

開胸術における新しい疼痛対策としての 凍結麻酔 (Cryoanalgesia) に関する研究

第 1 編

臨床的研究

岡山大学医学部第二外科学教室 (主任: 寺本 滋教授)

三宅 敬二郎

(昭和63年8月19日受稿)

Key words : 開胸術, 凍結麻酔, 肋間神経, 呼吸機能, 術後合併症

緒 言

近年開胸術は、手術・麻酔の進歩のみならず、手術前後の呼吸管理の向上や理学療法の普及などにより、高齢者や低肺機能患者に対しても適応は拡大されている。従ってこれら適応の拡大されつつある開胸術は、手術の安全性・根治性だけでなく、術後合併症の予防及び呼吸機能の温存も重要な課題である。術後肺合併症の発生や術後肺機能低下にかかわる因子は多いが、術後疼痛もその重要な因子である。

また、最近術後の quality of life に対する関心が深まっており、術後疼痛は日常生活を制限したり、病気に対する不安を募らせる原因となりうるので、この面からも十分な疼痛対策が要求される。

一般に開胸術後の疼痛は、開腹術などに比べ強く、長く続き、通常の術後鎮痛法以外に施設により特殊な方法がいろいろ工夫されている¹⁾。従来われわれの施設では、術中の肋間神経切除、術後の持続硬膜外ブロック (以下、硬膜外) や種々の薬剤による肋間神経ブロックなどを用いていたが、1986年7月より肋間神経の凍結麻酔を導入した。

今回、この肋間神経に対する凍結麻酔の除痛効果および術後合併症や術後呼吸機能に対する影響を臨床試験にて評価したので報告する。

凍 結 装 置

凍結装置はその冷却方式により、直接冷却剤を接触する直接脱熱方式と間接脱熱方式に大別される。間接脱熱方式はまた外部冷却(冷却棒)と内部冷却(凍結子型装置)に分けられる。また、凍結装置に用いられる冷却の原理には1) 相の変化を応用したもの、2) Joule Thomson 効果を応用したもの、3) 熱電子冷却 (Peltier 効果) を応用したものがある。今回使用した凍結装置は Spembyly 142 Cryounit (図1) であり、この装置はある一定温度(逆転温度)以下で気体を高压で小さい穴から噴出させ膨張させると、気体の温度が急速に低下するという Joule Thomson 効果²⁾を応用した、間接脱熱方式の内部冷却型で外排気方式である(図2)。冷却剤としては

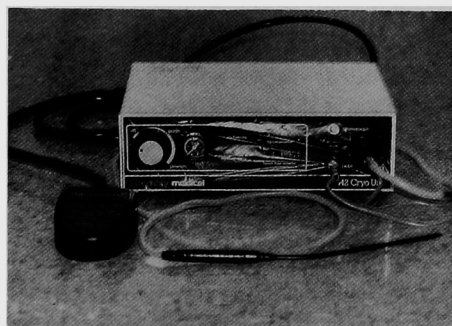


図1 Spembyly 142 cryounit

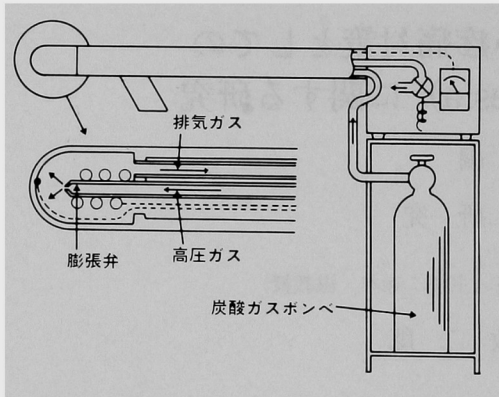


図2 Joule Thomson 効果

フロン、炭酸ガス、笑気ガスが用いられるが、今回の装置は炭酸ガスを用いた。Joule Thomson 効果による冷却では、その最低温度は理論的には冷却剤の沸点に等しく、炭酸ガスでは約 -78.5°C である。凍結子 (probe) は気密構造という特殊性から蛇腹管を含めた全体を本体から取り外して交換する構造になっているが、これはオートクレイブによる滅菌が可能である。

対象と方法

1) 臨床検討1 (凍結麻酔の除痛効果)

対象は、1986年7月から1987年10月までに当施設で行われた後側方切開による開胸術症例100例である。この凍結麻酔群 (以下、凍結群) に対し、対照群として凍結麻酔を行う以前の症例を100例無作為に選択した (表1)。両群の平均年齢は、凍結群62.2歳、対照群61.7歳で、性別 (男:女比) は、凍結群1.7:1、対照群1.9:1であった。対象疾患は凍結群では肺癌82例、肺良性腫瘍8例、縦隔腫瘍10例、対照群では肺癌87例、肺良性腫瘍8例、縦隔腫瘍5例であった。手術方法は、縦隔腫瘍に対しては全例腫瘍摘出術が施行され、肺疾患に対しては凍結群で3例、対照群で4例肺全摘術が、凍結群で8例、対照群で10例肺部分切除術が行われた以外は肺葉切除例である。肺葉切除例中凍結群の8例、対照群の10例は、二葉切除術であった。手術は、全例気管内挿管下によるGOF (E) 麻酔および一部N.L.A.麻酔の併用で行った。平均手術時間は凍結群245.9分、対照群226.4分であった。

表1 対象症例

| | 凍結群 (N=100) | 対照群 (N=100) |
|---------------|-------------|-------------|
| 平均年齢 (歳) | 62.2±16.7 | 61.7±11.9 |
| 性別 (男:女) | 1.7:1 | 1.9:1 |
| 平均手術時間 (分) | 245.9±114.3 | 226.4±82.7 |
| 診断名 | | |
| 肺 癌 | 82 | 87 |
| 肺 良 性 腫 瘍 | 8 | 8 |
| 縦 隔 腫 瘍 | 10 | 5 |
| 手術方法 | | |
| 肺 全 摘 術 | 3 | 4 |
| 肺 葉 切 除 術 | 79 | 81 |
| 肺 部 分 切 除 術 | 8 | 10 |
| 縦 隔 腫 瘍 摘 出 術 | 10 | 5 |

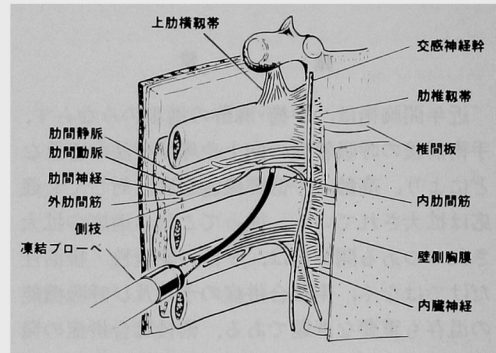


図3 凍結方法

凍結麻酔の手技は、閉胸直前に肋骨下縁で背側正中寄りの壁側胸膜を数cm切開し肋間神経を露出し、可及的椎間孔寄りで直視下に凍結プローベを当て凍結した。神経剥離の際、肋間動静脈が隣接しており、これらを温存するように行った。神経操作は愛護的に行い、機械的損傷が加わらないようにした。凍結中は、プローベが他臓器に接触しないように配慮した。とくに肺臓へ接触すれば肺穿孔を起し、air leakの原因になるので注意した。凍結中は肺臓鉤で十分に肺臓を圧排し、凍結する神経には絹糸をかけ、凍結の際にはこれを少し引き上げプローベを下から当てるようにした (図3, 4)。

凍結温度は約 -60°C とし、開胸部およびその上下2本ずつの肋間神経を凍結した。なお胸腔ドレーンは凍結された神経支配領域内から体外



図4 術中写真

に誘導した。

全身麻酔の影響が十分になくなったと思われる術後第一病日に pin-prick test にて皮膚感覚低下域を調べた。以後その感覚の回復を調べたが、退院後は外来通院時や郵送アンケートによる追跡調査にて follow up した。

術後の疼痛管理は、両群とも患者の要求およびその疼痛程度に応じて、坐薬(主に diclofenac sodium 50mg)、鎮痛剤の注射(pentazocine 15mg, hydroxyzine 25mg, buprenorphine 0.2mg など)、硬膜外(1% lidocaine 単独あるいは buprenorphine などの併用)を用いた。術後の患者の訴えや鎮痛剤の使用量、使用期間、鎮痛効果などを総合的に評価し、術後疼痛程度を下記の4段階に分類した。

- ①高度(severe)：患者自身が長期間耐え難い強い痛みを訴え、鎮痛剤の注射や硬膜外を頻回に要するほどの痛み。
- ②中等度(mild)：患者自身が術後しばらく中等度の痛みを訴えるが、坐薬を頻回に使うか1日1回程度の鎮痛剤の注射あるいは硬膜外の併用で除痛できる程度の痛み。
- ③軽度(slight)：患者自身が軽度の痛みを短期間訴えるが、1日数回の坐薬の使用程度で除痛できる程度の痛み。
- ④無痛(none)：経過中ほとんど痛みがなく、除痛処置を全く必要としないもの。

両群の、鎮痛剤の使用回数・使用期間・種類および疼痛程度につき比較、検討した。

2) 臨床検討2 (凍結麻酔と呼吸機能)

a) 凍結麻酔例につき術後早期の呼吸機能を測定

した。対象症例は肺一葉切除術施行例で air leak の無いものに限った。測定はオートスパイロ AS-300 (ミナト医科学株式会社)を用い、ベットサイドにて坐位で行った。手術前日あるいは前々日に術前値として測定し、術後は第3病日、第7病日、第14病日に測定した。

疼痛程度が none か slight であった20例を凍結麻酔有効群とし、疼痛程度が severe か mild であった19例を凍結麻酔無効群としてこの二群を比較、検討した。両群の年齢、性別には有意差はなかった。

b) 術前と術後一か月後の呼吸機能を凍結群と対照群で比較した。対象は凍結麻酔群40例、対照群40例であり、両群の年齢、性別に有意差はなかった。呼吸機能測定には Collins 社製の総合呼吸機能検査装置を用いた。

3) 臨床検討3 (凍結麻酔と術後合併症)

凍結麻酔の術後呼吸器合併症への影響につき検討した。術後呼吸器合併症は、気管支ファイバースコープによる吸痰を要したものと胸部X線写真上明らかな無気肺を呈したものと定義し、対象は臨床検討1と同一の二群とした。

なお、臨床検討の統計学的検討は、特に断りのないものは、t検定で行い $p < 0.05$ をもって有意とした。

結 果

1) 臨床検討 1

術後調べた pin-prick test による皮膚感覚は凍結した肋間神経の dermatome にはほぼ一致した領域の帯状の痛覚の消失が見られたが、背部正中側は全例正常感覚であった。これは肋間神経の後枝が温存されたためである(図5)。

すべての除痛方法を同等に1回と計算すると、両群の平均使用回数(回)は(以下:平均値±標準偏差値)、凍結群で 6.2 ± 6.1 、対照群では 22.8 ± 12.3 であり、凍結群で有意に少なかった。また、両群の平均使用期間(日)は、凍結群で 6.0 ± 5.4 、対照群では 12.5 ± 7.2 であり、凍結群で有意に短かった。両群の各除痛方法の硬膜外:注射:坐薬は(回)、凍結群で $0.3 \pm 1.5 : 1.2 \pm 2.6 : 4.7 \pm 4.0$ 、対照群で $7.9 \pm 6.7 : 4.0 \pm 5.4 : 10.9 \pm 8.5$ であり、いずれも凍結群では有意に少

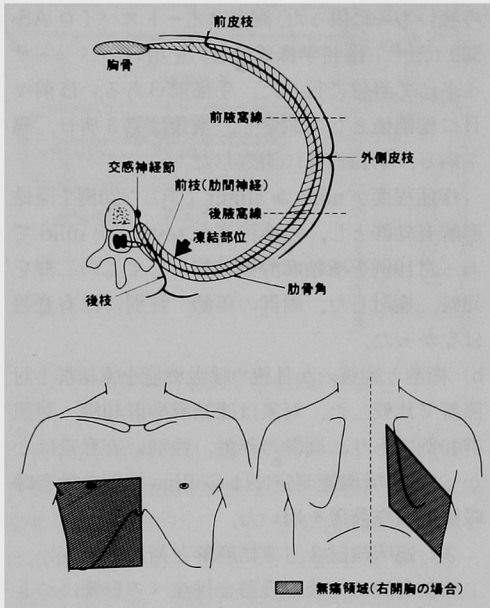


図5 術後 pin-prick test

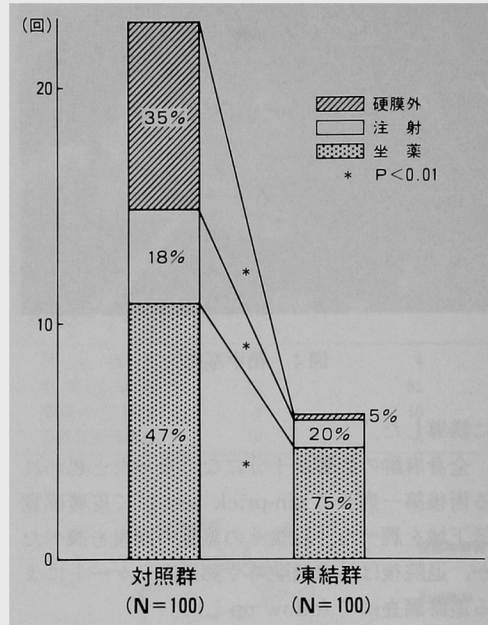


図6 術後鎮痛剤の使用分布

表2 術後鎮痛剤の使用回数および使用期間

| | 凍結群 (N=100) | 対照群 (N=100) | 両群間有意差 |
|----------|-------------|-------------|----------|
| 使用期間 (日) | 6.0±5.4 | 12.5± 7.2 | P < 0.01 |
| 使用回数 (回) | 6.2±6.1 | 22.8±12.3 | P < 0.01 |
| 坐薬 | 4.7±4.0 | 10.9± 8.5 | P < 0.01 |
| 注射 | 1.2±2.6 | 4.0± 5.4 | P < 0.01 |
| 硬膜外 | 0.3±1.5 | 7.9± 6.7 | P < 0.01 |

なかった (表2)。

各除痛法を総使用回数に対する比率で見ると硬膜外：注射：坐薬の比率 (%) は、凍結群で 5：20：75で、対照群では35：18：47であった。両群ともに坐薬の占める割合が最も大きい。対照群では凍結群に比べ硬膜外の使用率も高かった (図6)。

両群の疼痛程度での severe：mild：slight：none の比率 (%) は、凍結群で 4：23：70：3であり、対照群では63：32：5：0であった。severe, mildを除痛不良群, slight, noneを除痛良好群とするとカイ二乗検定により、凍結群

表3 術後疼痛程度

| | 凍結群 (N=100) | 対照群 (N=100) |
|------------|-------------|-------------|
| 高度(severe) | 4 | 63 |
| 中等度(mild) | 23 | 32 |
| 軽度(slight) | 70 | 5 |
| 無痛(none) | 3 | 0 |

P < 0.01

では対照群より有意にその除痛は良好であった (表3)。凍結群において、十分な除痛ができなかった例においても凍結領域の皮膚感覚は全例無痛であったにもかかわらず強い痛みを訴えた。その疼痛部位はほとんどが背部痛であり、一部ドレーン挿入部痛、ドレーン先端部痛であった。ドレーン抜去後、速やかに疼痛が消失した症例もあった。

凍結部位の皮膚感覚の回復は、全例追跡調査することは不可能であったが、ほとんどの症例において術後1～2か月より始まり、長期追跡調査しえた42例は、全例6か月後にはほぼ正常感覚に回復していた。また皮膚感覚回復の過程において、一時的に種々の dysesthesia を訴える

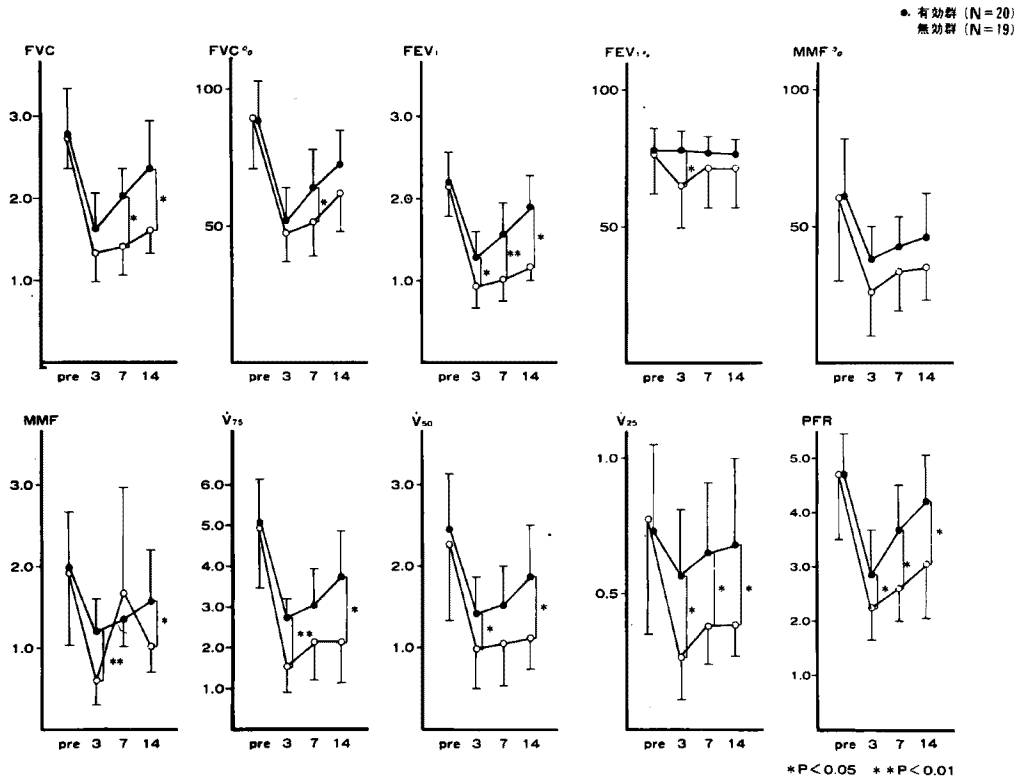


図7 術後早期の呼吸機能の変化

ものがあつたが経過とともに消失した。

凍結麻酔の副作用として、下位肋間神経麻痺による腹筋麻痺が予測されたが、自験例では2例のみであり、神経機能回復とともに消失した。

2) 臨症検討 2

a) 術後早期の呼吸機能測定項目は、 FEV_1 (1秒量)、FVC (努力肺活量)、FVC% (比肺活量)、 $FEV_{1\%}$ (一秒率)、MMF (最大中間呼気流量)、MMF% (%最大中間呼気流量)、PFR (最大呼気流量)、 \dot{V}_{75} 、 \dot{V}_{50} 、 \dot{V}_{25} である。各測定値の術前値には二群間に有意差はなかつた。両群の術後早期の呼吸機能の推移は同様の推移を示し、術後1日目よりFVC、FVC%、 FEV_1 は術前値の50%前後に低下、術後3日、7日、14日と次第に回復してゆき、 $FEV_{1\%}$ の変化はわずかであつた。すなわち両群ともに術後肺機能は拘束性肺機能障害を呈し、その回復過程においても同様のパターンを示した。また \dot{V}_{50} 、PFR等の流量も同様の経過を示した。ただし、凍結麻酔有

効群では、術後肺機能の低下は少く、回復は良好であつた。統計上凍結麻酔有効群が有意に良好であつたのは、術後3日目では FEV_1 、 $FEV_{1\%}$ 、MMF、 \dot{V}_{75} 、 \dot{V}_{50} 、 \dot{V}_{25} 、PFR、術後7日目では FEV_1 、FVC、FVC%、 \dot{V}_{25} 、PFR、術後14日目では FEV_1 、FVC、MMF、 \dot{V}_{75} 、 \dot{V}_{50} 、 \dot{V}_{25} 、PFRであつた (図7)。

b) 術後1か月後の呼吸機能のパラメーターとしては、FVC、FVC%、 FEV_1 、 $FEV_{1\%}$ 、MVV、MVV%を測定した。各パラメーターの術前値に有意差はなかつた。術後1か月後の測定値は、凍結群で良好の傾向であつたが、二群間に統計上有意差はなかつた。ただし術前と術後1か月の値の差を検定すると、FVC%が凍結群で 25.3 ± 13.3 、対照群で 32.0 ± 8.2 と有意に凍結群の減少が少なかつた。その他のパラメーターは統計上有意差はなかつたが、やはり凍結群において、それぞれの減少は少ない傾向であつた (表4)。

表4 術後1か月後の呼吸機能

| | | 凍結群 (N=40) | 対照群 (N=40) | 両群間 有意差 | | | 凍結群 (N=40) | 対照群 (N=40) | 両群間 有意差 |
|------------------|-------------------|---------------|---------------|------------|--------------------|---------------------|---------------|---------------|------------|
| FVC | pre | 2.83±0.83 | 3.01±0.66 | NS | FEV ₁ % | pre | 75.3±9.57 | 77.0±9.93 | NS |
| | post | 2.03±0.54 | 1.97±0.46 | NS | | post | 77.6±9.91 | 81.0±8.71 | NS |
| | ΔFVC | 0.79±0.49 | 0.99±0.49 | NS | | ΔFEV ₁ % | -1.80±8.50 | -3.03±8.47 | NS |
| FVC% | pre | 87.3±22.0 | 94.3±16.4 | NS | MVV | pre | 82.6±29.5 | 88.6±30.2 | NS |
| | post | 64.5±13.5 | 62.4±12.6 | NS | | post | 66.8±23.2 | 65.4±23.2 | NS |
| | ΔFVC% | 25.3±13.9 | 32.0±8.20 | P<0.05 | | ΔMVV | 16.7±16.8 | 23.4±18.4 | NS |
| FEV ₁ | pre | 2.13±0.68 | 2.31±0.62 | NS | MVV% | pre | 87.1±25.1 | 90.7±22.8 | NS |
| | post | 1.56±0.45 | 1.59±0.41 | NS | | post | 69.3±19.7 | 67.3±18.5 | NS |
| | ΔFEV ₁ | 0.56±0.39 | 0.71±0.37 | NS | | ΔMVV% | 17.8±17.1 | 23.5±16.9 | NS |

3) 臨床検討 3

術後呼吸器合併症の頻度は、凍結麻酔群では100例中4例で4%、対照群では100例中15例で15%であり、凍結麻酔群では有意にその頻度は少なかった。凍結麻酔を行い術後呼吸器合併症を併発した例において、術後疼痛程度は3例が severe pain で1例が mild pain であり、術式は、肺葉切除術が2例、肺部分切除術が2例であった。一方、対照群では10例が severe pain で5例が mild pain であり、肺全摘術1例、肺葉切除術12例、肺部分切除術2例であった。

考 察

一般に開胸術後は開胸操作に伴う組織破壊が大きい事もあり、他の手術よりその疼痛は強い。また、疼痛の慢性化は患者の病気に對する不安を募らせたり、原疾患が治癒したにもかかわらず日常生活が制限されることもあり、開胸術後の疼痛対策は重要である。

通常術後の疼痛処置としては Indomethacine 等の坐薬や Pentazocine 等の鎮痛剤、あるいは麻薬の静注、筋注などが行われているが、ときに鎮静作用や呼吸抑制、咳嗽反射の低下など特に開胸術後の術後管理に不都合なこともある。

硬膜外は、上記全身鎮痛法に比べ、疼痛を含めた術後管理に有益な疼痛対策として注目されており、開胸術後の疼痛対策としても有効であるとの報告³⁾⁴⁾⁵⁾も多い。ただし、まれに嘔心、嘔

吐、低血圧などの合併症を起したり、手技・管理上の煩雑さや交感神経抑制による気道分泌の増加などの問題もある。

肋間神経ブロックを開胸術後疼痛管理として術中あるいは術後に行う方法も報告されている⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾が、長時間作用薬を用いても、十分な期間疼痛をコントロールすることは困難のようである。この点を補う方法として持続カテーテルを用い薬剤を連続投与する方法¹⁰⁾や、神経破壊剤による肋間神経ブロックの報告¹¹⁾もある。

その他経皮的電気刺激法 (Transcutaneous electric nerve stimulation, TENS) を用いた除痛方法¹²⁾や鎮痛剤の静脈内持続注入¹³⁾¹⁴⁾、trigger point への局注や¹⁵⁾、10% ammonium sulfate の肋間神経への注入¹⁶⁾などの報告もある。

今回用いた肋間神経の凍結麻酔は新しい開胸術後の疼痛対策であるが、我が国ではいまだ十分に普及していない。

個々の除痛方法は、それぞれ一長一短があり、施設や症例に応じいくつかの方法が併用されているのが現状であろう。

低温が無痛を生じること古くは Hippocrates の時代から知られ、応用されていた。しかし、その臨床応用が飛躍的に広がったのは1961年 Cooper による液体窒素を利用した凍結装置の開発以来であり、以後新しい物理的神経ブロックとしての臨床応用¹⁷⁾¹⁸⁾が普及した。

開胸術における肋間神経の凍結麻酔は、1974年 Nelson¹⁹⁾らにより紹介されている。さらに1976

年 Lloyd ら²⁰⁾により cryoanalgesia という記載で、種々の64例の疼痛に対し行い有効であったと報告された。その中で17例は肋間神経に対して行っており、うち5例は開胸術への応用であった。開胸術に対する応用の報告は幾つかあるか²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾、これらの報告では、凍結方法等に若干の差があるものの、大旨他の除痛方法にくらべ除痛効果に優れ、1) 術後鎮痛剤の使用量を減ずることができた。2) 理学療法を十分に行うことができた。3) 喀痰喀出が容易で、術後肺合併症を減ずることができた。4) 術後呼吸機能の低下を抑えることができた。5) 皮膚感覚は一定期間の後に回復した。という結論であり、本研究でもほぼ同様の結果であった。術後鎮痛剤の使用量は減少できたが、使用期間には有意差はなかったとの報告²³⁾もあるが、今回の検討では使用期間も凍結群では短く、術直後に除痛処置を多く要したものは、疼痛に対する手術の影響がなくなったと思われる時期においても痛みを訴える例が多く、術直後の十分な除痛は疼痛の長期化の予防にも重要と考えられた。

それぞれの報告者の実際の凍結方法は今回の我々の報告と基本的には同じで、閉胸直前に胸膜を剝離し、肋間神経を剝離、開胸部およびその上下2本を直視下に凍結している。

凍結麻酔を行なう際の設定条件としては、1) 凍結温度、2) 凍結時間、3) 反復凍結がある。一般に細胞組織にとってcriticalな温度は、 -5°C より -50°C と言われているが、組織により低温感受性は異なる。神経組織では、凍結時間を一定にし、凍結温度を変化させると、組織到達温度が、 -20°C 以下では、それ以下に下げても、知覚、運動神経ともに、その機能回復に要する時間に差はないとの報告²¹⁾²²⁾がある。凍結麻酔における各報告者の凍結温度は -50°C から -70°C であるが、当施設では凍結装置の特性上約 -60°C に設定した。

凍結時間の延長は、無制限に組織障害を増強するのではなく、一定温度においては、ある時間以上では障害範囲はプラトーに達し、神経機能の回復に要する時間の観察でも同様であるとの実験報告³⁰⁾がある。各報告者の凍結時間は、30秒から2分間であるが、当施設では、凍結麻酔

を導入した当初は、凍結時間1分間で行なっていたが、効果にばらつきがあり、2分間に延長することにより効果を安定することができた³¹⁾。

反復凍結 (repititive freezing)³²⁾は、いったん解凍した後に繰り返し凍結を行なう手技であり、同法を用いた報告もあるが、Maiwand (1986) ら²⁹⁾は、凍結時間30秒1回凍結にて行なった凍結麻酔600例の臨床成績につき報告し、以前行っていた2回凍結法にくらべて、除痛効果は同様に良好であっただけでなく、術後の dysesthesia を減ずることができたと報告している。さらに特に胸膜の肥厚がなければ胸膜を剝離する必要はなく胸膜上からプローベを当てても同様の効果であると述べている。

最適の凍結方法・条件については、いまだ検討中であり、施設により経験上決定されているのが現状のようである。

凍結麻酔後、時に種々の dysesthesia の訴えがあるが、経過に伴って消失する点も各報告および自験例でも同じであり、特にそれを苦痛であると感じた例はほとんどなかった。

凍結麻酔施行例で強い痛みを訴えた症例は、主にドレーンの痛み (挿入部痛やドレーン先端の痛み) や体位に関する痛み (腕・肩の痛み) の二点に関する痛みが多かった。よって、今回の術後疼痛程度の検討で統計上除痛不良と処理したものすべてが凍結麻酔自体が無効であったとは言えない。凍結方法に改善の余地はあるが、これらの二点を常に考慮し術中・術後の配慮が重要である。また、凍結麻酔を行っても、肋間神経の後枝は温存され背部正中側は除痛できないことも背部痛が多かった原因と考えられた。

一方、凍結方法自体の問題で凍結麻酔が無効となった理由としては、不十分な凍結がすべての神経繊維の伝導遮断を起こさず、Melzack, Wall の Gate control theory³³⁾を考慮した場合、正常とは異なる神経伝導回路の形成による促痛現象が起き、さらに痛みの悪循環に拍車をかけるという推測もある³⁴⁾。

また、凍結療法 (Cryotherapy) 後の Neuropathy の報告³⁵⁾はあるが、凍結麻酔では起こりえず、Neuropathy を起こさない事が凍結麻酔の利点であるとの報告¹⁹⁾²²⁾が多い。

凍結麻酔の合併症として、下位肋間神経麻痺による腹筋麻痺の報告例もあるが²⁶⁾、我々の経験で明らかなのは、100例中2例であった。ただし、そのための障害もなく経過とともに麻痺は改善している。

種々の開胸術に対する除痛対策は術後呼吸機能や合併症への影響についても検討されている。

術後の呼吸機能変化についてはCraig³⁶⁾の代表的な総説がある。即ち術前肺機能の正常な患者において術後に起こる変化として深吸気量(IC)、肺活量(VC)、機能的残気量(FRC)が低下し、この変化は一般にVCの変化がFRCの変化に比し大きいとされている。特に肺切除術後では肺実質欠損によるVCの低下は大きい。Bergh³⁷⁾は開胸術直後ではVCは平均25~50%減少し、これには疼痛や手術の影響による呼吸運動制限、麻酔や鎮痛剤の影響もあると述べている。今回の検討でも凍結麻酔有効群、無効群ともに拘束性肺機能障害のパターンを示した。また \dot{V}_{50} 、PFR等の流量の低下は肺気量の低下のためと考えられた。Curtis³⁸⁾は肺葉切除後安定期の肺機能で、肺活量はわずか10.4%の減少であったことから、術後早期の肺機能には開胸手術そのものによる影響、いわゆるthoracotomy effectが大きいと述べている。今回の術後早期の呼吸機能の検討では、凍結麻酔による除痛良好群において術後呼吸機能低下が少なく、その回復も良好であったことより、疼痛は広義のthoracotomy effectであると言えた。

術後疼痛は呼吸運動制限、深呼吸、咳嗽、喀痰喀出障害を来し、術後呼吸機能や肺合併症の発生に悪影響を及ぼすと考えられる。即ち、疼痛は呼吸をVT内の浅い呼吸にし、深呼吸やhyperinflationの抑制された呼吸は肺コンプライアンスを低下させ、咳嗽、喀痰喀出障害はmicroatelectasisの原因となり、肺膨張障害はFRCを低下させる。またairway closureはnon infectious complication (atelectasis)であってもinfectious complication (bronchitisやpneumonia)であっても肺合併症に至るまでの一連の病的変化の初期像として非常に重要であり、当然呼吸機能に影響する。

術後肺合併症の頻度は施設や報告者によりま

ちまちである。Garibaldi³⁹⁾は術後肺合併症の重要なリスクファクターとして低アルブミン血症、喫煙歴、長時間の手術、胸部・上腹部の手術をあげており、疼痛も含めてmultifactorialであると述べている。今回の検討では術後合併症を来した例は必ずしも低肺機能あるいは切除肺容量の大きいものではなく、除痛効果の優れた凍結群の合併症が少なかったことは、本法の利点であるとともに、疼痛は術後肺合併症のリスクファクターとして妥当であると考えられた。

術後疼痛対策と術後呼吸機能について、Shulman⁴⁾は、肺切除術においてモルヒネの静注と硬膜外を比較し、硬膜外で術後早期のFVC₁、FEV₁が良好であったと述べている。また局麻剤を用いた術中肋間神経ブロック⁷⁾⁸⁾⁹⁾、TENSによる除痛¹²⁾により術後呼吸機能が改善されたとの報告もある。一方、凍結麻酔に関しては、Keenan⁴⁰⁾は坐薬の併用で術後のpeek flowの低下を少なくすることができたと報告している。

凍結麻酔による術後呼吸機能の影響は少ないとの報告¹⁾²³⁾も、良好であったとの報告²⁹⁾⁴¹⁾もあるが、今回の検討では凍結麻酔の呼吸機能への関与はおおきく、術後早期のみならず1か月後にも影響していた。これは術後の除痛が良好で理学療法を十分に施行でき、今回の検討の定義には該当しない程度の軽度の合併症を回避し、術後の換気が良好であったため、残存肺機能を最大限に活用しえた結果と考えられた。

開胸術後の疼痛には以下のような原因が考えられる。1)十分な視野を得ようとして過大に術野が広げられるために種々の組織(costotransverse ligamentやcostovertebral ligamentなど)が損傷を受けるための痛み。2)開胸創に関する痛み。3)ドレーンに関する痛み。(挿入部痛および胸腔内ドレーンの痛み)4)術中の体位に関する痛み。などである。3)4)に関しては術中、術後の配慮・工夫によりある程度は予防できるものである。1)2)に関しては、創や控滅組織の治癒過程に伴い軽快するものである。したがって、開胸術後の疼痛管理は術後の一定期間を十分に行うことが大切でありこの点からも凍結麻酔は有効であると考えられた。

現時点においては、開胸術後の疼痛対策とし

て、当施設では凍結麻酔を中心に行ない、良好な成績を得ているが、他の除痛法との併用でより有効との報告²⁷⁾³⁴⁾もあり、除痛が不十分な場合は、躊躇することなく、適切な対策を追加することは大切である。

結 論

1. 開胸術後の新しい疼痛対策としては肋間神経の凍結麻酔を行った。本法は除痛効果に優れ、術後の鎮痛剤の使用量・使用期間を有意に減ずることができた。
2. 凍結麻酔による皮膚感覚低下領域の知覚は、一定期間後に正常に回復した。
3. 凍結麻酔有効群では無効群に比べ術後早期の呼吸機能が良好であり、術後1か月の呼吸機

能では凍結麻酔群は対照群に比べ良好であった。また、凍結群では、術後肺合併症が対照群に比し、有意に少なかった。

4. 凍結麻酔群においても除痛効果が不十分なものについては、背部痛と術中体位やドレーンに関連した痛みが最も多かった。

稿を終るに当たり、終始御指導、御校閲を賜りました恩師寺本教授に深甚なる謝意を表するとともに、直接御指導、御教示をいただいた清水信義講師、種々御協力下さった教室諸兄に感謝の意を捧げる。

なお本論文の要旨は、第27回日本胸部疾患学会、第4回呼吸器外科学会、第28回日本肺癌学会において発表した。

文 献

- 1) Coleman DL : Control of postoperative pain. Nonnarcotic and narcotic alternatives and their effect on pulmonary function. *Chest* (1987) **92**, 520—528.
- 2) Amoils SP : The Joule Thomson Cryoprobe. *Arch Ophthalmol* (1967) **78**, 201—207.
- 3) James EC, Kolberg HL, Iwen GW and Gellatly TA : Epidural analgesia for postthoracotomy patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* (1981) **82**, 898—903.
- 4) Shulman M, Sandler AN, Brandley JW, Young PS and Brebner J : Postthoracotomy pain and pulmonary function following epidural and systemic morphine. *Anesthesiology* (1984) **61**, 569—575.
- 5) Shuman RL and Peters RM : Epidural anesthesia following thoracotomy in patients with chronic obstructive airway disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* (1976) **71**, 82—88.
- 6) Moor DC : Intercostal nerve block for postoperative somatic pain following surgery of thorax and upper abdomen. *Br J Anaest* (1975) **47**, 284—288.
- 7) Pereyra LHT and DeMeester TR : Prospective randomized evaluation of intrathoracic intercostal nerve block with bupivacaine on postoperative ventilatory function. *Ann Thorac Surg* (1979) **27**, 203—205.
- 8) Bergh NP, Dottori O, Lof BA, Simonsson BG and Ygge H : Effect of intercostal block on lung function after thoracotomy. *Acta Anaesthesiol Scand* (1966) **24**, 85—95.
- 9) Galway JE, Caves PK and Dundee JW : Effect of intercostal nerve blockade during operation on lung function and the relief of pain following thoracotomy. *Br J Anaesth* (1975) **47**, 730—735.
- 10) Olivet RT, Nauss LA and Payne WS : A technique for continuous intercostal nerve block analgesia following thoracotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* (1980) **80**, 308—311.
- 11) Roviario GC, Varoli F, Fascianella A, Mariani C, Ramella G, Ceccopieri M and Pezzuoli G : Intrathoracic intercostal nerve block with phenol in open chest surgery. *Chest* (1986) **90**, 64—67.
- 12) Ali J, Yaffe CS and Serrete C : The effect of transcutaneous electric nerve stimulation on postoperative pain and pulmonary function. *Surgery* (1981) **89**, 507—512.
- 13) Bennett R, Batenhorst RL, Foster TS, Griffen WO and Wright BD : Postoperative pulmonary

- function with patient-controlled analgesia. *Anesth Analg* (1982) **61**, 171.
- 14) Cundy JM : Improved pain relief after thoracotomy. *Br Med J* (1981) **283**, 1185—1186.
 - 15) Reichert FL : Treatment of postthoracotomy neuralgia. *West J Surg Obst & Gynec* (1960) **14**, 19—21.
 - 16) Miller RD, Johnston RR and Hosobuchi Y : Treatment of intercostal neuralgia with 10 per cent ammonium sulfate. *J Thorac Cardiovasc Surg* (1975) **69**, 476—478.
 - 17) 田中茂男, 永田 丕 : Cryosurgery の一般外科臨床への応用—ことに各種腫瘍の破壊とペインクリニックについて. *日外会誌* (1970) **71**, 1405—1407.
 - 18) Barnard JDW, Lloyd JW and Glynn CJ : Cryosurgery in the management of intractable facial pain. *Br J Oral Surg* (1978) **16**, 135—142.
 - 19) Nelson KM, Vincent RG, Bourke RS, Smith DE, Blakeley WR, Kaplan RJ and Pollay M : Intraoperative intercostal nerve freezing to prevent postthoracotomy pain. *Ann Thorac Surg* (1974) **18**, 280—285.
 - 20) Lloyd JW, Barnard JDW and Glynn CJ : Cryoanalgesia. A new approach to pain relief. *Lancet* (1976) **30**, 932—934.
 - 21) Evans PJD, Lloyd JW and Green CJ : Cryoanalgesia technique. *Lancet* (1980) **31**, 1188—1189.
 - 22) Evans PJD : Cryoanalgesia. The application of low temperatures to nerves to produce anaesthesia or analgesia. *Anaesthesia* (1981) **36**, 1003—1013.
 - 23) Katz J, Nelson W, Forest R and Bruce DL : Cryoanalgesia for postthoracotomy pain. *Lancet* (1980) **8**, 512—513.
 - 24) Glynn CJ, Lloyd JW and Barnard JDW : Cryoanalgesia in the management of pain after thoracotomy. *Thorax* (1980) **35**, 325—327.
 - 25) Kiff JGH : Cryoanalgesia for postoperative pain. *Lancet* (1980) **12**, 829.
 - 26) Maiwand O and Makey AR : Cryoanalgesia for relief of pain after thoracotomy. *Br Med J* (1981) **282**, 1749—1750.
 - 27) Orr IA, Keenan DJM and Dundee JW : Improved pain relief after thoracotomy : use of cryoprobe and morphine infusion. *Br Med J* (1981) **283**, 945—948.
 - 28) Maiwand O, Makey AR and Sanmuganathan S : Increased effectiveness of physiotherapy after cryoanalgesia following thoracotomy. *Physiother Can* (1982) **68**, 9—12.
 - 29) Maiwand O, Makey AR and Rees A : Cryoanalgesia after thoracotomy. Improvement of technique and review of 600 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* (1986) **92**, 291—295.
 - 30) Beazley RM, Bagley DH and Ketchan AS : The effect of Cryosurgery on peripheral nerves. *J Surg Res* (1974) **16**, 231—234.
 - 31) 三宅敬二郎, 伊達洋至, 宮井芳明, 森山重治, 長澤弘明, 安藤陽夫, 中野秀治, 栗田 啓, 清水信義, 寺本滋 : 開胸術後における疼痛対策としての Cryoanalgesia (凍結麻酔) の試み. *胸部外科* (1987) **40**, 731—735.
 - 32) Gill W, Fraser J and Carter DC : Repeated freeze-thaw cycles in cryosurgery. *Nature* (1968) **219**, 410—413.
 - 33) Melzack R and Wall P : Pain mechanisms. A new theory. *Science* (1965) **150**, 971—975.
 - 34) Barton AA : An electron microscope study of degeneration and regeneration of nerve. *Brain* (1962) **85**, 799—809.
 - 35) Finell PF : Ulnar neuropathy after liquid nitrogen cryotherapy. *Arch Dermatol* (1975) **111**, 1340—1342.

- 36) Craig DB : Postoperative recovery of pulmonary function. *Anesth Analg* (1981) **60**, 46—52.
- 37) Bergh NP, Dottori O, Lof BA, Simonsson BG and Ygge H : Effect of intercostal block on lung function after thoracotomy. *Acta Anaesthesiol Scand* (1966) **24**, 85—95.
- 38) Curtis JK, Bauer H, Rasmussen HK and Mendenhall JT : Studies of pulmonary function before and after pulmonary surgery in 450 tuberculosis patients. I. Vital capacity and maximum breathing capacity. *J Thorac Surg* (1959) **37**, 598—605.
- 39) Garibaldi RA, Britt MR, Coleman ML, Reading JC and Pace NL : Risk factors for postoperative pneumonia. *Am J Med* (1981) **70**, 677—680.
- 40) Keenan DJM, Cave K, Langdon L and Lea RE : Comparative trial of rectal indomethacin and cryoanalgesia for control of early post-thoracotomy pain. *Br Med J* (1983) **287**, 1335—1337.
- 41) Rooney SM, Jain S, McCormack P, Bains MS, Martini N and Goldiner PL : A comparison of pulmonary function tests for postthoracotomy pain using cryoanalgesia and transcutaneous nerve stimulation. *Ann Thorac Surg* (1986) **41**, 204—207.

A study on cryoanalgesia after thoracotomy**— A new approach to pain relief —****Part 1. Clinical study****Keijiro MIYAKE****Second Department of Surgery,****Okayama University Medical School,****Okayama 700, Japan****(Director : Prof. S.Teramoto)**

Thoracotomy is generally considered to give rise to very severe pain. Although the efficacy of several new procedures of postoperative pain relief has been emphasized, postoperative pain is still a difficult problem to solve. Since July 1986, cryoanalgesia has been used for the relief of pain after thoracotomy as a routine method of postoperative pain control in our unit. This study showed that the patients who received cryoanalgesia required significantly less narcotics after operation than those who did not receive cryoanalgesia. The effectiveness of cryoanalgesia was verified not only by subjective parameters such as pain, but also by a definite improvement in spirometric parameters and additional benefits attributed to a decrease in the occurrence of postoperative pulmonary complications.

These findings suggest that cryoanalgesia has a definite advantage over previous forms of control of postthoracotomy pain, and the additional time needed to apply cryoanalgesia is well justified.