

顔面領域での反射性副交感神経を介した血管拡張反応について

和泉博之*

はじめに

もし、皮膚末梢血管の神経支配の研究を始めようとする、その部位を支配している神経を電気刺激した時の血流の変化(増大, 減少)をまず検討し、その後、自律神経受容体の遮断剤の効果を検討することにより、目的とする血管がどのような自律神経支配を受けているかを推定する方法が行われる。例えば、手指であると橈骨神経、正中神経や尺骨神経を、後肢であると坐骨神経や伏在神経を刺激している。しかしながらその方法では幾つかの問題点があり、皮膚血管の神経支配を正確に理解するのは不可能である。本総説では我々のネコ顔面領域、特に口唇(歯肉)の血管の神経支配に関する実験を紹介しながらその理由を説明する。

神経刺激による血管反応

動物実験で顔面領域の皮膚表面はヒトとは異なり殆ど毛でおおわれているため口唇や歯肉等に限られる。口唇や歯肉の血管を支配している下歯槽神経を神経標本として用いた例を示す。血流の測定はレーザードップラー血流計を用いて行った。図1に実験の概略を示した。下歯槽神経は下歯槽管より実体顕微鏡下で単離後末梢性に電気刺激(5 Hz, 2 ms, 30-100V, 3 sec)した。図2は56匹のネコで表れた血流の変化とその出現割合を示したものである¹⁾。血管拡張反応のみ、収縮後拡張反応、収縮反応のみが表れるのがそれぞれ、80, 13, 7%であった。このように神経刺激によ

る血流の変化は必ずしも同一の反応を示さない。拡張反応と収縮反応の表れた反応系に対して交感神経アドレナリン α 受容体(フェントラミン)やヒスタミンH₁受容体抑制剤(トリペレナミン)、セロトニン受容体抑制剤(メチセルジド)による効果を示したのが図3である。拡張反応に対しては自律神経系抑制剤(フェントラミン、プロプラノロール、アトロピン、ヘキサメソニウム)は全く効果がなくヒスタミン-H₁セロトニン、サブスタンスP受容体抑制剤により有意に抑制される。しかしそれらの抑制の割合はわずかである。一方収縮反応に対してはアドレナジック α 受容体の拮抗剤フェントラミンにより完全に抑制される。

これまでは、この結果から自律神経は収縮反応を起こす時のみ交感神経収縮神経が関与しているが、拡張反応には全く関与していないと結論づけてきた。しかし本当だろうか、図4に示したのが下歯槽神経中に含まれる神経で口唇(歯肉)の血管拡張反応に影響を与える神経である。大きく三本の神経が存在している。即ち感覚神経、交感神経、副交感神経である。感覚神経すべての神経が血管拡張するのではなく侵害性C線維(一部A δ 線維も含めて)がいわゆる逆伝導性血管拡張反応を起こす^{2,3)}。ヒト皮膚ではこの線維の興奮によって軸索反射性血管拡張反応が起こり、発赤反応が起こると考えられている⁴⁻⁶⁾。次に交感神経であるがこの神経は近年血管収縮線維のみでなく血管拡張線維の存在も多くの組織で報告されている^{8,9)}。もう一つは副交感神経であり、種々の腺組織(顎下腺、鼻粘膜等)では血管拡張線維の存在が多数報告されている¹⁰⁻¹²⁾。しかしながら、口唇(歯肉)等での副交感神経性血管拡張線維の存

*東北大学歯学部生理学教室

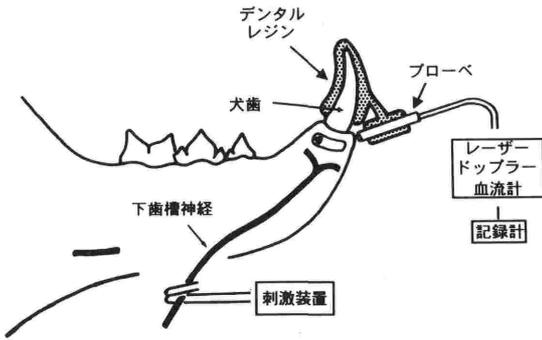


図1 ネコ口唇(歯肉)血流測定方法と下歯槽神経の電気刺激の模式図。

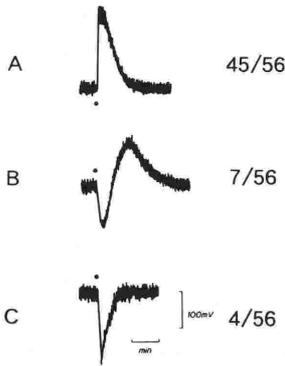


図2 56匹中のネコで下歯槽神経刺激(5Hz, 2msec, 30-100V, 3sec)によって出現する口唇(歯肉)血流の変化。

在については我々が近年明らかにしたのみに過ぎない。このように、下歯槽神経中に血管反応に影響を与えそうな神経は三種類あり、少なくとも四つの異なったタイプの血管反応を起こす可能性が考えられる。この三本の神経に共通していることは、すべてC線維という非常に細い線維である。この事は電気刺激をする際にどの神経も閾値が非常に高いために刺激強度を変えることによって選択的に神経を区別して刺激することができない。即ち、電気刺激をするとすべての神経が興奮してしまう。これら血管運動神経の伝達物質が明かにされているのは交感神経の血管収縮線維のノルアドレナリンのみで他の線維については現在のところ、未だ確定していないという実状である。化学伝達物質が明白でないため、特異的拮抗物質もはっきりしていない。このため、拮抗物質の抑制などから血管反応の機序を推定することができない。上記の四つの血管運動神経を選択的に興奮する

方法として電気刺激強度による方法や拮抗物質による方法が不可能であるとすれば、1) 感覚神経の侵害性C-線維を特異的に興奮させるキャプサイシンを神経に塗布して逆伝導性血管拡張反応を起こす方法、2) 副交感神経が脳幹から出すぐの部位(神経根部)や頸部交感神経を電気刺激する方法、さらに3) 末梢性あるいは中枢性に刺激して反射的に興奮を起こし、血管運動神経中のいずれかの血管拡張線維を選択的に活性化させる方法等を考えなければならない。

キャプサイシン塗布による血管拡張反応

図5は図2で下歯槽神経を電気刺激した時のA) 拡張反応のみ、B) 収縮と拡張反応、C) 収縮反応のみの血管反応を起こす時に、それぞれの下歯槽神経標本に直接キャプサイシン(1%)を塗布した効果とそれ以後に再度電気刺激した時の反応を示したものである²⁾。キャプサイシンによる血管拡張反応の大きさには多少差はみられるがA)-C)のいずれの場合でもキャプサイシンにより血管拡張反応が起こる。キャプサイシン塗布後、下歯槽神経を電気刺激すると拡張反応がみら

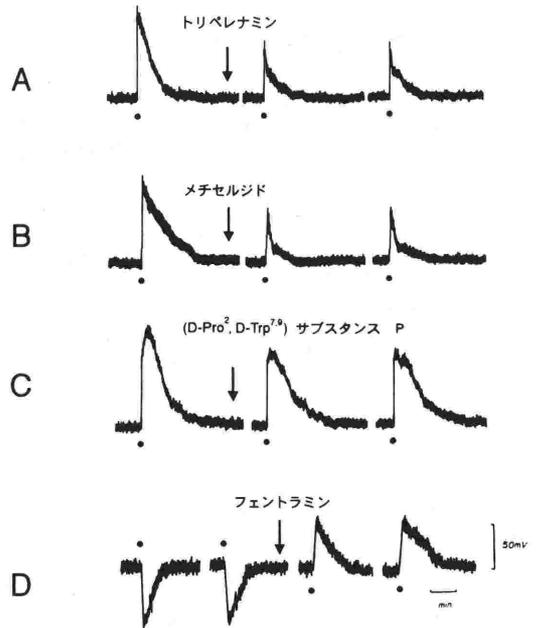
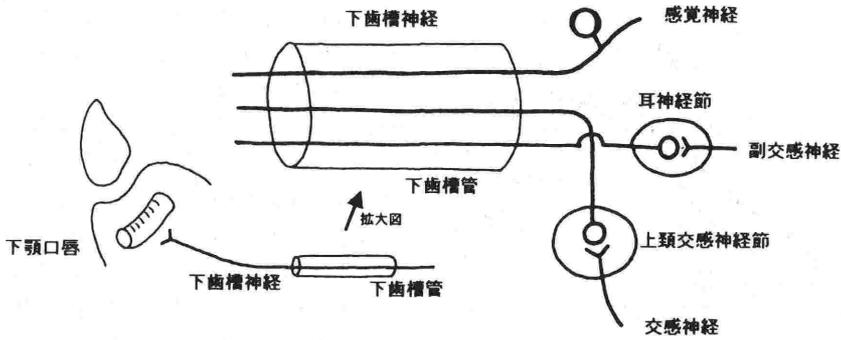


図3 図2で血管拡張反応(A-C)と収縮反応(D)に対するトリベレナミン(5mg/kg; A)、メチセルジド(0.5mg/kg; B)、(D-Pro², D-Trp^{7,9})-サブスタンスP(0.2mg/kg; C)、フェントラミン(1mg/kg; D)の効果。



下歯槽神経中に含まれる神経	血管反応に影響を与える神経線維の種類	神経伝達物質	拮抗物質
感覚神経	C-線維 (侵害性)	サブスタンスP CGRP → (血管拡張)	?
交感神経	C-線維	血管収縮線維: NA, NPY 血管拡張線維: ?	フェントラミン ? ?
副交感神経	C-線維	血管拡張線維: VIP, NO	?

CGRP: Calcitonin gene-related peptide; NA: Noradrenaline; NPY: Neuropeptide Y; VIP: Vasoactive intestinal peptide;
NO: Nitric oxide; ?: 不明瞭

図4 下歯槽神経に含まれる神経で血管反応に影響を与えとされる神経の、神経線維の種類、神経伝達物質拮抗物質について。

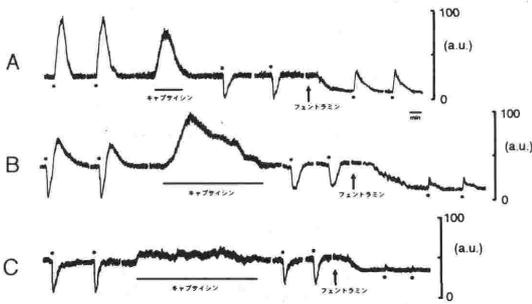


図5 図2で表れたA (血管拡張反応), B (血管収縮後拡張反応), C (血管収縮反応) に対するキャプサイシン (1%), フェントラミン (1mg/kg iv) の効果. 神経刺激は5 Hz, 2 ms, 40-100V, 3 secであった.

れなくなり収縮反応のみが出現するようになる。この収縮反応はアドレナリンα受容体の阻害剤、フェントラミンにより抑制され、逆に拡張反応が出現するようになる。この事は1) 下歯槽神経中にキャプサイシンに感受性のある線維、即ち、キャプサイシン感受性の侵害性C線維が拡張反応を起こすこと、2) アドレナリン作動性の収縮線維が収縮反応を起こしていることは明かである。しかしながらキャプサイシンや、フェントラミン処

理後に下歯槽神経を電気刺激して起こる血管拡張反応が交感神経を介した拡張反応なのか、あるいは副交感神経を介した拡張反応なのかについてはこれだけの実験では結論を出すことができない。

三叉神経根、顔面神経根、舌咽神経根、頸部交感神経刺激による血流の変化

図6は三叉神経根(A)、顔面神経根(B)、舌咽神経根(C)を直接電気刺激した時の口唇(歯肉)血流の変化を示している¹³⁾。この図6からは、どの神経根を電気刺激した場合でも殆ど同様な血管拡張反応がみられる。顔面神経根の切断前後(BとD)で血管反応に違いがない。三叉(A)、顔面(B)、舌咽(C)神経根の電気刺激に対してトリペレナミン(ヒスタミンH₁受容体拮抗剤)、ヘキサメソニウム(自律神経節遮断剤)、アトロピン(ムスカリン受容体拮抗剤)、プロプラノロール(アドレナリンβ受容体拮抗剤)、フェントラミンの投与前後で血管反応を比較したのが図7である。トリペレナミンは三叉神経刺激を、ヘキサメソニウムは顔面神経、舌咽神経刺激の時のみ抑制効果がみられる。三叉神経刺激と顔面神経、舌咽神経刺激とは異なった機序で血管拡張反応を起こしていることが

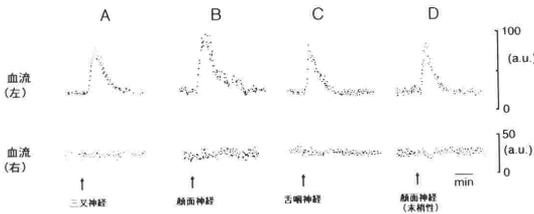


図6 三叉神経根 (A) 顔面神経根 (B), 舌咽神経根 (C) の電気刺激 (40 Hz, 2 msec, 40 V, 10 sec) の口唇 (歯肉) 血流に対する効果. D は顔面神経を切断後末梢性に刺激した.

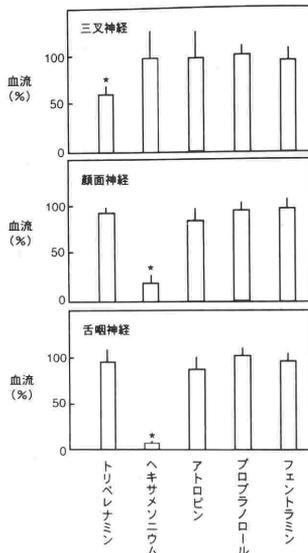


図7 三叉神経根, 顔面神経根, 舌咽神経根刺激に対するトリベレナミン, ヘキサメソニウム, アトロピン, プロプラノロール, フェントラミンの効果. 刺激条件は図6と同じ. *P<0.05.

示唆される。即ち三叉神経刺激は侵害性C線維を介した逆伝導性血管拡張反応であり、顔面神経や舌咽神経は副交感神経性血管拡張線維を介した血管拡張反応であることが推測される。頸部交感神経刺激は口唇 (歯肉) では血管収縮反応しか起こさない。

反射性に血管運動神経は興奮するか？

(4-1)：これまで述べてきたのはすべて血管運動神経や感覚神経を末梢性に電気刺激して起こる血管反応であり、生理的条件下ではたして機能しているのかどうかという疑問は常に起こる。これまでに心臓、副腎髄質、腎臓の交感神経が体性神経

の求心性刺激により反射的に興奮することが数多く報告されている^{14,15}。我々は、下歯槽神経中に含まれている自律神経の血管運動神経を何らかの求心性神経の刺激により反射的に興奮させることができないかと考えた。まず試みたのが下顎口唇の血流が眼窩下神経 (図8のA), 上顎歯肉 (図8のB) の電気刺激により影響を受けるものなのかどうかを第一段階に検討した¹⁶。実験の模式図は図9に示した。眼窩下神経, 上顎歯肉とも刺激強度に応じ、同側の下顎口唇の血流の増加がみられる。これらの血流増加が体幹血圧の増加による二次的な効果でないことは反対側では血流の増加反応はみられないこと、又体幹血圧そのものが増加でなく逆に低下していることから想像できる。反対側では殆ど血流の増加はみられないが刺激強度が強い時のみ、多少の増加がみられる。これは体幹血圧の上昇による二次的な影響の可能性も考えられる。眼窩下神経が直接下顎口唇の神経

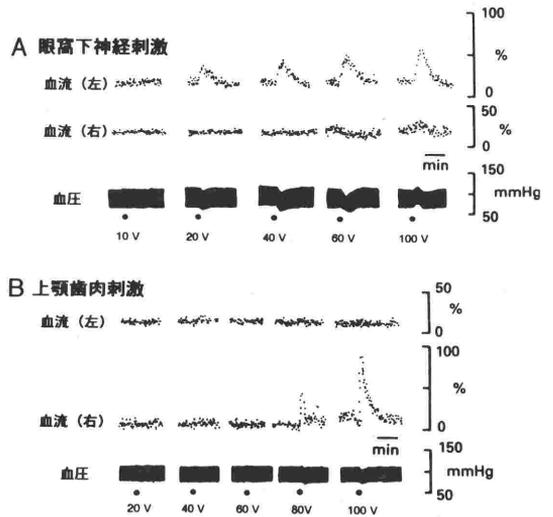


図8 眼窩下神経 (A) と上顎歯肉 (B) 刺激による下顎口唇血流の変化.

眼窩下神経は左側を, 上顎神経は右側を 20-100 V, 40 Hz, 2 ms, 10 sec で電気刺激した.

を支配しているということは解剖学的に考えられないことから、上顎歯肉や眼窩下神経の電気刺激が逆伝導性血管拡張を起す可能性はないと考えられる。即ち、この反応は反射性に起こっている可能性が高い。一概に反射性といっても少なくとも (1) 感覚神経, (2) 交感神経, (3) 副交感神経の神経を介した反射が考えられる。(1) に関しては上顎歯肉を神経支配している眼窩下神経が分枝を作り下歯

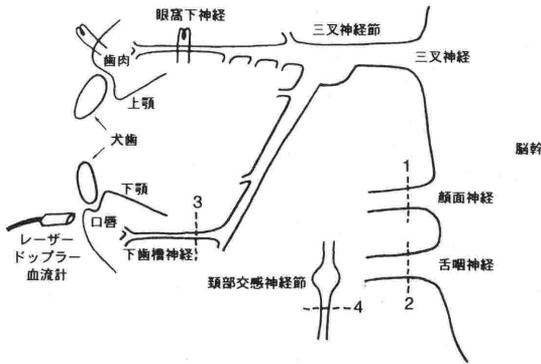


図9 上顎歯肉, 眼窩下神経の電気刺激部位と顔面神経根 (1), 舌咽神経根 (2), 下歯槽神経 (3), 頸部交感神経 (4) の切断部位の模式図.

り下歯槽神経にも混入しているとする考えである。しかしながらこの拡張反応が自律神経節遮断剤 (ヘキサメソニウム) により抑制されること (図10-A), 舌咽神経根の切断により消失すること (図10-B) などから, 感覚神経を介した軸索反射性血管拡張反応であることは否定される。次に2) の交感神経の血管拡張線維を介した反射の可能性であるが, 図10-Cで示したように頸部交感神経の切断によって全くこの反応は影響がないことから否定される。そこで3) の副交感神経血管拡張線維を介した可能性が高い。自律神経節遮断剤により抑制 (図10-A), 舌咽神経根の切断により消失 (図10-B), さらに頸部交感神経の切断によって影響を受けない (図10-C) 等の結果から副交感神経の血管拡張線維を介した反応である可能性が強い。下歯槽神経の切断や下歯槽神経の局所麻酔剤 (リドカイン) の塗布によりこの反射性血管拡張反応が抑制される (図10-D)。これらの結果から口唇 (歯肉) の副交感神経血管拡張線維は下歯槽神経を經由していることが明らかである。以上の結果より上顎歯肉や眼窩下神経の刺激は三叉神経の上顎神経を經由して脳幹に達し, 反射的に副交感神経性血管拡張線維を賦活させ舌咽神経根を通り, さらに耳神経節でニューロンを交代し, 下歯槽神経を經由して下顎口唇 (歯肉) の血管を拡張しているものと思われる (図11の矢印)。図12は下顎の口唇や歯肉や上顎の口唇, 歯肉に horse radish peroxidase (HRP) を注入し, HRP の副交感神経節である耳神経節と翼口蓋神経節への取り込みを検討したものである¹⁷⁾。こ

れによると下顎口唇, 歯肉からは殆どが耳神経節に, 上顎口唇, 歯肉からは一部耳神経節にも取り込まれるが大部分は翼口蓋神経節に取り込まれている。組織学的研究からも下顎口唇 (歯肉) の血管を神経支配している副交感神経節後線維の細胞体は耳神経節にあることが示唆される。ラット下唇でも同様な結果が報告されている¹⁸⁾。これらの実験結果は, 1) 顔面領域の皮膚血管が副交感神経性の血管拡張線維によって神経支配を受けていること, 2) この副交感神経性拡張線維は三叉神経等の感覚情報により脳幹で活性化を受けることが明かとなった。これらは体性-自律 (副交感) 神経反射により顔面領域の血管反応は調節されている可能性が高いことが示唆される。この副交感神経性血管拡張線維はアトロピンによって影響を

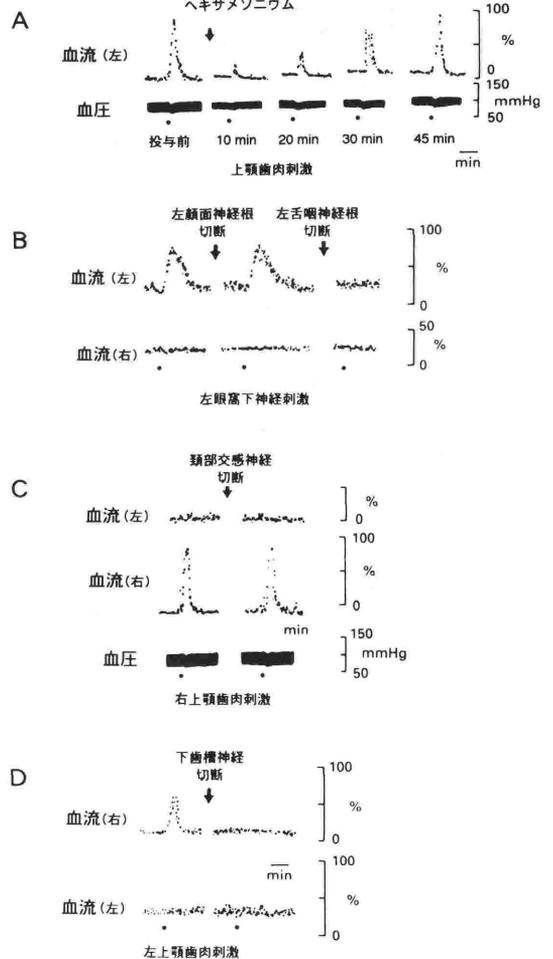


図10 ヘキサメソニウム (1 mg/kg, A), 顔面神経根切断 (B) 頸部交感神経切断 (C), 下歯槽神経切断 (D) の効果.

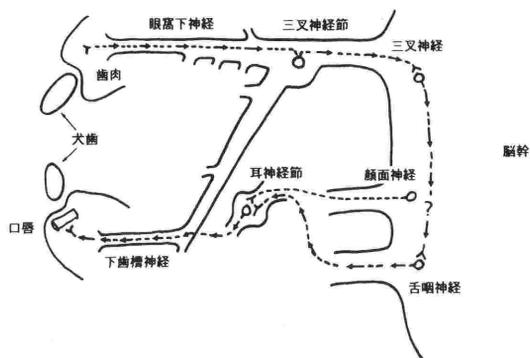


図11 上顎歯肉，眼窩下神経刺激によって起こる口唇血流増加の反射経路の模式図。

テトラゾールは自律神経を興奮させることが報告されている^{21,22)}。交感神経の興奮作用が強いため正常時では末梢血管は収縮するが頸部交感神経を切除した動物であると副交感神経の作用を観察できる。ベンチレンテトラゾールを投与すると交

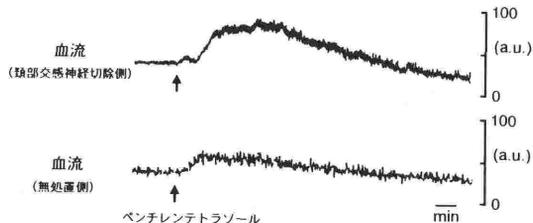


図13 ベンチレンテトラゾール (30mg/kg, iv) の投与による口唇血流の増加。

図12 下顎口唇，歯肉にHRPを投与後，耳神経節，翼口蓋神経節で見られる標識ニューロン数

動物	HRPの投与部位	標識された細胞数	
		耳神経節	翼口蓋神経節
1	下顎 口唇，歯肉	445	4
2		347	0
3		267	0
4		463	0
5	上顎 口唇，歯肉	18	257
6		17	99
7		22	54
8		16	105

受けないことからコリン作動性ではなく線維の末端での化学伝達物質は顎下腺や鼻粘膜等の実験から推定されている vasoactive intestinal peptide (VIP) のような物質と推定される。kajiら (1988) は免疫組織化学法でラット下唇を支配している副交感神経中にVIP-陽性線維の存在を報告している¹⁹⁾。Gibbins (1984) は顔面領域の副交感神経に多量のVIP含有線維が存在することを報告している²⁰⁾。副交感神経性血管拡張線維は下歯槽神経を直接電気刺激した時 (図2) でも興奮し血管拡張反応を起こしていると考えられるが，この反応と逆伝導性血管拡張とを区別する方法がなかったために，その存在がこれまでに報告されていなかったものと思われる。

(4-2) : (3-1) は末梢体性神経を興奮させ，顔面頭部の副交感神経を活性化させる方法であるが，他に薬物あるいは視床下部，延髄と電気刺激によって中枢を興奮させる方法も考えられる。テンカン様症状を誘発するビキュキュリン，ベンチレン

感神経切除側で著しい血流増加がみられる (図13)²³⁾。体性-副交感神経反射の時，下顎口唇への副交感神経性血管拡張線維は舌咽神経根のみから由来していたが，テンカン誘発剤による中枢刺激では，舌咽神経根の切断だけでは完全に血管拡張反応は消失しなく，舌咽，顔面神経根の両者の切断によって完全に抑制する。このことは中枢性刺激による副交感神経の興奮時には顔面神経由来の血管拡張線維も血流調節に関与している可能性を示唆している。

反射を用いたメリット

反射によって副交感神経を興奮させる方法には幾つかの実験上のメリットがある。

第1には選択的に副交感神経のみを興奮させることができる。これまで副交感神経のみを刺激しようとする時，顔面神経や舌咽神経の神経根を刺激する方法が考えられるが，この方法にも問題点がある。図14では舌や舌神経を刺激して反射的に副交感神経を興奮した時と舌咽神経根や下歯槽神経の神経を直接電気刺激した時の血管反応の違いを比較したものである。舌，舌神経刺激では全く血管収縮反応はみられない²⁴⁾ (舌刺激で時々どちらの反応も出現しない時があるが)。一方舌咽神経根や下歯槽神経では13-17%の割合で血管収縮反応もみられる。これらの結果は反射によっては特異的に副交感神経のみが興奮すること，舌咽神経根中にも交感神経が混入している可能性があ

ることが考えられる。顔面、頭部の交感神経は頸部交感神経から由来しているがその走行は血管の壁に密着して各部位に達しているらしく、直接末梢神経の電気刺激のとき交感神経の影響を取り除くことは不可能に近い。一方副交感神経はそれぞれの脳神経（動眼神経，顔面神経，舌咽神経，迷走神経）の走行と並走して，顔面，頭部に達している（図15）。

第2に自律神経の電気生理的性質の解明が難しく神経の刺激条件が未だ曖昧である。しかしながら反射系を用いると，これらの問題を考えることなくより生理的条件下に近い反応を作ることが可能である^{25,26}。

図14 舌神経，舌咽神経，下歯槽神経刺激時の血液変化

刺激部位 (動物数)	血管拡張 (%)	血管収縮 (%)	血管反応なし (%)
舌 (16)	81	0	19
舌神経 (11)	100	0	0
舌咽神経 (45)	80	13	7
下歯槽神経 (12)	75	17	8

舌，各神経は40Hz，2ms，10sec，40-100Vで刺激した。

	体性感覚神経	自律神経	
		副交感神経	交感神経
V1	眼神経	毛様体神経節 (動眼神経)	
V2	上顎神経	翼口蓋神経節 (顔面神経)	上顎神経節 (脊髄神経)
V3	下顎神経	耳神経節 (舌咽神経)	

図15 体性感覚神経と自律神経の顔面頭部での走行。

第3に動物に対し強い侵襲を加えることなく刺激できる。

第4に舌や唾液線（顎下腺，耳下腺等）で血管拡張線維や唾液分泌線維の走行が正確に検索することができる²⁷⁻²⁹。

第5に鼻粘膜，舌等の求心性神経に影響を与える受容体の性質や求心性の走行についての検索が可能になる³⁰⁻³³。

第6に口唇血流や顎下腺での交感神経と副交感神経の相互作用についての検討が可能となる^{34,35}。

このように副交感神経をより生理的にかつ特異的に刺激が可能となることによって自律神経の血流調節のみでなく，他の臓器や組織における生理機能の解明に役立つものと思われる。

図16には我々がこれまで研究してきた顔面頭部の組織と副交感神経との関連を示したものである。本総説では触れることのできなかった所も数多くあり，当該の文献を参考にさせていただければ幸いである。

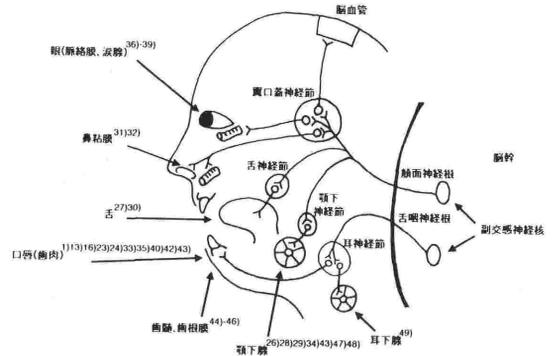


図16 顔面頭部における副交感神経の走行路。

文 献

- 1) Izumi H, Kuriwada S, Karita K, et al: The nervous control of gingival blood flow. *Microvasc Res* 39: 94-104, 1990
- 2) Izumi H, Karita K: The effects of capsaicin applied topically to inferior alveolar nerve on antidromic vasodilatation. *Neurosci Lett* 112: 65-69, 1990
- 3) Izumi H, Mori H, Uchiyama T, et al: Sensitization of nociceptive C-fibers in zinc-deficient rats. *Am J Physiol*²⁶⁸ (Regulatory Integrative Comp Physiol³⁷) in press: 1995
- 4) Izumi H, Karita K: Investigation of mechanisms of the flare and wheal reactions in human skin by band method. *Brain Res* 449: 328-331, 1988
- 5) Izumi H, Karita K: Axon reflex vasodilatation in human skin by laser Doppler measurement. *Jpn J Physiol* 41: 693-702, 1991
- 6) Izumi H, Karita K: Axon reflex flare evoked by nicotine in human skin. *Jpn J Physiol* 42: 721-30, 1992
- 7) 和泉博之, 栗和田しづ子, 刈田啓史郎: 軸索反射性血管拡張. *東北医学雑誌* 101: 159-175, 1988
- 8) Blumberg H, Wallin BG: Direct evidence of neurally mediated vasodilatation in hairy skin of the human foot. *J Physiol (Lond)* 382: 105-121, 1987
- 9) Nordin M: Sympathetic discharges in the human supra-orbital nerve and their relation to sudomotor responses. *J Physiol (Lond)* 423: 241-55, 1990
- 10) Eccles R, Wilson H: The autonomic innervation of the

- nasal blood vessels of the cat. *J Physiol (Lond)* 238 : 549-60, 1974
- 11) Andersson P-O, Bloom SR, Edwards AV, et al : Effects of stimulation of the chorda tympani in bursts on submaxillary responses in the cat. *J Physiol (Lond)* 322 : 469-483, 1982
 - 12) Tobin G, Ekstrom J, Edwards AV : Submandibular responses to stimulation of the parasympathetic innervation in bursts in the anaesthetized ferret. *J Physiol (Lond)* 431 : 417-425, 1990
 - 13) Izumi H, Karita K : Vasodilator responses following intracranial stimulation of the trigeminal, facial and glossopharyngeal nerves in cat gingiva. *Brain Res* 560 : 71-75, 1991
 - 14) Koizumi K, Brooks CM : The integration of autonomic system reactions : a discussion of autonomic reflexes, their control and their association with somatic reactions. *Ergeb Physiol* 67 : 1-68, 1972
 - 15) Sato A, Schmidt RF : Somatosympathetic reflexes : afferent fibers, central pathways, discharge characteristics. *Physiol Rev* 53 : 916-947, 1973
 - 16) Izumi H, Karita K : Somatosensory stimulation causes autonomic vasodilatation in cat lip. *J Physiol (Lond)* 450 : 191-202, 1992
 - 17) Kuchiiwa S, Izumi H, Karita K : Origins of parasympathetic postganglionic vasodilator fibers supplying the lips and gingivae; an WGA-HRP study in the cat. *Neurosci Lett* 142 : 237-240, 1992
 - 18) Kaji A, Maeda T, Watanabe S : Parasympathetic innervation of cutaneous blood vessels examined by retrograde tracing in the rat lower lip. *J Auton Nerv Syst* 32 : 153-158, 1991
 - 19) Kaji A, Shigematsu H, Fujita K, et al : Parasympathetic innervation of cutaneous blood vessels by vasoactive intestinal polypeptide-immunoreactive and acetylcholinesterase-positive nerves : histochemical and experimental study on rat lower lip. *Neuroscience* 25 : 353-362, 1988
 - 20) Gibbins IL, Brayden JE, Bevan JA : Perivascular nerves with immunoreactivity to vasoactive intestinal polypeptide in cephalic arteries of the cat : distribution, possible origins and functional implications. *Neuroscience* 13 : 1327-1346, 1984
 - 21) Mueller SM, Heistad DD, Marcus ML : Effect of sympathetic nerves on cerebral vessels during seizures. *Am J Physiol* 237 : H178-H184, 1979
 - 22) Magerl W, Szolcsanyi J, Westerman RA, et al : Laser Doppler measurements of skin vasodilation elicited by percutaneous electrical stimulation of nociceptors in humans. *Neurosci Lett* 82 : 349-354, 1987
 - 23) Izumi H, Takahashi H, Karita K : Pentylentetrazole-induced blood flow increase in the lower lip of the cats. *Europ J Pharmacol* 273 : 299-302, 1995
 - 24) Izumi H, Karita K : Selective excitation of parasympathetic nerve fibers to elicit the vasodilatation in cat lip. *J Auton Nerv Syst* 37 : 99-108, 1992
 - 25) Izumi H : Reflex parasympathetic vasodilatation in facial skin. *Gen Pharmacol* 26 : 237-244, 1994
 - 26) Izumi H, Karita K : Parasympathetic-mediated reflex salivation and vasodilatation in the cat submandibular gland. *Am J Physiol* 267 (Regulatory Integrative Comp Physiol 36) : R747-R753, 1994
 - 27) Izumi H, Karita K : The involvement of the parasympathetic vasodilator fibres in the trigeminal portion of the distal lingual nerve in reflex vasodilatation in the cat tongue. *Am J Physiol* 266 (Regulatory Integrative Comp Physiol 35) : R1517-R1522, 1994
 - 28) Izumi H, Karita K : Salivary secretion in cat submandibular gland mediated by chorda tympani afferents. *Am J Physiol* 268 (Regulatory Integrative Comp Physiol 37) : R438-R443, 1995
 - 29) 和泉博之, 刈田啓史郎 : ネコ顎下腺における反射性唾液分泌, 血管拡張反応について. 自律神経 印刷中 : 1995
 - 30) Karita H, Izumi H : Dual afferent pathways of vasodilator reflex induced by lingual stimulation in the cat. *J Auton Nerv Syst* 45 : 235-240, 1993
 - 31) Izumi H, Karita K : Reflex vasodilatation in the cat lip elicited by stimulation of nasal mucosa by chemical irritants. *Am J Physiol* 265 (Regulatory Integrative Comp Physiol 24) : R733-R738, 1993
 - 32) 刈田啓史郎, 和泉博之 : 鼻粘膜の侵害刺激によるネコ下唇の血管拡張反射. *Pain Res* 9 : 95-98, 1994
 - 33) Karita K, Izumi H : Somatosensory afferents in the parasympathetic vasodilator reflex in cat lip. *J Auton Nerv Syst* 39 : 229-234, 1992
 - 34) Izumi H, Karita K : Low frequency subthreshold sympathetic stimulation augments parasympathetic salivary secretion. *Am J Physiol*²⁶⁸ (Regulatory Integrative Comp Physiol³⁷) in press : 1995
 - 35) Karita K, Izumi H : Effect of baseline vascular tone on vasomotor response in cat lip. *J Physiol (Lond)* 482 : 679-685, 1995
 - 36) Abe S, Karita K, Izumi H, et al : Increased and decreased choroidal blood flow elicited by cervical sympathetic nerve stimulation in the cat. *Jpn J Physiol* 45 : 359-365, 1995
 - 37) 阿部信一, 刈田啓史郎, 和泉博之ほか : 脈絡膜循環に関する実験的研究 第1報. 頸部交感神経の切断および刺激による脈絡膜循環の変化について. 日本眼科学会雑誌 97 : 494-500, 1993
 - 38) 中目義則, 刈田啓史郎, 和泉博之ほか : 脈絡膜循環に関する実験的研究 第2報. ネコ眼球後部の副交感神経刺激による脈絡膜血流の増加反応. 日本眼科学会雑誌 98 : 962-967, 1994
 - 39) Nakanome Y, Karita K, Izumi H, et al : Two types of vasodilatation in cat choroid elicited by electrical stimulation of the short ciliary nerve. *Exp Eye Res* 60 : 37-42, 1994
 - 40) Izumi H, Karita K : Reflex vasodilatation in the cat lip evoked by stimulation of vagal afferents. *J Auton Nerv Syst* 42 : 215-224, 1993
 - 41) Izumi H, Karita K : Innervation of the cat lip by two groups of parasympathetic vasodilator fibres. *J Physiol (Lond)* 465 : 501-512, 1993
 - 42) Karita K, Izumi H : Innervation areas of afferents and efferents in somato-autonomic vasodilator reflex in the oro-facial areas in the cat. *Pain Research* 7 : 105-114, 1992
 - 43) Karita K, Takahashi H, Yasui T, et al : Effects of the autonomic ganglio blocking agent hexmethonium on vasodilator responses mediated by the parasympathetic

- ganglion on the chorda tympani pathway of the cat. *J Auton Nerv Sys* 52: 65-70, 1995
- 44) Karita K, Izumi H, Tabata T, et al : The blood flow in the periodontal ligament regulated by the sympathetic and sensory nerves in the cat. *Proc Finn Soc* 85 : 289-294, 1989
- 45) Sasano T, Kuriwada S, Sanjo, et al : Acute response of periodontal ligament blood flow to external force application. *J Period Res* 27 : 301-304, 1992
- 46) Sasano T, Kuriwada S, Shoji N, et al : Axon reflex vasoilatation in cat dental pulp elicited by noxious stimulation of the gingiva. *J Dent Res* in press : 1994
- 47) Izumi H, Karita K : The vasodilator and secretory effects elicited by symathetic nerve stimulation in cat subandibular gland. *J Auton Nerv Sys* 48 : 143-151, 1994
- 48) Izumi H, Nakamura I, Karita K : Effects of clonidine and yohimbine on parasympathetic-mediated reflex salivation and vasodilatation in the cat submandibular gland. *Am J Physiol* ²⁶⁸ (Regulatory Integrative Comp. Physiol.³⁷) in press : 1995
- 49) Takahashi H, Izumi H, Karita K : Parasympathetic reflex salivary secretion in the cat parotid gland. *Jap J Physiol* in press : 1995