

## 原 著

肺動脈ポジションモニタリングカテーテルの  
安全性と有用性の検討福山東雄\*, 鈴木利保\*, 杵淵嘉夫\*  
加山裕高\*, 岡田武史\*, 山崎陽之介\*

## 要 旨

肺動脈カテーテル（以下 PAC）が肺動脈損傷を起こす機序の一つとして、知らぬ間に肺動脈の末梢側に先進しすぎた状態でバルーンに空気を注入すると肺動脈壁の過伸展による損傷を起こすことが知られている。しかし PAC が先進したかどうかを知ることは難しく、この合併症を防ぐためには、注意してバルーンに空気を注入するしかない。PAC にもう一つ側孔を設けて、肺動脈弁付近の右室圧（以下 RVP）をモニタすれば、側孔の圧波形が RVP から肺動脈圧（以下 PAP）に変化することにより、PAC の先進を知ることができる。そこで、先端から 7 cm のところに側孔をもつ PAC（肺動脈ポジションモニタリングカテーテル）を使用し、側孔が肺動脈弁より 1 cm 右室側となるように留置した。すなわち PAC の先端は、肺動脈弁より 6 cm 末梢に位置することになる。この PAC を成人男性 10 症例に使用したところ、8 症例で肺動脈楔入圧（以下 PCWP）を得ることができた。PCWP を得ることができなかった 2 例も 1～2 cm 無菌スリーブ内で末梢側に移動させることにより PCWP を得ることができた。この PAC と無菌スリーブを併用することにより PAC の先端の位置が確認でき、安全かつ有用である。

## はじめに

PAC の使用時の重大な合併症の一つに肺動脈損傷があり、肺動脈損傷が起こった場合の死亡率は 44～60% と言われている<sup>1-5)</sup>。PAC が肺動脈の

末梢側に先進しすぎた状態でバルーンに空気を注入した場合に肺動脈損傷は起こりやすい。この合併症を防ぐためには、PAC の先端が肺動脈の末梢側に移動しない様にする、バルーンを膨らますときに空気を少量ずつ注入することなどが必要となる。

我々は PAC を挿入した際の先端の位置の確認を胸部 X 線撮影で行っているが、挿入後、常時至適な位置にあるかどうかを確認することが難しい。そこで PAC にもう一つ側孔をもたして、RVP をモニタする。その側孔が肺動脈弁付近にくるように PAC を留置すると、PAC が先進した時、圧波形は RVP 波形から PAP 波形へと変化する。すなわち PAC が先進したことを圧の変化で知ることができる。そこで問題となるのは、先端から側孔までの距離をどれくらいにすればよいかということだが、日本人において内頸静脈穿刺部位から

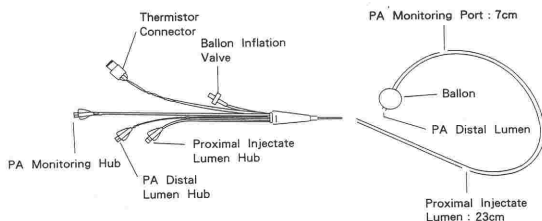


図1 肺動脈ポジションモニタリングカテーテル (PA Watch Catheter, BAXTER 社製, 特注)

心拍出量測定用サーミスタポート、先端に PA Distal Lumen, 先端から 23cm に Proximal Injectate Lumen をもつ肺動脈カテーテルに、先端から 7 cm のところに側孔をもつ PA Monitoring Port を設けた。

\*東海大学医学部麻酔科学教室

PAP, PCWPを得られるまでの距離の平均は、それぞれ38cm, 44cm<sup>6,7)</sup>とされている。すなわちPAPが得られてからPACを6cm先進させるとPCWPが得られると考えた。そこで先端から7cmのところ側孔を持つ肺動脈ポジションモニタリングカテーテル (PA Watch Catheter, BAXTER社製, 特注) の, 安全性と有用性を検討した。

## 方 法

成人男性10名の手術患者に、先端から7cmのところ側孔をもつPACを内頸静脈 (右内頸静脈9例, 左内頸静脈1例) よりセルジンガー法により挿入し, バルーンに空気を注入して側孔の圧波形がPAPとなるまでPACを先進させる。バルーンの空気を抜き, 側孔の圧波形がRVPとなる位置よりさらに1cm引き抜き無菌スリーブを用いてPACが自由に移動できるように皮膚に固定した。すなわちPACの先端は, 肺動脈弁より6cm末梢に位置することになる。

バルーンに空気を1~1.5ml注入してPCWPが得られるかどうかを調べた。さらにバルーンの空気を抜いた状態と, 1~1.5ml注入した状態での, 胸部X線撮影 (正面像) を行った。手術中にPACが先進し側孔の圧波形がPAPとなったもの

は, 上記の位置まで引き抜いた。バルーンに空気を1.5ml注入してもPCWPが得られないものは, 得られるまで先進させた。

## 結 果

全症例の平均身長は163.4cm, 平均体重は60.5kg, 平均年齢は62.2歳であった。

内頸静脈穿刺部位からPAP, PCWPが得られるまでの距離平均±SDは, それぞれ35.7±3.3cm, 42.3±4.0cmであった。症例⑧では左内頸静脈穿刺にてPACを挿入しPAP, PCWPが得られるまでの距離が他の症例に比べて長かった。症例⑧を除いたときの平均±SDは, それぞれ35.0±2.6cm, 41.3±2.7cmであった。

側孔の圧波形がRVPの位置で空気を注入したとき10例中8例でPCWPを得ることができた。症例⑦, ⑩ではPCWPが得られなかったが, PACを⑦では1cm, ⑩では2cm進めることによりPCWPを得ることができた。症例①, ②, ④, ⑨では, バルーンに空気を1ml注入したときでもPCWPを得ることができた。

PCWPを得ることができた症例の側孔及び先端の圧波形の変化に注目してみる。バルーンに空気を注入すると側孔の圧波形はRVPからPAPに

表1 症例①から⑩について, 身長, 体重, 年齢, 穿刺部位から肺動脈楔入圧(PCWP), 肺動脈圧(PAP)が得られるまでの距離, バルーンに空気を1ml, 1.5ml注入したときの先端の移動した距離とそれらの平均を表した。

症 例	身 長 (cm)	体 重 (kg)	年 齢	穿刺部からの距離 (cm)		空気注入時のカテ先の先進 (cm)	
				PCWP	RAP	1 ml <sup>1)</sup>	1.5ml
①	167	65	59	43	37	3.5	3
②	156	46	64	38	32	2	0.5
③ <sup>2)</sup>	159	68	73	41	35	—	2.5
④	167	71	47	40	34	5.5	4
⑤	164	55	58	42	36	—	5
⑥	169	66	56	42	36	—	8
⑦ <sup>3)</sup>	163	60	62	37	30	—	3
⑧ <sup>4)</sup>	164	60	62	51	42	—	5
⑨	170	59	62	43	37	5	3
⑩ <sup>3)</sup>	155	55	79	46	38	—	3
平均	163.4	60.5	62.2	42.3	35.7	4.0	3.7
± SD	±5.2	±7.4	±8.8	±4.0	±3.3	±1.6	±2.0

注1) 1ml空気注入時の—は, PCWPが得られず胸部X線撮影をしていないもの。

2) 症例③は, 術中先進したためカテーテルを2cm引き抜いた。

3) 症例⑦, ⑩は側孔の圧波形が右室圧のときPCWPが得られなかった。

⑦では1cm, ⑩では2cmカテーテルを先進させることによりPCWPが得られた。

4) 症例⑧は左内頸静脈よりカテーテルを挿入した。

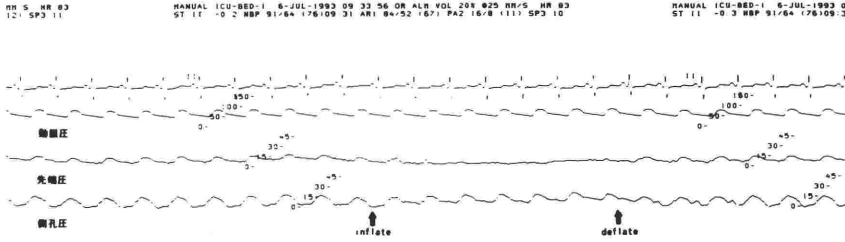


図2 症例④における圧波形の変化

バルーンに空気を注入すると (inflate の矢印), 側孔の圧波形は RVP から PAP に変化し, 先端の圧波形は PAP から PCWP となる. 空気を抜くと (deflate の矢印), 圧波形は元の RVP と PAP になった.

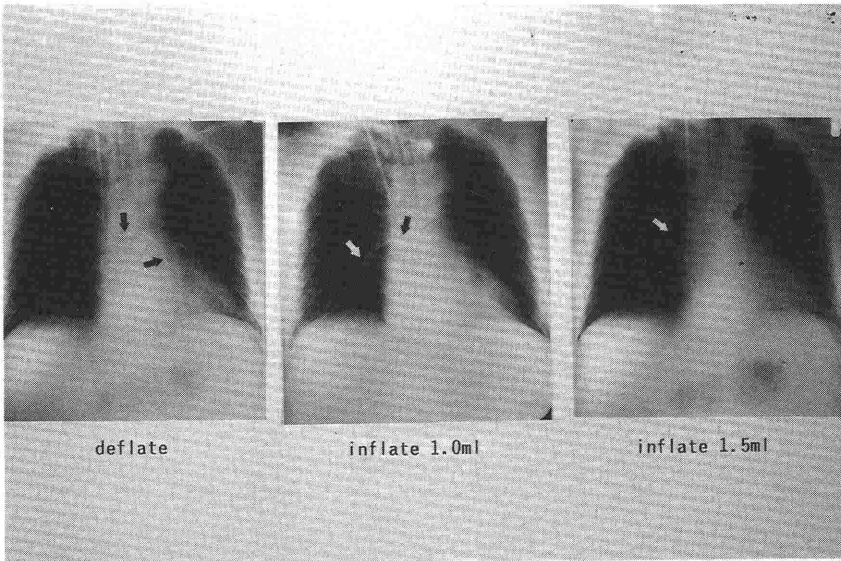


図3 症例④における胸部X線写真

左はバルーンに空気を注入していない状態, 中央は1.5ml, 右は1.0mlの空気をそれぞれ注入した状態である. バルーンに空気を注入していないときに比べて, 1.5ml注入により4cm, 1.0ml注入により5.5cm先進していた. 矢印は先端と側孔の位置を示している.

変化し, 先端の圧波形は PAP から PCWP となる. 空気を抜くと, 圧波形は元の RVP と PAP となった. 得られなかった2例は, 側孔も先端も圧波形の変化は見られなかった. 症例③では, 手術中に側孔の圧波形が PAP となった. PAC を 1cm 抜去すると側孔の圧波形は RVP となったため, さらに1cm 抜去し, 計2cm 抜去し固定した. 抜去した位置でも PCWP は得ることができた.

PCWP を得ることができた症例④の胸部 X 線写真上でバルーンに空気を注入していないときと

注入したときの先端の位置の違いを計測してみると, 1.5ml 注入により 4 cm, 1.0ml 注入により 5.5 cm 先進していた. 全症例では 1.5ml 注入することにより 0.5 ~ 8 cm 先進し, 平均 ± SD では  $3.7 \pm 2.0$  cm であった. PCWP を得ることができたいずれの症例でもバルーンに空気を 1 ml 注入したほうが 1.5ml 注入したものより PAC は先進していた.

### 考 察

前述のように日本人において内頸静脈穿刺部位

から PAP, PCWP が得られるまでの距離の差は 6 cm と言われている。今回の方法では、肺動脈弁より 6 cm 末梢に先端があることになり、結果は 10 例中 8 例で PCWP を得ることができた。できなかった 2 例も無菌スリーブ内で 1~2 cm 移動することによって PCWP を得ることができた。穿刺部位から PAP, PCWP が得られるまでの距離の平均は、それぞれ 35.7 cm, 42.3 cm であり、その差は 6.6 cm であった。バルーンに空気を注入すると側孔の圧波形は RVP から PAP に変化し、先端の圧波形は PAP から PCWP となる。すなわちバルーンに空気を 1.5 ml 注入することにより心臓内にある PAC のたわみがなくなりバルーンは 0.5~8 cm 先進し PCWP が得られる位置に移動すると考えられる。つまり肺動脈弁より 6.5~14 cm 末梢でバルーン径と肺動脈径は同じになる。空気を注入するまえの位置ではバルーンの径より肺動脈の径のほうが大きくバルーンに空気を注入しても肺動脈損傷の危険は非常に少ないと考えられる。PCWP が得られなかった 2 例は胸部 X 線でみると心臓内のたわみが少なく先端が移動する距離が短かったために PCWP が得られなかったと考えられる。この 2 症例の身長は 163 cm, 155 cm と平均よりむしろ低いことがこのことを裏付ける一つの根拠となるかもしれない。このような症例に対しては、無菌スリーブを併用することにより PCWP を得られるので、問題はないと考える。一方たわみが必要以上に大きい場合は PAC が心臓を刺激し不整脈の原因となることがある。

PAC を左内頸静脈から挿入した場合、PAC は穿刺部から左内頸静脈、無名静脈、上大静脈という経路を走行する。左内頸静脈から挿入すると、右内頸静脈から挿入した場合より約 4 cm 長くなる<sup>7)</sup>といわれている。内頸静脈から PAC を挿入した場合 PCWP を得られるまでの距離が 50 cm を越えることは少なく<sup>7)</sup>、越えたときは PAC のたわみが大きく先進に注意が必要である。しかし左内頸静脈から挿入した症例<sup>8)</sup>では PAP, PCWP が得られるまでの距離が 51 cm とその他の症例の平均 41.7 cm に比べて著しく長い。これは無菌スリーブを使用したことによる影響と考える。無菌スリーブは、PAC を挿入する時に使用したシースを体内に留置したまま、シースとスリーブを接続することにより、スリーブ内の PAC を無菌的に

操作できる。体内に留置されたシースはある程度の直線性をもっているため、皮膚から挿入した方向性を維持している。通常 PAC は刺入部から緩やかな曲線を描いて心臓に達するが、シースの先端の方向が静脈の中核を向いていないと、シースの影響を受けて大きくたわむことになる。この症例の場合も、左内頸静脈と左鎖骨下静脈の合流部で PAC は大きくたわみ、刺入部から右房までの距離が長くなったと考える。左内頸静脈からシースを留置したまま挿入した場合、このようなことがおこりえる。

また今回は行っていないが大腿静脈から挿入した場合 PAC にたわみがなく直線的になるため、この側孔の位置では、側孔圧が RVP のとき PCWP を得ることは難しいかもしれない。

PAC は手術中、術後に先進することがある<sup>7)</sup>。特に開心術 (A-C バイパスを含む) において、PAC 自体や心臓の脱転等の手術手技を加えることにより容易に PAC は先進する<sup>8)</sup>ので、バルーンに空気を注入する際は十分な注意が必要である。また人工心臓からの離脱時など、心臓の容量が変化している様なき PAC の先端がどこにあるか判らず危険である。しかしこのような場合も、この PAC を使用することにより側孔の圧波形が RVP となるようにすれば、先端は肺動脈の中核側にあり、安心してバルーンに空気を注入することができる。このときたわみが少ないために PCWP が得られなかったとしても、無菌スリーブを併用することにより PCWP を得られるので、両者を併用することにより安全に PAC を使用することができる。

Santora ら<sup>9)</sup>は、先端から 7 cm と 10 cm に側孔を持つ同様の PAC について報告している。7 cm の場合 PCWP が 8 例中 2 例しか得られず 10 cm のものは 15 例全例に得られたと述べている。この報告の平均身長 170 cm 平均体重 69.6 kg である。我々はそれぞれ 163.4 cm, 60.5 kg であり、欧米人と日本人の体格差が側孔の至適位置の違いとして表れたと考えた。P.G. Robertie ら<sup>10)</sup>は 10 cm のものを 25 例に使用し、24 例で PCWP が得られたが、そのうち 2 例では側孔の圧波形は RVP のままであったと報告している。このことはバルーンに空気を注入したとき、PAC は移動することなく PCWP を得ることができたことになる。つまりバルーンの

径が肺動脈の径と同じか、それ以上であり、肺動脈損傷の可能性があるということになる。安全性からみると側孔までの距離が長すぎると考えられる。

我々の PAC の安全性と至適位置について考えてみる。PCWP を全症例で得られるようにするためには、症例⑩からわかるように側孔までの距離をあと 2 cm、すなわち先端から側孔まで 9 cm 必要ということになる。しかしこの場合、症例②ではすでに 1 ml で PCWP を得られる位置に先端はあることになり、ここで 1.5 ml の空気を注入した場合は肺動脈損傷の危険があることになる。安全性を重視すると 7 cm で良いと考える。この長さでは 10 例中 2 例で PCWP を得ることができなかったが、先に述べたように無菌スリーブを併用することにより PCWP を得られるので両者を併用することにより、安全な至適位置として満足できると考える。

## 文 献

1) Chun GMH, Ellestad MH : Perforation of the pulmonary

- artery by a Swan-Ganz catheter. *N Engl J Med* 284 : 1041, 1971
- 2) Hannan AT, Brown M, Bigman O : Pulmonary artery catheter-induced hemorrhage. *Chest* 85 : 128, 1984
- 3) Kelly TF, Morris GC, Crawford ES, et al : Perforation of the pulmonary artery with Swan-Ganz catheters. *Ann Surg* 32 : 415, 1981
- 4) Causay RS, Lemole GM : Rupture of pulmonary artery catheter: A cause of postoperative bleeding after open-heart operation. *Ann Thorac Surg* 32 : 415, 1981
- 5) 鈴木利保, 杵淵嘉夫, 田島英雄ほか : Swan-Ganz カテーテルによる肺動脈損傷の 1 症例, *臨床麻酔* 13 : 1147-1148, 1989
- 6) 海江田令次, 井上清一郎, 和気幹子ほか : 内頸静脈穿刺による Swan-Ganz カテーテル挿入の長さ *臨床麻酔* 8 : 445-449, 1984
- 7) 鈴木利保, 杵淵嘉夫, 三浦正明ほか : Swan-Ganz カテーテルの挿入の長さおよび留置したカテーテル先端の移動 *循環制御* 11 : 485-488, 1990
- 8) 鈴木利保, 杵淵嘉夫, 竹山和秀ほか : CABG 中の Swan-Ganz カテーテルの先端 *循環制御* 13 : 457-462, 1992
- 9) Santora T, Ganz W : New method for monitoring pulmonary artery catheter location. *Crit Care Med* 19 : 442-426, 1991
- 10) Robertie PG, Johnston WE, Williamson MK, et al : Clinical utility of a position-monitoring catheter in the pulmonary artery. *Anesthesiology* 74 : 440-445, 1991

## A Pulmonary-Artery Position-Monitoring Catheter: Safety and Usefulness

Haruo Fukuyama, Toshiyasu Suzuki, Yoshio Kinefuchi, Hiroataka Kayama, Takefumi Okada, and Yonosuke Yamasaki

Department of Anesthesiology, School of Medicine,  
Tokai University, Isehara, Japan

The tip of indwelling pulmonary-artery catheter (PAC) may advance forward in the artery unnoticed. If the balloon is inflated with a predetermined volume of air in this situation, the artery may be overdistended and ruptured. A PAC with an additional lumen which opens with a side port 7cm proximal to the tip for right-ventricular (RV) pressure monitoring would give a warning of this advancement by a change-over of RV to pulmonary-artery (PA) waveform. In 10 adult male patients we

placed this type of PAC in a manner so that the RV port stays 1cm below the pulmonic valve and the tip 6cm into the PA. PA occlusion pressure was obtained at this position in 8 of 10 patients, and in the remaining two it was possible to occlude the PA after advancing the catheter aseptically in the envelop. We found position-monitoring catheter helpful in assuring correct positioning of the PAC and the safety of the procedure.

**Key Words :** Pulmonary-artery catheter, Right-ventricular pressure monitoring, Complications, Catheterization, Aseptic envelop.