性応答

A: 95% 酸素呼吸時の頸動脈洞枝からの感覚性応答　　ON-OFF:95% 酸素呼吸

B: 咽頭枝からの感覚性応答

a: 室内空気自然呼吸時の感覚性応答

b: 室内空気負荷による感覚性応答

上段は求心性神経放電、

下段は鼻孔部での気流速度。

C: 舌枝からの感覚性応答

palatum molle: 軟口蓋への触刺激による感覚性応答

dorsum linuae: 舌根への触刺激による感覚性応答

それぞれ上段は求心性神経放電、下段の破線は触刺激時間を示す。

D: 口蓋帆挙筋枝からの感覚性応答

上段は求心性神経放電、下段は張力の変化を示す。

図 10　舌咽神経の各分枝と口蓋帆挙筋の筋紡錘の位置関係

A: 舌咽神経の各分枝と口蓋帆挙筋の筋紡錘の位置関係の模式図

Ty: 鼓室胞

IX: 舌咽神経

R. pharyngeus: 咽頭枝

LVP branch: 口蓋帆挙筋枝

R.lingualis: 舌枝

soft palate: 軟口蓋

LVP: 口蓋帆挙筋

muscle spindle: 筋紡錘

a-d: 図 11,a-d の各組織標本の切断面

B: 口蓋帆挙筋の筋紡錘（トレイジンブルー染色,x800 ）

層板状の被覆の内に錘内筋線維が認められる。M.S.：筋紡錘

図 11 連続組織切片による舌咽神経の各分枝と口蓋帆挙筋および口蓋帆挙筋の筋紡錘の位置関係（トレイジンブルー染色,x100 ）

R. lingualis：舌枝

R. pharyngeus: 咽頭枝

LVP branch: 口蓋帆挙筋枝

MS: 筋紡錘,

d の▼は口蓋の唾液腺組織,

実線は 100 μm を示す。

図 12　95% 酸素呼吸が口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に与える影響

A: 室内空気呼吸時の遠心性神経放電と95% 酸素呼吸時の遠心性神経放電

R.A: 室内空気呼吸時の神経放電

O_2: 95% 酸素呼吸時の神経放電

B: 95% 酸素呼吸による放電数、放電時間および放電間隔の変化（頸動脈洞枝は保存してある）

SPN: 放電数

DUR: 放電時間

INT: 放電間隔

RN: 呼吸回数

RA: 室内空気呼吸

95%O_2: 95% 酸素呼吸

なお、放電数、放電時間、放電間隔は10回目ごとの平均値±標準偏差値とした。

C: 両側頸動脈洞枝を切断した状態での95%酸素呼吸が口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に与える影響（Bと同一個体）

図13 吸息相に一致させた加圧室内空気が口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に与える影響

A: 負荷呼吸時の口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電と鼻孔部での気流速度の同時記録。上段は神経放電、下段は気流速度曲線を示す。

i: 吸息相

e: 呼息相

B: 負荷呼吸時の放電数、放電時間および放電間隔の変化

ON-OFF: 負荷呼吸

SPN: 放電数

DUR: 放電時間

INT: 放電間隔

RN: 呼吸回数

図 14　軟口蓋への触刺激が口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に与える影響

A: 軟口蓋触刺激時の神経放電

ON-OFF: 触刺激

B: 触刺激時の放電数、放電時間および放電間隔へ変化

ON-OFF: 触刺激

SPN: 放電数

DUR: 放電時間

INT: 放電間隔

RN: 呼吸回数

図 15 口蓋帆挙筋の筋長の変化が口蓋帆挙筋枝の遠心性神経放電に与える影響

A: 口蓋帆挙筋を牽引時の神経放電と張力の同時記録

上段は遠心性神経放電、下段は張力曲線を示す。

B: 筋長の変化による放電数、放電時間および放電間隔の変化

SPN: 放電数

DUR: 放電時間

INT: 放電間隔

RN: 呼吸回数

T: 張力の変化

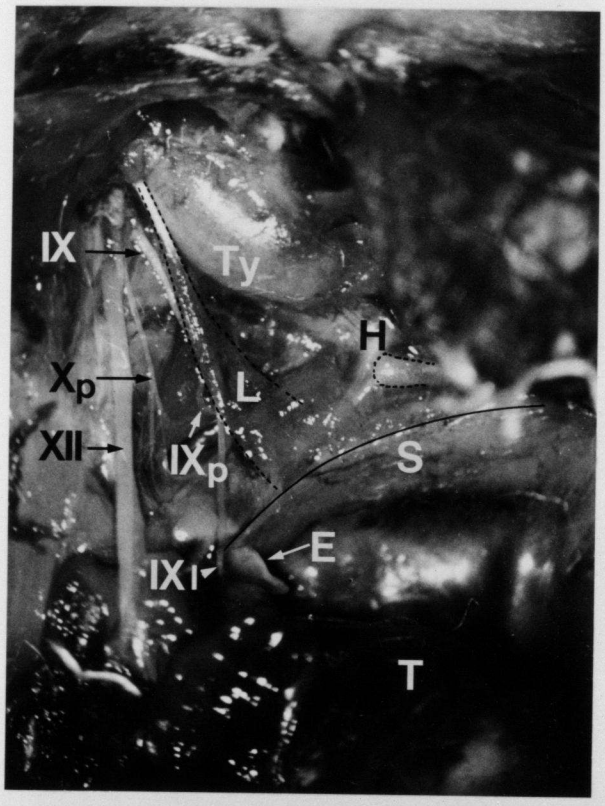


図 1

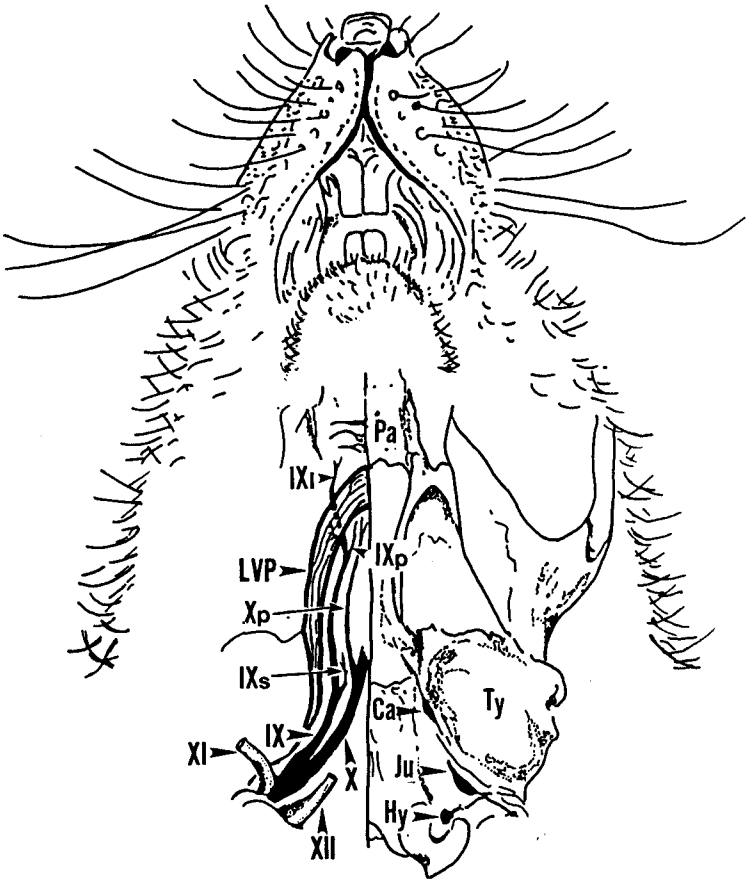


図 2

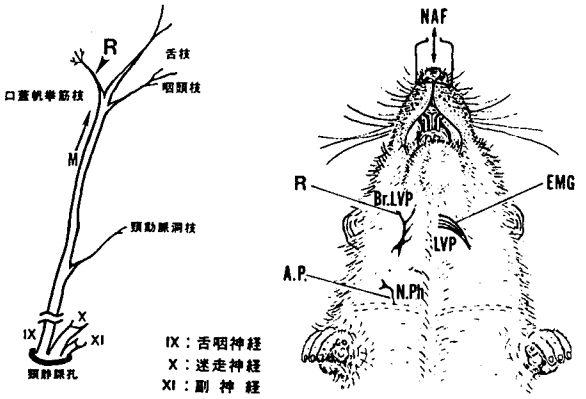

R
舌枝
咽頭枝
口蓋帆挙筋枝
M
頸動脈洞枝
IX
X
XI
頸静脈孔
IX：舌咽神経
X：迷走神経
XI：副神経
NAF
R
Br.LVP
EMG
LVP
A.P.
N.Ph

図 3

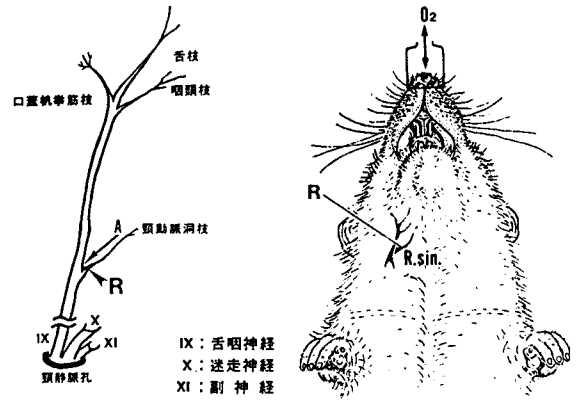

舌枝
咽頭枝
口蓋帆挙筋枝
A
頸動脈洞枝
R
IX
X
XI
頸静脈孔
IX：舌咽神経
X：迷走神経
XI：副 神 経
O2
R
R.sin.

図 4

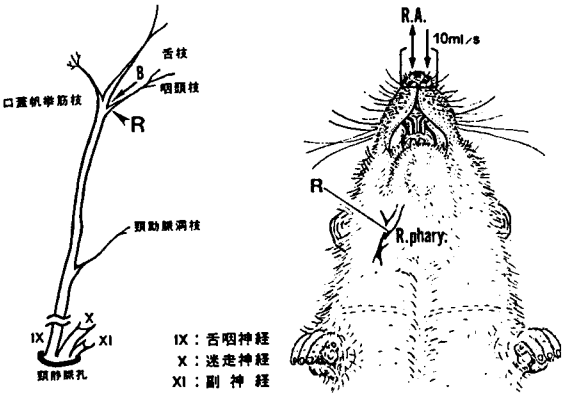

舌枝
B
咽頭枝
口蓋帆挙筋枝
R
頸動脈洞枝
IX
X
XI
頸静脈孔
IX：舌咽神経
X：迷走神経
XI：副 神 経
R.A.
10ml/s
R
R.phary.

図 5

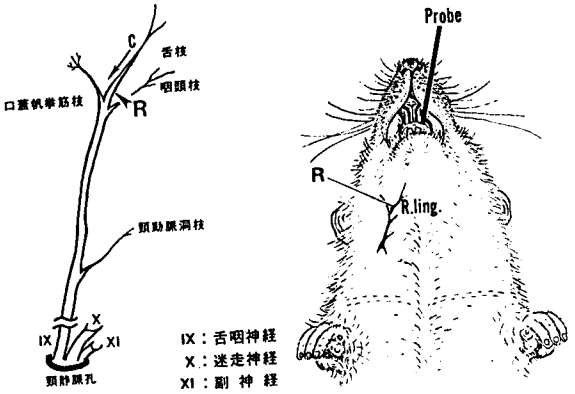

C
舌枝
咽頭枝
口蓋帆挙筋枝
R
頸動脈洞枝
IX
X
XI
頸静脈孔
IX：舌咽神経
X：迷走神経
XI：副 神 経
Probe
R
R.ling.

図 6

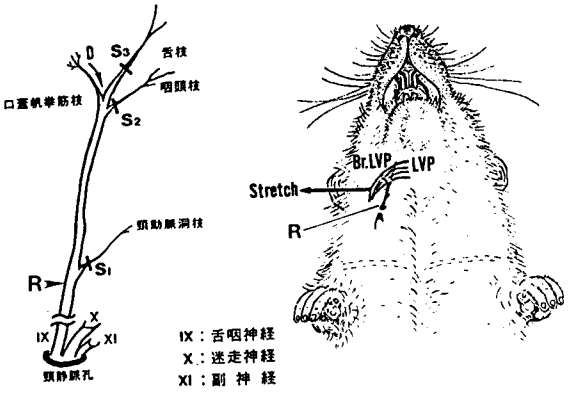

D
S3
舌枝
咽頭枝
口蓋帆挙筋枝
S2
頸動脈洞枝
S1
R
IX
X
XI
頸静脈孔
IX：舌咽神経
X：迷走神経
XI：副 神 経
Br.LVP
LVP
Stretch
R

図 7

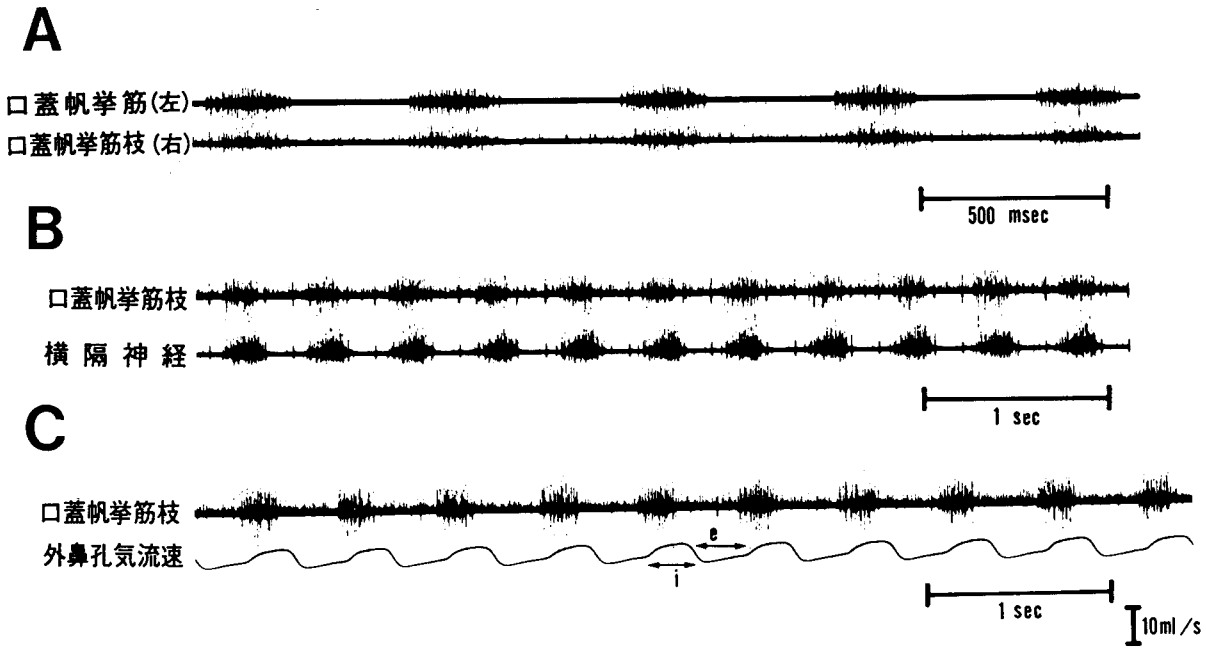

A
口蓋帆挙筋(左)
口蓋帆挙筋枝(右)
500 msec
B
口蓋帆挙筋枝
横隔神経
1 sec
C
口蓋帆挙筋枝
外鼻孔気流速
e
i
1 sec
10ml/s

図 8

A R.sinus carotici

B R.pharyngeus

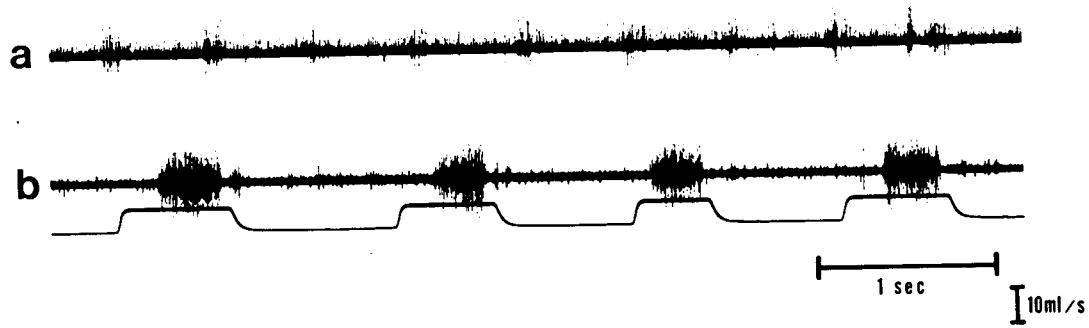
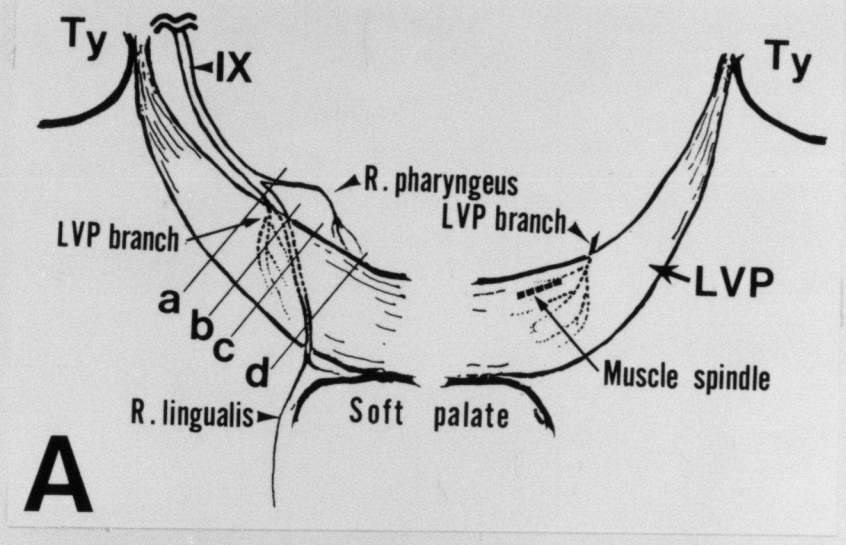


図 9

C R.lingualis

D LVP branch

図 9


Ty
IX
Ty
R. pharyngeus
LVP branch
LVP branch
LVP
a
b
c
d
Muscle spindle
R. lingualis
Soft palate
A

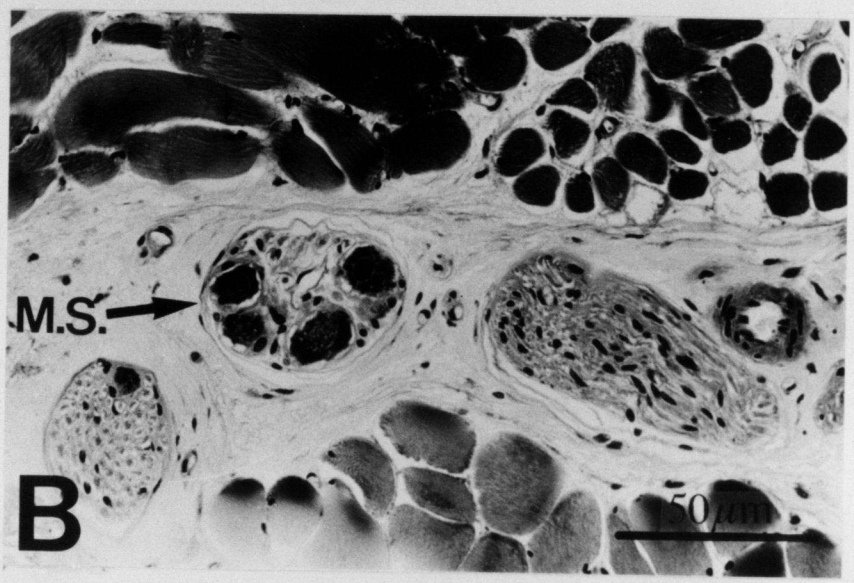

M.S.
B
50μm

図 10

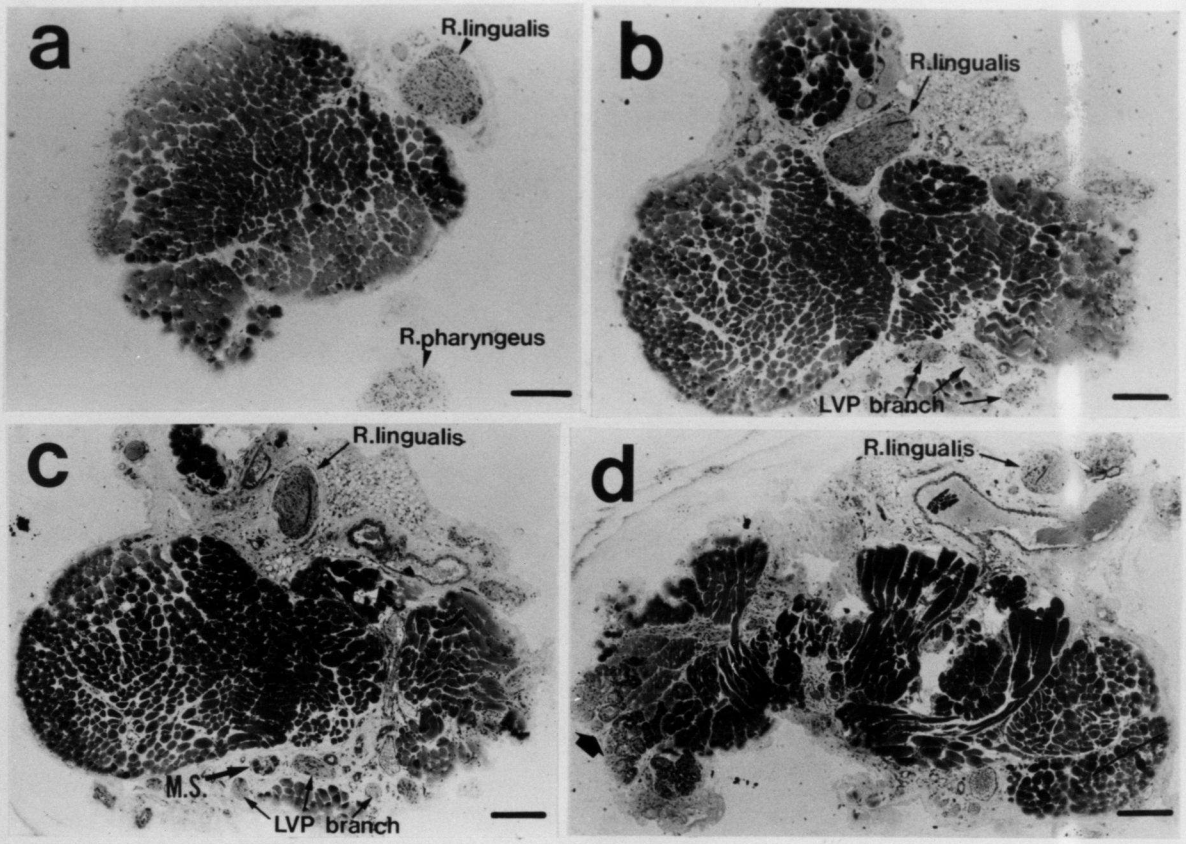

a
R.lingualis
R.pharyngeus
b
R.lingualis
LVP branch
c
R.lingualis
M.S.
LVP branch
d
R.lingualis

図 11

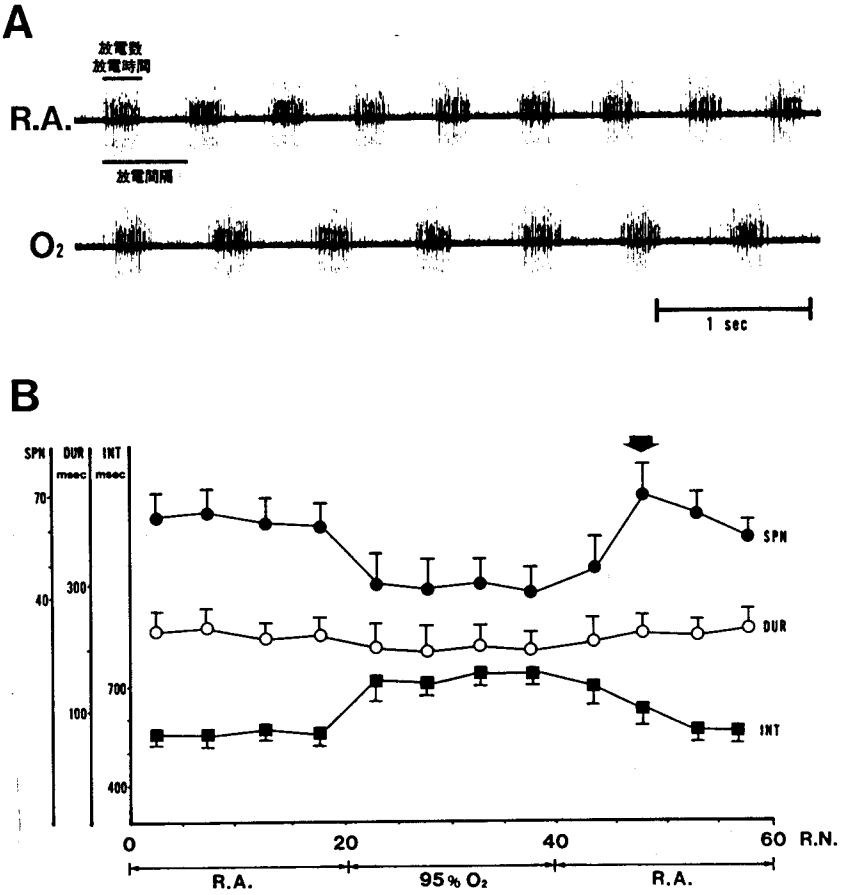

A
放電数
放電時間
R.A.
放電間隔
O2
1 sec
B
SPN
DUR
msec
INT
msec
70
40
300
100
700
400
SPN
DUR
INT
0
20
40
60
R.N.
R.A.
95% O2
R.A.

図 12

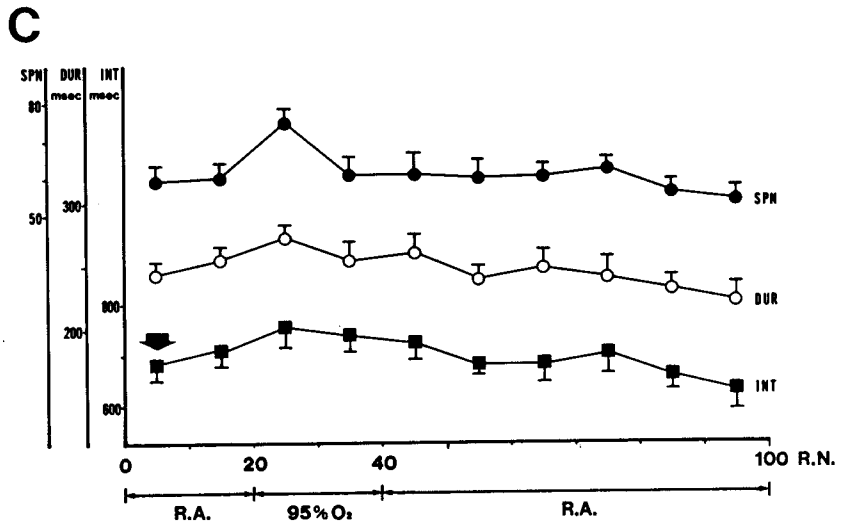

C
SPN
DUR
msec
INT
msec
80
50
300
200
800
600
SPN
DUR
INT
0
20
40
100 R.N.
R.A.
95% O₂
R.A.

図 12

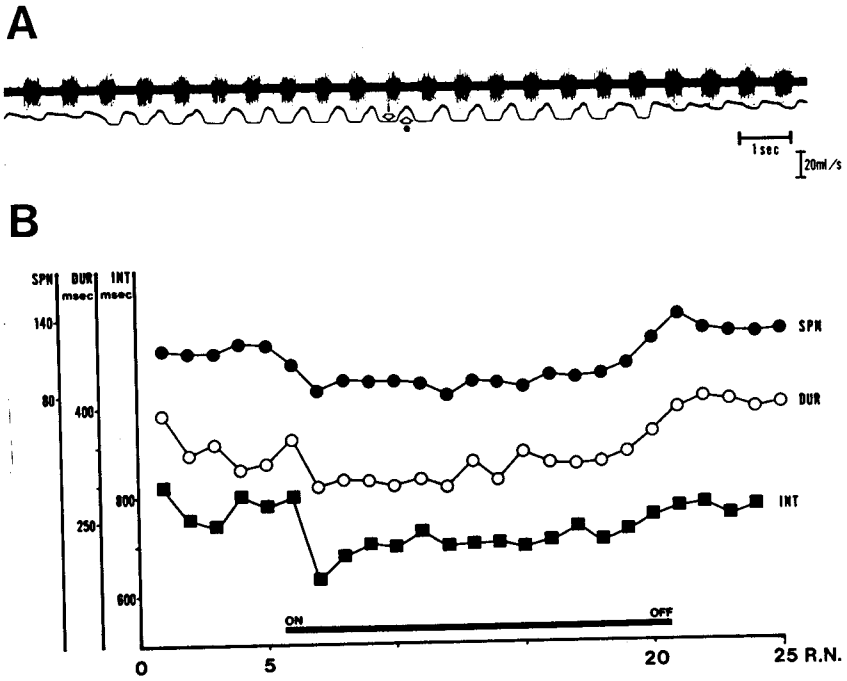

A
1 sec
20ml/s
B
SPN
DUR
msec
INT
msec
140
80
400
250
800
600
SPN
DUR
INT
ON
OFF
0
5
20
25 R.N.

図 13

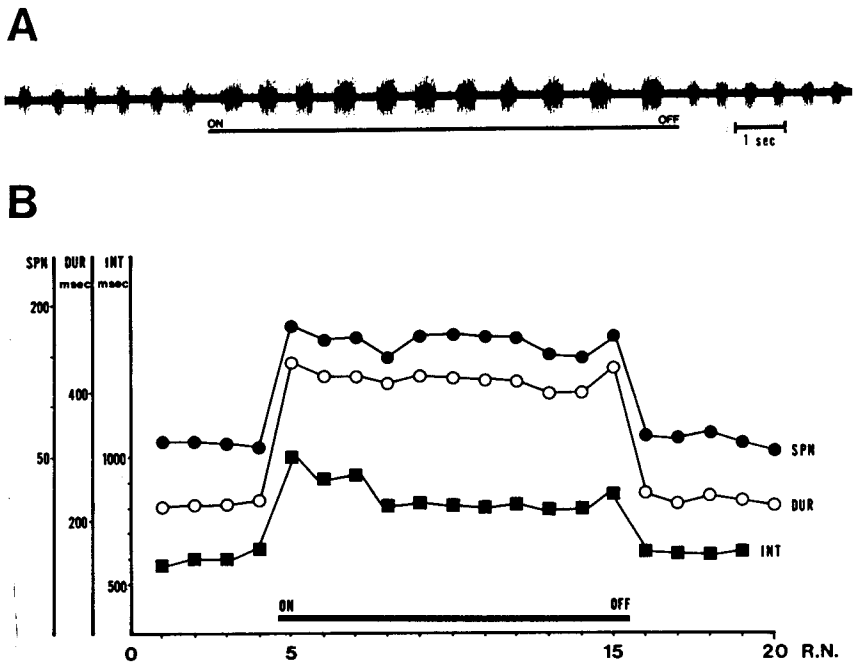

A
ON
OFF
1 sec
B
SPN
DUR
msec
INT
msec
200
50
400
200
1000
500
SPN
DUR
INT
ON
OFF
0
5
15
20
R.N.

図 14

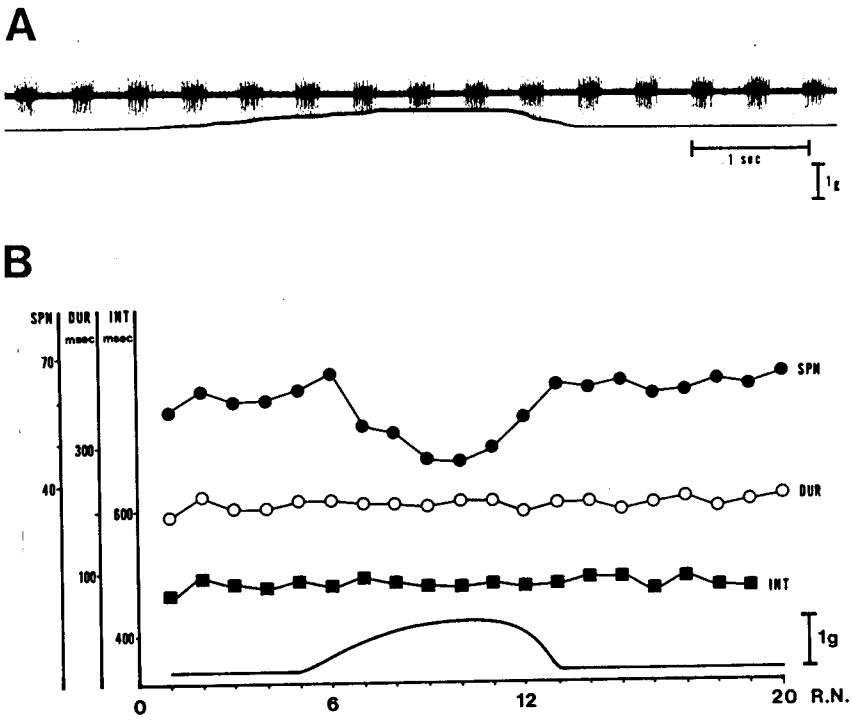

A
1 sec
1g
B
SPN
DUR
msec
INT
msec
70
40
300
100
600
400
SPN
DUR
INT
1g
0
6
12
20
R.N.

図 15