บทความพิเศษ

การใช้ Pulmonary artery catheter

วรรณา สมบูรณ์วิบูลย์ *

Somboonviboon W. The use of a pulmonary artery catheter, Chula Med J 1985 Jan ; 29 (1) : 13–25

Prompt recognition and accurate assessment of serious circulatory changes in critically ill patients are of extreme of importance. Although the monitorings of heart rate, arterial blood pressure and central venous pressure have been valuable guides, they do not provide sufficient data for the diagnosis and proper management in some patients. Pulmonary artery catheter has been used since 1970 for monitoring and analysing the functions of both sides of the heart. This paper describes the technique and indications for the insertion of this catheter as well as the complications.

* ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การให้การวินิจฉัยโรคที่รวดเร็วถูกต้อง รวมทั้งให้การรักษาโดยทันท่วงที เป็นสิ่งสำคัญมากในผู้ป่วยอาการหนัก เช่น ผู้ป่วยทางโรคหัวใจหรือโรคปอดอย่างรุนแรงหรือผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดใหญ่ เป็นต้น แม้ว่าการ monitor ด้วย heart rate, arterial blood pressure และ central venous pressure จะเป็นสิ่งสำคัญและมีประโยชน์มากในผู้ป่วยเหล่านี้ แต่อาจเป็นการไม่เพียงพอในการให้การวินิจฉัยและการรักษาที่ถูกต้องในบางกรณี เพราะย่อมเป็นที่ทราบอยู่แล้วว่า central venous pressure นั้น เป็นเครื่องบ่งชี้ที่ดีสำหรับหน้าที่ทางด้าน right ventricle มากกว่า ผู้ป่วยที่ไม่มีโรคทางหัวใจหรือโรคทางปอดจะสามารถใช้ CVP เป็นข้อบ่งชี้ของ cardiac filling pressure ได้อย่างดีทั้ง right side และ left side แต่ในผู้ป่วยที่มีปัญหาทางโรคหัวใจหรือปอด CVP จะไม่ช่วยในการบอกถึง left sided filling pressure การจะวัด pressure หรือ volume ของหัวใจด้านซ้ายนั้น ปกติอาจจะต้องทำขณะทำการผ่าตัดหัวใจแล้วใส่ catheter เข้าไปใน left atrium เพื่อวัด left atrial pressure โดยตรง ในคนที่ไม่มีโรคของ mitral valve ค่านี้จะบอกได้ถึง left ventricular end diastolic pressure ซึ่งจะ reflex ถึง volume ทางข้างซ้ายได้ หรืออาจจะต้องทำการวัด pressure นี้ ขณะทำ cardiac catheterization โดยอาศัย X-rays ช่วย ซึ่งทั้ง 2 วิธีค่อนข้างยุ่งยากลำบากเปลืองรวมทั้งมีโรคแทรกซ้อนเกิดขึ้นได้ Swan และ Ganz ในปี 1970 จึงได้ประดิษฐ์ catheter ซึ่งยาว 110 ซ.ม. มี gas-filled balloon ใกล้ที่ปลาย catheter (Figure 1) สามารถนำมาใส่เข้าทาง CVP line และ

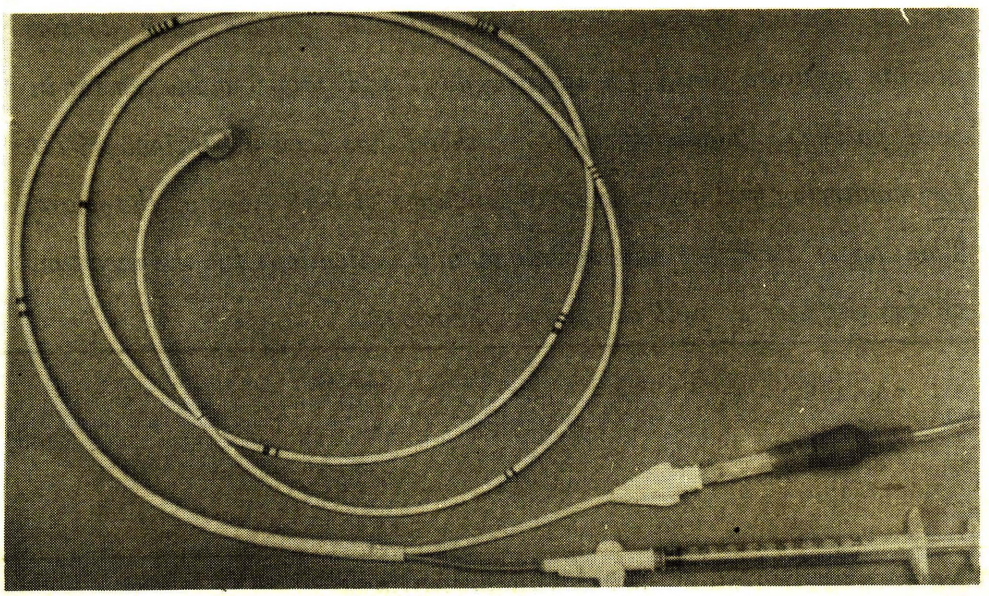


Figure 1 Pulmonary artery catheter (Swan - Ganz catheter)

วัด pressure ต่าง ๆ จากด้าน left side รวมทั้งหา cardiac output ได้ โดยใช้วิธี thermodilution นำค่าต่าง ๆ เหล่านี้ไปคำนวณหา systemic และ pulmonary vascular resistance รวมทั้ง left ventricular stroke volume ได้ด้วย ซึ่งการใส่ catheter ชนิดนี้ สามารถทำได้ที่ข้างเตียงผู้ป่วย โดยอาศัยจากลักษณะของ pressure curve ที่จะบอกให้ทราบว่าตำแหน่งของ catheter เข้าไปอยู่ใน pulmonary artery โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยเครื่อง X-rays ช่วยการใส่ catheter วิธีนี้ค่อนข้างสะดวกรวดเร็ว แม้จะมี complications บ้างก็ตาม แต่ในผู้ที่คุ้นเคยกับการทำ มักจะไม่มีปัญหาเกิดขึ้นมากนัก หรือถ้ามีก็สามารถแก้ไขให้กลับสู่สภาพปกติได้ จากการใส่ catheter ชนิดนี้ ทำให้การดูแลและรักษาผู้ป่วยอาการหนักเหล่านี้เป็นไปอย่างถูกต้องและได้ผลดีขึ้น การใช้ pulmonary artery catheter หรือ Swan Ganz catheter จึงเป็นที่นิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยมา

<u>ประโยชน์ที่จะได้จากการใส่ pulmonary artery catheter</u>[1,2]

1. เพื่อแยก right และ left ventricular function โดยการหา
   - cardiac output
   - วัด pulmonary artery pressure และ pulmonary capillary wedge pressure ซึ่งจะเป็นค่า indirect ของ left atrial pressure

ในผู้ป่วยอาการหนักทั้งก่อน ระหว่างและหลังการผ่าตัด หรือใน ICU สำหรับผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการผ่าตัด

2. เพื่อหา mixed venous blood samples ในการคำนวณหา shunt

3. เพื่อให้การให้ fluid และยาเป็นไปอย่างถูกต้อง

4. สามารถ detect subendocardial infarction ได้รวดเร็วกว่า ECG หรืออาการ chest pain

<u>ข้อบ่งชี้ในการใส่ pulmonary artery catheter</u>[2,3,4]

- ผู้ป่วยโรคหัวใจต่าง ๆ เช่น severe congestive heart failure coronary artery heart disease เช่น recent MI poor left ventricular function (LVEDP > 20 mmHg. หรือ ejection fraction < 50%) รวมทั้งผู้ป่วยที่จะทำผ่าตัดของ aortic aneurysm
- ผู้ป่วยที่มี respiratory failure และต้องให้เครื่องช่วยหายใจชนิดที่ต้องใช้ positive end expiratory pressure (PEEP) สูง ๆ ผู้ป่วยที่มี pulmonary hypertension หรือมี pulmonary emboli, fat emboli
- ผู้ป่วย sepsis ซึ่งมี unstable hemodynamics
- ผู้ป่วย multiple trauma, near

drowning

ในผู้สูงอายุที่จะได้รับการผ่าตัด thoracotomy, major vascular surgery, major bowel surgery รวมทั้ง neurosurgery ที่จะมีปัญหาทางด้าน air embolism เกิดขึ้น

ข้อห้ามใช้ (4,5)

1. ไม่ชำนาญหรือคุ้นเคยกับวิธีการใส่ catheter
2. เครื่องมือเครื่องใช้ไม่พร้อม
3. มีปัญหา severe coagulation disorder
4. มี abnormal cardiac anatomy เช่น VSD หรือ ASD
5. มีปัญหาของ recurrent ventricular arrhythmias
6. มี tricuspid หรือ pulmonic valvular diseases อยู่ โดยเฉพาะถ้าจะมีการผ่าตัด valve เหล่านี้
7. ในผู้ป่วย cardiac transplant

ชนิดของ Pulmonary artery catheter (4,5,6)

1. 5 - Fr catheter ซึ่งมี one lumen pressure อยู่ที่ปลาย catheter
2. 7 - Fr catheter ซึ่งมี double lumen pressure วัด pulmonary artery pressure ที่ปลาย catheter และสามารถวัด right atrial pressure ได้ในเวลาเดียวกัน โดยมี right atrial port ที่ 30 ซ.ม. ห่างจากปลาย catheter
3. 7 - Fr catheter triple lumen thermodilution catheter เหมือนชนิดที่ 2 แต่มี thermistor อยู่ห่างจากปลาย catheter 4 ซ.ม. เพื่อใช้วัด cardiac output โดยวิธี thermodilution เป็นชนิดที่นิยมใช้กันมาก
4. Heparin-coated catheter มีประโยชน์กว่าในการใส่ catheter เป็นเวลานาน หรือในผู้ป่วยที่มี intracardiac shunt อยู่ เพราะโอกาสเกิด thrombi เนื่องจาก catheter แบบเดิมนั้นมีมากกว่าชนิด heparin - coated
5. Multipurpose pulmonary artery catheter โดยมี pacing wires ร่วมไปด้วย สามารถใช้เพื่อเป็น atrial, ventricular และ A - V sequential pacing ในผู้ป่วยแต่ละคนได้
6. Opticath pulmonary artery catheter สามารถวัด continuous mixed venous oxygen saturation ($S\bar{v}O_2$)

Routes ที่จะใช้[4,7,8]

1. Internal jugular vein เป็นเส้นที่นิยมใช้มาก ใช้ข้างขวามากกว่าข้างซ้าย เนื่องจากตรงเข้า right atrium หลีกเลี่ยงการแทงถูก thoracic duct รวมทั้งการแทงถูก dome ของ pleura จะเกิดได้น้อยกว่า (เนื่องจาก dome ของ pleura ขวาอยู่ต่ำกว่าซ้าย) จึงเป็นวิธีที่ง่ายและปลอดภัย ข้อเสีย อาจจะมีโอกาส่แทงถูก carotid artery ได้

2. External jugular vein มีประโยชน์ในผู้ป่วยที่มีปัญหาเรื่อง coagulation disorders อยู่ก่อน เนื่องจากถ้ามีปัญหา bleeding เกิดขึ้น มักจะเป็น superficial และใช้ pressure กดเพื่อ control bleeding ได้ แต่มักจะต้องอาศัย J wire ช่วยตอนใส่ introducer เพราะอาจมีปัญหาตอน pass catheter

3. Subclavian vein เป็นเส้นที่นิยมใช้มากเช่นกัน แต่มักจะเลือกข้างซ้ายมากกว่าข้างขวา เนื่องจาก curve ตอนเข้า atrium ง่ายกว่า อันตรายคือ pneumothorax และ bleeding จาก subclavian artery laceration

4. Brachial vein อาจต้องใช้ cut down เพื่อให้ได้ vein เส้นใหญ่ แต่อาจจะมีปัญหาขณะ pass catheter ผ่าน axilla จึงไม่ค่อยนิยมนัก ข้อดีในผู้ป่วยที่มีปัญหา coagulation disorders[9]

วิธีการ[6,8,10]

1. เตรียม monitoring equipment, pressure transducer รวมทั้ง oscilloscope ให้พร้อม

2. มี resuscitation equipments & drugs อยู่พร้อมโดยเฉพาะ lidocaine และ defibrillator

3. set transducer และต่อเข้ากับ monitor ให้เรียบร้อย

4. ผู้ป่วยทุกรายต้องติด ECG ไว้ก่อน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของ rhythm และ rate ที่จะเกิดขึ้น arterial cannulation อาจจะมีหรือไม่มีแล้วแต่ความจำเป็น

5. ทำ percutaneous venous catheterization หรือ cut down แล้วแต่ความเหมาะสมโดย sterile technic (Figure 2)

6. ใช้ wire guide ใส่ผ่าน catheter จนคิดว่าเข้าไปอยู่ใน thorax ดึง catheter เดิมออก แล้วจึงใส่ introducer - dilator combination ผ่านไปบน wire เมื่อเข้าที่เรียบร้อยแล้วจึงดึง wire และ dilator ออก (Figure 3)

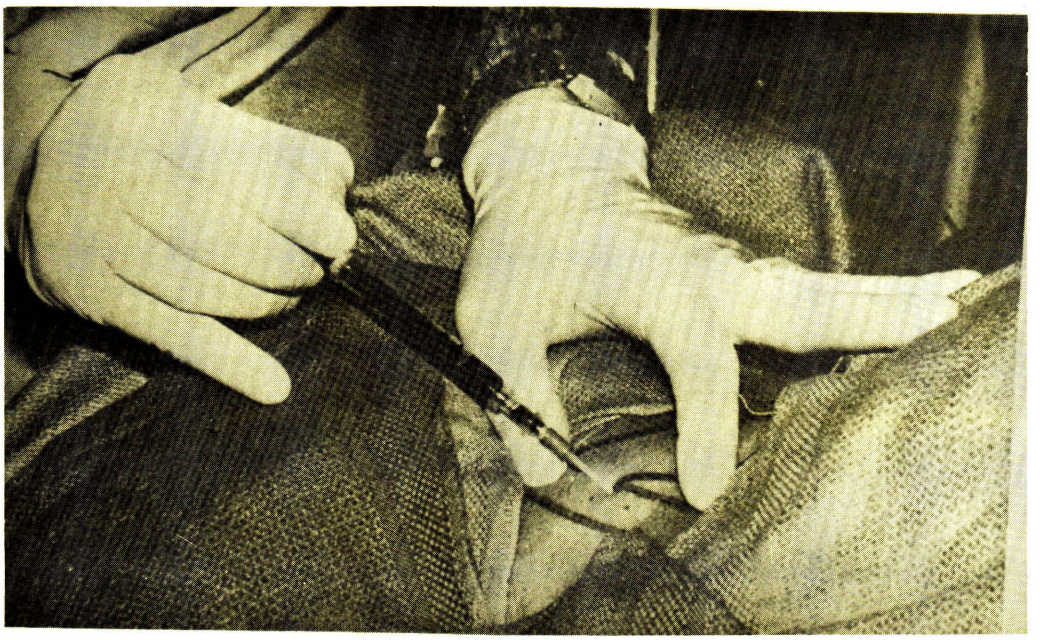


Figure 2 Internal jugular vein cannulation

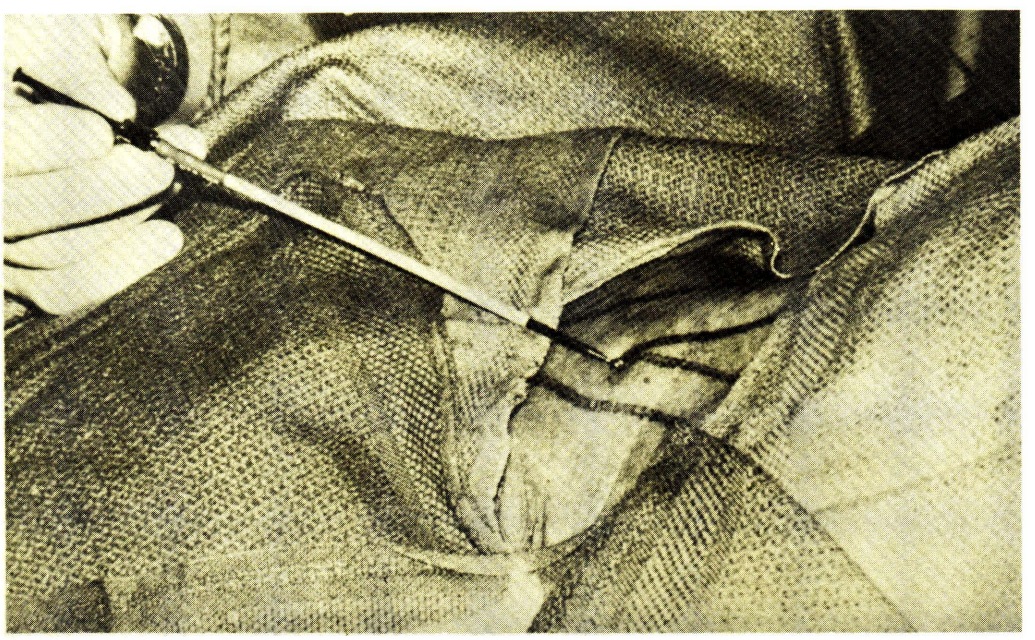


Figure 3 Insertion of dilator and introducer

7. Flush pulmonary artery catheter ที่จะใส่ด้วย NSS + heparin (500 ml NSS + 500 units heparin) test ว่าไม่มีการรั่วของ balloon โดย blow balloon ไว้ใต้น้ำ เมื่อเรียบร้อยแล้ว จึงต่อ catheter เข้ากับ pressure transducer และ monitor wave form บน oscilloscope

8. เริ่มใส่ catheter ประมาณ 25 - 35 cm (จาก right internal jugular vein) (Figure 4) จะได้

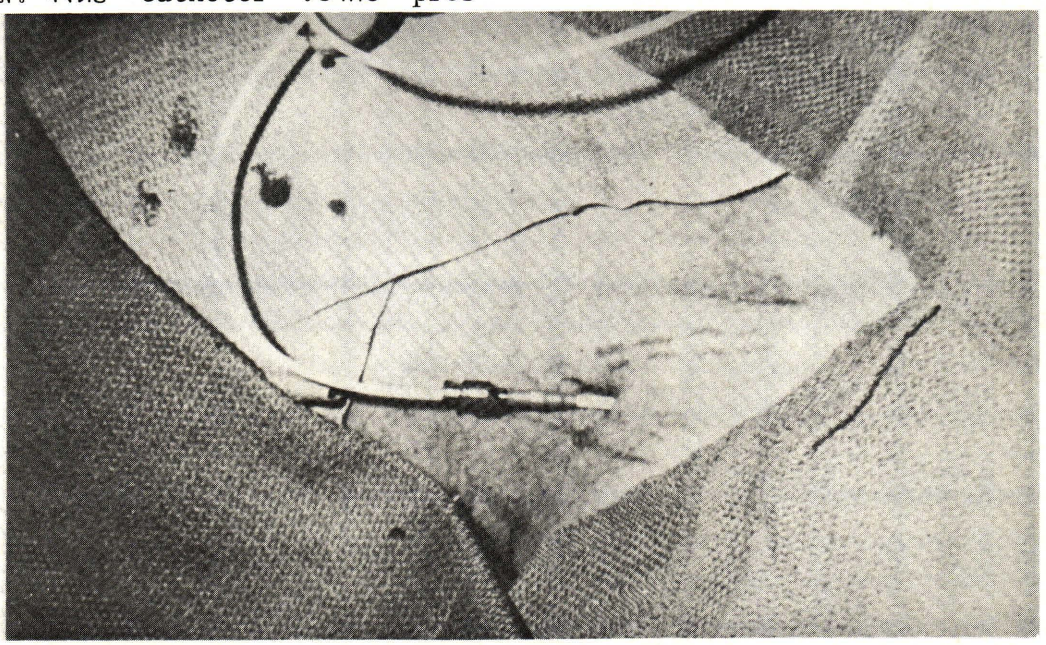


Figure 4 The swan-ganz catheter is advanced through the catheter sheath into the pulmonary artery.

pressure tracing ของ right atrium inflate air ใน balloon ประมาณ 1 - 1.5 ml แล้ว advanced catheter ต่อไป ซึ่งควรจะเข้าสู่ right ventricle (เมื่อความยาว catheter ประมาณ 35 - 45 cm) ผ่านต่อไปอีก 5 - 10 cm จะเข้า pulmonary artery ซึ่งเมื่อผ่านต่อไปจะได้ tracing คล้าย venous pressure ในตอนแรกอีก นั่นคือ pulmonary artery occluded pressure หรือ pulmonary capillary wedge pressure นั่นเอง เมื่อวัดได้แล้ว deflate balloon ก็จะได้ pulmonary artery tracing

9. Secure catheter และใช้ sterile dressing ปิดให้เรียบร้อย

10. ตรวจดูปลาย catheter อีกครั้ง โดยการทำ chest X-ray ทุกรายหลังการใส่ (Figure 5)

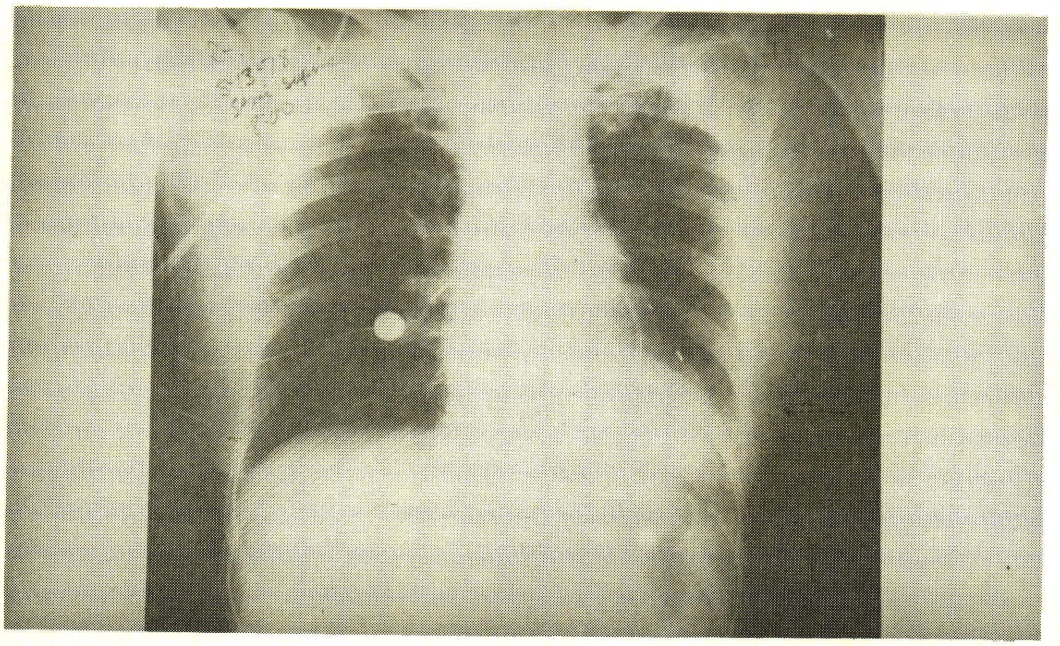
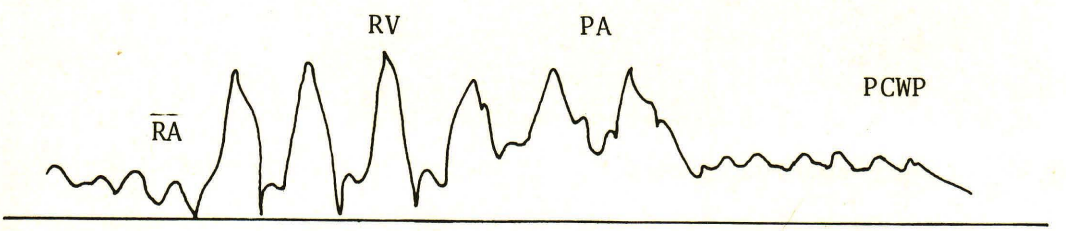


Figure 5 Ideal position of the catheter on the chest x-ray.

ลักษณะของ tracing[1]



Data ต่าง ๆ ที่จะได้จากการใส่ pulmonary artery catheter

1. right atrial pressure
2. systolic, diastolic และ mean pulmonary artery pressure
3. pulmonary capillary wedge pressure
4. cardiac output
5. mixed venous oxygen samples

จากค่าเหล่านี้สามารถนำไปคำนวณหาค่าอื่นต่อไป[4,11] เช่น

cardiac index (CI) = Cardiac output/Body surface

normal 2.8 - 4.2 l/min/m^2

Stroke index (SI) = CI/HR x 1000

normal = 30 - 65 ml/m^2/beat

Left ventricular stroke work (LVSW)

LVSW = CO x MAP/HR x 13.6

normal = 40 - 60 gm. M/M^2/beat

Right ventricular stroke work (RVSW)

RVSW = CO x MPAP/HR x 13.6

normal = 5 - 10 gm. M/M^2/beat

Systemic vascular resistance (SVR)

SVR = MAP - RAP/CO x 80

normal = 800 - 1600 ARU

Pulmonary vascular resistance (PVR)

PVR = MPAP - LAP/CO x 80

normal = 75 - 200 ARU

Complications[1,6,9,10]

1. เหมือนกับ complications จากการทำ CVP ทั้งหลาย

2. ventricular arrhythmias ซึ่งพบได้ 17% ซึ่ง 50% ต้องให้ lidocaine เข้าทางเส้นเลือดดำ แต่การผ่าน catheter โดยเร็วจาก RV ไปยัง pulmonary artery จะช่วยลดอุบัติการณ์ได้

3. การเกิด thrombosis และ thrombocytopenia ซึ่งโอกาสเกิดจะลดลงถ้าใช้ heparin coated catheter

4. intracardiac knotting โดยเฉพาะใน 5 Fr catheter ซึ่ง flexible มากกว่า หรือใส่ catheter เกิน 60 cm. โดยยังไม่ได้ tracing ของ wedge pressure ควรจะถอย catheter ออก มิฉะนั้นจะเกิด coiling ใน right ventricle และเกิด knotting ได้

5. balloon rupture จะเกิดเมื่อทิ้ง catheter ไว้นานหลายวัน หรือ blow balloon ด้วย air ที่มากกว่า 1.5 ml.

6. pulmonary infarction พบได้ 7.2% แก้ไขได้โดยคอย check ปลายของ catheter และระวังไม่ blow balloon อยู่ตลอดเวลา

7. infection ไม่ว่าจะเป็น local หรือ systemic

8. perforation หรือ rupture ของ pulmonary artery ซึ่งถือว่าเป็น worst complication ของการใส่ catheter นี้ แต่ปกติจะพบได้น้อยมาก นอกจากในผู้ป่วยที่มีอัตราเสี่ยงเช่นมี

pulmonary hypertension
anticoagulation
hypothermia
advanced age
distal placement ของ balloon
balloon hyperinflation

อาการที่พบมีไอเป็นเลือดและความดันโลหิตต่ำ

การรักษา
- reverse effect ของ heparin (ถ้าผู้ป่วยได้อยู่ก่อน)
- endobronchial intubation
- ถอย catheter ออกมาที่ proximal PA
- ใส่ chest drain
- surgical correction

9. Endocarditis

10. การวินิจฉัยผิดพลาด จากการใส่ catheter ที่ malfunction

การลด complications ต่าง ๆ เหล่านี้อาจทำได้โดย[5,11]

1. ไม่ใช้ fluid ในการ inflate balloon
2. inflate balloon ขณะใส่ catheter และ deflate เมื่อจะดึง catheter ถอยออก
3. ตรวจดูและให้การรักษาทันทีที่มี arrhythmia เกิดขึ้น
4. วัด pulmonary capillary wedge pressure เมื่อจำเป็นเท่านั้น เพื่อป้องกันการเกิด permanent wedge
5. ไม่ควร inflate balloon ถ้าไม่มี oscilloscope เพื่อดู tracing

การได้ cardiovascular datas ต่าง ๆ นี้ รวมทั้งการ evaluate หน้าที่ของ myocardium ในแง่ของ preload, contractility และ afterload จากการใส่ pulmonary artery catheter ย่อมจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยอาการหนักทั้งหลายในแง่ของการให้การวินิจฉัย การรักษา และการติดตามผลการรักษาว่าเป็นไปในทางใด การหา myocardial perfusion pressure ยังอาจจะ estimate ได้จากค่าความแตกต่างของ systemic diastolic pressure กับ pulmonary capillary wedge pressure การคำนวณ SVR จะ estimate ได้ถึง aortic impedance เพื่อให้การใช้ vasodilators เป็นไปได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น ในขณะเดียวกันการวัด mixed venous oxygen tension จะช่วยบอกถึง cardiac output, oxygen delivery และ oxygen consumption ด้วย ช่วยในการดูแลผู้ป่วยที่มีปัญหาทางด้าน respiratory ได้อย่างดี [5,12]

Pulmonary artery catheter

ใช้เป็น baseline information และช่วยบอกถึงการตอบสนองต่อการรักษา รวมทั้งสามารถ evaluate ผู้ป่วยได้อย่างใกล้ชิดรวดเร็วไม่ว่าผู้ป่วยนั้นเป็นผู้ป่วยที่ต้องได้รับการผ่าตัด หรือผู้ป่วยอาการหนักใน ICU ก็ตาม แต่ควรจะนึกถึงข้อเสียต่าง ๆ ของการใส่ catheter นี้ไว้ด้วย เพื่อนำมาเปรียบเทียบว่าผลดีหรือผลเสียจะมากกว่ากัน เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์จากการรักษามากที่สุด

ดังที่ทราบว่า catheter ชนิดนี้มีราคาค่อนข้างแพงและจำเป็นต้องมีเครื่องวัด pressure และเครื่องหา cardiac output เพื่อใช้ร่วมไปด้วย ทำให้ดูเหมือนเป็นการลิ้นเปลืองมากพอสมควร แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีเครื่องวัด pressure และเครื่องวัด cardiac output อยู่แล้วทั้งในแผนกอายุรศาสตร์ และแผนกศัลยกรรม ร.พ.จุฬาลงกรณ์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อทั้งผู้ป่วยและต่อการเรียนการสอนของแพทย์ประจำบ้าน แม้ราคาของ catheter รวมทั้งค่าใช้จ่ายอาจจะดูสูงกว่าการทำ basic monitorings แต่ผู้ป่วยในรายที่จำเป็นดังได้กล่าวมาแล้วในข้อบ่งชี้ ก็จะเป็นผู้ได้รับประโยชน์อย่างมากจากการใส่ catheter นี้ ชีวิตของผู้ป่วยแต่ละคนย่อมมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายเหล่านี้ ในความเห็นของผู้เขียนจึงคิดว่า แม้จะเป็น Invasive monitoring และราคาสูงกว่า monitoring อื่นบางอย่าง แต่ถ้าจำเป็นสำหรับผู้ป่วยบางราย และทำโดยผู้ที่ชำนาญ โอกาสเกิดผลแทรกซ้อนเหล่านั้นก็จะมีน้อยมาก เมื่อเทียบกับคุณประโยชน์ที่จะได้รับ

1. Intracardiac pressures[6]

Cardiac location	Normal pressure (torr)	
	Mean	Range
RA	5	1 - 10
RV	25/5	15 - 30/0 - 8
PA S/D	23/9	15 - 30/5 - 15
PAP	15	10 - 20
PCWP	10	5 - 15
LAP	8	4 - 12
LVEDP	8	4 - 12

2. Differential diagnosis of a low cardiac output[13]

Cause	CVP		PCWP		PA
Hypovolemia	↓		↓		↓
LA failure	-/↑		↑		↑
RV failure	↑		-		↓
Pulmonary embolism	↑		-		↑
Tamponade	↑	=	↑	=	↑

อ้างอิง

1. Buchbinder N. Ganz W. Hemodynamic monitoring. Anesthesiology 1976 Aug; 45(2) : 146-155
2. Blitt CD. When are pulmonary artery catheter indicated in non cardiac anesthesia. In : Annual Refresher Course Lectures ASA 1981.
3. Civetta JM. Gabel JC. Flow directed-pulmonary artery catheterization in surgical patients : indications and modifications of technic. Ann Surg, 1972 Dec; 176(6) : 753-756
4. Garman JK. Clinical use of pulmonary artery catheters. In : IARS Review Course Lectures 1982 page 46-51
5. Blitt CD. Invasive monitoring in non cardiac surgery. In : Annual Refresher Course Lectures ASA 1982.
6. Kaplan JA. Hemodynamic monitoring. In : Kaplan JA. Cardiac Anesthesia. New York : Grune & Stratton, 1979. 86-98
7. Lindop MJ. Monitoring of the cardiovascular system during anesthesia. In : Gerson GR. IAC. Boston : Little Brown,1976. 21-28
8. Schroeder JS. Venous and pulmonary artery pressure monitoring. In : Schroeder JS. Techniques in Bedside Hemodynamic Monitoring. St. Louise : CV Mosby, 1976. 62-90
9. Swan HJC. Ganz W. Use of balloon flotation catheters in critically ill patients. Surg Clin N Am 1975 Jun; 55(3) : 501-520
10. Blitt CD. Intraoperative cardiovascular monitoring. In : Annual Refresher Course Lectures ASA 1979.

11. Blitt CD. Invasive intraoperative hemodynamic monitoring. In : Annual Refresher Course Lecture ASA 1983.
12. Civetta JM. Invasive catheterization. In : Shoemaker WC. Critical Care Springfield, Illinois : Charles C Thomas,1980.9-36
13. Kaplan JA. Invasive monitoring for cardiac surgery. In : Annual Refresher Course Lectures ASA 1982.

จุฬาลงกรณ์เวชสารได้รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 15 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2527