

高周波熱凝固法による胸部交感神経節ブロックにおける 貸借現象に対する前負荷の影響

—全身麻酔下雑種成犬における検討—

奈良県立医科大学麻酔科学教室

橋 爪 圭 司

EFFECTS OF VOLUME LOADING ON "BORROWING-LENDING" PHENOMENON WITH RADIOFREQUENCY NEUROLYSIS OF THORACIC SYMPATHETIC GANGLION IN ANESTHETIZED DOGS

KEIJI HASHIZUME

Department of Anesthesiology, Nara Medical University

Received September 28, 1994

Abstract: Background: Unilateral lumbar sympathectomy involved that increased skin temperature on the ipsilateral foot and simultaneously decreased temperature on contralateral foot. In the neurolyzed extremity, blood flow increased at the expense of contralateral blood flow. The compensatory distribution of blood is called "borrowing-lending" phenomenon (DeBaakey, 1947), on which few reported on the account of thoracic sympathetic neurolysis, hence effects of volume preload on the phenomenon were elucidated under radiofrequency neurolysis of thoracic sympathetic ganglion in anesthetized dogs.

Method: The 30 dogs were divided into three groups following pre-neurolysis level of right atrial pressure (RA):

- 1) hypovolemic group (n=10): $RA < 3 \text{ mmHg}$,
- 2) normovolemic group (n=10): $3 \text{ mmHg} \leq RA \leq 6 \text{ mmHg}$,
- 3) hypervolemic group (n=10): $6 \text{ mmHg} < RA$.

Skin temperature on the bilateral costal arch region and hemodynamic variables were measured before and after neurolysis.

Results: No significant changes of hemodynamic variables were observed in all groups. Regional skin temperature of the neurolyzed side increased significantly 5 and 20 minutes after neurolysis. The contralateral skin temperature simultaneously decreased in hypovolemic and normovolemic groups, but we found no change of temperature in hypervolemic group.

Conclusion: These results suggest that volume loading plays an important role to antagonize the "borrowing-lending" (Compensatory phenomenon) produced by radiofrequency neurolysis of thoracic sympathetic ganglions.

Index Terms

thoracic sympathetic ganglion blockade, radiofrequency neurolysis, "borrowing-lending" phenomenon, skin temperature, volume preload

緒 言

四肢の末梢血行障害, 多汗症, 反射性交感神経性ジストロフィ等に対して, 胸¹²⁾・腰部交感神経節切除術⁹⁾(以下, 胸交切・腰交切)が施行されてきた。特に腰交切は, 下肢の末梢血行障害に対する唯一の手術療法として盛んに施行されたが, 直達血行再建術⁴⁾の導入にとともに, 1970年代以降その施行数が激減した。しかし, 直達血行再建術の実施が不可能な末梢血管病変に対しては, 現在でも交感神経節切除術ないし交感神経ブロック(以下, 交感神経遮断術と総称する)が唯一の治療法とされており⁴⁾, また下肢血行再建術に併行された腰交切が, 血流改善に寄与する⁵⁾など, 血管外科領域でも近年再評価されている。

また胸・腰部交感神経ブロック(以下, 胸交B・腰交B)は, 交感神経節切除術に比較して, 侵襲が少なく, 局所麻酔下で施行できる等の利点が多く, 特に腰交Bは次第に腰交切に代替しつつある⁶⁾⁷⁾。一方, 胸交Bは, 肺, 肋骨の存在のため手技的に難しいとされてきたが, 近年, X線透視下での安全・確実な手技が確立された⁸⁾⁹⁾。上肢の末梢血行障害, 多汗症, 反射性交感神経性ジストロフィ等に対し, Th 2, 3レベルの高位胸交Bが適用され¹⁰⁾, また肋間神経領域の常帯疱疹¹¹⁾, 手術や外傷による肋間神経損傷後の疼痛症候群¹²⁾, 胸腔内臓器の悪性腫瘍等に由来する胸部内臓痛¹³⁾等に対して, Th 4以下のレベルにおいても胸交Bが施行されている。

腰交切・腰交Bに関しては, sympathetic denervation にもなる生理的变化の研究が多く, 施行後に下肢血管平滑筋が内因性カテコラミンに過敏性を獲得する現象(除神経後過敏)¹⁴⁾¹⁵⁾および, 術側肢内で血流が再分布したり, 健側肢から術側肢へ血流が移行する現象(貸借現象)¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾が知られている。胸交Bに関しては, 全身麻酔下種成犬における胸交Bの循環動態に及ぼす影響の研究で, 施行側と非施行側の皮膚表面温の観察から, 貸借現象が胸交Bでも認められた¹⁹⁾。

本研究は, 特に血液量の変化を有する, 全身麻酔下種成犬に胸交Bを施行し, 循環動態および施行側・非施行側の皮膚温を測定し, 前負荷の大小が貸借現象に及ぼす影響について検討した。

方 法

体重9~22 kg(13.1±3.5 kg mean±SD)の健常雑種成犬30頭を用いて, 以下のプロトコールにしたがった(Fig. 1参照)。

①塩酸ケタミン2~5 mg・kg⁻¹筋注で前処置後, 静脈

路を確保した。ペントバルビタール20~25 mg・kg⁻¹と, ベクロニウム0.4 mg・kg⁻¹静注後, 気管内挿管し, ベクロニウム0.1 mg・kg⁻¹・Hr⁻¹を持続投与し, 動物用 Pump ventilator(Harvard Respirator, Harvard South Natick, USA)を用い, FiO₂ 1.0にてPaCO₂ 40 mmHg前後を維持するよう, 器械的陽圧呼吸を行った(一回換気量10 ml・kg⁻¹, 呼吸回数10~15・min⁻¹)。動脈血液ガス分析(ABL-2, Radiometer, Denmark)で, 適正換気・酸素化を確認した。

②麻酔維持は, フェンタニール2.0~2.5 μg・kg⁻¹・Hr⁻¹, ミダゾラム0.05 mg・kg⁻¹・Hr⁻¹の持続投与で行い, 輸液量は乳酸リンゲル液5~10 ml・kg⁻¹・Hr⁻¹とした。

③心電図モニターを装着し, 右外頸静脈よりSwan-Ganz[®]カテーテルと中心静脈圧(右心房)カテーテルを, 大腿動脈より動脈圧カテーテルを留置し, 直腸に検温端子を挿入した。各種圧モニターカテーテル, 心電計をトランスデューサー(78354 A, Hewlett Packard, USA)に接続した後, 左側臥位とした。

④保温装置付き処置台を用い, また術野以外の部位を布で被覆し, 体温保持に留意した。

⑤右第5肋間傍脊椎部を切開し, 十分に止血しながら第5肋骨を約5 cm切除し, 開胸した。肺を軽度圧排し, 胸部交感神経幹を確認した。開胸側と非開胸側の肋骨弓上の皮膚に皮膚表面温度計(テルモファイナ CMTM 303, テルモ)の針状端子を刺入した(同部は, Th 7~8の交感神経支配皮膚分節に一致する¹⁹⁾)。

⑥15分後, 心拍数, 平均動脈圧, 平均肺動脈圧, 右心房圧, 肺動脈楔入圧, 心係数(心拍出量・体表面積⁻¹), および開胸側と非開胸側の肋骨弓上皮膚温, 直腸温を測定した(対照値)。なお体表面積(m²)は, 0.112×(体重(kg))^{2/3}で算出した。

⑦右心房圧の対照値(以下, RA)にしたがい, 以下の3群(各10頭)に分類した。

1. RA < 3 mmHg : hypovolemic 群(=低血量群, 以下, hypo 群),
2. 3 mmHg ≤ RA ≤ 6 mmHg : normovolemic 群(=正常血量群, 以下, norm 群),
3. RA > 6 mmHg : Hypervolemic 群(=高血量群, 以下, Hypr 群)。

⑧15分後, 直視下に, 右Th 7~11の胸部交感神経節に電極針(Type SMK Sluifster - Metha Cannula, Radionics, USA)を当て, 凝固装置(Model RFG-3 B Lesion Generator System, Radionics, USA)を用いて, 90℃×120秒間の高周波熱凝固²¹⁾をおこない凝固破壊し

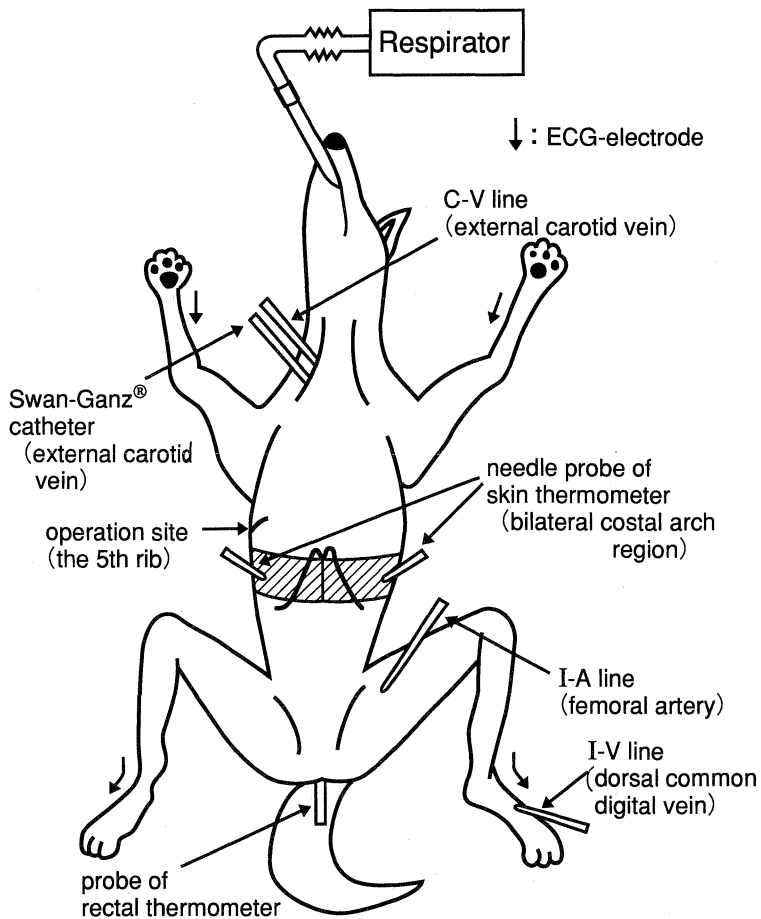


Fig. 1. Schematic description of the experimental preparation.

た。

⑨ 5, 20分後に, 各パラメーターを測定した。

⑩ 測定値は Paired t-test で統計学的に処理し, 群内, 群間で $P < 0.05$ を有意差ありとした。

結 果

各群の雑種成犬の体重はそれぞれ, hypo 群: 14.2 ± 3.9 kg, norm 群: 12.5 ± 3.2 kg, Hypr 群: 12.7 ± 3.7 kg で, 群間に有意差は認められなかった。

1. 循環動態パラメーターの変化

測定実数値 (Table 1) は対照値と比較して, 5分後, 20分後とも, 各群内で有意な変動は認められなかった。右房圧は, 施行前, 5分後, 20分後とも, 各群間においてすべて有意差が認められた。また平均動脈圧, 平均肺動脈圧, 肺動脈楔入圧も, hypo 群と Hypr 群間において有意差が認められた。また, 対照値を 1.0 として変化率

(Table 2) を算出したが, 群内, 群間とも有意差は認められなかった。

2. 皮膚表面温度の変化 (Fig. 2, 3, 4)

各群の肋骨弓上皮膚表面温の変化では, 施行側の皮膚温は, 全群 5分後, 20分後とも有意な上昇が認められた (hypo 群: $37.2 \pm 1.5^\circ\text{C} \rightarrow 37.5 \pm 1.4^\circ\text{C} \rightarrow 37.4 \pm 1.5^\circ\text{C}$, norm 群: $36.5 \pm 1.6^\circ\text{C} \rightarrow 36.7 \pm 1.6^\circ\text{C} \rightarrow 36.6 \pm 1.6^\circ\text{C}$, Hypr 群: $37.3 \pm 1.8^\circ\text{C} \rightarrow 37.7 \pm 1.8^\circ\text{C} \rightarrow 37.5 \pm 1.8^\circ\text{C}$)。非施行側の皮膚温は, hypo 群, norm 群では, 対照値と比較して, 5分後, 20分後とも有意に低下した (hypo 群: $37.1 \pm 1.5^\circ\text{C} \rightarrow 36.7 \pm 1.5^\circ\text{C} \rightarrow 36.7 \pm 1.5^\circ\text{C}$, norm 群: $36.5 \pm 1.6^\circ\text{C} \rightarrow 36.3 \pm 1.6^\circ\text{C} \rightarrow 36.2 \pm 1.7^\circ\text{C}$)。しかし, Hypr 群では, 5分後, 20分後とも変動は認められなかった (Hypr 群: $37.2 \pm 1.7^\circ\text{C} \rightarrow 37.2 \pm 1.7^\circ\text{C} \rightarrow 37.3 \pm 1.9^\circ\text{C}$)。施行側と非施行側を比較すると, 全群とも対照値には有意差はなく, 5分後では, 全群とも

Table 1. Hemodynamic variables before and after radiofrequency neurolysis of thoracic (th 7-11) sympathetic ganglions in 30 dogs

Variables	Group	Control	5 minutes after neurolysis	20 minutes after neurolysis
Heart Rate (min. ⁻¹)	hypo	131.7±37.5	133.4±39.3	137.2±36.0
	norm	150.0±25.8	156.0±32.1	154.2±28.8
	Hypr	141.3±31.6	145.6±31.1	144.3±32.7
Mean Arterial Pressure (mmHg)	hypo	113.7±14.8	111.9±17.3	111.7±16.3
	norm	118.5±24.2	119.9±21.6	117.5±24.4
	Hypr	125.8±9.5	122.4±11.7	122.7±8.3
Mean Pulmonary Pressure (mmHg)	hypo	15.7±3.9	16.0±3.5	15.4±4.1
	norm	18.3±4.9	19.5±6.1	19.2±5.0
	Hypr	21.0±6.5	19.6±6.6	20.1±7.9
Pulmonary Wedge Pressure (mmHg)	hypo	7.9±3.9	7.1±3.2	7.9±3.4
	norm	9.9±3.3	9.9±3.4	9.8±3.8
	Hypr	11.9±2.5	11.2±2.6	11.2±2.7
Right Atrial Pressure (mmHg)	hypo	** 1.2±0.9	** 1.2±1.0	** 1.2±1.0
	norm	** 4.3±0.7	** 4.0±0.8	** 4.0±0.5
	Hypr	** 7.2±1.1	** 7.1±0.9	** 7.1±0.7
Cardiac Index (l · min. ⁻¹ · m ⁻²)	hypo	2.39±0.5	2.32±0.5	2.41±0.5
	norm	2.62±0.5	2.58±0.5	2.50±0.4
	Hypr	2.58±0.3	2.64±0.2	2.63±0.3
Rectal Temperature (°C)	hypo	37.9±1.0	37.9±1.1	37.9±1.1
	norm	37.4±1.1	37.4±1.1	37.3±1.0
	Hypr	37.9±1.6	37.9±1.6	37.9±1.6

* : p<0.05, ** : p<0.01.

hypo : hypovolemic, norm : normovolemic, Hypr : hypervolemic (group)

There were no significant differences in each groups before and after the neurolysis.

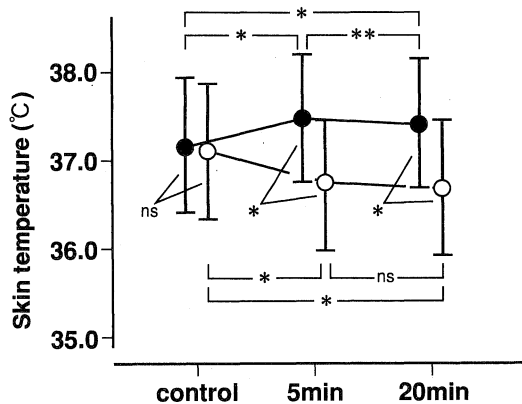


Fig. 2. Change of skin temperature in hypovolemic group. (n=10)

- : Ipsilateral skin of blockade
- : Contralateral skin of blockade
- * : p<0.01
- ** : p<0.05

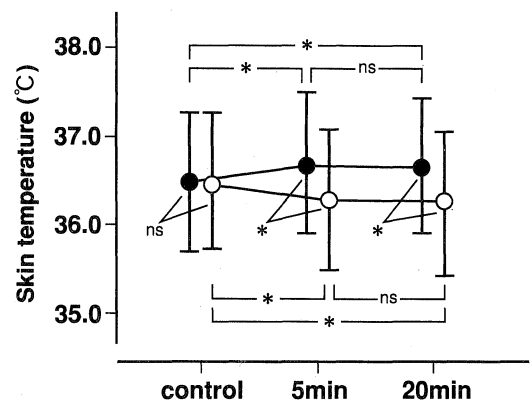


Fig. 3. Change of skin temperature in normovolemic group. (n=10)

* : p<0.01

Table 2. Changing rate of hemodynamic variables after radiofrequency neurolysis (control; 1.0)

Variables	Group	5 minutes after neurolysis	20 minutes after neurolysis
Heart Rate	hypo	1.01±0.11	1.05±0.08*
	norm	1.04±0.07	1.03±0.05
	Hypr	1.03±0.05*	1.03±0.11
Mean Arterial Pressure	hypo	0.97±0.05*	0.98±0.04*
	norm	0.98±0.05	0.98±0.04
	Hypr	1.02±0.06	0.99±0.08
Mean Pulmonary Pressure	hypo	1.04±0.22	0.99±0.19
	norm	1.06±0.15	1.05±0.08*
	Hypr	0.94±0.12	0.95±0.14
Pulmonary Wedge Pressure	hypo	0.93±0.15	1.09±0.37
	norm	1.02±0.17	0.98±0.11
	Hypr	0.94±0.11	0.94±0.11
Right Atrial Pressure	hypo
	norm	0.93±0.11*	0.95±0.15
	Hypr	0.99±0.07	1.00±0.13
Cardiac Index	hypo	0.98±0.05	1.01±0.04
	norm	0.99±0.05	0.96±0.01
	Hypr	1.03±0.07	1.02±0.06

(* : p<0.1)

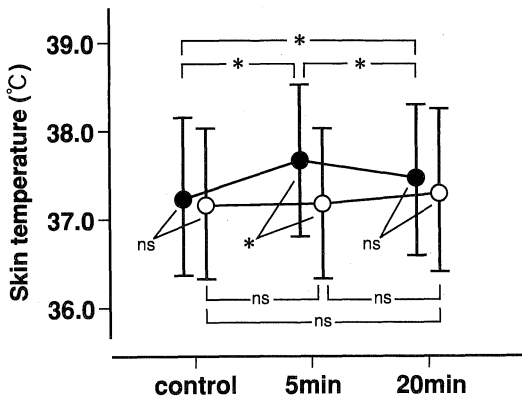


Fig. 4. Change of skin temperature in hypervolemic group. (n=10)
* : p<0.01

施行側と非施行側間で有意差が認められた。20分後でも、hypo群、norm群では依然有意差が認められたが、Hypr群では有意差は認められなかった。なお直腸温に関して、全群施行前後で有意な変動は認められなかった (Table 1)。

考 察

貸借現象 (“Borrowing-Lending” Phenomenon あるいは Hemometakinesia) は、1947年 DeBakey ら¹⁶⁾が命名したもので、「血液総量は一定のまま、血管床の変化によって、生体内の各臓器に必要な血液量を分配する生体メカニズム」と定義される。彼らは一側下肢血行障害患者に腰交切を行い、プレチスモグラフィとサーモグラフィを用いて、患肢の皮膚温の上昇・脈波の増大と同時に、健肢(上肢を含めて)の皮膚温の下降・脈波の減少を認めた。これは健肢から患肢への血液移動を意味し、患肢を支配する交感神経遮断術は患肢の血流を増すことから、末梢血行障害の有効な治療法であるとした。

しかし両側に病変が存在する場合は、一側の交感神経遮断は同側肢の血流改善には有効であるが、同時に対側肢からの代償的な血流移動が生じるので、対側肢においては血流減少に基づく新たな症状発現を来す可能性がある。このような貸借現象による対側肢の症状悪化に関して、臨床面から論議は行われたが、問題視されず¹⁴⁾、下肢末梢血行障害に対して、腰交切が盛んに施行された⁹⁾。

この問題に関する研究が見られるようになったのは、

下肢末梢血行障害に対する治療法の主役が、腰交切から直達血行再建術に替わった1970年代以降である。Baronら²⁰⁾は、一側の腰交Bまたは下肢血行再建術を施行した100例の閉塞性動脈硬化症(以下、ASO)患者について、上肢血圧を対照として、運動負荷による処置側下肢、および非処置側下肢の収縮期血圧を調べた。処置側下肢においては、運動負荷後も上肢と同程度の血圧上昇が認められ、血流が良好に保たれていたが、非処置側下肢では、100例中12例において、運動負荷時の血圧上昇が上肢の血圧上昇を下回った。すなわち、一側の腰交Bもしくは直達血行再建術によって貸借現象が発現し、反対側下肢では血液供給の予備力が低下していることが明らかになった。自覚症状が認められた4例では、非処置側の腰交Bもしくは血行再建術が必要であった。

血管造影では両側に閉塞性動脈硬化病変を認めたが、1肢は自覚的に無症状で、自覚症状があった他肢のみに血行再建術を行った26例に関して、非術側肢の予後を検討した報告²¹⁾では、大腿動脈以下の末梢病変を有するが無症状であった17肢は予後良好であったが、腸骨動脈領域に50%以上の狭窄を有していた8例は間欠性跛行が出現し、うち3例は非術側肢の血行再建術を要した。また、一肢のみに血行再建術を施行したASO16例について、両肢の指尖容積脈波、経皮的酸素分圧、API(Ankle Pressure Index)を測定した研究²²⁾では、術後7日までは一過性に非術側肢の脈波波高が術側肢よりも低下した(=貸借現象)が、術後30日、100日では、術側・非術側間の脈波、API、酸素分圧に有意差は認められなかった。しかし非術側肢の術後の脈波、酸素分圧は、術前と比較すると有意な低下が認められた。すなわち、一側の直達血行再建術後の貸借現象を介して、非術側肢に新たに症状が生じる可能性が指摘された。

両側性末梢血管病変のモデル実験として、Mayら²³⁾は、雑種成犬の一侧腰交切前後の腸骨動・静脈の血流を測定した。一側の腰交切により、施行側の動脈血流量は244%(施行前の血流量を100%とする)となり、それにとまらぬ貸借現象によって、非施行側の動脈血流量は75%に減少した。次に両側腸骨動脈を結紮し狭窄病変を作成すると、腰交切施行側の動脈血流量は180%にとどまり、病的血管に対する腰交切の血流改善作用は少なかった。しかし、静脈血流量は正常の場合と同程度に増加していたことから、肢全体としての、すなわち側副血行路を循環し得る血流量としては増加していると考察した。さらに施行側の腸骨動脈の結紮を解除すると、施行側の動脈血流量は303%に増加、非施行側は44%に減少した。以上から、側副血行路の発達が不十分な場合は、腰

交切は施行側の肢内において、狭窄・閉塞部位以外の血管の拡張をもたらす、病変部以下の虚血をかえって増強させる可能性があり、また血管閉塞の解除が著明な血流増加をもたらすことから、重症閉塞例では腰交切よりも血行再建術が有利であると結論した。しかし閉塞解除(=直達血行再建術)による貸借現象によって、反対側の病的血管の血流が顕著に減少したことは、非施行側肢の症状が増悪する可能性をも示している。

上肢における貸借現象についての臨床的な報告は見あたらないが、両側上肢の末梢血行障害を有する患者では、一側の高位胸部交感神経遮断術が、腰部と同様に対側肢の症状悪化を来す可能性が十分に予想される。ペインクリニックでの治療の対象となる疾患は、1.パージャー病に代表される末梢血管病変、2.中枢血管の閉塞であっても末梢灌流(run off)が不良で血行再建術の適応外の場合、3.血行再建の適応はあるが合併症等から手術を避けたい場合である。一般に、閉塞部をはさむ側副血行路がよく発達し、閉塞部以遠の末梢血管が除神経に反応して拡張する余地があり、また発汗等の交感神経機能が温存されている場合は、交感神経遮断術の適応がある²⁴⁾。ただし腰交切のもたらす効果は、主に筋肉から皮膚への血流の再分布であり、したがって指趾の冷感、安静時疼痛、皮膚潰瘍には効果が期待できるが、間欠性跛行では改善が望めない²⁵⁾。また増加した皮膚血流も、かなりの部分は末梢の動・静脈シャントの開存に消費され、組織の栄養に寄与しない²⁶⁾²⁷⁾。したがって、側副血行路の発達が悪い重症閉塞例では、交感神経遮断は、動・静脈シャントを含めた病変部以外の血管を優勢に拡張させる結果、かえって病変部の虚血を増悪させる危険性がある¹⁷⁾²⁸⁾。

筋血流を支配する血管は、運動負荷や交感神経 β 刺激に反応して血流を増加させるが、病的血管ではこのような筋血流の反応性が消失する。しかし腰交B後は、血管の β 刺激に対する反応性が正常化し、運動負荷時に筋血流が増加するため、間欠性跛行が改善される可能性があり²⁹⁾、また、腰交Bでは交感神経節前線維の遮断が加わるために、虚血にとまらぬ関節や腱からの求心刺激が遮断され、歩行時の疼痛が軽減して、歩行距離の延長に寄与するという²⁹⁾このように腰交Bでは、腰交切と異なる生理的变化の発現も指摘されているが、動・静脈シャントの開存等、末梢循環に及ぼす交感神経節ブロックの作用は、基本的に交感神経節切除と同一と考えられる。

両側性病変の場合は、上記に加え貸借現象による対側肢の症状悪化を想定する必要がある。対側肢の側副血行路が未発達である場合は、その側の交感神経節ブロックを追加施行しても緩解しない可能性がある。したがって、

血管造影にて各肢の閉塞部位・程度，側副血行路の発達度，閉塞部以遠の血流状態を判定し，交感神経機能の残存程度，愁訴の強さ等の諸要因を慎重に判断して治療法を決定する必要がある。血管が sympathetic denervation に反応して拡張する余地があるか否か，また貸借現象によって対側肢に症状の悪化が認められるか否かを，局所麻酔薬による試験的胸交 B により予測することも有用であろう。

胸交 B による貸借現象に影響する因子を解明するため，本研究では，全身麻酔下雑種成犬に一侧開胸下に胸交 B を施行し，貸借現象に及ぼす前負荷容量の影響を検討した。皮膚表面温の変化から貸借現象を評価したが，皮膚表面温は，外気温，体温，交感神経緊張度，局所および全身の循環動態等に影響される。一般に麻酔や実験操作にともない，体温低下に傾きやすいので，保温装置付き処置台を用い，術野以外の部位を布で被覆して体温保持に留意した結果，胸交 B 施行前後で，各群とも体温（直腸温）の有意な変化は認められなかった。交感神経緊張の影響は，十分な麻酔深度の維持により除外できたと考えられる。局所循環に関しては，開胸操作時等に肋間動脈を損傷した場合は，その灌流領域の皮膚血流に影響するので，可及的に損傷のないよう留意した。全身麻酔下雑種成犬における全身の循環動態に関して，高位 (Th 2, 3) 胸交 B では心臓に対する抑制的影響があるが，中位 (Th 7, 8) 胸交 B では有意な循環変動が認められない¹⁹⁾。本研究では高位胸交 B は避け，Th 7 から 11 の中・低位胸交 B による皮膚温を観察し，同時に循環動態に変動のないことを確認した。またヒトと異なり，犬の Th 3 (時に Th 4) までの高位胸椎交感神経節は，星状神経節と交通するため³⁰⁾，高位胸交 B 前後の上肢 (前肢) の皮膚温を測定した場合，星状神経節ブロックの影響が含まれるおそれがある。これも，高位胸交 B をさけ，中・低位胸交 B を選択した理由である。

本研究では，高周波熱凝固法を用いて胸部交感神経節ブロックを施行したが，本法は針先数ミリの非絶縁部に高周波電流を通電し，その熱エネルギーで非絶縁部に近接する組織を熱凝固する方法である。三叉神経節³¹⁾，脊髄神経 (神経根³²⁾，後枝内側枝³³⁾，後根侵入帯 (Dorsal Root Entry Zone)³⁴⁾，経皮的コルドトミー³⁵⁾等に適用されている。1980 年以後，胸³⁶⁾・腰部³⁷⁾交感神経節高周波熱凝固法も実施されている。神経破壊薬を使用する化学的胸交 B・腰交 B と比較すると，交感神経節高周波熱凝固法は物理的に神経を破壊するので，薬液のように体性神経に波及して神経炎や筋力低下を生ずる危険性がない。また，長時間の安静が不必要のため，外来での施行も可能であ

る。また凝固温度・凝固時間・凝固針の非絶縁部のサイズ等の設定で，神経破壊の程度を調節できるのが長所である。短所は，X 線透視下で針を神経節に確実に誘導することが難しく，針先が神経節から離れて，熱凝固が充分神経組織に及ばない場合があるので，平均効果持続期間が化学的神経破壊法に劣る点である³⁸⁾³⁹⁾。本研究では，直視下に針を神経節に当て，熱凝固を施行したので，破壊の効力に問題はなかったと考える。

Th 7 から 11 の広範囲の交感神経節を高周波熱凝固法で破壊したが，前負荷容量の大小に関わらず，各群内の循環動態は，測定値，変化率とも有意な変動を示さなかった。群間では，右房圧，平均動脈圧，平均肺動脈圧，肺動脈楔入圧の測定実数値において有意差が認められたが，前負荷の大小を反映した変化であると考えられた。以上より，中・低位胸椎では，広範囲の胸交 B であっても循環動態の変動は認められず，安全に施行できることが示された。臨床的に広範囲の胸交 B を適用するのは，食道癌による胸部内臓痛¹³⁾や広範囲の肋間神経損傷に由来する疼痛症候群¹²⁾等である。食道癌末期患者では，特に嚥下にともない，前胸部ないし背部の広い範囲に胸部内臓痛を訴えることがあり，これに対し胸交 B が有用である¹³⁾。しかし食道の交感神経支配は Th 2 から Th 9 であるため，中位胸椎を中心に，広範囲の胸交 B を必要とする場合も少なくない。患者の多くは末期患者であり，脱水状態にあったり，逆に心不全状態にあるが，本報の結果のごとく，前負荷容量の大小に関わらず循環動態の変動が認められないことは，末期患者に対して広範囲の胸交 B を施行し得ることを意味する。

胸交 B 施行側の皮膚温は，全群で 5 分後，20 分後とも有意な上昇が認められた。非施行側の皮膚温は，hypo 群，norm 群では，コントロールと比較して 5 分後，20 分後とも有意な低下が認められたが，Hypr 群のみ 5 分後，20 分後とも有意な低下が認められなかった。すなわち，十分な前負荷が与えられれば，貸借現象の発現が防止されることが示された。また施行側，非施行側の温度変化の比較では，5 分後では全群で有意差があったことから，ブロック施行直後では，Hypr 群を含めて非施行側から施行側へ血流が移行することが推定された。しかし 20 分後には，Hypr 群のみ有意差が認められず，十分な前負荷が与えられれば，貸借現象が速やかに抑制され得ることが示された。

平谷ら⁴⁰⁾は，腰交切 2, 3 週後に，術側の除神経血管が内因性カテコラミンに対する過敏性を獲得し，血管抵抗が増大することにより，貸借現象によって術側に移行していた血液が非術側血管に戻ると推定して。これに対

し本研究では、除神経過敏症が成立する以前の急性期段階で、十分な前負荷によって貸借現象が抑制されることが示された。貸借現象は、一側の交感神経遮断術ないし直達血行再建術によって、同側肢の血管抵抗が減少することを契機に発現する。貸借現象の概念は、上肢間もしくは下肢間だけではなく、四肢、内臓領域をも含めた全身性の血流再分配に適応される機序である。しかし、一肢の交感神経遮断術や血行再建術後の、全身性の血流分布の調節機序は不明である。峯田ら⁴¹⁾は、horseradish peroxidaseを用いて、総頸動脈に分布する交感神経節後線維の両側性支配を証明した。またSadoshimaら⁴²⁾は、脳卒中易発症性ラットを用いて、上頸部交感神経節の脳血流に及ぼす作用を調べ、両側の上頸神経節を切除しないと脳血流は増加しないと述べている。これらの知見は、脳血流に関する動脈においては、両側性の交感神経支配があり、一側の除神経後に他側の交感神経が代償機能を発揮する可能性を示している。四肢の血管とその交感神経支配においても、同様の機序が存在する可能性がある。一方、交感神経遮断術と血行再建術の差は、前者が交感神経支配領域の広範囲の血管拡張をもたらすのに対し、後者が特定の中樞性血管の血管抵抗を選択的に低下させる点であり、後者での交感神経を介する直接の作用発現は考えにくい。しかし、中樞性動脈の血管抵抗の減少が交感神経系に何らかの求心刺激を与えて、同様の機序が発現される可能性は否定できない。

交感神経系の代償機序の存在は仮説の域を出ないが、十分な前負荷を与えることにより、貸借現象の抑制がみられるのは興味深い。臨床的に貸借現象の発現を避けたい患者では、術前に輸液負荷を加えることにより、非処置側肢の症状増悪の予防を試みる価値がある。逆に輸液負荷を与えにくい高齢者や、定期的・人為的に脱水されている血液透析患者等で、両側性に末梢血管病変を有する場合は、一側の胸交Bが、他肢の症状増悪の原因となる危険性を考えなければならない。

本研究の要旨の一部は、第28回日本ペインクリニック学会総会(1994年7月、四日市)において発表した。稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました恩師奥田孝雄教授に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Manart, F. D., Sadler, T. R., Schmitt, E. A., and Rainer, W. G.: Upper dorsal sympathectomy. *Am. J. Surg.* **150**: 762-766, 1985.
- 2) Van de Wal, H. J. C. M., Skotnicki, S. H., Wijn, P. F. F. and Lacquet, K. L.: Thoracic sympathectomy as a therapy for upper extremity ischemia. A long-term follow-up study. *Thorac. Cardiovasc. Surgeon* **33**: 181-187, 1985.
- 3) Cotton, L. T. and Cross, F. W.: Lumbar sympathectomy for arterial disease. *Br. J. Surg.* **72**: 678-683, 1985.
- 4) 三島好雄: 閉塞性動脈硬化症. 臨床脈管学(三島好雄, 稲垣義明編). 東京, 文光堂, p159-166, 1992.
- 5) Collins, G. J., Rich, N. M., Clagett, G. P., Salander, J. M. and Spelar, M. J.: Clinical results of lumbar sympathectomy. *Am. Surg.* **47**: 31-35, 1981.
- 6) 塩谷正弘, 若杉文吉: 腰部交感神経節アルコールブロック. *ペインクリニック* **8**: 317-324, 1987.
- 7) 藤田達士, 木谷泰治, 石崎恵二: 慢性四肢動脈閉塞症に対する交感神経節フェノールブロック. *日本臨床麻酔学会誌.* **9**: 8-21, 1989.
- 8) Ohseto, K.: Contrast radiography and effects of thoracic sympathetic ganglion block—Anatomical analysis. *J. Anesth.* **5**: 132-141, 1991.
- 9) Yamagami, H.: Clinical reassessment of neurolytic thoracic sympathetic ganglion block—with special comparative reference to the procedures. *J. Nara Medi. Ass.* **45**: 145-155, 1994.
- 10) Ohseto, K.: Efficacy of thoracic sympathetic ganglion block and prediction of complications: Clinical evaluation of the anterior paratracheal and posterior paravertebral approaches in 234 patients. *J. Anesth.* **6**: 316-331, 1992.
- 11) 大瀬戸清茂, 若杉文吉, 湯田康正, 中崎和子, 塩谷正弘, 長沼芳和, 山上裕章, 田中まり子: 帯状疱疹における胸・腰部交感神経節ブロック療法. *ペインクリニック* **7**: 485-488, 1985.
- 12) 山上裕章, 橋爪圭司, 古家 仁, 奥田孝雄, 根津邦基, 櫛部圭司, 飯岡壮悟, 北村惣一郎: 開胸術後肋間神経損傷の愁訴に対するペインクリニック. *ペインクリニック* **13**: 652-656, 1992.
- 13) 橋爪圭司, 山上裕章, 平井勝治, 奥田孝雄, 平井都始子, 吉村 均: 食道癌の疼痛に対し胸部交感神経節エタノールブロックが有効であった3例. *ペインクリニック* **15**: 244-248, 1994.
- 14) Neverre, G., Quancard, X. and Mamere, L.: Experimental study of sensitization to catecholamines after lumbar sympathectomy. *J. Car-*

- diovas. Surg. 20 : 315-325, 1979.
- 15) 大串直太, 岩橋寛治, 篠原洋伸, 佐藤健次, 矢野哲也, 恒川謙吾 : 足背および腎血管の交感神経切除後の過敏性. 自律神経 17 : 130-134, 1980.
 - 16) DeBakey, M. E., Burch, G., Ray, T. and Ochsner, A. : The "borrowing - lending" hemodynamic phenomenon (hemometakinesia) and its therapeutic application in peripheral vascular disturbances. Ann. Surg. 126 : 850-865, 1947.
 - 17) Hyman, C. and Winsor, T. : Blood flow redistribution in the human extremity-The diversion phenomenon. Am. J. Cardiol. 4 : 566-571, 1959.
 - 18) 大串直太, 平谷勝彦, 恒川謙吾 : 交感神経切除後の過敏反応および貸借現象. ペインクリニック 8 : 299-307, 1987.
 - 19) 山上裕章 : 胸部交感神経節ブロックの循環動態に及ぼす影響-麻酔下雜種成犬における研究. 麻酔 43 : 361-368, 1994.
 - 20) Baron, H. C., Hiesiger, E. and Sabri, M. : Undesirable effects of hemometakinesia induced by vascular reconstruction. Surg, Gynecol. and Obstetrics 148 : 534-538, 1979.
 - 21) 野村進二, 田中正彦, 清水将之, 公平一彦, 高谷俊一, 鈴木宗平, 鯉江久昭 : 両側性下肢慢性閉塞性動脈疾患に対し1側肢のみバイパス手術を行った症例の対側無症状肢の予後. 脈管学 29 : 917, 1989.
 - 22) 吉村耕一, 善甫宣哉, 大原正巳, 瀬山厚司, 江里健輔 : 下肢片側血行再建術後における非手術肢血流状態の変動. 脈管学 32 : 145-148, 1992.
 - 23) May, A. G., DeWeese, J. A. and Rob, C. G. : Effect of sympathectomy on blood flow in arterial stenosis. Ann. Surg. 158 : 182-188, 1963.
 - 24) 石飛幸三 : 腰部交感神経節切除術. ペインクリニック 8 : 295-298, 1987.
 - 25) 三島好雄 : 交感神経節切除術. 血管外科ハンドブック(三島好雄編). 東京, 南江堂, p77-80, 1989.
 - 26) Cronenwett, J. L., Zelenock, G. B., Whitehouse, W. M., Stanley, J. C. and Lindenaue, S. M. : The effect of sympathetic innervation on canine muscle and skin blood flow. Arch. surg. 118 : 420-424, 1983.
 - 27) Welch, C. H., Leiberman, D. P., : Cutaneous blood flow in the foot following lumbar sympathectomy. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 45 : 621-626, 1985.
 - 28) Uhrenhold, A., Dam, W. H., Larsen, A. O. and Lassen, N. A. : Paradoxical effects on peripheral blood flow after sympathetic blockades in patients with gangrene due to arteriosclerosis. Vasc. Surg. 5 : 154-163, 1971.
 - 29) 藤田達士 : 腰部交感神経節ブロックと筋血流. ペインクリニック 8 : 325-333, 1987.
 - 30) Stromberg, M. W. : 自律神経系. 犬の解剖学 (Miller's Anatomy of the Dog), (橋本善之訳, 望月公子監修). 東京, 学窓社, p811-829, 1985.
 - 31) Pawl, R. P. : Percutaneous radiofrequency electrocoagulation in the control of chronic pain. Surg. Clin. North Am. 55 : 167-179, 1975.
 - 32) Uematsu, S., Udvarhelyi, G. B., Benson, D. W., and Siebens, A. A. : Percutaneous radiofrequency rhizotomy. Surg. Neurol. 2 : 319-325, 1974.
 - 33) Bogduk, N. and Long, D. M. : Percutaneous lumbar medial branch neurectomy. A modification of facet denervation. Spine 5 : 193-200, 1980.
 - 34) Cosman, E. R., Nashold, B. S. and Ovelman-Levitt, J. : Theoretical aspects of radiofrequency lesions in the dorsal root entry zone. Neurosurgery 15 : 945-950, 1984.
 - 35) Mullan, S. : Percutaneous cordotomy. J. Neurosurg. 35 : 360-366, 1971.
 - 36) Wilkinson, H. A. : Percutaneous radiofrequency upper thoracic sympathectomy: A new technique. Neurosurgery 15 : 811-814, 1984.
 - 37) Kantha, K. S. : Radiofrequency percutaneous lumbar sympathectomy: Technique and review of indications. in Techniques of Neurolysis. Boston, R. G., Kluwer Academic Publishers, p171-183, 1989.
 - 38) 山上裕章, 北口勝康, 中橋一喜, 奥田孝雄 : 胸部交感神経節高周波熱凝固法. ペインクリニック 11 : 845-849, 1990.
 - 39) 橋爪圭司, 山上裕章, 平井勝治, 古家 仁, 奥田孝雄 : 腰部交感神経節高周波熱凝固法における針の位置と非絶縁部の長さについて. ペインクリニック 14 : 597-602, 1993.
 - 40) 平谷勝彦, 窪園 隆, 河田直海, 八杉 巧, 多森芳樹, 福原稔之, 大串直太, 岩橋寛治, 恒川謙吾 : 生体における腰部交感神経節切除後の過敏性の存在について. 脈管学 26 : 755, 1986.
 - 41) 峯田洋子, 森本正敏, 原野 清, 十時忠秀 : イヌの

外頸・内頸・総頸動脈および大動脈に分布する交感神経節後線維の起始について. 麻酔 41: 547-553, 1992.

42) Sadoshima, S., Fujii, K., Kusuda K., Shiokawa,

O., Yao, H., Ibayashi, S. and Fujishima, M. : Importance of bilateral innervation on cerebral blood flow autoregulation in the thalamus. Brain Res. 413: 297-301, 1987.