

Advanced Hemodynamic monitoring

ผศ. พญ.นุชนารถ บุญจิ่งมงคล

ผศ. พญ. ตันหยง พิพานเมฆาภรณ์

hemodynamic monitoring เป็นอุปกรณ์เฝ้าระวังที่มีบทบาทสำคัญที่ใช้ในระหว่างการดูแลผู้ป่วย โดยมีหน้าที่หลักสำคัญ 2 ประการ ได้แก่ ช่วยในการวินิจฉัยกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนโลหิต และการประเมินการตอบสนองของผู้ป่วยต่อการรักษาที่ให้ สำหรับอุปกรณ์เฝ้าระวังที่มีอยู่ในปัจจุบันมีตั้งแต่ อุปกรณ์ขั้นพื้นฐาน ไปจนถึงอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนและ เป็นชนิด invasive ทั้งนี้การเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ควรคำนึงถึง อาการทางคลินิกและพยาธิสภาพของผู้ป่วย ตลอดจนสถานที่ที่ให้การดูแลผู้ป่วยรายนั้นๆ สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงชนิดของอุปกรณ์เฝ้าระวัง และการประยุกต์ parameter ใหม่ ๆ ที่มีการนำมาใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ การประเมินการตอบสนองต่อการให้สารน้ำ , อุปกรณ์สำหรับการวัด cardiac output, การประเมินโดยใช้ค่า venous oximetry

การวัดการตอบสนองของผู้ป่วยต่อการให้สารน้ำ (Fluid responsiveness)

Systolic pressure variation (SPV)

ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่เครื่องช่วยหายใจจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความดัน systole ที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของการหายใจนั้น ถ้าวัดความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุด และต่ำสุดของความดัน systole ในระหว่างการหายใจเข้าและออกตามลำดับ เรียกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ว่า **systolic pressure variation** โดยค่าความแตกต่างของ systolic pressure นั้นจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. Δ up (delta up) ซึ่งนับตั้งแต่ช่วงแรกของการหายใจเข้าซึ่งความดัน systole เริ่มมีค่าสูงขึ้นจนกระทั่งมีค่าสูงที่สุด โดยเปรียบเทียบกับค่าความดันในช่วงสิ้นสุดการหายใจออก (end expiration) เนื่องจากในระหว่างการหายใจเข้าพบว่าความดันในช่องอกเพิ่มขึ้นจะทำให้เลือดถูกบีบออกจาก right ventricle (RV) ไปยังปอดและหัวใจห้องซ้ายเพิ่มขึ้น จะพบว่าเลือดที่ออกจากหัวใจห้องซ้ายมีปริมาณมากขึ้น (left ventricular output)
2. Δ down (delta down) มีการลดลงของความดัน systole เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความดันในช่วง end -expiration เกิดเนื่องจากการไหลของหลอดเลือดดำเข้าสู่หัวใจ (venous return) ลดลง ซึ่งพบได้ในระยะเวลานั้นๆ

โดยปกติค่าของ systolic pressure variation ในผู้ป่วยที่ใส่เครื่องช่วยหายใจไม่ควรเกิน 10 มม.ปรอท โดยค่า Δ down น่าจะสัมพันธ์โดยตรงกับภาวะพร่องน้ำ (hypovolemia)

และอาจใช้สำหรับการทำนายการตอบสนองของผู้ป่วยต่อการให้สารน้ำ (fluid responsiveness) ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของ κ up อาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับภาวะดังกล่าวเลย อย่างไรก็ตาม ในกรณีผู้ป่วยที่มีการเปลี่ยนของ κ up ชัดเจนอาจบอกได้ว่าผู้ป่วยรายนั้นมีภาวะสารน้ำเกิน (hypervolemia) หรือ มีภาวะ left ventricular dysfunction

Pulse pressure variation

เป็นค่าความแตกต่างระหว่าง pulse pressure ที่มากที่สุด และ น้อยที่สุดในระหว่างการช่วยหายใจ 1 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย (mean) ของ pulse pressure ทั้งสองค่า โดยค่า pulse pressure variation จะประโยชน์กว่า systolic pressure variation ในการบอกภาวะ fluid responsiveness เนื่องจากค่าดังกล่าวจะสัมพันธ์กับค่าของ left ventricular stroke volume โดยตรง นอกจากนี้ยังถือว่าเป็นค่าที่ดีที่สุดที่ช่วยบอกถึง fluid responsiveness โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วย positive end expiratory pressure (PEEP) ซึ่งอาจมีค่า pulse pressure variation เพิ่มขึ้นได้

การเปลี่ยนแปลงของค่า pulse pressure variation อาจจะสามารถแยกผู้ป่วยที่กลุ่ม responder ออกจาก nonresponder โดยมี sensitivity และ specificity ประมาณ 94 และ 96 %ตามลำดับ กรณีที่พบการเปลี่ยนแปลงของ κ up อย่างมาก หรือผู้ป่วยที่มีภาวะ right ventricular infarction การพิจารณาค่า pulse pressure variation อาจจะไม่สามารถทำนายภาวะ fluid responsiveness ได้

Stroke volume variation (SVV)

หลักการเคียงใกล้เคียงกันกับ pulse pressure variation คือ ค่าความแตกต่างระหว่าง stroke volume ที่มากที่สุด และ น้อยที่สุดในระหว่างการช่วยหายใจ 1 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย (mean) ของค่า stroke volume ทั้งสอง เป็นค่าที่ sensitive ที่จะบอกถึงภาวะ fluid responsiveness ในระหว่างการได้ยาระงับความรู้สึก และ สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่า cardiac output หลังจากที่ได้รับสารน้ำไปแล้วอย่างรวดเร็ว

การประเมินโดยใช้ค่า SVV จะบอกภาวะ fluid responsiveness ในผู้ป่วยที่มีการทำงานของหัวใจปกติ ได้ดีกว่าผู้ป่วยที่มี ejection fraction ต่ำตั้งแต่ก่อนผ่าตัด และผู้ป่วยที่มีขนาดของ left ventricle end diastolic area ใหญ่ในระหว่างการผ่าตัด เนื่องจากผู้ป่วยเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลง κ up อย่างชัดเจน ซึ่งจะไม่สัมพันธ์กับภาวะ fluid responsiveness โดยตรง

โดยสรุปพบว่าการประเมินการตอบสนองของ fluid responsiveness โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงของ ค่า systolic pressure variation, pulse pressure variation และ stroke volume variation จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของ parameter อื่นๆ เช่น การศึกษาปริมาณของ aortic blood flow, การวัดการเปลี่ยนแปลงของ

หลอดเลือด inferior vena cava เป็นต้น อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการประเมินการตอบสนองของผู้ป่วยต่อการให้สารน้ำได้ดีกว่าการใช้ประเมินค่า filling pressure เช่น CVP หรือ ค่า pulmonary capillary wedge pressure เป็นต้น

Cardiac output monitoring

pulmonary artery catheter ได้ถูกนำมาใช้ตั้งแต่ ปี 1970 และ เป็นอุปกรณ์ชนิดแรกที่ใช้สำหรับการวัดปริมาณ cardiac output เนื่องจากอุปกรณ์นี้มีข้อจำกัดหลายอย่างทำให้ปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่เป็น less invasive และ noninvasive เพื่อทดแทนการใช้ pulmonary artery catheter สำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงในผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัดโดยเฉพาะ major surgery และผู้ป่วยหนัก (critical patients)

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวัด cardiac output ที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ ได้แก่ มีความน่าเชื่อถือ , การวัดค่าอย่างต่อเนื่อง, noninvasive, ไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญสำหรับการตรวจ (operator independent) , วัดการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว (beat to beat) ปัจจุบันมีอุปกรณ์หลายชนิดที่สามารถวัดปริมาณของ cardiac output ได้ โดยแบ่งตามระดับของความ invasive ของอุปกรณ์ ได้แก่

Invasive thermodilution technique

1. Pulmonary artery catheter

อาศัยหลักการของ thermodilution โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของเลือดภายในหลอดเลือดในช่วงเวลาหนึ่ง สามารถวัดเป็นครั้งคราว (intermittent) และ วัดแบบต่อเนื่อง (continuous) ซึ่งมีการติดตั้ง thermistor ที่สายของ pulmonary artery catheter และสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ จากนั้นระบบจะวัดความแตกต่างของอุณหภูมิ และคำนวณการเปลี่ยนแปลงของ cardiac output อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังสามารถวัดค่า right ventricular ejection fraction (RVEF) และ right ventricular end diastolic volume (RVEDV) , pulmonary artery pressure และ mixed venous oxygen saturation (SVO₂) อย่างไรก็ตามอุปกรณ์นี้อาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนมากมายและยังมีการถกเถียงกันเมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์ที่ผู้ป่วยจะได้รับ ดังนั้นอุปกรณ์นี้จึงถูกจำกัดไว้ใช้สำหรับผู้ป่วยบางกลุ่มเท่านั้น เช่น ผู้ป่วยที่มีการทำงานของหัวใจล้มเหลว หรือมีภาวะปอดบวมน้ำ เป็นต้น และจำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญในการใส่สายและการแปลผล

2. Transpulmonary thermodilution cardiac output

จะใช้ arterial thermodilution สำหรับวัด stroke volume และ cardiac output ซึ่งจะใส่ arterial thermistor tipped catheter ไว้ในหลอดเลือด femoral artery , axillary artery หรือ brachial artery ร่วมกับการใช้ central venous catheter เพื่อใช้สำหรับการฉีดน้ำเย็น ใช้

สำหรับการวัดเป็นครั้งคราว สำหรับประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชนิดนี้ใกล้เคียงกับ pulmonary artery catheter และถือว่าเป็นอุปกรณ์ชนิด invasive และโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนน้อยกว่า และใช้ได้น้อยกว่า pulmonary artery catheter ในกรณีที่ต้องการคาสาายไว้นาน

3. Lithium dilution cardiac output

ใช้หลักการของ dye dilution โดยการฉีด lithium chloride ทางหลอดเลือดดำ โดยไม่จำเป็นต้องให้ทาง central venous catheter จากนั้นระบบจะทำวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของ lithium ในเลือดในหนึ่งหน่วยเวลาจากการดูดเลือดที่ sensor ที่ติดไว้ที่ peripheral arterial catheter โดยวิธีนี้จะมีความถูกต้องในกรณีที่เลือดที่ผ่าน sensor มีปริมาณคงที่ และ indicator ไม่มีการสูญหายไปบริเวณที่ทำกรฉีด และตำแหน่งของ sensor

Minimally invasive continuous arterial pulse waveform analysis

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ 3 ชนิดที่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของ cardiac output อย่างต่อเนื่องโดยวิเคราะห์จาก arterial waveform ได้แก่ Vigileo/ FloTrac ,PiCCO และ LiDCO

4. Noncalibrated arterial pressure –based cardiac output

Vigileo / FloTrac system จะใช้ pressure transducer ชนิดพิเศษ (FloTrac) ต่อเข้ากับ peripheral arterial catheter ที่บริเวณ radial artery ,brachial artery และ femoral artery โดยไม่จำเป็นต้อง calibration ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ arterial waveform และข้อมูลต่างๆ ของผู้ป่วย รวมถึงคำนวณปริมาณของ cardiac output ทุกๆ 20 วินาที โดยคำนวณจากค่า stroke volume ที่ได้ และ อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ป่วย อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ปัจจัยที่มีผลต่อ vascular tone เช่น ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยา inotrope หรือ vasopressor , คุณภาพของของ arterial waveform หรือ arrhythmia เป็นต้น อาจทำให้ค่าที่ได้ไม่ถูกต้องนัก

5. Calibrated continuous arterial pulse contour cardiac output

เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องทำการ calibration ก่อนการใช้ และทำการวิเคราะห์ stroke volume จากส่วนของ systolic phase ของ arterial pressure waveform สำหรับ pulse contour cardiac output system (PiCCO) และอาศัยหลักการของ transpulmonary thermodilution ในขณะที่ Lithium indicator dilution cardiac output (LiDCO) โดยใช้ lithium dilution สำหรับการ calibration และทั้งสองวิธีต้องการการทำ calibration เป็นระยะ โดยเฉพาะในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของ vascular compliance เช่น ผู้ป่วยที่มีภาวะ sepsis หรือ ในระหว่างผ่าตัดหลังจากการทำ cardiopulmonary bypass เป็นการวัดค่า cardiac output อย่างต่อเนื่อง ข้อจำกัดการใช้อุปกรณ์นี้เช่นเดียวกับ Vigileo / FloTrac system

Less invasive technique

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาอุปกรณ์หลายชนิด ที่มีลักษณะของ less invasive หรือ noninvasive อุปกรณ์เหล่านี้ ได้แก่

6. Transesophageal aortic doppler ultrasound

การคำนวณ cardiac output โดยการวัดความเร็วของเลือดที่อยู่ภายในหลอดเลือด descending aorta โดยใช้ Doppler probe และสามารถคำนวณหาค่า stroke volume อย่างไรก็ดีตามข้อจำกัดของวิธีนี้ ได้แก่ ไม่สามารถใช้ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของหลอดอาหาร (esophageal disorder) ที่ปัญหาของการรับสัญญาณ, จำเป็นต้องปรับตำแหน่งของ probe เป็นระยะ ,ต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ ,ในระหว่างทำผ่าตัดบริเวณ aorta อาจจะมีประสิทธิผลได้ยาก , และมักจะทำได้ในระหว่างผ่าตัดและผู้ป่วยได้รับการใส่ท่อช่วยหายใจเท่านั้น นอกจากนี้ไม่สามารถใช้ร่วมกับ transesophageal echocardiography

7. Transesophageal echocardiography

สามารถวิเคราะห์หา cardiac output โดยดูการเปลี่ยนแปลงจากขนาดของ left ventricle ในช่วงท้ายของ systole และ diastole หรือ วัดโดยใช้ Doppler flow บริเวณ ลิ้น aortic หรือ บริเวณ left หรือ right ventricular outflow tract ซึ่งสามารถวัดความเร็วและพื้นที่หน้าตัดบริเวณที่เลือดไหลผ่าน โดยสามารถประเมินในระหว่างและหลังผ่าตัดได้ นอกจากนี้ยังช่วยในการวินิจฉัยภาวะที่หัวใจมีการบีบตัวผิดปกติ (wall motion abnormality) ,ประเมินการทำงานของ ventricle ได้ในระหว่างผ่าตัด อย่างไรก็ตามเครื่องมือนี้ต้องอาศัยผู้ใช้ที่มีความชำนาญ และเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพดี รวมถึงภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นได้จากการใส่ TEE probe

8. Pulse dye densitometry

โดยการฉีดสี indocyanine green เข้าทางหลอดเลือดดำ แล้วอาศัยเครื่องมือที่ติดบริเวณปลายนิ้ว ซึ่งวัดแสงมากกว่า pulse oximetry เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของ indocyanine green ในหลอดเลือดดำ อย่างไรก็ตามภาวะที่เลือดไปเลี้ยงน้อย หรือมีการหดตัวของหลอดเลือด ,ผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหว,แสงที่สว่างจ้า อาจจะได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง

9. Bioimpedance cardiography

การกระตุ้นร่างกายด้วยกระแสไฟฟ้าที่ต่ำและคงที่ โดยการวางเครื่อง electrical bioimpedance ไว้บริเวณทรวงอก และ วิเคราะห์หาค่าความต้านทานของทรวงอกที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถหาค่า stroke volume ได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามค่าที่ได้เปรียบเทียบกับ thermodilution อาจได้ผลที่ไม่แน่นอน และข้อจำกัดของการใช้อุปกรณ์นี้ ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีหน้าอกผิดปกติ ,ผู้ป่วยที่มีภาวะ pulmonary edema หรือ intracardiac shunt หรือมีลิ้นหัวใจที่ผิดปกติ อาจจะมีผลต่อค่าที่วัดได้

10. Partial carbon dioxide rebreathing

คือ noninvasive cardiac output monitoring (NICO) system ซึ่งใช้หลักการของ Fick method โดยใช้การวิเคราะห์ปริมาณ ของ carbon dioxide แทน แล้วจำลองให้เกิดภาวะ rebreathing เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของ carbon dioxide ที่ถูกกำจัดออก และความแตกต่างของ carbon dioxide content การวิเคราะห์ค่า CO₂ โดยใช้เครื่อง mainstream และ airflow sensor ทำให้สามารถคำนวณปริมาณของ CO₂ ภายในร่างกายและ ในเลือดแดง เป็นวิธีที่สามารถประเมิน cardiac output ได้ค่อนข้างแม่นยำและถูกต้อง ข้อจำกัดของวิธีนี้ ได้แก่ ใช้ได้เฉพาะในผู้ป่วยที่ใส่ท่อช่วยหายใจเท่านั้น หรือ ผู้ป่วยที่มีปัญหาของปอดอาจจะได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง

Venous oximetry

Mixed venous oxygen saturation (SVO₂)

ในการรักษาผู้ป่วยหนักในระยะเริ่มแรก มักติดตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณชีพ , ปริมาณของปัสสาวะ, ค่า filling pressure เช่น central venous pressure ,pulmonary capillary wedge pressure เป็นต้น เพื่อประเมินการตอบสนองต่อการรักษา อย่างไรก็ตามแม้ค่าต่างๆ เหล่านี้ จะอยู่ในเกณฑ์ปกติ อาจพบว่ามีผู้ป่วยจำนวนหนึ่งที่เกิดภาวะ global tissue hypoxia ซึ่งบ่งบอกว่าผู้ป่วยกลุ่มนี้อาจมีระบบไหลเวียนโลหิตที่ผิดปกติทำให้เกิดความผิดปกติในระดับเซลล์ตามมา ในกรณีที่ไม่ได้รับการแก้ไขอาจจะนำไปสู่การทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายล้มเหลว ค่า mixed venous oxygen saturation (SVO₂) เป็นค่าหนึ่งซึ่งแสดงถึงความสมดุลของร่างกายระหว่างความต้องการออกซิเจน (oxygen consumption) และ การส่งออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่างๆ (oxygen delivery) ซึ่งค่าปกติจะเท่ากับ 75 % ค่าดังกล่าวจะแปรผันตรงกับค่า cardiac output, ระดับ hemoglobin และ oxygen saturation และแปรผกผันกับค่า oxygen delivery สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า SVO₂ มีความสำคัญมากเนื่องจากพบว่าถ้าค่า SVO₂ ลดลงเหลือ 50 % จะตรวจภาวะ lactic acidosis และ ถ้าค่า < 25% เนื้อเยื่อต่างๆอาจตายได้ อย่างไรก็ตามการหาค่า SVO₂ มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ต้องดูดเลือดจาก pulmonary artery catheter (PAC) มาตรฐาน ,ปลายสายควรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม, เครื่องมือต้องได้รับการ calibration ที่ถูกต้อง เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการศึกษาค่าของ central venous oxygen saturation (ScVO₂) โดยปัจจุบันจึงมีการศึกษาโดยใช้การดูดเลือดจาก central venous catheter เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของออกซิเจนที่ถูกนำไปจากเลือดดำที่กลับจากส่วนบนของร่างกาย ได้แก่ SVC และสมอง

ความสัมพันธ์ระหว่าง ScVO₂ และ SVO₂

SVO₂ เป็นเลือดที่ดูดจาก pulmonary artery catheter ซึ่งเป็นเลือดที่กลับมาจากส่วนต่างๆของร่างกายทั้งหมด ซึ่งโดยปกติพบว่าปริมาณ oxygen saturation ในหลอดเลือด

inferior vena cava จะสูงกว่า ในหลอดเลือด superior vena cava ดังนั้นค่า SVO₂ จึงมีค่าสูงกว่า ScVO₂ ประมาณ 2-3% หรืออาจจะแตกต่างกันถึง 5-18% อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์นี้อาจเปลี่ยนแปลงไปในผู้ป่วยที่ได้รับยาระงับความรู้สึก, ผู้ป่วยบาดเจ็บที่ศีรษะ หรือผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะ shock อาจพบว่าค่า SVO₂ มีค่าลดลงได้ เนื่องจากปัจจัยที่อาจมีผลเปลี่ยนแปลงปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง หรือการที่ metabolism ของสมองลดลง ดังนั้นค่า ScVO₂ อาจมีค่าสูงกว่า SVO₂ ถึง 6% แม้ว่าปัจจุบันยังเป็นที่ถกเถียงกันถึงการใช้ค่า ScVO₂ แทนค่า SVO₂ เนื่องจากค่าทั้งสองจะค่อนข้างใกล้เคียงกันในภาวะปกติ และอาจจะเกิดความแตกต่างกันจากสาเหตุที่กล่าวไว้ข้างต้น อย่างไรก็ตามในกรณีที่ร่างกายมีพยาธิสภาพเกิดขึ้นการเปลี่ยนแปลงของค่าทั้งสองก็ยังคงมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน และการประเมินโดยใช้ค่า ScVO₂ น่าจะสามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่าง oxygen supply และ demand ของร่างกายได้คร่าวๆ โดยพบว่าถ้าระดับของ ScVO₂ มากกว่า 70% พบว่าผู้ป่วยมีอัตราการเสียชีวิตน้อยกว่า อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ควรพิจารณาพร้อมกับค่า mean arterial pressure (MAP) และ central venous pressure (CVP) ปัจจุบันมีการศึกษาและใช้ ScVO₂ สำหรับติดตามการรักษาผู้ป่วย sepsis หรือ septic shock และในผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัด major surgery

เอกสารอ้างอิง

1. Perel A, Preisman S., and Berkenstadt H. Pinsky M.R. Arterial Pressure Variation during Positive-pressure Ventilation , Payen D,eds. In: Pinsky M.R, Payen D,eds Functional hemodynamic monitoring .Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.,313-30.
2. Grocott MPW, Mythen MG, Gan TG. Perioperative fluid management and clinical outcomes in adults . Anesth Analg 2005; 100:1093–106
3. Mark JB, Slaughter TF, Reves JG. Cardiovascular Monitoring. In: Miller RD, ed. Anesthesia, 5th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2000:1117-206.
4. Hofer CK, Ganter MT, Zollinger A . What technique should I use to measure cardiac output? Curr Opin Crit Care 2007; 13:308–17.
5. de Waala E.E.C, Wapplerb F, Buhre W.F. Cardiac output monitoring . Current Opinion in Anaesthesiology 2009, 22:71–77
6. Marx G, Reinhart K. Venous oximetry . Curr Opin Crit Care 2006; 12:263–68.

