

# 胸部交感神経節切除術の循環器系に与える影響

中村由紀夫

IRYO Vol. 63 No. 2 (87-93) 2009

## 要旨

胸部交感神経節切除術は心臓自律神経に影響を及ぼし、全日にわたり交感神経機能を抑制し、副交感神経機能を増強する。しかし、副交感神経機能増強効果はすべての心拍レベルで均一ではなく、夜間安静徐脈時や高度労作頻脈時での影響は少ない。正常心の心室再分極過程に対する胸部交感神経節切除術の影響は少ない。胸部交感神経節切除術は有意な左室機能低下をきたさず、心拍数と体血圧を低下させ、安静時、運動時の心筋酸素消費量を低下させる。また上肢血流を増加させるが、皮膚血流増加が主体で筋血流増加は少ない。上肢の静脈緊張度には影響しない。胸部交感神経節切除術によりノルアドレナリンは、安静時、運動時共に低下し、心房性および脳性ナトリウム利尿ペプチドは増加する。心疾患治療への胸部交感神経節切除術応用にはさらに検討が必要である。

キーワード 胸部交感神経節切除術, 自律神経, 心機能

## はじめに

交感神経節切除術の世界最初の報告は、1889年に Alexander が癲癇患者に対して行った頸部神経節切除とされる<sup>1)2)</sup>。交感神経節切除術は当初、癲癇、パセドウ病、緑内障に対してなされたが、現在の適応は多汗症と赤面症が主たるものとして残り、限定的に四肢血行障害、狭心症<sup>3)4)</sup>、QT 延長症候群にともなう心室性不整脈<sup>5)</sup>に対して施行されている。近年、胸部交感神経を低侵襲でかつ安全に遮断できる内視鏡的胸部交感神経節切除術が普及してからは原発性手掌多汗症や赤面症に対して広く施行されている<sup>6)-9)</sup>。

上胸部交感神経節を通る神経には上肢、頭部、上

胸部、上背部および胸部内臓器の心臓、肺、食道などへの遠心性交感神経とこれらからの求心性内臓知覚神経があり、手掌多汗症患者への胸部交感神経節切除術は手掌の発汗抑制効果に加え、これら臓器へも影響を及ぼすことになる。本論文ではとくに胸部交感神経節切除術の循環器系に対する影響を概説した。

## 心臓自律神経に対する効果

心臓への交感神経終末の分布に関して、Gill ら<sup>10)</sup>は健常心での<sup>123</sup>I-Metaiodobenzylguanidine (MIBG) の検討で、後下壁に集積低下がみられるのは、交感神経終末が少ないためであろうと推論し

国立病院機構金沢医療センター 臨床研究部

別刷請求先：中村由紀夫 金沢医療センター 臨床研究部 〒920-8650 金沢市下石引町 1-1

(平成20年8月12日受付、平成20年11月14日受理)

Effects of Thoracic Sympathectomy on Cardiovascular System

Yukio Nakamura, NHO Kanazawa Medical Center

Key Words: thoracic sympathectomy, autonomic nervous system, cardiac function

た。Thames ら<sup>11)</sup>は左室の前壁は交感神経優位の、下壁は副交感神経優位の神経支配を受けていると報告している。すなわち、心臓における交感神経分布とその反応性には局所的な差があると考えられる。われわれは、胸部交感神経節切除術が心臓交感神経機能の局所的異常をきたすか否かを明らかにするため、原発性手掌多汗症患者8例を対象とし、両側Th 2-3胸部交感神経節切除前と1週間後にMIBG心筋シンチグラフィを施行した。シングルフォトンエミッションCT像では視覚的に評価しうる集積低下はみられなかったが、心臓全体のMIBG洗い出し率は胸部交感神経節切除術により $16 \pm 3\%$ から $12 \pm 3\%$ へと有意に低下した。すなわち、胸部交感神経節切除術は明らかな局所的除神経をきたすことなく交感神経緊張を低下させた。この点は、これまでの報告<sup>12)13)</sup>と一致するものであった。この原因として、1)胸部交感神経節切除術後1週間では交感神経末端でのノルアドレナリン取り込み、放出、再吸収の機構は保たれているが、その回転率が低下している、2)Th 2-3胸部交感神経節からの心臓交感神経の心筋における分布にあまり局在性がないため、心筋シンチグラム上で局所的集積低下として検出できない。しかし、心臓全体としての交感神経活性と相関すると考えられる洗い出し率には反映される、などの可能性が考えられる。

ホルター心電図を用いた心拍変動解析による検討で<sup>14)</sup>、Th 2-3胸部交感神経節切除術は心拍数を日中および夜間共に抑制し、とくに日中活動時においてより強く抑制した。また心拍変動の時間領域の指標であるpNN50(洞調律で隣り合ったRR間隔の差が50msを超える比率)、昼間および夜間のHigh frequency(HF)成分はそれぞれ胸部交感神経節切除術後有意に増加し、昼間および夜間のLow frequency成分/High frequency成分(LF/HF)はそれぞれ有意に低下した。すなわち、胸部交感神経節切除術は全日にわたり心臓交感神経機能を抑制すると共に、心臓副交感神経機能を増強すると考えられる。

Lorenz plot解析による検討では、胸部交感神経節切除術の効果はすべての心拍レベルで均一ではなく、日中安静時および軽度から中等度労作時における副交感神経活動を増加させるが、夜間安静徐脈時や高度労作頻脈時における副交感神経活動に対する影響は少ない可能性が示唆されている<sup>15)</sup>。体位変換にともなう影響に関して、安静仰臥位における交感

神経機能は胸部交感神経節切除術前後で不変であったが、頭部挙上時に生ずる交感神経賦活化は胸部交感神経節切除術により抑制されることが示された<sup>16)17)</sup>。

## 心臓電気生理に対する効果

心臓自律神経は不整脈発生の修飾因子の一つであり、星状神経節と心臓電気生理の関係は多く検討されている。右側星状神経節ブロックにより、心拍数は減少<sup>18)19)</sup>、運動中の増加抑制<sup>20)</sup>または不変<sup>21)</sup>といった反応を示す。QT時間は、QT時間正常例では不変<sup>21)22)</sup>または軽度延長<sup>19)23)</sup>、QT時間延長例では延長<sup>24)</sup>を示す。またイヌの心室細動閾値は48%低下する<sup>25)</sup>。左側星状神経節ブロックでは、心拍数は不変<sup>18)21)</sup>、QT時間正常例のQT時間は不変<sup>19)22)23)</sup>、QT時間延長例では短縮<sup>24)26)</sup>を示す。手掌多汗症患者の左星状神経節刺激はQT時間を延長する<sup>27)</sup>。イヌの心室細動閾値は72%上昇<sup>25)</sup>し、心筋梗塞および虚血を有するイヌにおける心室細動の頻度は有意に減少する<sup>28)</sup>。

再発性多発性心室細動として定義される電気嵐(Electrical storm)は急性心筋梗塞でしばしばみられる。Nademanee ら<sup>29)</sup>はこの電気嵐に対する交感神経ブロック治療群とアメリカ心臓協会 ACLS(Advanced Cardiac Life Support)ガイドラインに沿った抗不整脈薬投与群の予後を比較した。1週間の死亡率は交感神経ブロック治療群22%に対し抗不整脈薬投与群82%、1年生存率は交感神経ブロック治療群67%、抗不整脈薬投与群5%であった。電気嵐の治療では交感神経ブロックが有効であり、交感神経ブロックの1つとして左側星状神経節ブロックの有用性が示されている。

特発性QT延長症候群の一部に対して、左側頸胸部交感神経節切除術の有効性が報告されている<sup>5)30)-32)</sup>。左星状神経節切除単独では除神経が不十分であり、左星状神経節と上位胸部交感神経切除ではホルネル症候群が合併することより、左星状神経節下部と上位2から4つの胸部交感神経節に対する左側頸胸部交感神経節切除術が勧められている<sup>5)</sup>。適応は薬物抵抗性または植え込み型除細動器の頻回作動例である。本法の有効性や安全性に関する無作為比較試験はなされていない。Schwartz ら<sup>32)</sup>によるQT延長症候群147例の術前平均4.5年、術後平均7.8年の後ろ向き研究では、左側頸胸部交感神経

節切除術は有意に症状と心事故を減少し、LQT 2よりLQT 1で有効性が高かった。

両側胸部交感神経節切除術の心臓電気生理学的影響について、Tygesenら<sup>33)</sup>の重症狭心症患者における検討では、胸部交感神経節切除術により心拍変動の指標であるLFは減少、HFとrMSSD(洞調律で隣り合ったRR間隔の差の二乗の平均値の平方根)およびSDNN(洞調律で24時間のRR間隔の標準偏差)は増加し、これらの変化は2年後も持続した。またQT dispersionも1カ月後および2年後においても低下していた。このように長期にわたり副交感神経機能亢進とQT dispersion低下をもたらすことから、胸部交感神経節切除術は悪性不整脈や死亡の危険性を低下させる可能性があると推測されている。Tedoriyaら<sup>16)</sup>の正常心原発性手掌多汗症患者における検討では、両側胸部交感神経節切除術により最大T波高およびQTc時間は、安静仰臥位時および頭部挙上による交感神経緊張時いずれにおいても不変であったが、安静時体表面電位図から求めたQRST等積分値分布図では、胸部交感神経節切除術後にその極大点と極小点の移動がみられた。

片側Th2-3胸部交感神経節切除術が心拍数と心室再分極過程に及ぼす影響についての正常心原発性手掌多汗症患者を対象としたわれわれの検討では<sup>14)</sup>、心拍数は左側切除術で低下したが、右側切除術では不変であった。T波高、QTc時間は片側胸部交感神経節切除術前後でいずれも有意な変化を示さなかった。すなわち、心拍数に対する片側胸部交感神経節切除術の影響には左右差を認めたが、心室再分極過程に対する影響には左右差を認めなかった。以上のことから、胸部交感神経節切除術の心室再分極過程への影響は、病的心と正常心では異なるが、少なくとも正常心においてはあまり顕著ではないと考えられる。

難治性心室性不整脈に対する両側胸部交感神経節切除術施行例の報告はあるが<sup>34)-36)</sup>、症例数が少なく有効性に関しては明らかではない。Th2胸部交感神経節切除術後ペースメーカー移植を要する徐脈を認めた例が報告されている<sup>37)</sup>。われわれも76歳女性のレイノー病患者で、右側Th2-3胸部交感神経節切除術後ふらつき感を認めるようになり、3年後に洞不全症候群顕在化のためペースメーカー植え込みを行った例を経験している。徐脈傾向のある症例に対する胸部交感神経節切除術には注意が必要である。両側胸部交感神経節切除術は、心臓交感神経機

能を抑制し心臓副交感神経機能を高める作用と、血中ノルアドレナリン濃度低下作用も有し、頻脈性不整脈には抑制的に働く可能性はあるが臨床効果についてはさらに検討が必要であろう。

### 心血行動態に対する効果

ヒトの胸部交感神経節切除術が左室収縮力に及ぼす影響の詳細は明らかではない。イヌの右側星状神経節刺激では左室前壁心尖部の収縮位相は早まり左室Dp/dtは増大し左室拡張能は低下する。同側ブロックでは左室前壁心尖部の収縮位相は遅延し左室Dp/dtは低下し左室拡張能も低下する。左側星状神経節刺激では左室後基部の収縮位相が早まり左室Dp/dtは増大するが左室拡張能は変化しない<sup>38)</sup>。同側ブロックでは左室後基部の収縮性は低下し同調運動異常をきたす<sup>39)</sup>。このように、片側頸部交感神経の緊張と減弱は左室同調運動不能や左室拡張能低下をきたす。しかし、片側星状神経節ブロックによる同調運動不能や拡張能低下は代償範囲内であり心拍出量は低下しない<sup>40)</sup>。

ヒトでの検討では、片側星状神経節ブロックにより心拍数、血圧は変化しない<sup>41)42)</sup>。右側ブロックでは左室収縮機能、拡張機能共に変化せず<sup>42)</sup>、左側ブロックでは全体および局所収縮機能は不変で<sup>41)42)</sup>、等容拡張時間は延長<sup>41)</sup>ないし延長傾向<sup>42)</sup>を示す。以上より、心疾患のない患者では、片側星状神経節ブロックは左室機能に臨床的な悪影響を及ぼさないと考えられる。また、ヒトの移植心と正常心で安静時左室収縮力に差はなく正常心基礎左室収縮力は心筋の内因的特性で規定され自律神経調節を受けないとされる<sup>43)44)</sup>。

胸部交感神経節切除術前後で負荷状態に影響されない指標を用いて左室収縮性を検討した報告はみられない。われわれの検討では<sup>45)</sup>両側胸部交感神経節切除術により後負荷低下、前負荷増大をともなっているが安静時左室駆出率と1回拍出量は上昇しており、両側胸部交感神経節切除術は少なくともこれらを低下させるほどの左室収縮力抑制効果は示さないとえる。

手掌多汗症患者でのTh2-3胸部交感神経節切除術は、1回拍出量で評価した左室機能を低下させることなく、安静時と運動時の心拍数、平均体血圧および心筋酸素消費量を低下させた<sup>46)</sup>。胸部交感神経節切除術による心拍数、血圧の反応はこれまでの

報告<sup>47)48)</sup>と同様であった。そして、この効果は少なくとも1年から2年は持続する<sup>46)48)</sup>。さらに、胸部交感神経節切除術は嫌気性代謝閾値で評価した運動耐容能は変化させないことが示されている<sup>49)</sup>。原発性手掌多汗症患者でのTh2胸部交感神経節切除術は頸動脈と中大脳動脈の血流を増加させ、その増加は左側が右側に比べ著明であった<sup>50)</sup>。また胸部交感神経節切除術は肺拡散能を低下させ、原因としてβ1受容体を介した肺毛細血管透過性の変化の関与が推測されている<sup>51)</sup>。

胸部交感神経節切除術は冠動脈バイパス術や経皮的冠動脈形成術の適応がない重症狭心症に対する治療法として近年でも限定的使用に関する報告がみられる<sup>3)33)52)-54)</sup>。抗狭心症効果の機序として、1)虚血による痛覚の知覚神経経路を一部遮断することによる除痛効果、2)α受容体を介した交感神経による冠血管収縮反応の解除、3)心拍数、収縮期血圧低下による心筋酸素需要の低下などが考えられている。

---

### 上肢循環に対する効果

---

遠心性発汗刺激神経は大脳皮質から視床下部をへて延髄で交差し、脊髄側角から交感神経節をへて手の汗腺へ至る。胸部交感神経節切除術は交感神経節でこの経路を遮断し手掌発汗を抑制する。これまでの知見からTh2胸部交感神経節単独またはTh2-3胸部交感神経節遮断が原発性手掌多汗症治療には有効である。

動物実験では交感神経切除により肢血流は増加するが肢の酸素代謝改善にはつながらない。これは交感神経切除後の肢血流増加が血管末梢部の動静脈シャント開放によるためとされる<sup>55)</sup>。また交感神経切除は皮膚微小循環の体温調節血管を拡張し、栄養血管には影響を与えないことから、皮膚の体温調節血管は主として交感神経調節を受けるが、栄養血管調節は主として局所因子の調節を受けることが明らかになった<sup>56)</sup>。

<sup>133</sup>Xeクリアランスを用いたヒト下肢の検討で、交感神経遮断は強い皮膚血管拡張をきたし皮膚血流は増加、筋血流は減少し肢血流の再分布をおこす<sup>57)</sup>。また胸部交感神経切除は上肢皮膚温度を上昇させる<sup>58)</sup>。局所の温熱刺激で皮膚血流は2相性の血流増加反応を示し、初期のピークは局所の知覚神経活性化により、引き続く血流増加は主として内皮依存性

血管拡張による<sup>59)60)</sup>。皮膚血流において慢性的交感神経切除は初期反応には影響せず、内皮依存性血管拡張反応を増加させる可能性が示唆されている<sup>60)</sup>。原発性手掌多汗症を対象としたわれわれの検討では、胸部交感神経切除は前腕血管抵抗を低下させたが静脈コンプライアンスには影響しなかった。また安静時交感神経緊張の血管収縮効果は10分間阻血後による代謝性血管拡張反応においてもみられた<sup>61)</sup>。Kardosら<sup>62)</sup>は原発性手掌多汗症患者での胸部交感神経切除は、上肢運動時の筋肉内酸性化とクレアチン燐酸減少を抑制し、運動効率を改善すると報告した。

以上より肢に対する交感神経節切除は多汗症患者の発汗抑制には有効である。一方、肢血流に対しては皮膚血流を増加させるが、筋血流増加は明らかではなく肢虚血改善のための有効性は少ないと思われる。また静脈コンプライアンスへの影響は少ないと考えられる。正常循環を有するヒトの肢では交感神経節切除により運動効率が改善する可能性がある。

---

### 体液性因子に対する効果

---

胸部交感神経節切除術は、安静時、運動時のいずれも血中ノルアドレナリンを減少させる。血中アドレナリンは胸部交感神経節切除術により安静時は不変であるが、運動時は低下した<sup>46)</sup>。

ラットの実験において、心臓交感神経を遮断すると心筋や刺激伝導系のナトリウム利尿ペプチドレベルは上昇する<sup>63)64)</sup>。原発性手掌多汗症患者では、胸部交感神経節切除術により血中心房性ナトリウム利尿ペプチドと脳性ナトリウム利尿ペプチド濃度が増加する<sup>45)</sup>。このことはヒトにおいて、心臓交感神経は血中ナトリウム利尿ペプチド濃度に抑制的に働いている可能性を示唆している。

---

### おわりに

---

胸部交感神経節切除術の原発性手掌多汗症や赤面症に対する有用性は確立されているが、実施に際し循環器系への影響を知っておくことは重要なことである。一方、QT延長症候群や難治性狭心症に対しては限定的ではあるが現在も本法の適用例が報告されている。不整脈や狭心症などの心疾患治療における胸部交感神経節切除術の有用性と限界を明らかにするためには、今後もさらなる検討が必要と思われる。



[文献]

- 1) Alexander W. The treatment of epilepsy. Y J Pentland, Edinburgh 1889 ; 228.
- 2) Hashmonai M, Kopelman D. History of sympathetic surgery. Clin Auton Res 2003 ; 13 Suppl 1 : 16-9.
- 3) Stritesky M, Dobias M, Demes R et al. Endoscopic thoracic sympathectomy—its effect in the treatment of refractory angina pectoris. Interact Cardiovasc Thorac Surg 2006 ; 5 : 464-8.
- 4) Thadani U. Current medical management of chronic stable angina. J Cardiovasc Pharmacol Ther 2004 ; 9 Suppl 1 : S11-29.
- 5) Stephenson EA, Berul CI. Electrophysiological interventions for inherited arrhythmia syndromes. Circulation 2007 ; 116 : 1062-80.
- 6) 手取屋岳夫, 上山武史, 明元克司. 手掌多汗症に対する単一レゼクトスコープを用いた胸部交感神経節焼灼術. ペインクリニック 1994 ; 15 : 911-5.
- 7) Claes G, Drott C, Gothberg G. Endoscopic electrocautery of the thoracic sympathetic chain. A minimally invasive way to treat palmar hyperhidrosis. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 1993 ; 27 : 29-33
- 8) Herbst F, Plas EG, Fugger R et al. Endoscopic thoracic sympathectomy for primary hyperhidrosis of the upper limbs. A critical analysis and long-term results of 480 operations. Ann Surg 1994 ; 220 : 86-90.
- 9) Plas EG, Fugger R, Herbst F et al. Complications of endoscopic thoracic sympathectomy. Surgery 1995 ; 118 : 493-5.
- 10) Gill JS, Hunter GJ, Gane G et al. Heterogeneity of the human myocardial sympathetic innervation: in vivo demonstration by iodine-123-labeled metaiodobenzylguanidine scintigraphy. Am Heart J 1993 ; 126 : 390-8.
- 11) Thames MD, Klopfenstein HS, Abboud FM et al. Preferential distribution of inhibitory cardiac receptors with vagal afferents to the inferoposterior wall of the left ventricle activated during coronary occlusion in the dog. Circ Res 1978 ; 43 : 512-9.
- 12) Toyota S, Takimoto H, Karasawa J et al. Evaluation of cardiac sympathetic nerve function by myocardial 123I-metaiodobenzylguanidine scintigraphy before and after endoscopic sympathectomy. J Neurosurg 2004 ; 100 : 512-6.
- 13) Noppen M, Dendale P, Hagers Y. Thoracoscopic sympathectomy. Lancet 1995 ; 345 : 803-4.
- 14) 中村由紀夫, 永田義毅, 藤本 学ほか. 交感神経切除術の循環器系に与える影響. ペインクリニック 2000 ; 21 : 368-77.
- 15) 永田義毅, 中村由紀夫, 白石浩一ほか. 胸部交感神経節焼灼術を施行した労作性狭心症の一例; 自律神経活動に及ぼす長期効果の検討. 冠動脈疾患の臨床と研究. 1998 ; 15 : 61-9.
- 16) Tedoriya T, Sakagami S, Ueyama T et al. Influences of bilateral endoscopic transthoracic sympathectomy on cardiac autonomic nervous activity. Eur J Cardiothorac Surg 1999 ; 15 : 194-8.
- 17) Tygesen H, Claes G, Drott C et al. Effect of endoscopic transthoracic sympathectomy on heart rate variability in severe angina pectoris. Am J Cardiol 1997 ; 79 : 1447-52.
- 18) Rogers M, Battit G, Todd D et al. Lateralization of sympathetic control of the human sinus node: ECG changes of stellate ganglion block. Anesthesiology 1978 ; 18 : 139-41.
- 19) Kashima T, Tanaka H, Toda H. Electrocardiographic changes induced by the stellate ganglion block in normal subjects. J Electrocardiol 1981 ; 14 : 169-74.
- 20) Schwartz P, Stone H. Effects of unilateral stellectomy upon cardiac performance during exercise in dogs. Circ Res 1979 ; 44 : 637-45.
- 21) Fujiki A, Masuda A, Inoue H. Effects of unilateral stellate ganglion block on the spectral characteristics of heart rate variability. Jpn Circ J 1999 ; 63 : 854-8.
- 22) Gardner M, Kimber S, Johnstone D et al. The effects of unilateral stellate ganglion blockade on human cardiac function during rest and exercise. J Cardiovasc Electrophysiol 1993 ; 4 : 2-8.
- 23) Cinca J, Evangelista A, Montoyo J et al. Electrophysiologic effects of unilateral right and left stellate ganglion block on the human heart. Am Heart J 1985 ; 109 : 46-54.
- 24) Crampton R. Preeminence of the left stellate gan-

- gion in the long Q-T syndrome. *Circulation* 1979 ; 59 : 769-78.
- 25) Schwartz P, Snebold N, Brown A. Effects of unilateral cardiac sympathetic denervation on the ventricular fibrillation threshold. *Am J Cardiol* 1976 ; 37 : 1034-40.
  - 26) Schwartz P, Locati E, Moss A et al. Left cardiac sympathetic denervation in the therapy of congenital long QT syndrome: A worldwide report. *Circulation* 1991 ; 84 : 503-11.
  - 27) Wong CW. Stimulation of left stellate ganglion prolongs Q-T interval in patients with palmar hyperhidrosis. *Am J Physiol* 1997 ; 273 ( 4 Pt 2 ) : H1696-8 .
  - 28) Schwartz P, Stone H. Left stellectomy in the prevention of ventricular fibrillation caused by acute myocardial ischaemia in conscious dogs with anterior myocardial infarction. *Circulation* 1980 ; 62 : 1256-65.
  - 29) Nademanee K, Taylor R, Bailey WE et al. Treating electrical storm : sympathetic blockade versus advanced cardiac life support-guided therapy. *Circulation* 2000 ; 102 : 742-7 .
  - 30) Locati E, Schwartz P. The idiopathic long QT syndrome: Therapeutic management. *Pace* 1992 ; 15 : 1374-9 .
  - 31) Ouriel K, Moss AJ. Long QT syndrome: an indication for cervicothoracic sympathectomy. *Cardiovasc Surg* 1995 ; 3 : 475-8 .
  - 32) Schwartz PJ, Priori SG, Cerrone M et al. Left cardiac sympathetic denervation in the management of high-risk patients affected by the long-QT syndrome. *Circulation* 2004 ; 109 : 1826-33.
  - 33) Tygesen H, Wettervik C, Claes G et al. Long-term effect of endoscopic transthoracic sympathectomy on heart rate variability and QT dispersion in severe angina pectoris. *Int J Cardiol* 1999 ; 70 : 283-92.
  - 34) Shin DI, Horlitz M, Haltern G et al. Therapy options for Prinzmetal angina induced ventricular vulnerability. *Z Kardiol* 2003 ; 92 : 332-8 .
  - 35) Turley AJ, Thambyrajah J, Harcombe AA. Bilateral thoracoscopic cervical sympathectomy for the treatment of recurrent polymorphic ventricular tachycardia. *Heart* 2005 ; 91 : 15-7 .
  - 36) Gutierrez O, Garita E, Salazar C. Thoracoscopic sympathectomy for incessant polymorphic ventricular tachycardia in chronic chagasic myocarditis—a case report. *Int J Cardiol* 2007 ; 119 : 255-7 .
  - 37) Lai CL, Chen WJ, Liu YB et al. Bradycardia and permanent pacing after bilateral thoracoscopic T2-sympathectomy for primary hyperhidrosis. *Pacing Clin Electrophysiol* 2001 ; 24 ( 4 Pt 1 ) : 524-5 .
  - 38) Schlack W, Thamer V. Unilateral changes of sympathetic tone to the heart impair left ventricular function. *Acta Anaesthesiol Scand* 1996 ; 40 : 262-71.
  - 39) Schlack W, Schafer S, Thamer V. Left stellate ganglion block impairs left ventricular function. *Anesth Analg* 1994 ; 79 : 1082-8 .
  - 40) Schlack W. The effects cervicothoracic sympathetic blockade on left ventricular function. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1999 ; 34 : 458-462.
  - 41) Schlack W, Dinter W. Haemodynamic effects of a left stellate ganglion block in ASA I patients. An echocardiographic study. *Eur J Anaesthesiol* 2000 ; 17 : 79-84.
  - 42) Lobato EB, Kern KB, Paige GB et al. Differential effects of right versus left stellate ganglion block on left ventricular function in humans: an echocardiographic analysis. *J Clin Anesth* 2000 ; 12 : 315-8 .
  - 43) von Scheidt W, Neudert J, Erdmann E et al. Contractility of the transplanted, denervated human heart. *Am Heart J* 1991 ; 121 : 1480-8 .
  - 44) Borow KM, Neumann A, Arensman FW et al. Left ventricular contractility and contractile reserve in humans after cardiac transplantation. *Circulation* 1985 ; 71 : 866-72.
  - 45) Nakamura Y, Yoshizawa H, Hirasawa M et al. Effect of endoscopic transthoracic sympathectomy on plasma natriuretic peptide concentrations in humans. *Circ J* 2005 ; 69 : 1079-83.
  - 46) Nakamura Y, Fujimoto M, Nagata Y et al. Effects of endoscopic transthoracic sympathectomy on hemodynamic and neurohumoral responses to exercise in humans. *Circ J* 2002 ; 66 : 357-61.

- 47) Noppen M, Dendale P, Hagers Y et al. Changes in cardiocirculatory autonomic function after thoracoscopic upper dorsal sympathicolytic for essential hyperhidrosis. *J Auton Nerv Syst* 1996 ; 60 : 115-20.
- 48) Papa MZ, Bass A, Schneiderman J et al. Cardiovascular changes after bilateral upper dorsal sympathectomy. Short- and long-term effects. *Ann Surg* 1986 ; 204 : 715-8.
- 49) Fujimoto M, Nakamura Y, Sakagami S et al. Effect of endoscopic transthoracic sympathicotomy on cardiopulmonary exercise testing. *Heart* 1998 ; 30 (suppl. 3) : 36-7.
- 50) Jeng JS, Yip PK, Huang SJ et al. Changes in hemodynamics of the carotid and middle cerebral arteries before and after endoscopic sympathectomy in patients with palmar hyperhidrosis: preliminary results. *J Neurosurg* 1999 ; 90 : 463-7.
- 51) Noppen MM, Vincken WG. Partial pulmonary sympathetic denervation by thoracoscopic D2-D3 sympathicolytic for essential hyperhidrosis: effect on the pulmonary diffusion capacity. *Respir Med* 1997 ; 91 : 537-45.
- 52) Moore R, Groves D, Hammond C et al. Temporary sympathectomy in the treatment of chronic refractory angina. *J Pain Symptom Manage* 2005 ; 30 : 183-91.
- 53) Chester M, Hammond C, Leach A. Long-term benefits of stellate ganglion block in severe chronic refractory angina. *Pain* 2000 ; 87 : 103-5.
- 54) Khogali SS, Miller M, Rajesh PB et al. Video-assisted thoracoscopic sympathectomy for severe intractable angina. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999 ; 16 Suppl 1 : S95-8.
- 55) Brothert TE, Wakefield TW, Jacobs LA et al. Effects of lumbar sympathectomy on canine transcutaneous oxygen tension. *Surgery* 1993 ; 113 : 433-7.
- 56) van Dielen FM, Kurvers HA, Dammers R et al. Effects of surgical sympathectomy on skin blood flow in a rat model of chronic limb ischemia. *World J Surg* 1998 ; 22 : 807-11.
- 57) Wright CJ, Cousins MJ. Blood flow distribution in the human leg following epidural sympathetic blockade. *Arch Surg* 1972 ; 105 : 334-7.
- 58) Kao MC, Tsai JC, Lai DM et al. Autonomic activities in hyperhidrosis patients before, during, and after endoscopic laser sympathectomy. *Neurosurgery* Feb 1994 ; 34 : 262-8.
- 59) Minson CT, Berry LT, Joyner MJ. Nitric oxide and neurally mediated regulation of skin blood flow during local heating. *J Appl Physiol* 2001 ; 91 : 1619-26.
- 60) Charkoudian N, Eisenach JH, Atkinson JL et al. Effects of chronic sympathectomy on locally mediated cutaneous vasodilation in humans. *J Appl Physiol* 2002 ; 92 : 685-90.
- 61) 藤本 学, 中村由紀夫, 吉沢 尚ほか. 内視鏡的胸部交感神経切除術の前腕血行動態に対する影響. In 第21回日本静脈学会総会プログラム・論文抄録, 岐阜, 6. 7-6. 8, 2001. *静脈学* 2001 ; 12 : 52抄録.
- 62) Kardos A, Taylor DJ, Thompson C et al. Sympathetic denervation of the upper limb improves forearm exercise performance and skeletal muscle bioenergetics. *Circulation* 2000 ; 101 : 2716-20.
- 63) Hansson M, Kjorell U, Forsgren S. Increased immunoexpression of atrial natriuretic peptide in the heart conduction system of the rat after cardiac sympathectomy. *J Mol Cell Cardiol* 1998 ; 30 : 2047-57.
- 64) Albino-Teixeira A, Polonia JJ, Azevedo I. Sympathetic denervation causes atrial natriuretic peptide-storing granules to appear in the ventricular myocardium of the rat. *Naunyn Schmiedeberg's Arch Pharmacol* 1990 ; 342 : 241-4.