



Title	成犬の負荷呼吸時における経口気流発現のメカニズムと翼突咽頭筋の呼吸性活動への呼気流の影響
Author(s)	妹尾, 日登美
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3184483">https://doi.org/10.11501/3184483</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

成犬の負荷呼吸時における経口気流発現のメカニズム  
と翼突咽頭筋の呼吸性活動への呼気流の影響

大阪大学大学院歯学研究科 統合機能口腔科学専攻  
顎口腔病因病態制御学講座（口腔外科学第1教室）

妹尾 日登美

研究題名「成犬の負荷呼吸時における経口気流発現のメカニズムと  
翼突咽頭筋の呼吸性活動への呼気流の影響」

大阪大学大学院歯学研究科 統合機能口腔科学専攻  
顎口腔病因病態制御学講座（口腔外科学第1教室）

妹尾 日登美

## 緒言

鼻咽腔諸筋の活動はその解剖学的な位置から上気道ことに口腔における機能的役割に決定的な影響を与える。口蓋帆挙筋および上咽頭収縮筋はともに鼻咽腔運動に関与し、嚥下、発音、呼吸時にそれぞれの目的に応じて活動すると考えられている。口蓋帆挙筋、上咽頭収縮筋は起始、走行、停止とも全く異なっており、口蓋帆挙筋は口蓋帆を挙上するのに対し、上咽頭収縮筋は咽頭側壁および後壁において鼻咽腔を環状に閉鎖し、その閉鎖様式の相違は成犬を用いた研究で明らかとなっている<sup>1)2)</sup>。

一方、呼吸時については、上咽頭収縮筋および口蓋帆挙筋は、嚥下時と比較すると軽微ながら、呼気相に活動が認められることが明らかにされている<sup>3)</sup>。この呼吸性の活動は鼻咽腔を完全に閉鎖するようなものではなく<sup>4)</sup>、また口蓋帆挙筋の筋活動には上気道内の知覚が影響を及ぼしていることも知られている<sup>5)</sup>。しかしながら未だこれらの呼吸時筋活動の意義は明らかにされていない。

本研究では成犬を使用し、口蓋帆挙筋とヒトの上咽頭収縮筋に相当する翼突咽頭筋の呼吸時の筋活動が上気道気流と相互にどのような影響を及ぼしあっているかを、口蓋帆挙筋と翼突咽頭筋の筋電図と経口・経鼻気流量を指標として定量的に解析し、呼吸時の口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋の役割について検討すると共に、翼突咽頭筋については気道内知覚、特に気流の筋活動への影響について合わせて検討した。

## 実験方法

実験Ⅰ：負荷呼吸時の翼突咽頭筋、口蓋帆挙筋の活動の様相

実験Ⅱ：上気道呼気流が経口・経鼻気流比に与える影響

実験Ⅲ：口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋の切断が経口・経鼻気流量に与える影響

実験Ⅳ：上気道気流が翼突咽頭筋の筋活動に与える影響

実験Ⅴ：上気道内圧の上昇が、翼突咽頭筋筋活動に与える影響

実験Ⅰ：負荷呼吸時の翼突咽頭筋、口蓋帆挙筋の活動の様相

安静時および負荷呼吸時の翼突咽頭筋、口蓋帆挙筋の活動の様相を記録し、呼吸経路（経口・経鼻）の変化と筋活動との関係について検討を行った。

実験には成犬4匹（8～12kg）を用いた。ペントバルビツレート（35mg/kg）腹腔内麻酔後、成犬を側臥位に固定した。また以後のⅡ～Ⅴの実験についても同様に麻酔を行い成犬を固定した。成犬の軟口蓋、咽頭壁の運動を妨げないよう、両側鼻孔より鼻腔に、口裂より口腔にそれぞれシリコンチューブ（鼻腔：内径6mm、外径8mm、口腔：内径9mm、外径11mm）を挿入し、歯科用アルジネート印象材にて密封した後、接着テープにてさらに外鼻孔および口裂を封鎖し、気流のもれがないよう固定した。各チューブを呼吸流量計（MFP-1200：日本光電社製）に接続し呼吸用アンプ（AR-601G：日本光電社製）にて経口、経鼻気流量をそれぞれ計測した。また舌運動による口腔内気流の変化を排除する目的で、両側舌縁部を頬粘膜に、さらに舌尖部を頤部皮膚と縫合固定した。口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋は、Kogo<sup>4)</sup>の方法に準じて無傷にて剖出した。筋活動は、先端1mmを絶縁剥離した白金イリジウム合金線（ビニール被覆、直径50 $\mu$ m）を、極間距離2mmの双極誘導の記録電極（先端抵抗値：生理食塩水中で10 $\pm$ 1K $\Omega$ ）として翼突咽頭筋および口蓋帆挙筋に埋入し、ポリグラフシステムを用い

各種生体電気用アンプ（Pre Amp EMG-1100, DC Amp AB-621G：日本光電社製）を介し記録した。呼吸曲線は胸郭に呼吸ピックアップを巻き、カプラおよびカプラ用アンプ（AR-650H, AA-601H：日本光電社製）にてモニターを行った。全ての気流量、筋活動、呼吸曲線のデータはデータレコーダー（PC-108M:Sony 社製）に保存し、サーマルアレイコーダにて表示した。負荷呼吸条件は口腔、鼻腔のチューブを同一回路として3ℓ 麻酔バッグに接続し、自発呼吸下にて閉鎖回路内のガスを再呼吸させることにより徐々に血中 CO<sub>2</sub> 濃度が上昇し、O<sub>2</sub> 濃度が低下するようにした（図1）。

なお、麻酔バッグ内には抵抗はなく、実験中は保温器にて直腸温を 36 度から 38 度に保ち、麻酔深度を可及的に一定に保つため適宜バルビツレートの追加投与を行った。

計測は、安静時、負荷呼吸開始時、負荷呼吸開始 1 分後、口蓋帆挙筋活動開始時、口蓋帆挙筋活動開始 1 分後において行った。筋活動の振幅の解析は、マイクロコンピュータを使用し、解析ソフト DATA-PAC II Version4.0 (Run Technologies 社製)にて、RMS smoothing 処理  $\sqrt{\sum x_i^2/n} (i=1\sim n)$ を行い、最大振幅（ $\mu V$ ）を計測した。気流量の解析では、一呼吸につき呼気流の最大値を計測した。各計測項目については各時点から 5 回の呼吸の平均値とし、各個体につき 3 回計測を行った。また、以後の実験においても同様に解析を行った。

## 実験Ⅱ：上気道人工呼気流が経口・経鼻気流比に与える影響

実験には成犬 4 匹（8～11kg）を使用した。第 2, 3 および第 7, 8 気管軟骨

のレベルで気管切開を行い、それぞれに気管チューブ（内径 8mm, 外径 10mm）を挿入して気道を吻側と尾側に二分し、尾側気管チューブでは自然呼吸を行わせ、吻側気管チューブからは上気道に送気した（図 2）。尚、吻側気管チューブの先端は声門を超えて声門上部に設置し、声門の呼吸性開閉運動による気流への影響を排除した。吻側気管チューブより徐々に送気した時の経口、経鼻気流量と口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋の筋活動を実験 I と同様に記録し、人工呼気流による経口・経鼻気流量の変化について検討を行った。

### 実験Ⅲ：口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋の切断が経口・経鼻気流量に与える影響

#### 実験Ⅲ-1 口蓋帆挙筋切断による影響

実験には成犬 7 匹（8～13kg）を使用した。実験 I に準じて安静時および負荷呼吸時の口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋の筋活動、経口経鼻気流量を記録後、口蓋帆挙筋を両側の翼突鉤付近で切断し、切断前と同様に経鼻・経口气流量を記録した。切断前後においても呼吸回数と呼吸量の関係が常に安定していたため、口蓋帆挙筋切断前の呼吸回数を基準として切断前後の流量の変化を比較検討し、安静時および負荷呼吸開始 1 分後、口蓋帆挙筋活動開始時において検討を行った。

#### 実験Ⅲ-2 翼突咽頭筋切断による影響

実験には成犬 7 匹（8～13kg）を使用した。実験 I に準じて安静時および負荷呼吸時の口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋の筋活動、経口経鼻気流量を計測した後、翼突咽頭筋を両側の翼突鉤付近で切断し、切断前と同様に経鼻・経口气流量を

計測した。切断前後での気流量の変化について実験Ⅲ-1 と同様に呼吸回数を基準に比較検討し、安静時および負荷呼吸開始 1 分後、口蓋帆挙筋活動開始時において検討を行った。

#### 実験Ⅳ：上気道気流が翼突咽頭筋の筋活動に与える影響

負荷呼吸条件下で口鼻呼吸を行わせた成犬に気管切開を行い、上気道気流の有る状態と無い状態における翼突咽頭筋の筋活動の変化を観察した。

実験には成犬 4 匹を用いた。同一犬において実験の Part 1 では気管切開を行わず、CO<sub>2</sub> に対する影響も合わせて観察するため、負荷呼吸下で実験Ⅰに準じて口鼻呼吸を行わせ翼突咽頭筋活動を観察した（図 3a）後、Part 2 では気管切開を行い上気道に気流の無い状態における筋活動を記録した。気管切開部にはカフ付き気管チューブ（外径 9mm, 内径 11mm）を挿入し、上気道へ気流が洩れないようにした（図 3b）。尚、翼突咽頭筋に刺入された電極は、part 1 と Part 2 で動かすことなく、筋活動の振幅を記録した。

#### 実験Ⅴ：上気道内圧の上昇が、翼突咽頭筋筋活動に与える影響

##### 実験Ⅴ-1 声門を含む上気道人工気流が翼突咽頭筋筋活動に及ぼす影響

実験には成犬 10 匹を使用した。実験Ⅱに準じ、第 2, 3 および第 7, 8 気管軟骨のレベルで気管切開を行い、尾側の気管チューブより自発呼吸を行わせ、吻側気管には、チューブ（外径 9mm, 内径 11mm）の先端が声門下部にくるようにカフ付き気管チューブを挿入し、上気道に向かって送気し（尾吻側方向）、翼突咽頭筋の筋活動への影響を観察した（図 4）。次いで逆に鼻腔から吻側気管チューブに向かって送気し（吻尾側方向）同様に翼突咽頭筋の筋活動を記録

した。気流量は呼吸流量計を介して測定を行った。

さらに上気道内の cold receptor を刺激するため、Ｌーメントールを含ませた気流を同様に吻側方向、尾側方向へ流した時の筋活動を記録した。

#### 実験V-2 鼻腔内圧の上昇が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

実験には成犬7匹を使用した。吻側気管チューブ先端が軟口蓋上にくるように設置し、周囲をワセリンガーゼと歯科用アルジネート印象材にてパッキングし吻側気管チューブから送気して鼻腔内圧が上昇するようにした。鼻腔内圧の測定は片側鼻孔にシリコンチューブ（外径 4mm, 内径 2mm）を挿入し、チューブを差圧トランスデューサー（TP-602T：日本光電社製）に接続し呼吸用アンプ（AR-601G：日本光電社製）を介して前述のサーマルアレイコーダ上にて筋活動とともに記録した（図5）。さらに鼻腔前庭部にＬーメントールにて刺激を与えた時の筋活動を記録した。

#### 実験V-3 口腔咽頭内圧の上昇が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

実験には成犬7匹を使用した。吻側の気管チューブの先端を声門上部に固定し、声門直下、軟口蓋、口腔、食道に実験V-2と同様な方法でパッキングを行い吻側気管チューブより送気し、口腔および上咽頭部の内圧が上昇するようにした。この時の翼突咽頭筋の筋活動への影響を観察した（図6）。さらに軟口蓋部にＬーメントールにて刺激を与えた時の筋活動を記録した。

#### 実験V-4 声門下圧の上昇が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

実験には成犬10匹を使用した。吻側気管チューブの先端を声門下部に固定し、声門上部を実験V-2と同様にパッキングし、吻側気管チューブより送気を

行い声門下部のみ圧が上昇するようにした。この時の翼突咽頭筋の筋活動を記録した（図7）。さらに3匹については2% リドカインゼリーにて表面麻酔を声門下部に行った後、同様に声門下圧を上昇させた時の筋活動についても記録を行った。

#### 実験V-5 摘出喉頭内気流が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

実験には成犬3匹を使用した。頸部を正中切開し、喉頭を露出させ、反回神経、上喉頭神経内枝は温存したまま、喉頭蓋および輪状、甲状軟骨、内喉頭筋を一塊として喉頭を摘出し、喉頭内のみ気流が流れるようにした（図8a）。

また喉頭内にチューブを挿入し、チューブの設定方法を変えることにより声門下部に気流が当たる条件（図8b）とあたらない条件を作り（図8c）、それぞれの影響について検討した。

さらにバルーンを声門周辺で膨らませることによる筋活動への影響について検討した（図9）。バルーン内圧の測定は血圧トランスデューサー(TP-400T：日本光電社製)を接続し計測した。

### 実験結果

#### 実験Ⅰ：負荷呼吸時の翼突咽頭筋、口蓋帆挙筋の活動の様相

安静時、口蓋帆挙筋は活動は認めず、翼突咽頭筋には呼気性の活動を認めた。

負荷呼吸を進めるに従い、口蓋帆挙筋にも筋活動を認め、負荷の増大とともに両筋の活動は増大する傾向を示した（図 10A）。

安静時、負荷呼吸開始時、負荷呼吸開始 1 分後、口蓋帆挙筋活動開始時、口蓋帆挙筋活動開始 1 分後について筋活動の振幅、経口、経鼻呼気流量につき解析検討した（図 10B）。翼突咽頭筋は安静時に比較して負荷呼吸開始 1 分後に有意に筋活動の振幅の増加を認めた（Paired t-test :  $p < 0.05$ ）。流量の変化については、安静呼吸下では、呼気路はほとんどが経鼻路であったが、再呼吸が進むにつれ総呼気流量は増加し、経口呼気流が認められ始め（分時換気量 3.3～4.0L/min）、その量は徐々に増加した。しかし、口蓋帆挙筋の筋活動は hypercapnia, hypoxia<sup>6)</sup>が亢進し、分時換気量が 4.8～5.4 l/min になるまで開始されなかった。

#### 実験Ⅱ：上気道人工呼気流が経口・経鼻気流比に与える影響

吻側気管チューブへの送気開始とともに経鼻気流が出現し、送気量と経鼻気流量の間には比例関係が認められた（Pearson's correlation coefficient test:  $p < 0.01$ ）。送気量が平均  $292.66 \pm 83.49 \text{ ml/sec}$  を超えると経口気流が発現し、その後は送気量が増加するにも関わらず経鼻気流量は一定となった。（図 11A, B）。

#### 実験Ⅲ：口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋の切断が経口・経鼻気流量に与える影響

##### 実験Ⅲ-1 口蓋帆挙筋切断による影響

口蓋帆挙筋の切断によって経鼻気流量は安静時、負荷呼吸開始 1 分後におい

ては切断前とほとんど差は認められなかったが、口蓋帆挙筋活動開始期においてはわずかに増加する傾向が認められた（図 12A）。また経鼻気流量に対する経口気流量の比率は口蓋帆挙筋活動開始期においては、 $7.90 \pm 2.64$  から  $5.20 \pm 1.75$  ( $n=7$ )へと有意に減少した（Wilcoxon signed-ranks test :  $p<0.05$ ）（図 12B）。

#### 実験Ⅲ-2 翼突咽頭筋切断による影響

翼突咽頭筋切断によって経鼻気流量は各時点において軽度減少する傾向が認められた（図 12C）。経鼻気流に対する経口気流量の比率は口蓋帆挙筋活動開始期において  $3.34 \pm 0.59$  から  $4.67 \pm 0.91$  ( $n=7$ )へと有意に増加した（Wilcoxon signed-ranks test :  $p<0.05$ ）（図 12D）。

#### 実験Ⅳ：上気道気流が翼突咽頭筋の筋活動に与える影響

安静時および負荷呼吸開始 1 分後について口鼻呼吸（図 13A）と気管切開下時（図 13B）の翼突咽頭筋の筋活動を比較した。上気道に気流の流れる口鼻呼吸時、流れない気管切開下呼吸時ともに、安静時と比較して負荷呼吸時に筋活動の振幅の増大を認めた。安静呼吸時、負荷呼吸時とも筋活動の最大振幅は上気道の存在により有意に増大することが明らかとなった（図 13C）。

さらに呼気流と翼突咽頭筋の筋活動との関係を確認するため、筋電図の積分波形と気流曲線を呼気の開始を基準にそれぞれ 1 分間の重ねあわせを行った。安静時、負荷呼吸時とも、口鼻呼吸時には、呼気の開始とともに翼突咽頭筋の筋活動が開始し、呼気の終わりとともに筋活動も消失した。上気道気流の無い気管切開下呼吸時は、安静時には筋活動が弱いために明らかではないが、負荷呼吸時には口鼻呼吸時と同様に呼気の開始とともに筋活動を認め、その持続時

間についても口鼻呼吸時と差異は認めなかった（図 14）。

実験V：上気道内圧の上昇が、翼突咽頭筋筋活動に与える影響

実験V-1 声門を含む上気道人工気流が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

翼突咽頭筋は、尾側から吻側方向への気流の存在により、振幅の大きな筋活動が誘発された（図 15A）。また吻側から尾側方向の気流の存在は、翼突咽頭筋の活動の振幅には影響を及ぼさないことが観察された（図 15B）。またLーメントールを含んだ気流を送気した時も、同様に尾側から吻側方向への気流の存在下では振幅の大きな筋活動が誘発され、吻側から尾側方向の気流の存在下では、変化は観察されなかった。

実験V-2 鼻腔内圧の上昇が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

鼻腔内圧を上昇させても、翼突咽頭筋の筋活動には変化が認められなかった（図 16A）。またLーメントールで鼻腔前庭部に刺激を与えた時にも変化は観察されなかった。

実験V-3 口腔咽頭内圧の上昇が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

口腔咽頭内圧の上昇にも関わらず、翼突咽頭筋の筋活動の振幅には変化は観察されなかった（図 16B）。またLーメントールにて軟口蓋部に刺激を与えた時にも変化は観察されなかった。

実験V-4 声門下圧の上昇が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

声門下圧を上昇させた時、圧の上昇に一致して、翼突咽頭筋筋活動の振幅の著しい増大が認められた（図 16C）。この筋活動の増大は2%リドカインゼリーを声門下部に塗布したところ10分後には反応が消失した（図 16D）。また上

喉頭神経内枝を切断すると、この筋活動の増大は認められなくなった（図 16E）。また L-メントールにて声門下部に刺激を与えた時には変化は観察されなかった。

#### 実験 V-5 摘出喉頭内気流が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

上喉頭神経内枝をつけたまま切除された喉頭に気流を流した時、実験 V-1 と同様、尾側から吻側方向の気流により翼突咽頭筋筋活動の振幅の著しい増大が認められた（図 17A）が、吻側から尾側方向の気流には影響されなかった（図 17B）。

さらに声門周囲のみ気流が当たるよう尾側 1/2 に気管チューブを挿入し、喉頭内に尾吻側方向に送気した時には送気流量の増加に伴い筋活動の増大を認めた（図 17C）。一方声門直下に気流が当たらない様、喉頭の吻側 1/2（声門ひだを含む）に気管チューブを挿入し、喉頭内に尾吻側方向に送気した時には上記のような著しい筋活動の増大は認められなかった（図 17D）。

また喉頭声門下に気流が存在しない条件下で、バルーンを膨らませ、喉頭の内壁に圧を加えたところ、圧が 30mmHg を越えると翼突咽頭筋の筋活動の振幅に増大が認められた（図 17E）が、声門上部内壁圧が上昇しても筋活動に増大は認められなかった（図 17F）。

#### 考察

##### 1. 口蓋帆挙筋と上咽頭収縮筋（翼突咽頭筋）の活動と呼吸経路との関係

ヒトは鼻と口の両方を通じて呼吸することが可能であり、通常安静時は鼻呼

吸が主であり、運動時には口鼻呼吸へと呼吸経路を変換する<sup>7)</sup>が、そのメカニズムについての詳細は明らかではない。鼻呼吸には加温、加湿、除塵など下気道に対する保護機能がある反面、気道全体の半分に相当する通気抵抗がある。一方、口呼吸は鼻呼吸のような保護機能がないものの、経口気流路を開大することにより通気抵抗を減少させることができる<sup>8)</sup>。このような呼吸経路の選択には軟口蓋、咽頭も重要な役割を担っていると考えられている<sup>9)</sup>。軟口蓋が呼吸に及ぼす影響について栗本<sup>6)</sup>は口蓋帆挙筋および口蓋帆張筋の呼吸性活動を成犬を用いて明らかにした。口蓋帆張筋が血中二酸化炭素分圧 ( $\text{PaCO}_2$ ) 値上昇あるいは血中酸素分圧 ( $\text{PaO}_2$ ) 値低下に対応して吸気相に筋活動が出現するのに対して、口蓋帆挙筋では  $\text{PaO}_2$  値低下に対応して呼気相に筋活動が発現し、口蓋帆張筋や口蓋帆挙筋が外舌筋や内喉頭筋と同じく、補助呼吸筋としての機能をもつことを示唆した。さらに口蓋帆張筋が Upper airway patency の一端を担うことを、口蓋帆挙筋が呼気相での口腔への呼吸経路転換に関与していることを示唆した<sup>10)</sup>。

一方、口蓋帆挙筋とともに鼻咽腔閉鎖運動の主体となる上咽頭収縮筋も補助呼吸筋としての機能をもつと考えられている<sup>3)</sup>。これまでの鼻咽腔閉鎖に関する研究では口蓋帆挙筋とともに上咽頭収縮筋は鼻咽腔閉鎖に携わるが<sup>11)</sup>、口蓋帆挙筋が口蓋帆を挙上するのに対し、上咽頭収縮筋は鼻咽腔を環状に閉鎖する。成犬においては口蓋帆挙筋のみでは鼻咽腔を完全に閉鎖することができず、上咽頭収縮筋がともに活動することによって鼻咽腔閉鎖が得られることが明らかにされている<sup>2)</sup>。

このような鼻咽腔閉鎖筋である口蓋帆挙筋、上咽頭収縮筋の呼吸性活動が鼻呼吸、口呼吸の転換にどの程度関わっているのかについて経口・経鼻気流量と筋電図を指標として検討した<sup>6)</sup>。そこでヒトと同様に鼻呼吸、口呼吸が可能であるイヌを使用し、口蓋帆挙筋、上咽頭収縮筋に相当する翼突咽頭筋の呼吸性活動が呼吸経路に及ぼす影響について定量的に解析を行った。イヌの翼突咽頭筋は咽頭部最吻側に存在し咽頭後壁を横走しながら反対側と合する。これはヒトの咽頭収縮筋群の中で上咽頭収縮筋と同様の作用をすると考えられている<sup>12)</sup>。

実験Ⅰでは再呼吸法を用いて口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋の筋活動量と経鼻・経口気流量との関係について検討した。呼吸経路は頭位、舌位、下顎位、鼻腔抵抗等により大きく影響されるため、頭部を側臥位に固定し舌は両側頬粘膜と縫合固定し、鼻腔、口腔に一定の直径のシリコンチューブを挿入し、さらに下顎位はチューブの直径分のみ開口させた状態で上下顎を粘着テープにて固定した。その結果、呼気経路は安静時は経鼻路のみであったが換気量の増加とともに経口呼気流が増加するのが観察された。ヒトの場合、鼻から口鼻呼吸への転換は換気量が 35~40 l/min を越えたところで生じると示されている<sup>13)</sup>。これは安静時分時換気量の 5~7 倍であるのに対しイヌでは分時換気量が安静時の約 1.5 倍 (約 3.6 l/min) の時点で鼻から口鼻へと呼吸の転換が生じた。イヌではヒトに比べ肺活量が小さくガス交換効率が悪いことによる補正手段であるためと考えられる。また換気量が増加すると経口気流が全気流量に対して次第にその割合が増加したという研究結果は Daniel<sup>14)</sup>らのヒトでの観察結果と類似する。

筋活動については、安静呼吸時より呼気相に相応して翼突咽頭筋の筋活動を認め、負荷呼吸の初期においては安静時と比較して筋活動の振幅の増大が認め

られた。翼突咽頭筋について Hairston<sup>16)</sup>らはヒトの上咽頭収縮筋は睡眠時、覚醒時とも呼気時に活動を認め、その活動は hypercapnia において増大すると報告している。また Launois<sup>17)</sup>もヒトの hypercapnia, hypoxia において咽頭収縮筋の活動は増大すると報告している。さらに負荷呼吸が進行すると口蓋帆挙筋の活動も認められるようになったが、経鼻呼気流量の著明な減少は認められず、口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋の呼吸性活動は嚥下時のような気流を遮断するような鼻咽腔閉鎖を引き起こしているのではないことが示された。すなわち負荷呼吸が亢進するに従い、総呼気流量が増大し、経口呼気路の解放が始まるが、口蓋帆挙筋が経口呼気路拡大に関与するのは hypercapnia, hypoxia が亢進してからであることが示唆された<sup>6)</sup>。そこで実験Ⅱでは人工的に上気道に気流を送気し人工呼気流を作成することにより、気流量の増大が呼吸経路の転換に及ぼす影響について検討を行った。成犬においては経口気流は送気量が約 300ml/sec を越えた時より出現し、経口気流出現前では送気量の増加とともに認められた経鼻気流量の増加は経口気流の出現後は観察されなかった。この経口気流発現に際しては、鼻腔抵抗値が高いことにより送気量の増加が咽頭周囲の内圧上昇を招き、様々な求心性情報を活性化させ、結果として経口路を解放したと考えられる。このメカニズムについては舌根部や喉頭蓋の動き、口蓋・舌の表面活性等、様々なファクターについて検討されねばならないが、実験Ⅱの結果から経口気流発現前後では口蓋帆挙筋の活動は関わっておらず、また翼突咽頭筋の活動にも変化がないことから少なくとも口蓋帆挙筋・翼突咽頭筋の活動とは関係ないと考えざるをえない。

実験Ⅲでは微妙な呼吸調節を行っていると考えられる口蓋帆挙筋・翼突咽頭

筋をそれぞれ切断することによりそれぞれの呼吸性活動の役割について検討を行った。各筋の運動神経は舌咽・迷走神経の咽頭神経叢から分枝し、口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋に分布する<sup>18)</sup>が、神経切断にあたってその剖出には上気道の解剖学的構造の破壊を伴い、経鼻・経口気流量に影響すると考えられたため、それぞれの筋肉を切断することにより各筋を非動化した。その結果口蓋帆挙筋切断時において、経鼻気流量に対する経口呼気流量比はわずかに減少する傾向が認められた。すなわち栗本<sup>6)</sup>の報告と同様、酸素消費量が増大するにつれ、通常の鼻呼吸ではそれを満たせなくなり、能率のよい口呼吸へと移行するのを口蓋帆挙筋は補助していることが示唆された。このことはヒトの発音時に口蓋帆挙筋が経口気流の発現に絶対的な影響をもつと考えられている<sup>19)</sup>のとは異なっていた。

一方、翼突咽頭筋切断時において経鼻気流量に対する経口呼気流量比はわずかに増加する傾向が認められた。これは翼突咽頭筋が鼻腔気道の patency に作用している可能性を示唆している。すなわち翼突咽頭筋を非動化することにより上咽頭の内圧が低下し、鼻腔抵抗のある鼻呼吸に対して代償的に口呼吸が増加したと考えられる。この結果を支持する報告として Kuna らは除脳ネコにおいて翼突咽頭筋は舌筋のような咽頭拡張筋と協調し、咽頭気道を固くし、咽頭部を広げる作用があると示唆している<sup>20)</sup>。また睡眠時無呼吸症の患者においても上咽頭収縮筋はノンレム睡眠時に咽頭拡張筋の活動パターンと似たパターンを持っていると報告している<sup>21)</sup>。また、気道の流量が比較的高い場合は咽頭収縮筋は気道を収縮させるように作用し、低流量の場合は気道を拡張するように作用し、睡眠時無呼吸症の患者で気道流量が少なくなった場合に気道の

patency を回復させるのを助ける作用があることを示唆している<sup>22)</sup>。

## 2. 翼突咽頭筋の気道内知覚について

上気道の気道抵抗の調節機構は古くから注目され、upper airway patency に対して外舌筋<sup>23)</sup>や舌骨筋<sup>24)</sup>など上気道を構成する筋肉には気道の感覚を介したフィードバック機構が存在することが知られている。飯田は成犬において呼気方向の気流および声門下圧の存在により、口蓋帆挙筋に呼気相に同期した筋活動が発現することを報告している<sup>5)</sup>。また鼻筋、オトガイ舌筋、輪状甲状筋、後輪状披裂筋、茎突舌骨筋、胸骨甲状筋等の上気道筋は上気道内腔の陰圧に反応して活動を示すことが報告されている<sup>25)</sup>。しかしながら翼突咽頭筋についてはこのようなフィードバック機構の介在は未だ明らかではない。そこで、本研究では翼突咽頭筋の呼吸性活動に対して、気流および上気道内圧がどのような影響を及ぼしているのかについて検討を行った。

実験Ⅳでは同一犬において口鼻呼吸、気管切開下呼吸を行わせ比較することにより上気道気流の存在が翼突咽頭筋の活動に及ぼす影響について検討した。気管切開、口鼻呼吸のどちらの場合も負荷呼吸初期の筋活動に増大を認めたがこれは、 $\text{PaO}_2$ 、 $\text{PaCO}_2$ の変化、あるいは換気量の増加による肺伸展による影響と考えられる。 $\text{PaO}_2$ の低下は主に末梢化学受容器を、 $\text{PaCO}_2$ の上昇は中枢化学受容器を興奮させ、また肺伸展は肺伸展受容器からの肺迷走神経反射により活動が増大するといわれている<sup>26)</sup>。そこで実験Ⅴにおいては化学受容器、肺伸展受容器の影響を可及的に受けない様にするため実際の呼吸回路とは分離した状態で、調節可能な気流を上気道に送気し、気道内知覚について検討を行った。

気流を知覚する部位や機構については Sant Ambrogio<sup>25)27)</sup>が喉頭での、また Tsubone<sup>28)</sup>が鼻腔での flow receptor の存在を明らかにし、その本態が冷刺激によって誘発される温度感覚受容器であることを示している。また Mathew<sup>29)</sup>は喉頭内の温感受容器を介して呼吸運動が抑制されることを報告し、温度感覚が呼吸調節の上で重要な役割を担っていることが示されている。しかしながら本実験では呼気流（尾吻側方向）の存在が翼突咽頭筋の筋活動を増大させたが反対方向の吻鼻側方向の気流には影響しなかった。flow receptor は気流方向に影響は受けないことから、この反射は flow receptor によるとは考えにくい。そこでさらに鼻腔内圧、口腔咽頭内圧、声門下圧をそれぞれ上昇させ、上気道内圧の上昇に影響されるかどうか、また L-メントールを用い、上気道内の cold receptor (flow receptor)が翼突咽頭筋の活動に影響するかどうか検討を行った。L-メントールは温度変化を与えず cold receptor を興奮させる薬剤として知られている<sup>30)</sup>。鼻腔内圧、口腔咽頭内圧を上昇させた時、また鼻腔前庭部、軟口蓋部に L-メントールを作用させた時も翼突咽頭筋の活動に変化は認めなかった。鼻腔粘膜内には原始的な終末分枝以外に知覚受容器は存在しないが鼻腔前庭皮膚にはパチニー小体、マイスナー小体、毛根触覚受容体、Iggo ドーム受容体などさまざまな知覚伝達の神経終末が豊富に存在し、鼻前庭皮膚の方が鼻腔粘膜より刺激に対して2～3倍鋭敏であると報告され<sup>31)</sup>、鼻前庭の三叉神経終末が flow receptor となっていると推察されている<sup>32)</sup>。また鼻咽腔上皮には舌咽迷走神経叢の神経終末が存在するのが確認されており、これは鼻咽腔粘膜の変形や刺激性のガスにより誘発されるにおいを嗅ぐような吸気反射を調節している<sup>33)</sup>が呼気反射の調節には関与しないと考えられている<sup>25)</sup>。本研究でも鼻腔、口腔咽頭部には呼

息筋である翼突咽頭筋に対するフィードバック機構は弱いかまたは存在しないと考えられた。

一方喉頭の声門直下の圧を上昇させた時に翼突咽頭筋の筋活動の著明な増加を認め、声門下へのリドカイン表面麻酔後にはこの増加は認められなかった。摘出喉頭でも同様の結果を示し、声門下部に気流が存在しない状態で、圧のみをかけた時にも著明な増加を認めた。翼突咽頭筋の筋活動の上昇は声門下の圧受容体によるものであることが考えられた。人工呼気流（尾吻側方向）に反応し反対方向の吻尾側方向の気流に反応しないことについては、声門の弁のような解剖学的構造から、人工吸気流に対しては声門は気流の流れを妨げずに喉頭を流れるため喉頭内の圧が高まらないが、人工呼気流に対しては声門が蓋のように作用し声門下圧が高まるためと考えられる。

またこれらの反射は上喉頭神経内枝を切断することにより消失し、受容体からの情報は上喉頭神経内枝を求心路として中枢へ伝達されることが示唆された。

上喉頭神経内枝を求心路として上気道の調節が行われていることを Sant Ambrogio<sup>34)</sup>は報告し、気管の閉塞よりも上気道の閉塞時に上喉頭神経内枝は活動が増大することを報告している。また Anderson<sup>35)36)</sup>は、刺激応答時間が短く持続時間が短い反応は、機械的刺激や炭酸ガスのような刺激に応答する刺激受容体に関り、一方刺激応答時間が長く持続時間が長い反応は、呼吸の調節に関する受容体であり、圧に応答する受容体であると述べている。本実験でも声門下圧に対する翼突咽頭筋の反応は加圧が消失してからもしばらく持続し、Andersonの報告と一致する。

本研究により上気道に呼気が流れると翼突咽頭筋の活動は促進され、鼻咽腔

の内圧を一定に維持することが考えられた。今後鼻咽腔の調節機構を論じる際に翼突咽頭筋の活動というものの重要性はますます増したと考えられ、同筋に対するさらなる詳細な研究が必要であると思われた。

## 結論

本研究では成犬を使用し、ヒトの上咽頭収縮筋に相当し咽頭筋群の最上端に存在する翼突咽頭筋と口蓋帆挙筋の呼吸時筋活動が呼吸経路にどのような影響を及ぼしているかについて検討を行った。さらに翼突咽頭筋の活動に対する上気道の気流知覚の影響について筋電図学的に検討を行い、以下の結果を得た。

1. 安静呼吸下では、呼気路はほとんどが経鼻路であったが、再呼吸が進むにつれ総呼気量が増加し、経口呼気流が認められ始めた。しかし口蓋帆挙筋の筋活動が始まるのは hypercapnia, hypoxia が亢進した後であり、すなわち経口・経鼻呼気路の開始は必ずしも口蓋帆挙筋の活動によるものではないことが示唆された。
2. 口蓋帆挙筋切断により、口腔呼気流量の割合が減少し、翼突咽頭筋切断により、口腔気流量の割合が増加するのが観察された。このことより口蓋帆挙筋は呼気流を経口へ導くのを助け、翼突咽頭筋は鼻腔呼気路を維持する作用をもつことが示唆された。
3. 翼突咽頭筋は上気道呼気流により筋活動が増大するのが観察された。また声門下圧の上昇により著明に筋活動が増大し、圧受容器を介したフィードバック機構が存在することが示唆された。またその求心路は上喉頭神経内枝であることが明らかとなった。

## 参考文献

- 1) 浜口裕弘 (1992) : 口蓋帆挙筋の鼻咽腔閉鎖における役割と舌咽・迷走神経の関与. 大阪大学歯誌, 37, 82-97.
- 2) Adachi, T., Kogo, M., Iida, S., Hamaguchi, M. and Matsuya, T. (1997): Measurement of velopharyngeal movements induced by isolated stimulation of levator veli palatini and pharyngeal constrictor muscles. *J. Dent. Res.*, 76, 1745-1750.
- 3) Kogo, M., Tanaka, S., Ishii, S., Hamaguchi, M., Iida, S. and Matsuya, T. (1997): Activities of superior pharyngeal constrictor and levator veli palatini muscles related to respiration in dogs. *Cleft. Palate. Craniofac. J.*, 34, 338-341.
- 4) Kogo, M., Hamaguchi, M. and Matsuya, T. (1996): Observation of velopharyngeal closure patterns following isolated stimulation of levator veli palatini and pharyngeal constrictor muscles. *Cleft. Palate. Craniofac. J.*, 33, 273-276.
- 5) 飯田征二 (1993) : 上気道の気流知覚が口蓋帆挙筋活動に及ぼす影響. 大阪大学歯誌, 38, 414-428.
- 6) 栗本拓哉 (1989) : 呼吸運動における口蓋帆の役割. 大阪大学歯誌, 34, 240-254.
- 7) Saibene, F., Mognoni, P., Laforuna, C. L. and Mostardi, R. (1978).: Oronasal breathing during exercise. *Pflugers Arch*, 378, 65-69.
- 8) 海野徳二, 野中聡 (1996) : 鼻呼吸と口呼吸の関連. *JOHNS*, 12, 623-627.

- 9) Rodenstein, D. O. and Stanescu, D. C. (1983): Absence of nasal airflow during pursed lips breathing: the soft palate mechanism. *Am Rev Respir Dis*, 128, 716-718.
- 10) 坂本勝也 (1988) : 口蓋帆張筋の機械的収縮特性と口蓋帆運動への関与について. 大阪大学歯誌, 34, 343-363.
- 11) Tanaka, S., Kogo, M., Hamaguchi, M. and Matsuya, T. (2000): Velopharyngeal closure pattern exerted by contraction of the pharyngeal constrictor muscle in dogs. *Cleft. Palate. Craniofac. J.*, 37, 483-487.
- 12) McClue, R. B. (1979): the cranial nerves; miller's anatomy of the dog. (evance H. E. and Cristensen G. C.,editore) ed.2. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London and Tront, 903-934.
- 13) Ninimaa, V., et al (1981): Oronasal distribution of respiratory airflow. *Respir Physiol*, 43, 69-75.
- 14) Rodenstein, D. O. and Stanescu, D. C. (1984): Soft palate and oronasal breathing in humans. *J. Appl. Physiol.*, 57(3), 651-657.
- 15) 小泉英彦 (1993) : 肺伸展が口蓋帆挙筋活動に及ぼす影響. 大阪大学歯誌, 38, 36-53.
- 16) Hairston, L.E. and Sauerland, E. K. (1981): Electromyography of the human pharynx: Discharge patterns of the superior pharyngeal constrictor during respiration. *Electromyogr Clin Neurophysiol.*, 21, 299-306.
- 17) Launois, S. H., Tsui, J. and Weiss, J. W. (1997): Respiratory function of velopharyngeal constrictor muscles during wakefulness in normal adults.. *J. Appl. Physiol.*, 82, 584-591.

- 18) Nishio, J., Matsuya, T., Machida, J. and Miyazaki, T. (1976): The motor nerve supply of the velopharyngeal muscles. *Cleft. Palate. J.*, 13, 20-30.
- 19) McWilliams, B. J., Morris, H. and Shelton, R. L. (1984): Cleft palate speech. Burlington, ON: BC Decker..
- 20) Kuna, S. T. and Vanoye, C. R. (1997): Respiratory-related pharyngeal constrictor muscle activity in decerebrate cats. *J. Appl. Physiol.*, 83, 1588-1594.
- 21) Kuna, S. T. and Smickley, J. S. (1997): Superior pharyngeal constrictor activation in obstructive sleep apnea. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 156, 874-880.
- 22) Kuna, S. T. (2000): Respiratory-related activation and mechanical effects of the pharyngeal constrictor muscles. *Respir. Physiol.*, 119, 155-161.
- 23) 安井康順(1992): 外舌筋の気道調節機構に関する実験的研究. 阪大歯学会雑誌, 37, 63-81.
- 24) Van de Graaff, W. B., Gottfried, S. B., Mitera, J., Van Lunteren, E., Cherniack, N. S. and Strohl, K. P. (1984): Respiratory function of hyoid muscles and hyoid arch. *J. Appl. Physiol., Respirat.*, 57, 197-204.
- 25) Sant'Ambrogio, G., Tsubone, H. and Sant'Ambrogio, F. B. (1995): Sensory information from the upper airway: role in the control of breathing. *Respir. Physiol.*, 102, 1-16.
- 26) West, J. B. (1997): Respiratory Physiology –the essentials 5<sup>th</sup> edition. (笛木隆三, 富岡眞一訳) 医学書院, 東京.91-137.

- 27) Sant'Ambrogio, G., Sant'Ambrogio, F. B. and Mathew, O. P. (1986): Effect of cold air on laryngeal mechanoreceptors in the dog. *Respir. Physiol.*, 64, 45-56.
- 28) Tsubone, H. (1987): Different sensory receptors in nasal mucosa. Their response to cold, chemical, touch and pressure stimuli and to airway occlusions. *J. Clin. Exp. Med.*, 142, 897-898.
- 29) Mathew, O. P., Abu-Osba, Y. K. and Thach, B. T. (1982): Influence of upper airway pressure changes on respiratory frequency. *Respir Physiol*, 49, 223-233.
- 30) Hensel, H. and Zotterman, Y. (1951): The effect of menthol on the thermoreceptors. *Acta Physiol. Scand.*, 24, 27-34.
- 31) 市村恵一 (1996) : 鼻呼吸に関係した最近の知見 鼻閉感の出現メカニズムと吸気中 NO 濃度. *JOHNS*, 12, 645-649.
- 32) Cauna, N., Hinderer, K. H. and Wentges, R. T. (1969): Sensory receptor organs in the human nasal respiratory mucosa. *AMJ Anat*, 124, 189-209.
- 33) Korpas, J. and Tomori, Z. (1979): Cough and other respiratory reflexes. Basel: S. Karger.
- 34) Sant'Ambrogio, F. B., Anderson, J. W. and Sant'Ambrogio, G. (1991): Effect of *l*-menthol on laryngeal receptors. *J Appl. Physiol.*, 70, 788-793.
- 35) Anderson, J. W., Sant'Ambrogio, F. B., Mathew, O. P. and Sant'Ambrogio, G. (1990): Water-responsive laryngeal receptors in the dog are not specialized endings. *Respir. Physiol.*, 79, 33-44.

36) Anderson, J. W., Sant'Ambrogio, F. B., Orani, G. P., Sant'Ambrogio, G. and Mathew, O. P. (1990): Carbon dioxide- responsive laryngeal receptors in the dog. *Respir. Physiol.* , 82, 217-226.

## 図表説明

### 図 1：実験Ⅰ 模式図

経口・経鼻気流量は呼吸流量計に接続して呼吸用アンプを介して計測し、口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋には記録電極をそれぞれ埋入し各種生体用アンプを介して筋活動を記録した。呼吸曲線は胸郭ピックアップを巻き、カプラ用アンプを介してモニターを行った。全ての気流量、筋活動、呼吸曲線のデータはデータレコーダーに保存し、サーマルアレイコーダにて表示した。

LVP：口蓋帆挙筋 PC：翼突咽頭筋

### 図 2：実験Ⅱ 模式図

第 2, 3 および第 7, 8 気管軟骨のレベルで気管切開を行い、それぞれに気管チューブを挿入して気道を吻側と尾側に遮断し、尾側の気管チューブより自発呼吸のできる状態とし、吻側気管チューブより上気道に気流（人工呼気流）を流し、その気流量を増加させた時の経口・経鼻気流量の変化を観察した。

吻側気管チューブの先端は声門上部に設置し、声門の呼吸性開閉運動による気流への影響を排除した。

EMG：筋電図

### 図 3 a：実験Ⅳ 模式図 (part1)

安静時および負荷呼吸下で口鼻呼吸を行わせ、翼突咽頭筋の筋活動を記録した。

#### 図 3b：実験Ⅳ模式図 (part 2)

同一犬において Part 2 では気管切開を行い上気道に気流の無い状態における筋活動を記録した。気管切開部にはカフ付き気管チューブを挿入し、上気道へ気流が洩れないようにした。

#### 図 4：実験Ⅴ-1 模式図

吻側気管チューブより上気道へ向かって送気し、また経鼻チューブから上気道へ向かって送気した時の翼突咽頭筋の筋活動を記録した。

#### 図 5：実験Ⅴ-2 模式図

吻側気管チューブの先端を軟口蓋上に設置し、軟口蓋のチューブ周囲および口腔内にパッキングを施し、鼻腔内のみに内圧が上昇するようにした。

SLN:上喉頭神経内枝

#### 図 6：実験Ⅴ-3 模式図

吻側気管チューブの先端を声門上部に固定し、声門下部、鼻腔、食道、口腔にパッキングを施し、口腔咽頭内のみに内圧が上昇するようにした。

#### 図 7：実験Ⅴ-4 模式図

吻側気管チューブの先端を声門下部に固定し、声門上部にパッキングを施し、声門下部のみに内圧が上昇するようにした。

#### 図 8 : 実験 V-5 模式図(1)

上喉頭神経、反回神経を温存したまま、喉頭蓋、内喉頭筋、輪状、甲状軟骨をつけ、一塊として喉頭を摘出し喉頭内に送気した (a)。

摘出喉頭へカフ付きチューブを挿入し、チューブの位置は喉頭中央より尾側 (b)と吻側(c)に設置した。

RLN : 反回神経

#### 図 9 : 実験 V-5 模式図 (2)

摘出喉頭でバルーンを声門下(a)および声門上(b)で膨らませ、内壁圧を上昇させた。

#### 図 10 : 実験 I 結果

A; 負荷呼吸時の口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋活動の筋電図と気流および呼吸曲線の経時的変化

B; グラフ上段 : 負荷呼吸時の経口、経鼻気流量の経時的変化(n=4)

グラフ下段 : 負荷呼吸時の口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋筋活動量の経時的変化(n=4)

翼突咽頭筋は安静時より筋活動を認め、負荷呼吸開始 1 分後には有意な増大が認められた (Paired t-test:  $P < 0.05$ )。経口気流は口蓋帆挙筋の活動が認められる前より出現するのが認められた。

#### 図 11 : 実験 II 結果

A; 安静呼吸、送気時の口蓋帆挙筋、翼突咽頭筋筋電図と経鼻、経口気流の様相

B; 送気量に対する経鼻気流量の変化（成犬二匹）

送気量を横軸に、経鼻気流量を縦軸にプロットした。送気の開始とともに経鼻気流が出現し、経口気流が出現するまでは送気量と経鼻気流量は比例関係が認められた（Pearson's correlation coefficient test:  $P < 0.05$ ）。送気量が平均  $292.66 \pm 83.49 \text{ ml/sec}$  を越えると経口気流が出現し、その後は送気量が増加するにも関わらず、経鼻気流量は一定となった。

#### 図 12：実験Ⅲ結果

A; 口蓋帆挙筋切断前後の経鼻気流量の経時的変化

B; 口蓋帆挙筋切断前後の経鼻気流に対する経口気流量の経時的変化

C; 翼突咽頭筋切断前後の経鼻気流量の経時的変化

D; 翼突咽頭筋切断前後の経鼻気流に対する経口気流量の経時的変化

口蓋帆挙筋切断によって経鼻気流量に対する経口気流量の比率はに口蓋帆挙筋活動開始期において有意に減少した（ $n=7$ ）（Wilcoxon signed-ranks test :  $p < 0.05$ ）。一方、翼突咽頭筋切断によって経鼻気流量に対する経口気流量の比率は口蓋帆挙筋活動開始期において有意に増加した（ $n=7$ ）（Wilcoxon signed-ranks test :  $p < 0.05$ ）。

#### 図 13：実験Ⅳ結果

A; 口鼻呼吸時の翼突咽頭筋の安静時および負荷呼吸時の筋電図

B; 上気道気流の無い時（気管切開下）の翼突咽頭筋の安静時および負荷呼吸時の筋電図

C; 翼突咽頭筋活動振幅の気流の有無による比較

上気道気流の有無に関わらず、安静および負荷呼吸時に、翼突咽頭筋は呼気相に phasic な筋活動が観察されたが、上気道気流の存在下では筋活動の振幅は上気道気流の無い場合と比較して有意に増大するのが認められた(paired t-test:  $P<0.05$ )。

図 14：筋電図の積分波形と気流曲線の 1 分間の重ねあわせ図

A; 気管切開下、安静呼吸時（上気道気流無し）

B; 気管切開下、負荷呼吸時（上気道気流無し）

C; 口鼻呼吸、安静呼吸時（上気道気流有り）

D; 口鼻呼吸、負荷呼吸時（上気道気流有り）

trigger：気流曲線の呼気の開始

上気道の有無に関わらず、安静時、負荷呼吸時とも呼気の開始とともに翼突咽頭筋の筋活動が開始し、呼気の終わりとともに筋活動も消失した。またその持続時間についても上気道気流の有無により差異は認めなかった。

図 15：実験 V-1 結果

A; 上気道尾吻側方向の気流が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

B; 上気道吻尾側方向の気流が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

尾吻側方向の気流に対してのみ翼突咽頭筋活動の振幅は著しい増大を認めた。

図 16: 実験V-2～V-4 結果

A; 鼻腔内圧の上昇が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

B; 口腔咽頭内圧の上昇が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

C; 声門下圧の上昇が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

D; 2%リドカインゼリーを声門下部に塗布した影響

E; 上喉頭神経内枝切断による影響

声門下圧上昇時のみ翼突咽頭筋活動の振幅増大が認められたがこの増大は、  
リドカインゼリー塗布、上喉頭神経内枝切断により消失した。

図 17: 実験V-5 結果

A; 摘出喉頭内気流(尾吻側方向)が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

B; 摘出喉頭内気流(吻尾側方向)が翼突咽頭筋筋活動に与える影響

C; 摘出喉頭内チューブの位置による翼突咽頭筋筋活動への影響（尾側 1/2  
に気管チューブを挿入し、尾吻側方向へ送気）

D; 摘出喉頭内チューブの位置による翼突咽頭筋筋活動への影響（吻側 1/2  
に気管チューブを挿入し、尾吻側方向へ送気）

E; 摘出喉頭内壁圧（声門下バルーン内圧上昇）上昇が翼突咽頭筋筋活動に  
与える影響

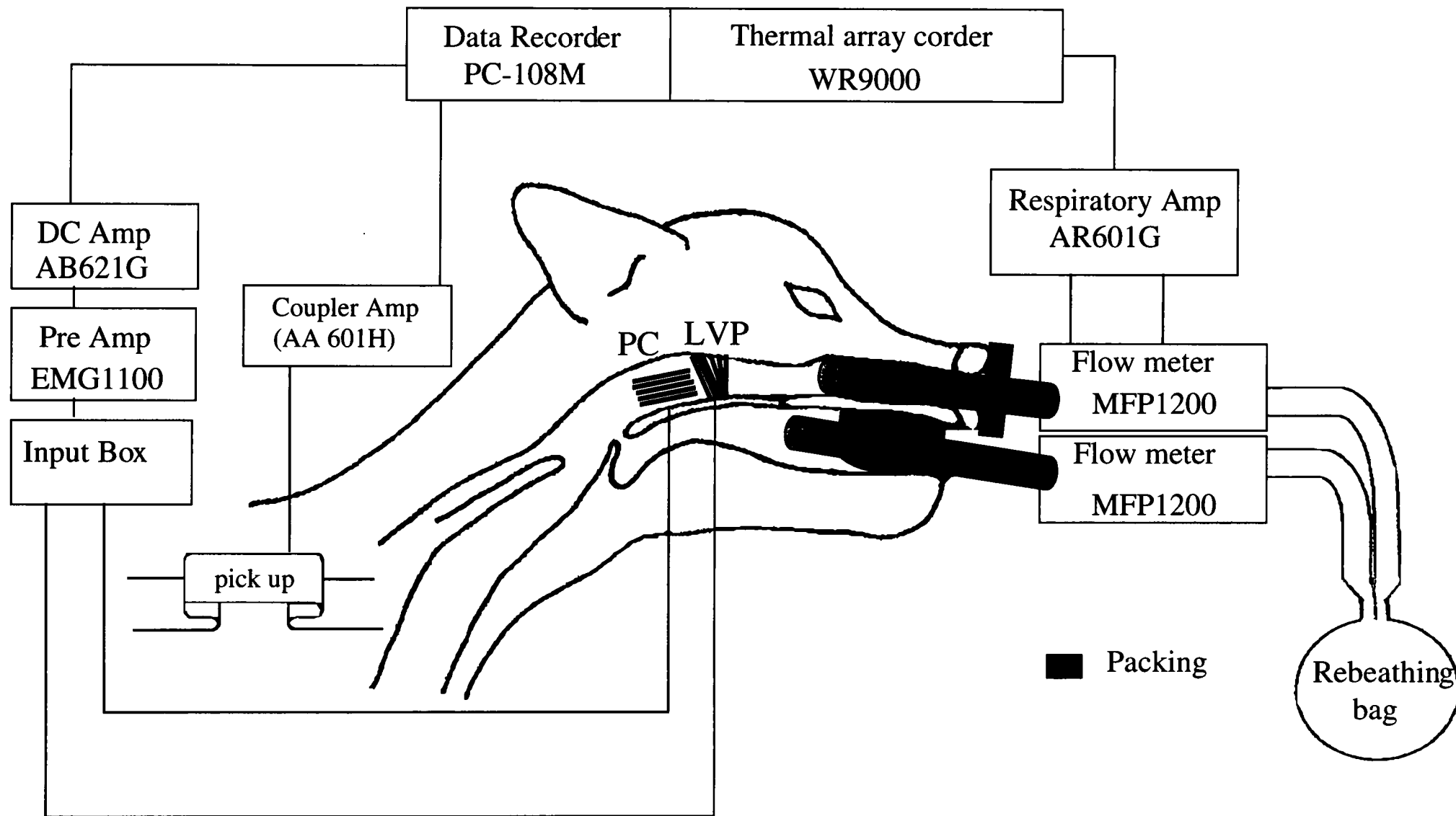
F; 摘出喉頭内壁圧（声門上バルーン内圧上昇）上昇が翼突咽頭筋筋活動に  
与える影響

摘出喉頭にても尾吻側方向の気流に対して翼突咽頭筋筋活動の振幅増大を認

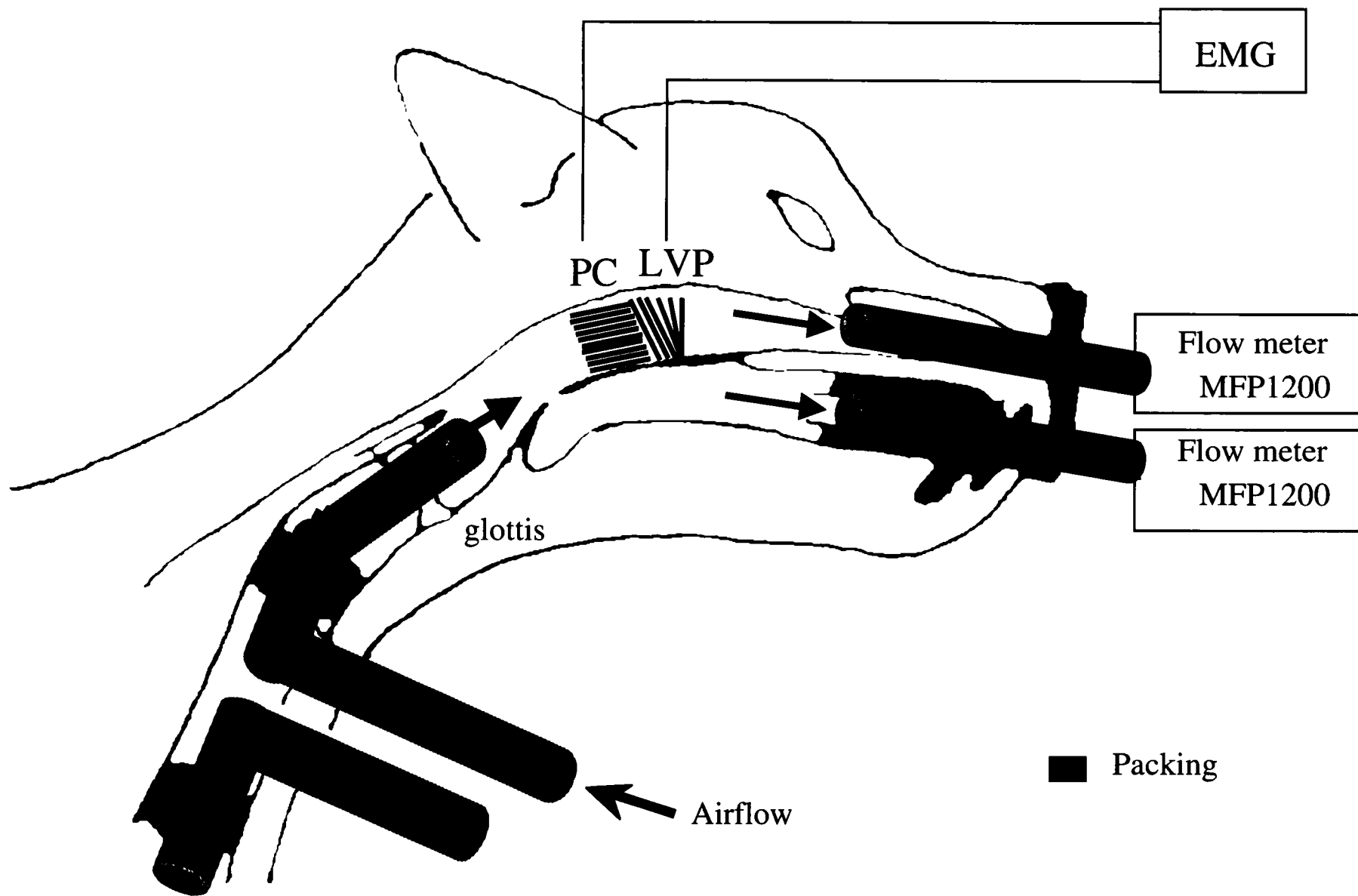
め、それは、声門直下に圧がかかることにより増大するのが観察された。

LVP : Levator veli palatini muscle

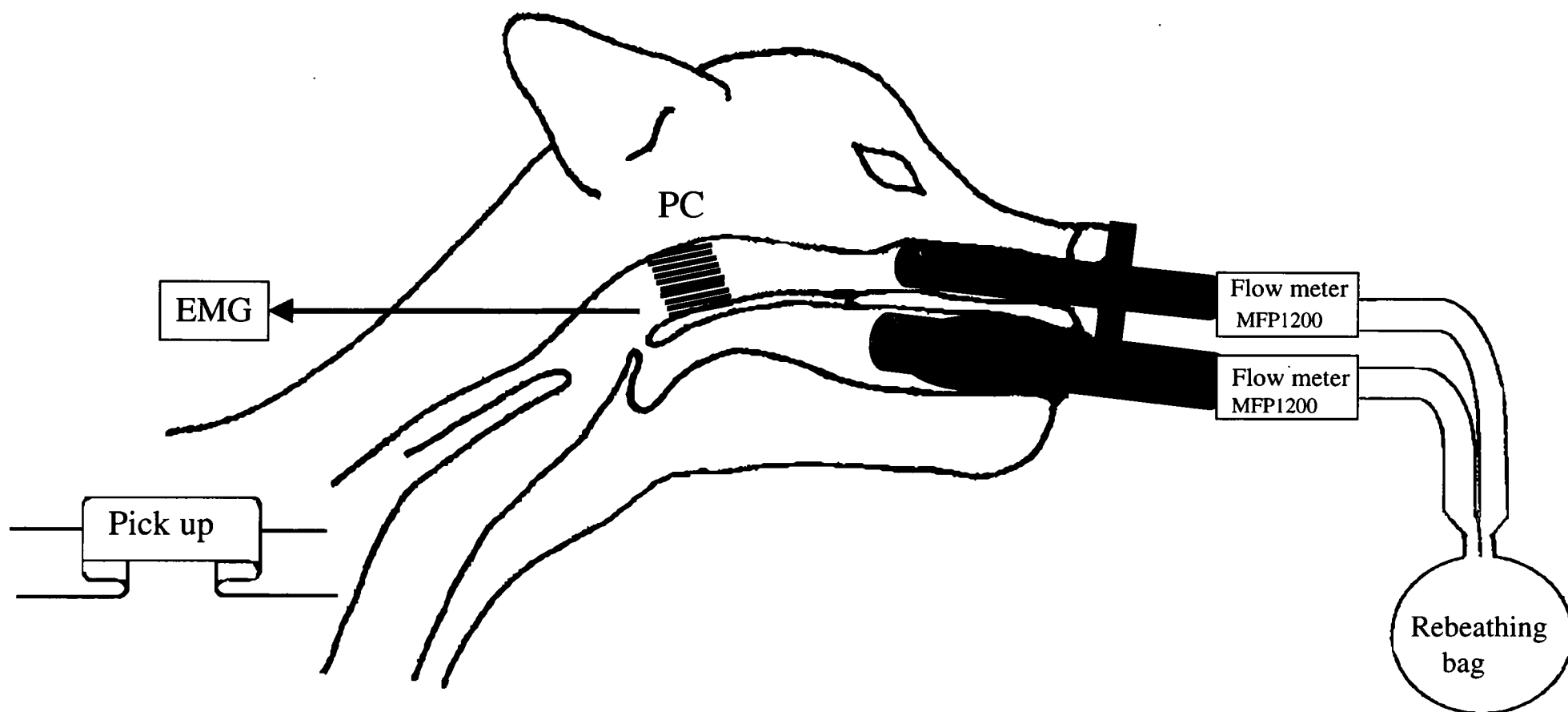
PC : Pharyngeal constrictor muscle



[図1] 実験 I 模式図

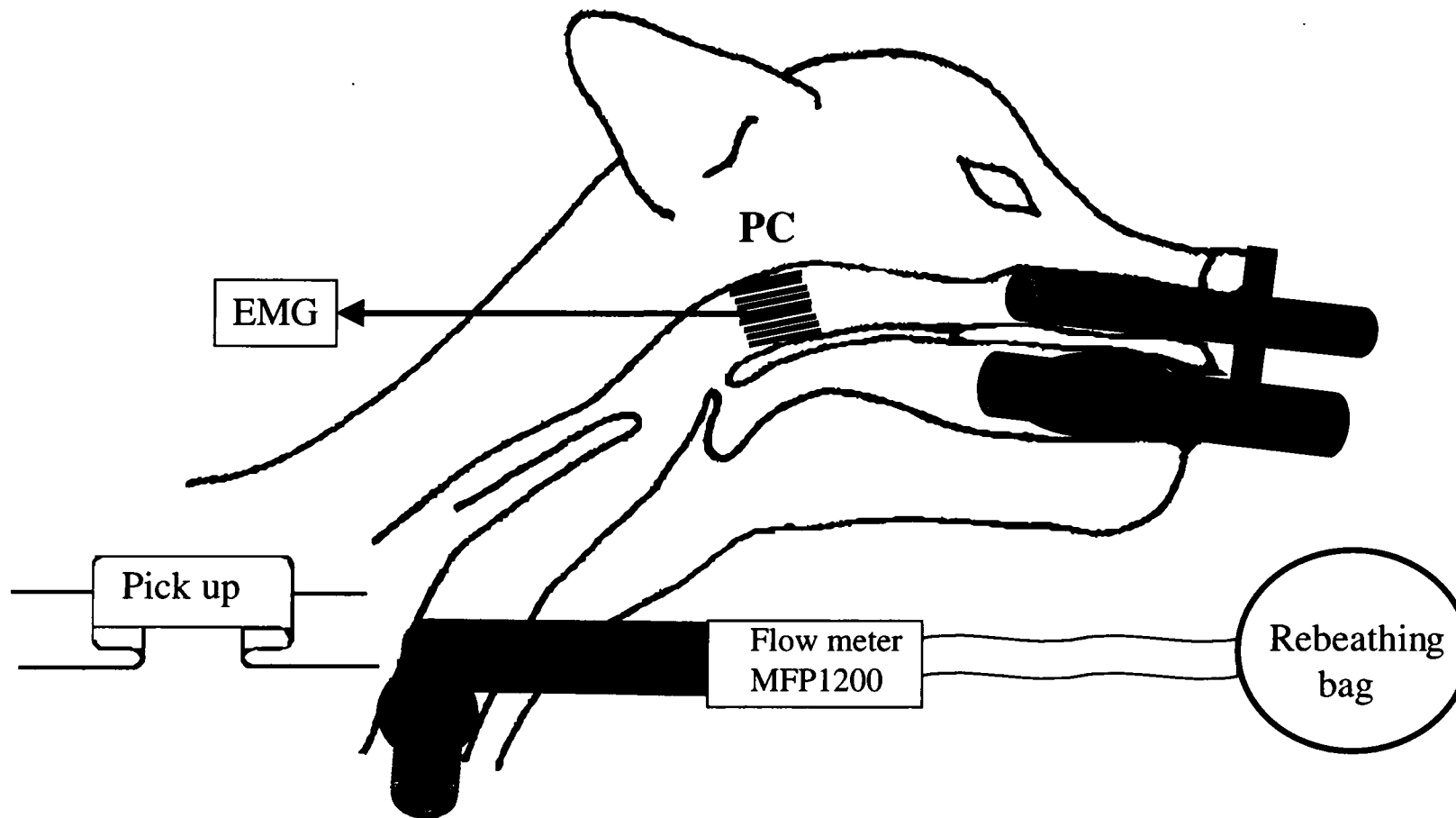


[図 2] 実験Ⅱ 模式図



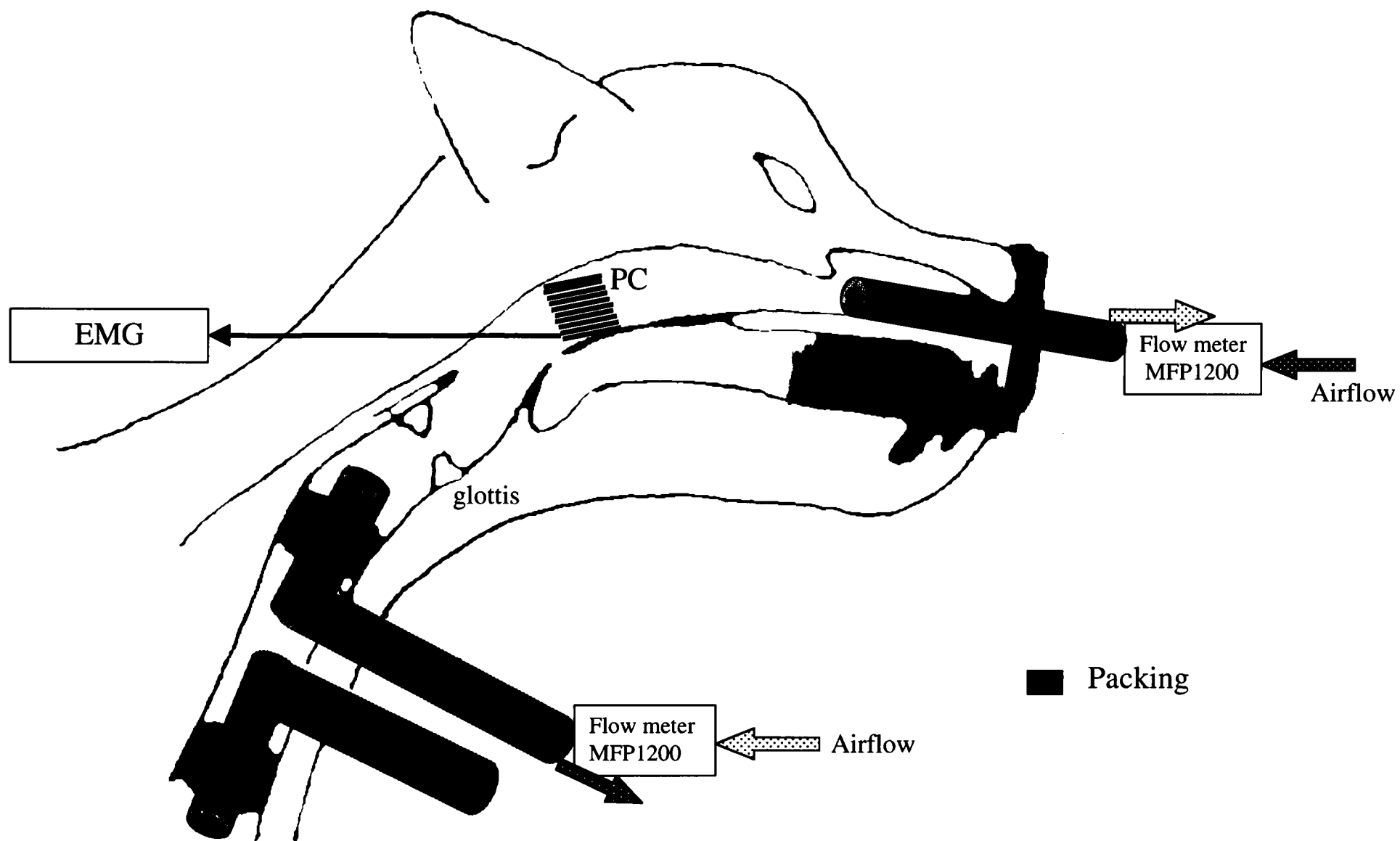
**part 1** 口鼻呼吸（上気道気流有り）

〔図 3 a〕 実験Ⅳ模式図

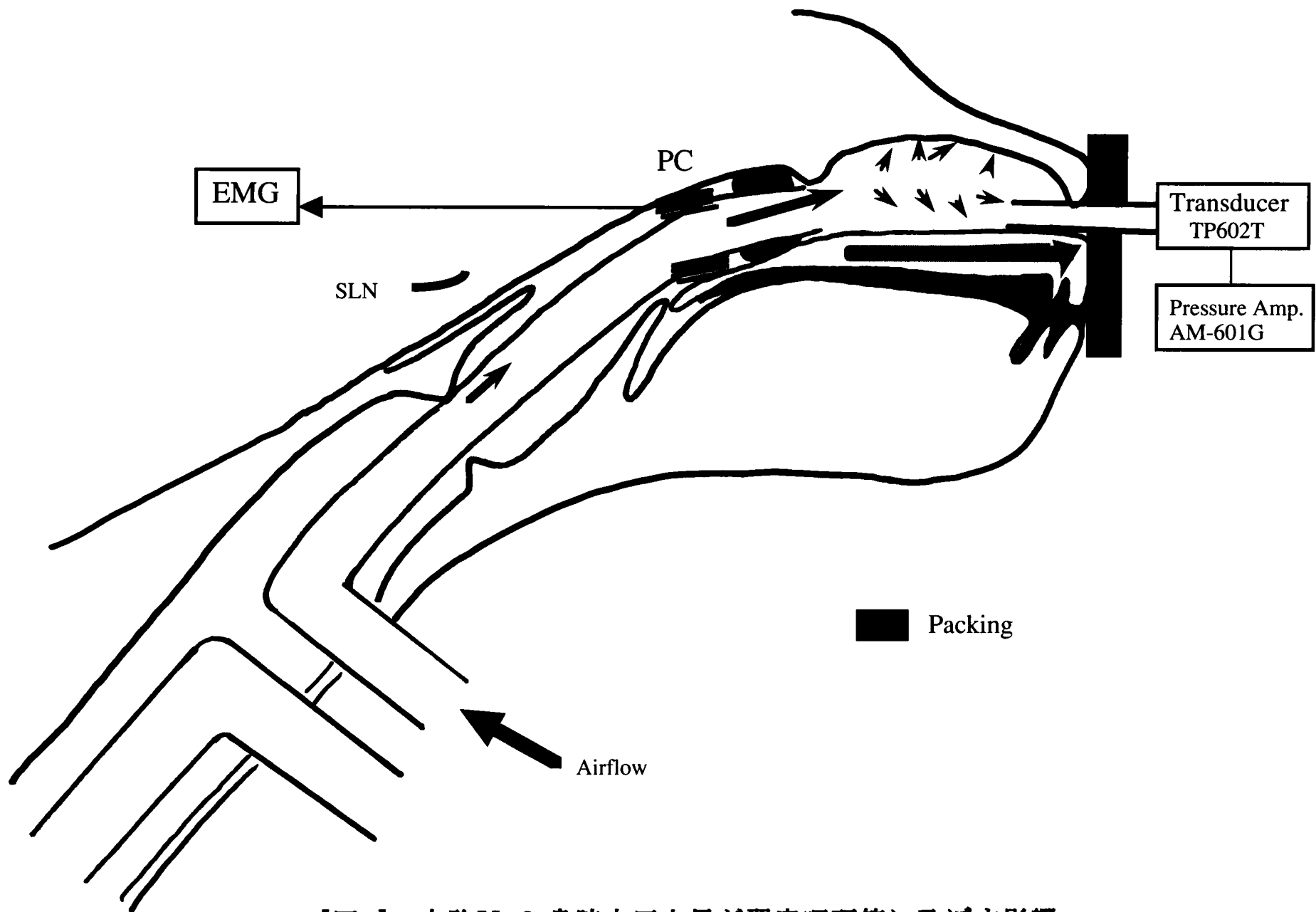


**part 2** 気管切開下呼吸 （上気道気流無し）

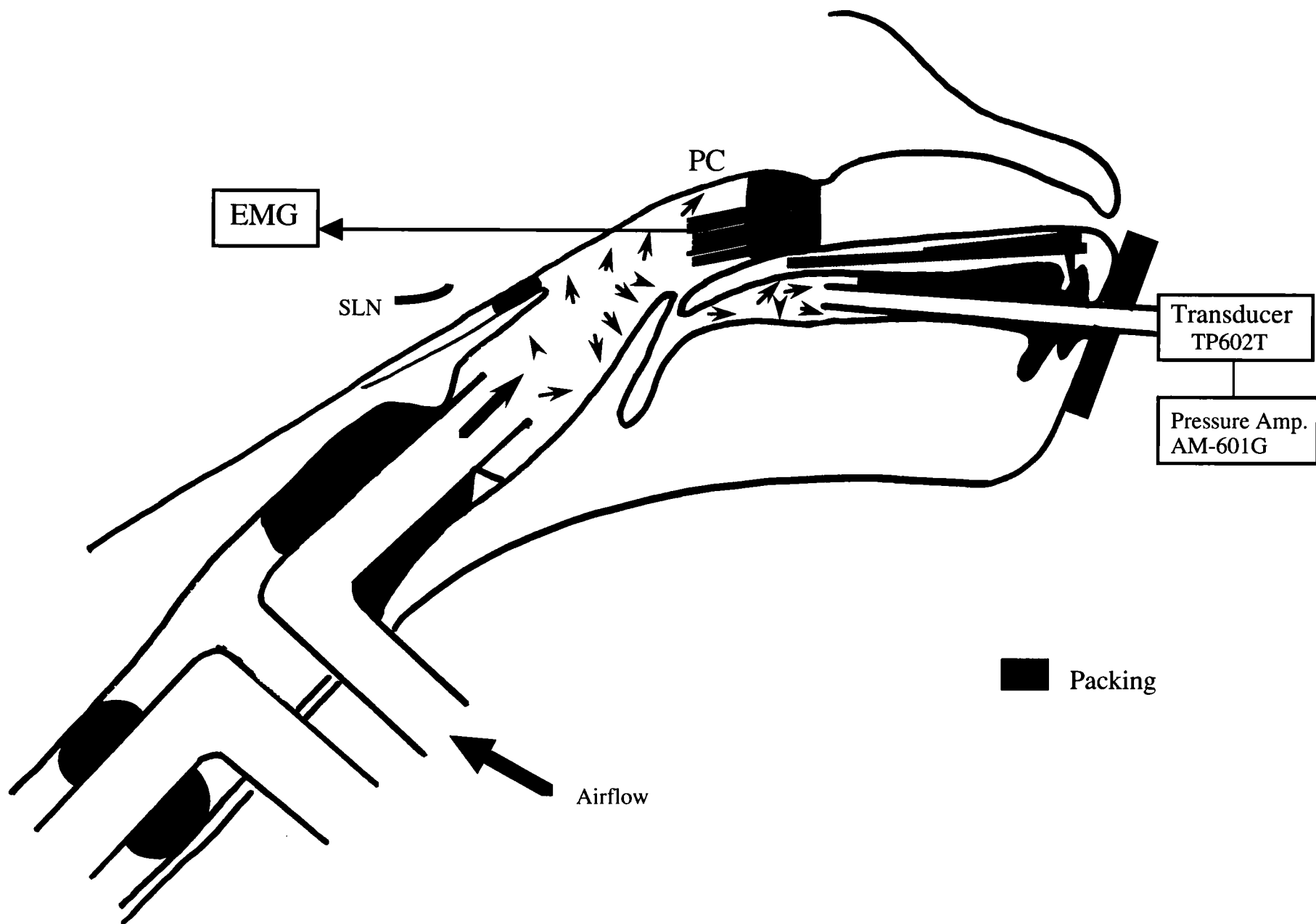
〔図 3 b〕 実験Ⅳ模式図



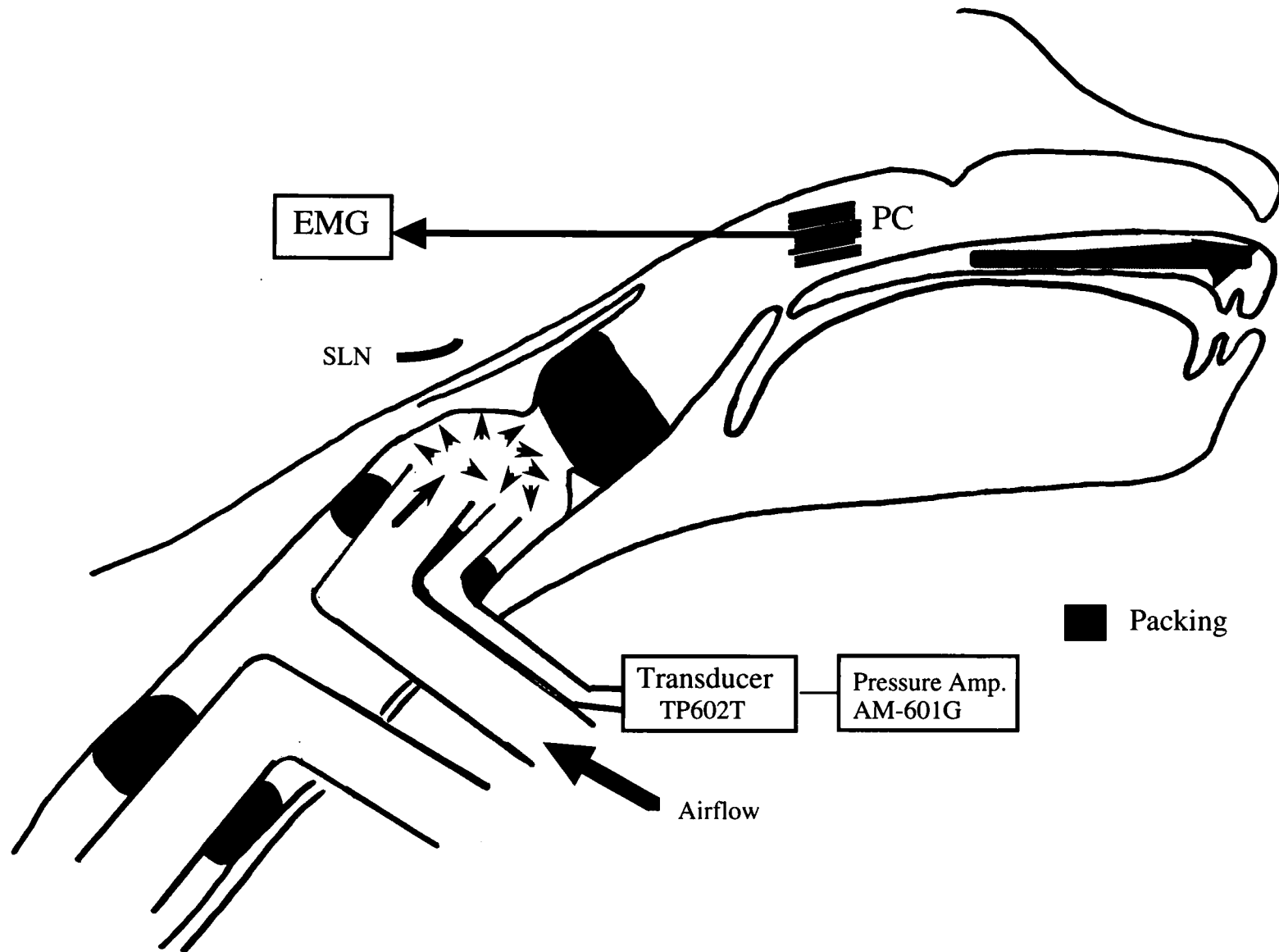
[図 4] 実験 V-1 模式図（上気道内気流が翼突咽頭筋に及ぼす影響）



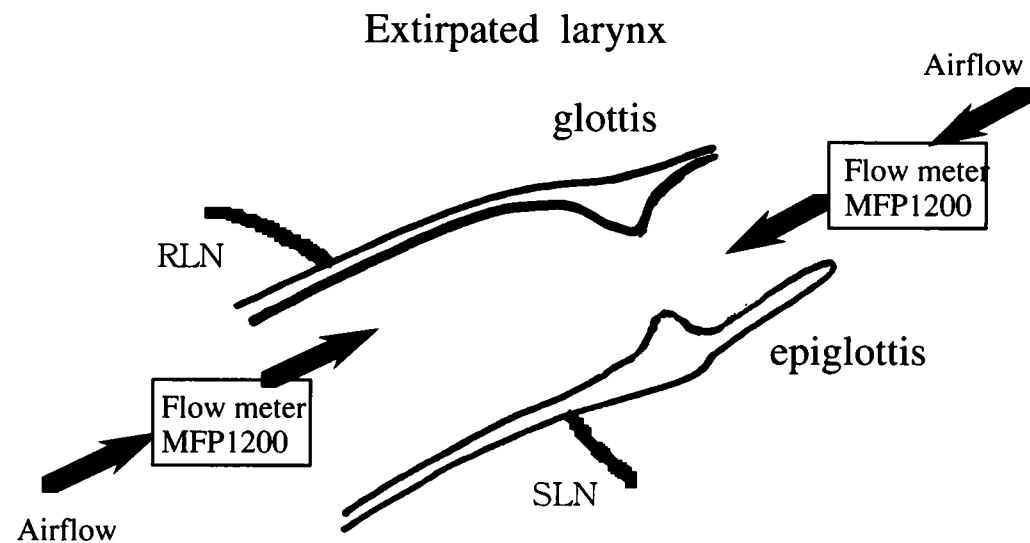
〔図5〕 実験V-2 鼻腔内圧上昇が翼突咽頭筋に及ぼす影響



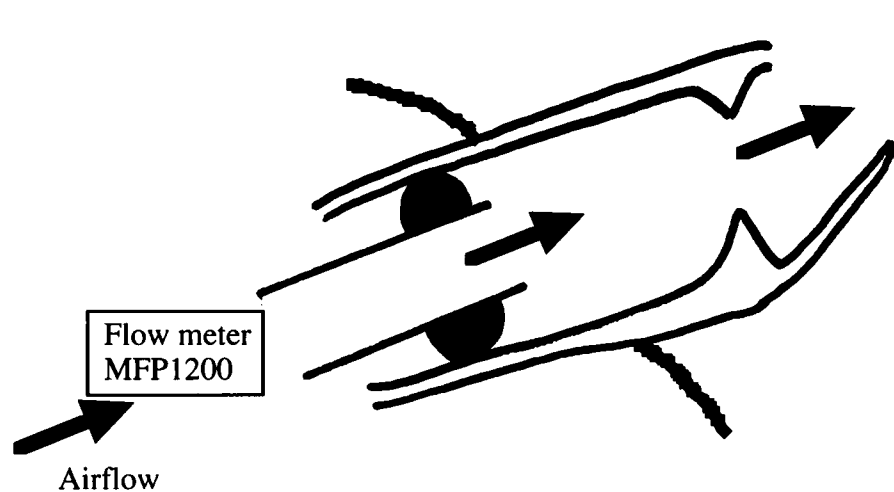
〔図6〕 実験V-3 口腔咽頭内圧上昇が翼突咽頭筋に及ぼす影響



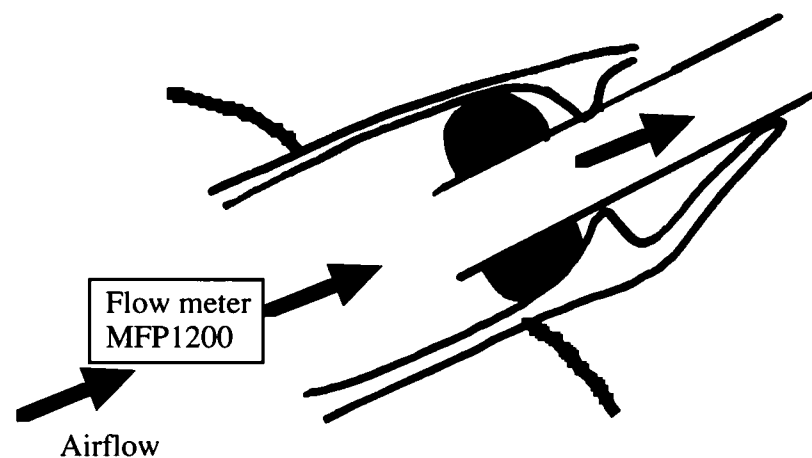
[図7] 実験V-4 声門下圧上昇が翼突咽頭筋に及ぼす影響



a. 摘出喉頭へ送気（吻尾側方向および尾吻側方向）

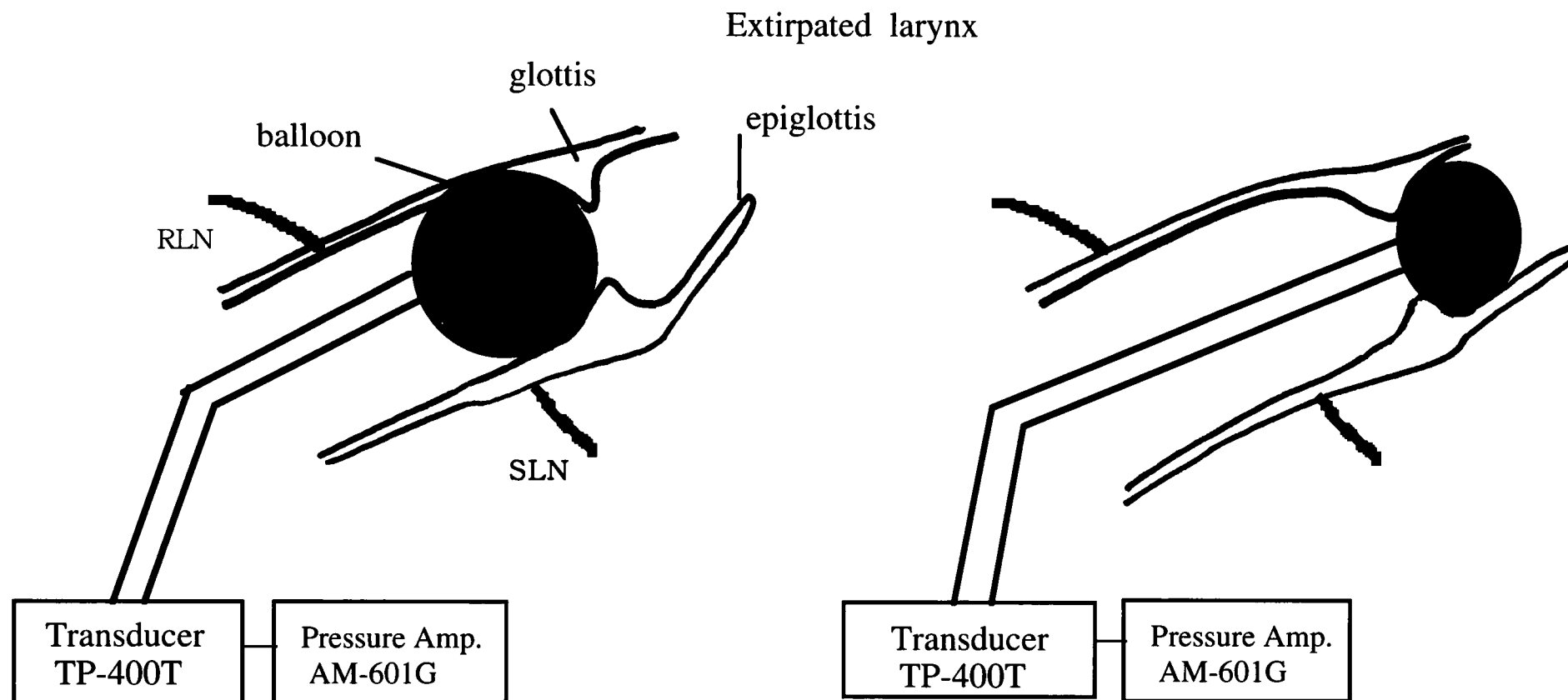


b. 尾側 1 / 2 チューブ挿入(尾吻側方向へ送気)  
(声門下部に気流が当たる条件)



c. 吻側 1 / 2 チューブ挿入（尾吻側方向へ送気）  
(声門下部に気流が当たらない条件)

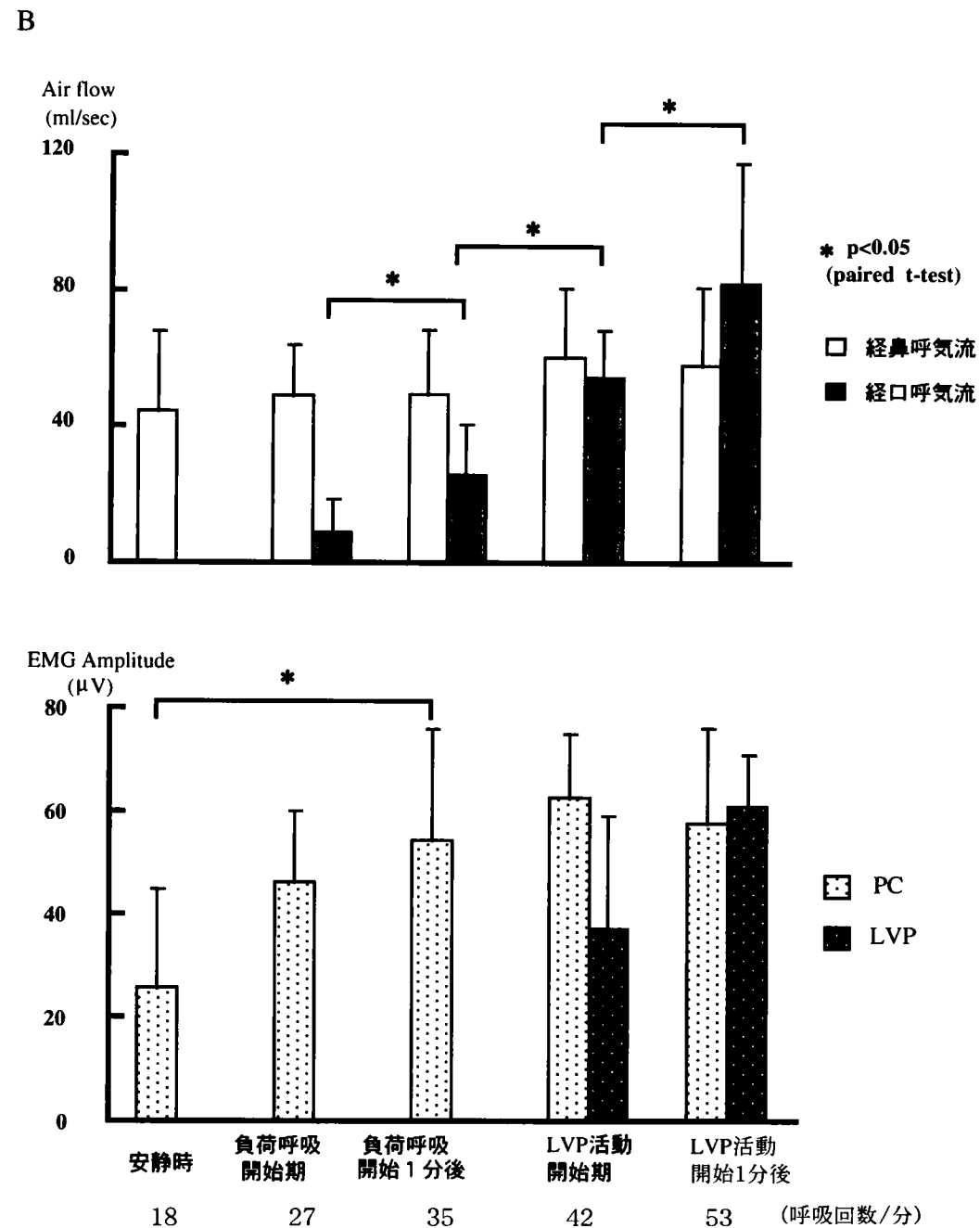
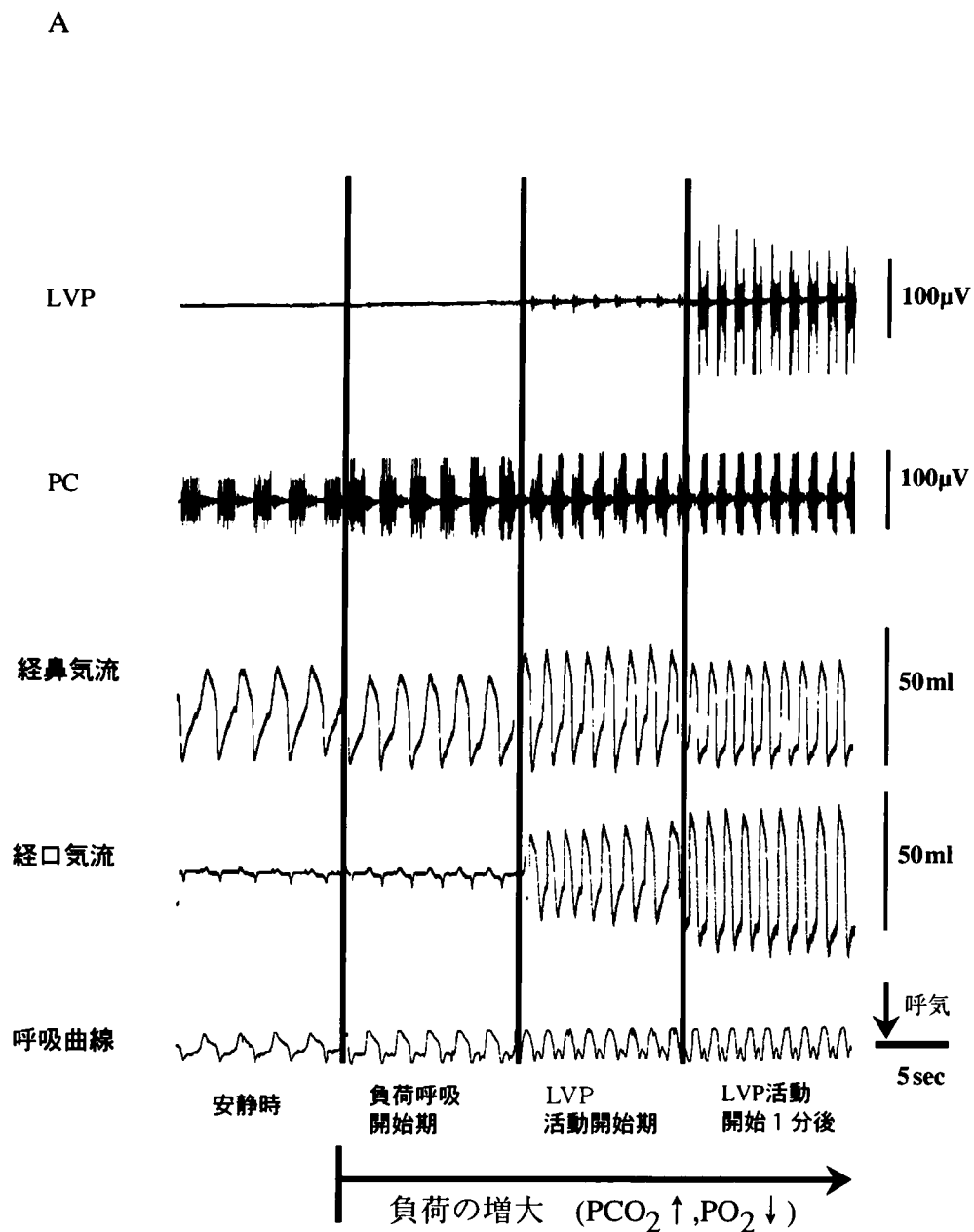
[図8] 実験 V-5 模式図 (1) 摘出喉頭内チューブの位置による翼突咽頭筋への影響

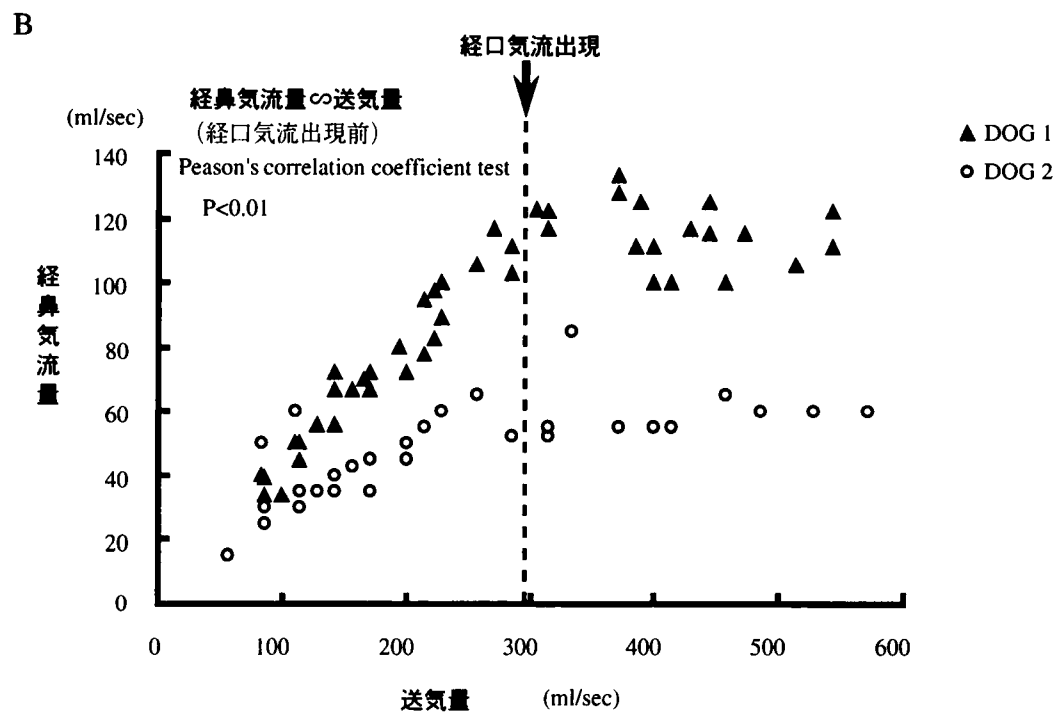
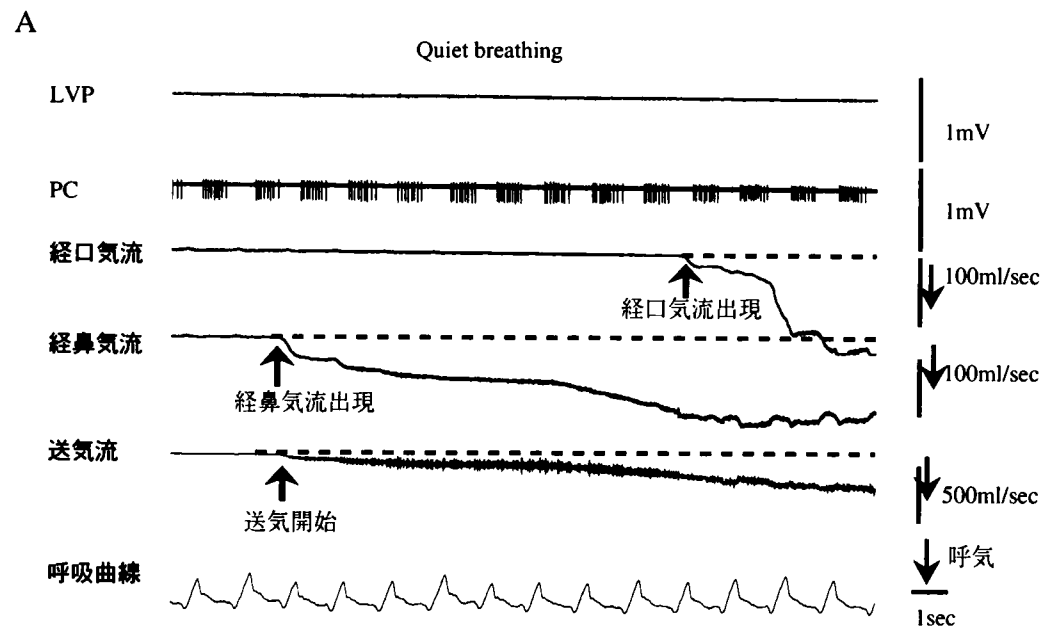


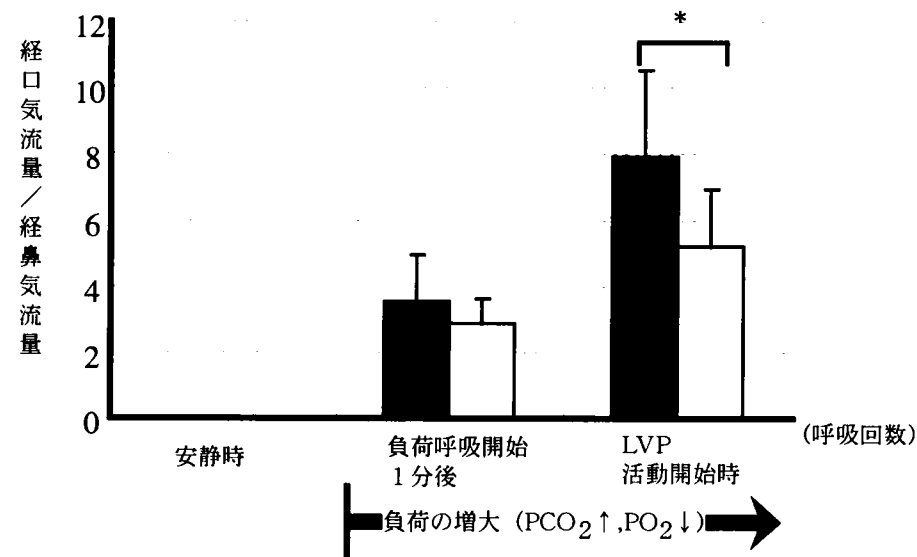
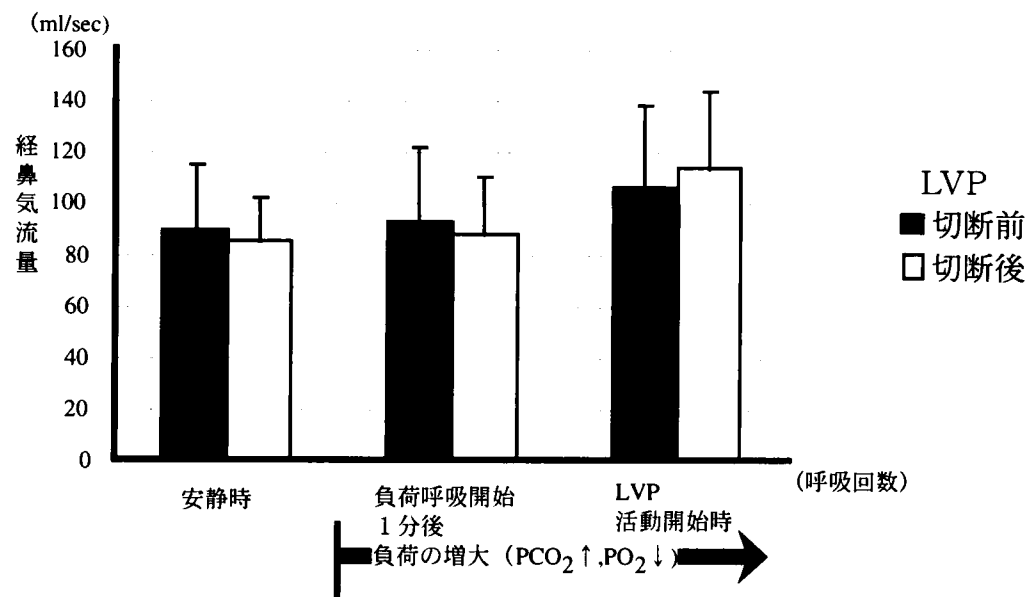
a. 声門下内壁圧上昇

b. 声門上内壁圧上昇

〔図9〕 実験V-5模式図(2) 摘出喉頭内壁圧上昇による翼突咽頭筋への影響

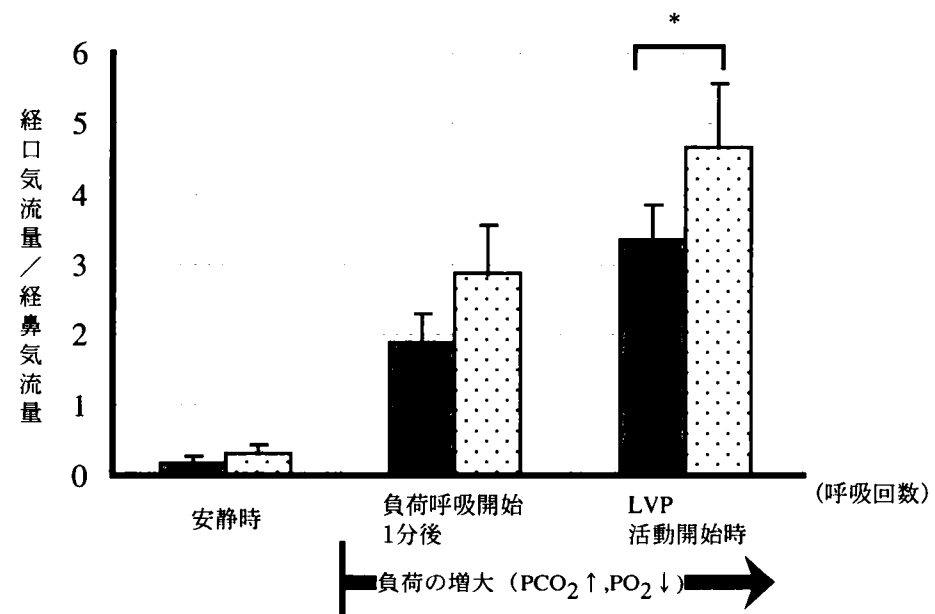
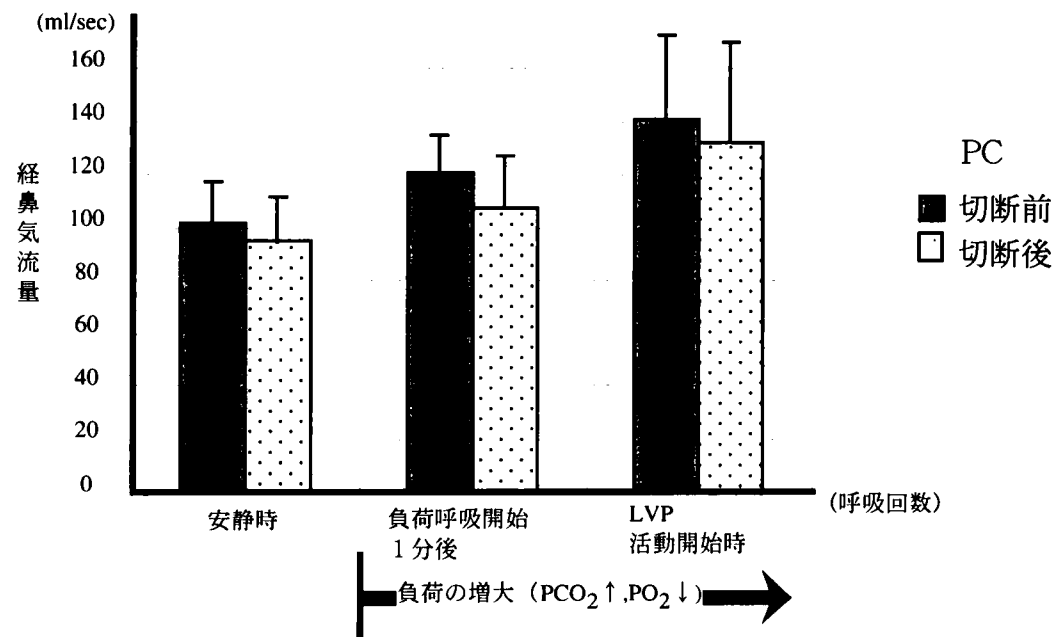


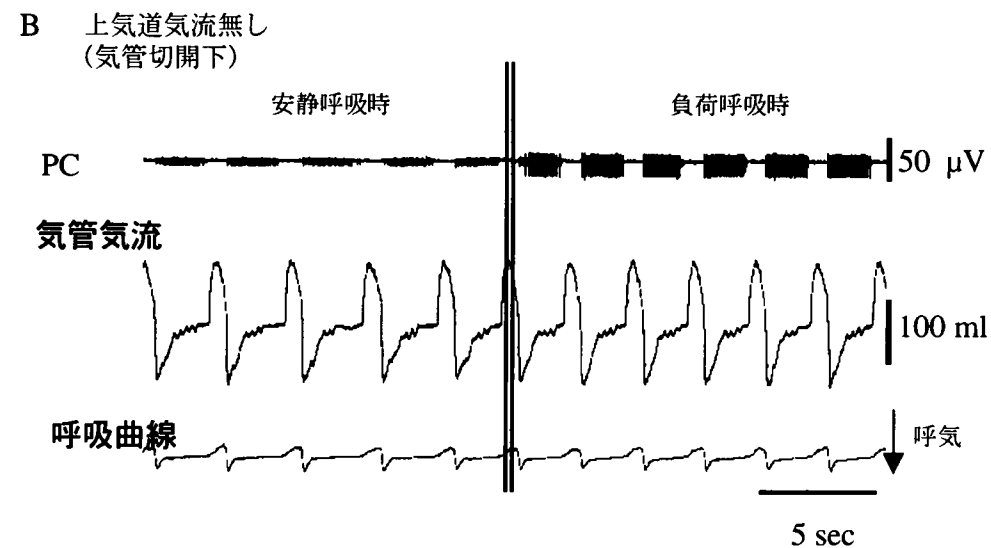
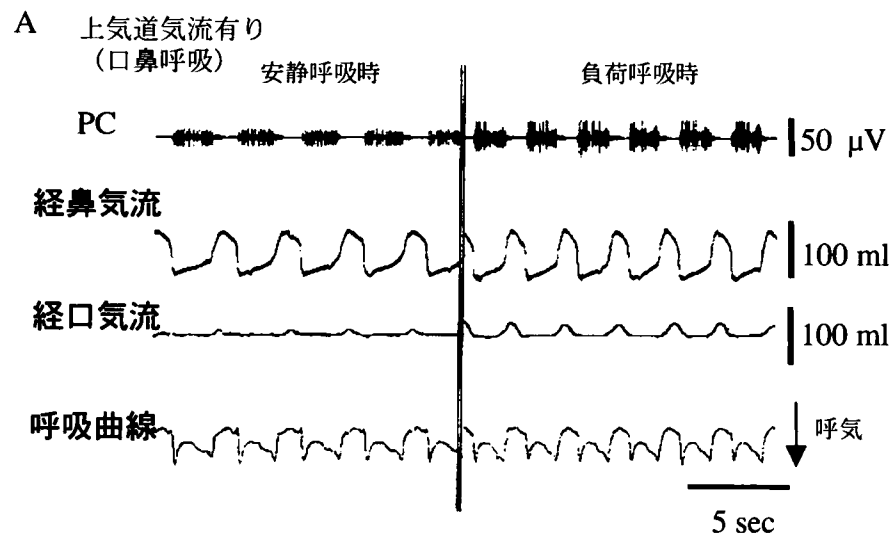




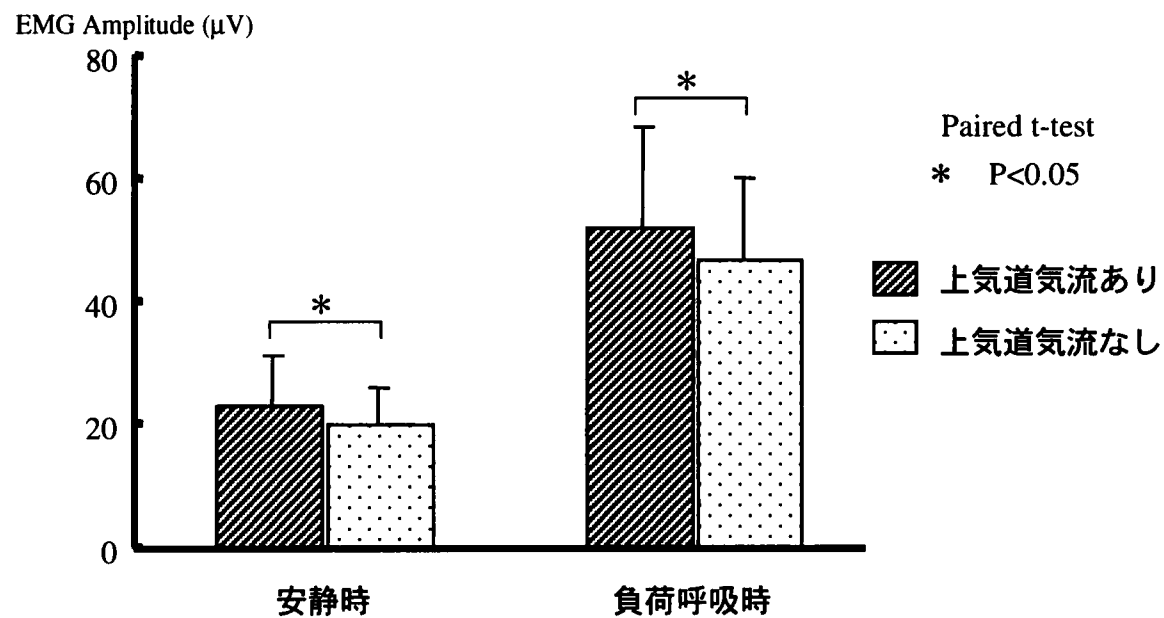
\* : Wilcoxon signed-ranks test :  $p < 0.05$

C

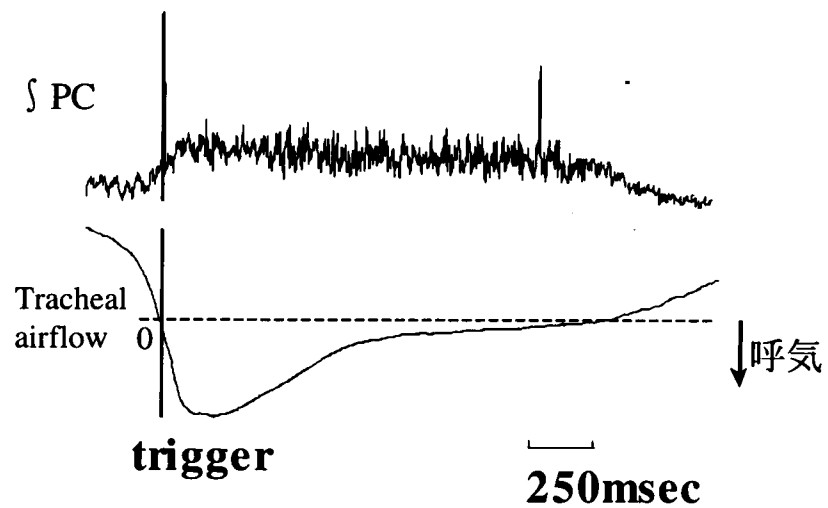




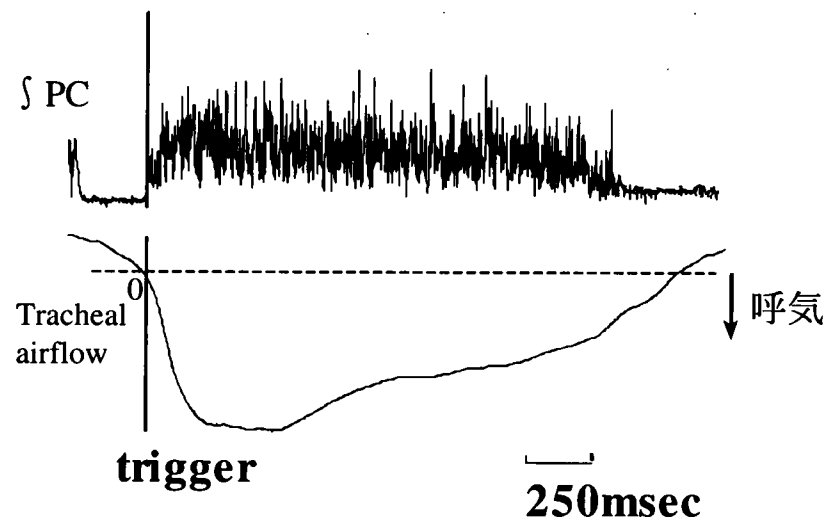
**C** 翼突咽頭筋筋活動振幅の気流の有無による比較



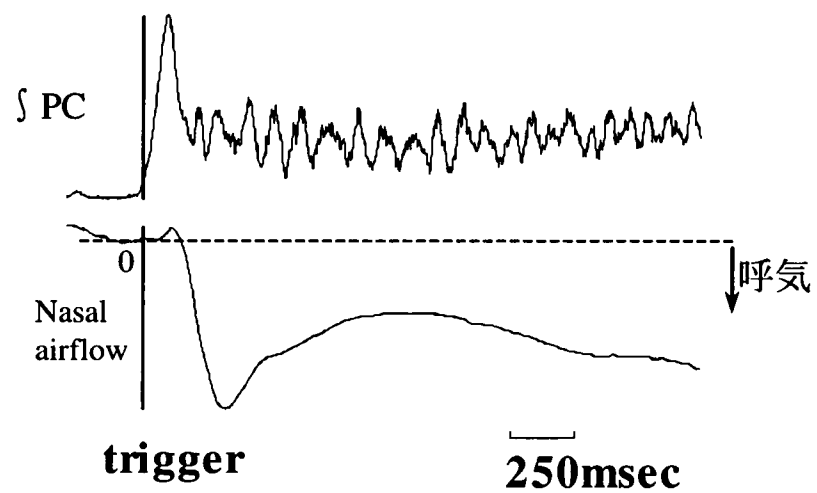
**A** 上気道気流無し、安静呼吸時



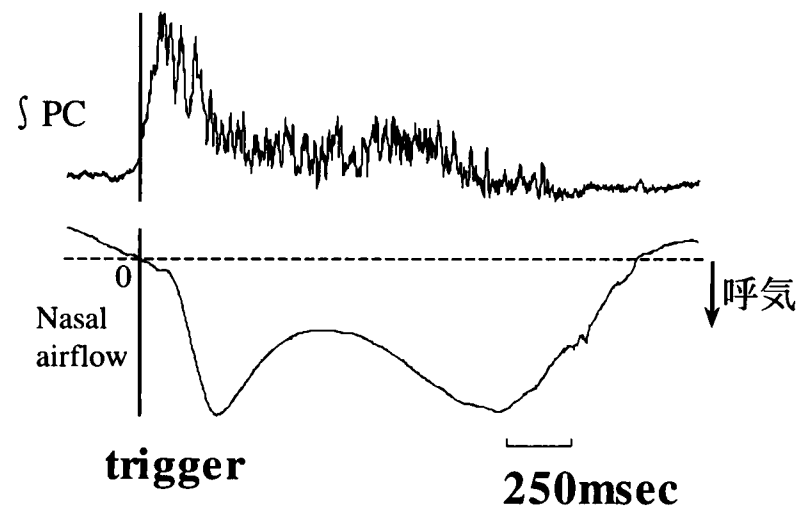
**B** 上気道気流無し、負荷呼吸時

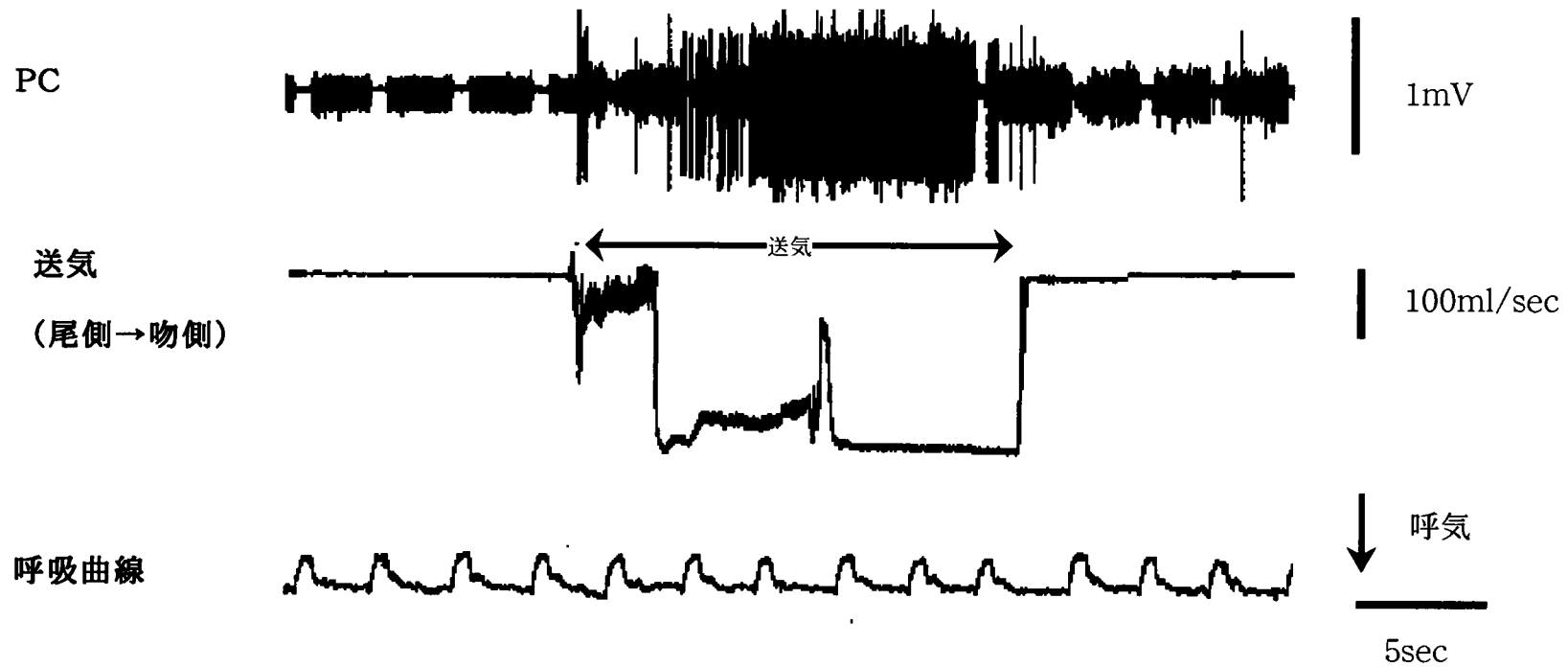


**C** 上気道気流有り、安静呼吸時

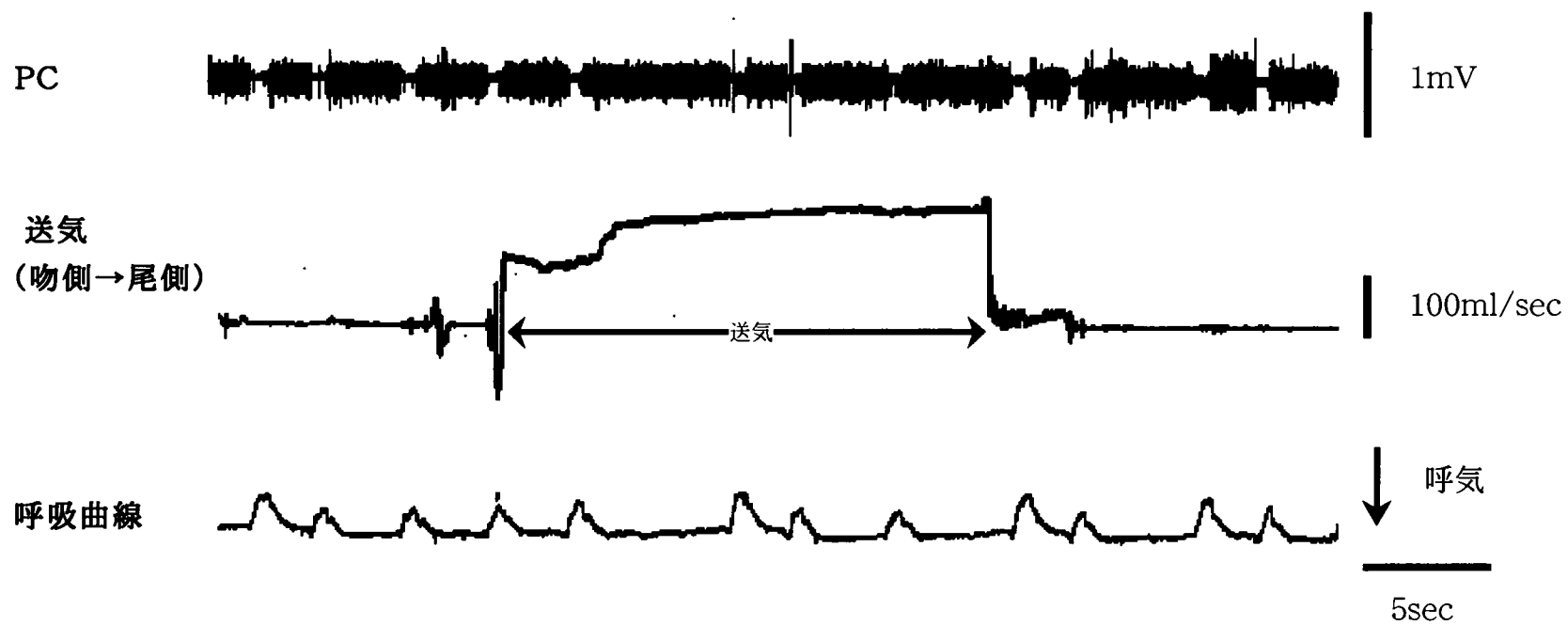


**D** 上気道気流有り、負荷呼吸時

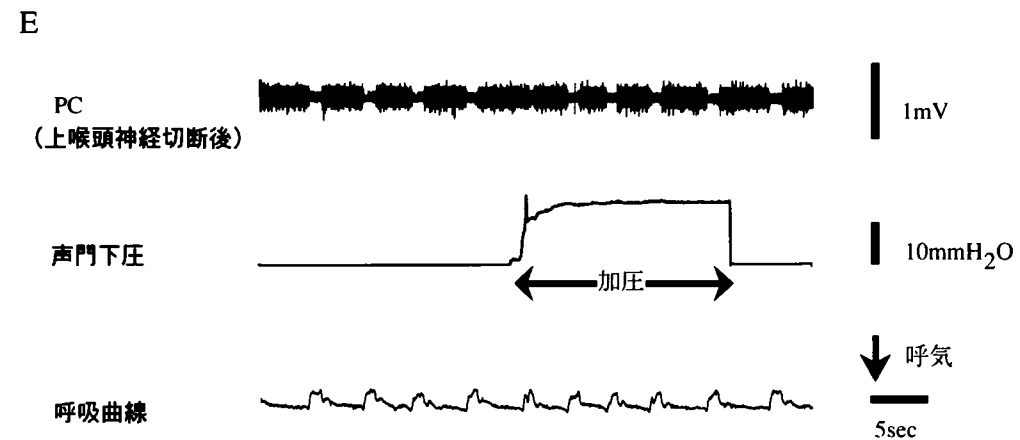
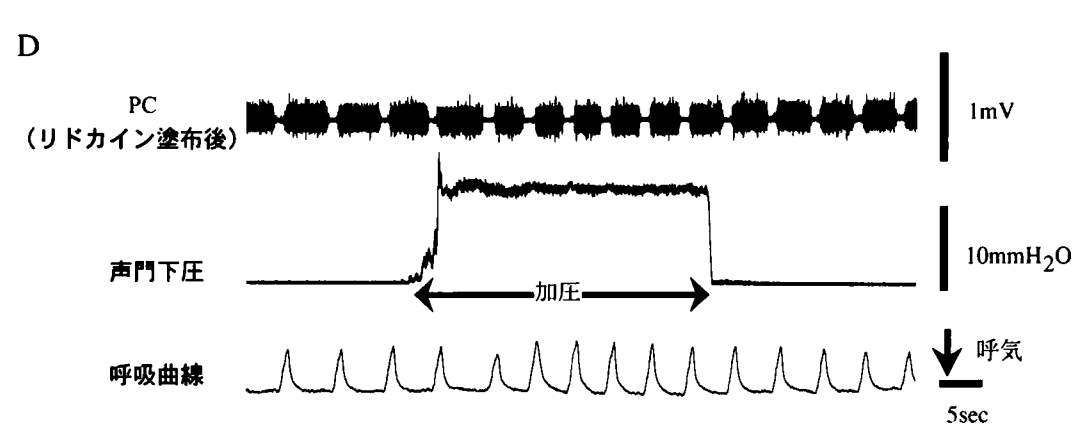
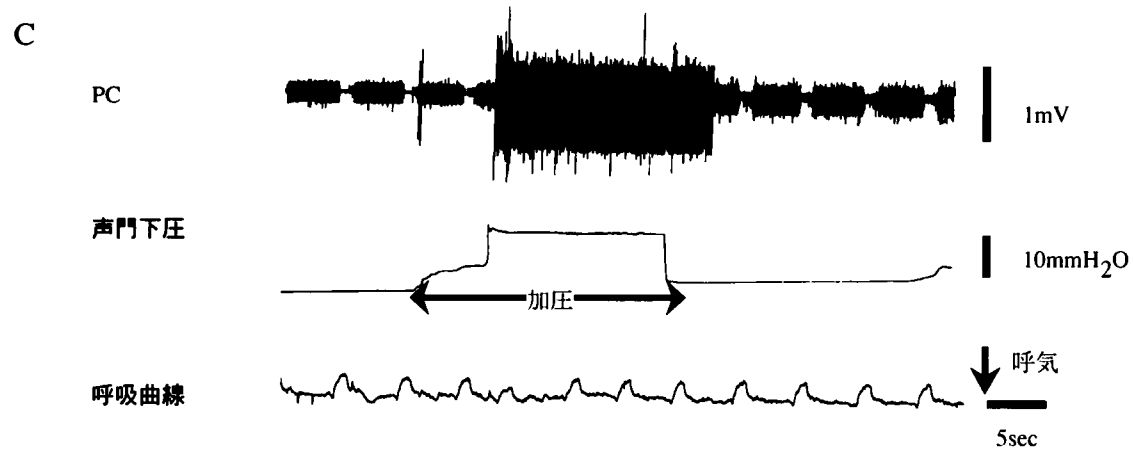
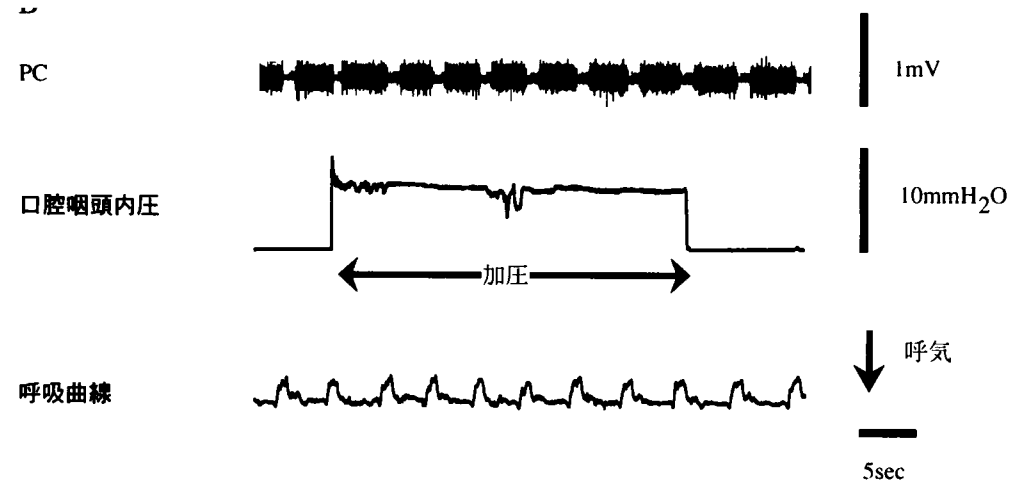
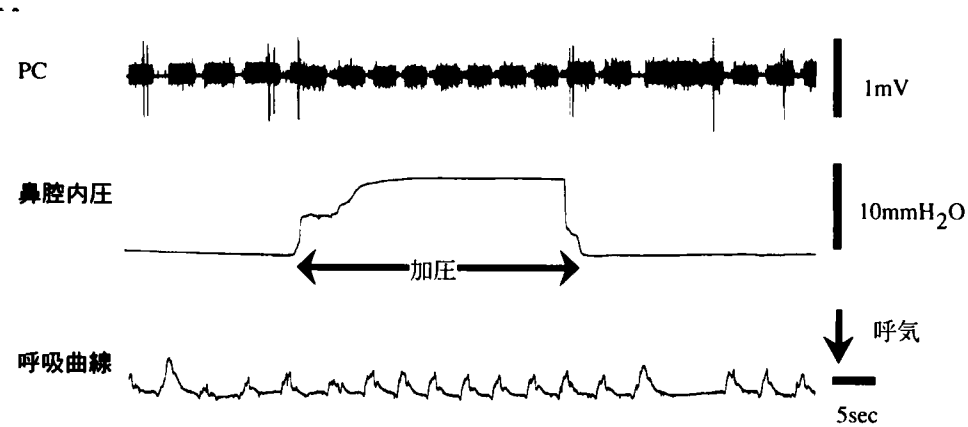




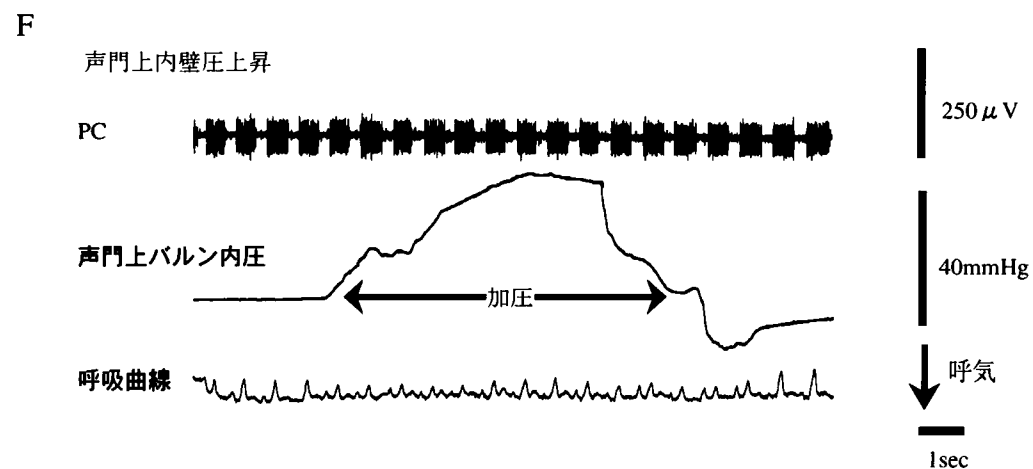
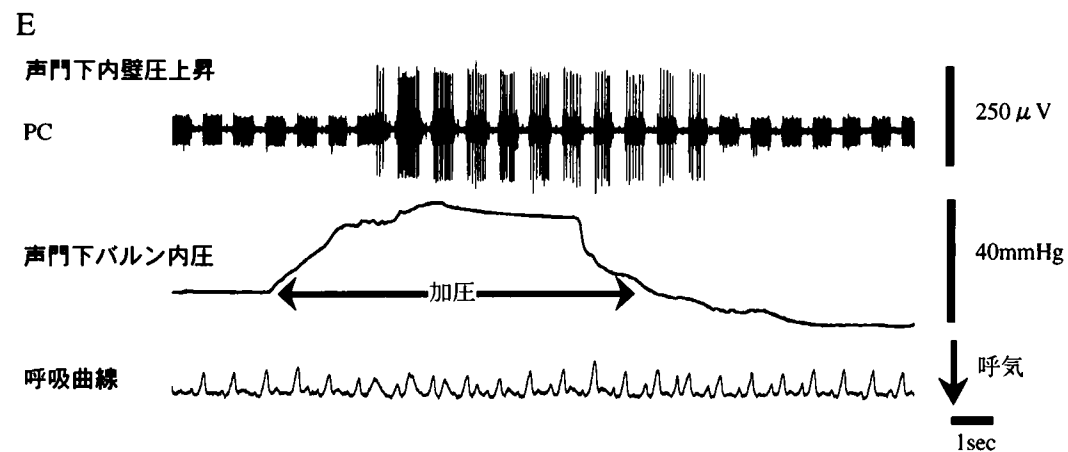
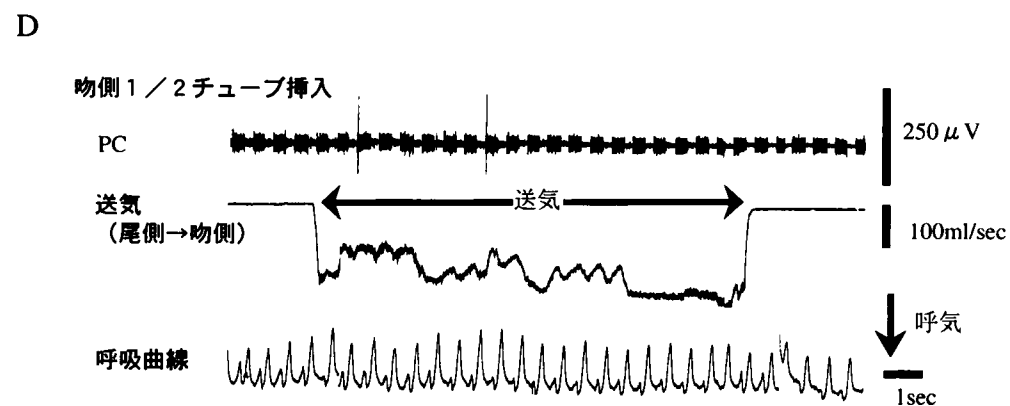
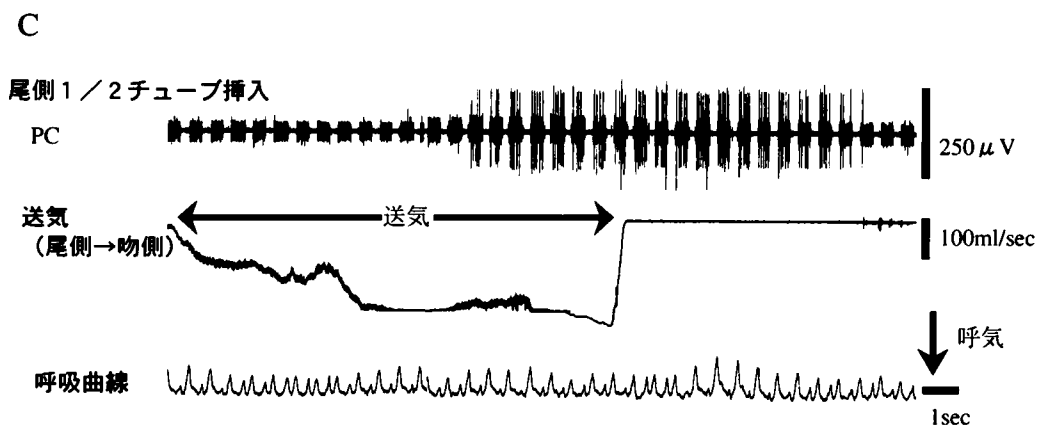
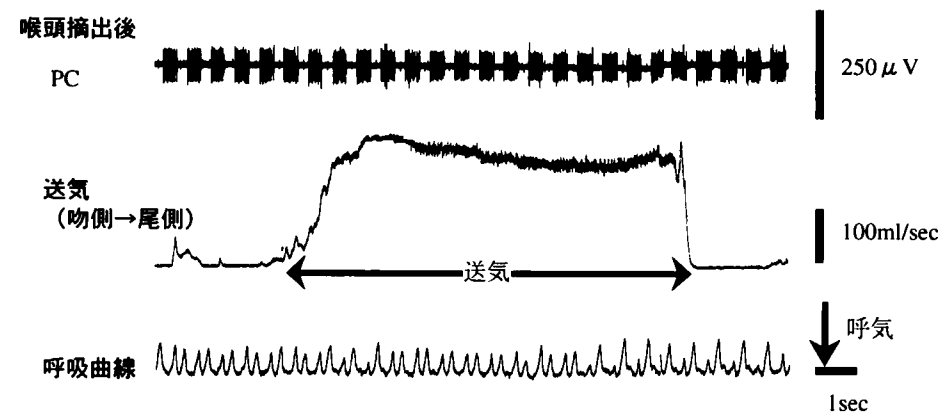
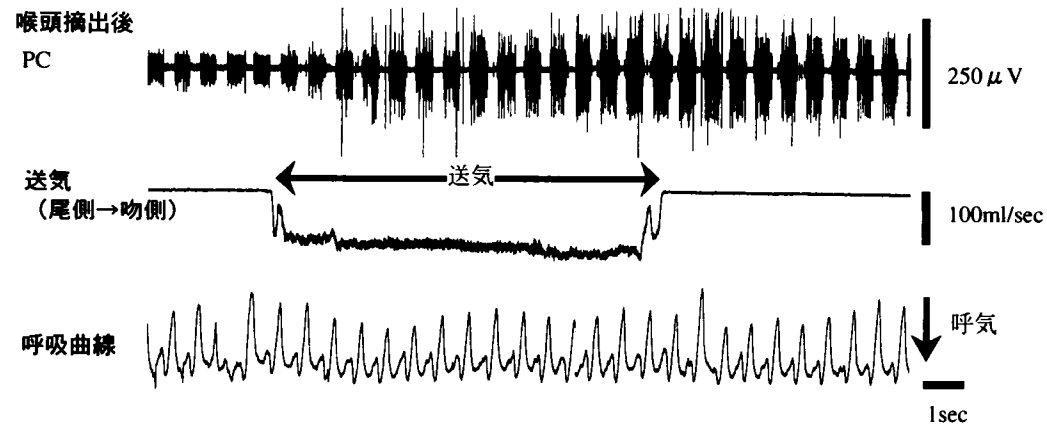
B



[図15]



[図16]



[図17]