ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การช่วยวางยาสลบ ผู้ป่วยผ่าตัดหัวใจ (ชนิดเปิด)

บรรณาธิการ

กฤษณา สำเร็จ
เทพกร สาธิตการมณี
วราภรณ์ เชื้ออินทร์

การช่วยวางยาสลบผู้ป่วยผ่าตัดหัวใจ (ชนิดเปิด)

พิมพ์ครั้งที่ 1
พ.ศ.2539
จำนวน 50 เล่ม

ISBN 974-674-565-4

สงวนลิขสิทธิ์

พิมพ์ที่ : หจก. ขอนแก่นการพิมพ์ ขอนแก่น โทร. (043) 221938, 220128

คำนำ

เนื่องจากคู่มือการปฏิบัติการวิสัญญีพยาบาลที่ครอบคลุมทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติมีจำนวนไม่มาก ผู้เขียนจึงได้รวบรวมความรู้และประสบการณ์จากการปฏิบัติงานด้านวิสัญญีพยาบาลมาเป็นเวลานานปี นำมาเรียบเรียงและจัดทำเป็นคู่มือเล่มนี้ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบการฝึกอบรมวิสัญญีพยาบาล อันเป็นแนวทางในการเตรียมและปฏิบัติงานช่วยวางยาสลบผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัดหัวใจ ณ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ซึ่งการเตรียมและการวางยาสลบผู้ป่วยดังกล่าวมีความยุ่งยาก ซับซ้อน สร้างความสับสนให้กับผู้ปฏิบัติ ผู้เขียนจึงหวังว่าคู่มือเล่มนี้คงช่วยให้ผู้เข้าฝึกอบรมและผู้สนใจนำไปเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานได้บ้างไม่มากก็น้อย

คู่มือเล่มนี้ยังมีข้อบกพร่องอีกเป็นอย่างมากทางด้านเนื้อหา เนื่องจากศัลยศาสตร์หัวใจและการวางยาสลบเป็นสาขาวิชาที่ยากมากทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ ผู้เขียนขอน้อมรับข้อผิดพลาดและยินดีรับคำวิจารณ์ในทุกแง่มุมของหนังสือที่พึงมีด้วยความขอบคุณ

กฤษณา สำเร็จ พย.บ.
ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	กายวิภาคของหัวใจ	1
2	สรีรวิทยาของหัวใจ	11
3	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับศัลยกรรมหัวใจ	25
4	การประเมินสภาวะผู้ป่วยก่อนวางยาสลบ	35
5	การเตรียมอุปกรณ์ในการวางยาสลบ	47
6	หลักการและวิธีการเฝ้าระวังในการผ่าตัดหัวใจ (ชนิดเปิด)	55
7	แนวทางการปฏิบัติการวางยาสลบ	89

1 กายวิภาคของหัวใจ

ลักษณะและตำแหน่งของหัวใจ

- Apex
- Base
- Sternocostal surface
- Diaphragmatic surface
- Coronary sulcus

เยื่อหุ้มหัวใจ

ผนังของหัวใจ

ห้องและลิ้นหัวใจ

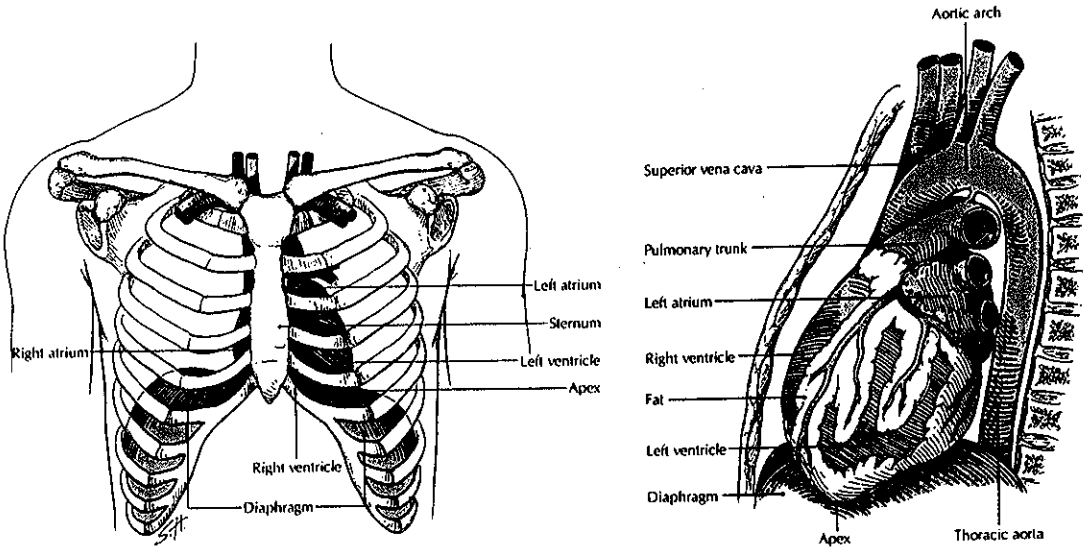
หลอดเลือดเอออร์ตา

หลอดเลือดเลี้ยงหัวใจและการไหลเวียน

ในการวางยาสลบผู้ป่วยโรคหัวใจ จำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับกายวิภาคสรีรวิทยาของหัวใจ รวมไปถึงพยาธิสภาพของโรคโดยละเอียด เพื่อจะได้เข้าใจอาการและอาการแสดงของโรค อันเป็นแนวทางในการรักษาและวางยาสลบได้อย่างปลอดภัย วิสัญญีพยาบาลมีบทบาทที่สำคัญในการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนยาที่สำคัญในทุกขั้นตอนของการวางยาสลบ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีความรู้ความเข้าใจในทุกเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการผ่าตัดหัวใจ ซึ่งหัวข้อต่าง ๆ เหล่านี้จะกล่าวถึงในบทต่อไป

ลักษณะและตำแหน่งของหัวใจ

เป็นอวัยวะที่อยู่ระหว่างปอดทั้งสองข้างในช่องอกที่เรียกว่า เมดิแอสตินั่ม (mediastinum) ถูกหุ้มด้วยถุงเยื่อใส (fibroserous sac) ที่เรียกว่า เยื่อหุ้มหัวใจ (pericardium) รูปร่างของหัวใจเป็นรูปโคนมีแกนเอียงจากบนขวาไปด้านล่างซ้าย ส่วนยอดของหัวใจติดกับกะบังลม (ดังรูปที่ 1.1)



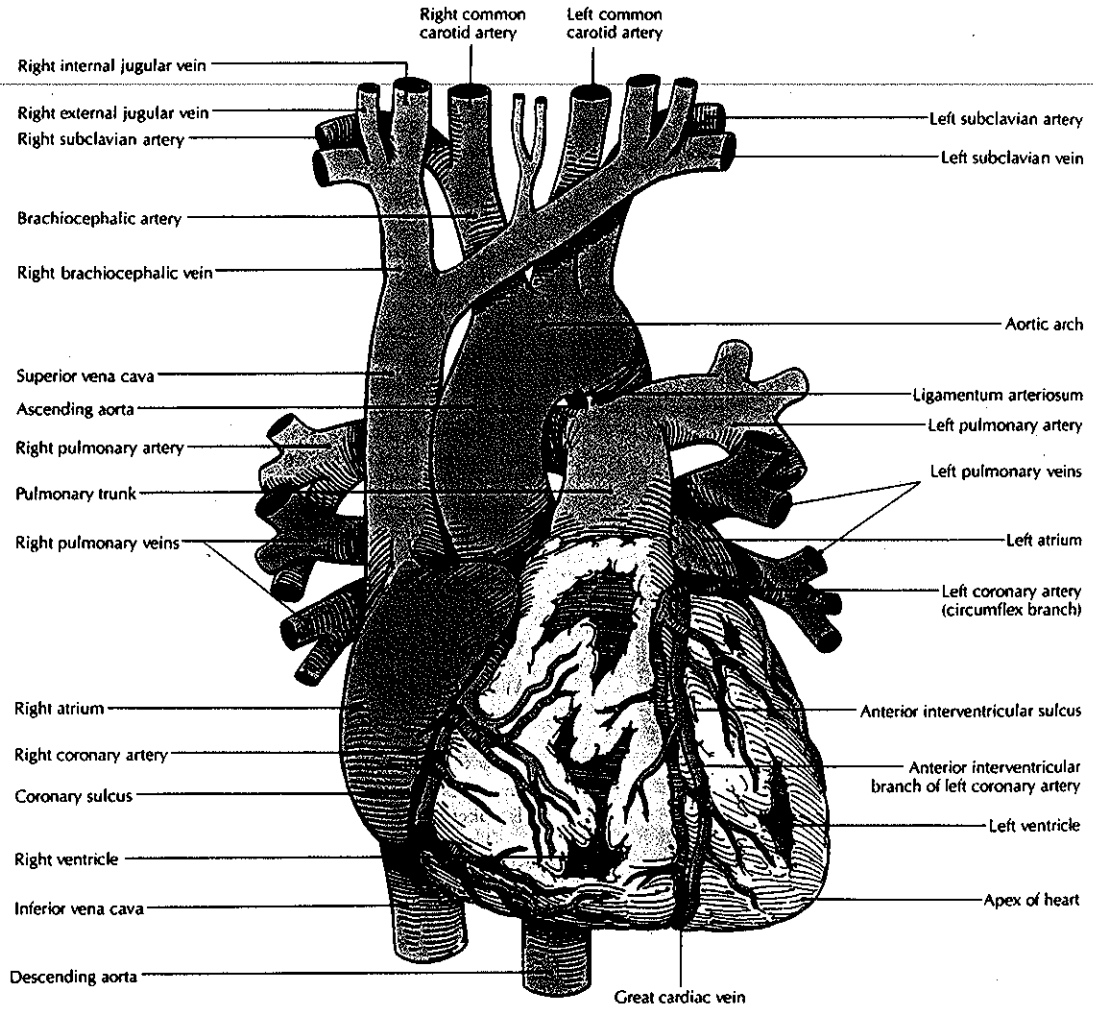
รูปที่ 1.1 แสดงตำแหน่งของหัวใจทางด้านหน้า (ภาพซ้าย) และด้านข้าง (ภาพขวา) (Wynsberghe DV, 1995)

หัวใจแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ส่วนยอดของหัวใจ (Apex) ส่วนนี้มีรูปร่างมนอยู่ทางด้านล่างซ้ายของหัวใจ โดยมีส่วนของปอดซ้ายและเยื่อหุ้มปอดบัง ตำแหน่งจะตรงกับช่องว่างระหว่างกระดูกซี่โครง (intercostal space) ที่ 5 ด้านซ้าย (ดังรูปที่ 1.1) ตำแหน่งที่ฟังเสียงหัวใจเต้นจะ

เป็นแนวกึ่งกลางกระดูกไหปลาร้า (mid clavicular line) และคลำการเต้นได้ชัดเจนบริเวณนี้ ส่วนยอดของหัวใจเป็นส่วนของหัวใจห้องล่างซ้าย (left ventricle) ดังนั้นเสียงของหัวใจที่ฟังจึงเป็นเสียงของลิ้นไมทรัล (mitral valve) ในเด็กตำแหน่งของยอดของหัวใจ จะอยู่ที่ช่องว่างระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 4 และในผู้ใหญ่ที่ทรวงอกยาวและแคบ ยอดของหัวใจอาจอยู่ต่ำถึงช่องว่างระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 6

2. บริเวณฐาน (Base) เป็นส่วนที่เรียบประกอบด้วยส่วนของหัวใจห้องบน (atrium) ทั้งห้องบนขวาและเกือบทั้งหมดของหัวใจห้องบนซ้าย ส่วนนี้มีหลอดเลือดที่สำคัญคือ หลอดเลือดดำพัลโมนารี่ (pulmonary vein) 4 แขนง superior vena cava (SVC) และ inferior vena cava (IVC) (ดังรูปที่ 1.2)



รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะหัวใจและหลอดเลือดทางด้านหน้า

(Wynsberghe DV,1995)

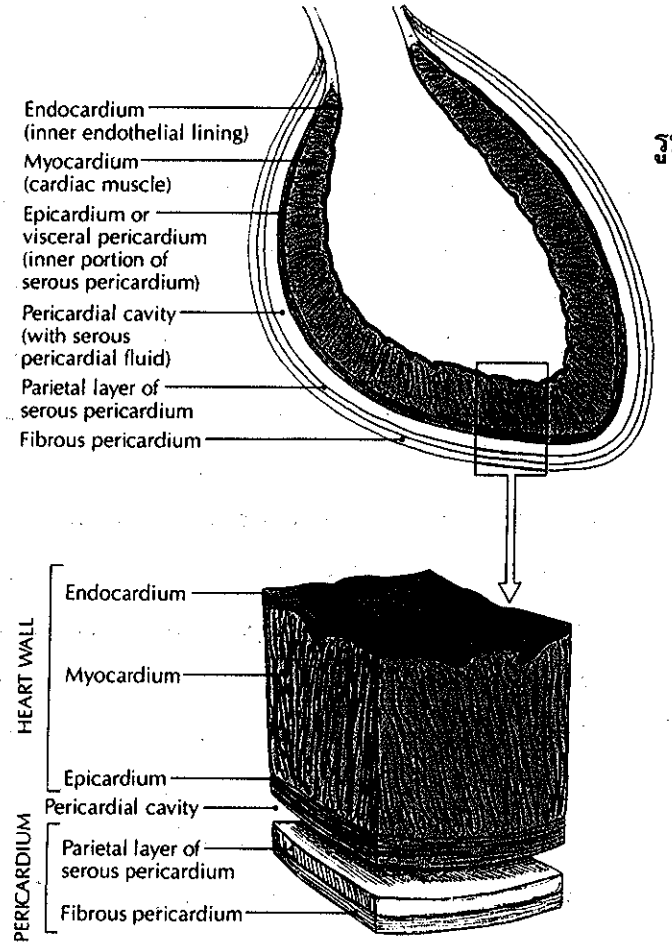
3. Sternocostal surface เป็นผนังด้านหน้าอยู่หลังต่อกระดูกหน้าอก (sternum) และ costal cartilage ที่ 3-6 ผนังด้านนี้ประกอบด้วยส่วนของหัวใจห้องล่างขวา (right ventricle) เป็นส่วนใหญ่ ทางด้านนี้จะมีร่องเรียกว่า anterior interventricular groove (ดังรูปที่ 1.2) แบ่งหัวใจห้องล่างซ้ายและขวา ทางด้านบนเป็นส่วนของหัวใจห้องบนขวาและ auricle ทั้งสองข้าง

4. Diaphragmatic surface ประกอบด้วย หัวใจห้องล่างทั้งสองห้องวางอยู่บนกะบังลม ด้านนี้มีร่องเรียกว่า posterior inferior interventricular groove แบ่งหัวใจห้องล่างออกเป็นซ้ายและขวาเช่นเดียวกัน

5. ร่องโคโรนารี่ (Coronary sulcus) หรือ ร่องเอทริโอเวนทริคิวลาร์ (atrioventricular groove) เป็นร่องเฉียง ๆ อยู่รอบ ๆ หัวใจ เป็นร่องที่แบ่งหัวใจห้องบนและหัวใจห้องล่างออกจากกัน (ดังรูปที่ 1.2)

เยื่อหุ้มหัวใจ (pericardium)

มีลักษณะเป็น fibroserous sac หุ้มอยู่รอบ ๆ หัวใจ ถุงนี้เหนียวมาก แบ่งเป็น 2 ชั้น (ดังรูปที่ 1.3) ได้แก่



รูปที่ 1.3 แสดงส่วนประกอบของผนังหัวใจและเยื่อหุ้มหัวใจ (Wynsberghe DV, 1995)

1. Visceral pericardium หุ้มอยู่ผิวนอกของหัวใจ ซึ่งก็คือ epicardium

2. Parietal pericardium อยู่ขอบนอกสุด กั้นหัวใจออกจากอวัยวะข้างเคียง ช่องระหว่างเยื่อหุ้มหัวใจ 2 ชั้นนี้เรียกว่า pericardial cavity

ผนังของหัวใจ (Walls of the heart)

ผนังของหัวใจ แบ่งเป็นชั้นต่าง ๆ ดังนี้ (ดังรูปที่ 1.3)

1. ผนังหัวใจชั้นนอก (Epicardium) มีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อชนิดที่เป็นพังผืดและชนิดที่มีความยืดหยุ่นสีขาว บุด้วยเซลล์ชั้นนอกสุดคือ mesothelial cells ผนังชั้นนี้เป็นส่วนหนึ่งของ pericardium

2. ผนังหัวใจชั้นกลาง (Myocardium) เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจมีลักษณะเป็นกล้ามเนื้อลาย อยู่นอกอำนาจจิตใจ จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อเพอร์คินเจ (Purkinje fibre) ทำหน้าที่เป็นสื่อนำไฟฟ้าของหัวใจซึ่งขนาดจะใหญ่กว่าเส้นใยกล้ามเนื้อหัวใจธรรมดา

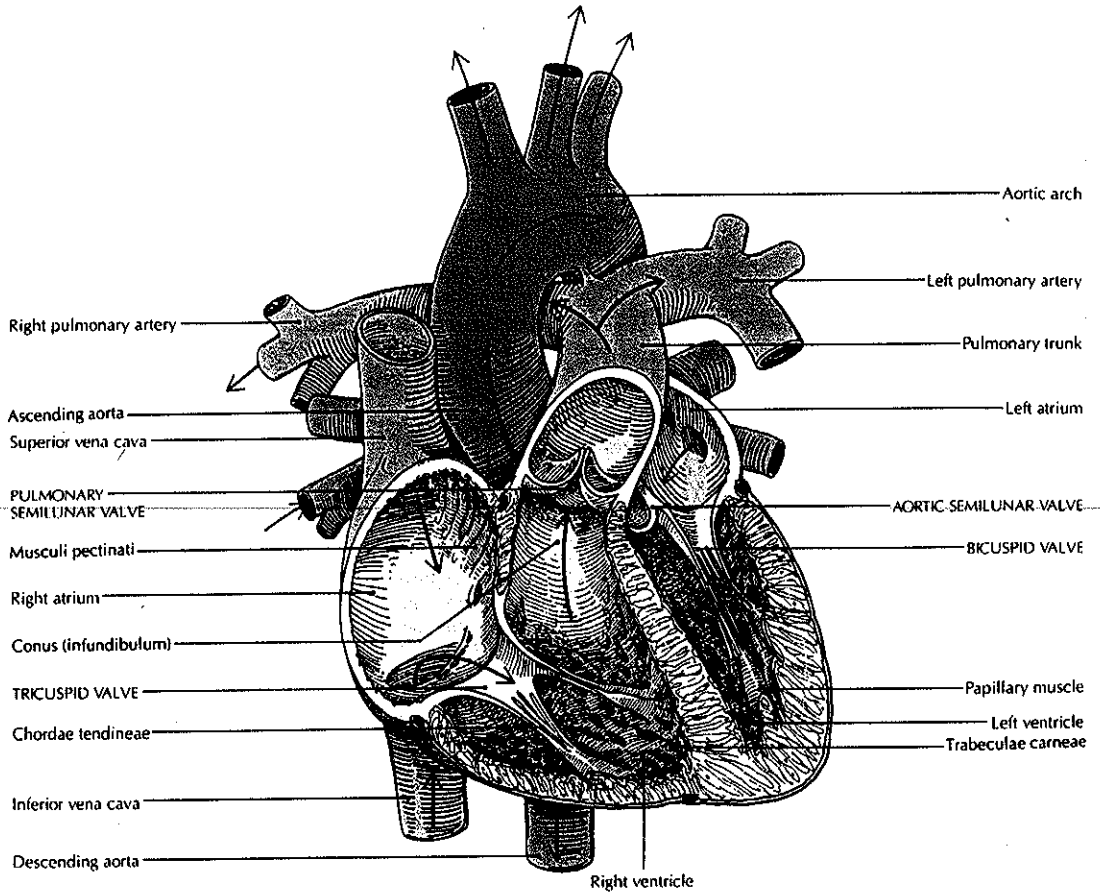
3. ผนังหัวใจชั้นใน (Endocardium) บุด้านในของหัวใจ ผนังชั้นนี้บางมาก

ห้องและลิ้นหัวใจ (Chambers and Valves of the Heart) (ดังรูปที่ 1.4)

หัวใจแบ่งออกเป็น 4 ห้อง คือ

1. หัวใจห้องบนขวา (Right atrium: RA) รับเลือดดำจากหลอดเลือดดำใหญ่ 2 แขนง คือ superior vena cava (SVC) และ inferior vena cava (IVC) นอกจากนี้ยังมีโคโรนารี่ ไซนัส (coronary sinus) ผนังห้องนี้จะบางและมีติ่งยื่นออกไปเรียกว่า ออริเคิล ขวา (right auricle) ผนังกั้นระหว่างหัวใจห้องบนออกเป็นขวาและซ้าย เรียกว่า ผนังอินเตอร์เอเทรียล (interatrial septum) จากหัวใจห้องนี้จะส่งเลือดดำต่อไปยังหัวใจห้องล่างขวา โดยผ่าน right atrio-ventricular orifice และ ลิ้นไตรคัสปิด (tricuspid valve) ตามลำดับ

2. หัวใจห้องล่างขวา (Right ventricle: RV) เป็นห้องที่ต่อจากหัวใจห้องบนขวา แต่หนากว่าและผิวด้านในจะขรุขระ เนื่องจากมีรอยนูนของกล้ามเนื้อ เรียกว่าทราเบคคูล่า คอร์เน (trabecular corneae) บางอันจะประกอบขึ้นเป็น กล้ามเนื้อแพพิลลารี่ (papillary muscle) ส่วนปลายสุดจะมี tendinous cord ไปยึดติดกับกล้ามเนื้อคอร์ดี เทนดินี (chordae tendineae) ยึดกับแผ่นเนื้อเยื่อเปิดปิดลิ้นหัวใจ ผนังกั้นระหว่างขวาและซ้ายของหัวใจห้องล่างเรียก ผนังอินเตอร์เวนตริคิวล่า (interventricular septum) ผนังนี้จะหนากว่าผนังส่วนอื่นของหัวใจห้องล่างขวา จากหัวใจห้องนี้เลือดดำจะผ่านลิ้นหัวใจที่เรียกว่า ลิ้นพัลโมนารี่ (pulmonary valve) ออกสู่หลอดเลือดแดงพัลโมนารี่ (pulmonary artery) ไปสู่ปอดทั้งขวาและซ้าย



รูปที่ 1.4 แสดงห้องและลิ้นของหัวใจ (Wynsberghe DV,1995)

3. หัวใจห้องบนซ้าย (Left atrium: LA) เป็นห้องที่รับเลือดแดงจากปอด โดยเข้าทางหลอดเลือดดำพัลโมนารี่ทั้งหมด 4 แขนง ผนังห้องนี้จะบางและมีติ่งยื่นออกไปเช่นกัน เลือดแดงจากห้องนี้จะส่งต่อไปยังหัวใจห้องล่างซ้าย โดยผ่านลิ้นไมทรัล (mitral valve) หรือเรียกอีกชื่อว่า ลิ้นไบคัสปิด (bicuspid valve)

4. หัวใจห้องล่างซ้าย (Left ventricle: LV) หัวใจห้องนี้ทำหน้าที่ปั๊มเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกายทั้งหมด ผนังจึงหนาเป็น 3 เท่าของหัวใจห้องล่างขวาและมีกล้ามเนื้อทราเบคคูล่า คอร์เน มากกว่าและละเอียดกว่าข้างขวา รวมทั้งมีกล้ามเนื้อแพพิลลารี่ และคอร์ดี เทนดินีด้วย จากหัวใจห้องนี้ จะมีหลอดเลือดใหญ่ที่นำเลือดแดงไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายคือ เอออร์ตา (aorta) โดยมีลิ้นหัวใจที่เรียกว่า ลิ้นเอออร์ติก (aortic valve) กั้น

ดังกล่าวข้างต้น ลิ้นหัวใจมีทั้งหมด 4 ลิ้น ได้แก่

1. ลิ้นไตรคัสปิด (Tricuspid valve) กั้นระหว่าง RA และ RV

2. ลิ้นพัลโมนารี่ (Pulmonary valve) กั้นระหว่าง RV และ pulmonary artery

3. ลิ้นไมทรัล หรือลิ้นไบคัสปิด (Mitral หรือ bicuspid valve) กั้นระหว่าง LA และ LV

4. ลิ้นเอออร์ติก (Aortic valve) กั้นระหว่าง LV และหลอดเลือดแดงเอออร์ตา

หลอดเลือดเอออร์ตา (The aorta) (ดังรูปที่ 1.4)

เป็นหลอดเลือดแดงใหญ่ที่ออกจากหัวใจแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. Ascending aorta เริ่มจาก LV ไปสิ้นสุดที่เส้นสมมุติซึ่งแบ่ง superior และ inferior mediastinum มีหลอดเลือดแดง coronary เป็นแขนงสำคัญ 2 แขนง ทำหน้าที่หล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ ประกอบด้วย right coronary artery ซึ่งออกจาก anterior sinus ของเออร์ตา และ left coronary artery ออกจาก left posterior sinus

2. Arch of aorta อยู่ใน superior mediastinum โค้งจากหน้าไปหลัง ต่อจาก ascending aorta มีแขนงใหญ่ 3 แขนง (ดังรูปที่ 1.2) คือ

2.1 Brachiocephalic trunk (innominate artery) ซึ่งให้แขนงหลอดเลือดแดง right subclavian และ right common carotid ไปเลี้ยงแขน สมอง หน้าและคอซีกขวา

2.2 หลอดเลือดแดง Left common carotid ไปเลี้ยงสมอง หน้าและคอซีกซ้าย

2.3 หลอดเลือดแดง Left subclavian ไปเลี้ยงแขนซ้าย

เด็กทารกในครรภ์มารดาจะมีหลอดเลือด ductus arteriosus เชื่อมระหว่าง aortic arch กับ pulmonary artery

3. Descending aorta ต่อจาก arch of aorta อยู่ใต้เส้นสมมุติดังกล่าว และทอดไปทางด้านหลังของลำตัวไปตลอดจนถึงระดับ L4 (ต่ำกว่าสะดือประมาณ 1/2 นิ้ว) จะแตกเป็นแขนงใหญ่ 2 แขนง คือ หลอดเลือดแดง right และ left common iliac ไปเลี้ยงอวัยวะในช่อง pelvic, perineum และขา 2 ข้าง ส่วนที่อยู่ในช่องอกเรียกว่า thoracic aorta ส่วนที่อยู่ในช่องท้องเรียกว่า abdominal aorta ระหว่างที่ผ่านช่องอกและช่องท้องจะมีแขนงมากมายมาเลี้ยงอวัยวะภายในช่องอกและช่องท้อง

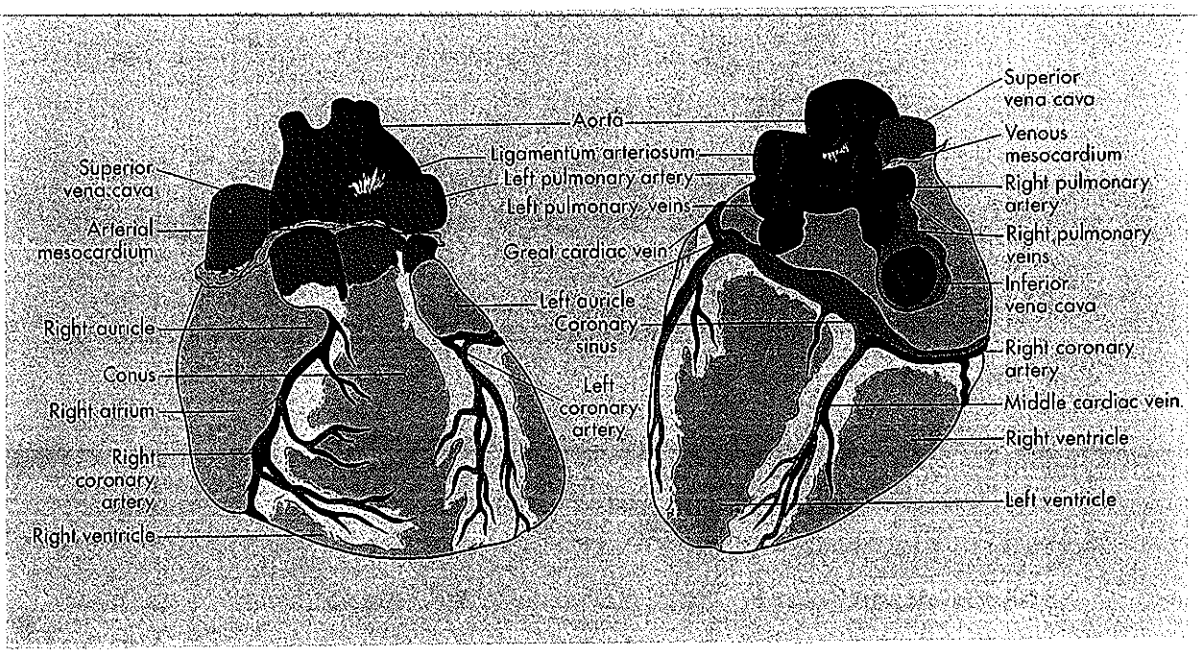
หลอดเลือดเลี้ยงหัวใจและการไหลเวียน (ดังรูปที่ 1.5)

หัวใจถูกเลี้ยงด้วยหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ด้านซ้ายและขวา (left and right coronary arteries) หลอดเลือดนี้แยกจากเออร์ตาบริเวณที่เป็นช่องใกล้กับลิ้นเออร์ติก

โดยแยกออกจากด้านซ้าย และด้านขวาของเอออร์ตา เมื่อแยกออกจากเอออร์ตาแล้ว หลอดเลือดแดงโคโรนารี่โค้งและวางตัวอยู่ด้านนอกของหัวใจในช่องโคโรนารี่ (coronary sulcus) ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างหัวใจห้องบนขวาและหัวใจห้องล่างขวา อันเป็นส่วนหนึ่งของรอยต่อเอวี (atrioventricular หรือ A-V junction) จากนั้นจึงแตกแขนงขนาดใหญ่ไปเลี้ยงหัวใจห้องล่างขวาและมีแขนงต่อไปยังขั้วหัวใจ

หลอดเลือดแดงโคโรนารี่ด้านขวาไปเลี้ยง SA node ร้อยละ 60 และ AV node ร้อยละ 90 ส่วนหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ด้านซ้ายมีเลือดไปเลี้ยง SA node ร้อยละ 40 และ AV node ร้อยละ 10

โดยปกติเลือดไหลผ่านหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ไปเลี้ยงหัวใจในผู้ใหญ่ขณะพัก ประมาณ 250-300 มล./นาที หรือราวร้อยละ 4-5 ของผลการทำงานของหัวใจ (cardiac output)



รูปที่ 1.5 แสดงหลอดเลือดเลี้ยงหัวใจทางด้านหน้า (ภาพซ้าย) และด้านหลัง (ภาพขวา) (Chatterjee K, 1991)

หลอดเลือดแดงโคโรนารี่มีความสามารถในการปรับตัวให้เลือดมาเลี้ยงหัวใจมากหรือน้อย ขึ้นกับความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ เรียกว่ามี autoregulation ซึ่งมีความสามารถจำกัดอยู่ในความดันเลือดระหว่าง 70-160 มม.ปรอท และแม้ว่าความ

ดันเลือดจะอยู่ระหว่างนี้ ถ้ามีโรคของหลอดเลือดโคโรนารี่อยู่ก่อน หรือมี ventricular wall tension เพิ่มขึ้นก็ทำให้เลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจลดลงได้

หลอดเลือดแดงโคโรนารี่มีทั้ง alpha และ beta adrenergic receptor การกระตุ้นหรือยับยั้ง receptor นี้มีผลน้อยมากในการเพิ่มหรือลดการไหลเวียนของเลือดโคโรนารี่ (coronary blood flow) แต่การกระตุ้นประสาทซิมพาเทติกหรือการทำให้หลอดเลือดหดตัวด้วยยา จะมีผลเพิ่มความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้เพิ่มการไหลเวียนของเลือดโคโรนารี่โดยทางอ้อม

หลอดเลือดแดงโคโรนารี่ ไวต่อการกระตุ้นของความดันคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง ดังนั้นถ้าความดันคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงต่ำกว่าปกติจะลดการไหลเวียนของเลือดโคโรนารี่ และในทางตรงกันข้าม ถ้าความดันคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงสูงกว่าปกติจะมีผลเพิ่มการไหลเวียนของเลือดในโคโรนารี่เช่นกัน

บรรณานุกรม

1. ดีนา อารยะสัจพงษ์. สรีรวิทยาของหัวใจและระบบไหลเวียนเลือด. ใน: วราภรณ์ เชื้ออินทร์, ดีนา อารยะสัจพงษ์, สมบูรณ์ เทียนทอง, บก. วิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 3. ขอนแก่น: โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท, 2537: 23-36.
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พริ้มเพรา ผลเจริญสุข. ระบบไหลเวียนเลือด. ใน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พริ้มเพรา ผลเจริญสุข, บก. กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของมนุษย์. กรุงเทพฯ: บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, 2537: 98-127.
3. มีชัย ศรีใส, สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ, สมใจ หวังศุภชาติ. The Heart. ใน: มีชัย ศรีใส, สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ, สมชาติ นิรุตติศาสน์ และคณะ, บก. มหกายวิภาคศาสตร์ประยุกต์. เล่มที่ 3. กรุงเทพฯ: บริษัทเยียร์บุ๊คพับลิชเชอร์ จำกัด, 2532: 63-91.
4. ดร.สัญญา ร้อยสมมุติ. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหัวใจ. ใน: ดร.สัญญา ร้อยสมมุติ, บก. สรีรวิทยาของหัวใจ. ขอนแก่น: หน่วยโรเนียวและออฟเซ็ท คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2538: 1-9.
5. อัจฉรา ผะอบเหล็ก. กายวิภาคศาสตร์ทั่วไป. ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2532.
6. Carola R, Harley JP, Noback CR. The Cardiovascular System: The Heart. In: Carola R, Harley JP, Noback CR, eds. Human Anatomy & Physiology. The United States of America: McGraw-Hill, Inc., 1990: 532-566.

7. Cheitlin MD, Finkbeiner WE. Cardiac Anatomy. In: Chatterjee K, Cheitlin MD, Karliner J, et al, eds. Cardiology. Philadelphia: J.B. Lippincott Company, 1991: 1.1-1.18.
8. Moore KL. The Thorax. In: Moore KL, ed. Clinically Oriented Anatomy. 3rd ed. USA: Williams & Wilkins, 1992: 79-125.
9. Solomon EP, Schmidt RR, Adragna PJ. The Heart. In: Solomon EP, Schmidt RR, Adragna PJ, eds. Human Anatomy & Physiology. 2nd ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1990: 668-699.
10. Wynsberghe DV, Noback CR, Carola R. The Cardiovascular System: The Heart. In: Wynsberghe DV, Noback CR, Carola R, eds. Human Anatomy and Physiology. 3rd ed. The United States of America: McGraw-Hill, Inc., 1995: 613-652.

2 สรีรวิทยาของหัวใจ

การนำส่งพลังประสาทของหัวใจ

วงจรการบีบตัวของหัวใจ

การทำงานของหัวใจ

- พรีโหลด (Preload)
- Myocardial contractility
- อาฟเตอร์โหลด (Afterload)

ระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของหัวใจ

- ประสาทพาราซิมพาเทติก
- ประสาทซิมพาเทติก
- ศูนย์ส่วนบนของประสาทกลาง

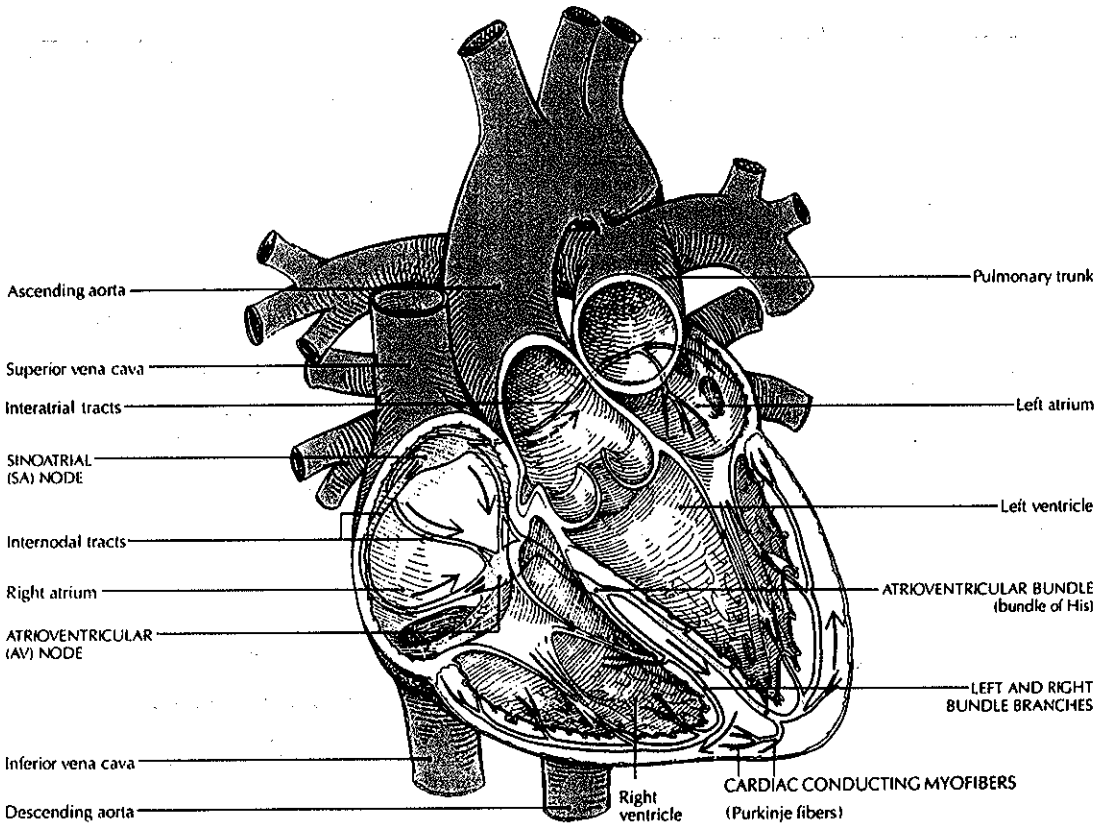
ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการทำงานของหัวใจ

สมดุลออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ

หัวใจทำหน้าที่สูบฉีดโลหิต เพื่อนำออกซิเจนและอาหารไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย มากบ้างน้อยบ้างขึ้นอยู่กับความต้องการออกซิเจนและอาหารของอวัยวะนั้น ๆ เช่น สมองและหัวใจจะมีเลือดไปเลี้ยงมากกว่าบริเวณผิวหนัง สรีรวิทยาของหัวใจประกอบไปด้วย การนำส่งพลังประสาทของหัวใจ วงจรการบีบตัวของหัวใจ การทำงานของหัวใจ ระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของหัวใจ และสมดุลออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ

การนำส่งพลังประสาทของหัวใจ (Conducting system of the heart)

กล้ามเนื้อหัวใจจะมีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถทำงานได้อย่างเป็นจังหวะ โดยมีเนื้อเยื่อพิเศษที่เรียกว่า เซลล์คุมจังหวะ (pacemaker) หรือ เซลล์ปม (nodal cells) สามารถทำให้เกิดคลื่นหัวใจ (impulse) ส่งต่อกันไปเรื่อย ๆ โดยเริ่มจาก Sinoatrial node (SA node) แล้วกระจายไปตามเส้นใยนำสัญญาณไฟฟ้าภายในหัวใจ (conducting fibre) ที่ผนังของหัวใจห้องบน เข้าสู่ Atrioventricular node (AV node)



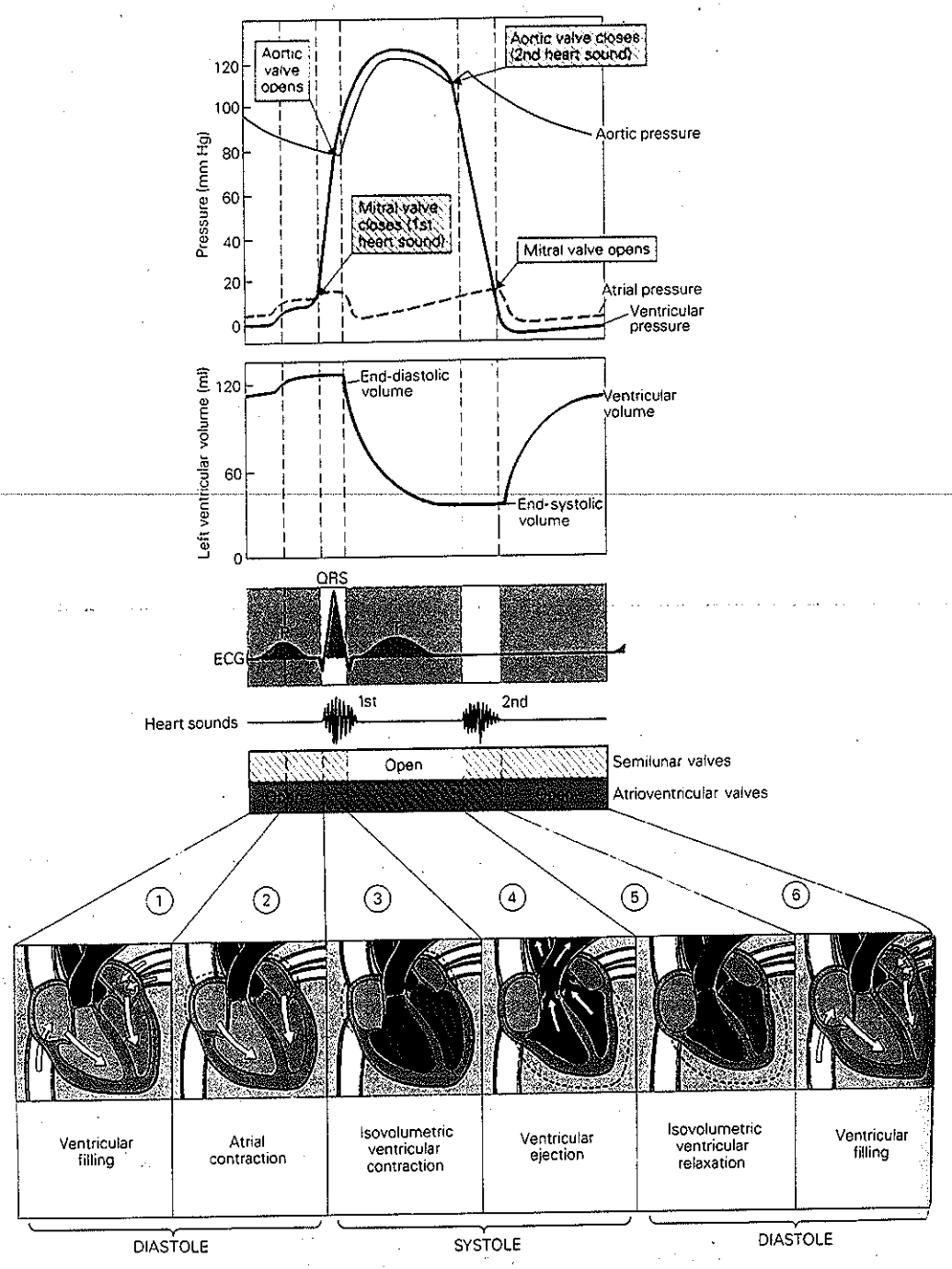
รูปที่ 2.1 แสดงการนำส่งพลังประสาทของหัวใจ (Wynsberghe DV, 1995)

แล้วผ่านไปตามกลุ่มเส้นใยของฮีส (bundle of His)เข้าไปสู่ เส้นใยเพอร์คินเจ (purkinje fibre) ซึ่งอยู่ภายในผนังหัวใจห้องล่าง (ดังรูปที่ 2.1) ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ และไล่เลือดออกจากหัวใจไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

ตามปกติแล้ว หัวใจเต้นเป็นจังหวะตามคลื่นไฟฟ้าที่ส่งจาก SA node เรียกว่า sinus rhythm แต่ถ้าเซลล์คุมจังหวะกลุ่มนี้ไม่สามารถส่งคลื่นไฟฟ้าออกไปได้ AV node ก็จะทำหน้าที่ให้จังหวะแทน เรียกว่า nodal rhythm นอกจากนี้เนื้อเยื่ออื่น ๆ ของหัวใจก็ทำหน้าที่สร้างคลื่นไฟฟ้าได้ (หาก SA node และ AV node ไม่ทำงาน) เช่น Bundle of His, Purkinje fibre และกล้ามเนื้อหัวใจเอง แต่ความถี่ที่ปล่อยจากเนื้อเยื่อเหล่านี้จะช้ากว่าของเซลล์คุมจังหวะ

วงจรการบีบตัวของหัวใจ (cardiac cycle)

วงจรการบีบตัวของหัวใจ หมายถึง ช่วงเวลาสิ้นสุดการบีบตัวของหัวใจครั้งหนึ่งถึงการสิ้นสุดการบีบตัวของหัวใจครั้งถัดไป ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ทางคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ความดันเลือดและปริมาณของเลือดในหัวใจ วงจรการบีบตัวของหัวใจแบ่งเป็น 2 ระยะคือ ระยะที่หัวใจบีบตัว เรียกว่า ซีสโตลี (systole) และระยะที่หัวใจคลายตัว เรียกว่า ไดแอสโตลี (diastole) (ดังรูปที่ 2.2) โดยเริ่มด้วยหัวใจห้องบนจะบีบตัวก่อนหัวใจห้องล่าง ซึ่งระยะนี้ลิ้นไตรคัสปิดและลิ้นไมทรัลจะเปิด ทำให้เลือดถูกบีบเข้าสู่หัวใจห้องล่าง ในขณะที่ลิ้นพัลโมนารี่และลิ้นเอออร์ติกปิดประมาณร้อยละ 70 ของระยะ ventricular filling จะเกิดแบบ passive ในช่วงระยะหัวใจคลายตัว เมื่อหัวใจห้องล่างบีบตัวความดันภายในเพิ่มขึ้น ลิ้นไตรคัสปิดและลิ้นไมทรัลจะปิด เริ่มระยะ isometric contraction จนความดันในหัวใจห้องล่างสามารถดันลิ้นเอออร์ติกและลิ้นพัลโมนารี่ให้เปิด เลือดจะถูกฉีดออกไปจากหัวใจห้องล่าง เรียกระยะนี้ว่า ventricular ejection เมื่อสิ้นสุดระยะซีสโตลีหัวใจห้องล่างจะคลายตัว ลิ้นเอออร์ติกและลิ้นพัลโมนารี่จะปิด เนื่องจากความดันในหลอดเลือดแดงเอออร์ตาและพัลโมนารี่สูงกว่าในหัวใจห้องล่าง ในช่วงที่หัวใจคลายตัวความดันในหัวใจห้องล่างจะลดลงไปเรื่อย ๆ เรียกว่าระยะ isovolemic relaxation ซึ่งความดันจะลดลงจนต่ำกว่าความดันในหัวใจห้องบน ทำให้ลิ้นไตรคัสปิดและลิ้นไมทรัลเปิด เลือดจะไหลกลับเข้าสู่หัวใจ เข้าไปในหัวใจห้องบนจนหัวใจห้องล่างเริ่มขยายตัว ซึ่งระยะนี้เป็นระยะ ventricular filling ที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 30 แล้ววกกลับ การบีบตัวของหัวใจดังกล่าวข้างต้นมีลักษณะเป็นวงจร



รูปที่ 2.2 แสดงการบีบตัวของหัวใจ พร้อมกับความดัน left ventricular volume ECG และเสียงหัวใจที่เกิดขึ้นในแต่ละ cycle (Rhoades R, 1989)

การทำงานของหัวใจ (cardiac output)

หัวใจเป็นต้นกำเนิดที่ทำให้เกิดเลือดไหลหมุนวนอยู่ในวงจรได้ ปริมาณของเลือดที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจไปยังอวัยวะต่าง ๆ ใน 1 นาที เรียกว่า "การทำงานของหัวใจ" (cardiac output : CO) อัตราการไหลของเลือดในระบบไหลเวียนจะมากหรือน้อย จึงขึ้นกับการทำงานของหัวใจ ระบบไหลเวียนของเลือดมีเป้าหมายเพื่อให้เลือดไหลไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ อย่างพอเหมาะกับความต้องการและความสำคัญของอวัยวะดังกล่าว ซึ่งความต้องการเลือดของอวัยวะต่าง ๆ ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการเผาผลาญ (metabolism) ของอวัยวะนั้น ๆ การเผาผลาญของร่างกายส่วนใหญ่เป็นกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงการทำงานของหัวใจจึงสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกาย (oxygen consumption) นอกจากการเผาผลาญจะสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายแล้ว การทำกิจกรรมของคนเราในสภาพต่าง ๆ ก็มีผลต่อการเผาผลาญ และอัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายด้วย เช่น การออกกำลังกายอย่างหนักหรือทำงานหนัก ซึ่งมีผลเป็นสัดส่วนตรงกัน บางกรณีการทำงานของหัวใจอาจเปลี่ยนไปโดยที่การเผาผลาญยังไม่เปลี่ยนแปลงเช่น ภาวะตื่นเต้นตกใจ หรือโกรธ เป็นต้น ภาวะเหล่านี้เป็นลักษณะการเตรียมพร้อมของร่างกายที่จะทำงานหรือสู้ จึงมีการเพิ่มการทำงานของหัวใจไว้ก่อน โดยมีระบบประสาทอัตโนมัติเป็นตัวควบคุม

ปริมาณเลือดที่หัวใจสูบฉีดออกไปในแต่ละครั้งของการบีบตัว เรียกว่า stroke volume (SV) และเมื่อนำเอาอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate :HR) คูณกับ SV จะได้ผลเป็นค่าของการทำงานของหัวใจ ดังสมการ

Cardiac output (CO) = stroke volume (SV) x heart rate (HR)

stroke volume จะขึ้นกับองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 2.3 ประกอบ)

1. พรีโหลด (Preload) โดยอาศัยกฎของ Frank-Starling พบว่าแรงบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ (contractile force) จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับ ventricular end diastolic volume (VEDV) ซึ่งได้แก่ preload นั่นเอง องค์ประกอบที่กำหนดค่าของ preload ได้แก่

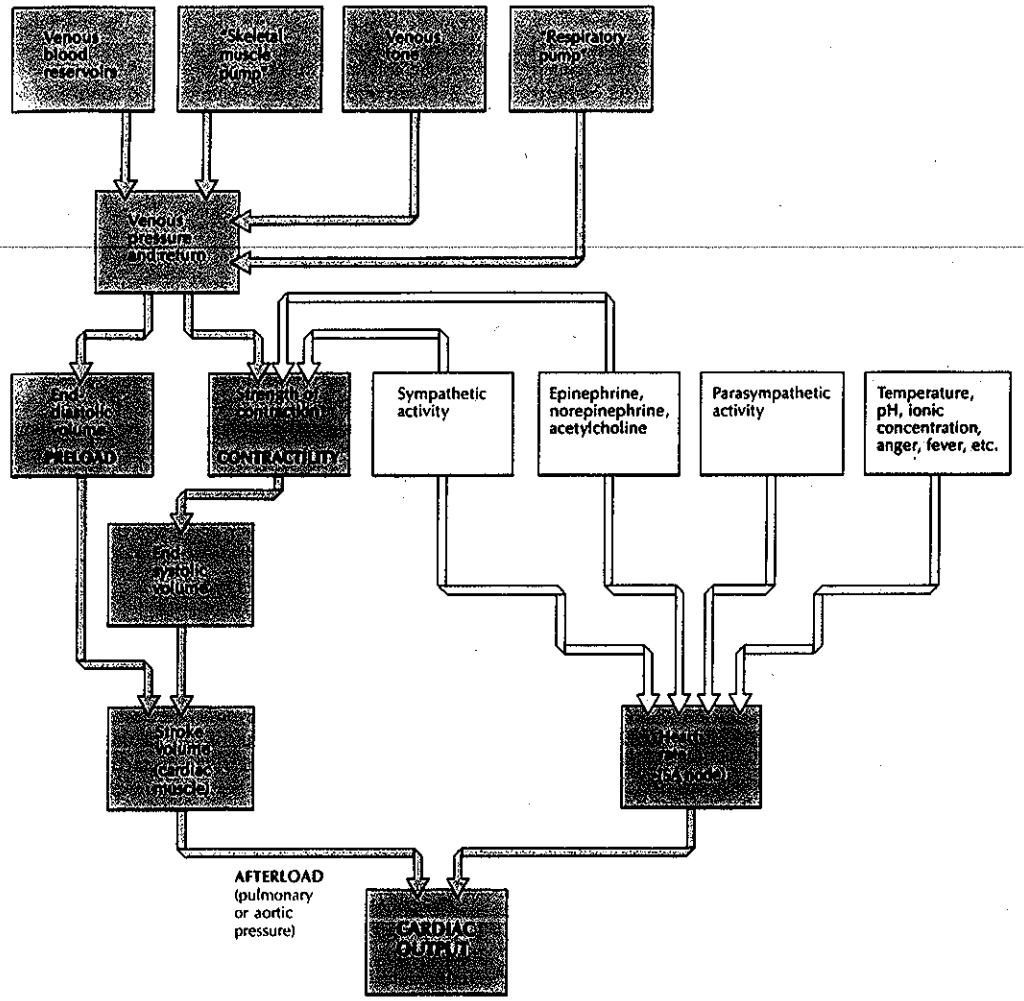
- Intrapericardial pressure ถ้าเพิ่มขึ้นจะทำให้ ventricular filling ลดลง มีผลทำให้ VEDV และ stroke volume ลดลง

- Atrial contraction จะช่วยเพิ่ม ventricular filling มีผลเพิ่ม VEDV

- องค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อปริมาณเลือดที่ไหลกลับเข้าสู่หัวใจ (venous return) ได้แก่ ปริมาณเลือดทั้งหมดของร่างกาย (total blood volume), venous tone, ความดันในช่องอก (intrathoracic pressure), ท่าทาง (position), skeletal muscle pump และอื่น ๆ

2. Myocardial contractility การบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ stroke volume เพิ่มขึ้น

3. อาฟเตอร์โหลด (Afterload) ในช่วง ventricular ejection afterload หมายถึง แรงต้านปลายทางของหลอดเลือด ซึ่งถ้าเพิ่มขึ้นจะทำให้ stroke volume ลดลง

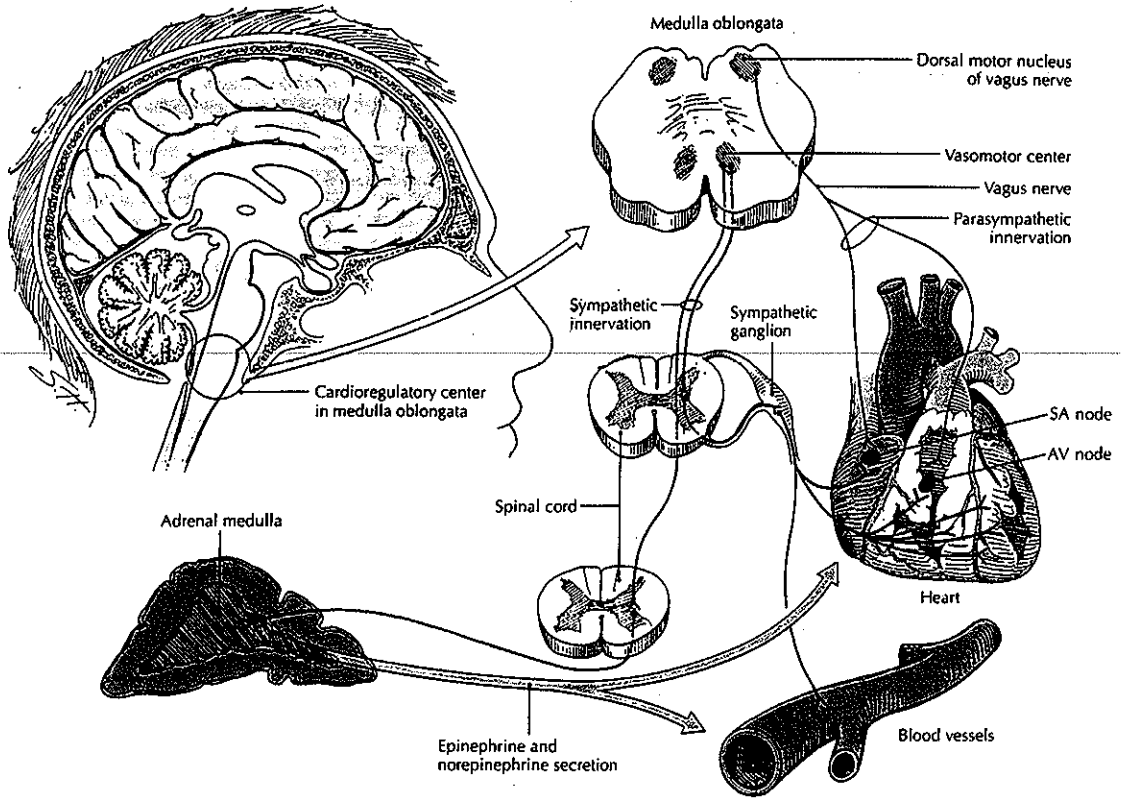


รูปที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบที่มีผลต่อการทำงานของหัวใจ

(Wynsberghe DV, 1995)

ระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของหัวใจ

การทำงานของหัวใจ ถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ ซึ่งมีทั้งประสาทซิมพาเทติก (sympathetic) และประสาทพาราซิมพาเทติก (parasympathetic) นอกจากนี้ยังมีส่วนที่มาจากศูนย์ส่วนบนของประสาทส่วนกลาง (higher center) เข้ามามีบทบาทร่วมด้วย



รูปที่ 2.4 แสดงระบบประสาทควบคุมการทำงานของหัวใจ
(Wynsberghe DV, 1995)

1. ประสาทพาราซิมพาเทติก จะผ่านมาตามประสาทเวกัส (vagus nerve) เป็นประสาทสมองคู่ที่ 10 ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อถูกกระตุ้นจะทำให้หัวใจเต้นช้าลงและยังขยายหลอดเลือดของอวัยวะที่มีประสาทพาราซิมพาเทติกนี้ไปเลี้ยงด้วย

2. ประสาทซิมพาเทติก เมื่อมีการกระตุ้นประสาทซิมพาเทติก จะทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น บีบตัวแรงขึ้น และยังทำให้หลอดเลือดหดตัวด้วย

3. ศูนย์ส่วนบนของประสาทส่วนกลาง จะควบคุมการทำงานของหัวใจโดยผ่านทางรีเฟล็กซ์ (reflex) ต่าง ๆ ได้แก่

3.1 รีเฟล็กซ์บาโรรีเซฟเตอร์ (Baroreceptor reflex) หรือ รีเฟล็กซ์เพรสโซรีเซฟเตอร์ (presso receptor reflex) อยู่ที่บริเวณหลอดเลือดแดงแคโรติดและเอออร์ตา เมื่อความดันเลือดสูงขึ้นจะกระตุ้นบาโรรีเซฟเตอร์ แล้วส่งสัญญาณไปตามประสาทสมองคู่ที่ 9 (glossopharyngeal nerve) และคู่ที่ 10 (vagus nerve) ผ่านไปที่ เมดัลลา (medulla) มีผลทำให้หลอดเลือดขยายตัว ทำให้ความดันเลือดลดลงและหัวใจเต้นช้าลง

3.2 รีเฟล็กซ์คีโมรีเซฟเตอร์ (Chemoreceptor reflex) อยู่ทางแยกของบริเวณที่เรียกว่า แครอติดบอดี้ (carotid bodies) และ เออร์ติกบอดี้ (aortic bodies) เมื่อมีภาวะขาดออกซิเจนจะมีการกระตุ้นคีโมรีเซฟเตอร์ ทำให้เกิดความดันเลือดสูงขึ้น

3.3 รีเฟล็กซ์เบนบริดจ์ (Bainbridge reflex) เมื่อมีการขยายตัวหรือยืดตัวของผนังหัวใจจะมีการกระตุ้นเอเทรียลรีเซฟเตอร์ผ่านประสาทเวกัสไปที่เมดัลลา ทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น

3.4 รีเฟล็กซ์จากหัวใจห้องล่างซ้าย (Reflex from left ventricle) เมื่อมีการรบกวนหัวใจห้องล่างซ้ายจะทำให้ความดันเลือดลดลง หัวใจเต้นช้าลง เรียกอีกชื่อว่า รีเฟล็กซ์เบนโซด์-จาริซ (Bezold-Jarisch reflex)

3.5 รีเฟล็กซ์จากปอด (Pulmonary reflex) เมื่อมีการขยายของถุงลมในปอดจะทำให้หลอดเลือดทั่วร่างกายขยายตัว มีผลลดความดันเลือดลง ถ้าถุงลมแฟบก็จะเกิดภาวะตรงข้ามกัน

3.6 รีเฟล็กซ์คุชชิ่ง (Cushing reflex) เมื่อสมองได้รับเลือดไปเลี้ยงไม่พอ จะกระตุ้นศูนย์เวโซมอเตอร์ (vasomotor centre) ให้มีภาวะหลอดเลือดหดตัวทั่วร่างกาย เพื่อให้ความดันเลือดสูงขึ้นนำเลือดไปเลี้ยงสมองได้ดีขึ้น

3.7 รีเฟล็กซ์รีเซพเตอร์ของหัวใจห้องบนซ้าย (Left atrial receptors reflex) เมื่อมีการขยายตัวหรือความดันในหัวใจห้องบนซ้ายสูงขึ้นมาก จะกระตุ้นไปที่สมองให้ต่อมใต้สมองส่วนหลัง (posterior pituitary gland) หลั่งฮอร์โมนแอนตี้ไดยูเรติก (antidiuretic hormone) น้อยลง ไตจะขับปัสสาวะออกมากขึ้น ทำให้ปริมาณเลือดในร่างกายลดลงจนพอเหมาะ

ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของหัวใจ

การควบคุมการทำงานของหัวใจ นอกจากระบบประสาทที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยทางเคมีที่มีผลต่อการทำงานของหัวใจเช่นกัน ได้แก่

1. ฮอร์โมน (Hormone) ฮอร์โมนบางชนิดจะมีผลต่อการทำงานของหัวใจโดยเฉพาะจากต่อมหมวกไต (adrenal medulla) (ดังรูปที่ 2.4) คืออีพิเนฟริน (epinephrine) และนอร์อีพิเนฟริน (norepinephrine) ซึ่งจะมีผลต่อหัวใจทำให้หัวใจเต้นเร็วและแรงขึ้น และเกิดการหดตัวของหลอดเลือด นอกจากนี้ ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของการเผาผลาญอาหารในร่างกาย เช่น ไธรอยด์ฮอร์โมน (thyroid hormone) และกลูคากอน (glucagon) หากมีมากกว่าปกติจะทำให้หัวใจบีบตัวแรงและเร็วขึ้นอีก

2. ความดันก๊าซในเลือด (Blood gas) ค่าของความดันก๊าซออกซิเจน (PaO_2) ความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($PaCO_2$) และค่าความเป็นกรดด่างในเลือด (pH) จะมีผลต่อการทำงานของหัวใจทั้งสิ้น ในภาวะที่ร่างกายขาดออกซิเจน หัวใจจะเต้นเร็วและแรงขึ้น สำหรับความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดมีผลทั้งโดยตรงและโดยทางอ้อม คือ ถ้าสูงมาก ๆ จะกดการทำงานของหัวใจโดยตรง ส่วนระยะแรกที่เริ่มสูงขึ้นจะกระตุ้นทำให้เกิดการหลั่งสารแคทติโคลามีน (catecholamine) ซึ่งมีผลกระตุ้นการทำงานของหัวใจ สำหรับค่าความเป็นกรดด่างไม่ว่าจะมีสภาพเป็นกรดหรือด่าง จะมีผลกดการทำงานของหัวใจทั้งสิ้น

3. ความเข้มข้นอิเลคโทรไลท์ (Electrolyte ion) การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของไอออน จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของหัวใจและการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ อิเลคโทรไลท์ไอออนที่สำคัญคือโปแตสเซี่ยมไอออน (K^+) แคลเซี่ยมไอออน (Ca^{++}) และโซเดี่ยมไอออน (Na^+) มีผลดังต่อไปนี้

โปแตสเซี่ยม ไอออน (K^+) เมื่อระดับโปแตสเซี่ยมไอออนเพิ่มขึ้น จะทำให้หัวใจถูกกระตุ้นได้ง่าย และเมื่อสูงขึ้นมากจะทำให้กล้ามเนื้อของหัวใจหยุดทำงานในลักษณะคลายตัวเรียกว่า ไดแอสโตลิก สแตนสติล (diastolic standstill)

แคลเซี่ยม ไอออน (Ca^{++}) ถ้าระดับแคลเซี่ยมไอออนต่ำ หัวใจจะถูกกระตุ้นได้ง่ายและจะเต้นถี่ขึ้น ทั้งยังทำให้เส้นใยเพอร์คินเจสร้างคลื่นไฟฟ้าเอง เกิดการกระตุกระรัว (fibrillation) ขึ้นได้ ถ้าระดับแคลเซี่ยมไอออนสูง หัวใจจะบีบตัวแรงขึ้น และเมื่อสูงขึ้นมาก ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจบีบตัวแล้วคลายตัวได้น้อยลงจนอาจหยุดเต้นได้ในลักษณะการหดเกร็ง

โซเดี่ยม ไอออน (Na^+) ถ้าโซเดี่ยมไอออนลดลงมาก ทำให้ excitability ของหัวใจหมดไปการนำคลื่นไฟฟ้าในหัวใจจะลดลง

4. อุณหภูมิของร่างกาย (Temperature) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น หลอดเลือดตามบริเวณผิวหนังจะขยายตัว เพื่อขับความร้อนออกจากร่างกาย ในทางตรงกันข้าม ถ้าอุณหภูมิต่ำลงจะทำให้หัวใจเต้นช้าลง และถ้าต่ำกว่า 32°ซ หัวใจจะเต้นผิดจังหวะได้

สมดุลออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardial oxygen balance)

สมดุลออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ ปริมาณออกซิเจนที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ (myocardial oxygen supply) และความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ (myocardial oxygen consumption)

ปริมาณออกซิเจนที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ (myocardial oxygen supply)

ความดันเลือด หมายถึงแรงดันที่หัวใจบีบตัวให้เลือดไหลออกมาจากหัวใจ โดยเฉพาะการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย หัวใจบีบตัวเพื่อดันเลือดเข้าสู่หลอดเลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ การบีบตัวของหัวใจทำให้เกิดแรงดันในหลอดเลือด ความดันเลือดแดงในระบบการไหลเวียนทั่วร่างกายสูงกว่าในระบบการไหลเวียนผ่านปอดถึง 5 เท่า และมีลักษณะเป็น pulsatile ตามการบีบตัวของหัวใจ

ความดันเลือดสูงสุดในขณะหัวใจบีบตัว เรียกว่า systolic blood pressure ส่วนความดันเลือดต่ำสุดในขณะหัวใจคลายตัว เรียกว่า diastolic blood pressure และผลต่างระหว่าง systolic blood pressure กับ diastolic blood pressure เรียกว่า pulse pressure

ค่าความดันเลือดแดงเฉลี่ย (mean arterial pressure: MAP) คือผลคูณระหว่าง cardiac output กับแรงต้านปลายทางของเลือด (systemic vascular resistance: SVR) หรืออาจคำนวณค่า MAP ได้จาก

MAP = diastolic blood pressure + 1/3 pulse pressure

= CO x SVR

ส่วนใหญ่การไหลเวียนของเลือดแดงโคโรนารี่ (coronary blood flow) จะเกิดขึ้นในช่วงระหว่างไดแอสโตลี เพราะ ventricular muscle tone ลดลง ดังนั้น coronary artery perfusion pressure (CPP) จึงเป็นผลต่างระหว่าง diastolic pressure (DP) กับ left ventricular end diastolic pressure (LVEDP) ดังสมการ

CPP = DP - LVEDP

จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่หัวใจคลายตัวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ coronary perfusion ในหัวใจปกติ ภาวะที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นจะทำให้ช่วงซีสโตลี

สั้นลง โดยมีการเปลี่ยนแปลงของช่วงไดแอสโตลีเพียงเล็กน้อย จึงไม่ทำให้ coronary blood flow เปลี่ยนแปลง แต่ในผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจซึ่งความสามารถในการเพิ่มแรงบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจลดลง การที่หัวใจเต้นเร็วจะทำให้ระยะเวลาของช่วงไดแอสโตลีสั้นลงอย่างมีนัยสำคัญ และจะมีผลลด coronary blood flow ลงอย่างมาก

ปัจจัยที่ทำให้เกิดความดันเลือดสูงหรือต่ำ ได้แก่

1. การสูบฉีดของหัวใจ (Pumping)
2. ปริมาตรเลือดไหลเวียน (Circulation blood volume)
3. ความต้านทานรอบนอก (Peripheral resistance)
4. ความหนืดของเลือด (Viscosity of blood)
5. ความยืดหยุ่นของหลอดเลือด (Elasticity of blood vessels)

ความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardial oxygen consumption)

ความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. Left ventricular wall tension พบว่า ความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจสัมพันธ์กับ left ventricular wall tension กรณี wall tension เพิ่มขึ้น ความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น กล้ามเนื้อหัวใจจะใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น เมื่อความดันในหัวใจห้องล่างเพิ่มขึ้นหรือขนาดของหัวใจห้องล่างใหญ่ขึ้น

2. การบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ ถ้ากล้ามเนื้อหัวใจบีบตัวมากขึ้นความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้ากล้ามเนื้อหัวใจบีบตัวน้อยลงความต้องการออกซิเจนก็จะลดลงตาม

3. อัตราการเต้นของหัวใจ ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจเร็วขึ้นกล้ามเนื้อหัวใจจะต้องการออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าอัตราการเต้นของหัวใจลดลงความต้องการออกซิเจนจะลดลงเช่นกัน (ดังตารางที่ 2.2)

ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด เกิดเมื่อกล้ามเนื้อหัวใจต้องการออกซิเจนมากเกินกว่าจำนวนออกซิเจนที่มี หรือความสามารถในการนำออกซิเจนมาสู่กล้ามเนื้อหัวใจลดลง ทำให้เสียสมดุลของออกซิเจนในกล้ามเนื้อหัวใจ (ดังตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยที่มีผลทำให้เสียสมดุลของออกซิเจนในกล้ามเนื้อหัวใจ

กล้ามเนื้อหัวใจใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น	ออกซิเจนสู่กล้ามเนื้อหัวใจลดลง
1. หัวใจเต้นเร็ว	1. หลอดเลือดแดงโคโรนารี่ตีบ
2. ความดันเลือดสูง	2. มีการหดเกร็งของหลอดเลือดแดงโคโรนารี่
3. อาฟเตอร์โหลดเพิ่มขึ้น	3. ภาวะเนื้อเยื่อขาดเลือด
4. หัวใจต้องบีบตัวแรง	4. ภาวะโลหิตจาง
5. อารมณ์โกรธและเครียด	5. หัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะ
6. ออกกำลังกาย	
7. อาการสั่น (shivering)	
8. Ventricular volume เพิ่มขึ้น	
9. Myocardial mass เพิ่มขึ้น	

ตารางที่ 2.2 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ

อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น	อัตราการเต้นของหัวใจลดลง
1. กระตุ้นประสาทซิมพาเทติก	1. กระตุ้นประสาทพาราซิมพาเทติก
2. ตื่นเต้น	2. กลัว
3. โกรธ	3. โศกเศร้า
4. หายใจเข้า (Inspiration)	4. หายใจออก (Expiration)
5. ลดการกระตุ้นของ Baroreceptors	5. เพิ่มการกระตุ้นของ Baroreceptors
6. เป็นไข้	
7. ออกกำลังกาย	
8. ขาดออกซิเจน (Hypoxia)	
9. Epinephrine เพิ่มขึ้น	
10. Norepinephrine เพิ่มขึ้น	
11. Thyroid Hormones เพิ่มขึ้น	
12. Bainbridge Reflex	

บรรณานุกรม

1. ดีนา อารยะสัจพงษ์. สรีรวิทยาของหัวใจและระบบไหลเวียนเลือด. ใน: วราภรณ์ เชื้ออินทร์, ดีนา อารยะสัจพงษ์, สมบูรณ์ เทียนทอง. วิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 3. ขอนแก่น : โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท, 2537: 23-26.
2. ธารา ตริตระการ. การดมยาสลบผู้ป่วยโรคหัวใจที่มารับการผ่าตัดทั่วไป. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. ตำราวิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2538 : 594-615.
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พริ้มเพรา ผลเจริญสุข. ระบบการไหลเวียนเลือด. ใน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พริ้มเพรา ผลเจริญสุข, บก. กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของมนุษย์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชจำกัด, 2537: 98-127.
4. ดร.สัญญา ร้อยสมมุติ. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหัวใจ. ใน ดร.สัญญา ร้อยสมมุติ, บก. สรีรวิทยาของหัวใจ. ขอนแก่น: หน่วยโรเนียวและออฟเซ็ท คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2538: 1-9.
5. อัจฉรา ผะอบเหล็ก. กายวิภาคศาสตร์ทั่วไป. ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2532.
6. Carola R, Harley JP, Noback CR. The Cardiovascular System: The Heart. In: Carola R, Harley JP, Noback CR, eds. Human Anatomy & Physiology. The United States of America: McGraw-Hill, Inc., 1990: 532-566.
7. Ganong WF. Circulation. In: Ganong WF, ed. Review of Medical Physiology. 17th ed. The United States of America: Prentice-Hall International Ind., 1995: 473-590.
8. Gyton AC, Hall JE. The Heart. In: Gyton AC, Hall JE, eds. Textbook of Medical Physiology. 9th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1996: 107-134.
9. Gyton AC. The Heart. In: Gyton AC, ed. Human Physiology and Mechanisms of Disease. 5th ed. Philadelphia: W.B.Saunders Company, 1992: 77-107.
10. Rhoades R, Pflanzer R. The Heart. In: Rhoades R, Pflanzer R, eds. Human Physiology. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1989: 549-617.

11. Wynsberghe DV, Noback CR, Carola R. The Cardiovascular System: The Heart. In: Wynsberghe DV, Naback CR, Carola R, eds. Human Anatomy and Physiology. 3rd ed. The United States of America: McGraw-Hill, Inc.,1995: 613-652.

3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับศัลยกรรมหัวใจ

ชนิดการผ่าตัดหัวใจ

- การทำผ่าตัดหัวใจชนิดปิด
- การทำผ่าตัดหัวใจชนิดเปิด

ชนิดของ Cardiopulmonary Bypass

- Total Cardiopulmonary Bypass
- Partial Cardiopulmonary Bypass

เครื่องหัวใจและปอดเทียม (Heart Lung Machine หรือ Pump Oxygenator)

- หัวใจเทียม (Mechanical Heart Pump)
- ปอดเทียม (Oxygenator หรือ Artificial Lung)
- ส่วนประกอบอื่น ๆ

สารละลายปกป้องกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardioplegic Solution)

ปัจจุบันมีผู้ป่วยซึ่งเป็นโรคหัวใจ ทั้งที่เป็นมาแต่กำเนิดและภายหลังมารับการผ่าตัดแก้ไขเพิ่มขึ้นจำนวนมาก อุบัติการของโรคหัวใจในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ.2511 โรคหัวใจเป็นสาเหตุการตายอันดับที่ 5 ของประชากรในประเทศไทย ต่อมา พ.ศ.2515 โรคหัวใจได้เลื่อนขึ้นมาเป็นสาเหตุการตายอันดับที่ 2 และได้เลื่อนขึ้นเป็นอันดับที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2525 เป็นต้นมา อุบัติการของโรคหัวใจรูมาติคลดลงอย่างรวดเร็วในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาเนื่องจากมีภาวะเศรษฐกิจที่ดีขึ้น ในขณะเดียวกันโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดกำลังเพิ่มขึ้นตามภาวะเศรษฐกิจ และสังคมที่เปลี่ยนไปในรูปของประเทศพัฒนาประกอบกับงานบริการทางการแพทย์และสาธารณสุขที่ดีขึ้น ประชากรมีอายุยืนขึ้นทำให้เพิ่มจำนวนประชากรวัยสูงอายุที่มารับการผ่าตัด วิสัญญีแพทย์ จึงต้องให้บริการแก่ผู้สูงอายุที่มารับการผ่าตัดมากขึ้น รวมทั้งผู้ป่วยโรคหัวใจ

หลักการผ่าตัดทั่วๆ ไปจะเหมือนกับการผ่าตัดชนิดอื่น เช่นหลักการห้ามเลือดและหลักการทำให้ปราศจากเชื้อ แต่ที่มีลักษณะแตกต่างจากการผ่าตัดอื่นๆคือ มุ่งแก้ไขความผิดปกติทางสรีรวิทยามากกว่าแก้ไขพยาธิสภาพ และมีลักษณะงานเป็นทีมมากกว่าการผ่าตัดทั่วไป อาทิเช่น เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างอายุรแพทย์ ศัลยแพทย์ วิสัญญีแพทย์ พยาบาลส่งเครื่องมือเฉพาะทาง และผู้ดูแลเครื่องหัวใจและปอดเทียม การเตรียมการวางยาสลบผู้ป่วยมารับการผ่าตัดหัวใจ ผู้เตรียมควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการทำการผ่าตัดอย่างคร่าวๆ ตลอดจนเครื่องมือพิเศษที่ใช้ในการทำผ่าตัด เพื่อการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกัน

ชนิดการผ่าตัดหัวใจ

การผ่าตัดหัวใจ แบ่งได้กว้างๆเป็น 2 ชนิด คือ

1. การทำผ่าตัดหัวใจชนิดปิด (Closed heart surgery) หมายถึงการผ่าตัดที่ทำบนหลอดเลือดใหญ่หรือหัวใจในขณะที่หัวใจยังคงทำหน้าที่สูบฉีดเลือดออกไปเลี้ยงร่างกายอยู่อย่างสมบูรณ์ การผ่าตัดชนิดนี้ได้แก่ closed mitral valvulotomy สำหรับผู้ป่วยลิ้นไมทรัลตีบ การผ่าตัดลอกเยื่อหุ้มหัวใจ (pericardectomy) สำหรับผู้ป่วย constrictive pericarditis และการต่อหลอดเลือดสำหรับผู้ป่วยหัวใจพิการแต่กำเนิดชนิดเขียว เป็นต้น

2. การทำผ่าตัดหัวใจชนิดเปิด (Opened heart surgery) หมายถึงการทำผ่าตัดที่ทำบนหลอดเลือดใหญ่หรือหัวใจ ซึ่งทำได้ขณะที่หัวใจหยุดเต้นแล้วหรืออาจยังเต้นอยู่แต่หยุดทำการฉีดเลือดหล่อเลี้ยงร่างกายชั่วคราว ด้วยมีความจำเป็นต้องผ่าลงไปในส่วนหนึ่งส่วนใดของหัวใจ หรือบนหลอดเลือดใหญ่ที่ออกจากหัวใจ

สิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงถึงในการทำผ่าตัดเช่นนี้คือ การป้องกันที่จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อสมองในขณะที่หัวใจกำลังหยุดเต้น มีวิธีทำ 3 วิธี คือ

2.1 Inflow occlusion ขณะอุณหภูมิร่างกายปกติ คือการหยุดชั่วคราวของกระแสเลือดดำที่ไหลกลับมายังหัวใจ โดยใช้เครื่องมือรัดเพื่อใช้ในการทำการผ่าตัดแก้ไขพยาธิสภาพที่หัวใจ ซึ่งต้องทำเสร็จภายใน 2-3 นาที ก่อนปล่อยเลือดให้กลับเข้าสู่หัวใจเพื่อให้เต้นใหม่ เพราะหากใช้เวลามากเกินกำหนดอาจทำให้สมองขาดออกซิเจน

2.2 Hypothermia เคยเป็นวิธีหนึ่งของการทำผ่าตัดหัวใจชนิดเปิดในสมัยที่เครื่องหัวใจและปอดเทียมยังเป็นของใหม่ได้ผลไม่แน่นอน ทำโดยการลดอุณหภูมิของร่างกายซึ่งปกติ 37°ซ ลงต่ำกว่า 30°ซ เพื่อหยุดหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดได้ประมาณ 7-8 นาที โดยที่สมองจะไม่เกิดอันตราย

2.3 Cardiopulmonary bypass (CPB) หมายถึงการทำทางเบี่ยงเพื่อไม่ให้เลือดผ่านไปที่หัวใจและปอด โดยการใช้เครื่องหัวใจและปอดเทียม (heart lung machine) ทำให้เกิดการไหลเวียนนอกร่างกาย (extracorporeal circulation) ในระหว่างการทำผ่าตัดหัวใจชนิดเปิด โดยที่หัวใจและปอดของผู้ป่วยหยุดทำงานชั่วคราว

หลักการของ cardiopulmonary bypass คือ การระบายเลือดดำ(venous blood) จากหัวใจ โดยใส่สายสวนหัวใจ (venous cannulae) ผ่านหัวใจห้องบนขวาหรือจากหลอดเลือด superior vena cava กับหลอดเลือด inferior vena cava ลงสู่ปอดเทียม (oxygenator) โดยอาศัยหลักของแรงโน้มถ่วง (gravity drainage) เกิดการฟอกเลือดดำให้เป็นเลือดแดง (oxygenated blood) และปั๊มเข้าสู่ร่างกายทางหลอดเลือดแดงใหญ่ เช่น หลอดเลือดเอออร์ตา หรือหลอดเลือดแดงฟีเมอรอล(femoral) โดยอาศัยหัวใจเทียม (mechanical heart pump)

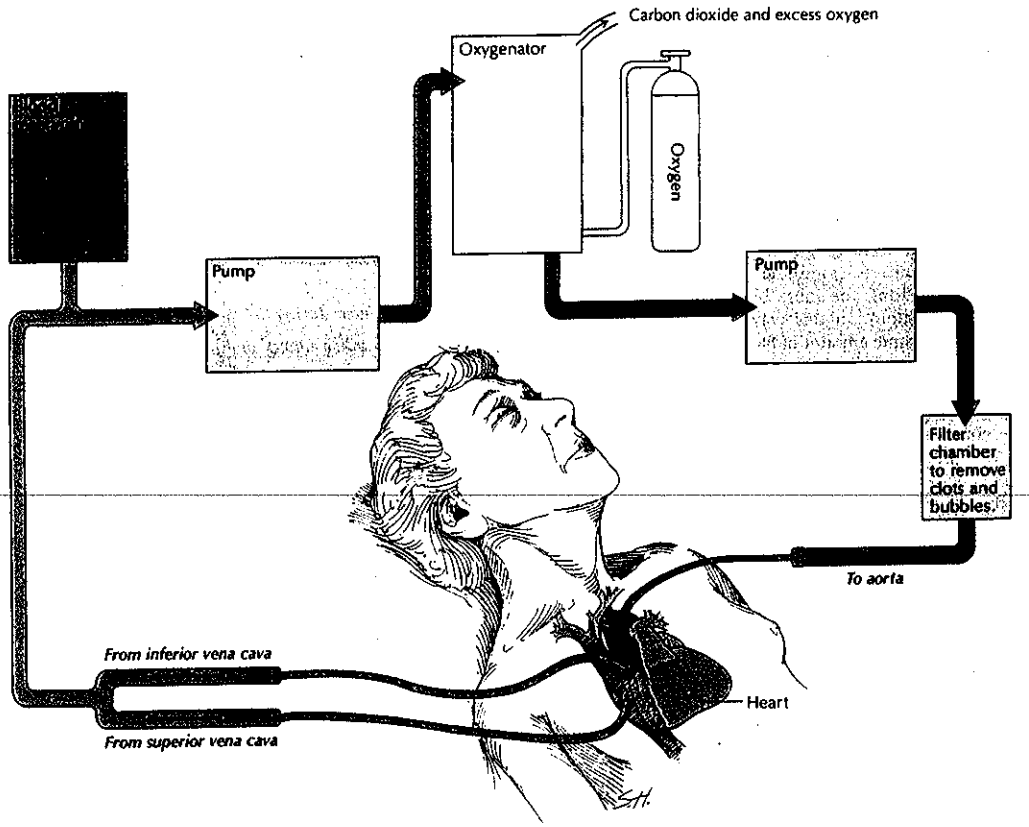
ชนิดของ Cardiopulmonary Bypass

1. Total Cardiopulmonary Bypass หลักการคือ ไม่ให้เลือดผ่านเข้าสู่หัวใจและปอดของผู้ป่วยขณะผ่าตัด ยกเว้นเลือดที่มาทางหลอดเลือดแดง bronchial และโคโรนารี่ เครื่องหัวใจและปอดเทียมจะทำหน้าที่แทนหัวใจและปอดของผู้ป่วยทั้งหมด ใช้ในกรณีที่ผ่าตัดหัวใจผ่านหัวใจห้องขวา โดยศัลยแพทย์จะใช้เทปรัดรอบๆ SVC และ IVC

2. Partial Cardiopulmonary Bypass หลักการคือเลือดดำส่วนหนึ่งผ่านไปที่หัวใจและปอด อีกส่วนหนึ่งผ่านไปที่เครื่องหัวใจและปอดเทียม เพื่อลดการทำงานของหัวใจ และในกรณีที่ผ่าตัดผ่านหัวใจห้องบนซ้ายหรือหัวใจห้องล่างซ้าย

เครื่องหัวใจและปอดเทียม (Heart Lung Machine หรือ Pump Oxygenator)

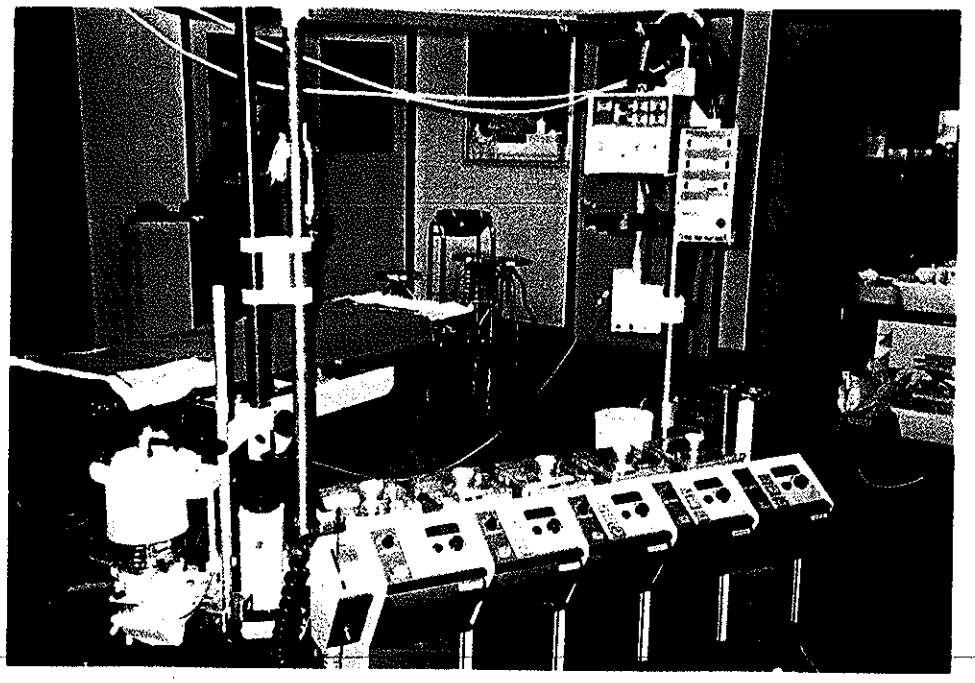
เป็นเครื่องมือที่ทำหน้าที่แทนหัวใจและปอด มีส่วนประกอบที่สำคัญสองส่วนคือ หัวใจเทียม (mechanical heart pump) และปอดเทียม (oxygenator) (ดังรูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องหัวใจและปอดเทียม (อย่างง่าย)
(Wynsberghe DV, 1995)

ส่วนประกอบที่สำคัญในการทำงานของเครื่องหัวใจและปอดเทียม ได้แก่

1. หัวใจเทียม (Mechanical Heart Pump) ทำหน้าที่แทนหัวใจห้องล่างซ้าย โดยปั๊มเลือดที่ฟอกแล้วไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายทางหลอดเลือดแดงใหญ่ เช่น หลอดเลือดแดง femoral หรือ ascending aorta ที่ใช้อยู่แบ่งเป็น 2 ชนิด คือปั๊มหมุน (non-pulsatile flow) และปั๊มแรงเหวี่ยง (pulsatile flow)



รูปที่ 3.2 แสดงเครื่อง Heart-Lung Machine ที่ใช้ใน
โรงพยาบาลศรีนครินทร์

1.1 ปั๊มหมุน (Non-Pulsatile Flow หรือ Roller Pump) ประกอบด้วยลูกกลิ้งกลม (roller) ทำหน้าที่บดรีดท่อพลาสติกสำหรับนำเลือด โดยท่อนี้จะอยู่ในหัวปั๊ม (housing) แกนของหัวปั๊มต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อให้เกิดการหมุนของลูกกลิ้งกลม และบังคับให้การไหลเวียนเลือดไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่อง บริเวณแผงหน้าปัดของหัวปั๊มมีตัวเลขบอกอัตราการหมุนของหัวปั๊มจำนวนรอบต่อนาทีและปริมาณเลือดเป็นลิตรต่อนาที

ปั๊มชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ (ดังรูปที่ 3.2) เนื่องจากเตรียมง่ายไม่เสียเวลา แต่การบดรีดทำให้เกิดการทำลายเลือดและองค์ประกอบของเลือด เช่น coagulation factor หรือ โปรตีน เป็นต้น

1.2 ปั๊มแรงเหวี่ยง (Pulsatile Flow หรือ Centrifugal Pump) ตัวปั๊มทำด้วยพลาสติกรูปกรวย หมุนด้วยความเร็วสูงทำให้เกิดแรงเหวี่ยง (centrifugal force) และดันเลือดออกจากตัวปั๊มได้โดยไม่ต้องใช้ลิ้น (valve) ควบคุมทิศทางของเลือด วิธีนี้ช่วยลดการทำลายเลือดและองค์ประกอบของเลือดดีกว่าแบบปั๊มหมุน

2. ปอดเทียม (Oxygenator หรือ Artificial Lung) ทำหน้าที่แทนปอดของผู้ป่วย โดยอาศัยหลักการฟอกเลือดดำให้เป็นเลือดแดงโดยการเพิ่มออกซิเจนและขับคาร์บอนไดออกไซด์

ชนิดของปอดเทียมที่นิยมใช้กันอยู่มี 2 ชนิด คือ

2.1 ปอดเทียมชนิดฟองอากาศ (Bubble Oxygenator) มีหลักการทำงานคือ ฟองออกซิเจนสัมผัสกับเลือดโดยตรงเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซ โดยทั่วไปปอดเทียมชนิดนี้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 3 ส่วน คือ

ก. ส่วนที่แลกเปลี่ยนก๊าซ (oxygenating section)

ข. ส่วนที่กำจัดฟองอากาศ (defoaming section)

ค. ส่วนที่เก็บกักเลือดหลังจากฟอก (arterial blood reservoir)

ส่วนที่แลกเปลี่ยนก๊าซ เป็นส่วนที่เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซโดยการให้ออกซิเจนผ่านเลือดดำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกขับออกทำให้เป็นเลือดแดง ซึ่งวิธีการนี้ทำให้เกิดฟองอากาศมากมายจำเป็นต้องกำจัดฟองอากาศก่อนปั๊มสู่หลอดเลือดแดงใหญ่ การใช้ก๊าซออกซิเจนในอัตราสูงเป็นเวลานานทำให้เกิดการทำลายเลือดและส่วนประกอบของเลือด หรืออาจเกิดภาวะก๊าซอุดตันหลอดเลือด (gas emboli) ได้

ส่วนที่กำจัดฟองอากาศ ทำหน้าที่กำจัดฟองอากาศที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนก๊าซ วัสดุที่ใช้เป็นฟองน้ำพลาสติกเคลือบด้วยซิลิโคน เพื่อลดแรงเสียดทานและการกระจายของฟองอากาศรวมทั้งกรองเศษเนื้อเยื่อ (debris) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการอุดตันด้วย

ส่วนที่เก็บกักเลือดหลังจากการฟอก ทำหน้าที่เก็บกักเลือดที่ฟอกแล้วพร้อมที่จะปั๊มเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วย โดยทั่วไปควรมีสำรองในปริมาณที่พอเพียงไว้ใช้กรณีเกิดภาวะขัดข้อง สามารถถูกนำมาใช้ปั๊มได้ในระยะเวลา 20-30 วินาที

2.2 ปอดเทียมชนิดแผ่นเยื่อ (Membrane Oxygenator) มีหลักการทำงานคือเลือดกับก๊าซไม่สัมผัสกันโดยตรงแต่อยู่คนละด้านของแผ่นเยื่อ และใช้วิธีซึมผ่าน(diffusion)โดยเลือดจะไหลไประหว่างแผ่นเยื่อ มีออกซิเจนไหลผ่านอีกด้านหนึ่งของแผ่นเยื่อ ออกซิเจนจะซึมผ่านแผ่นเยื่อเข้าไปในเลือดและคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านออกมา ลักษณะการทำงานเหมือนกับ alveolar membrane ในปอดคน ชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้เพราะทำลายเม็ดเลือดแดงน้อยมาก แต่มีราคาแพง

3. ส่วนประกอบอื่น ๆ เพื่อให้วงจรเครื่องหัวใจและปอดเทียมทำงานได้สมบูรณ์ขึ้น ได้แก่

3.1 Heat exchanger เป็นเครื่องมือช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้ขึ้นลงได้ตามต้องการโดยใช้วิธีการปั๊มน้ำร้อนหรือน้ำเย็นผ่านเข้าไป โดยอุณหภูมิระหว่างเลือดกับน้ำไม่ควรแตกต่างกันเกิน 10-12°ซ เพื่อป้องกันฟองอากาศแยกตัวจากเม็ดเลือด

3.2 สายสวนหัวใจ (Cannulae หรือ Catheter) เป็นสายที่ใส่เข้าไปในหลอดเลือดและหัวใจมีหลายชนิด เช่น สายสวนหลอดเลือดดำ(venous cannulae) สายสวน

นำเลือดแดงทางเอออร์ตาเข้าสู่ร่างกาย (aortic cannulae) ลักษณะของสายสวนหัวใจจะแตกต่างกันไป บางชนิดมีขดลวดพันรอบๆ แต่บางชนิดไม่มี และมีหลายขนาดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม

3.3 สายยางนำเลือด(Tubing) ***และข้อต่อ*** (Connector) ***ต่าง ๆ*** เป็นท่อพลาสติกทำหน้าที่แทนหลอดเลือดขณะที่มีการไหลเวียนนอกร่างกาย อาจทำจากซิลิโคน หรือ PVC มีหลายขนาดให้พิจารณาเลือกใช้ตามน้ำหนักตัวและส่วนสูงของผู้ป่วยแต่ละคน เรียกชื่อตามลักษณะการใช้งาน ได้แก่

ก. Arterial perfusion line เป็นสายยางนำเลือดแดง

ข. Venous return line เป็นสายยางนำเลือดดำ

ค. Arterial perfusion pump เป็นสายยางที่เข้าไปใน housing ของหัวปั๊ม

ง. Reservoir line เป็นสายยางนำเลือด ต่อระหว่าง cardiotomy reservoir กับปอดเทียม

จ. Suction line และ Vent suction line สำหรับดูดเลือด จากบริเวณผ่าตัดเข้าสู่ cardiotomy reservoir เพื่อกรองและต่อเข้ากับปอดเทียมเพื่อฟอกให้เป็นเลือดแดงแล้วจึงปั๊มเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วย

3.4 สารละลายสำหรับ Prime (Priming Solution) เป็นน้ำยาหรือสารละลายที่เติมในปอดเทียมและวงจรสายยางนำเลือดเพื่อไล่อากาศ ก่อนที่จะต่อสายยางเข้ากับระบบไหลเวียนเลือดของผู้ป่วย สารละลายที่ใช้อาจเป็น crystalloid หรือ colloid และอาจเติมสารต่าง ๆ เช่น $NaHCO_3$, KCl และยาปฏิชีวนะ การเติมสารละลายลงในปอดเทียมมีผลทำให้เกิดการเจือจางของเลือดโดยฮีมาโตคริตจะลดลงอยู่ระหว่างร้อยละ 20-25

วิธีการ Prime มี 3 ลักษณะ คือ

1. Whole blood priming โดยการใช้ Fresh heparinized blood อย่างเดียว
2. Partial hemodilution โดยการใช้ Whole Blood หรือ Packed Red Cell ผสมกับ Lactated Ringer Solution (RLS) ใช้ในผู้ป่วยที่มีระดับฮีมาโตคริตต่ำกว่าร้อยละ 35 และไม่มีภาวะแทรกซ้อนอื่น การผ่าตัดไม่ยุ่งยากซับซ้อน
3. Total hemodilution ใช้สารละลายอย่างเดียว นิยมใช้ในผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่มีระดับฮีมาโตคริตสูงกว่าร้อยละ 35

สารละลายปกป้องกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardioplegic Solution)

นอกจากส่วนประกอบหลักของการทำงานของ CPB ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีสารละลายที่ช่วยปกป้องกล้ามเนื้อหัวใจ (cardioplegic solution) ซึ่งสารละลายนี้มีส่วนประกอบของโปแตสเซี่ยมเป็นหลัก ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจหยุดทำงานทันทีและอยู่ในสภาพหย่อนตัวเต็มที่ สารละลาย cardioplegia ที่ให้ต้องมีความเย็นจัด ประมาณ 2-4°ซ โดยฉีดเข้าทาง root ของเอออร์ตา เพื่อให้สารละลายเข้าไปในหลอดเลือดแดงโคโรนารี่แล้วกระจายไปทั่วหัวใจ ให้สารละลายนี้ในปริมาณ 20-25 มล. ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และให้ซ้ำทุก ๆ 15-30 นาที

สารละลาย cardioplegia ที่ให้มีหลายรูปแบบ เช่น

1. สารละลาย crystalloid
2. สารละลาย colloid ซึ่งอาจจะเป็น plasma หรือ blood cardioplegia

การให้สารละลาย cardioplegia แตกต่างกันไปตามแต่ละสถาบัน โดยมีวัตถุประสงค์เดียวกันคือ เพื่อรักษาสภาพของกล้ามเนื้อหัวใจขณะที่หยุดเต้นให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์

สำหรับสารละลาย cardioplegia ที่ใช้ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ (พ.ศ.2539) มี 2 สูตร คือ

1. สูตร Blood Cardioplegia สูตรของโรงพยาบาลศรีนครินทร์ พ.ศ.2539 (สูตรใหม่ศิริราช)

1.1 ชนิดที่ใช้ความเข้มข้นสูง (High dose) ประกอบด้วย

$NaHCO_3$	25	มล.
St.Thomas's	60	มล.
glucose	25	มล.
insulin	5	ยูนิต
hydro - Adreson	1.25	มล.

ส่วนประกอบทั้งหมดผสมใน Acetar 500 มล.

1.2 ชนิดที่มีความเข้มข้นต่ำ (Low dose) ประกอบด้วย

$NaHCO_3$	25	มล.
St.Thomas's	30	มล.
glucose	25	มล.
insulin	5	มล.
hydro- Adreson	1.25	มล.

ส่วนประกอบทั้งหมดผสมใน Acetar 500 มล.

2. สูตรของ St.Thomas's ขนาดบรรจุ 20 มล.ใน 1 หลอด ประกอบด้วย

$MgCl_2$	16	mmol.
KCl	16	mmol.
Procaine hydrochloride	1	mmol.

ใช้ St.Thomas's 10 มล. ผสมกับ RLS 500 มล.

วิธีการให้สารละลาย Cardioplegia

1. Antegrade infusion คือการฉีดน้ำยาเข้าไปใน root ของ เอออร์ตาเพื่อให้เข้าหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ วิธีนี้ผู้วางยาสลบเป็นผู้ให้โดยใช้สูตรของ St.Thomas's

2. Retrograde infusion คือการฉีดน้ำยาเข้าโคโรนารี่ ไซนัส โดยตรง วิธีนี้ให้ได้โดยเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมเครื่องหัวใจและปอดเทียม ใช้ Blood Cardioplegia

3. Antegrade ร่วมกับ retrograde infusion คือ ฉีดเข้าหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ และโคโรนารี่ ไซนัส สลับกัน

บรรณานุกรม

1. กัมพล ประจวบเหมาะ. หลักทั่วไปของศัลยกรรมหัวใจ. ใน: สมชาติ โลจายะ และคณะ, บก. ตำราโรคหัวใจและหลอดเลือด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร, 2536: 1018-1027.
2. กัลยาณกิตต์ กิติยากร, สมาน ตระกูลทิม, สมบูรณ์ บุญเกษม และคณะ. ศัลยกรรมหัวใจและทรวงอก. กรุงเทพฯ: กรุงเทพเวชสาร, 2522.
3. จรรยา มะโนทัย. ศัลยศาสตร์หัวใจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สินประสิทธิ์การพิมพ์, 2525: 1-44.
4. ธารา ตริตระการ. การดมยาสลบผู้ป่วยโรคหัวใจที่มารับการผ่าตัดทั่วไป. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. ตำราวิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2538: 594-615.
5. วรภา สุวรรณจินดา. เทคนิคพิเศษที่เกี่ยวข้องกับการดมยาสลบ. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. ตำราวิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร, 2538: 328-347.

6. วราภรณ์ ไวคกุล, กุลรัตน์ ชีวะธนรักษ์. การดมยาสลบในผู้ป่วยโรคหัวใจ. ใน: อมรา พานิช, มยุรี วศินานุกร, บก. วิสัญญีวิทยา. กรุงเทพฯ: โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์. 2535: 265-277.
7. อมร สุวรรณนิมิตร. Cardiopulmonary Bypass Technique. หน่วยศัลยกรรมหัวใจ หลอดเลือดและทรวงอก ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น, 2539.
8. Austin JW, Harner DL. THE HEART-LUNG MACHINE and Relate Technologies of Open Heart Surgery. Arizona: Phoenix Medical Communication Medical Publishers, 1986.
9. Hug CC. Anesthesia for Adult Cardiac Surgery. In: Miller RD, ed. Anesthesia. Vol II. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone Inc., 1990: 1605-1643.
10. Reed CC, Stafford TB. Cardiopulmonary Bypass. 2nd ed. Texas: Surgimedics/ TMP The Woodlands, 1989.
11. Wary DL, Hughes CW, Fine RH, et al. Anesthesia for Cardiac Surgery. In: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK, eds. Clinical Anesthesia 2nd ed. Philadelphia: J.B.Lippincott, 1992: 1021-1051.
12. Wheeldon D.R.Can Cardiopulmonary bypass be a safe procedure. In: Ionescu MI, ed. Extracorporeal Circulation. 2nd ed. London: Butterworth & Co (Publishers) Ltd., 1981: 106-626.

4 การประเมินสภาวะผู้ป่วยก่อนวางยาสลบ

การซักประวัติและตรวจร่างกาย

การรักษาด้วยยา

- ยากระตุ้นหัวใจ
- ยาขับปัสสาวะ
- ยาขยายหลอดเลือด

การตรวจทางห้องปฏิบัติการทั่วไป

- การตรวจเลือด
- การตรวจคลื่นหัวใจ
- การถ่ายภาพรังสีทรวงอก
- การทดสอบการทำงานของปอด

การตรวจพิเศษ

- การตรวจภาพคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจ (Echocardiography)
- การสวนหัวใจ (Cardiac catheterization)
- Coronary angiography

การประเมินสภาวะของผู้ป่วยก่อนการวางยาสลบ เพื่อให้ทราบพยาธิสภาพของโรค อาการและอาการแสดงของผู้ป่วย จะได้มีการวางแผนป้องกันและรักษาเพิ่มเติมซึ่ง ประกอบด้วย การซักประวัติและตรวจร่างกาย ประวัติการรักษาด้วยยาหรือการผ่าตัดที่ เคยได้รับ การตรวจทางห้องปฏิบัติการทั่วไป และการตรวจพิเศษ

การซักประวัติและการตรวจร่างกาย

เป็นสิ่งสำคัญที่บ่งบอกถึงความรุนแรงของโรคที่เป็น สาเหตุของโรคลิ้นหัวใจซึ่งได้ รับการผ่าตัดแก้ไขบ่อยที่สุด คือ rheumatic ผู้ป่วยส่วนใหญ่จะมีอาการของลิ้นหัวใจผิด ปกติเรื้อรัง ที่พบบ่อย คือ ลิ้นไมทรัลตีบ (mitral stenosis หรือ MS) หรือพบร่วมกับ ลิ้นไมทรัลรั่ว (mitral regurgitation หรือ MR) และอาจมี ลิ้นเอออร์ติกตีบ (aortic stenosis หรือ AS) ลิ้นเอออร์ติกรั่ว (aortic regurgitation หรือ AR) ร่วมด้วย สำหรับสาเหตุอื่น ๆ ที่มีโอกาสพบได้น้อยกว่าคือ ลิ้น mitral prolapse หรือมีกล้ามเนื้อหัวใจตาย ทำให้มีการ ฉีกขาดของกล้ามเนื้อแพพิลลารี่ หรือ คอร์ดี เทนดินี ความผิดปกติเหล่านี้ทำให้ผู้ป่วยเกิด อาการของลิ้นไมทรัลรั่วอย่างเฉียบพลัน ส่วนสาเหตุที่ทำให้เกิดลิ้นเอออร์ติกรั่วอาจเป็นผล แทรกซ้อน ซึ่งพบร่วมกับ infective endocarditis หรือผู้ป่วยเป็นโรคของ connective tissue เช่น Marfan's syndrome และ cystic medial necrosis ของลิ้นเอออร์ติก เป็นผล จากอุบัติเหตุ และโรคความดันเลือดสูงทำให้มีการฉีกขาดหรือยืดขยายผนังของเอออร์ตา เกิดปัญหาของลิ้นเอออร์ติกรั่วตามมาได้ สำหรับลิ้นเอออร์ติกตีบ อาจเกิดจากการเสื่อม สภาพของลิ้นเอออร์ติก แล้วมีแคลเซียมมาเกาะทำให้ลิ้นตีบแคบ

ก่อนการให้ยาสลบผู้ป่วย ผู้ให้ยาสลบมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบข้อมูลทุก ชนิดที่เกี่ยวกับผู้ป่วย สิ่งสำคัญที่บ่งบอกถึงความรุนแรงของโรคได้แก่ การซักประวัติของ ความสามารถในการออกกำลังกายหรือปฏิบัติกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วย

เพื่อประเมินกำลังสำรองของหัวใจ (cardiac reserve) ตามหลักของ New York Heart Association (NYHA) แบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทำงาน (functional classification) โดยดูจากอาการหอบเหนื่อย หรือเจ็บหน้าอก ได้เป็น

Class I มีโรคหัวใจแต่ไม่มีอาการ cardiac reserve ดี

Class II ไม่มีอาการในกิจวัตรปกติ แต่มีอาการเมื่อออกกำลังมากกว่าปกติ cardiac reserve ปานกลาง

Class III เหนื่อยง่ายแม้ออกแรงเพียงเล็กน้อยแต่ไม่มีอาการขณะพัก cardiac reserve ต่ำ

Class IV มีอาการเหนื่อยตลอดเวลาแม้ในขณะไม่ได้ออกแรง cardiac reserve ต่ำมาก

ผู้ป่วยที่มี functional class I และ II จะมี cardiac reserve ดีและปานกลาง ตามลำดับ ส่วนผู้ป่วย class III และ IV จะมีปัญหาของภาวะหัวใจล้มเหลวและ pulmonary hypertension อัตราการเกิดโรคและอัตราตายของผู้ป่วยโรคหัวใจที่มารับการผ่าตัด จะเพิ่มขึ้นตามความรุนแรงของโรค ผลการศึกษาของหลายโรงพยาบาลพบว่า ผู้ป่วยโรคหัวใจที่มารับการผ่าตัดอื่นที่ไม่ใช่การผ่าตัดหัวใจ ถ้าอยู่ใน class I มีอัตราตายร้อยละ 4.3 class II มีร้อยละ 10.6 ส่วน class III และ IV อัตราตายจะเพิ่มเป็นร้อยละ 25 และ 67 ตามลำดับ

อาการและอาการแสดงที่พบบ่อยของผู้ป่วยโรคหัวใจคือหายใจลำบาก เหนื่อยเป็นลม นอนราบไม่ได้ หลอดเลือดดำที่คอโป่งตึง ระบบประสาทซิมพาเทติกถูกกระตุ้นทำให้ผู้ป่วยกระสับกระส่าย เหงื่อออก ชีพจรเร็ว โดยเฉพาะโรคของลิ้นไมทรัล อาจพบว่าหัวใจเต้นผิดจังหวะแบบ atrial fibrillation ทำให้คลำชีพจรได้ไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดลิ่มเลือดในหัวใจห้องบน ซึ่งบางครั้งหลุดเป็น emboli ลอยไปตามกระแสเลือดขึ้นไปอุดกั้นหลอดเลือดในสมองทำให้ผู้ป่วยเป็นอัมพาตได้ ส่วนอาการบ่งชี้เฉพาะของลิ้นเอออร์ติกรั่ว คือ pulse pressure กว้างเพราะมีความดัน systolic สูงกว่าปกติมาก ขณะที่ความดัน diastolic ลดต่ำลงใกล้ศูนย์อาจมีอาการเจ็บหน้าอกแบบ angina ผู้ป่วยจะมีหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ผิดปกติ หัวใจโตและกล้ามเนื้อหัวใจหนาขึ้น จึงได้รับเลือดไปเลี้ยงไม่พอกับความต้องการ ต้องระลึกเสมอว่า ประมาณร้อยละ 50 ของผู้ป่วยลิ้นเอออร์ติกตีบจะพบความผิดปกติของหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ ร่วมด้วย

ผู้ป่วยโรคลิ้นหัวใจแต่ละชนิด ฟังได้เสียง murmur ของหัวใจที่มีลักษณะแตกต่างกัน คือลิ้นไมทรัลตีบ เป็นเสียง low-pitched diastolic rumble ตามหลัง opening snap ลิ้นไมทรัลรั่ว ฟังได้เสียง holosystolic murmur ดังที่สุดบริเวณ apex ของหัวใจ ส่วนลิ้นเอออร์ติกตีบ มี mid-systolic ejection murmur ฟังได้ชัดที่ช่องซี่โครงที่ 2 ด้านขวาของกระดูก sternum ไปถึงบริเวณคอ และ ลิ้นเอออร์ติกรั่ว เป็นเสียง holodiastolic murmur ฟังได้ที่บริเวณด้านซ้ายของกระดูก sternum

นอกจากนี้สำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจ Goldman ได้แนะนำให้ใช้ปัจจัยต่าง ๆ ที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงของผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัด ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงคะแนนความเสี่ยงของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจของ Goldman

ความเสี่ยง	คะแนน
1. ประวัติ	
1.1 อายุมากกว่า 70 ปี	5
1.2 ประวัติของกล้ามเนื้อหัวใจตายภายใน 6 เดือน	10
2. การตรวจร่างกาย	
2.1 ได้ยินเสียง S3 gallop หรือหลอดเลือดดำที่คอโป่ง (Jugular vein distension)	11
2.2 ลิ้นหัวใจ aortic ตีบ	3
3. คลื่นไฟฟ้าหัวใจ	
3.1 ไม่ใช่ sinus rhythm มี PVC 's ร่วมด้วย	7
3.2 มี PVC 's > 5 ในหนึ่งนาที	7
4. การตรวจทางห้องปฏิบัติการ	
4.1 P_aO_2 < 60 หรือ P_aCO_2 > 50 มม.ปรอท	3
K+ < 3 หรือ HCO_3 < 20 mEq/ลิตร	
BUN > 50 หรือ Cr > 3.0 มก/เดซิลิตร	
Abnormal SGOT หรือมีอาการของโรคตับเรื้อรัง	
5. การผ่าตัด	
5.1 ผ่าตัดในช่องท้อง ทรวงอก หรือหลอดเลือด aorta	3
5.2 การผ่าตัดรีบด่วน	4

(ดัดแปลงจาก อมรา พานิช, 2535)

จากตารางของ Goldman ทำให้สามารถแบ่งผู้ป่วยออกตามความเสี่ยง ได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 คะแนนรวมต่ำกว่า 5 หมายความว่า มีความเสี่ยงน้อย

กลุ่มที่ 2 คะแนนรวม 6-12 หมายความว่า มีความเสี่ยงปานกลาง

กลุ่มที่ 3 คะแนนรวม 13-25 ผู้ป่วยมีโรคหัวใจที่มีความเสี่ยงสูง สมควรให้แพทย์ทางโรคหัวใจตรวจดู และเตรียมผู้ป่วยให้อยู่ในสภาพดีที่สุดสำหรับผ่าตัด

กลุ่มที่ 4 คะแนนรวมมากกว่า 26 ผู้ป่วยมีโรคแทรกซ้อนและอัตราตายสูงมากจะยอมให้ทำผ่าตัดเฉพาะรายที่จำเป็นต้องผ่าตัดเพื่อช่วยชีวิตเท่านั้นถ้าสามารถเลื่อนการ

ผ่าตัดออกไปก่อนได้ ควรเลื่อนไปก่อนและรักษาให้มีอาการดีขึ้นและอยู่ในสภาพที่ดีขึ้นกว่าเดิม ให้มีคะแนนความเสี่ยงลดลงก่อนที่จะทำผ่าตัด

การซักประวัติ ผู้ป่วยที่มีอาการเจ็บหน้าอกด้านซ้ายร้าวไปที่คอหรือแขนซ้าย อาจเป็น angina pectoris หรือ myocardial infarction ความรุนแรงของโรคหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ (coronary vascular disease) พบว่ามีความสัมพันธ์กับ อัตราตายในช่วงก่อนผ่าตัดจนถึงหลังผ่าตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อาการหอบหายใจลำบาก (orthopnea หรือ paroxysmal nocturnal dyspnea) เป็นข้อบ่งชี้ถึงภาวะการทำงานของหัวใจซีกซ้ายล้มเหลว (left ventricular failure)

การบวมตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เป็น ๆ หาย ๆ เช่น บวมที่ขา ที่หน้ามีน้ำในช่องท้อง เป็นข้อบ่งชี้ถึงภาวะการทำงานของหัวใจซีกขวาล้มเหลว (right ventricular failure)

อาการใจสั่น หน้ามืด หมดสติ อาจเกิดจากภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ หรือ severe valvular lesion เช่น ลิ้นเอออร์ติกตีบ

ประวัติการรักษาด้วยยา ควรทราบถึงชนิดและปริมาณของยาที่ได้รับในแต่ละวัน ระยะเวลาของการรักษา รวมถึงผลการรักษาว่าดีขึ้นหรือเลวลงอย่างไร ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

การตรวจร่างกาย การตรวจร่างกายที่ดีช่วยให้การวินิจฉัยโรคแม่นยำขึ้นและช่วยบอกถึงความรุนแรงของโรคได้ด้วย

การวัดความดันเลือด ในผู้ป่วยที่มีโรคความดันเลือดสูงจะพบว่า ค่าความดันจะสูงทั้ง systolic และ diastolic สำหรับผู้ป่วยที่เป็น atherosclerotic จะพบว่าความดัน systolic สูง กรณีที่ค่าความดัน systolic และ diastolic ที่แตกต่างกันมาก ๆ ทำให้นึกถึงว่าอาจจะเป็นลิ้นเอออร์ติกรั่ว

การสังเกตสีของผิวหนังและ mucous membrane เช่น ภาวะซีด (anemia) จะพบ conjunctiva ซีดลง ภาวะ cyanosis ผิวหนังจะมีสีเขียวคล้ำ ภาวะพร่องออกซิเจนในเลือด อาจพบปลายนิ้วมือโป่ง (clubbing finger) เป็นต้น

การคลำชีพจร ควรสังเกตอัตราการเต้น ความแรงและจังหวะของชีพจรในผู้ป่วยลิ้นเอออร์ติกตีบ ซึ่งชีพจรจะเบา คลำได้ยากในผู้ป่วยที่มีลิ้นเอออร์ติกรั่ว ชีพจรจะแรงคลำได้ชัดเจน ชีพจรที่เต้นแรงและเบาสลับกันเรียกว่า pulsus alternans แสดงว่าเกิดภาวะหัวใจซีกซ้ายล้มเหลว ชีพจรที่เบาขณะหายใจเข้าและแรงขณะหายใจออกในขณะที่ไม่มีปัญหาทางเดินหายใจอุดตัน เรียกว่า pulsus paradoxus แสดงว่าเกิดภาวะ fixed cardiac output เช่น pericardial effusion, constrictive pericarditis เป็นต้น

การตรวจพบอาการบวม (edema) มีน้ำในช่องท้อง (ascitis) หรือ มีน้ำในช่องปอด (pleural effusion) ตับโต (liver enlargement) หรือหลอดเลือดดำ jugular โป่งพอง

ซึ่งบอกถึงภาวะหัวใจซีกขวาล้มเหลว ในขณะที่พบว่ามีอาการ dyspnea, orthopnea, crepitation และมี low cardiac output

การมี heaving เป็นอาการแสดงที่บอกว่าเกิดจาก ventricular hypertrophy ส่วน thrill อาจเกิดจาก valvular lesion หรือ intracardiac shunt

การฟังเสียงหัวใจที่ผิดปกติเช่น gallop rhythm, murmur ควรฟังเทียบกับระยะเวลาที่ได้ยินที่สัมพันธ์กับจังหวะการเต้นของหัวใจ ความแรงและตำแหน่งที่ฟังได้ชัดที่สุด

การรักษาด้วยยา

Cardiac glycoside ผู้ป่วยได้รับยา digitalis ในขนาด 0.125-0.5 มก./วัน ยามีผลกระตุ้นหัวใจให้บีบตัวแรงขึ้น พร้อมกับลดอัตราเร็วของการบีบตัวของหัวใจห้องล่างลง ทำให้ระยะเวลาของหัวใจคลายตัวนานกว่าปกติ ซึ่งจะมีประโยชน์สำหรับผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะหัวใจล้มเหลวหรือหัวใจเต้นแบบ atrial fibrillation และ หัวใจห้องล่างบีบตัวเร็วตาม ถ้าได้รับยาขนาดเต็มที่ผู้ป่วยจะมีชีพจรขณะพักควบคุมได้ไม่เกิน 80 ครั้ง/นาที บางครั้งอาจจำเป็นต้องให้ยานี้ จนถึงเช้าวันผ่าตัดเพื่อป้องกันการเกิดชีพจรเต้นเร็วระหว่างได้รับยาสลบและผ่าตัด แต่ถ้าผู้ป่วยได้รับยามาตลอดและสามารถควบคุมสภาวะของหัวใจบีบตัวได้ดี ควรงดยานี้ในวันผ่าตัดเพื่อความปลอดภัย เพราะอาจเกิดอันตรายจากพิษของยาซึ่งให้การวินิจฉัยและรักษาได้ยากขณะผ่าตัดหัวใจ

ยาขับปัสสาวะ (diuretics) นิยมใช้ยา hydrochlorothiazide รับประทาน 50-100 มก./วัน หรือ furosemide 40-120 มก./วัน เพื่อเพิ่มการขับน้ำและโซเดี่ยมออกทางปัสสาวะ มีผลทำให้ลดปริมาณของน้ำในร่างกาย ดังนั้นกล้ามเนื้อหัวใจจะบีบตัวดีขึ้นในภาวะหัวใจล้มเหลว ลดการคั่งของน้ำในปอด มีผลให้ผู้ป่วยหายใจได้สะดวกขึ้น

ยาขยายหลอดเลือด ยากลุ่ม nitrate เช่น isosorbide dinitrate รับประทาน 20-40 มก./วัน และ nitroglycerine ซึ่งให้ได้หลายวิธี เช่น อมใต้ลิ้น ครั้งละ 0.3-0.5 มก. พ่นยาเข้าปาก หรือใช้แผ่นครีมติดไว้ที่หน้าอก แต่ถ้าต้องการให้ยาออกฤทธิ์แน่นอน ควรหยดเข้าหลอดเลือดดำขนาด 0.25-5.0 ไมโครกรัม/กก./นาที ยากลุ่มนี้เมื่อใช้ขนาดน้อยจะมีฤทธิ์ขยายหลอดเลือดดำ ทำให้ความดัน ventricular filling ลดลง ซึ่งเป็นผลดีสำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวเรื้อรัง นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ขยายหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ได้ดีมาก ถ้าให้ยาขนาดสูง ๆ สามารถปกป้องกล้ามเนื้อหัวใจจากการขาดเลือด ซึ่งความผิดปกตินี้พบได้บ่อยในผู้ป่วยลิ้นหัวใจพิการ

ระยะเวลาที่ควรได้รับยาก่อนการผ่าตัด

1. Digitalis ส่วนใหญ่จะงดให้ก่อนผ่าตัด 24-48 ชม.เพื่อลดการเกิดภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะให้น้อยลงหลังผ่าตัด

2. Beta blockers สามารถให้ได้จนวันมาผ่าตัด เว้นเสียแต่ว่ามีอาการแสดงของยาเกินขนาด ควรงดหากต้องเสี่ยงกับการเกิด perioperative infarction

3. Calcium antagonists ยาชนิดนี้มี negative inotropic effect คือทำให้หัวใจบีบตัวน้อยลง แต่ถ้าให้ร่วมกับ beta blockers จะได้ผลดี จึงเหมาะสมกว่า ถ้าให้ในระยะ preoperative

4. Nitrates ให้ได้อย่างต่อเนื่องอาจจะให้ถึงช่วง premedication

5. Diuretics ให้ได้อย่างต่อเนื่องจนถึงเช้าวันผ่าตัด

6. Anticoagulants งดให้หลายวันก่อนผ่าตัด เพื่อให้การแข็งตัวของเลือดกลับมาใกล้เคียงกับปกติ ถ้าคาดว่าจะมีอัตราเสี่ยงสูงต่อการเกิด embolism ก็สามารถให้ได้ต่อแล้วรักษาภาวะ coagulation defects ในระยะหลังการผ่าตัดต่อ

การตรวจทางห้องปฏิบัติการทั่วไป

การตรวจเลือด ได้แก่

Haemoglobin (Hb), haematocrit (Hct) ค่า haemoglobin ควรจะมากพอ (มากกว่า 11 gm%) เพื่อป้องกันการเกิดเลือดเจือจางมากไปขณะทำ haemodilution เมื่อ bypass ถ้าต่ำทำให้มี oxygen carrying capacity น้อยลง ในขณะที่ถ้าสูงมาก ทำให้เลือดมีความหนืดมากขึ้น

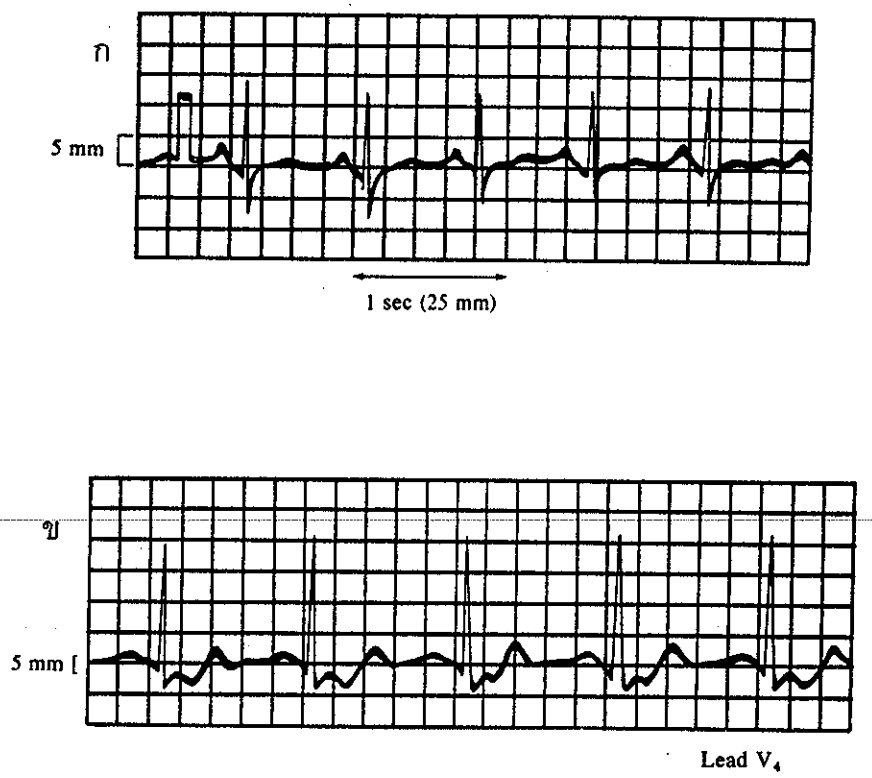
Coagulation test Prothrombin time (PT), partial thromboplastin time (PTT) และ venous clotting time ควรตรวจก่อนการผ่าตัดเพื่อการแก้ไขที่เหมาะสม หรือการเตรียมส่วนประกอบของเลือดอื่น ๆ ไว้ทดแทน

Electrolytes โดยเฉพาะ ซีรั่มโปตัสเซี่ยมควรอยู่ในเกณฑ์ปกติ ควรทำอย่างยิ่งในรายที่ได้รับ cardiac glycoside ถ้าค่าโปตัสเซี่ยมต่ำ จะทำให้เกิดพิษจากยาได้ง่าย

การตรวจหน้าที่ของไต ถ้าค่า BUN Cr สูง แสดงถึงอัตราเสี่ยงต่อการเกิดภาวะไตวาย renal failure หลังผ่าตัดได้ จึงควรดูแลให้มีปัสสาวะไหลออก (urine output) ได้เพียงพอทั้งขณะผ่าตัดและหลังผ่าตัดอย่างน้อย 0.5 มล./กก./ชม.

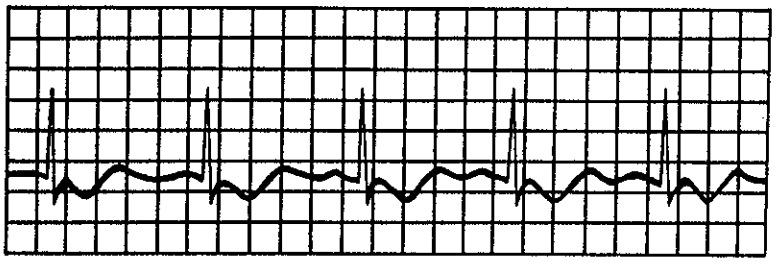
การตรวจหน้าที่ของตับ ค่าที่ผิดปกติ มักเป็นตัวบ่งบอกถึงการเกิดภาวะ congestive cardiac failure

การตรวจคลื่นหัวใจ ควรตรวจดูอัตราการเต้น ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ conduction defect, hypertrophy, infarction, ischemia (ดังรูปที่ 4.1) และอาจพบความผิดปกติของ electrolyte บางชนิด (ดังรูปที่ 4.2, 4.3 และ 4.4) การทำ exercise test ช่วยประเมินกำลังสำรองของหัวใจที่จะไม่ทำให้เกิดการขาดเลือดขณะออกกำลังกาย



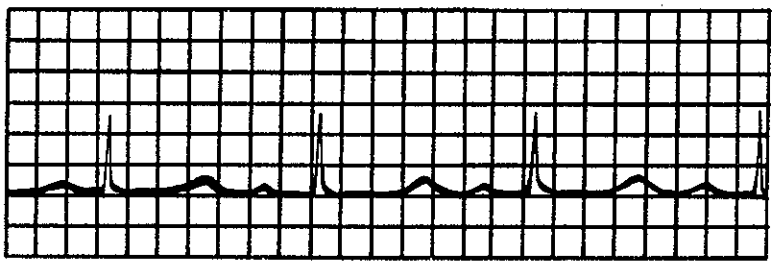
รูปที่ 4.1 แสดงภาพคลื่นหัวใจ ก. ปกติ ข.เกิด ST depression
(Gravenstein JS, 1987)

รูปที่ 4.2 แสดงภาพคลื่นหัวใจเมื่อเกิดภาวะ hyperkalemia
(Gravenstein JS, 1987)



Lead V_4

รูปที่ 4.3 ภาพแสดงคลื่นหัวใจเมื่อเกิดภาวะ hypokalemia
(Gravenstein JS, 1987)



Lead II

รูปที่ 4.4 ภาพแสดงคลื่นหัวใจเมื่อเกิดภาวะ hypocalcemia
(Gravenstein JS, 1987)

ในผู้ป่วยที่มีลิ้นหัวใจไมทรัลตีบหรือรั่ว อาจปรากฏ P wave กว้างกว่า 0.12 วินาที หรือมี atrial fibrillation ส่วนโรคของลิ้นเอออร์ติกจะเคลื่อน axis ไปทางซ้าย มี Q wave ใน lead I, aVL และ V_3-V_5 อาจมี heart block หรือมีการเปลี่ยนแปลงของ ST segment ใน V_5และ V_6

การถ่ายภาพรังสีทรวงอกทั้งด้านตรงและด้านข้าง (chest X-ray) ควรทำในผู้ป่วยทุกรายที่นำมาผ่าตัด เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงในขนาดรูปร่างของส่วนต่าง ๆ ของหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่เห็นในเนื้อปอด ผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจอาจพบความผิดปกติของ chest X-ray ได้เช่น จะปรากฏลักษณะดังต่อไปนี้

- generalized cardiac enlargement อาจพบได้ใน ventricular hypertrophy, หรือ pericardial effusion
- ดูลักษณะทั่วไปของปอดรวมทั้ง pulmonary vasculature

- double shadow ตอนกลางหัวใจเห็นเงาของ atrium ซ้อน อาจพบใน left atrial enlargement

- pulmonary vasculature เพิ่มขึ้นพบในผู้ป่วย left to right shunt เช่น ASD, VSD และ PDA เป็นต้น และ pulmonary vasculature ลดลงพบใน right to left shunt เช่น Tetralogy of Fallot

- จะเห็นเงาของ ascending aorta กว้างกว่าปกติในผู้ป่วยลิ้นเอออร์ติกตีบและรั่ว อาจมีแคลเซียมมาเกาะที่ผนังของเอออร์ตา หรือบริเวณลิ้นหัวใจที่มีพยาธิสภาพ

- pulmonary hypertension จะทำให้หลอดเลือดแดง pulmonary ที่ใกล้กับ hilar มีขนาดใหญ่กว่า peripheral vessel ส่วน pulmonary congestion พบว่า หลอดเลือดดำของ upper lobe ขนาดใหญ่กว่าของ lower lobe

การทดสอบการทำงานของปอด (pulmonary function test) อาจนำมาใช้ในผู้ป่วยที่มีภาวะ pulmonary insufficiency และใช้ในการแยกโรคที่มีพยาธิสภาพของปอดออกจากโรคที่มีพยาธิสภาพจากหัวใจ ในกรณีผู้ป่วยบ่นว่ามีอาการ dyspnea ควรใช้ spirometer วัด tidal capacity และ forced expiratory volume ถ้า $FEV_{1.0}$/FVC น้อยกว่า 60% ควรมีการตรวจวิธีอื่นร่วมด้วยเช่น arterial blood gas analysis และใช้ bronchodilator

การตรวจพิเศษ

ผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่ถูกแนะนำให้ได้รับการผ่าตัดจะต้องได้รับการตรวจวินิจฉัยเกี่ยวกับหัวใจโดยละเอียดถี่ถ้วน พร้อมกับได้รับการรักษาทางยามาแล้ว การทำการตรวจวิเคราะห์อื่น ๆ ก่อนผ่าตัดควรทำเพื่อพิจารณาพยาธิสภาพ กำลังสำรองของหัวใจ และความรุนแรงของโรค วิสัญญีแพทย์จะเป็นผู้ดูผลการตรวจวินิจฉัยเหล่านี้เพื่อประเมินผู้ป่วยในการเสี่ยงต่อการวางยาสลบเพื่อเตรียมการดูแลพิเศษในแต่ละกรณี

นอกจากการทดสอบทางห้องปฏิบัติการดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในบางรายอาจจำเป็นต้องมีการทดสอบเพิ่มเติมอื่น ๆ เป็นพิเศษอีก เช่น echocardiography cardiac catheterization และ coronary angiography เป็นต้น

การตรวจภาพคลื่นเสียงสะท้อนจากหัวใจ (Echocardiography) เป็นการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนจากหัวใจ โดยอาศัยหลักการของคลื่นเสียงที่ส่งผ่านเนื้อเยื่อและสะท้อนกลับ เช่น ผ่านทรวงอกเข้าไปที่หัวใจ ใช้เพื่อวินิจฉัย พยากรณ์โรค ตรวจหาความรุนแรง และติดตามผลการรักษาในโรคหัวใจและหลอดเลือด

วิธีการตรวจ มี 2 วิธีคือ

1. Transthoracic echocardiography (TTE) โดยใช้ทรานซดิวเซอร์ (transducer) เป็นตัวส่งและรับคลื่นเสียงสะท้อนทางทรวงอก

2.Transesophageal echocardiography (TEE) เป็นการตรวจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนแบบใหม่ โดยผ่านทรานซดิวเซอร์เข้าทางหลอดอาหาร วิธีนี้นิยมใช้มากขึ้นเนื่องจากสามารถตรวจหัวใจและหลอดเลือดที่อยู่ทางด้านหลังได้ชัดเจนกว่าวิธีแรก ไม่ได้ใช้ทดแทน TTE แต่ใช้เสริมในรายที่ต้องการทราบรายละเอียดของหัวใจ และหลอดเลือดทางด้านหลัง บางสถาบันวิสัญญีแพทย์นำมาใช้เฝ้าระวังการทำงานของหัวใจในห้องผ่าตัดด้วย แต่โรงพยาบาลศรีนครินทร์ยังมิได้นำมาใช้ในห้องผ่าตัด

การสวนหัวใจ (Cardiac catheterization) มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. วัดความดันในส่วนต่าง ๆ ของหัวใจและหลอดเลือด

2. หาจำนวนออกซิเจนในเลือดตามบริเวณต่าง ๆ ของหัวใจและหลอดเลือด

3. ฉีดสารทึบแสงที่ส่วนต่าง ๆ ของหัวใจและหลอดเลือด (Angiocardiography) เพื่อดูความผิดปกติด้วยวิธีการถ่ายภาพรังสี อาจเป็นภาพนิ่ง หรือภาพยนตร์ก็ได้

วิธีสวนหัวใจ แบ่งออกเป็น

1. Right heart catheterization โดยผ่านสายสวนเข้าทางหลอดเลือดดำ วัดความดันและจำนวนออกซิเจนในเลือดได้จากส่วนต่าง ๆ จนถึงหลอดเลือดฝอยในปอด (wedge position)

2. Left heart catheterization ทำได้ 2 วิธี คือ

2.1 ผ่านสายสวนเข้าทางหลอดเลือดแดง (retrograde approach) ไปจนถึง ascending aorta ผ่านลิ้นเอออร์ติกเข้าสู่หัวใจห้องล่างซ้าย

2.2 ผ่านสายสวนเข้าทาง atrial septum (Trans-Septal approach) โดยผ่านสายสวนเข้าหลอดเลือดดำไปจนถึงหัวใจห้องบนขวา และผ่าน atrial septum เข้าหัวใจห้องบนซ้าย โดยแทงผ่านเข้าทาง Patent Foramen Ovale

การใช้สารทึบแสงฉีดเข้าไปในส่วนที่ต้องการทำให้เห็นพยาธิสภาพได้เป็นอย่างดี

Coronary angiography ใช้บอกความผิดปกติของหลอดเลือดแดงโคโรนารี่ ซึ่งอาจเกิดร่วมกับโรคของลิ้นหัวใจได้ ทำให้ต้องดูแลผู้ป่วยขณะวางยาสลบเป็นพิเศษ เนื่องจากเพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการเกิดกล้ามเนื้อหัวใจตายสูงกว่าปกติ

บรรณานุกรม

1. กัมพล ประจวบเหมาะ. หลักทั่วไปของศัลยกรรมหัวใจ. ใน: สมชาติ โลจายะ และคณะ. ตำราโรคหัวใจและหลอดเลือด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร, 2536 : 1018-1027.
2. ธารา ตริตระการ. การดมยาสลบผู้ป่วยโรคหัวใจที่มารับการผ่าตัดทั่วไป. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. ตำราวิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2538: 594-615.
3. วรภา สุวรรณจินดา. การให้ยาระงับความรู้สึกสำหรับการผ่าตัดเยื่อหุ้มหัวใจและลิ้นหัวใจ. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. ตำราวิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2538: 638-655.
4. Aitkenhead AR, Smith G. Anaesthesia for cardiac surgery. In: Aitkenhead AR, Smith G, eds. Textbook of Anaesthesia. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone, 1992: 629-643.
5. Colmer MR. Surgery of the heart. In: Colmer MR, ed. Moroney's Surgery for Nurses. 16th ed. New York: Churchill Livingstone, 1986: 323-349.
6. Fontes ML, Wray DL, Thomas SJ.Cardiac Anaesthesia. In: Nimmo WS, Rowbotham DJ, Smit G, eds. Anaesthesia. Vol I. 2nd ed. Oxford: Blackwell scientific pub., 1994: 881-907.
7. Hug CC.Anesthesia for Adult Cardiac Surgery. In: Miller RD, ed. Anesthesia. Vol II. 3rd ed. New York: Churchill-Livingstone, Inc., 1990: 1605-1643.
8. Wray DL, Hughes CW, Fine RH, et al. Anesthesia for Cardiac Surgery. In: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK, eds. Clinical Anesthesia. 2nd ed. Philadelphia: J.B.Lippincott, 1992: 1021-1051.

5

การเตรียมอุปกรณ์ในการวางยาสลบ

การเตรียมเครื่องวางยาสลบ
การเตรียมยาที่ใช้ในการวางยาสลบ
การเตรียมยาพิเศษอื่น ๆ
การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษอื่น ๆ
การเตรียมเครื่องมือเฝ้าระวัง

การให้บริการวางยาสลบผู้ป่วยนั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดขั้นตอนหนึ่งคือการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวางยาสลบสำหรับผู้ป่วยแต่ละราย ซึ่งวิสัญญีพยาบาลมีหน้าที่โดยตรงในการจัดเตรียมอุปกรณ์ทุกอย่างให้มีพร้อมที่จะใช้ สำหรับการวางยาสลบในการผ่าตัดหัวใจ (ชนิดเปิด) มีวิธีการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น การเตรียมเครื่องวางยาสลบ การเตรียมยาที่ใช้ในการวางยาสลบ การเตรียมยาพิเศษอื่น ๆ การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษอื่น ๆ และการเตรียมเครื่องมือเฝ้าระวัง

การเตรียมเครื่องวางยาสลบ
(Anesthetic machine & airway management)

Anesthetic machine (ดังรูปที่ 5.1) ปฏิบัติตามขั้นตอนการตรวจสอบเครื่องวางยาสลบก่อนใช้งานทุกครั้งอย่างเคร่งครัด เพื่อมิให้เกิดข้อผิดพลาด มีขั้นตอนดังนี้

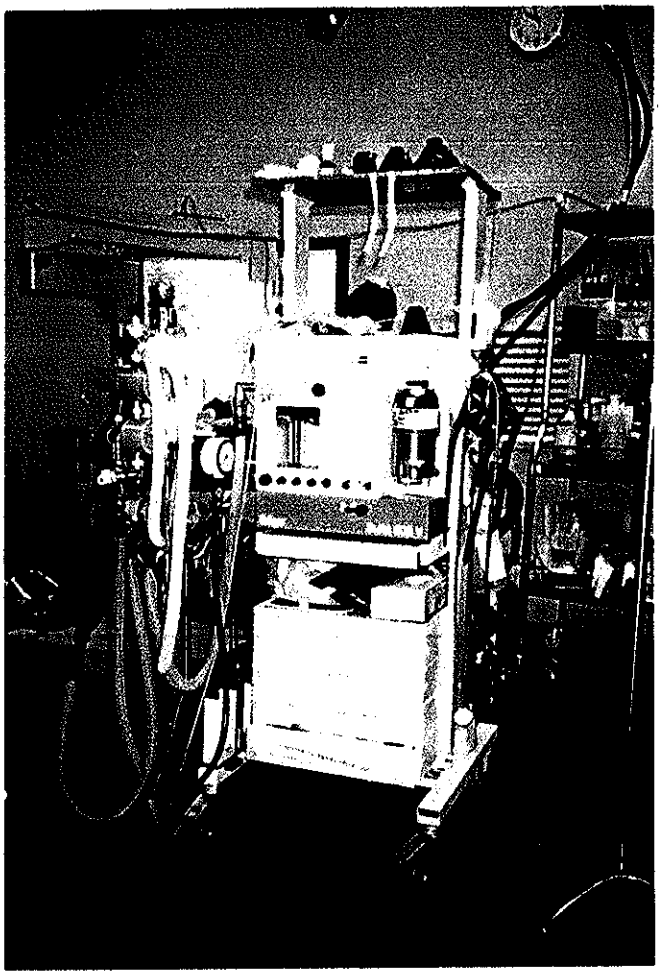
การต่อก๊าซเข้าเครื่องวางยาสลบ ต้องให้ถูกที่ เช็คความดันของก๊าซที่หน้าปัด การไหลของก๊าซปกติ ปริมาณของก๊าซเพียงพอ เครื่องวางยาสลบที่ใช้ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์เป็นแบบ continuous flow คือ ก๊าซจะไหลสู่ผู้ป่วยอย่างต่อเนื่องทั้งขณะหายใจเข้าและออก

เครื่องวัดการไหลของก๊าซ (flow meter) ไม่ติดขัด หลอดแก้วไม่แตกร้าว ห้ามมิให้ผู้ใดมาถูกส่วนหนึ่งส่วนใดบนเครื่องวางยาสลบเพราะอาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเปอร์เซ็นต์ของก๊าซที่ให้โดยไม่เจตนา และหมั่นตรวจสอบดูการไหลของก๊าซตลอดเวลาขณะวางยาสลบ

vaporizer ถูกต้องตามชนิดที่จะใช้ ควรเติมยาสลบชนิดสูดดมด้วยความระมัดระวังไม่หกเลอะเทอะและสิ้นเปลือง vaporizer ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ สามารถถอดออกเปลี่ยนชนิดได้ ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังอย่างยิ่งเวลาเปลี่ยน ต้องให้เข้าล็อค มิเช่นนั้นจะไม่ได้ไอระเหยตามที่ต้องการ ในการผ่าตัดหัวใจนิยมใช้ isoflurane เนื่องจากมีฤทธิ์กดการทำงานของหัวใจน้อยกว่าชนิดอื่น แต่อย่างไรก็ดีการใช้ที่ไม่เกิน 1 MAC หรือต่ำกว่านี้ สามารถทำให้เลือดยังคงไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ดี จึงสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย ถ้ามีความระมัดระวัง

CO_2 absorber ตรวจสอบว่ามีคุณภาพดี ไม่เปลี่ยนสี

เครื่องช่วยหายใจ ตรวจดูว่าต่อ compressed air เรียบร้อย และ bellow ที่ใส่ไว้แน่นหนา ไม่หลุด หลวม ขนาดของ bellow เหมาะกับสภาพผู้ป่วย เนื่องจาก bellow ของเครื่องช่วยหายใจที่ใช้ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์สามารถปรับเปลี่ยนระหว่างผู้ป่วยผู้ใหญ่และเด็กได้ tidal volume ที่ได้เมื่อใช้ตรงตามที่ตั้งไว้ตามเครื่อง



รูปที่ 5.1 แสดงเครื่องวางยาสลบเตรียมพร้อมที่จะใช้งาน

วงจรวางยาสลบ เหมาะกับผู้ป่วย ในผู้ใหญ่นิยมใช้ Coaxial circle circuit ในเด็กโตใช้ Ulm circuit และในเด็กเล็กใช้ Jackson-Rees circuit หรือ Bain circuit ตรวจโดยละเอียดว่าวงจรไม่มีชำรุด ส่วนประกอบถูกต้อง

การเตรียมอุปกรณ์การใส่ท่อช่วยหายใจ ได้แก่

1. Face mask ขนาดพอเหมาะกับผู้ป่วย
2. Laryngoscope พร้อมกับ blade ตรวจสอบว่าหลอดไฟใช้ได้ดี ไม่เสีย มีไฟติดสว่างมากพอ หลอดไฟไม่หลวมหลุดง่าย
3. ท่อช่วยหายใจ ตามขนาดผู้ป่วย กรณีใช้ท่อ ชนิดมี cuff ควรเลือก cuff ชนิด low pressure ในการผ่าตัดหัวใจนิยมใช้ท่อใหม่ ชนิด disposable เพราะเสร็จผ่าตัดอาจต้องคาท่อไว้หลังผ่าตัดอีกระยะหนึ่ง
4. Oropharyngeal airway เลือกขนาดที่พอเหมาะกับผู้ป่วย
5. Syringe พลาสติกขนาด 10-20 มล. สำหรับเป่าลมเข้า cuff
6. เทปติดท่อกับมุมปาก 2 เส้น (นิยมใช้ hypafix® เพราะไม่ลื่นหลุดง่าย)

7. Endotracheal connector หรือ adapter (elbow joint)

8. Stylet และ Magill's forceps สำหรับกรณีใส่ท่อช่วยหายใจลำบาก

9. Reservoir bag

10. พลาสเตอร์ใสปิดตา

11. Kemicetine ointment ป้ายตา

12. Stethoscope สำหรับฟังเสียงหายใจ เพื่อตรวจสอบการใส่ตำแหน่งของท่อช่วยหายใจ

13. Suction apparatus

การเตรียมยาที่ใช้ในการวางยาสลบ

Premedication

1. Morphine (10 มก./มล.)เจือจางเป็น 1 มก./มล.(ใช้ syringe 10 มล.) หรือ Fentanyl (50 ไมโครกรัม/มล.) เตรียมไว้ 2 หลอด (4 มล.)

2. Atropine (0.6 มก./มล.) เจือจางเป็น 0.1 มก./มล. (ใช้ syringe 10 มล.)

3. Diazepam (5 มก./มล.) เตรียมไว้ 2 มล. (ใช้ syringe 2 มล.) หรือ Midazolam (5 มก./มล.) เจือจางเป็น 1 มก./มล. (ใช้ syringe 5 มล.) หรือเตรียมไว้ 10 มก. ไม่ต้องเจือจาง

Induction and Intubation

1. Sodium thiopentone เจือจางเป็น 25 มก./มล. เตรียมไว้ 10 มล. (ใช้ syringe 10 มล.) ทำไว้ 2 ชุด หรือ Etomidate (2 มก./มล.) เตรียมไว้ 10 มล. (ใช้ syringe 10 มล.) หรือ Propofol (Diprivan 1% W/V 10 มก./มล.)เตรียมไว้ 20 มล. (ใช้ syringe 20 มล.)

2. Succinyl choline (25 มก./มล.) เตรียมไว้ 3 มล. (ใช้ syringe 5 มล.)

3. Pancuronium (2 มก./มล.) เจือจางเป็น 1 มก./มล. (ใช้ syringe 5 มล.) ทำไว้ 2 ชุด หรือ Vecuronium (1 มก./มล.) เตรียมไว้ 10 มล. (ใช้ syringe 10 มล.) หรือ Atracurium (10 มก./มล.) เตรียมไว้ 5 มล. (ใช้ syringe 5 มล.)

การเตรียมยาพิเศษอื่น ๆ

1. Calcium gluconate 10% W/V เตรียมไว้ 10 มล.(ใช้ syringe 10 มล.)

2. Ephedrine (30 มก./มล.) เจือจางเป็น 3 มก./มล. (ใช้ syringe 10 มล.)

3. Epinephrine (1 มก./มล.)เจือจางเป็น 100 ไมโครกรัม(ใช้ syringe 10 มล.) จากนั้นแบ่งมาเพียง 1 มล. (100 ไมโครกรัม) นำมาเจือจางต่อเป็น 10 ไมโครกรัม/มล. (ใช้ syringe 10 มล.)

4. Heparin (เตรียมตามน้ำหนักตัว 3 มก./กก.)
5. 2% Xylocaine
6. Protamine
7. Sodium bicarbonate ($NaHCO_3$)
8. Potassium chloride (KCl)
9. 50% glucose
10. Dopamine
11. Dobutamine
12. Nitroglycerine
13. Sodium nitroprusside
14. Amrinone
15. Propranolol
16. Furosemide
17. Steroids : dexamethasone
18. Antibiotics : Mandol
19. Isoproterenol
20. Digitalis (Digoxin)

การเตรียมอุปกรณ์พิเศษอื่น ๆ

1. Syringe pump (ดังรูปที่ 5.2) ช่วยในการให้ยาทางหลอดเลือดดำอย่างต่อเนื่อง อย่างน้อย 2-3 เครื่อง ต้องตรวจสอบก่อนนำมาใช้ว่า สามารถใช้งานได้ดี ต่อไฟ AC เข้าได้ และสามารถใช้แบตเตอรี่ได้ เพื่อความสะดวกในการส่งผู้ป่วยไป intensive care unit

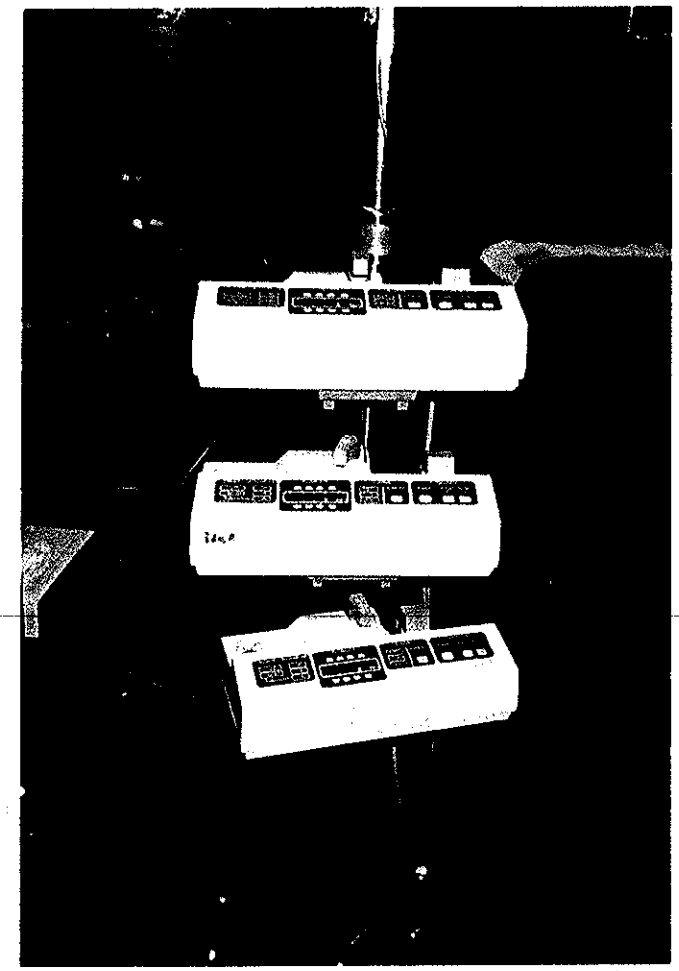
2. สะพานไฟ (ปลั๊กลอย 3 ตา) เพื่อใช้เสียบ monitor, syringe pump ที่อุ่นเลือด และอื่น ๆ ใช้ประมาณ 6-8 ปลั๊ก

3. warmer สำหรับอุ่นเลือดหรือสารละลายอื่น

4. ที่ปั๊มเลือด สำหรับปั๊ม cardioplegia และเลือด 2 ชุด ตรวจดูก่อนนำมาใช้ว่าเมื่อความดันถูกบีบขึ้นแล้วสามารถคาไว้ได้ไม่ซึมรั่วหรือชำรุด

5. 5% D/W ชนิด 100 มล. สำหรับผสมยา 3-4 ขวด

6. syringe ขนาดต่าง ๆ ให้มีใช้อย่างเพียงพอ สำหรับขนาด 20 และ 50 มล. เลือกชนิดที่สามารถใช้กับ syringe pump ได้



รูปที่ 5.2 ภาพ syringe pump สำหรับให้ยาผู้ป่วย

7. สาย extension tube ขนาดความยาว 18 นิ้ว และ 42 นิ้ว ประมาณ 10 สาย
8. Top® extension tube (X1 - 1800 m/m) ประมาณ 5 สาย
9. Three way stopcock ประมาณ 10 อัน
10. Transducer สำหรับทำ arterial line และ CVP 2-4 ชุด
11. Syringe insulin สำหรับทำ blood gas analysis หรือดูดยา สำหรับเด็ก 2-4 อัน
12. Blood set 4-5 ชุด Infusion set 5-10 ชุด และ IV catheter ขนาด 16G, 18G, 20G, 22G, 24G อย่างละ 3-6 อัน
13. Anesthetic record
14. ใบคิดเงิน

การเตรียมเครื่องมือเฝ้าระวัง (monitoring)

เครื่อง monitor ที่ใช้ในห้องผ่าตัดหัวใจของโรงพยาบาลศรีนครินทร์จะสามารถ monitoring ได้หลาย ๆ อย่างในเวลาเดียวกันภายในเครื่องเดียวกัน ได้แก่

1. ECG (Electrocardiogram)
2. Noninvasive blood pressure
3. Arterial blood pressure
4. Central venous pressure (CVP)
5. O_2 saturation
6. Body temperature
7. End tidal CO_2
8. LA pressure
9. Respiratory rate

นอกจากนี้เครื่อง monitor ที่ต้องมีเพิ่มเติม ได้แก่

1. ACT (activated clotting time)
2. เครื่องทำ blood gas analysis
3. Defibrillator

และผู้ให้ยาสลบ ยังต้องเช็คจำนวนสารละลายที่ผู้ป่วยได้รับ และ urine output อีกด้วย รายละเอียดการ monitoring ต่าง ๆ จะกล่าวในบทที่ 6

บรรณานุกรม

1. วรภา สุวรรณจินดา. การให้ยาระงับความรู้สึกสำหรับการผ่าตัดเยื่อหุ้มหัวใจและลิ้นหัวใจ. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. ตำราวิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2538: 638-655.
2. วราภรณ์ ไวดกุล, กุลรัตน์ ชีวะธนรักษ์. การดมยาสลบในผู้ป่วยโรคหัวใจ. ใน: อมรา พานิช, มยุรี วศินานุกร, บก. วิสัญญีวิทยา. กรุงเทพฯ: โอเอส พริ้นติ้ง เฮาส์, 2535: 265-277.
3. ธารา ตริตระการ. การดมยาสลบผู้ป่วยโรคหัวใจที่มารับการผ่าตัดทั่วไป. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. ตำราวิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2538: 594-615.

4. สมบูรณ์ เทียนทอง. ปัญหาทางอายุรกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิสัญญีแพทย์. ใน: วราภรณ์ เชื้ออินทร์, ดีนา อารยะสัจพงษ์, สมบูรณ์ เทียนทอง, บก. วิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 3. ขอนแก่น: ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท, 2537: 281-304.
5. Aitkenhead AR, Smith G.Anaesthesia for cardiac surgery. In: Aitkenhead AR, Smith G, eds. Textbook of Anaesthesia. 2nd ed. New York: Churchill Livingston, 1992: 629-643.
6. Colmer MR. Surgery of the heart. In: Colmer MR, ed. Moroney's Surgery for Nurses. 16th ed. New York: Churchill Livingstone, 1986: 323-349.
7. Fontes ML, Wray DL, Thomas SJ. Cardiac Anaesthesia. In: Nimmo WS, Rowbotham DJ, Smith G, eds. Anaesthesia. Vol I. 2nd ed. Oxford: Blackwell scientific pub., 1994: 881-907.
8. Wray DL, Hughes CW, Fine RH, et al. Anesthesia for Cardiac Surgery. In: Barash PG, Cullen BF, Stoelting PK, eds. Clinical Anesthesia. 2nd ed. Philladelphia: J.B.Lippincott Company, 1992: 1021-1051.

6 หลักการและวิธีการเฝ้าระวัง (monitoring) ในการผ่าตัดหัวใจ (ชนิดเปิด)

วัตถุประสงค์

การเฝ้าระวังระบบหัวใจและหลอดเลือด

- การตรวจคลื่นหัวใจ
- การวัดความดันในหลอดเลือดแดงโดยตรง
- การวัดความดันในหลอดเลือดดำส่วนกลาง
- การวัดความดันเลือดในหัวใจห้องบนซ้าย
- การวัดความดันเลือดโดยทางอ้อม

การเฝ้าระวังระบบทางเดินหายใจ

- การวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดง
- การวัดค่าความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก
- การวิเคราะห์ค่าความดันก๊าซในหลอดเลือดแดง

การเฝ้าระวังส่วนอื่น ๆ

- การทดสอบการแข็งตัวของเลือด
- การวัดอุณหภูมิร่างกาย
- Urine output

ในระหว่างการวางยาสลบผู้ป่วย ผู้ป่วยจะได้รับยาหลายชนิดที่ออกฤทธิ์กดระบบประสาทกลางทำให้หมดสติ กดระบบไหลเวียนเลือด กดระบบหายใจ ทำให้กล้ามเนื้อหย่อนตัว และกดระบบประสาทอัตโนมัติ การผ่าตัดอาจทำให้เกิด reflex response ของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจที่ไม่พึงประสงค์ หรือทำให้มีการเสียเลือดอย่างมากได้

ดังนั้น จึงจำเป็นที่ผู้ให้ยาสลบต้องติดตามเฝ้าดูอย่างใกล้ชิด อาจจะโดยการสังเกตและใช้เครื่องมืออันทันสมัยมาช่วยเตือนให้ทราบถึงความผิดปกติต่าง ๆ ได้รวดเร็วขึ้น เพื่อสามารถปรับขนาดของยาที่ใช้ ควบคุมระดับความลึกของการสลบ และแก้ไขภาวะแทรกซ้อนที่เกิด แต่ขณะเดียวกันสิ่งสำคัญที่สุดที่ทดแทนกันไม่ได้คือความระมัดระวัง และความชำนาญของผู้ให้ยาสลบ ซึ่งต้องเป็นบุคคลที่ช่างสังเกต ฉับไว หมั่นตรวจสอบข้อมูล และคาดการณ์ภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น มีความสามารถในการป้องกันและวินิจฉัยปัญหาก่อนที่อันตรายจะเกิดขึ้น

Monitoring หมายถึง การเฝ้าสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผู้ป่วยที่อาจเกิดขึ้นเป็นช่วงเวลา โดยผู้วางยาสลบจะต้องใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าของตนในการตรวจและสังเกตผู้ป่วยอย่างใกล้ชิด พร้อมกับใช้เครื่องมือต่าง ๆ ช่วยให้การดูแลผู้ป่วยได้ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อการตัดสินแก้ปัญหาที่ดีและถูกต้องปลอดภัย

วัตถุประสงค์

การเฝ้าระวังระหว่างที่ผู้ป่วยได้รับการวางยาสลบ

มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- วินิจฉัยปัญหาและสิ่งผิดปกติให้เร็วที่สุด
- เพื่อคาดคะเนความรุนแรงของความผิดปกติ
- เพื่อประเมินผลการรักษาทั้งด้านประสิทธิภาพและภาวะแทรกซ้อน
- เพื่อประเมินและควบคุมการให้ยาระงับความรู้สึกให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะกรณีผู้ป่วยได้รับการวางยาสลบ และเพื่อสังเกตภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นในผู้ป่วยที่ไม่รู้สึกตัว

โดยแบ่งระดับการเฝ้าระวังเป็น 3 ระดับ คือ

1. การเฝ้าระวังขั้นพื้นฐาน ใช้กับผู้ป่วยทุกรายที่มารับยาระงับความรู้สึก ได้แก่ การคลำชีพจร การวัดความดันเลือด การวัดอุณหภูมิของร่างกาย และความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดที่ปลายนิ้ว

2. การเฝ้าระวังพิเศษในผู้ป่วยมีปัญหา เป็นการเฝ้าระวังเพิ่มเติมจากการเฝ้าระวังพื้นฐาน เช่น การวัดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวาน หรือการตรวจค่า

ความดันก๊าซ และดุลกรดด่างของเลือดแดงในผู้ป่วยผ่าตัดปอด เป็นต้น

3. การเฝ้าระวังระบบสำคัญทุกระบบ ได้แก่ การเฝ้าระวังในผู้ป่วยภาวะวิกฤติหรือมารับการผ่าตัดที่ทำให้รบกวนทุกระบบของร่างกาย เช่น การทำผ่าตัดหัวใจ ซึ่งต้องใช้เครื่องหัวใจและปอดเทียม เป็นต้น

เครื่อง monitor ที่ใช้ในห้องผ่าตัดหัวใจของโรงพยาบาลศรีนครินทร์ ใช้เครื่องที่สามารถตรวจได้หลายหน้าที่ในเครื่องเดียวกัน ได้แก่ ECG, arterial blood pressure, central venous pressure, end tidal CO_2, respiratory rate, body temperature, O_2 saturation และ non invasive blood pressure (NIBP)

ดังนั้นก่อนใช้เครื่อง จึงควรตรวจเช็ค ศึกษารายละเอียดและจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะใช้ในการ monitoring แต่ละชนิดให้พร้อมด้วยความระมัดระวังอย่างยิ่ง เพื่อการปฏิบัติงานได้คล่องตัวขึ้น และยืดอายุการใช้งานของเครื่องโดย

1. เปิดเครื่องตรวจดูว่ามีไฟฟ้าเข้าเครื่อง

2. กดปุ่ม set up monitor และ on monitor ในส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการดู

3. เตรียมต่อสาย cable เข้ากับส่วนประกอบอื่น ๆ ตามหน้าที่ของส่วนนั้น โดยระมัดระวังมิให้สายตึงเกินไป ระวังถูกสิ่งของกระแทกทำให้ฉีกขาด ถูกเหยียบหรือกดทับสาย cable มิให้ตกหล่นเพื่อป้องกันการแปรค่าที่ผิดปกติไป เมื่อติดเข้าที่แล้วให้ติดอยู่ในสภาพที่มั่นคงไม่ตกหล่นได้ง่าย

4. เปิดจอภาพใหญ่เพื่อขยายภาพจากจอ monitor เพื่อความสะดวกในการดูค่าต่าง ๆ ขณะผ่าตัด

เครื่อง monitor มีความสำคัญมากในการเฝ้าระวังผู้ป่วยขณะวางยาสลบผ่าตัดหัวใจ ดังนั้นจึงควรใช้ด้วยความระมัดระวังอย่างยิ่งและเข้มงวดในการดูแลรักษาเพราะเป็นเครื่องมือที่มีราคาสูงมากและหากชำรุดการแปรค่าจะผิดพลาดไป อาจเกิดผลเสียกับผู้ป่วยได้ ซึ่งรายละเอียดของการเฝ้าระวังจะได้กล่าวต่อไป

การเฝ้าระวังผู้ป่วยขณะทำการผ่าตัดหัวใจ (ชนิดเปิด) ประกอบด้วย

การเฝ้าระวังระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular monitoring)

เป็นการเฝ้าระวังในระบบหัวใจและหลอดเลือดขณะผู้ป่วยได้รับการวางยาสลบ ในการวางยาสลบผู้ป่วยทำผ่าตัดหัวใจ (ชนิดเปิด) การเฝ้าระวังควรทำอย่างใกล้ชิด ได้แก่

1. การตรวจคลื่นหัวใจ (Electrocardiogram หรือ ECG)

2. การวัดความดันในหลอดเลือดแดงโดยทางตรง (Direct arterial blood pressure หรือ Arterial line หรือ arterial cannula หรือ arterial catheterization)

3. การวัดความดันในหลอดเลือดดำส่วนกลาง (Central venous pressure หรือ CVP)

4. การวัดความดันเลือดบริเวณ left atrium (Left atrial pressure หรือ LAP)

1. การตรวจคลื่นหัวใจ (Electrocardiogram หรือ ECG)

การตรวจคลื่นหัวใจสามารถวัดและแสดงถึงการทำงานของหัวใจเป็นเวลาอย่างต่อเนื่องกัน และตรวจพบการเต้นที่ผิดปกติของหัวใจได้

การเต้นของหัวใจแต่ละครั้งเป็นผลเนื่องมาจากแรงกระตุ้นของไฟฟ้า ซึ่งนำกระแสประสาทจะเริ่มเกิดขึ้นในบริเวณ SA node และไปตามระบบนำกระแส (conducting system) ของหัวใจ เพื่อกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหัวใจมีการหดตัวและคลื่นไฟฟ้าเดียวกันนี้ (ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ของบทที่ 2) ได้แผ่กระจายจากหัวใจสู่พื้นผิวของร่างกาย ซึ่งจะสามารถตรวจพบได้ด้วยการใช้ขั้วไฟฟ้าวางราบกับผิวหนัง เพื่อบันทึกการทำงานของหัวใจ

เครื่องแสดงการทำงานของหัวใจในปัจจุบัน มีการออกแบบและวิธีการใช้แตกต่างกันออกไปตามแต่บริษัทผู้ผลิต แต่ส่วนประกอบและหน้าที่ของเครื่องจะคล้ายคลึงกัน

ระบบการทำงานของเครื่องตรวจคลื่นหัวใจ มีดังนี้

1. ขั้วไฟฟ้าที่ผิวหนัง (skin electrode) ที่วางราบกับทรวงอกของผู้ป่วยจะเป็นตัวนำกระแสประสาทที่เกิดขึ้นในหัวใจ

2. คลื่นที่เกิดขึ้นเหล่านี้มีขนาดเล็กเกินกว่าที่จะแปรค่าออกมา ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องใช้เครื่องขยายความสูงขึ้นเกือบ 1,000 เท่า

3. กระแสประสาทที่ขยายแล้ว จะผ่านเข้าสู่ระบบไฟฟ้าในเครื่องแสดงผลของคลื่นที่ได้ออกมาเรียกว่า กราฟคลื่นหัวใจ (electrocardiograph)

4. กราฟคลื่นหัวใจนี้จะแสดงออกในจอ (oscilloscope screen) ซึ่งจอจะมีขนาดต่าง ๆ กันไป

5. การเต้นของหัวใจแต่ละครั้ง เครื่องจะวัดจังหวะของการเต้นของหัวใจ (heart rate monitor) และจะทำหน้าที่บันทึกไว้ โดยแสดงออกมาเป็นอัตราการเต้นของหัวใจต่อนาที ซึ่งจะมีเสียงและไฟปรากฏตรงกับคลื่น QRS ในแต่ละครั้งของการเต้นของหัวใจ

6. สิ่งที่เกี่ยวข้องกับเครื่องวัดจังหวะของการเต้นของหัวใจ คือระบบเตือนภัย (alarm system) ซึ่งจะช่วยกระตุ้นผู้ดูแลโดยมีสัญญาณแสงและเสียงเกิดขึ้น ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจต่ำหรือสูงกว่าระดับที่ตั้งไว้ เช่น ตั้งไว้ 50-120 ครั้ง/นาที ปุ่มเตือนภัยจะมีเสียงดังเกิดขึ้นเมื่อค่าที่วัดได้อยู่นอกช่วงดังกล่าว

ขั้วไฟฟ้าเป็นตัวที่ช่วยนำสัญญาณไฟฟ้าจากผิวหนังไปสู่เครื่อง ชนิดของขั้วไฟฟ้ามีดังนี้

1. *ขั้วไฟฟ้าที่ใช้สัมผัสกับผิวหนังโดยตรง* เป็นแผ่นโลหะเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้วครึ่ง ใช้วางราบบนผิวหนังโดยใช้เจลตัวนำไฟฟ้า (conductive jelly) ทาบาง ๆ (เพื่อจะเป็นตัวช่วยนำแรงกระตุ้นไฟฟ้า) แล้วใช้สายรัดติดขั้วไฟฟ้าทับผิวหนังส่วนนั้น

2. *ขั้วไฟฟ้าชนิดเป็นจานที่ไม่สัมผัสกับผิวหนัง* ปัจจุบันนิยมใช้ชนิดนี้มากที่สุด ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้จะถูกแยกออกจากผิวหนังโดยมีช่องว่างเล็ก ๆ ซึ่งจะเป็นตัวรักษาระยะทางระหว่างขั้วไฟฟ้าและผิวหนัง ให้ใช้เจลตัวนำไฟฟ้าใส่ในช่องว่าง แล้ววางขั้วไฟฟ้าบนผิวหนังนั้น ใช้เทปปิดทับ

จุดประสงค์การแยกขั้วไฟฟ้าออกจากผิวหนังก็เพื่อ ลดการบิดเบือนของสัญญาณของหัวใจจากกระแสไฟซึ่งมาจากใต้ผิวหนังเอง และเนื่องจากขั้วไฟฟ้าอันเล็ก ฉะนั้นกระแสไฟฟ้าซึ่งมาจากสมรรถภาพของกล้ามเนื้อจะลดลง

3. *ขั้วไฟฟ้าชนิดเข็ม (needle electrodes)* ใช้เข็มเบอร์ 25 ยาว 1 นิ้วครึ่ง แทงเข้าใต้ผิวหนังโดยที่ไม่ต้องใช้เจลตัวนำไฟฟ้า กรณีนี้จะมีการรบกวนของกระแสไฟฟ้าน้อยลง และสามารถใช้ได้อย่างรวดเร็วในรายฉุกเฉิน แต่ขั้วไฟฟ้าจัดให้อยู่ในท่าที่เหมาะสมยาก และผู้ป่วยเกิดความรำคาญเวลาใช้

ชนิดของการตรวจคลื่นหัวใจ

การตรวจคลื่นหัวใจที่ใช้ในปัจจุบันมี 3 ชนิด

1. ชนิด 3 lead
2. ชนิด 4 lead
3. ชนิด 5 lead

โดยทั่วไปสามารถวินิจฉัยหัวใจที่เต้นไม่เป็นจังหวะได้ดีมากโดยใช้ lead II และวินิจฉัยภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดขณะวางยาสลบโดยใช้ lead V_5

ในการใช้เครื่องตรวจคลื่นหัวใจ ที่ห้องผ่าตัดโรงพยาบาลศรีนครินทร์ในปัจจุบันใช้ชนิดระบบ 3 lead เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็น limb lead electrode เท่านั้นไม่มี chest lead electrode (ดังรูปที่ 6.1) แต่ monitor บางเครื่องผลิตให้มีชนิดระบบ 4 lead และ 5 lead สำหรับแสดงภาพให้ปรากฏได้ 2 ช่วงพร้อมกันบนจอภาพ เช่น lead II และ V_5 ซึ่งสามารถวินิจฉัยสภาวะหัวใจเต้นผิดปกติ และภาวะหัวใจขาดเลือดได้พร้อม ๆ กัน

ในชนิด 3 lead สามารถติด electrode เพื่อวินิจฉัยภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดกล่าวคือ lead I จะแสดงถึงการขาดเลือดของ antero-lateral wall และ lead II แสดงภาวะการขาดเลือดของ inferior wall

ตำแหน่งของขั้วไฟฟ้า

เพื่อให้ได้คลื่นของการหดตัวหัวใจห้องล่าง และเพื่อให้เครื่องวัดอัตราการทำงานได้อย่างเหมาะสม ควรวางขั้วไฟฟ้าไว้ในตำแหน่งที่ถูกต้อง คือ

ชนิด 3 lead ECG (limb lead) ได้แก่

1. LA (left arm) ติดบริเวณหัวไหล่ข้างซ้าย
2. RA (right arm) ติดบริเวณหัวไหล่ข้างขวา
3. LL (left leg) ติดบริเวณขาข้างซ้าย ในทางปฏิบัตินิยมติดชายโครงซ้าย แต่ในผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัดหัวใจชนิดเปิด จะติดที่ด้านข้างของสะโพกซ้าย

ชนิด 4 lead ECG

1. LA ติดบริเวณหัวไหล่ซ้าย
2. RA ติดบริเวณหัวไหล่ขวา
3. LL ติดบริเวณขาซ้าย ในทางปฏิบัตินิยมติดชายโครงซ้าย
4. RL (right leg) ติดบริเวณขาขวา

ชนิด 5 lead ECG

1. LA ติดบริเวณหัวไหล่ซ้าย
2. RA ติดบริเวณหัวไหล่ขวา
3. LL ติดบริเวณขาซ้าย ในทางปฏิบัตินิยมติดชายโครงซ้าย
4. RL ติดบริเวณขาขวา
5. chest lead ตำแหน่งของ chest lead จะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งที่ต้องการวินิจฉัย

วิธีติดขั้วไฟฟ้า

การติดขั้วไฟฟ้ากับผิวหนังผู้ป่วยอย่างถูกต้องเหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้เครื่องนั้นทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และอำนวยความสะดวกกับศัลยแพทย์ในการผ่าตัด ถ้าการสัมผัสระหว่างผิวหนังกับขั้วไฟฟ้าไม่ดีแล้ว ความกว้างของกระแสไฟฟ้าจะทำให้คลื่นหัวใจเปลี่ยนแปลงไป

วิธีการติดขั้วไฟฟ้าที่ถูกต้อง มีดังนี้

1. การเตรียมผิวหนังบริเวณที่จะวางขั้วไฟฟ้า

1.1 บริเวณที่จะวางไม่ควรมีขนปกคลุม ถ้ามีควรโกนขนออก ให้มีขนาดกว้างประมาณ 2 นิ้ว

1.2 ทำความสะอาดบริเวณนั้นด้วย alcohol (บางครั้งผู้ป่วยทาแป้งก่อนมารับการผ่าตัด)

1.3 ให้ผิวหนังบริเวณนั้นแห้งเอง ถ้ามีเหงื่อออกรบกวนคลื่นไฟฟ้าให้ใช้ยาระงับการหลั่งของเหงื่อ (antiperspirant spray) ช่วย

2. การเตรียมขั้วไฟฟ้า

2.1 ชนิดสัมผัสผิวหนังโดยตรง แผ่นโลหะด้านที่ติดกับผิวหนัง ควรได้รับการทำความสะอาดอย่างดี ใช้เจลตัวนำไฟฟ้าจำนวนเล็กน้อยทาบริเวณผิวหนังและแผ่นขั้วไฟฟ้าด้านที่จะวางติดกับผิวหนังผู้ป่วยแล้วใช้เทปเหนียวติดทับให้แน่นสนิท

2.2 ชนิดไม่สัมผัสกับผิวหนัง ส่วนมากเป็นประเภทใช้แล้วทิ้ง ดังนั้นเวลาใช้เพียงแต่นำส่วนที่ปิดด้านหลังออก จะเห็นจานโลหะเล็ก ๆ และมีกาวเหนียวติดกับผิวหนังผู้ป่วย กรณีที่นำกลับมาใช้ซ้ำอีก ให้นำส่วนที่เป็นกาวเหนียวซึ่งใช้แล้วลอกทิ้งไป ที่เหลือนำมาเช็ดทำความสะอาด เมื่อจะใช้ให้ใส่เจลตัวนำไฟฟ้าประมาณ 1 หยด ไม่ควรใช้เจลตัวนำไฟฟ้าปริมาณมากเกินไป เพราะจะทำให้ตัวนำเพิ่มขึ้น จะไปรบกวนกับขั้วไฟฟ้า วางขั้วไฟฟ้าให้ส่วนที่เป็นโลหะเล็ก ๆ ติดกับผิวหนังผู้ป่วย ใช้มือกดเบา ๆ ให้แน่ใจว่าเนื้อเจลติดกับผิวหนังผู้ป่วย แล้วติดเทปเหนียวทับ เมื่อเลิกใช้ให้ลอกเทปเหนียวออกด้วยความระมัดระวังมิฉะนั้นอาจทำให้เกิดการฉีกขาด ชำรุดเสียหายได้

2.3 ชนิดเข็ม (needle electrodes) แทงเข็มเข้าใต้ผิวหนังผู้ป่วย ในชั้นใต้ผิวหนัง โดยไม่ต้องใช้เจลทาแล้วใช้เทปเหนียวติดไว้เหมือนการติดเมื่อให้สารละลายน้ำทางหลอดเลือด (วิธีนี้ห้องผ่าตัดโรงพยาบาลศรีนครินทร์ ไม่นิยมใช้)

ขั้วไฟฟ้าทุกชนิด ควรได้รับการทำความสะอาดอย่างดี หลังจากใช้แล้วเพื่อให้การใช้เครื่องครั้งต่อไปได้ผลดี และยืดอายุการใช้งาน

3. สายต่อจากขั้วไฟฟ้าเข้าตัวเครื่อง

สัญญาณไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้าจะเข้าสู่ตัวเครื่อง โดยสายนำที่เรียกว่าสายจากผู้ป่วย (patient cable) ซึ่งจะทำตรงกันข้ามกับสายจากตัวเครื่อง (monitor cable) เวลาต่อ monitor cable เข้ากับตัวเครื่อง ควรดูให้ข้อต่อตรงกัน อาจเสียบเข้าตรง ๆ หรือใช้วิธีหมุนเกลียวให้แน่นให้ศึกษาดูในแต่ละเครื่องไป เพราะถ้าใช้ผิดวิธีข้อต่ออาจหักชำรุดได้

วิธีการต่อสาย

1. ลวดที่ต่อจากขั้วไฟฟ้า ควรวางให้ถูกทิศทางและเหมาะสมเพื่อให้มีการติดต่อกับสายจากตัวผู้ป่วย ถ้าตึงมากไปจะทำให้ขั้วไฟฟ้าหลุดจากผิวหนัง และสายอาจรัดคอหรืออวัยวะส่วนอื่น ๆ จนเกิดอันตรายได้

2. อีกด้านหนึ่งของสายนำขั้วไฟฟ้า จะถูกสอดใส่ไว้ในทางเปิดของสายจากตัวผู้ป่วยซึ่งจะมีรหัสเป็นสีติดไว้สำหรับขั้วต่าง ๆ ตามแต่เครื่องจะกำหนด

3. ปลายของสายไฟจะถูกสอดใส่ในขั้วเสียบ (socket) ของเครื่องและจะต้องติดไว้อย่างแน่นหนา

ตัวเครื่อง cardiac monitoring

หลังจากที่ติดสายขั้วไฟฟ้ากับตัวผู้ป่วยแล้ว เครื่องพร้อมที่จะใช้งานควรเสียบปลั๊กไฟให้เรียบร้อยก่อน จึงเปิด power switch ไปที่ "ON" และปรับปุ่มอื่น ๆ ตามมา ข้อสำคัญคือ ควรเปิดเครื่องให้ได้ยินเสียงตลอดเวลาไม่ควรปิดสัญญาณเตือนภัย เพราะเมื่อเกิดปัญหากับเครื่องไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใดก็ตามผู้เฝ้าจะสามารถทราบได้ทันที รายละเอียดการใช้แต่ละเครื่องจะอยู่ในสมุดคู่มือของเครื่องนั้น ๆ

คำแนะนำเมื่อเกิดปัญหาในการใช้เครื่อง

1. เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าทุกครั้ง ให้สังเกตคลื่นบนจอภาพ ถ้าคลื่นต่ำมากและไม่สามารถจะเพิ่มสูงได้โดยการปรับปุ่มเพิ่มความไว ควรเปลี่ยนที่วางขั้วไฟฟ้าใหม่ เพื่อให้ได้คลื่นที่ดี หรืออาจเปลี่ยนขั้วอันใหม่

2. ถ้ามีกระแสไฟฟ้ารบกวนหรือมีกระแสไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อปรากฏบนจอ ให้ตรวจดูขั้วไฟฟ้าว่าติดกับผิวหนังหรือไม่

3. ควรปรับปุ่มให้เครื่องสามารถบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุก ๆ ครั้งที่หัวใจเต้น นิยมใช้ lead II

4. กรณีมีคลื่นไฟฟ้ารบกวน (electrical interference) อาจเกิดจากการใช้เครื่องจี้ไฟฟ้าขณะผ่าตัด ถ้าเครื่องมีสายดินในตัวเองและมีขั้วดิน ("G" electrode) แยกต่างหากจะช่วยตัดกระแสไฟฟ้าที่เข้ามารบกวนไว้ได้

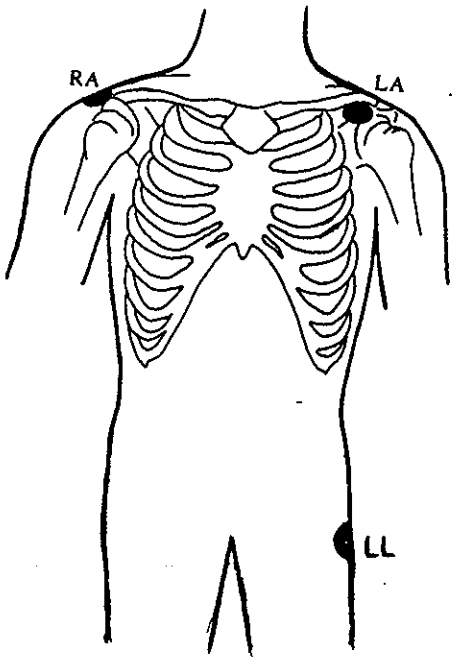
5. คลื่นไฟฟ้าหัวใจที่เห็นบนจอภาพเปลี่ยนไปขณะวางยาสลบ อาจเนื่องจากหลาย ๆ สาเหตุ แต่สิ่งสำคัญสิ่งแรกที่ต้องทำคือคลำชีพจรของผู้ป่วยว่ายังเต้นเป็นปกติอยู่หรือไม่ ก่อนการหาสาเหตุอื่น ถ้าชีพจรเต้นปกติ ให้ปฏิบัติดังนี้

ก. ตรวจดูว่าขั้วไฟฟ้าสัมผัสผิวหนังได้ดีหรือไม่ เพราะตำแหน่งที่วางอาจไม่เหมาะสม หรือหลุด

ข. ใส่เจลตัวนำไฟฟ้ามากหรือน้อยเกินไป

ค. มีเหงื่อเกิดขึ้นตามผิวหนัง

สำหรับการผ่าตัดหัวใจนิยมใช้ electrode ใหม่ เพราะเมื่อเสร็จผ่าตัดจะต้องนำติดตัวผู้ป่วยเพื่อไป monitor ต่อที่ intensive care unit ดังนั้นจึงใช้ชนิด disposable ตำแหน่งที่ติดที่เหมาะสมคือ หัวไหล่ซ้าย หัวไหล่ขวา และหน้าขาข้างซ้าย (ดังรูปที่ 6.1) โดยหลบเลี่ยงบริเวณผ่าตัดและระมัดระวังมิให้สายพันไปมาหรือตึงจนเกิดความเสียหาย และข้อสำคัญคือ ต้องระวังการกดทับบนตัวผู้ป่วยนาน ๆ โดยไม่จำเป็น



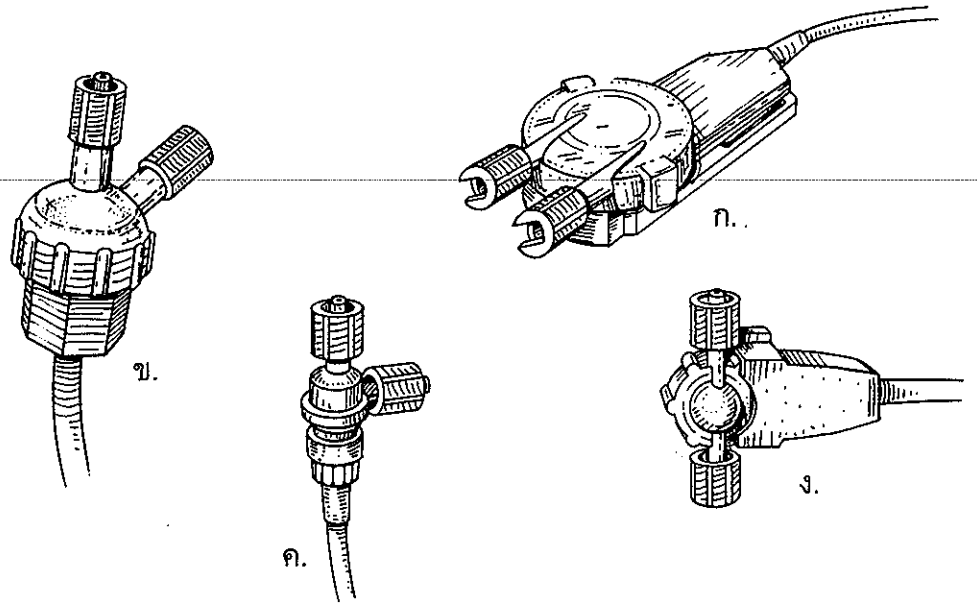
รูปที่ 6.1 ภาพแสดงการติด electrode ในผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัดหัวใจ (ชนิดเปิด) ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์

2. การวัดความดันในหลอดเลือดแดงโดยตรง (Direct arterial blood pressure)

เป็นการวัดความดันของเลือดแดงโดยตรงตลอดเวลา โดยผ่านทาง arterial cannula ซึ่งมีความจำเป็นและเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้สำหรับการผ่าตัดหัวใจ เนื่องจากการผ่าตัดหัวใจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความดันเลือดโดยตรง เช่นขณะผ่าตัดผู้ป่วยจะมีการเปลี่ยนแปลงการทำงานของหัวใจ โรคหัวใจที่เป็น เทคนิคการผ่าตัด ตลอดจนยาที่ใช้ขณะผ่าตัด เป็นต้น การผ่าตัดมีการจับต้องที่หัวใจและหลอดเลือดใหญ่ ๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงร่างกายหรือขณะทำ cardiopulmonary bypass หัวใจหยุดเต้นซึ่งไม่สามารถคลำชีพจรได้ ก็สามารถดูค่าของความดันเลือดแดงเฉลี่ย (mean arterial pressure) ได้จากการวัดชนิดนี้ การดูดเลือดบ่อย ๆ เพื่อนำไปใช้ในการตรวจวิเคราะห์ arterial blood gas เพื่อประเมินผลการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะช่วยให้การผ่าตัดลุล่วงด้วยดี ก็เป็นสิ่งจำเป็นและทำให้สะดวกง่ายดายขึ้น

การตรวจความดันเลือด วัดโดยผ่านทาง arterial cannula ต่อเข้ากับ pressure transducer มีสารน้ำในท่อเป็นตัวเชื่อมและนำการเคลื่อนไหวของเลือดแดง สู่การแปรผล

โดยเครื่อง transducer (ดังรูปที่6.2) ส่วนใหญ่ประกอบด้วย diaphragm เป็นฐานและมี plastic dome ครอบปิด ภายในบรรจุด้วยสารน้ำโดยมิให้มีฟองอากาศหลงเหลืออยู่แล้ว ต่อด้วย three way stopcock และสาย extension ยาวที่มีขนาดเล็ก ๆ (Top extension tube) การเคลื่อนไหวของ diaphragm จะถูกเปลี่ยนไปสู่ระบบสัญญาณไฟฟ้า(electrical signal) โดยรับสัญญาณแล้วจะนำมาแปรค่า ส่วนสำคัญที่ใช้รับสัญญาณได้แก่ strain gauge ค่าความดันเลือดจะปรากฏขึ้น และวิวัฒนาการสมัยใหม่ก่อให้เกิดการพัฒนาของเครื่องมือเครื่องใช้มากมาย จาก monitor ระบบ analog signal ปัจจุบันเปลี่ยนเป็น digital display ซึ่งสามารถวัดค่าความดันเลือดได้แน่นอนขึ้น



รูปที่ 6.2 ภาพแสดง pressure transducer แบบต่าง ๆ ภาพ ก และ ข เป็นแบบที่ใช้อยู่ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ (Gravenstein JS, 1987)

ในการปฏิบัติการดูแลสาย arterial catheter ไม่ให้อุดตันด้วยการดันน้ำยาซึ่งมีส่วนผสมของ heparin โดยผสม heparin 2500 ยูนิต (0.5 มล.) ใน normal saline solution 1000 มล. (สูตรเดิม) หรือ heparin 500 ยูนิตใน normal saline solution 500 มล. (สูตรใหม่) โดยต่อผ่าน three way stopcock ซึ่งเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่าง extension เล็กยาวที่ต่อติดกับ arterial cannula กับ transducer โดย three way stopcock ด้านหนึ่งต่อเข้ากับ heparin solution ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็น syringe พลาสติก 10 มล. ต่อไว้เพื่อความสะดวกในการดันน้ำยาหรือดูดอากาศที่ค้างออก หรือดูดเลือดเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าความดันเลือดแดง หรืออื่น ๆ เพื่อความสะดวกตามความจำเป็น

ดังนั้น วิสัญญีพยาบาลจึงควรทราบถึงวิธีการเตรียมอุปกรณ์ ในการทำ arterial catheterization โดยละเอียด เพื่อประหยัดเวลาในการเตรียมของ สะดวกในการช่วย

วิสัญญีแพทย์ และช่วยให้ประหยัดเวลาและอุปกรณ์ในการทำงานมากขึ้น โดยเรียงลำดับดังนี้

1. การเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำ arterial cannula และ heparinized solution
2. การช่วยทำ arterial cannula และการ calibrate เครื่อง
3. การดูแลและตรวจสอบเมื่อเกิดปัญหา

การเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำ arterial cannula

1. สารละลาย normal saline 500 หรือ 1000 มล. 1 ขวด
2. Infusion set
3. Three way stopcock 3 อัน
4. จุกตัน
5. Syringe พลาสติก 10 มล.
6. Extension tube ขนาดเล็กและยาว (Top extension tube ขนาด X1-1800 $^{m}/_{m}$ ความจุ 2 มล.)
7. Intravenous cannula เบอร์ 20, 22
8. สำลีชุบ alcohol หรือ providine solution
9. Syringe พลาสติก 2 มล. ดูด 1% xylocaine ต่อเข็มเบอร์ 25 หรือ 26 ไว้สำหรับฉีดยาชาเฉพาะที่
10. Syringe แก้วขนาด 5 มล. สำหรับวิสัญญีแพทย์บางท่านเพื่อต่อเข้ากับ cannula ขณะแทง เพื่อให้เลือดแดงพุ่งเข้ามาใน syringe
11. เทปเหนียว (adhesive tape) ตัดขนาดประมาณ 1 x 5 ซม. จำนวน 4-5 ชิ้น
12. เทปเหนียว ตัดตามแนวขวาง เพื่อต้องการให้ยืดออกเกิดแรงดึงขณะติดทับขนkดประมาณ 3 1/2 นิ้ว x 5 นิ้ว
13. ผ้าก๊อซสะอาด ขนาด 4 นิ้ว x 4 นิ้ว จำนวน 2-3 ชิ้น
14. Transpore
15. เข็มเบอร์ 18 สำหรับตัดผิวหนังก่อนแทง

การเตรียม heparinized solution

1. ใช้ syringe insulin ดูด heparin 2500 ยูนิต (0.5 มล.) ผสมใน normal saline solution 1000 มล. หรือ 500 ยูนิตผสมใน normal saline solution 500 มล. ติดป้ายบอกไว้ที่ขวดให้เรียบร้อยและชัดเจน พร้อมกับต่อ infusion set

2. ต่อส่วนปลาย infusion set เข้ากับ three way stopcock

3. ต่อ Top extension tube เข้ากับ three way stopcock 2 ตัว ซึ่งล็อคติดกัน

4. three way stopcock ที่เหลืออีก 2 ทาง ต่อเข้ากับ heparinized solution และ syringe พลาสติก 10 มล.

5. เอา dome ครอบปิด transducer ปลายข้างหนึ่งของขา dome ต่อด้วย three way stopcock ซึ่งต่อกับ extension ไว้เรียบร้อยแล้ว ต่อเข้ากันในแนวเดียวกัน ส่วนอีกข้างหนึ่งของ dome ต่อกับ three way stopcock ซึ่งปิดสนิท

6. ไล่ฟองอากาศที่มีในสายและ dome จนหมดแล้วล็อคไว้

7. กรณีที่จะเผื่อสำหรับ LA pressure ด้วยให้ต่อ three way stopcock เพิ่มไว้อีก 1 ตัว

ตำแหน่งที่ทำ arterial cannula

ตำแหน่งที่เป็น peripheral artery สามารถใช้ทำได้ทั้งนั้น แต่ตำแหน่งที่นิยมใช้ในการ monitoring ในห้องผ่าตัดหรือ intensive care unit คือ

1. หลอดเลือดแดง radial
2. หลอดเลือดแดง ulnar
3. หลอดเลือดแดง brachial
4. หลอดเลือดแดง axillary
5. หลอดเลือดแดง dorsalis pedis และ posterior tibial
6. หลอดเลือดแดง femoral
7. หลอดเลือดแดง superficial temporal

(ในกรณีเด็กแรกเกิดที่ต้องการ monitor arterial blood pressure หรือดูดเลือดส่งตรวจนิยมทำที่หลอดเลือดแดง umbilical)

การเลือกตำแหน่งทำ arterial catheterization ที่เหมาะควรขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การทำ ความง่ายสะดวกสบายในขณะวางยาสลบ ขณะผ่าตัดหรือใน intensive care unit หลอดเลือดแดงควรจะใหญ่พอที่จะทำให้เกิดความเที่ยงตรง และแน่นอนของค่าความดันเลือด ตำแหน่งที่เลือกทำควรมีเลือดที่เหลือไหลผ่านไปได้เพียงพอ เพื่อไปเลี้ยงอวัยวะส่วนปลายป้องกันการเกิด ischemia

เมื่อใช้เพื่อ monitoring ขณะทำผ่าตัดหัวใจ ควรเลือกตำแหน่งที่ทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อว่าเลือดที่ไปเลี้ยงอวัยวะจะได้ไม่มีปัญหาขณะผ่าตัด

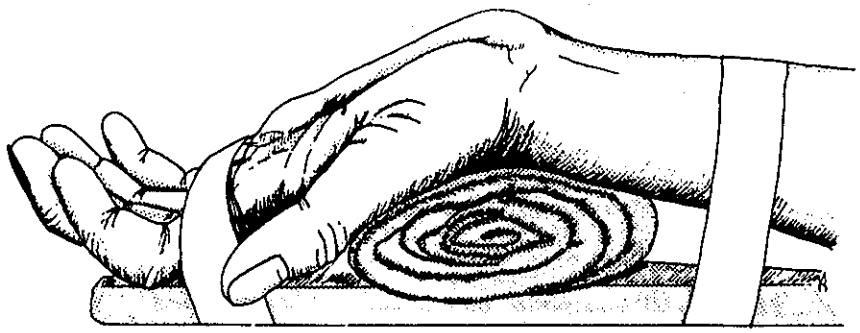
หลอดเลือดแดง radial เป็นตำแหน่งที่นิยมใช้มากที่สุดในห้องผ่าตัดและใน intensive care unit เพราะคลำหาหลอดเลือดได้ง่ายและยังมีกระแสเลือดไหลผ่าน superficial palmar arch จากหลอดเลือดแดง ulnar ไปที่มือได้

ผู้ใหญ่ใช้ cannula เบอร์ 20 ในการทำ arterial catheterized สำหรับเด็กจะใช้เบอร์ 22 หรือ 24 ขึ้นกับอายุและขนาดของผู้ป่วย cannula ที่ใช้ควรเป็นชนิด Teflon coated polyurethane และ nontapered ถ้าชนิด tapered catheter และ polyvinyl chloride catheters เป็นสาเหตุของการเกิด thrombosis ได้ ควรหลีกเลี่ยง

วิธีการทำ arterial line ที่หลอดเลือดแดง radial

1. เลือกขนาดของ cannula ที่เหมาะสม (ในผู้ใหญ่นิยมเบอร์ 20)

2. จัดแขนผู้ป่วยกางออกหงายมือวางบน arm board กระดกข้อมือ ใช้ผ้าผืนเล็กม้วนให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 ซม. รองใต้ข้อมือ (ดังรูปที่ 6.3)



รูปที่ 6.3 ภาพแสดงการจัดท่าของข้อมือเพื่อเตรียม Arterial catheterization (Gravenstein JS, 1987)

3. ใช้กระดาษกาวติดปลายนิ้วกับ arm board ป้องกันมิให้ผู้ป่วยขยับหรือยกแขน (ดังรูปที่ 6.3)

4. ถ้าผู้ป่วยยังตื่นอยู่ควรอธิบายให้ผู้ป่วยทราบแล้วใช้ยาชา 1% xylocaine ฉีดเฉพาะที่

5. ระมัดระวัง sterile technique ทุกขั้นตอนที่ทำเพื่อป้องกันการติดเชื้อ

6. ผู้ทำสวมถุงมือ sterile

7. ใช้สำลีชุบ alcohol หรือ providine solution เช็ดบริเวณที่จะทำเป็นบริเวณกว้าง และเช็ดซ้ำจนสะอาด

8. วิสัญญีแพทย์บางท่านอาจใช้เข็มเบอร์ 18 แทงทะลุผิวหนังก่อนเพื่อกันมิให้ผิวหนังอุดปลาย cannula ที่จะทำและปลายไม่เยิน

9. คลำได้หลอดเลือดแดง radial แล้ว fix ด้วยนิ้วมิให้ดิ้นไปมา

10. สอด cannula ผ่านชั้นผิวหนังโดยเอียงทำมุมกับผิวหนังประมาณ 30 องศา

11. หลังจากแทงเข็มเข้าหลอดเลือดแดงจะสังเกตเห็น pulsatile blood flow สอด cannula ผ่านเข็มลึกเข้าไปในหลอดเลือดแดง ดึงเข็มออกและต่อ cannula เข้ากับส่วนปลายของ extension ที่เตรียมไว้

12. เมื่อต่อแล้วใช้ syringe ที่เตรียมไว้สำหรับ flush ดูดเลือดจากหลอดเลือดแดงที่แทงได้ เพื่อนำฟองอากาศที่ติดค้างอยู่ระหว่างรอยต่อออกให้หมด ถ้าฟองอากาศมาติดบริเวณ three way stopcock ให้ตั้ง syringe ขึ้นให้ three way stopcock อยู่ต่ำกว่าแล้วเคาะเบา ๆ ฟองอากาศจะลอยขึ้นมาด้านบน ตรวจดูว่าสามารถดูดได้ลื่นดี ไม่ติดขัดจนเลือดไหลเข้ามารวมกับ heparinized solution ใน syringe (ประมาณ 2-3 มล.)แล้วดันกลับเข้าหลอดเลือดแดง radial ประมาณ 2-3 มล. จนมั่นใจว่ามี heparin เคลือบอยู่บริเวณปลาย cannula

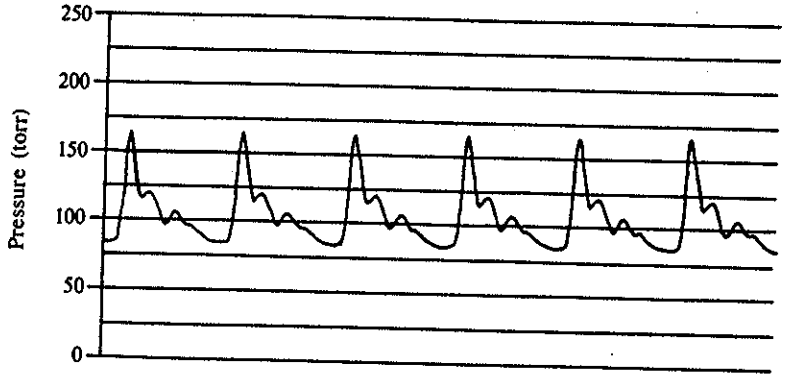
13. เช็ดทำความสะอาดบริเวณที่ทำจนแห้งสนิท ใช้เทปเหนียว ขนาด 1 x 5 ซม. ติดโดยสอดใต้ cannula แล้วคร่อมขึ้นมาไขว้ทับกันด้านบนติดกับผิวหนัง ใช้อีก 2 ชิ้น ติดทับให้เหลื่อมกัน อีกหนึ่งชิ้นติดตามแนวยาวทับบนรอยต่อระหว่าง cannula กับ extension ใช้ผ้าก๊อซสะอาดขนาดพอเหมาะวางด้านบน แล้วปิดทับให้มีแรงกดบนหลอดเลือดแดง radial ด้วยเทปเหนียวต้องระวังไม่ให้รอบข้อมือ เพราะอาจเกิด ischemia

14. วางแขนแนบลำตัว ปลด arm board ออก ติด extension แนบตามแขนไปทางด้านศีรษะ โดยใช้ transpore ติดเป็นช่วงคือ ข้อมือ ข้อศอก และต้นแขน ป้องกันการหักงอของสาย

15. จัดวาง transducer ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมโดยสะดวกในการดูดเลือด, flush หรือ calibrate เครื่องตามความจำเป็น

16. การปรับ "zero" โดยปิด system ทั้งหมด

- ตรวจดูว่าไม่มีฟองอากาศค้างในวงจร ไม่มีรอยรั่ว
- หมุน three way stopcock ให้เปิดเครื่อง monitor สู่ room air ปิดด้านผู้ป่วยไว้
- กด zero artery เมื่อ zero แล้วปิดด้าน room air เปิดด้าน ผู้ป่วยต่อสู่ monitor
- สังเกตลักษณะของภาพคลื่นที่ได้ ควรเป็น pulsatile (ดังรูปที่ 6.4)
- ปรับ scale ของ monitor และตั้ง alarm ตามความเหมาะสม



รูปที่ 6.4 ภาพคลื่น arterial line เป็น pulsatile (Gravenstein JS, 1987)

17. เปิด NIBP เพื่อตรวจสอบว่าตรงหรือใกล้เคียงกับ arterial pressure หรือไม่ อย่างไร

18. ปิด NIBP หรือกด "hold on" หรือ "manual" ในบางเครื่อง

19. ตรวจ เฝ้าดู monitoring arterial blood pressure ตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง

ภาวะแทรกซ้อนจากการทำ arterial catheterization

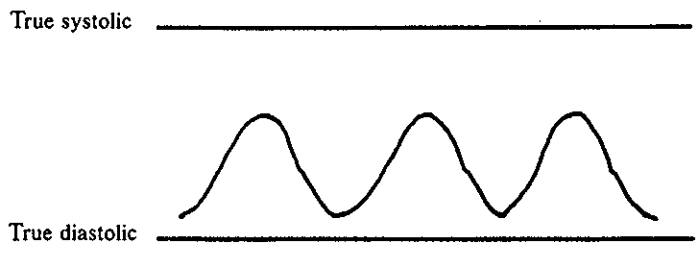
ภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยภายหลังการทำ คือ ischemia และ infection ซึ่งการเกิด ischemia และ distal tissue necrosis เป็นผลจาก thrombosis, embolism หรือ vasospasm ส่วนภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ ได้แก่เลือดออก และมีเลือดคั่ง,aneurysm arteriovenous fistula การติดเชื้อ และ peripheral nerve damage

ตารางที่ 6.1 ข้อชี้แนะเกี่ยวกับปัญหาสำหรับการทำ arterial monitoring

ปัญหา	สาเหตุ	การป้องกันและแก้ไข
1. เลือดไหลย้อนกลับมาใน cannula, extension และ transducer	1. มีการหลุดหรือรั่วใน pressure system 2. ความดันใน pressure bag (กรณีใช้ heparinized solution แบบ drip) น้อยกว่า 300 มม.ปรอท	1. ตรวจดูตำแหน่งของ stopcock ว่าถูกต้องหรือไม่ 2. ตรวจดูส่วนที่เป็น connector บ่อย ๆ ว่ามีการดึงรั้งจนหลุดหรือรั่วหรือไม่ 3. เพิ่มความดันในถุงลม

ปัญหา	สาเหตุ	การป้องกันและแก้ไข
2. มีฟองอากาศใน extension, transducer และ เครื่องมือ	1. การ set-up system ไม่ดีพอ ดูดฟองอากาศตามรอยต่อออกไม่หมด	1. มีความระมัดระวังเมื่อ set-up system
	2. ตำแหน่ง stopcock ไม่ถูกต้อง	2. หมั่น flush บ่อย ๆ เพื่อตรวจสอบการรั่วหรือแตกร้าว
	3. มีการซึมหรือร้าวใน catheter หรือ flush system	3. รีบดูดฟองอากาศออกจาก system โดยเฉพาะถ้ามีค้างใน transducer dome ให้ไล่ออกทาง one way ของ transducerอีกข้างหนึ่ง
	4. one way ของ transducer ถูกเปิด	4. ตรวจสอบ one way ของ transducer อีกข้างที่เหลือแล้วปิดให้สนิท
3. ยอดของคลื่นต่ำลงผิดปกติ (ดังรูปที่ 6.5)	1. มีการแข็งตัวของเลือดที่ปลาย cannula จนอุดตัน	1. ถอน cannula ออกเล็กน้อย ตรวจดูซ้ำว่าใช้ได้อีกหรือไม่
	2. ปลาย cannula ชนหรือติดผนังหลอดเลือด	2. ลองดูดดู (irrigate) โดยไม่ออกแรงมากเกินไป
		3. ทำใหม่
4. ดูดเลือดแล้วไม่มีเลือดย้อนกลับ (ดูดเลือดไม่ออก) และ flush ไม่ได้	1. cannula อุดตัน หักงอ หรือมีเลือดแข็งตัวใน cannula	1. ดูดลิ่มเลือดออกถ้าทำได้และค่อย ๆ flush syringe
	2. ปลาย cannula ชนผนังหลอดเลือด	2. อย่าออกแรงดันเพื่อ flush syringe
	3. หมุน stopcock ผิดทาง	3. ตรวจดูว่า cannula มีการหักพับหรือไม่
		4. ตรวจดูตำแหน่ง stopcock
5. คลื่นความดันเป็นเส้นตรง	1. stopcock ไม่ถูกตำแหน่ง	1. ตรวจตำแหน่ง stopcock
	2. cannula เกิดอุดตัน	2. ถ้าอุดตันต้องทำใหม่
	3. ตั้งตำแหน่ง Hi-low ของ scale monitor ไม่เหมาะสม	3. ปรับเปลี่ยน scale บนจอภาพ
	4. ตรวจ check zero ไม่ถูกต้อง	4. check zero ซ้ำ
6. Zero ไม่ได้	1. set monitor ผิดช่อง	1. ระมัดระวัง รอบคอบในการเลือกช่อง
	2. pressure transducer เสื่อมคุณภาพ	2. เปลี่ยน transducer
	3. monitor เสื่อมคุณภาพ	3. เปลี่ยน monitor

ปัญหา	สาเหตุ	การป้องกันและแก้ไข
	4. zero ไม่ถูกเทคนิค	4. ศึกษาวิธี zero และตรวจสอบซ้ำ
	5. หมุน stopcock ผิดทาง	5. ตรวจดูตำแหน่ง stopcock
7. ไม่มี waveform บนจอ monitor	1. transducer ไม่ต่อเชื่อมกับ cannula	1. ตรวจข้อต่อต่าง ๆ ซ้ำ
	2. monitor ถูก off ไป่ หรือ zero ไม่ดี	2. เปิดและตรวจดู monitor ว่าตั้งถูกต้องหรือไม่
	3. cannula อุดตัน	3. ดูดลิ่มเลือดออกจาก cannula
	4. transducer เสื่อมคุณภาพ	4. ตรวจ, เปลี่ยน transducer
8. ก๊อซที่ปิดทับ arterial line เปียกชื้น	1. connector หลวม แตกหรือชำรุดทำให้มีการซึมออกของน้ำ	1. ตรวจดู connector, cannula
		2. เปลี่ยน gauze ใหม่
9. ค่าความดันที่อ่านได้สูงหรือต่ำไม่แน่นอน	1. Zero ไม่ถูกต้อง	1. Zero ใหม่
	2. ตำแหน่ง transducer ไม่เหมาะสม	2. ตรวจดูตำแหน่งและปรับ transducer ใหม่
10.มีเลือดออกบริเวณตำแหน่งที่ทำ	1. มีปัญหาเรื่องการแข็งตัวของเลือด	1. กดทับบริเวณที่ทำด้วยก๊อซให้แน่น
	2. เลือดไหลซึมรอบ cannula	2. เปลี่ยนก๊อซทับใหม่
11. คลำชีพจรได้เบาลง หรือคลำไม่ได้เลย	1. หลอดเลือดแดงถูกอุดตัน	1. ตรวจดูการไหลเวียนที่ปลายมือบ่อย ๆ
		2. ถอนเข็มออกทันที
		3. อาจต้องทำ embolectomy



รูปที่ 6.5 ภาพคลื่น arterial line ยอดของคลื่นต่ำกว่าปกติ เนื่องจากมีการอุดตันส่วนใดส่วนหนึ่งในระบบวงจร (Gravenstein JS, 1987)

3. การวัดความดันในหลอดเลือดดำส่วนกลาง
(Central venous pressure หรือ CVP)

การทำผ่าตัดหัวใจ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการวัดความดันในหลอดเลือดดำส่วนกลาง ตำแหน่งของส่วนปลายสาย catheter จะอยู่ที่ lower superior vena cava หรือหัวใจห้องบนขวา เพื่อเป็นการประเมินปริมาณการไหลเวียนเลือดขณะวางยาสลบ การวัด CVP มีประโยชน์ในสถานการณ์ที่คล้ายกันในแง่ที่เป็นการวัดโดยคล้ายกับการวัด arterial pressure และใช้เป็นทางสำหรับฉีดยา และปรับขนาดของยา การทำ CVP อาจทำก่อนหรือหลังการวางยาสลบในผู้ป่วยบางราย การทำก่อนการวางยาสลบทำให้ทราบถึงปริมาณการไหลเวียนเลือดพื้นฐานของผู้ป่วย และการดูค่าของ hemodynamic นี้จะเป็นแนวทางในการเลือกใช้ยาต่าง ๆ อย่างไรก็ดี ความวิตกกังวลและความเจ็บปวดจากการทำอาจสร้างปัญหาให้ผู้ป่วยได้ จึงควรฉีดยาสงบประสาท และยาระงับปวดให้เป็น premedication ด้วยในขนาดพอเหมาะ และควรระมัดระวังด้วยว่าอาจเกิดการผิดพลาดในการทำจนเป็นเหตุให้ชนโดมของเยื่อหุ้มปอดซึ่งอาจถูกดันเข้ามาเนื่องจากโรคหัวใจที่ผู้ป่วยเป็น ตำแหน่งที่ทำ CVP ได้แก่ หลอดเลือดดำ peripheral arm , internal jugular และ subclavian

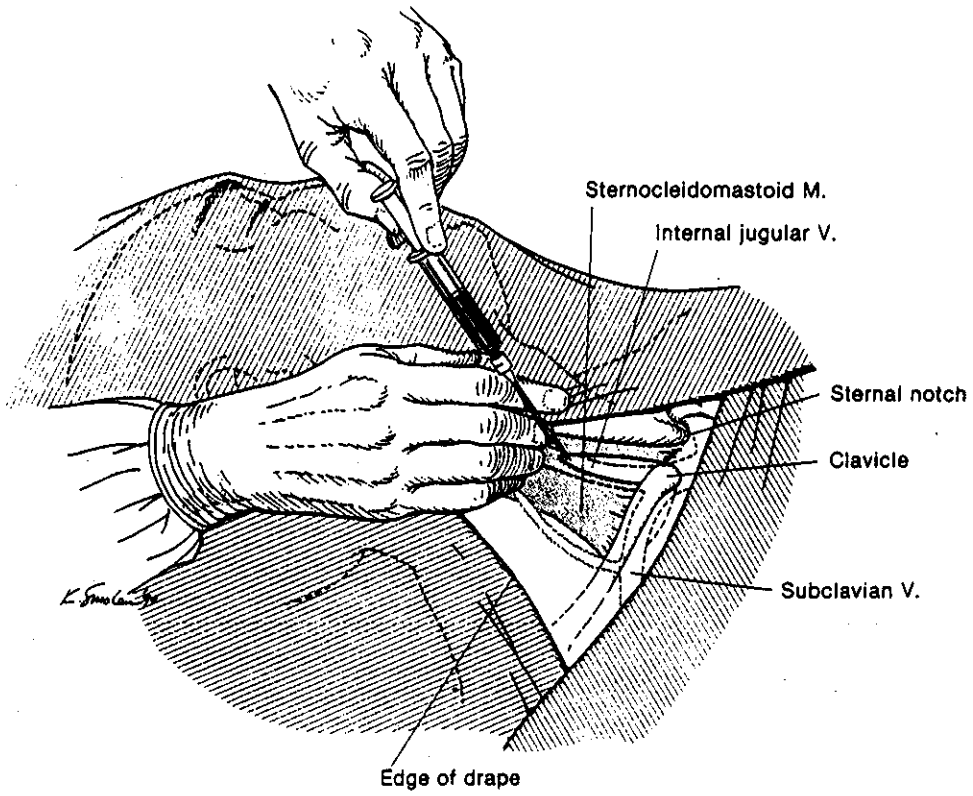
1. หลอดเลือดดำบริเวณ peripheral arm วิธีนี้ยากในการหาตำแหน่งที่ถูกต้องของ catheter อย่างไรก็ดีทางนี้ก็สามารถหลีกเลี่ยงภาวะแทรกซ้อนที่อันตรายทั้งหลายได้ อาจจะมีก็แต่ thrombophlebitis และการติดเชื้อที่พบบ่อย หากใส่ catheter ไว้นานเกิน 48 ชม.

2. หลอดเลือดดำ internal jugular วิธีนี้สามารถทำได้โดยให้ตำแหน่งของ catheter อยู่ถูกตำแหน่งได้ง่าย มีหลายวิธีในการสอด catheter เข้าไปในหลอดเลือดดำ jugular (ดังรูปที่ 6.6) อย่างไรก็ดี การติด catheter ควรทำให้มั่นคงมิให้เลื่อนหลุด

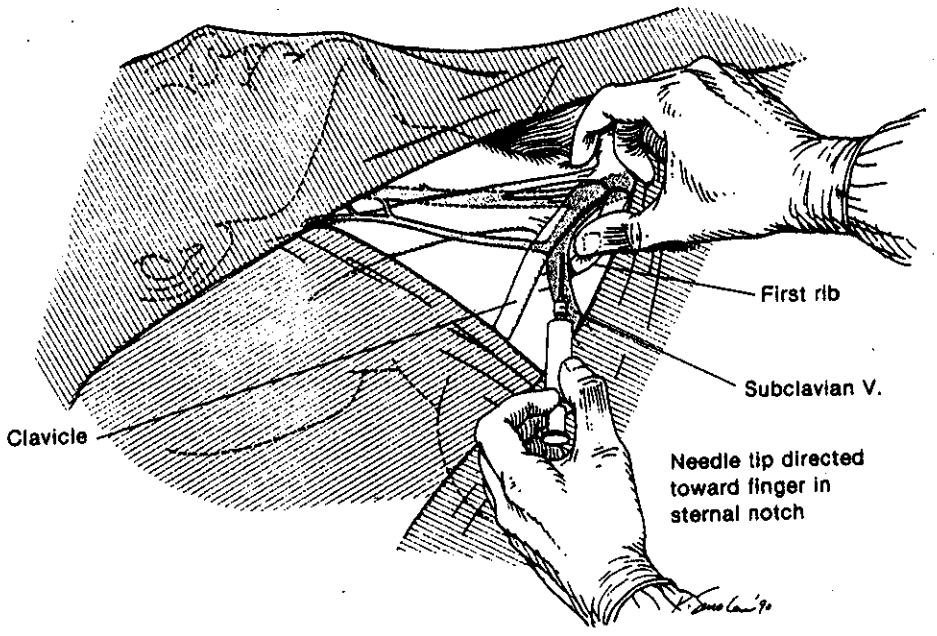
ภาวะแทรกซ้อนที่พบได้บ่อย ๆ คือ

1. Air embolism
2. Carotid artery puncture
3. Brachial plexus, phrenic nerve damage
4. Sepsis
5. Pneumothorax
6. Ectopic placement

3. หลอดเลือดดำ subclavian วิธีนี้ตำแหน่งของ catheter จะอยู่ในหลอดเลือดดำ subclavian (ดังรูปที่ 6.7) ซึ่งเสี่ยงและอันตรายกว่าตำแหน่งหลอดเลือดดำ internal jugular อย่างไรก็ดีวิธีนี้ก็จะเหมาะสมกว่าหากคิดว่าจะคาสายไว้นาน ๆ



รูปที่ 6.6 ภาพแสดงการทำ CVP monitoring ทางหลอดเลือดดำ internal jugular (Benumof JL, 1994)



รูปที่ 6.7 ภาพแสดงการทำ CVP monitoring ทางหลอดเลือดดำ subclavian (Benumof JL, 1994)

ภาวะแทรกซ้อนที่พบที่สำคัญ คือ

1. Pneumothorax
2. Subclavian artery puncture
3. Air embolism
4. อันตรายต่อ thoracic duct

ไม่ว่าจะเลือกทำวิธีใด เทคนิคใดก็ตามสิ่งที่ควรระมัดระวังคือ เรื่องของการใช้เทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic technique) และดูดเลือดกลับทุกครั้งหลังการต่อ extension เข้ากับ cannula เพื่อไล่ฟองอากาศ ที่ค้างอยู่ออกจนหมดก่อนให้สารน้ำหยดต่อ

ภาวะแทรกซ้อน อาจเกิดขึ้นได้ง่าย และเกิดได้มากหากผู้ทำไม่มีประสบการณ์ความชำนาญหรือขาดผู้ควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด ตำแหน่งที่เหมาะสมแน่นอนตรวจได้จาก chest X-ray การที่ค่าความดันที่วัดไม่คงที่ ควรสังเกตอาจเกิดจาก การช่วยหายใจผู้ป่วย และถ้าลักษณะของคลื่นความดันที่ได้มีลักษณะใหญ่ขึ้นตามการเต้นของหัวใจในแต่ละครั้ง แสดงว่าอาจสอดลึกเข้าไปถึงหัวใจห้องขวาบนควรถอย catheter ออก

การเตรียมทำ CVP

1. การเตรียม transducer และ dome เหมือนการทำ arterial monitoring
2. เตรียมสารน้ำส่วนใหญ่ใช้ acetar 1000 มล. ต่อเข้ากับ three way stopcock ที่ต่อติดกัน 2 อัน โดยต่อเข้าด้านฉาก
3. ต่อ three way stopcock ด้านหนึ่งเข้ากับขา dome
4. ปลายข้างหนึ่งต่อ extension สั้น เพื่อต่อเข้ากับ cannula
5. ขาที่เหลืออีกข้างหนึ่ง (ด้านฉาก) ต่อ syringe พลาสติก 10 มล. ไว้เพื่อดูดฟองอากาศที่เกิดขึ้นขณะต่อ extension เข้ากับ cannula
6. การไล่ฟองอากาศ การ set zero และการปิดยึดเมื่อการทำเสร็จสิ้นลงปฏิบัติเช่นเดียวกับการทำ arterial monitoring
7. จากนั้นปิด three way stopcock ด้าน transducer เปิดสารน้ำเข้าผู้ป่วยช้า ๆ (จะเปิดดู CVP ตลอดเวลาต่อเมื่อให้ anticoagulant แล้ว หรือใช้ heparinized solution เคลือบปลาย cannula ไว้)

การวัดดูค่า CVP

catheter จะต่อเข้ากับ transducer คล้ายกับ arterial pressure และมีคลื่นปรากฏบนจอ monitor ค่าความดันที่ปรากฏจะมาจากความดันของหัวใจห้องบนขวา ตำแหน่งขณะ zero ควรให้ transducer อยู่ในระดับเดียวกับ midaxillary line ค่าปกติคือ 1-8 มม.ปรอท บางครั้งเป็นการง่ายกว่าถ้าจะใช้ตำแหน่ง manubriosternal junction

เป็นตำแหน่งที่ zero ซึ่งจะได้ค่าปกติของ CVP คือ 7-14 มม.ปรอท

การวัดดูค่า CVP ช่วยให้ผู้วางยาสลบสามารถพิจารณาการให้น้ำและเลือดทดแทนได้ถูกต้อง ถ้า CVP เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปกติ และยังคงสูงร่วมกับ arterial pressure ที่ไม่ดีขึ้น แสดงว่าอาจจะมีภาวะของ myocardial failure เกิดขึ้นควรพิจารณาให้การช่วยเหลือ

4. การวัดความดันเลือดในหัวใจห้องบนซ้าย
(Left atrial pressure monitoring หรือ LAP)

เป็นวิธีการวัดความดันเลือดที่หัวใจห้องซ้ายบนโดยตรง ขณะทำผ่าตัดหัวใจ เป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานที่ดีหรือไม่ดีของ mitral valve prosthesis โดยวิธีการสอดสาย catheter (Top extension tube ขนาด X1-1800 $^{m}/_{m}$ มีความจุ 2 มล.) เข้าไปในหลอดเลือดดำ right superior pulmonary แล้วเย็บติดไว้ จากนั้นต่อเข้ากับ monitoring โดยผ่าน three way stopcock และ transducer สู่เครื่อง monitor วัดค่าได้ตลอดเวลาเมื่อต้องการ ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับใช้เป็นเครื่องชี้แนะเกี่ยวกับการให้สารน้ำ เลือด รวมทั้งการให้ยาพยุงรักษาระบบไหลเวียนเลือด และหัวใจหลังการหยุด cardiopulmonary bypass

LAP ต้องการการดูแลอย่างดี เพราะเป็นทางที่ติดต่อโดยตรงถึง หัวใจห้องซ้าย จึงต้องระมัดระวังอันตรายจากฟองอากาศและอื่น ๆ ที่อาจมีผลทำให้เกิด embolization ดังนั้นจึงควรใช้สารละลาย heparinized หล่อไว้ที่ปลายสายนี้ เพื่อป้องกันการอุดตัน หรือใช้สารน้ำหยดช้า ๆ ตามความเหมาะสม

5. การวัดความดันเลือดโดยทางอ้อม
(Non invasive blood pressure monitoring หรือ NIBP)

เป็นเครื่องไฟฟ้าที่ใช้วัดความดันเลือด โดยเป่าลมเข้า cuff ตามเวลาที่กำหนด วิธีตรวจวัดหาค่าความดันโลหิตนี้ อาจทำได้หลายอย่าง ได้แก่

1. วิธีคลำชีพจร (The palpatory mothod) ประกอบด้วย inflated cuff พันต้นแขน ซึ่งเป็นตำแหน่งของ peripheral pulse (radial artery) เพิ่มความดันจนคลำชีพจรไม่ได้ แล้วจึงค่อย ๆ คลายลมออก บันทึกค่าความดันเลือดที่ตำแหน่งของ peripheral pulse กลับมา วิธีนี้ใช้กันมานานหลายปี แต่การบันทึกจะได้เฉพาะค่าความดัน systolic อย่างไรก็ดี วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายในการใช้เมื่อเกิดกรณีรีบด่วนที่ต้องการดูว่าให้สารน้ำทดแทนพอไหม หรือตรวจสภาวะผู้ป่วยหากกรณีที่เครื่องมือวัดอื่น ๆ เสียใช้การไม่ได้

2. The flush method ใช้ finger cuff เพื่อค้นหาการกลับมาของเลือดสู่ปลายนิ้ว โดยวิธีสังเกต ในทางปฏิบัติใช้จำกัดเฉพาะในเด็ก โดยวิธีใช้ cuff ขนาด 5 ซม. พันรอบข้อ

มือหรือข้อเท้า ยกมือหรือเท้าให้สูง ไล่เลือดลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก แล้วใช้ rubber bandage พันรอบ ขึ้น pressure cuff แล้วค่อย ๆ ลดลมใน cuff ออกช้า ๆ สังเกตมือหรือเท้าเมื่อแดงขึ้น จึงบันทึกค่าความดันขณะนั้น แต่จะได้เป็นค่า mean blood pressure ซึ่งค่าจะไม่แน่นอนและผิดพลาดได้ง่าย ในกรณีผู้ป่วยมีภาวะซีด บวม หรือหลอดเลือดส่วนปลายหดตัว

ปัจจุบันนิยมใช้เครื่องวัดความดันเลือดชนิดไฟฟ้า โดยใช้ sensor ที่อยู่บริเวณใต้ cuff เป็นตัวจับความถี่ อาจตรวจด้วยคลื่นของ ultrasound, microphone หรือวิธี oscillation ตามแต่ชนิดของเครื่อง ระบบ oscillation จะมีความแม่นยำ และอายุการใช้งานสูงกว่า ควรมี cuff หลายขนาดตามความเหมาะสมกับผู้ป่วย

วิธีใช้

1. ควรมีความละเอียดรอบคอบในการเลือดขนาดของ cuff ที่พอเหมาะกับผู้ป่วย คือ ถุงลมยางที่ใช้เป่าลม ควรมีความกว้างอย่างน้อย 2/3 ของความยาวจากหัวไหล่ถึงข้อศอก และมีความยาวอย่างน้อย 2/3 ของเส้นรอบวงของแขนหรือขาที่จะวัด ส่วนถุงผ้าด้านนอกควรมีขนาดใกล้เคียงกับถุงลมยางและยาวพอที่จะพันรัดถุงลมไว้ได้

2. ตรวจสอบดูว่าไม่มีการรั่วซึม

3. วางตำแหน่งของ cuff ให้ตรงตามตำแหน่งหลอดเลือดแดงที่ cuff กำหนดเพื่อให้ได้ค่าความดันเลือดที่แน่นอน

4. กรณีที่เกรงว่าจะเปื้อนน้ำยาที่ใช้ฟอกทำความสะอาดผู้ป่วยหรือเปื้อนเลือดของผู้ป่วย ให้ใช้ถุงพลาสติกพันปิดบน cuff ที่พันไว้โดยรอบแล้วอีกครั้งหนึ่ง

5. เปิดเครื่อง monitor ตั้งกำหนดเวลาที่จะให้เครื่องวัดอัตโนมัติ

6. กรณีเป็นเด็กเล็ก เด็กโต หรือผู้ใหญ่ ให้เลือกใช้ทั้งสายเคเบิลและ cuff ตามที่เครื่องกำหนด และกด set ที่เครื่องตามประเภทของผู้ป่วยด้วย อาทิ เช่น adult, pediatric และ neonate เป็นต้น

7. ตั้ง alarm และกำหนดตามความเหมาะสม

8. ปิดเครื่องหรือกด hold on ไว้ทุกครั้งหากไม่ใช้ เพราะการมีลมเข้า cuff ตลอดเวลาอาจทำให้เสื่อมได้

การวัดความดันเลือดชนิดนี้ ในการทำผ่าตัดหัวใจ มีประโยชน์มากในการดูค่าความดันเลือดก่อนเริ่มวางยาสลบขณะที่ยังมิได้ทำ arterial cannula pressure และกรณีที่บังเอิญเกิดปัญหาของ arterial line ดังนั้นเมื่อสามารถทำ arterial cannula pressure ได้แล้ว ไม่ควรปลด cuff ควรกด hold on ปิดเครื่องไว้เฉย ๆ

ภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น

1. petichiae เป็นจ้ำแดง ๆ เนื่องจากการมีลมเข้าไปใน cuff บ่อย ๆ

2. Ulnar nerve palsy เนื่องจาก cuff กดลงบนเส้นประสาท ulnar ซึ่งจะโผล่ออกมาจากกล้ามเนื้อไปรอบส่วนต่ำสุดของ humerus คือใกล้บริเวณข้อศอก จึงควรพัน cuff แล้วให้ลมเข้า cuff (inflate) ดูขณะผู้ป่วยยังรู้สึกตัวเพื่อดูอาการชาที่อาจเกิดขึ้น จึงแนะนำให้พัน cuff บริเวณแขนส่วนบน โดยให้ขอบต่ำสุดของ cuff อยู่เหนือข้อศอกเพราะเส้นประสาท ulnar บริเวณนี้จะตื้น

การเฝ้าระวังระบบทางเดินหายใจ (Respiratory monitoring) ได้แก่

1. การวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดง (Pulse oximetry)
2. การวัดค่าความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก (Capnography)
3. การวิเคราะห์ค่าความดันก๊าซในเลือดแดง (Blood gas monitoring)

1. การวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดง (Pulse oximetry)

หลักการและวัตถุประสงค์

Pulse oximetry เป็นเครื่องมือใช้วัดคุณภาพของ haemoglobin ซึ่งมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบในหลอดเลือดแดง เป็นเครื่องมือที่มีความยุ่งยากมาก ใช้เวลากว่า 50 ปี ในการพยายามที่จะทำเครื่องมือนี้ขึ้นมาเนื่องจากความยากและปัญหาในการแยกค่าออกซิเจนออกมาจาก arterial component

oximetry จึงต้องพึ่งพาอาศัยความสามารถของ oxygenated และ reduced haemoglobin ซึ่งมีความแตกต่างกันในการดูดกลืนแสง oximeter ใช้ความยาวของคลื่นของแสง 2 คลื่นซึ่งผ่านจาก LEDs (lightemitting diode) สู่ arterial bed คลื่นแสง 2 ชนิด คือ red light และ infrared light ตำแหน่งที่จะทำให้ได้ค่าออกมาต้องอยู่ในตำแหน่งที่แสงทั้งสองอยู่ตรงกันข้าม

ปัจจุบันนี้ใช้ microprocessor และ lightemitting diode (LED) มาประดิษฐ์ทำ pulse oximetry ได้อย่างสะดวกสะบาย และเป็นเครื่องมือที่ดีมากสำหรับผู้ให้การวางยาสลบ เมื่อเทียบกับ monitor อื่น ๆ ทั้งหลาย เนื่องจากไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้ ทราบการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนตลอดเวลา ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ทันท่วงที

การทำงานของเครื่องมือนี้ขึ้นกับหลักการดังนี้คือ สัดส่วนของแสงที่ถูกดูดซับโดย oxyhaemoglobin และ reduced haemoglobin เมื่อใช้แสงที่มี wavelength ต่างกันส่องผ่านปลายนิ้วแล้ววัดปริมาณค่า สัดส่วนที่ได้แสดงออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของ saturation วิวัฒนาการทางอิเลคโทรนิคสามารถแยกแสงที่ถูกดูดโดย tissue กับ

pulsatile arterial component ด้วยเหตุนี้ pulse oximeter จึงสามารถบันทึกไว้เฉพาะ saturation ของเลือดแดง

โดยทั่วไปตำแหน่งที่ติดคือ ปลายนิ้ว อาจจะเป็นใบหูหรือจมูกก็ได้ตามความเหมาะสม ความหนาแน่นของแสงจะถูกวัดโดย detector และแปลงสัญญาณสู่ระบบไฟฟ้า ซึ่งถูกวิเคราะห์โดย detect รูปร่างของ waveform ออกมาในรูป pulse waveform และแปรผลออกมาเป็นค่าของ pulse rate และ oxygen saturation

หน้าที่ของ pulse oximeter ไม่ถูกกระทบกระเทือนจากสีของผิวหนัง ทำให้ง่ายในการวิเคราะห์สภาวะการขาดออกซิเจนในผู้ป่วยชาวเอเชีย หรืออาฟริกันที่ผิวคล้ำหรือดำ ซึ่งสังเกตด้วยตาลำบาก

ค่าที่ผิดพลาดจาก pulse oximeter มีสาเหตุจาก

1. ผู้ป่วยขยับมือ มีอาการสั่น
2. แสงไฟผ่าตัดหรือแสงไฟฟ้าส่องรบกวน
3. อุณหภูมิร่างกายเย็น
4. ภาวะหลอดเลือดตีบ
5. มี methaemoglobinuia, carboxy-haemoglobinemia หรือมีสารสีอื่นในเลือด เช่น ผู้ป่วยภาวะตีซ่าน
6. กระแสไฟฟ้าจากเครื่องจี้รบกวน การใช้ควรระมัดระวังติดให้มั่นคงมิให้ตกหล่น จนเกิดความเสียหายเพราะอาจทำให้ detector เสียได้

2. การวัดค่าความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก (Capnography)

เป็นการวัดค่าความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก เรียก "Capnometry" ส่วนใหญ่ใช้หลักการดูดซับแสงอินฟราเรด (infrared spectrophotometry) ที่มีความยาวคลื่น 4300 นาโนเมตร เมื่อนำมาแสดงเป็นค่าที่เวลาต่าง ๆ ของการหายใจ เรียก "Capnography"

เครื่องมือนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามวิธีการเก็บตัวอย่างก๊าซ คือ

1. Sidestream capnographs ใช้ท่อเล็กดูดก๊าซจากวงจรให้ยาสลบอัตรา 50-500 มิลลิลิตรต่อนาที ผ่านกล่องสำหรับดักน้ำก่อนเข้าตรวจในเครื่อง สามารถใช้กับผู้ที่ไม่ใส่ท่อช่วยหายใจ และตรวจก๊าซได้หลายชนิด มีปัญหาเรื่องความคลาดเคลื่อนของเวลาการเก็บตัวอย่าง (sampling delay) และการอุดตันจากหยดน้ำ

2. Mainstream capnographs เครื่องวิเคราะห์ก๊าซต่อเป็นส่วนหนึ่งของวงจรวางยาสลบ ช่วงที่ให้ก๊าซผ่านมีอุณหภูมิ 40°ซ เพื่อป้องกันละอองน้ำจับช่องตรวจเป็นฝ้า ไม่มี

ปัญหาการดูดเก็บตัวอย่างก๊าซ แสดงผลเร็ว คลาดเคลื่อนน้อย ปัจจุบันได้พัฒนาจนมีน้ำหนักเบา เพื่อลดปัญหาการดึงรั้งท่อช่วยหายใจ

ความผิดปกติของระบบการหายใจของผู้ป่วยหรือวงจรวางยาสลบ ความผิดปกติของการไหลเวียนเลือดและเมตาบอลิซึมขั้นรุนแรง มีผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ขับทางลมหายใจออก จะพบลักษณะของ capnograph ผิดปกติไป เช่น

- ไม่มี CO_2 ออกมาเลย แสดงว่าไม่มี ventilation หรือ cardiac arrest
- มี CO_2 ปะปนในลมหายใจเข้า แสดงว่าวงจรให้ยาสลบมี rebreathing
- ค่า end tidal CO_2 เพิ่มเนื่องจาก hypoventilation, malignant hyperthermia ทำ laparoscopy เป็นต้น และลดลงเมื่อมี hyperventilation, hypothermia, hypovolemia ถ้าเกิด pulmonary embolism ค่า end tidal CO_2 จะลดลงอย่างรวดเร็ว ค่า end tidal CO_2 จะต่ำกว่า P_aCO_2 ประมาณ 3-5 มม.ปรอท

3. การวิเคราะห์ค่าความดันก๊าซในเลือดแดง (Blood gas monitoring)

การวิเคราะห์ค่าของความดันก๊าซในหลอดเลือดแดง ใช้บ่อยใน intensive care unit และห้องผ่าตัดที่มีการผ่าตัดใหญ่ การวิเคราะห์ประกอบไปด้วย การวัดค่าของ

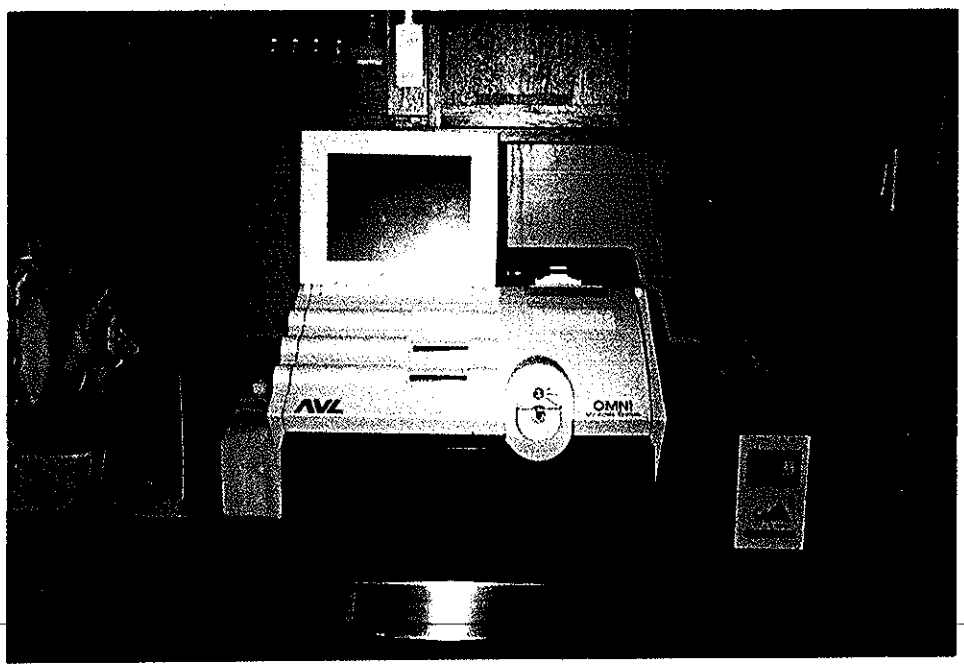
1. pH (the pH electrode)
2. PO_2 (the Ciark electrode)
3. PCO_2 (the Stow-Severinghaus electrode)

ค่าอื่น ๆ ที่ตรวจวิเคราะห์ได้อีกด้วยคือ ค่าของฮีโมโกลบินโดยประมาณ นอกจากนี้ยังได้ค่าของ arterial oxygen saturation, bicarbonate concentration, base excess เป็นต้น

ชนิดของเลือดที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์

1. เลือดแดง (artery)
2. เลือดดำ (venous)
3. จาก capillary (ซึ่งจะได้ค่า mean PCO_2 ต่ำกว่า arterial blood อยู่ประมาณ 2 มม.ปรอท)

ปัจจุบันนี้เครื่องวิเคราะห์เลือดที่ใช้อยู่ในห้องผ่าตัด โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ได้แก่ AVL OMNI (ดังรูปที่ 6.8) ซึ่งการ calibration ของเครื่องเป็นไปตาม automatic process โดยใช้น้ำยาที่เตรียมไว้ในเครื่อง



รูปที่ 6.8 เครื่องวิเคราะห์ค่าความดันก๊าซในเลือดแดงที่ใช้ในห้องผ่าตัด โรงพยาบาลศรีนครินทร์

วิธีการเตรียม sample

1. ใช้ syringe insulin ดูด heparinized solution เล็กน้อยเพื่อกันมิให้เลือดที่ดูดมาแข็งตัว หรือใช้ capillary ที่มี heparin เคลือบอยู่

2. ดูดเลือดจากตำแหน่งที่ต้องการ โดยพยายามมิให้อากาศเข้าไปผสมใน syringe, capillary หรือ AVL Microsampler

3. ถ้าเป็นการดูดจาก arterial line ควรดูด heparinized solution ที่ค้างอยู่ภายใน extension ออกก่อน (ประมาณ 2-3 มล.) จนมั่นใจว่าได้เลือดแดงที่แท้จริงแล้วจึงดูดเลือดเข้า syringe insulin

4. ไล่ฟองอากาศที่อาจมีปะปนอยู่ในเลือดภายใน syringe ออกจนหมด ใส่จุกตันปิด

5. ผสม heparinized ที่หล่อใน syringe กับเลือดให้เข้ากันโดยหมุน syringe ไปมา จากนั้นนำไปวิเคราะห์

6. ลักษณะเครื่องที่พร้อมใช้งานจะขึ้น "ready"

วิธีการทดสอบ

การใส่ sample เริ่มการวัดโดยการใส่ syringe, capillary หรือ AVL Microsampler ไปที่ fill port เมื่อมีภาชนะบรรจุ sample เครื่องจะมีการตรวจสอบโดยใช้แสง infrared

การวัดโดยใช้ syringe

- ใส่ syringe เข้าไปที่ fill port และฉีด syringe เข้าไปโดยไม่ต้องกด key ใด ๆ
- หลังจากมีเสียงจากเครื่องให้นำ syringe ออก จากนั้นระบบจะเริ่มการวัด

การวัดโดยใช้ capillary

- ใส่ capillary หรือ AVL Microsampler ที่ fill port
- กด key "Aspirate Sample" สำหรับการวัด capillary หรือ AVL Microsampler โดย peristatic pump เริ่มที่จะ aspirate sample
- หลังจากคำว่า "Remove Capillary" ขึ้นให้นำ capillary หรือ AVL Microsampler ออก ระบบจะเริ่มทำการวัด

AVL OMNI เป็นระบบที่เป็น multi-parameter ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สามารถเลือก parameter ที่ต้องการได้ โดยการกด key ให้ activate หรือไม่ activate ได้เมื่อกด key จะมีเสียงดังขึ้นเพื่อยืนยันการกด ในระหว่างการวัดสามารถใส่ข้อมูลได้

เมื่อใส่ parameter แล้วและเครื่องทำการวัดเสร็จสมบูรณ์ ผลการวัดจะปรากฏบนหน้าจอ และพิมพ์ผลออกมาได้ (จะมีการพิมพ์ผลหลังจากการใส่ sample เข้าไป 55 วินาที)

สาเหตุของการเกิดการวัดค่าที่ผิดพลาดไป

ก. *ความผิดพลาดจากการเก็บตัวอย่างเลือด*

1. การมีฟองอากาศปะปนในเลือดที่ใช้ตรวจ ทำให้การแปรผลก๊าซออกซิเจนเปลี่ยนไป
2. มี heparin มากเกินไป ทำให้เลือดถูกเจือจางและเป็นผลให้เกิด acidic ค่า pH เปลี่ยนไป (ลด pH)
3. กรณีดูดจาก arterial cannula อาจไล่ heparinized solution ไม่หมด ค่าที่ได้จึงไม่เที่ยงตรง
4. เลือดที่ถูกดูดไว้ใน syringe พลาสติกนาน ๆ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบของออกซิเจนบางส่วนได้

ข. *การผสมกับ heparin* การผสมเลือดที่ดูดได้กับ heparin ควรดีพอที่จะไม่เกิดการแข็งตัว ซึ่งถ้าผสมไม่ดีพอ protein จะจับบน electrode ใน analyser เป็นผลให้การอ่านค่า PO_2 ผิดไป จึงแนะนำให้ผสมเลือดและ heparin ให้เข้ากันโดยหมุนเบา ๆ อย่างน้อย 20 วินาที

ค. *การเก็บตัวอย่างเลือด* ควรเก็บเลือดที่จะนำมาวิเคราะห์ในน้ำแข็งเพื่อลดอุณหภูมิของน้ำยา เพื่อคงไว้ซึ่งความแน่นอนของค่าที่วิเคราะห์ หากต้องคอยนาน แต่ไม่มีความจำเป็นต้องแช่ ถ้าการคอยทำการวิเคราะห์ไม่นานเกิน 15 นาที

ง. *ผลของ metabolism* ผลของการเผาผลาญในเลือดที่ดูดออกมาจะทำให้มีการลดลงของ PO_2, pH และมีการเพิ่มของ PCO_2 แต่ในทางปฏิบัติที่อุณหภูมิห้องและผู้ป่วยมีค่าของ hemoglobin อยู่ในเกณฑ์ปกติ การนำเลือดมาวิเคราะห์ภายในเวลา 15 นาที จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่จะเป็นการดีถ้าเก็บไว้ในน้ำแข็งหากผู้ป่วยมี white cell หรือ platelet สูง

จ. *เครื่อง analyser มีปัญหา* อาจมีปัญหาที่ membrane, electrodes หรืออื่น ๆ ต้องการการตรวจสอบและได้รับการแก้ไข

การเฝ้าระวังส่วนอื่น ๆ ได้แก่

1. การทดสอบการแข็งตัวของเลือด
2. การวัดอุณหภูมิร่างกาย (Monitoring body temperature)
3. Urine output

1. การทดสอบการแข็งตัวของเลือด

การทดสอบการแข็งตัวของเลือด มีวัตถุประสงค์เพื่อดูการรวมตัวของ fibrin เป็นก้อนแข็ง ทดสอบโดยวิธีผสม specific phospholipid กับเลือดของผู้ป่วย มีวิธีทดสอบดังนี้

1. Partial thromboplastin time (PTT) ผสม platelet phospholipid (PF3) หรือ cephalin ในเลือดผู้ป่วยแล้วจับเวลาดูเมื่อ fibrin แข็งตัวหมด

2. "Activated" partial thromboplastin time (aPTT) ใช้ kaolin ซึ่ง activates กับ factors XI และ XII ในเลือดผู้ป่วย แล้วผสม PF3 หรือ cephalin เร่งความเร็วเพื่อให้เกิดการแข็งตัว ค่าปกติจะใช้เวลาน้อยกว่า 33 วินาที วิธีนี้ไม่นิยมใช้ในห้องผ่าตัดเพราะยุ่งยาก

3. Activated clotting time (ACT) มีความคล้ายกับการทำ aPTT แต่ใช้ diatomaceous earth (celite) ผสมแทน kaolin ไม่ต้องผสม PF3 ใช้เวลาทำช้ากว่า aPTT และค่าปกติอยู่ระหว่าง 90-120 วินาที วิธีนี้ใช้เพียง activator เพียงตัวเดียว จึงทำได้ง่ายกว่า นิยมใช้ในการดูการแข็งตัวของเลือดในการทำผ่าตัดหัวใจ โดยเฉพาะเมื่อให้ heparin เข้าไปแล้ว

วิธีการตรวจ

1. เสียบปลั๊ก on power
2. กด select อุ่นเครื่อง 300 วินาที (5 นาที) จนครบ
3. กด select ที่ PT

4. ใช้ syringe 2 มล. ดูดเลือดแล้วผสมในหลอดแก้ว กด start ทันทีพร้อมกับเขย่าเลือดและน้ำยาให้ผสมเข้ากัน จากนั้นใส่หลอดแก้วลงในช่อง test well หมุนตามเข็มนาฬิกา จนไฟเขียว detector ขึ้น จากนั้นคอยจนมีเสียงเตือนว่าเสร็จสิ้นการตรวจ ดูค่าที่ปรากฏบนจอ

5. ปริมาณเลือดที่ใส่ในหลอดแก้ว และวิธีการใส่ให้อ่านตามคำแนะนำวิธีการใช้ เพราะอาจแตกต่างกันไปตามชนิดของเครื่อง

6. กรณีที่ให้สารน้ำอยู่ในหลอดเลือดนั้น หรือมีสารละลาย heparinized ค้างอยู่ในสายให้ดูดสารน้ำที่ค้างอยู่ออกก่อนประมาณ 3 มล. ก่อนดูดเลือดออกตรวจ

ปัญหาที่พบเกี่ยวกับ ACT หลังการทำ cardiopulmonary bypass

1. ค่า ACT ไม่เป็นปกติ หลังจากให้ยา protamine จนครบขนาดที่ควรให้

สาเหตุเกิดจาก
1. ผู้ป่วยยังมีภาวะ hypothermia
2. มีภาวะ hypofibrinogenaemia
3. มีปัญหาเรื่องการแข็งตัวของเลือดจากสาเหตุอื่น (orther procoagulant deficiency)

2. ค่า ACT ปกติ แต่ผู้ป่วยยังมีเลือดไหลซึมอยู่ตลอด

สาเหตุเกิดจาก
1. Inadequate surgical heamostasis
2. เกร็ดเลือดน้อยกว่าปกติ
3. ขาด factor VII
4. มีปัญหาเกี่ยวกับการแข็งตัวอื่น ๆ (orther procoagulant deficiency)

2. การวัดอุณหภูมิร่างกาย (Monitoring body temperature)

อุณหภูมิของร่างกายอยู่ภายใต้การควบคุมของ hypothalamus การวัดอุณหภูมิของร่างกายจะได้ค่าที่แตกต่างกันไปตามตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย ว่าเป็นตำแหน่งของอวัยวะภายนอก (peripheral region) หรืออวัยวะภายในที่เรียกว่า "core" ซึ่งอุณหภูมิจากอวัยวะภายในจะเป็นความร้อนที่มาจากกระโหลกศีรษะ ทรวงอก ช่องท้องและเนื้อเยื่อของอวัยวะภายใน ดังนั้น "core temperature" จึงหมายถึง ค่าอุณหภูมิของร่างกายโดยเฉลี่ย ซึ่งจะไม่มีผลโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงผ่านตามอวัยวะภายนอก

การเปลี่ยนแปลง core temperature อย่างมากเกินไป จนเกินขอบเขตของการปรับตัวให้เกิดสมดุลระหว่างความร้อนที่สูง หรือการสูญเสียความร้อน การเปลี่ยนแปลงนี้

ถูกนำไปตาม autonomic nervous system ซึ่งมีความแตกต่างของเลือดที่ไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสั่น (shivering) หรือเหงื่อออก (sweating)

นอกจากปฏิกิริยาตอบสนองต่อความร้อนด้วยการมีเหงื่อออกแล้ว ก็ยังมีอาการของหัวใจเต้นเร็ว, cardiac output เพิ่มขึ้น, splanchnic blood flow และแรงต้านของหลอดเลือดส่วนปลายลดลง

การลดอุณหภูมิของร่างกายและผลที่เกิด (Hypothermia and effects)

อุณหภูมิของร่างกาย (core temperature) จะมีค่าปกติประมาณ 37°ซ ทางการแพทย์สามารถควบคุมอุณหภูมิของผู้ป่วยให้ลดต่ำลง เพื่อผลประโยชน์เกี่ยวกับการรักษาป้องกันหรือการผ่าตัดบางชนิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเมตาบอลิซึม ทำให้อวัยวะที่สำคัญคงสภาพอยู่ได้ในสภาวะที่ขาดเลือดไปเลี้ยง

ข้อบ่งใช้

1. การผ่าตัดหัวใจด้วยเทคนิค cardiopulmonary bypass เช่น การทำผ่าตัดปิดรูรั่วของผนังหัวใจ การผ่าตัดเปลี่ยนลิ้นหัวใจ การผ่าตัดหลอดเลือดแดง coronary เป็นต้น

2. การผ่าตัดหลอดเลือดแดงใหญ่ หรือการผ่าตัดหลอดเลือดของสมองที่คาดว่าอาจมีผลทำให้สมองหรือไขสันหลังได้รับเลือดไม่พอ

3. ควบคุมความดันในกระโหลกศีรษะ สำหรับผู้ป่วยได้รับอุบัติเหตุทางสมองหรือมีเนื้องอกของสมอง โดยเฉพาะในรายที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยวิธีปกติ

4. รักษาโรคหรือสภาวะผิดปกติอื่น ๆ เช่น Reye's syndrome, พิษของ carbon monoxide และพิษจากสารอื่นที่นำไปสู่สภาวะขาดออกซิเจน

ผลของ hypothermia ต่อระบบต่าง ๆ

1. การเผาผลาญอาหาร

ขณะที่อุณหภูมิของร่างกายลดลงโดยปราศจากการสั่น (shivering) การเผาผลาญอาหารของเนื้อเยื่อทุกชนิดจะลดลง มีผลให้ร่างกายใช้ออกซิเจนน้อยพร้อมกับลดการผลิตและการขับถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ได้สัดส่วนกัน

มีผู้ทำการศึกษาพบว่าทุก ๆ 10°ซ ของการลดอุณหภูมิของร่างกาย เนื้อเยื่อทั่วร่างกายต้องการออกซิเจนน้อยลงประมาณร้อยละ 50 และอุณหภูมิของร่างกายที่ 20°ซ จะลดเมตาบอลิซึมลงอย่างมาก การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อต่าง ๆ จะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 20 ของภาวะปกติ จึงสามารถหยุดระบบไหลเวียนเลือดได้นาน 15-20 นาที หรือบางรายงานบ่งว่านานกว่า โดยไม่ปรากฏพยาธิสภาพของอวัยวะใด ๆ

2. ระบบประสาท

ปริมาณเลือดไปเลี้ยงสมองจะลดลงร้อยละ 6-7 ในแต่ละ 1°ซ ของการลดอุณหภูมิกาย สมองจะได้รับเลือดไปเลี้ยงร้อยละ 50 เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 30°ซ และสมองจะได้รับเลือดเพียง 1 ใน 5 ของภาวะปกติที่อุณหภูมิ 25°ซ โดยไม่ปรากฏอาการขาดออกซิเจน ทั้งเนื้อสมองและน้ำไขสันหลังมีปริมาณลดลง การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) มีลักษณะช้าลงคล้ายขณะหลับ ผู้ป่วยจะหมดสติเมื่ออุณหภูมิกายลดลงต่ำกว่า 28°ซ ม่านตาขยาย และปฏิกิริยาตอบสนองต่าง ๆ จะหมดไปที่อุณหภูมิ 25°ซ ระหว่างอุณหภูมิลดลงเป็น 20°-15°ซ EEG จะเป็นเส้นตรง สมองได้รับเลือดไปเลี้ยงน้อยกว่าการลดของเมตาบอลิซึม

3. ระบบไหลเวียนเลือด

การลดอุณหภูมิกายมีผลกระตุ้นระบบประสาท sympathetic อาจทำให้ผู้ป่วยมีชีพจรเต้นเร็วในระยะแรก แต่ฤทธิ์ของยาสลบจะขัดขวางปฏิกิริยาดังกล่าวจึงปรากฏผลของการกด SA node ของหัวใจ ทำให้ผู้ป่วยมีชีพจรช้าลง และ cardiac output ลดลงตามลำดับ ขณะที่ stroke volume ไม่เปลี่ยนแปลง คลื่นไฟฟ้าหัวใจมี PR และ QT interval ยาวขึ้น, QRS กว้างขึ้น, ST segment และ T wave อาจเปลี่ยนแปลงมีลักษณะคล้ายกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด

ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30°ซ อาจพบหัวใจเต้นผิดจังหวะ เช่น nodal rhythm,PVC_S, AV block และ ventricular fibrillation ที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยยาหรือ defibrillator จำเป็นต้องช่วยผู้ป่วยโดยใช้เครื่อง extracorporeal circulation ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20°ซ หัวใจจะหยุดเต้นเป็นลักษณะของ ventricular fibrillation หรือ asystole

ความเย็นทำให้หลอดเลือดส่วนปลายตีบ มีผลให้ความดันเลือดของผู้ป่วยสูงขึ้นในระยะแรก เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 25°ซ ความดันเลือดจะต่ำลง เพราะมีการขยายของหลอดเลือดร่วมกับ cardiac output ลดลง

4. ระบบหายใจ

เมื่ออุณหภูมิลดลงจะมีการขยายของหลอดลม ทำให้ anatomic และ physiologic dead space เพิ่มขึ้น แต่ผู้ป่วยมีเมตาบอลิซึมลดลงมาก จึงทำให้ระดับของ $PaCO_2$ ต่ำกว่าปกติ ซึ่งบ่งถึงภาวะ respiratory alkalosis ผู้ป่วยยังสามารถปรับ เปลี่ยนการหายใจตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี แต่อาจเกิดภาวะขาดออกซิเจนได้ง่าย

นอกจากนั้น hypothermia ยังก่อให้เกิดภาวะต่อไปนี้

1. การขับปัสสาวะออกจากร่างกายเพิ่มขึ้น เรียกว่า cold diuresis เนื่องจากเลือดไปเลี้ยงไตน้อยลง ระดับฮอร์โมน antidiuretic ลดลง อาจนำไปสู่ภาวะพร่องน้ำและเสียดุล

electrolyte ได้

2. อุณหภูมิร่างกายที่ลดต่ำกว่า 26-27°ซ ทำให้เลือดข้นหนืด เม็ดเลือดเกาะเป็นกลุ่มอุดกั้นการไหลเวียนเลือด haematocrit และโปรตีนในพลาสม่าเพิ่มขึ้น ปริมาตรพลาสม่าลดลง เกร็ดเลือด และการทำงานของเกร็ดเลือดลดลง มีผลให้ค่าของการแข็งตัวของเลือดนานกว่าปกติ

3. การลดอุณหภูมิกายภายใต้เทคนิคการวางยาสลบและควบคุมการหายใจของผู้ป่วยให้เพียงพอโดยปราศจากการสั่น จะมีการเปลี่ยนแปลงดุลกรดด่างและ electrolyte น้อยมาก

ระดับของการลดอุณหภูมิกาย แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ

1. Mild hypothermia อุณหภูมิ 37-30°ซ
2. Moderate hypothermia อุณหภูมิ 30-25°ซ
3. Deep hypothermia อุณหภูมิ 25-20°ซ
4. Profound hypothermia อุณหภูมิ 20-10°ซ
5. Severe hypothemia อุณหภูมิต่ำกว่า 10°ซ

วิธีลดอุณหภูมิของร่างกาย ทำได้ 2 วิธี คือ

1. Surface cooling ใช้เมื่อต้องการลดอุณหภูมิร่างกายลงเพียงเล็กน้อยและไม่เร่งด่วน เช่น สำหรับการผ่าตัดสมอง มีวิธีดังนี้

1.1 แช่ตัวในอ่างน้ำแข็ง

1.2 การระเหย โดยใช้พัดลมเป่าร่างกาย ซึ่งเปียกน้ำ

1.3 ใช้ถุงน้ำแข็งวางตามตัว

1.4 การลดอุณหภูมิเฉพาะที่ โดยใช้น้ำแข็งหรือน้ำเย็นวางบนอวัยวะที่ต้องการลดอุณหภูมิโดยเฉพาะ เช่น สมองและหัวใจ

ข้อเสียของ surface cooling

1. เสียเวลานาน
2. ลดอุณหภูมิได้ไม่มาก
3. ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้
4. เกิดแผลจากความเย็น

2. Core cooling หรือ blood cooling วิธีนี้สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้เร็ว และควบคุมอุณหภูมิได้ดีมาก นิยมใช้ลดอุณหภูมิสำหรับการผ่าตัดหัวใจ ทำโดยการสอดท่อเข้าหลอดเลือดแดง และหลอดเลือดดำ เพื่อนำเลือดออกจากร่างกายไปเข้าขบวนการ cardiopulmonary bypass

ข้อเสียของ blood colling

1. วิธีการยุ่งยาก ซับซ้อนต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในการควบคุมเฉพาะ
2. มีโอกาสเกิด air embolism
3. มีการทำลายเม็ดเลือดและเกร็ดเลือด

ตำแหน่งของการวัดอุณหภูมิร่างกาย

มีหลายตำแหน่งที่สามารถวัดอุณหภูมิร่างกายได้ แต่ตำแหน่งที่ได้ค่าอุณหภูมิที่ค่อนข้างแน่นอนได้แก่ ตำแหน่งของ core temperature ตัวอย่างเช่น

1. Nasopharynx
2. Tympanic membrane
3. Oesophagus (หลอดอาหาร)
4. Rectum (ทวารหนัก)
5. Urinary bladder (Foley catheter probes)

ส่วนตำแหน่ง อื่น ๆ ได้แก่ peripheral site

1. รักแร้ (axilla)
2. นิ้วโป้ง (great toe)
3. หน้าผาก (forehead)
4. ผิวหนัง (skin)

ในการทำผ่าตัดหัวใจนิยมใส่ body probe temperature ที่ nasopharynx ซึ่งตำแหน่งที่ถูกต้องควรจะอยู่หลัง soft palate ซึ่งจะให้ค่า core temperature ที่ถึงแม้จะไม่แน่นอนเที่ยงตรงเท่า oesophagus แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง (cerebral temperature)

เนื่องจากตำแหน่งของ probe อยู่ใกล้ท่อช่วยหายใจ จึงทำให้ค่าอุณหภูมิได้รับผลของการซึมของอากาศรอบ ๆ ท่อได้บ้าง และควรระมัดระวังเวลาใส่มิให้เกิดบอบช้ำ เมื่อตำแหน่ง probe อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว ติดเทปทับมิให้เลื่อนไปมา และลงบันทึกเป็นระยะ

3. Urine output

ผู้ป่วยมาผ่าตัดหัวใจควรได้รับการใส่สายสวนปัสสาวะทุกรายเพื่อบันทึกสภาวะ urine output ทุก 30 นาที เพื่อประเมินการทำงานของไต ยกเว้นการทำผ่าตัดสั้น เช่น PDA และ shunt

บรรณานุกรม

1. คณาจารย์วิทยาลัยพยาบาล กองงานวิทยาลัยพยาบาล สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงสาธารณสุข. การพยาบาลอายุรศาสตร์-ศัลยศาสตร์. เล่ม3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2532: 648-666.
2. ฐิติมา นุตกุล. Monitoring. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. วิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กรุงเทพเวชสาร, 2534: 58-70.
3. ธารา ตริตระการ. การเฝ้าเตือนและดูแลผู้ป่วยขณะได้รับยาระงับความรู้สึก. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. วิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพเวชสาร, 2525: 50-69.
4. แผนกการพยาบาลผู้ป่วยอุบัติเหตุฉุกเฉินและวิกฤต ฝ่ายการพยาบาล โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. เอกสารประกอบการอบรมระยะสั้น ด้านการพยาบาลผู้ป่วยระยะวิกฤต. ครั้งที่ 4/2530. เล่ม 2. ขอนแก่น: ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2530.
5. พรเลิศ ฉัตรแก้ว. Monitoring in Anesthesia. ใน: วรรณา สมบูรณ์วิบูลย์, ฐิติมา ชินะโชติ, ศิริวรรณ จิรสิริธรรม และคณะ, บก. ตำราฟื้นฟูวิชาการวิสัญญีวิทยา. กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง จำกัด, 2539: 24-34.
6. Cohen NH, Brett CM. Arterial Catheterization. In: Benumof JL, ed. Clinical procedures in Anesthesia and Intensive Care. Philladelphia: J.B.Lippincott Company, 1992: 375-386.
7. Gravenstein JS, Panlus DA. Clinical Monitoring Practice. 2nd ed. Philadelphia: J.B. Lippincott Company, 1987.
8. Hewlett-Packard, HP Part No 01290-91985. Universal Quartz Pressure Transducer. In: Hewlett-Packard Medical products Group. USA: Operating guides 1290 c, 1995: 10.87
9. Hug CC., Jr. Anesthesia for Adult Cardiac Surgery. In: Miller RD, ed. Anesthesia. Vol II. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone, 1990: 1605-1643.
10. Hutton P., Robert CP. Monitoring in Anaesthesia and Intersive care. London: W.B.Saunders Company Ltd., 1994.
11. Mihm FG, Rosenthal MH. Central Venous Catheterization. In: Benumof JL, ed. Clinical procedures in Anesthesia and intensive care. Philladelphia: J.B.Lippincott Company, 1992: 339-370.

7 แนวทางการปฏิบัติการวางยาสลบ

การเตรียมผู้ป่วย

การเตรียมมอนิเตอร์

การวางยาสลบ

- Premedication
- Induction และ Intubation
- Preincision period
- Incision to bypass
- Management during bypass
  - Partial bypass
  - Full หรือ Total bypass
  - Rewarming
- การเลิกทำ CPB
- ภายหลังการทำ CPB

การเตรียมขนย้ายผู้ป่วยออกจากห้องผ่าตัด

การเก็บทำความสะอาดเครื่องมือเครื่องใช้

การทำการผ่าตัดหัวใจชนิดเปิด เป็นการผ่าตัดบริเวณทรวงอกทางด้านหน้า ศัลยแพทย์ยืนทำผ่าตัดด้านข้างตลอดแนวลำตัวของผู้ป่วย ดังนั้นจึงต้องจัดท่าให้ผู้ป่วยนอนหงาย หุบแขนสองข้างแนบลำตัว การปฏิบัติการใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วยจึงต้องเป็นการปฏิบัติการที่ไม่ขัดขวางการทำงานของศัลยแพทย์

สำหรับการปฏิบัติการวางยาสลบผู้ป่วย มีการเตรียมการปฏิบัติดังต่อไปนี้

ก. การเตรียมผู้ป่วย

ข. การเตรียมมอนิเตอร์

ค. การวางยาสลบ

ง. การเตรียมขนย้ายผู้ป่วยออกจากห้องผ่าตัด

จ. การเก็บทำความสะอาดเครื่องมือเครื่องใช้

การเตรียมผู้ป่วย

1. ให้สารน้ำแก่ผู้ป่วย ชนิดที่ให้คือ 5% D/NSS/2 1000 มล. หยดเข้าหลอดเลือดดำช้า ๆ โดยใช้เข็มเบอร์ 18 ทางแขนด้านซ้าย ติดพลาสเตอร์ที่มีความเหนียวเพียงพอเพื่อกันการเลื่อนหลุดขณะวางยาสลบ เพราะต้องคลุมผ้ามิดขณะผ่าตัดจะมองไม่เห็น

2. เนื่องจากท่าที่ใช้ในการผ่าตัดเป็นท่านอนหงาย หุบแขนติดลำตัวทั้งสองข้าง จึงใช้ extension ชนิดยาวและวางแนบไปบนแขนซึ่งวางข้างลำตัว ให้ three way stopcock อยู่ด้านศีรษะ (ใกล้ผู้วางยาสลบ)

3. ตรวจวัดค่าความดันเลือดเป็นค่า control แล้วกางแขนข้างขวาบน arm board เตรียมทำ arterial line ดังรายละเอียดในบทที่ 6

4. ติด monitor ECG โดยใช้ electrode ติดบริเวณหัวไหล่ซ้ายและขวา และหน้าขาข้างซ้าย ใช้ electrode อันใหม่เพราะเหนียวแน่นและเมื่อผ่าตัดเสร็จสามารถนำไปใช้ต่อในหอผู้ป่วยระยะวิกฤต (intensive care unit) ได้เลย โดยไม่ต้องดึงออก

5. เตรียมผ้าเขียวม้วนเล็ก ๆ รองใต้ข้อมือขวา โดยให้ผู้ป่วยหงายข้อมือ ใช้กระดาษกาวติดปลายนิ้ว เตรียมทำ arterial line แขนข้างขวา (เตรียมตำแหน่งที่จะทำ arterial cannula)

การเตรียมมอนิเตอร์ รายละเอียดทั้งหมดอยู่ในบทที่ 6

1. ECG การตรวจคลื่นหัวใจ ใช้ lead II หรือ modified V_5 ซึ่งสามารถบอกภาวะหัวใจเต้นผิดปกติได้ดีกว่า lead อื่น ๆ

2. Non invasive blood pressure ตั้งวัดทุก 3-5 นาที ตามความเหมาะสม (ปิดชั่วคราวขณะทำ arterial line) ถ้าวัดแขนข้างเดียวกัน

3. O_2 saturation ติดไว้ตรงกันข้ามกับแขนข้างที่ใช้วัดความดันเลือดแบบ non

invasive

4. Arterial pressure วัดความดันโดยตรงที่หลอดเลือดแดง

5. Venous pressure วัดความดันโดยตรงที่หลอดเลือดดำ นิยมใช้หลอดเลือดดำ internal jugular ในผู้ใหญ่และ femoral หรือ external jugular ในเด็กเล็ก

6. Left atrium pressure ความดันของ หัวใจห้องบนซ้าย (LAP) ศัลยแพทย์จะสอดสาย catheter ไว้ในหัวใจห้องบนซ้าย ก่อนการผ่าตัดหัวใจจะเสร็จสิ้น

7. End tidal CO_2 เป็นการวัดดูค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก

8. วัดอุณหภูมิร่างกาย

9. เตรียม warm เครื่องตรวจวัด activated clotting time (ACT) เพื่อวัดภาวะการแข็งตัวของเลือดไว้ล่วงหน้าควรบันทึกสัญญาณชีพทุกอย่างไว้เป็นมาตรฐานก่อนวางยาสลบ

การวางยาสลบ

การวางยาสลบคล้ายคลึงกับการวางยาสลบทั่วไป คือ คงไว้ซึ่งระบบไหลเวียนเลือดปกติ โดยให้ได้รับออกซิเจน ยาระงับปวด ยาสงบประสาทและยาหย่อนกล้ามเนื้อเพียงพอ ดังนั้นจึงควรเลือกยาที่กดการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจน้อยที่สุด ในขณะเดียวกับการวางยาสลบควรลึกพอที่จะไม่ทำให้ผู้ป่วยมีปฏิกิริยาต่อการกระตุ้นจากการผ่าตัด โดยให้มีการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจและหลอดเลือดน้อยที่สุด

การวางยาสลบควรมีความรอบรู้เกี่ยวกับระยะเวลาของการผ่าตัด การวางแผนการถอดท่อช่วยหายใจ การคาดการณ์ล่วงหน้าถึงความลำบากในการใส่ท่อช่วยหายใจ (difficult intubation) หรือ maintain airway ได้ยาก รวมถึงหน้าที่การทำงานของไตและตับ ซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับยาที่ใช้

ระยะที่มีการกระตุ้นรุนแรงได้แก่ ช่วงการเตรียมและใส่ท่อช่วยหายใจ การตัดกระดูก sternum (sternotomy) และ aortic manipulation ส่วนระยะ hypothermic bypass และหลังปิดทรวงอก (chest closure)แล้ว จะเป็นระยะที่มีการกระตุ้นไม่รุนแรง

ขั้นตอนที่ 1 Premedication ผู้ป่วยทุกรายควรได้รับยาสงบประสาท อาจเป็น midazolam (0.03-0.05 มก./กก.) หรือ diazepam (0.05-0.1 มก./กก.)และยาระงับปวดขนาดที่พอเหมาะ อาจเป็น fentanyl (1-2 มคก./กก.) หรือ morphine (0.1-0.2มก./กก.) ฉีดเข้าหลอดเลือดดำ ต้องระมัดระวังหลังการให้ premedication ถ้าใช้ขนาดสูง ผู้ป่วยอาจเกิดผลแทรกซ้อนจากยา ผู้ป่วยอาจเกิด oversedation ได้ คือ มีอาการ hypercarbia หรือ hypoxia จึงควรตรวจดูผู้ป่วยอยู่เสมอหลังให้ยา premedication

ขั้นตอนที่ 2 Induction และ intubation มีวิธีการต่าง ๆ ตามลำดับดังต่อไปนี้

1. Preoxygenation ด้วย 100% ออกซิเจน 6 ลิตรต่อนาที

2. ฉีดยานำสลบด้วย sodium thiopenthone หรือ etomidate เมื่อหลับใส่ท่อช่วยหายใจด้วย pancuronium หรือ vecuronium จากนั้นตรวจเช็คปอดหลังใส่ท่อช่วยหายใจ ติดเทปมิให้ท่อเลื่อนหลุด วางยาสลบด้วยเทคนิค balanced anesthesia เปิดเครื่องช่วยหายใจ โดยกำหนดให้ได้ tidal volume 10 มล/กก. และอัตราการหายใจ 12 ครั้ง/นาที ปรับไนตรัสออกไซด์ต่อออกซิเจน (N_2O : O_2) ตามสภาพผู้ป่วย เสริมฤทธิ์ด้วย isoflurane, halothane หรือยาระงับปวด

3. ใส่ probe temperature เข้าทางจมูก ให้อยู่ในตำแหน่ง nasopharynx หรือ oesophagus ใส่ airway stopcock ป้ายตาด้วย kemecitine ointment ปิดตาด้วยพลาสเตอร์ตะแคงหน้าผู้ป่วยไปทางซ้าย (เตรียมทำ CVP)

4. เตรียมช่วยวิสัญญีแพทย์ทำ arterial cannula (arterial line), CVP, เตรียมเปิดหลอดเลือดดำไว้อีก 1 เส้น ใช้เข็มขนาดใหญ่ (เบอร์ 16 หรือ 18) โดยเตรียม syringe 20 มล. ดูดสารละลาย heparinized เปิดหลอดเลือดดำแล้ว flush ไว้เพื่อป้องกันเลือดแข็งตัว ต่อ three way stopcock และ extensionเส้นยาวขนาด 42 นิ้ว ติดแนบลำตัวคล้ายการให้สารละลายเส้นแรก

5. Zero arterial pressure และ venous pressure พร้อมบันทึกไว้

6. Transducer ต่าง ๆ อยู่บริเวณศีรษะผู้ป่วย ต่อ three way stopcock ให้เพียงพอในการใช้งาน ใช้ผ้าเขียวรองให้สะอาด เรียบร้อย ตรวจซ้ำว่า

- arterial line ไม่แข็งตัว หมุน three way stopcock ถูกทาง และภาพปรากฏบนจอ monitor เป็นคลื่นปกติ
- ตรวจดู CVP ว่าสารละลายน้ำที่ให้ไม่ไหลเร็วเกินไป
- สายทางด้านที่ใส่ heparinized เปิดหลอดเลือดดำไว้ไม่มีลิ่มเลือด
- ตรวจเช็คอุณหภูมิร่างกายให้ถูกต้อง oxygen saturation มีคลื่นภาพปกติไม่หลุด ถุงปัสสาวะอยู่ในตำแหน่งที่ตรวจเช็คได้ง่าย (แขวนไว้ทางด้านหัวเตียง)

7. ใส่ฉากกั้นให้ยาวพอ เพื่อป้องกันการปนเปื้อน และในขณะเดียวกัน ควรให้ศัลยแพทย์ทำงานได้สะดวกด้วย

8. ดูดเลือดจาก arterial line ไปวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐาน

9. ตรวจดู ACT เป็นค่ามาตรฐานเช่นกัน

10. ให้ตรวจซ้ำอีกครั้ง เพื่อความมั่นใจว่าสารน้ำทุกสายที่เปิดใช้การได้ดี ไม่อุดตัน ไม่หลุดหลวม หรือหักงอ การเฝ้าระวังทุกอย่างอยู่ในสภาพเตรียมพร้อม

11. ลงบันทึกใน anesthetic record โดยละเอียด

ขั้นตอนที่ 3 Preincision period เป็นช่วงที่ใส่ท่อช่วยหายใจแล้ว จนถึงก่อนลงมีดผ่าตัด ช่วงนี้จะมีการกระตุ้นน้อย ทีมแพทย์ผ่าตัดจะใส่สายสวนกระเพาะปัสสาวะ ฟอกทำความสะอาดบริเวณที่จะผ่าตัด ช่วงนี้อาจเกิดภาวะความดันเลือดต่ำลงจากยานำสลบ และยา premedication ถ้าจำเป็นควรลดระดับความลึกของการวางยาสลบ อาจจำเป็นต้องให้ยาเพิ่มความดันเลือด แต่ต้องให้ด้วยความระมัดระวัง ดูดเลือดนำไปวิเคราะห์ก๊าซตามปกติ ควรวางยาสลบให้หลับมากขึ้นอีกเมื่อจะลงมีดผ่าตัด

ขั้นตอนที่ 4 Incision to bypass ภายหลังลงมีดผ่าตัด อาจเกิดภาวะความดันเลือดสูงขึ้น มีหัวใจเต้นเร็ว อาจเติมยาระงับปวดเพิ่ม เมื่อถึงช่วงทำ sternotomy ควรงดการช่วยหายใจชั่วคราว อาจปิดเครื่องช่วยหายใจหรือช่วยหายใจในปริมาตรที่น้อยกว่าปกติ เพื่อป้องกันการฉีกขาดของเนื้อปอดหรือเยื่อหุ้มปอดที่จะขยายไปถูกใบเลื่อยที่ตัดกระดูก เมื่อตัดเสร็จเปิดเครื่องช่วยหายใจเหมือนเดิม จากนั้นมีการจับต้องหัวใจเพื่อทำ atrial cannulation อาจมีภาวะหัวใจเต้นผิดปกติได้ ช่วงนี้ควรให้ปริมาณสารน้ำอย่างเพียงพอ ระหว่างการเริ่มทำการผ่าตัดที่หัวใจการเปลี่ยนแปลงของ hemodynamic มักควบคู่ไปกับวิธีการทำผ่าตัด

ช่วงนี้ศัลยแพทย์ผู้ทำผ่าตัดจะขอให้ฉีด heparin ในขนาด 3 มก./กก. ทางหลอดเลือดดำ เวลาฉีดให้ดูดเลือดทาง CVP ให้เห็นเลือดออกมาแน่นอนและชัดเจน จึงฉีดยาเข้าไป ห้ามมิให้มีฟองอากาศปะปน ควรให้ยาให้ครบตามที่คำนวณได้และไล่น้ำตามจนยาเข้าไปหมด จากนั้นคอยเช็คเวลาที่ให้ 3-5 นาที หลังการให้ heparin และให้มีค่า ACT สูงกว่า 400 วินาที หรือสูงกว่าค่าควบคุม $2^1/_2$ - 3 เท่า ก่อนจึงเริ่มใส่ท่อเข้าหลอดเลือดเออร์ตา SVC และ IVC ตามลำดับ แล้วจึงต่อท่อเหล่านี้เข้ากับเครื่อง pump oxygenator ซึ่งเจ้าหน้าที่เตรียมใส่น้ำยา prime พร้อมไว้สำหรับ CPB จากนั้นดูค่าวิเคราะห์ arterial blood gas เมื่อเริ่มทำ CPB

ในระยะนี้ผู้ป่วยควรได้รับการวางยาสลบลึกเพียงพอ เช่น อาจเติมยาระงับปวด ยาหย่อนกล้ามเนื้อเพียงพอ และปิดไนตรัสออกไซด์ arterial pressure เริ่มลดต่ำลง CVP เปิดสู่ transducer ไว้อ่านค่าตลอดเวลา ศัลยแพทย์ส่งชุดให้สารละลายเพื่อต่อเข้ากับสารละลาย cardioplegia (หากเป็นวิธีให้ cardioplegia แบบ antegrade infusion) เมื่อรับสายมา clamp off ไว้ ประมาณความยาวของสายให้พอดีต่อเข้ากับขวดสารละลายได้และมีความยาวพอสำหรับศัลยแพทย์ใช้ เตรียมใส่ขวดสารละลาย เข้ากับที่ pump และขึ้นความดันไว้ บีบกระเปาะให้สารละลายลงมาในกระเปาะประมาณ 2/3 กระเปาะ เพื่อกันมิให้ฟองอากาศเข้าไปเวลาให้สารละลาย จากนั้นเปิด clamp ไล่อากาศที่ค้างอยู่ในสายให้หมด ปิด cardioplegia ไว้ก่อน พร้อมที่จะให้เมื่อศัลยแพทย์ clamp เออร์ตา

ขั้นตอนที่ 5 Management during bypass แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ

1. Partial bypass
2. Full หรือ total bypass
3. Rewarming

1. Partial bypass เมื่อ anticoagulation เพียงพอ เป็นระยะเริ่มเข้า CPB ปลด clamp ให้เลือดดำ จาก SVC และ IVC ไหลผ่านท่อลงสู่ oxygenator ตามแรงโน้มถ่วง (gravity) ขณะเดียวกัน roller pump จะเริ่มหมุนช้า ๆ ฉีดน้ำยา prime ซึ่งผสมกับเลือดที่มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว ผ่านเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยทางเอออร์ตา ถ้าเลือดดำไหลลงสู่ oxygenator สมดุลกับเลือดแดงที่ไหลกลับทางเอออร์ตา ก็จะสามารถเพิ่ม flow ของ CPB ขึ้นเรื่อย ๆ จนได้ flow rate สูงสุด 2.0-2.5 ลิตร/นาที/เมตร^2 หรือคิดตามน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัม ดังนี้

เด็กแรกเกิด น้ำหนักต่ำกว่า 5 กก. ใช้ flow 150-175 มล./กก./นาที
เด็กเล็ก น้ำหนัก 10 กก. ใช้ flow 80-100 มล./กก./นาที
เด็กโต น้ำหนักมากกว่า 20 กก. ใช้ flow 60-80 มล./กก./นาที
ผู้ใหญ่ น้ำหนักเกิน 60 กก. ใช้ flow 50-60 มล./กก./นาที

ผลของการทำ hemodilution ทำให้ระดับ catecholamine ในเลือดลดต่ำลง ดังนั้นระยะแรกของ CPB ผู้ป่วยจะมีหลอดเลือดขยาย ค่า mean arterial pressure (MAP) อาจลดลงต่ำกว่า 30 มม.ปรอท ภายใน 5-10 นาทีแรก แล้วกลับเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องให้ยาตีบหลอดเลือด อุณหภูมิร่างกายจะลดลงอย่างรวดเร็ว หัวใจบีบตัวช้าลง และอาจเต้นผิดจังหวะได้บ้าง ความต้องการยาสลบและการหายใจของผู้ป่วยลดลงตามลำดับ

2. Full bypass หรือ total bypass ขณะที่ flow rate ของ oxygenator เพิ่มขึ้น เลือดดำส่วนใหญ่จะไหลผ่าน cannula ลงสู่ oxygenator มีเลือดดำเพียงเล็กน้อยที่ไหลกลับสู่หัวใจ ศัลยแพทย์จะรัดรอบ SVC และ IVC เพื่อให้เลือดดำทั้งหมดที่ไหลผ่านหลอดเลือดนี้ลงสู่ oxygenator เป็น full bypass (complete CPB) เมื่ออุณหภูมิกายต่ำกว่า 30 °ซ ศัลยแพทย์จะรัดหลอดเลือดแดงเอออร์ตา (aortic clamps on) ขณะเดียวกันจะให้สารละลาย cardioplegia ทาง root ของเอออร์ตา (หากเป็นกรณีให้ cardioplegia แบบ antegrade infusion) เพื่อให้หัวใจหยุดบีบตัว และกล้ามเนื้อหัวใจคลายตัวเต็มที่ ครั้งแรกให้ประมาณ 20 มล./กก.และเติมเป็นระยะทุก ๆ 20 นาที ด้วยปริมาณ 1/3-1/2 ของปริมาณครั้งแรก หรือเปิดให้เมื่อศัลยแพทย์ต้องการ เพื่อให้หัวใจหยุดนิ่งขณะศัลยแพทย์เปิดทำผ่าตัดหัวใจ ระยะนี้ไม่ต้องช่วยหายใจผู้ป่วย (ปิดเครื่อง

สำหรับผู้ป่วยที่หัวใจบีบตัวไม่ดีพอหรือมี conduction block อาจมีสาเหตุจากโปแตสเซี่ยมในกล้ามเนื้อหัวใจมีระดับสูงเพราะผู้ป่วยได้รับสารละลาย cardioplegia เป็นจำนวนมาก วิธีแก้ไขคือ

1. ให้ยากระตุ้นหัวใจ เช่น calcium gluconate 0.5-1 กรัม หรือ ephedrine 10-15 มก. ทางหลอดเลือดดำ

2. ให้กลูโคสและ insulin

3. ใช้ atrio-ventricular sequential pacing ชั่วคราวจนกว่าหัวใจบีบตัวได้เป็นปกติ

ขั้นตอนที่ 6 การเลิกทำ CPB เมื่อการทำผ่าตัดหัวใจเสร็จสมบูรณ์ rewarming ได้เรียบร้อย โดยอุณหภูมิกายอุ่นขึ้นถึง 37-38°ซ ตรวจวิเคราะห์เลือดแดงได้ค่า blood gas, electrolyte โดยเฉพาะค่า haemoglobin และโปแตสเซี่ยม อยู่ในเกณฑ์ปกติ ตรวจเช็ค monitor หลังจาก zero, calibrate แล้ว บีบปอด ตรวจเช็คการไหลของเลือดในบริเวณผ่าตัด และหัวใจเริ่มเต้นเป็นจังหวะและสม่ำเสมอมากกว่า 70 ครั้ง/นาที อาจจากยาหรือการกระตุ้นไฟฟ้า หรือหัวใจเต้นเอง ความดันเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติ ศัลยแพทย์เริ่มประเมินการทำงานของหัวใจ โดยการเริ่มรัดท่อนำเลือดดำที่ไหลลงสู่ oxygenater บางส่วน และเพิ่มเลือดไหลเวียนในร่างกาย ขณะเดียวกันลด flow rate ลงช้า ๆ ถ้าปรากฏ ว่า arterial pressure และการทำงานของหัวใจดีพอ เริ่มให้ protamine ถ้าปิด venous line ได้ ก็หยุด CPB

การประเมินการทำงานของหัวใจมี 3 ลักษณะคือ

1. หัวใจบีบตัวได้ดี ตอบสนองต่อการเพิ่ม CVP หรือ LAP 12-15 มม.ปรอท โดยมีความดันเลือดปกติ แสดงว่าผู้ป่วยพร้อมจะออกจาก CPB ได้ทันที

2. หัวใจล้มเหลว ให้ cardiac output ไม่เพียงพอ ขณะ CVP หรือ LAP สูงกว่า 15 มม.ปรอท แสดงว่าต้องให้การรักษาด้วยยากระตุ้นหัวใจ และอาจต้องให้ยาขยายหลอดเลือด และถ้ายังไม่ได้ผล ควรให้การรักษาพิเศษด้วย intra-aortic balloon pump

3. ภาวะขาดเลือด คือ ผู้ป่วยมีความดันเลือดต่ำ ชีพจรเร็ว มีค่า CVP หรือ LAP ต่ำกว่า 15 มม.ปรอท ต้องทดแทนด้วยเลือด ให้เพียงพอก่อนออกจาก CPB

ตารางที่ 7.1 ตารางยากระตุ้นหัวใจที่นิยมใช้ในระยะหลัง cardiopulmonary bypass

ชนิดของยา	ขนาดที่ให้ทางหลอดเลือด (มคก./กก./นาที)	
	Bolus	Infusion
1. Dobutamine (Dobutrex)	2-5	2-20
2. Dopamine	2-5	2-20
3. Epinephrine (Adrenaline)	0.1	0.1-1
4. Isoproterenol (Isuprel)	0.05-1	0.1-1
5. Amrinone (Inocor lactate)	0.75 มคก./กก.	5-10
6. Calcium gluconate	0.5-1 กรัม	-

ขั้นตอนที่ 7 ภายหลังการทำ CPB (post CPB) เมื่อทุกอย่างเรียบร้อย สามารถถอดสายสวนหลอดเลือดดำของผู้ป่วยได้ ต้องแก้ฤทธิ์ของ heparin โดยพิจารณาให้ protamine ทางหลอดเลือดดำช้า ๆ ในขนาดเพียงพอที่จะให้ผลของ ACT กลับมาอยู่ในเกณฑ์ปกติโดยให้ประมาณ 1-1 1/2 เท่าของขนาด heparin ที่ให้ ควรระมัดระวังอย่างยิ่งในการให้เพราะอาจมีความดันเลือดต่ำได้ เนื่องจากหลอดเลือดส่วนปลายขยาย มีฤทธิ์ตีบหลอดเลือดที่ปอด อาจเกิดภาวะภูมิแพ้อย่างรุนแรง หรืออาจมีเลือดออกจากบาดแผลผ่าตัดเพิ่มขึ้น เพราะยานี้ทำให้เกร็ดเลือดต่ำ และรบกวนการทำงานของเกร็ดเลือดชั่วคราว

วิธีการแก้ไขคือ

1. บริหารยาเข้าหลอดเลือดดำช้า ๆ ใน 5-15 นาที
2. ให้เลือดทดแทนในอัตราที่เร็ว
3. ใช้ยากระตุ้นหัวใจเช่น ephedrine 3-6 มก. calcium gluconate 0.5-1 กรัม ทางหลอดเลือดดำ
4. รักษาตามอาการทั่ว ๆ ไป เช่น ให้เกร็ดเลือดเข้มข้น (platelet concentrate) เพื่อทดแทนภาวะเกร็ดเลือดต่ำและรักษาปฏิกิริยาภูมิแพ้

หลังจากที่ทุกอย่างดีขึ้น เริ่มปิด chest อาจพิจารณาให้เลือด หรือ fresh frozen plasma ตามความเหมาะสม ปรับขนาดของยาโดยใช้ infusion pump ตรวจซ้ำว่าผู้ป่วยได้รับยาเข้าหลอดเลือดแน่นอน ไม่ซึมหรือหลุด

เมื่อปิด sternum เสร็จ รายงานสภาพผู้ป่วยกับทาง intensive care unit เรื่องการตั้งเครื่องช่วยหายใจ (tidal volume, จำนวนครั้งของการหายใจ, เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนที่ควรจะได้รับ) ยาที่ผู้ป่วยได้รับ (ขนาดความเข้มข้น,ขนาดที่ให้ผู้ป่วย) สารน้ำ

ที่ผู้ป่วยได้รับทางใดบ้าง ชนิดของเทคนิคที่ทำกับผู้ป่วยเช่น arterial line, CVP,LA pressure

เมื่อใกล้จะเสร็จสิ้นการผ่าตัด ให้เตรียมเครื่องช่วยหายใจชนิดเคลื่อนที่ได้ ที่ใช้ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ คือ oxylog® ไว้ให้ผู้ป่วยในการขนย้าย ตรวจดูว่าในแทงค์ออกซิเจนมีปริมาณออกซิเจนอยู่เพียงพอ เครื่อง oxylog® ทำงานได้ดี ตั้ง oxylog ® ให้ได้ volume ตามต้องการ สำหรับผู้ป่วยเด็กให้ oxy-viva®

การเตรียมขนย้ายผู้ป่วยออกจากห้องผ่าตัด

1. ถอด three way stopcock ที่ไม่จำเป็นออก

2. ปิดจุก three way stopcock ทุกจุดที่เปิดสู่ room air เพื่อป้องกันการเกิดการปนเปื้อน

3. สาย extension ที่ยาวเกินไป ติดพลาสเตอร์ให้เรียบร้อย มิให้ยาวเกะกะอาจถูกดึงรั้งจนหลุดได้ขณะเปลี่ยนเตียง

4. ตรวจซ้ำว่าสารน้ำที่ให้ทุกสายไหลสะดวกดี ยาที่ให้ผู้ป่วยได้รับตามที่ต้องการ

5. ใช้ syringe 10 มล. ดูดสารละลาย heparinized สำหรับ flush 1 ชุด ปลด transducer ออกปิดจุกตัน three way stopcock ที่เหลือ ม้วน extension ให้เรียบร้อยติดไปบนตัวผู้ป่วย เขียนป้ายติดกำกับให้ชัดเจนว่าเป็นสารละลาย heparinized สำหรับ arterial line

6. LA pressure ทำเช่นเดียวกับ arterial line หรืออาจให้สารน้ำหยดช้า ๆ

7. ติด stand บนเตียงผู้ป่วย แขวนสารน้ำ, เลือดต่าง ๆ บน stand ขณะขนย้ายเพื่อความสะดวก

8. Syringe pump ที่มียาให้อยู่อย่างสม่ำเสมอ ควรตรวจเช็คว่ามีแบตเตอรี่ทำงานได้ จากนั้นถอดปลั๊กออก นำเครื่องวางบนเตียงผู้ป่วย หรือติดกับขาของ stand

9. ดูดเสมหะที่ค้างในท่อช่วยหายใจและในปากออกให้หมดก่อนขนย้ายผู้ป่วย

10. ปลด monitor ECG, NIBP, O_2 saturation ออก ต่อ oxylog® หรือ oxy-viva® เข้ากับท่อช่วยหายใจตรวจเช็คปอดซ้ำ อีกครั้งว่าผู้ป่วยได้รับออกซิเจนอย่างแน่นอน ปอดขยายได้ตามต้องการ เตรียมเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไป intensive care unit

การเก็บทำความสะอาดเครื่องมือเครื่องใช้

1. Anesthetic machine ใช้ผ้าชุบน้ำบิดหมาดเช็ดทำความสะอาด แล้วใช้ผ้าสะอาดเช็ดให้แห้ง ไม่จำเป็นต้องทำการฆ่าเชื้อ หากผู้ป่วยมิได้เป็นโรคติดเชื้ออย่างรุนแรง

2. เครื่องมือที่เกี่ยวกับการนำก๊าซที่มีความชื้น ซึ่งเป็นที่เพาะเชื้อโรคได้ดี จึงต้องทำการฆ่าเชื้อโรคด้วย

3. เครื่องตรวจคลื่นหัวใจ ตัวเครื่องเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าแห้ง หรือผ้าชุบน้ำสบู่อ่อน ๆ แล้วเช็ดตามด้วยผ้าแห้ง ส่วนสาย lead เช็ดทำความสะอาดด้วย 70% alcohol และสาย pressure transducer เช็ดด้วยสำลีชุบน้ำสะอาดขจัดคราบต่าง ๆ หรือใช้ hydrogen peroxide แล้วตามด้วยน้ำกลั่น

4. Temperature probe เช็ดด้วยผ้าชุบน้ำสบู่ น้ำยาฆ่าเชื้อที่เช็ดได้คือ Dakin's solution, 3% hydrogen peroxide ห้ามใช้ 70% alcohol เช็ดเด็ดขาด

5. Paddle ของสาย internal defibrillator เช็ดเจลออกให้หมดแล้วเช็ดตามด้วยผ้าชุบน้ำสบู่ ถ้าเจลแห้ง ให้ใช้ผ้าชุบน้ำพันไว้รอบ ๆ paddle ให้ เจลอ่อนตัวก่อน จึงเช็ดออกให้สะอาด

บรรณานุกรม

1. จรรยา มะโนทัย. ศัลยศาสตร์หัวใจ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ MEDIPRESS และ P.S. CENTER, 2524.
2. ธารา ตริตระการ. การดมยาสลบผู้ป่วยโรคหัวใจที่มารับการผ่าตัดทั่วไป. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. ตำราวิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 2538: 594-615.
3. อังกาบ ปราการรัตน์. การให้ยาระงับความรู้สึกสำหรับการผ่าตัดโรคของ Aorta และแขนง. ใน: วรภา สุวรรณจินดา, อังกาบ ปราการรัตน์, บก. ตำราวิสัญญีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร, 2534: 690-711.
4. Aitkenhead AR, Smith G. Anaesthesia for cardiac surgery. In: Aitkenhead AR, Smith G, eds. Textbook of Anaesthesia. New York: Churchill livingstone, 1992: 629-643.
5. Hug CCl, Jr. Anesthesia for Adult Cardiac Surgery. In: Miller RD., ed. Anesthesia. Vol II. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone, 1990: 1605-1643.
6. Kaplan J.A. Cardiac Anesthesia. 3rd ed. New York: Grune & Stration, 1994.
7. Kirklin J.K., Kirklin J.W. Cardiopulmonary Bypass for Cardiac Surgery. Gebbon's Surgery of the Chest. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1983: 909-925.

8. Kirklin W.J., Barratt-Boyes B.G.Cardiac Surgery. Vol I. 2nd ed. Maxico: Churchill Livingstone Inc., 1993: 1107-1125.
9. Rud C.C., Stafford T.B. Cardiopulmonary Bypass. 2nd ed. Texas: Surgimedics/TMP The Woodlands, 1989.
10. Robert A.J. Myocardial Protection in Cardiac Surgery. New York: Marcel Dekker Inc., 1981.
11. Hunsley JE, Weston GA. Cardiac Anaesthesia. In: Nimmo WS, Rowbotham DJ, Smith G, eds. Anesthesia. 2nd ed. Oxford: The Alden Press, 1994: 594-624.
12. Wray DL, et. al. Anesthesia for Cardiac Surgery. In: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK, eds. Clinical Anesthesia. 2nd ed. Philladelphia: J.B.Lippincott Company, 1992: 1021-1051.

ดรรชนี

การเก็บทำความสะอาดเครื่องมือเครื่องใช้, 99
การซักประวัติและตรวจร่างกาย, 36-40
การตรวจคลื่นหัวใจ, 35,41, 55, 58-62,90
การตรวจทางห้องปฏิบัติการ, 41-44
การตรวจคลื่นหัวใจ, 41-43
การตรวจเลือด, 41
การถ่ายภาพรังสีทรวงอก, 43
การตรวจพิเศษ, 44-45
การตรวจภาพคลื่นเสียงสะท้อนจาก
หัวใจ, 44-45
การสวนหัวใจ, 45
การเตรียมขนย้ายผู้ป่วยออกจากห้องผ่าตัด, 90,99
การเตรียมเครื่องมือเฝ้าระวัง, 53
การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษอื่นๆ, 51
การเตรียมเครื่องวางยาสลบ, 48-50
การเตรียมผู้ป่วย, 90
การเตรียมมอนิเตอร์, 90- 91
การเตรียมยาที่ใช้ในการวางยาสลบ, 50
การเตรียมยาพิเศษอื่น ๆ, 50-51
การเตรียมอุปกรณ์การใส่ท่อช่วยหายใจ, 49-50
การทดสอบการแข็งตัวของเลือด, 55, 82-83
การทำงานของหัวใจ, 15-16, 18, 19,97
พรีโหลด, 15
อาฟเตอร์โหลด, 16, 22
การนำส่งพลังประสาทของหัวใจ, 12
คลื่นหัวใจ, 12, 13, 35, 41-43, 57-62
เซลล์คุมจังหวะ, 12, 13
เส้นใยของฮีส, 13
เส้นใยเพอร์คินเจ, 13, 19
การประเมินกำลังสำรองของหัวใจ, 36
การผ่าตัดหัวใจ,26-27
ชนิดปิด, 26
ชนิดเปิด, 26, 27
การเฝ้าระวัง, 55-88
ระบบทางเดินหายใจ, 77-82
ระบบหัวใจและหลอดเลือด, 57-77
การรักษาด้วยยา, 40-41
ยากระตุ้นหัวใจ, 40
ยาขยายหลอดเลือด, 40
ยาขับปัสสาวะ, 40
การลดอุณหภูมิของร่างกายและผลที่เกิด, 84-86
การวัดความดัน
ในหลอดเลือดดำส่วนกลาง, 72
ในหลอดเลือดแดงโดยตรง, 63-71
การวัดความดันเลือด
โดยทางอ้อม, 75-77
ในหัวใจห้องบนซ้าย, 75
การวัดค่าความดันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ในลมหายใจออก, 78-79
การวิเคราะห์ค่าความดันก๊าซในหลอด
เลือดแดง, 79
การวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดง, 77-78
การวัดอุณหภูมิร่างกาย, 83-84
การวางยาสลบ, 91-99
การสวนหัวใจ, 45

ขั้วไฟฟ้า, 58-62
ตำแหน่ง, 60
วิธีติด, 60-61

ความเข้มข้นอิเลคโทรไลท์, 19
ความดันก๊าซในเลือด, 19
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, 19, 79
ก๊าซออกซิเจน, 19, 79
ความดันเลือด, 20, 22
ความดันเลือดแดงเฉลี่ย, 20
ความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ, 21
เครื่องหัวใจและปอดเทียม, 27-30

ปอดเทียม, 27, 29-30, 31
ชนิดแผ่นเยื่อ, 30
ชนิดฟองอากาศ, 30

ผนังของหัวใจ, 5
ผนังหัวใจชั้นกลาง, 5
ผนังหัวใจชั้นนอก, 5
ผนังหัวใจชั้นใน, 5

ระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของหัวใจ, 17-18
ประสาทซิมพาเทติก, 17, 22
ประสาทพาราซิมพาเทติก, 17, 22
ศูนย์ส่วนบนของประสาทกลาง, 18

ลิ้นหัวใจ
ลิ้นไตรคัสปิด, 5, 7
ลิ้นไบคัสปิด, 6, 7
ลิ้นพัลโมนารี่, 5, 7, 13
ลิ้นไมทรัล, 6, 7, 13, 26

ลิ้นเอออร์ติก, 6, 7, 13, 36

วงจรการบีบตัวของหัวใจ, 13-14

สมดุลออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ, 20-22
สายยางนำเลือด, 31
สายสวนหัวใจ, 30-31
สารละลายปกป้องกล้ามเนื้อหัวใจ, 32-33

หลอดเลือด,
หลอดเลือดดำพัลโมนารี่, 3
หลอดเลือดแดงโคโรนารี่, 7-9, 22, 33
หลอดเลือดแดงพัลโมนารี่, 5, 7
หลอดเลือดเออร์ตา, 7, 27
หัวใจ,
ผนังของหัวใจ, 5
เยื่อหุ้มหัวใจ, 2, 4
ลักษณะและตำแหน่ง, 2
ส่วนยอดของหัวใจ, 2
หลอดเลือดเลี้ยงหัวใจ, 7-9
ห้องและลิ้นหัวใจ, 5-7

หัวใจเทียม, 27, 28-29
ปั๊มแรงเหวี่ยง, 29
ปั๊มหมุน, 29
ห้องของหัวใจ, 5-6
ห้องบนขวา, 5, 7, 27
ห้องบนซ้าย, 6, 7, 18, 27
ห้องล่างซ้าย, 6, 7, 20, 27
ห้องล่างขวา, 5, 7

อิเลคโทรไลท์ไอออน, 19
แคลเซี่ยมไอออน, 19
โซเดี่ยมไอออน, 19
โปแตสเซี่ยมไอออน, 19
อัตราการเต้นของหัวใจ, 15, 21

ฮอร์โมน
กลูคากอน, 19
ไธรอยด์ฮอร์โมน, 19, 22
นอร์อีพิเนฟริน, 19, 22
อีพิเนฟริน, 19, 22

INDEX

Afterload, 11, 16
Antegrade infusion, 33
Anterior interventricular groove, 4
Aorta, 7, 32, 33, 38
    abdominal aorta, 7
    arch of aorta, 7
    ascending aorta, 7
    descending aorta, 7
    thoracic aorta, 7
Arterial catheterization, 14
Artery, 7-8, 20
    innominate, 7
    common carotid, 7
    subclavian, 7
    right coronary, 7, 33
    pulmonary, 5, 6, 7
Atrioventricular node, 8, 12

Blood gas monitoring, 53, 79-82
Bubble oxygenator, 30
Bundle of His, 13

Capnography, 78-79
Cardiac catheterization, 45
Cardiac cycle, 13-14
Cardiac output, 15, 20
Cardiac reserve, 36, 37
Cardioplegia, 32, 51, 93, 97
Cardiopulmonary bypass, 27
Central venous pressure, 72-75
Chambers of the heart, 5-6
    left atrium, 6
    left ventricle, 3, 6, 7
    right atrium, 5
    right ventricle, 5
Chordae tendineae, 5
Closed heart surgery, 26
Clubbing finger, 39
Conducting fibre, 12
Coronary angiography, 45
Coronary artery, 7-9, 32, 33
Coronary sinus, 5, 33
Coronary sulcus, 8

Descending aorta, 7
Diastole, 13, 21
Digitalis, 40
Direct arterial blood pressure, 63-71
Diuretics, 40, 41

Echocardiography, 44-45
    transesophageal, 45
    transthoracic, 44
Endocardium, 5
Epicardium, 5
Epinephrine, 19, 22
Extracorporeal circulation, 27

Full bypass, 94-96

Heat exchanger, 30
Heart lung machine, 27
Hemodilution, 31
Hyperkalemia, 42
Hypocalcemia, 43
Hypokalemia, 43
Hypothermia, 27, 84-87

Impulse, 12
Incision to bypass, 93
Inferior vena cava, 3, 5, 27
Inflow occlusion, 27
Induction. 92
Intubation, 92

Left atrial pressure monitoring, 75
Left atrium, 6, 7
Left ventricle, 6, 7

Management during bypass, 94-98
Mechanical heart pump, 28-29
    centrifugal pump, 29
    non-pulsatile flow, 29
    pulsatile flow, 29
    roller pump, 29
Monitoring, 53, 55-88
    cardiovascular monitoring, 57-77
    non invasive blood pressure monitoring, 75-77
    respiratory monitoring, 77-82

Murmur, 37
Myocardium, 5

New York Heart Association, 36-37
Node
AV node, 8, 12, 13
SA node, 8, 12, 13
Nodal rhythm, 13

Opened Heart surgery, 26
Orthopnea, 39
Oxygenator, 27, 29-30, 94

Pacemaker, 12
Pericardial cavity, 5
Pericardium, 4-5
Partial cardiopulmonary bypass, 27
Posterior inferior interventricular groove, 4
Preincision period, 93
Premedication, 91
Priming solution, 31
Pulmonary vein, 5, 7
Pulsus alternans, 39
Pulsus paradoxus, 39
Pulse oximetry, 77-78
Pump oxygenator, 27-30
Purkinje fibre, 5, 13, 19

Retrograde infusion, 33
Rewarming, 96

ST depression, 42
Septum
interatrial septum, 5
interventricular septum, 5
Sinoatrial node, 8, 12
Sinus rhythm, 13
Superior vena cava, 3, 5, 27
Systole, 13, 20

Total cardiopulmonary bypass, 27
Thoracic aorta, 7
Trabecular corneae, 5

Valves of the heart
aortic valve, 6, 7, 13, 36
bicuspid valve,6, 7
mitral valve, 6, 7, 13, 26, 36
pulmonary valve, 5, 7, 13
tricuspid valve, 5, 7

Whole blood priming, 31