シンポジウム 呼吸不全

4. 慢性呼吸不全の経過中にみられる急性増悪の病態とその治療 —とくにSwan-Ganz-catheterを用いた循環動態に関する研究—

国立長崎中央病院内科

大塚 和生 岩崎 栄

SIMPOSIUM ON RESPIRATORY FAILURE

4. MANIFESTATION OF ACUTE AGGRAVATION OF RESPIRATORY INSUFFICIENCY DURING ITS CHRONIC COURSE AND A THERAPEUTIC APPROACH

—HEMODYNAMIC STUDIES WITH SWAN-GANZ CATHETER—

Kazuo OTSUKA, MD and Sakai IWASAKI, MD

Department of Internal Medicine, National Nagasaki Central Hospital

はじめに

Swan-Ganz-flow-directed-thermo-dilution catheter (以下SGC)による右心カテーテル検査の普及は、種々の臨床状態における右心系からみた循環動態についての知見を豊富にしている。一方、重症呼吸不全においては、感染、心不全、水、電解質のバランスの不均衡などの合併により、心機能をはじめ腎・肝・内分泌などの生体固有の機能の失調が構築され、多臓器不全の状態となる。

重症呼吸不全状態においてSGCから得られた情報は、急性期の肺循環動態、左心機能、水のバランス状態の把握および種々の治療に対するdose-responseや経時的变化の解明に重要な手掛りを与えることとなる。

今回、われわれは、SGCを用いて慢性呼吸不全患者の急性増悪時の循環動態について検討を加え、いささかの知見を得たので、ここに報告する。

目 的

本研究の目的は、慢性呼吸不全の急性増悪時における循環系の変化や病態について検索し、得られた諸種データを分析することにより、循環系の変化に対するより適切な治療方法を確立することにある。

対象症例

対象症例は、昭和56年4月より57年12月までの1年9カ月の間に国立長崎中央病院に入院した慢性呼吸不全患者25症例中、人工換気が必要とした重症な急性増悪例8症例である（表1）。

症例の平均年齢は56才、男6例、女2例である。基礎疾患は、慢性閉塞性肺疾患3例、肺結核後遺症3例、慢性気管支炎1例、気管支拡張症1例である。基礎疾患の平均経過年数は15年であり、急性増悪を過去くり返した頻度の平均は3.7回であった。

方 法

対象症例の全例に対して、ICU入室時より、症状の改善にいたるまでの間、SGCが挿入され、経時

表1. 対象症例

症例	氏 名	年 齢	性 別	基 礎 疾 患	経過年数	急性増悪 の 頻 度
1	T.M	69	女	慢性閉塞性肺疾患	15年	3
2	U.O	68	男	慢性閉塞性肺疾患	4年	3
3	N.H	62	男	慢性閉塞性肺疾患	10年	5
4	T.Y	53	男	陳旧性肺結核(胸膜肺腫)	22年	2
5	S.O	49	男	肺 結 核	15年	3
6	K.T	53	男	陳旧性肺結核、肺炎	20年	2
7	T.M	29	男	慢性気管支炎、免疫不全	10年	8
8	N.M	70	女	気管支拡張症、肺炎	25年	4

表 2. 血行動態諸量の計算法.

$$\begin{aligned} \text{心指数} &= \frac{\text{心拍出量}}{\text{体表面積}} \text{ L/min/M}^2 \\ \text{肺小動脈抵抗指数} &= \frac{\text{平均肺動脈圧} - \text{平均肺動脈圧楔入圧}}{\text{心指数}} \\ &= 1.332 \times 0.06 \text{ dyne. sec. cm}^5/\text{M}^2 \\ \text{全末梢血管抵抗指数} &= \frac{\text{平均体血圧} - \text{平均右房圧}}{\text{心指数}} \\ &= 1.332 \times 0.06 \text{ dyne. sec. cm}^5/\text{M}^2 \\ \text{左室 1 回拍出仕事量指数} &= \frac{\text{平均体血圧} \times \text{心指数} \times 13.6}{\text{心拍数}} \text{ g-m/M}^2 \\ \text{右室 1 回拍出仕事量指数} &= \frac{\text{平均肺動脈圧} \times \text{心指数} \times 13.6}{\text{心拍数}} \text{ g-m/M}^2 \\ \text{左室分時仕事量指数} &= \frac{\text{平均体血圧} \times \text{心指数} \times 13.6}{1,000} \text{ kg-m/M}^2 \\ \text{右室分時仕事量指数} &= \frac{\text{平均肺動脈圧} \times \text{心指数} \times 13.6}{1,000} \text{ kg-m/M}^2 \end{aligned}$$

的な循環動態の観察が行なわれた。SGCは、通常、尺側または橈側皮静脈より静脈切開し、右房を経由して肺動脈に挿入される。SGCからは、(1) 熱希釈法による心拍出量の測定、(2) 右房圧、(3) 肺動脈圧、(4) 肺動脈楔入圧の四つの測定値が得られる。これらの数値に平均体血圧、心拍数を加え、表 2 に示されるような計算法により心指数 (CI)、肺小動脈抵抗指数 (PAR)、全末梢血管抵抗指数 (TPR)、左室 1 回拍出仕事量指数 (LVSWI)、右室 1 回拍出仕事量指数 (RVSWI)、左室分時仕事量指数 (LW)、右室分時仕事量指数 (RW) が求められる。心拍出量を除く 12 個のパラメータを円周上にプロットし各数値を結ぶことにより血行動態図が作られる¹⁾。各症例ごとの病態別または経時的に測定された各パラメータをこの血行動態図に作図することにより、種々のパターンが得られる (図 1)。これらのパターン認識により病態を分類することを試みた。

また、SGCより得られたデータならびに計算により算出された数値との関係についても分析した。

なお、対象症例の症状安定期に心エコー図を撮

図 1. 正常ならびに各病態における血行動態図。(元木¹⁾による)

ることにより右心系の動態についての観察も行なった。

成 績

慢性呼吸不全の急性増悪時における血行動態図について、それらのパターン認識より 2 型に分類することができた。各型のパターンについてその特徴を示す。

症例 No. 2 の 68 才、男。基礎疾患は慢性閉塞性肺疾患で疾病の経過年数 4 年。過去 5 回の呼吸不全の急性増悪をくり返している。今回は急性増悪のため、呼吸困難、チアノーゼ、意識障害を来し緊急入院となったものである。

入院直後の空気呼吸下での血液ガス成績は pH 7.304, PaO₂ 27.2 Torr, PaCO₂ 95.9 Torr, HCO₃⁻ 46.4 mEq/l, BE +14.5 mEq/l, SaO₂ 44.8% であった。本症例の SGC から得られた ICU 入院時の血行動態図 (図 2 左) では、PAP, RAP, PAR, RVSWI, RW いずれも著明に増加しており、心拍数 (HR)、CI も増えている。TPR は軽度低下を示している。この時の病態は動脈血液ガ

ス検査成績からは低酸素血症, 高炭酸ガス血症, アシドーシスであった。本症例の人工換気治療による病態改善時(15時間後)にはPAPは72.5 mmHgから27.5 mmHgとなり, PARは1020 dyne $\cdot$ sec $\cdot$ cm $^{-5}$ /M 2 から206 dyne $\cdot$ sec $\cdot$ cm $^{-5}$ /M 2 へ, RWは4.6 kg $\cdot$ m/M 2 から1.08 kg $\cdot$ m/M 2 へとそれぞれ推移している。

CI, HR, TPRについても, それぞれ4.7 L/min/M 2 から2.9 L/min/M 2 へ, 133/minから82/minへ, 1570 dyne $\cdot$ sec $\cdot$ cm $^{-5}$ /M 2 から2453 dyne $\cdot$ sec $\cdot$ cm $^{-5}$ /M 2 へととなっている。

このパターンが慢性閉塞性肺疾患を基礎疾患とし, 慢性呼吸不全から急性増悪を来し経過改善されていく過程の定型の特徴的パターンであると考えられ, 対象症例の2例を除く全例このパターンを示している。

つぎの症例は, 症例No. 6の53才, 男, 基礎疾患として陳旧性肺結核があり, 20年を経過している。過去2回, 呼吸不全の急性増悪を経験している。今回は肺炎を合併し, 3回目の急性増悪である。入院時, 呼吸困難, チアノーゼ, 意識障害のほか, 吐血, 下血もみられた。入室時1時間後の血液ガス成績からは前例と同じく低酸素血症, 高炭酸ガ

ス血症, アシドーシスの状態であった。本症例の急性増悪時の血行動態図(図2右)の特徴は, PAP 40 mmHg, RAP 7.35 mmHg, PAR 417 dyne $\cdot$ sec $\cdot$ cm $^{-5}$ /M 2 , RW 3.64 kg $\cdot$ m/M 2 と著明な増加を示すとともに, CI 6.7 L/min/M 2 , HR 124/min, LW 6.44 kg $\cdot$ m/M 2 と増えている。しかしTPR 755 dyne $\cdot$ sec $\cdot$ cm $^{-5}$ /M 2 と著明に低下しPWP 5 mmHgと低下していた。入院第2病日においては, PWPのみが5 mmHgから13 mmHgと推移したのみであった。この症例のパターンは, 慢性呼吸不全の急性増悪時にhypovolemiaを来すような合併症を伴うものにみられる特異的なパターンである。

SGCにより得られた種々の循環データを経時的に追跡したものについて分析し, さらに各データ間の関係についても検討を加えた。

PAPと動脈血酸素飽和度(SaO $_2$)との関係をみたものが図3であり, SaO $_2$ が80%以下に低下するとPAPは40 mmHg以上となっている。

つぎに各対象症例についてPAP, CI, PARとの関係を経時的に分析した(図4)。その結果SaO $_2$ 80%以下の症例では, PAPは40 mmHg以上を示し, CI, PARも高い。なおこれらの症例での経時の変化についての分析では, SaO $_2$ が80%以上になるとPAP, PAR, CIの低下がみられ, グラフの

S-G カテーテル 血行動態図

S-G カテーテル 血行動態図

図2. 慢性呼吸不全の急性増悪時における特徴的の血行動態図。(左: 慢性閉塞性肺疾患を基礎として起こる定型的パターン)(右: 急性増悪時にhypovolemiaを合併してくるパターン)

図 3. 平均肺動脈圧と動脈血酸素飽和度との関係およびその経時的変化。

図 4. 平均肺動脈圧と心指数および肺小動脈抵抗指数との関連性を動脈血酸素飽和度 80%以上と以下とに分け関係づけ、さらに経時的に変化をみたもの (Burrows²⁾による)。

右上から左下の方に推移している。

Mason³⁾の方法を用いて、急性増悪例を心力学的観点から分析を試みた。すなわちCIとPWPとの関係グラフ(図5)からは、左心不全、心原性ショックの範囲にはいる例はなく1例を除き、全例に高拍出性が認められた。

心エコー図により右室の動態を解明するため、全例に症状の安定期に心エコー図が撮影された。

図6は、68才男性の慢性閉塞性肺疾患の急性増悪期後20日目の心臓超音波断層図を示しているが、上段が拡張期、下段が収縮期の長軸断層図である。右心腔ことに右室流出路の軽度拡大と、心室中隔の軽度肥大の所見が認められた。

考 察

急性増悪時の病態は、慢性閉塞性肺疾患の患者に運動負荷をかけた状態として把握されて来てい

るが^{4)~6)}、急性増悪時に実際に、ベッドサイドにおいてわれわれの行なつたSGCによる循環動態の検索はなく、しかも病態の変化に応じた経時的変化の検討もみあたらない。今回のわれわれの検討結果と、従来よりの運動負荷による血行動態とは諸種のデータがよく一致していた。すなわち、

図5. 心指数と肺動脈楔入圧との関係 (Mason³⁾による)

PAP, PAR, RWの増加という右心系の圧負荷ならびにCI, HRの増加, TPRの低下がみとめられる高拍出性心不全というhyper-dynamic Stateであつた。しかしPWPに関しては低下を来すものがあり、その場合hypovolemiaを呈していた。またこれらの血行動態の変化は、 SaO_2 の低下、pH、 PaCO_2 とより深く関連しており、これらの発生機序として、1) 肺血管床の機能的あるいは器質的減少、2) 肺胞低換気の二つが考えられている⁷⁾⁸⁾。今回われわれの検討結果からは、 SaO_2 80%以下でPAPは40 mmHgという数値が示され、さらにpH 7.30以下、 PaCO_2 70mmHg以上でPAPが40mmHg以上になることが明らかとなつた。これらは臨床的には慢性呼吸不全で肺胞低換気の病態にさらに感昌、喀痰の閉塞、肺炎など種々の因子による換気面積の減少が加わり、急速に肺胞換気状態におちいり肺高血圧症を呈するものと考えられた。これらの重篤な肺胞低換気、 CO_2 ナルコーシスに陥つた患者においては、血液ガス(高炭酸ガス血症、アシドーシス、低酸素血症)の是正が肺循環動態の是正により有効であり、このような病態への対策としては換気是正を先ず第1に行なうべきである。とこ

図6. 慢性呼吸不全の急性増悪経過後、安定期における心エコー断層図。

ろでhypovolemiaを伴っているかどうかの判断には、SGCより得られたデータより血行動態図を作成し、そのパラメータからその時々刻々の肺循環動態を把握しながらの治療が効果的であった。

おわりに

慢性呼吸不全の急性増悪時の血行動態として、特に Sao_2 80%以下、 PaCO_2 70mmHg以上、pH 7.3以下の時、右心系ではPAP, PAR, RWの増加を認めた。一方左心系の変化としては、CI, HRは増加し、TPR, m-SBPは低下を認め高拍出性心不全の状態であった。しかもPWPが5mmHg以下のものではhypovolemiaの状態を示した。症状の安定期にとられた心エコー図では、右心腔の軽度拡大、心室中隔の軽度肥大の所見が得られた。以上検討の結果、急性増悪時の対策としては、1) 換気不全による急性増悪の場合 $\text{Sao}_2 < 80\%$, pH 7.3↓, $\text{PaCO}_2 > 70\text{Torr}$ であればとくに換気の改善を第1にすべきであること、2) PWP 5mmHg以下の場合hypovolemiaの是正が必要であると結論した。

文 献

- 1) 元木良一, 他: Flow directed Swan-Ganz Catheterを用いた各種外科的疾患の術後血行動態の研究. 日外会誌 78: 148, 1977.

- 2) Burrows B: Arterial oxygenation and pulmonary hemodynamics in patients with chronic airways obstruction. Amer Rev Resp Dis 110(611): 64, 1974.
- 3) Mason DT: Afterload reduction and cardiac performance-physiologic basis of systemic vasodilators as a new approach in treatment of congestive heart failure. Amer J Med 65: 106, 1978.
- 4) Khaja F and Parker JO: Right and left ventricular performance in chronic obstructive lung disease. Amer Heart J 82(3): 319, 1971.
- 5) Benza GC, et al: Simultaneous right and left heart catheterization and transmural pressures in chronic obstructive lung disease. Progress in Respiration Research Pulmonary Hypertension 9: 55, S Karger, 1975.
- 6) Zielinski J, et al: Hemodynamic study during and after exercise in patients with chronic lung disease. Progress in Respiration Research Pulmonary Hypertension 9: 72, S Karger, 1975.
- 7) Fishman AP: Hypoxia on the pulmonary circulation—How and where it acts—. Circulation Research 38: 221, 1976.
- 8) Ferrer MI: Cor pulmonale (pulmonary heart disease): Present-day status. Amer Heart J 89: 675, 1975.