心疾患患者に対する呼吸理学療法のエビデンス

Clinical Evidence in Respiratory Physiotherapy for Patients with Cardiac Diseases

高橋 哲也¹⁾

TETSUYA TAKAHASHI, PT, PhD, MSc¹⁾

¹⁾Division of Rehabilitation Medicine, Gunma Prefectural Cardiovascular Center: Kou 3-12, Kameizumi, Maebashi, Gunma 371-0004, Japan. TEL +81 27-269-7455

Rigakuryoho Kagaku 21(3): 311-316, 2006. Received Jun. 20, 2006.

ABSTRACT: Since the heart and lungs are internal organs connected directly, each organ has always influenced the other. Therefore, respiratory problems such as deoxygenation due to cardiac problems are not improved by only assisting breathing in many cases. Respiratory physiotherapy needs to be applied to patients with cardiac disease with an understand of the pathophysiology of cardiac disease and the limitations of respiratory physiotherapy. Early mobilization is one of the most effective respiratory physiotherapy techniques after cardiac surgery, while clinical evidence has disproved the effectiveness of traditional breathing exercises using incentive spirometry. Patients with heart failure and patients after cardiac surgery show weakness of respiratory muscle strength; however, further research needs to be performed about the necessity of respiratory muscle training for patients with cardiac disease since the relationship between respiratory muscle training and physiotherapy outcomes is not sufficiently clear.

Key words: cardiac diseases, respiratory physiotherapy, evidence based practice

要旨: 心臓と肺は直結している臓器であるために、お互いが絶えず影響を及ぼしあっている。そのため、循環器疾患が原因で呼吸器に問題が生じた場合は、単に呼吸を介助しただけでは酸素化能などの呼吸器の問題は改善しない場合も多い。心疾患患者に対する呼吸理学療法は、病態を理解し、呼吸理学療法の限界を把握した上で臨床応用する必要がある。心臓外科手術後は早期離床が最も効果的な呼吸理学療法であり、インセンティブスパイロメータを使用した伝統的な呼吸練習の効果については否定されている。また、心不全患者や心臓外科手術後の患者は呼吸筋力の低下を認めるものの、呼吸筋力トレーニングが関連する諸指標にどのように影響するかが十分に明らかになっていない。そのため、心疾患患者に対する呼吸筋トレーニングについては効果や必要性について更なる研究が必要である。

キーワード: 循環器疾患, 呼吸理学療法, エビデンス

¹⁾群馬県立心臓血管センター リハビリテーション課: 群馬県前橋市亀泉町甲3-12 (〒371-0004) TEL 027-269-7455

I. はじめに

身体の循環には、心臓から大動脈経由で送り出されて大静脈を経て心臓に戻るまでの「大循環」と、心臓から肺動脈を経て、肺と肺静脈を経由して心臓に戻る「小循環」がある。小循環を形成する肺と心臓は身体諸臓器の中で唯一直列に配置されているために、片方に何かしらの障害が生じると、必ずもう一方の臓器に影響が及ぶ。そのため、理学療法を行う上で心臓と肺は別々に考えるべき臓器ではなく、常に相互の関係や影響を考えながら理学療法を進めていく必要がある。

II. 急性心筋梗塞と呼吸理学療法

1. 心筋梗塞後の酸素化能の低下のメカニズム

急性心筋梗塞後、早期再灌流療法が成功し、心筋のダメージも少なく、心不全などの合併症を併発していない場合は、離床をスムーズに進めることができるために、特別な呼吸理学療法を必要とすることはほとんどない。しかし、心筋梗塞発症後に急性左心不全を合併した場合には、左室充満圧や肺毛細管圧が上昇し、間質と肺胞腔に急速に水分貯留が起り、高度の肺うっ血や心原性肺水腫をきたすために、呼吸管理や呼吸理学療法の必要性が生じてくる。

通常、肺毛細血管の膠質浸透圧と肺胞内圧、さらには肺の表面活性物質が肺毛細管の血漿成分を血管内に保持するように働き、肺間質水分の一部はリンパ管へ、残りは肺胞腔で吸収されて常に一定に保たれている。しかし、心不全により毛細管圧が急激に上昇すると静水圧が上昇し、また、血漿膠質浸透圧が低下すると、肺毛細管からの血漿成分が血管外（間質さらには肺胞）へ貯留し、肺水腫が発生する（図1）。肺水腫となると、肺胞ではまったく換気ができなくなり、低換気陥った肺胞を血液が酸化されずに通過して肺内短絡（シャント）を形成したり、肺の間質性水腫や肺胞性肺水腫となると肺胞から毛細管への O_2 拡散が障害されることにより低酸素血症を合併する。急性心筋梗塞後にKillip分類のⅢまたはⅣの重症ポンプ失調を合併すると、Killip分類のⅠまたはⅡに比べて、有意に低い PaO_2 を認める¹⁾。急性肺水腫になった場合は表1のような身体所見が認められ、早急に経鼻カニューレやフェイスマスクで2~6リットルの酸素吸入を行い、原因除去が必要とされる。この際に、酸素化の改善と称して、各種呼吸理学療法手技を使用し換気を増やそうとしてもほとんど効果がない。即効性のある利尿剤を静注し、左心室の前負荷軽減と肺毛細管圧の低下を図るほう

図1 肺水腫の模式図

表1 急性肺水腫の身体所見

- ・頻脈
- ・交感神経緊張の結果、末梢血管収縮による冷たい手足
- ・頻呼吸、呼吸困難
- ・泡沫状の喀痰
- ・ラ音（初期には肺底部、重症になれば全肺野に）

が先決である。同時に酸素療法を開始し、酸素投与により虚血心筋を保護することも重要である。唯一、そのような症例の酸素化改善に寄与できる（可能性のある）理学療法は、起座位とし静脈還流を減少させて心臓への前負荷を軽減させたり、安静治療中に生じる肺うっ血や心原性肺水腫が原因となる下側肺障害を予防するために、体位管理や体位呼吸療法²⁾を行うことである。

2. 体位呼吸療法

心不全を併発した場合、多くの患者は仰臥位で安静にすることは難しい。この場合の患者の基本姿勢は座位であり、下半身に静脈血を貯留し静脈還流量を減少させ、中心循環量を減じて心臓への前負荷を軽減させる必要がある。これにより、肺毛細管圧の低下がもたらされて、肺うっ血の改善が期待できる。

急性心筋梗塞に肺水腫を合併した場合に、呼吸管理の観点から最も注意しなければならないことのひとつに下側肺障害の発生がある。肺水腫のように肺における血管外水分が異常に増加した状態で、同じ肢位を続けている

と血管内静水圧が重力の影響で体の下になった部分（仰臥位では背側）で高く、血管内から漏れ出る水分量が多くなり、間質性浮腫が生じる結果、肺コンプライアンスが低下し、換気量が減少し肺泡浸潤や微小無気肺が生じる。また、機能的残気量 (Functional Residual Capacity, FRC) 減少による慢性の細気管支の虚脱や、重力による気道内分泌物の貯留がもたらされて下側肺障害が発生する。肺水腫を合併した急性心筋梗塞患者に下側肺障害を合併しないように、体位を十分管理すべきで、万が一、下側肺障害を合併してしまった場合には、血圧の変動に注意しながら積極的に体位を変えていく意識が必要となる。

3. 用手的呼吸介助

体位呼吸療法とあわせて行われる手技に用手的呼吸介助法がある。用手的呼吸介助法は下側肺障害が発生した場合に生じる微小無気肺の改善や、FRC減少による慢性細気管支の虚脱の改善、気道内分泌物の除去を目的に行われる。用手的呼吸介助法の主目的（主効果）は、呼吸時に胸郭運動を他動的に介助し、換気を改善することであり、肺泡低換気に基づく低酸素血症には効果的であるが、拡散障害や肺泡虚脱領域を圧迫している胸水や心拡大がある場合には、原因の根本的な治療が重要であり、それを改善しないことには、呼吸理学療法の効果は瞬間的なものに止まってしまう。低酸素の原因が何に起因するのか、その原因を把握して呼吸理学療法手技を選択することが必要である。

III. 心臓外科手術後の呼吸理学療法

1. 手術後の呼吸機能の低下

心臓外科手術では、手術創部の痛みや手術侵襲による呼吸筋の運動能や胸郭可動性の低下により呼吸機能が低下し³⁾、各種呼吸器合併症を発生する可能性がある。Aliら⁴⁾は1974年に上腹部外科手術、下腹部外科手術、開胸術などの手術前後の肺活量の変化を経時的に測定し、特に開心術後は肺活量が約40%低下し、その後1週間で手術前の約80%まで回復したと報告している（図2）。しかし、Aliらの報告は開心術後の対象患者数はわずか7例で、さらに開心術後患者全例に24時間以上の手術後人工呼吸器管理が行われていた。筆者らは2003年から2004年にかけて、手術後の呼吸機能の回復をAliらよりも細かく、そして長期にわたり経時的に測定した⁵⁾。

その結果、手術直後（1日目）の平均肺活量値は手術前値の約48.0%に低下していた。その後は徐々に改善を認めたものの、手術後1週間で72.1%、手術後2週間で80.6%、

図2 手術後の肺活量の変化

手術後3週間で88.5%と3週間経過しても手術前の値に戻らず、手術後の肺活量はすべての測定時において手術前値との間に有意な差を認めていた（図3）。また、吸気容量を評価する肺活量と反対の呼気能力を示すピークハフフロー（できるだけ強くハーと一気に吐き出したときの呼気流速）を手術後経時的に評価したところ、手術後1日目には、手術前値の約60%に減少したが1週間でほぼ手術前値まで回復した。また、肺活量の回復とピークハフフローの回復の相互関係は手術後4日目までは中程度の正の相関関係を示していた⁶⁾。つまり、手術後に肺活量の回復が遅れる患者はピークハフフローも弱いため、特に手術後急性期には注意が必要であることが明らかになった。

2. 呼吸器合併症の発症頻度

近年、手術後の管理が進歩し、早期離床が定着したこともあり、一般的に心臓外科手術後は人工呼吸器離脱後の呼吸器合併症の発症は意外と少なく、その後の回復を妨げるほどの合併症には発展しない^{7,8)}。心臓外科手術後の呼吸器合併症の発症率は約5~30%と報告されている⁹⁻¹³⁾。もっとも発症率の高いオランダのHulzebosらの報告¹³⁾は、肺のconsolidationもその中に含んでいるために高い発症率であるが、筆者らの検討では、冠動脈バイパス術（CABG）後105例の対象のうち6例（5.7%）が無気肺を発症したが、手術当日、人工呼吸器抜管後から翌朝までの間に積極的に肺の拡張と咳嗽を促す呼吸理学療法を行うことで、無気肺の発生を無に抑えることができた⁹⁾。

図3 心臓外科手術後患者の肺活量回復率の変化
表示は平均値±標準偏差

3. 呼吸器合併症の予防

1) 早期離床の定着

最近の心臓外科手術後の呼吸器合併症の減少には早期離床の定着が深くかかわっていると思われる。体位変換や体位管理（ポジショニング）は呼吸理学療法の基本とされ、可及的にベッドアップすることで人工呼吸器装着患者の誤嚥性肺炎を予防したり、気道内分泌物の移動と肺内換気血流比を改善することも知られている（表2）¹⁴⁾。仰臥位のままでいると全肺気量、1回換気量、肺活量、FRCなどが低下する¹⁵⁾。FRCは安静時呼気終末の肺内ガス量であり、肺内ガスの混合とガス交換を促進し、実際にガス交換に関与している量として知られている。FRCは仰臥位でいると内臓器が横隔膜を挙上したり、静脈還流量の増加から肺内の血流が増加し（特に重力で背側の肺ほど血流増加）、肺コンプライアンスが低下したり、気道抵抗が増加するばかりか、シャント血流が増加し肺胞換気が減少し、酸素化が低下することも生じてくる。結果、分泌物が停滞したり誤嚥により、肺炎の発症に結びつくことも考えられる。したがって、仰臥位から座位にすることは、横隔膜運動を改善し、呼吸仕事量を減じ、さらには、肺血流の変化から肺コンプライアンスや気道抵抗、気道閉塞を改善し、FRCが増加することで、ガス交換を改善させることができる。また、誤嚥の予防に加えて、分泌物の移動も促進し、呼吸器合併症の発症を抑えることができる。

2) 心臓外科手術後にインセンティブスパイロメータは必要か？

心臓外科手術後の呼吸理学療法は、手術の低侵襲化や

術後管理の進歩による早期離床の定着により、その方法も変化してきている。一般にインセンティブスパイロメータの使用については否定的な報告が多く、むしろ器具を使用しなくても手術当日、人工呼吸器抜管後から翌日までの間に積極的に肺の拡張と咳嗽を促す呼吸理学療法を行うこと、さらには、モビライゼーション（体を動かすこと）により換気量が増大したり、分泌物の移動が促進され気道クリアランスにも有効であるとされる。

実際に心臓外科手術後にインセンティブスパイロメータを使用し、その効果について検証した研究ではインセンティブスパイロメータの効果について否定的な報告が多い^{10, 12, 16-18)}。Pasquinaらは2003年に行った心臓外科手術後の呼吸理学療法についてシステマティックレビュー¹⁹⁾でも心臓外科手術後の呼吸理学療法の効果には否定的である。Croweらが行った閉塞性換気障害を合併するCABG患者185例を対象にしたインセンティブスパイロメータの付加効果を検討においても、無気肺や胸水などの合併症の発生率、入院期間、感染率、酸素飽和度に両群間に差を認めなかったと報告し、閉塞性換気障害を持つCABG患者に対するインセンティブスパイロメータの付加効果を否定している。筆者らが行った邦人を対象にした研究⁵⁾においても、手術後にインセンティブスパイロメータを使用した群と使用しなかった群では、手術後7日目と14日目の肺活量回復率は両群間で有意な差は認めず、呼吸器合併症の発症もほとんど差を認めなかった。これらの結果をふまえると、多くの報告でインセンティブスパイロメータの効果が認められない以上、CABG後のインセンティブスパイロメータの使用は控えるべきであると考えられる。

表2 酸素搬送系におけるポジショニングとモビライゼーションの急性効果¹⁴⁾

反応系	ポジショニング (臥位から起きる)	モビライゼーション
呼吸器系	全肺気量↑ 1回換気量↑ 肺活量↑ 機能的残気量↑ 残気量↑ 予備呼吸量↑ 1秒量↑ 肺コンプライアンス↑ 気道抵抗↓ 気道閉塞↓ PaO ₂ ↑ 胸郭前後径↑ 胸郭の左右径↓ 呼吸仕事量↓ 横隔膜運動↑ 分泌物の移動↑	肺胞換気量↑ 1回換気量↑ 呼吸数↑ 肺胞気動脈血酸素分圧較差↑ 肺内シャント↑ 換気血流不均衡↓ 分泌物の移動↑ サーファクタントの産生と分配↑
心血管系	全血液量↑ 中心血液量↓ 中心静脈圧↓ 肺血管のうっ血↓ 心仕事量↓	心拍出量↑ 1回拍出量↑ 心拍数↑ 血中の酸素の結合↑ 組織レベルでの酸素抽出↑

IV. 心疾患と呼吸筋

心不全患者の呼吸筋力および呼吸筋持久力が低下していることは以前から報告があり、呼吸筋の筋生検の検討も報告されている。特に、突発性拡張型心筋症の患者には呼吸筋に組織学（的）な変化が認められ、息切れの原因になっているのではないかと報告がある²⁰⁾。また、心不全ラットでは、横隔膜のタイプI繊維の萎縮が認められるとの報告もある²¹⁾。また、Manciniらは、心不全患者の呼吸筋持久力の低下を報告し²²⁾、続く研究では、週3回、3ヵ月間の監視下での呼吸筋力トレーニングにより、呼吸筋力、呼吸筋持久力、6分間歩行距離、最大酸素摂取量が有意に改善し、日常生活動作における呼吸困難感はほとんど全例で改善したと報告している²³⁾。その後意外にも追試が行われず、心不全患者は呼吸筋力が低下していることは間違いないが、呼吸筋力の低下が運動耐容能の低下や呼吸困難感の発生にどの程度関与しているのかについては詳細な検討が行われていない。筆者らの研究では、心臓外科手術後も呼吸筋力は低下し、経時的に改善はするものの、呼吸筋力の改善が運動耐容能や換気亢進に影響しているという結果には至らなかった²⁴⁾。

心疾患は呼吸筋力が低下していることは多くの臨床家

も支持するものと思われるが、呼吸筋力の低下が何を意味し、どのようなアウトカムに影響を及ぼしているのか、また、トレーニングによる改善がどのような指標に影響を及ぼすのか、などなど早急な追加研究の実施が必要である。

引用文献

- 大林完二, 清野精彦: 急性心筋梗塞による肺水腫. 天羽敬祐 (編), 症例による呼吸管理の実践, 中外医学社, 東京, 1980, p83.
- 丸川征四郎: 体位呼吸療法の臨床と看護, ICUのための新しい肺理学療法, 改訂増補版. メディカ出版, 大阪, 1999, pp231-254.
- 丸川征四郎, 山内順子: 手術侵襲が呼吸器にもたらす影響. クリニカルリハビリテーション, 1995, 4: 118-122.
- Ali J, Weisel RD, Layug AB, et al.: Consequences of postoperative alterations in respiratory mechanics. Am J Surg, 1974, 128(3): 376-382.
- 高橋哲也, 奈良 勲, 有菌信一・他: 心臓外科手術後の肺活量の回復について—経時の変化とインセンティブスパイロメータの効果—. 理学療法学, 2003, 30: 335-342.
- 高橋哲也, 安達 仁, 熊丸めぐみ・他: 心臓外科手術後患者の肺活量およびピークフローの経時の変化と相互関係について. 第9回日本心臓リハビリテーション学会抄録集, 2002, 74.

- 7) 高橋哲也, 安達 仁, 熊丸めぐみ・他: 心臓外科手術後のリハビリテーション遅延例の疾患別検討. 理学療法群馬, 2002, **13**: 52-54.
- 8) 熊丸めぐみ, 高橋哲也, 安達 仁・他: 心臓外科手術後のリハビリテーション遅延例の検討. 心臓リハビリテーション, 2002, **7**(1): 109-112.
- 9) 高橋哲也, Sue Jenkins, 安達 仁・他: 冠動脈バイパス術後に呼吸理学療法は必要か? —早期呼吸理学療法導入の効果—. 理学療法学, 2001, **28**(2): 31-37.
- 10) Jenkins SC, Soutar SA, Loukota JM, et al.: Physiotherapy after coronary artery surgery: are breathing exercises necessary? Thorax, 1998, **44**: 634-639.
- 11) Stiller K, Montarello J, Wallace M, et al.: Efficacy of breathing and coughing exercises in the prevention of pulmonary complications after coronary artery surgery. Chest 1994, **105**: 741-747.
- 12) Crowe JM, Bradley CA: The effectiveness of incentive spirometry with physical therapy for high-risk patients after coronary artery bypass surgery. Phys Ther, 1997, **77**: 260-268.
- 13) Hulzebos EH, Van Meeteren NL, De Bie RA, et al.: Prediction of postoperative pulmonary complications on the basis of preoperative risk factors in patients who had undergone coronary artery bypass graft surgery. Phys Ther, 2003, **83**(1): 8-16.
- 14) 高橋哲也, 安達 仁, 谷口興一: 早期理学療法 呼吸循環器系(酸素搬送系)へのアプローチ. 理学療法ジャーナル, 2000, **34**(9): 629-636.
- 15) 鱒岡直人, 佐々木孝夫: 臥床はなぜ呼吸に悪いのか. 呼と循, 1998, **46**(3): 253-259.
- 16) Dull JL, Dull WL: Are maximal inspiratory breathing exercise or incentive spirometry better than early mobilization after cardiopulmonary bypass? Phys Ther, 1983, **63**: 655-659.
- 17) Stock MC, Downs JB, Cooper RB, et al.: Comparison of continuous positive airway pressure, incentive spirometry, and conservative therapy after cardiac operations. Crit Care Med, 1984, **12**: 969-972.
- 18) Gosselink R, Schrevel K, Cops P, et al.: Incentive spirometry does not enhance recovery after thoracic surgery. Crit Care Med. 2000, **28**(3): 679-683.
- 19) Pasquina P, Tramer MR, Walder B: Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. BMJ, 2003, **327**(7428): 1379-1385.
- 20) Lindsay DC, Lovegrove CA, Dunn MJ, et al.: Histological abnormalities of muscle from limb, thorax and diaphragm in chronic heart failure. Eur Heart J, 1996, **17**(8): 1239-1250.
- 21) Stassijns G, Gayan-Ramirez G, De Leyn P, et al.: Effects of dilated cardiomyopathy on the diaphragm in the Syrian hamster. Eur Respir J, 1999, **13**(2): 391-397.
- 22) Mancini DM, Henson D, LaManca J, et al.: Evidence of reduced respiratory muscle endurance in patients with heart failure. J Am Coll Cardiol, 1994, **24**(4): 972-981.
- 23) Mancini DM, Henson D, La Manca J, et al.: Benefit of selective respiratory muscle training on exercise capacity in patients with chronic congestive heart failure. Circulation, 1995, **91**(2): 320-329.
- 24) 高橋哲也, 熊丸めぐみ, 山田宏美・他: 冠動脈バイパス術後の運動時換気亢進—心肺機能と中枢性化学受容体反射感受性の影響—. 理学療法学2005, **32**(5): 319-325.