บทที่ ๒

ทฤษฎีและวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

๒.๑ ทำไมจึงต้องใช้หลอดเลือดดำในการฉีดยาหรือให้สารละลาย

เนื่องจากหลอดเลือดดำบริเวณผิวหนังอยู่ตื้น เห็นได้ชัด เลือดกว่าครึ่งหนึ่งอยู่ในหลอดเลือดดำ ความดันในหลอดเลือดดำต่ำ (บริเวณปลายมือ ขณะยืน = ๓๕ mmHg.ขณะนอน = ๑๕ cmH๒O.) จึงสะดวกในการให้ของเหลว ในขณะที่ความดันในหลอดเลือดแดงสูง (ประมาณ ๑๐๐ mmHg.) การให้ของเหลวต้องใช้แรงดันมาก สารละลายและยาบางชนิดเมื่อให้เข้าหลอดเลือดแล้วจะทำให้เกิดการระคายเคืองหรือหดตัว ถ้าเป็นหลอดเลือดแดงจะเป็นอันตรายเพราะจะทำให้เนื้อเยื่อขาดเลือดและออกซิเจน แต่ในบางกรณีอาจต้องใช้หลอดเลือดแดง เช่น การฉีดสารทึบแสงเพื่อตรวจพยาธิสภาพของหลอดเลือดแดง หรือตำแหน่งที่เกิดการรั่วของเลือดในส่วนต่างๆของร่างกาย , การตรวจหาปริมาตรก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด

เกณฑ์ในการเลือดใช้หลอดเลือดดำ

ควรเลือกใช้หลอดเลือดดำตื้นขนาดกลาง คลำได้มีความนุ่ม ยืดหยุ่นตัวดี ไม่มีชีพจร บริเวณที่ต่ำว่าข้อพับ เพื่อสะดวกในการงอแขนหรือเปลี่ยนท่าทาง หลีกเลี่ยงหลอดเลือดดำที่มีพยาธิสภาพ เช่น แข็ง โป่งพอง(varicose) ถ้าใช้หลอดเลือดดำที่โป่งพอง อาจเป็นสาเหตุให้ของเหลวหรือยาคงค้างในหลอดเลือดนานกว่าปกติ

หลอดเลือดดำที่นิยมใช้คือ

บริเวณหลังมือ metacarpal veins เป็นหลอดเลือดที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะอยู่ตื้น เห็นได้ชัด มีลักษณะตรง ขนาดเหมาะสม และอยู่บริเวณปลายแขนทำให้แขนเคลื่อนไหวได้ ถ้ามีปัญหาเกิดขึ้นอาจเลื่อนขึ้นไปใช้หลอดเลือดส่วนต้นได้อีก

บริเวณหน้าแขน basilic cephalic vein

บริเวณส่วนในของข้อศอก median cubital vein (antecubital vein) medican basilic vain accesory cephalic vein สำหรับการให้ในระยะสั้นๆ หรือการเจาะเก็บเลือด

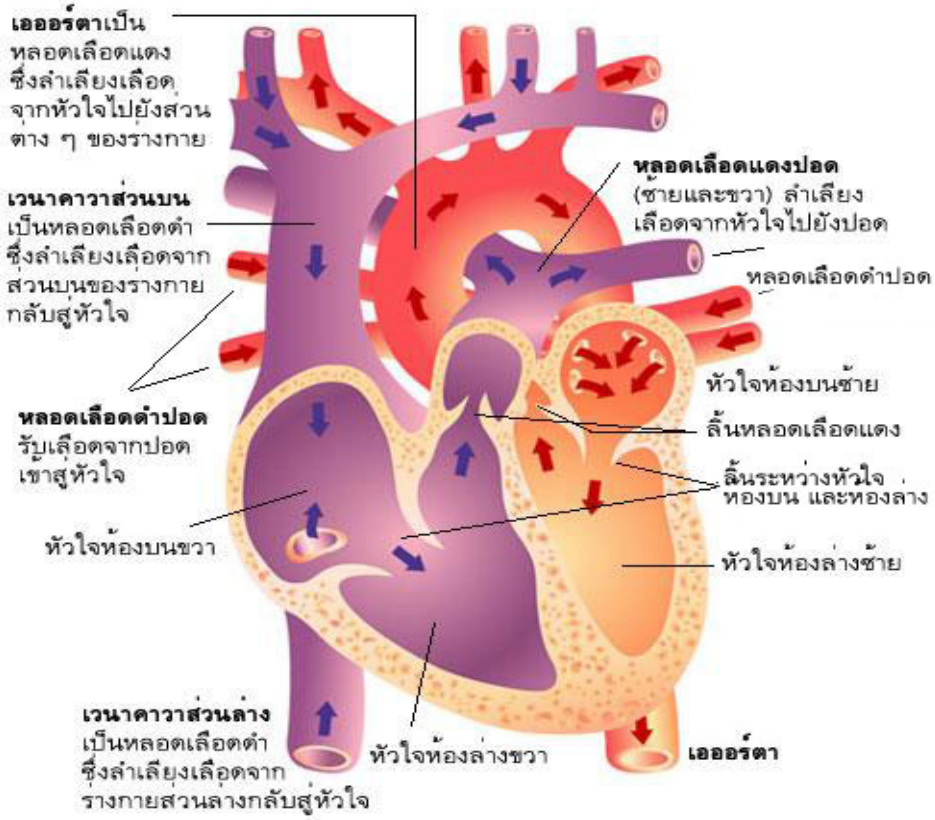
ตำแหน่งอื่นๆที่ใช้ได้ แต่ไม่ค่อยนิยม เนื่องจากการไหลเวียนไม่ดีเท่าที่แขน และมีโอกาสเกิดหลอดเลือดโป่งพองมากกว่า คือ บริเวณเท้า dorsal venous arch, บริเวณข้อเท้า great saphenous vein และบริเวณต้นขา great saphenous vein และ femoral vein

๒.๒ ระบบไหลเวียนเลือด Cardiovascular System

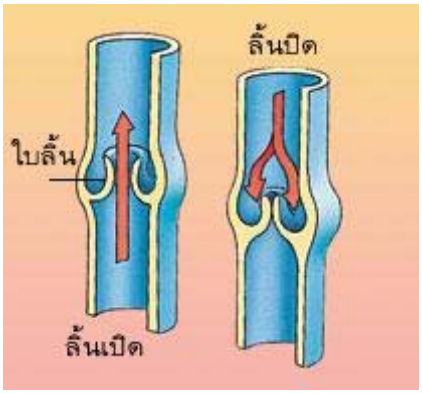
ระบบไหลเวียนเลือดทำหน้าที่ขนส่งสารต่าง ๆ เช่น อาหารและออกซิเจนไปทั่วร่างกาย และนำของเสียกลับคืนมา ส่วนประกอบสำคัญของระบบนี้มี ๓ ส่วน ได้แก่ เลือด เป็นของเหลียวที่นำสารต่าง ๆ เข้าและออกจากเซลล์หลอดเลือดเป็นท่อให้เลือดไหลผ่าน และหัวใจทำหน้าที่สูบฉีดเลือด

๒.๓ หัวใจ

หัวใจประกอบด้วยกล้ามเนื้อหัวใจทำงานต่างจากกล้ามเนื้อชนิดอื่นโดยที่ไม่รู้จักเมื่อยหล้า หัวใจแบ่งเป็น ๔ ส่วน เรียกว่าห้องหัวใจ ห้องบนทั้งสองซีกเรียกว่า หัวใจห้องบน (Atria) และห้องล่างทั้งซีกเรียกว่า หัวใจห้องล่าง (ventricle) การไหลเวียนเลือดภายในหัวใจ



รูปที่ ๑ แสดงถึงองค์ประกอบส่วนต่างๆ ของหัวใจ

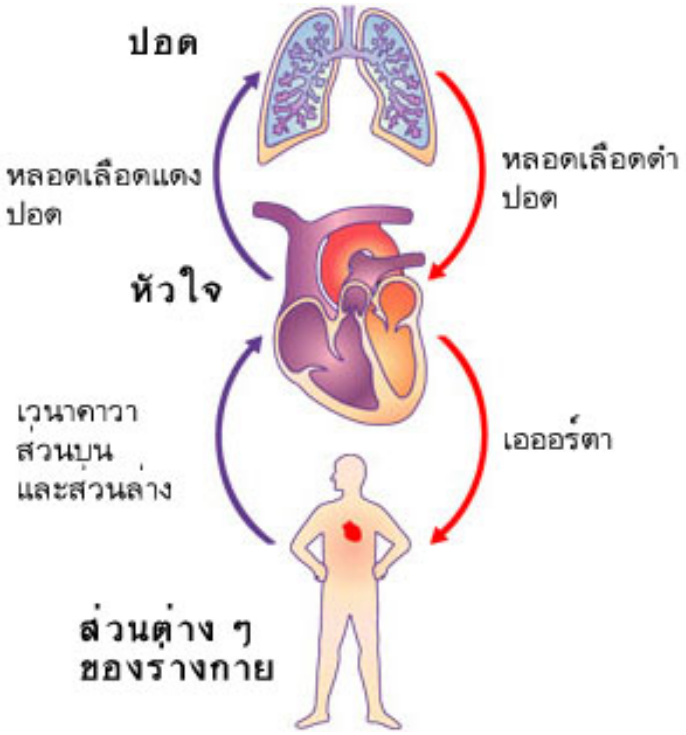


รูปที่ ๒ แสดงลิ้นระหว่างห้องหัวใจเป็นลิ้นปิด-เปิดทางเดียว

เมื่อเลือดไหลมาจะมีแรงดันใบลิ้นทำให้ลิ้นเปิดออก และปิดกลับอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันมิให้เลือดไหลย้อนกลับ การปิดกระแทกของลิ้นจะทำให้เกิด “เสียงเต้นของหัวใจ”(heart beat)

๒.๔ การไหลเวียนเลือด

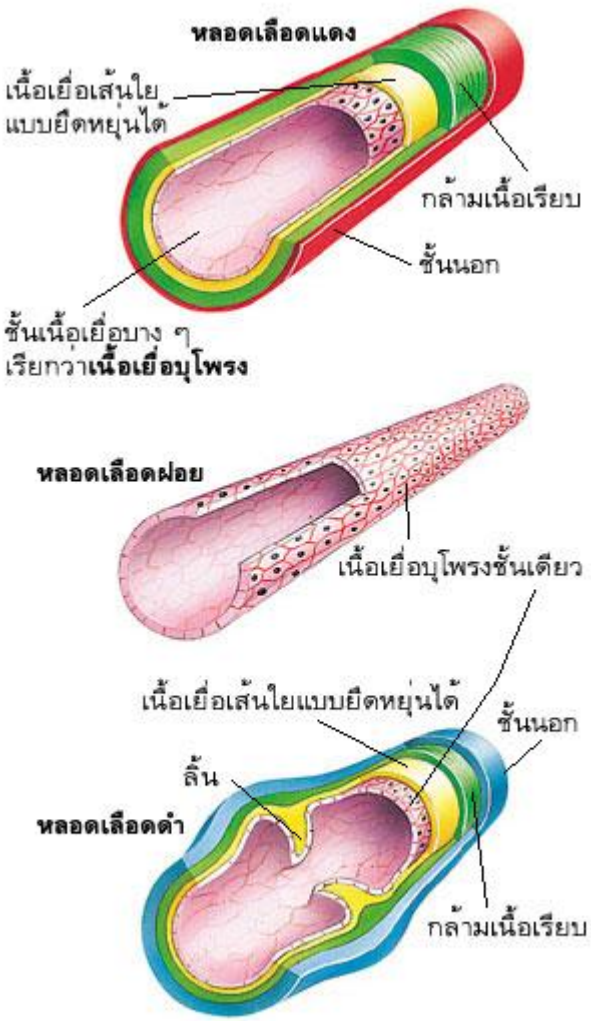
การไหลเวียนเลือด ๑ รอบ เลือดต้องไหลผ่านหัวใจ ๒ ครั้งคือ ครั้งแรกเลือดถูกสูบฉีดออกจากหัวใจห้องล่างขวาไปยังปอดเพื่อรับออกซิเจนที่เราหายใจเข้าไป จากนั้นเลือดจะไหลกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย ลงสู่ห้องล่างซ้าย แล้วถูกสูบฉีดเพื่อนำออกซิเจนไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย แล้วไหลกลับสู่หัวใจเพื่อเริ่มต้นการไหลเวียนรอบใหม่



รูปที่ ๓ แสดงถึงวงจรการไหลเวียนเลือดของร่างกาย

๒.๕ หลอดเลือด

เลือดไหลออกจากหัวใจไปตามหลอดเลือดแดงซึ่งมีผนังแข็งแรงมากจากนั้นหลอดเลือดจะแตกแขนงเล็ก ลงไปเรื่อย ๆ จนกลายเป็นหลอดเลือดฝอยซึ่งมีผนังบางเท่าความหนาของเซลล์เดียวเท่านั้น ดังนั้นออกซิเจนและสารต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อเซลล์ภายในร่างกายจึงสามารถะแพร่ผ่านเข้าสู่น้ำเนื้อเยื่อที่อยู่ระหว่างเซลล์ได้อย่างง่ายดาย



รูปที่ ๔ แสดงถึงหลอดเลือดต่างๆ

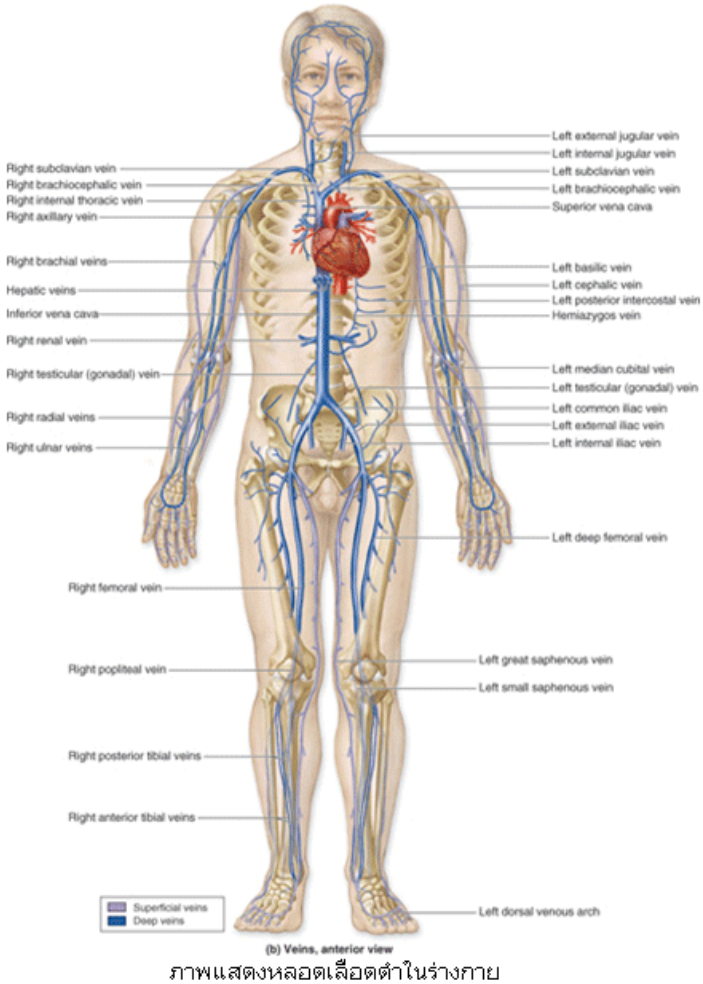
๒.๖ หลอดเลือดดำที่สำคัญ ได้แก่

- **เอ็กเทอนอล จุ๊กกูลาร์ เวน (External Jugular Vein) และอินเทอนอล จุ๊กกูลาร์ เวน (Internal Jugular Vein)เป็นหลอดเลือดที่รับเลือดดำจากบริเวณคอและศีรษะ**
- **ซับคลาเวียน เวน (Subclavian Vein) เป็นหลอดเลือดที่รับเลือดดำจากแขน**
- **อินโนมิเนท เวน (Innominate Vein) เป็นหลอดเลือดที่รับเลือดดำต่อมาจาก External Jugular Vein, Internal Jugular Vein และ Subclavian Vein เพื่อมาเทเข้าสู่ Superior Vena Cava**
- **Superior Vena Cava เป็นหลอดเลือดดำใหญ่ที่รับเลือดดำจากศีรษะ คอ และแขน แล้วนำมาเทเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา**
- **External Iliac Vein และ Internal Iliac Vein เป็นหลอดเลือดที่รับเลือดดำมาจากขาและอุ้งเชิงกรานแล้วนำไปเข้าสู่ คอมมอน ไอลิแอคเวน (Common Iliac Vein)**

- **Common Iliac Vein รับเลือดดำมาจาก External Iliac Vein และ Internal Iliac Vein มารวมกันเข้าสู่ Inferior Vena Cava**
- **Inferior Vena Cava เป็นหลอดเลือดดำใหญ่ที่นำเลือดดำจากบริเวณทรวงอก ท้อง อุ้มเชิงกราน และขาทั้งสองข้าง เพื่อมาเทเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา**

๒.๗ การไหลของเลือดในหลอดเลือด

การทำงานของระบบการไหลเวียนเลือดขึ้นกับหลักทางฟิสิกส์โดยตรง คือการเคลื่อนที่ของน้ำในท่อ ถึงแม้ว่าจะถูกดัดแปลงไปบ้างตามผลทางสรีรวิทยา โดยจากหลักอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) คือ



ภาพแสดงหลอดเลือดดำในร่างกาย

รูปที่ ๕ แสดงภาพหลอดเลือดดำในร่างกาย

๑. ความดันด้านข้าง (lateral pressure) คือ ความดันของน้ำที่มีต่อผนังของท่อเป็นสัดส่วนผกผันกับความเร็ว โดยเมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อโตขึ้นความดันด้านข้างจะสูงขึ้น ดังนั้นความเร็วของน้ำที่ไหลจะลดลง แต่เมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางแคบลงความดันด้านข้างก็ลดลงด้วยดังนั้นความเร็วของน้ำที่ไหลจะเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันในการไหลของเลือดเมื่อท่อแยกเล็กลงเพียงใดก็

ตามเช่นหลอดเลือดฝอย (capillary) แต่ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางรวมใหญ่กว่าเส้นเดิมคือหลอดเลือดอาร์เทอริโอ (arteriole) ความเร็วของเลือดในหลอดเลือดฝอยจะน้อยกว่าในหลอดเลือดอาร์เทอริโอ

๒. ความต้านทานเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวของท่อหรือความฝืด

๓. ถ้าท่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันความเร็วจะเป็นสัดส่วนผกผันกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

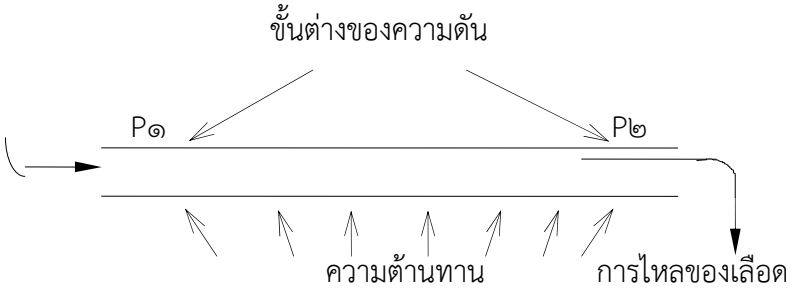
เมื่อนำหลักอุทกพลศาสตร์มาใช้กับโลหิตพลศาสตร์ (Hemodynamics) เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน การไหลกับความต้านทาน เมื่อเลือดไหลผ่านหลอดเลือดขนาดเล็กจะไหลไม่สะดวก เพราะมีความต้านทาน หรืออีกนัยหนึ่ง ขั้นต่างในความดัน (pressure gradient) ระหว่างตำแหน่ง ๒ แห่งของหลอดเลือดทำให้เลือดไหลจากที่ซึ่งมีความดันสูงไปยังที่ซึ่งมีความดันต่ำ จากความสัมพันธ์เขียนเป็นสมการดังนี้

$$BF = \frac{P_1 - P_2}{R}$$

เมื่อ BF = blood flow

$P_1 - P_2$ = pressure gradient

R = resistance



P_1 = ความดันต้นของหลอดเลือด

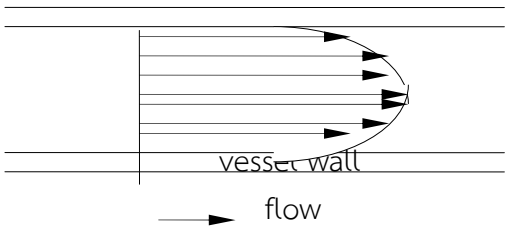
P_2 = ความดันตอนปลาย

ภาพที่ ๖ ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน การไหลกับความต้านทานของเลือด

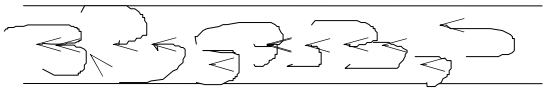
การไหลของเลือดในหลอดเลือด หลอดเลือดไม่ได้เป็นท่อแข็ง และเลือดไม่ได้เป็นฟลูอิดที่สมบูรณ์ ดังนั้นการไหลของเลือดในหลอดเลือดจึงแตกต่างกัน

๑. Laminar flow และ Turbulent flow

การไหลของเลือดในหลอดเลือดมีลักษณะเป็น Laminar (streamline)โดยมีลักษณะเป็นชั้นๆ เรียงกัน คือ ชั้นที่ติดกับผนังหลอดเลือดไหลช้า ส่วนชั้นที่อยู่กลางไหลเร็วขึ้นตามลำดับ ดังรูปที่ อย่างไรก็ดี เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นถึงจุดจุดหนึ่งคือ ที่ critical velocity จะทำให้การไหลมีลักษณะเป็น turbulent คือมีลักษณะเป็นการไหลวนและทำให้เกิดเสียงขึ้น การเกิดการไหลวนนั้นเกี่ยวข้องกับเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดและความหนืดของเลือดด้วย ซึ่งสามารถหาค่าจาก Reynolds number



ภาพที่ ๗ ผังแสดงความเร็วของ concentric lamina ของฟลูอิด
ที่หนืดซึ่งไหลอยู่ในท่อโดยแสดงการไหลที่เป็นแบบ streamline flow



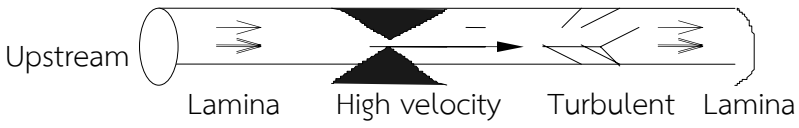
ภาพที่ ๘ แสดงการไหลแบบ Turbulent

การหาค่า Reynolds number

$$Re = \frac{pDV}{n}$$

Re = Reynolds number
p = ความหนาแน่นของฟลูอิด
D = เส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือด
V = ความเร็วในการไหล
n = ความหนืดของเลือด

ในภาวะที่หลอดเลือดแดงมีการบีบตัว จะทำให้เลือดที่ไหลผ่านตรงรอยคอดนั้นมีอัตราเร็วขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เกิดการไหลวน และทำให้เกิดเสียงดังขึ้น



ภาพที่ ๙ แสดงผลของหลอดเลือดที่มีรูตีบ (C) ต่อลักษณะการไหลในหลอดเลือด
ลูกศรแสดงทิศทางของการไหล ส่วนความยาวของลูกศรแสดงความมากน้อยของการไหล

๒. Poiseuille- Hagen formula

ความสัมพันธ์ระหว่างการไหล,ความหนืดของฟลูอิด และรัศมีของท่อ จากลักษณะทางฟิสิกส์ของการไหลของฟลูอิดผ่านท่อทรงกระบอก (tube) ต้องเข้าใจเกี่ยวกับการไหลของฟลูอิดผ่าน catheter เข้าหลอดเลือด โดย

$$Q = \frac{\pi r^{๔} (P_{๑} - P_{๒})}{๘^{*} \eta^{*} L}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล

$P_{๑}$ คือ ความดันในส่วนทางเข้าของสาย

$P_{๒}$ คือ ความดันในส่วนทางออกของสาย

L คือ ความยาวของสาย

r คือ รัศมีของสาย

η คือ ความหนืดของฟลูอิด

แม้ว่าในการให้ของเหลวหลายๆ อย่าง ระบบการให้ของเหลวเข้าไปจะไม่ควบคุมเงื่อนไขการไหลให้มีความแม่นยำ ในการประยุกต์ การไหลแบบ laminar เพื่อให้เข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความดันภายในcatheter โดยการใช้กฎของโอห์มอธิบายถึงความต้านทานการไหลภายใต้การไหลที่คงที่ คือ

$$R = \frac{P_{๑} - P_{๒}}{Q}$$

เมื่อนำไปแทนค่าใน Poiseuille- Hagen formular จะได้ $R = \frac{๘^{*} \eta^{*} L}{\pi r^{๔}}$

ดังนั้น ความต้านทานการไหลผ่าน tube มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวของ catheter และความหนืดของฟลูอิด และความต้านทานการไหล ผกผันกับกำลัง๔ ของรัศมีของ catheter

สำหรับการไหลที่คงที่ ระบบ delivery จะสามารถทำเป็นรูปแบบเช่นเดียวกับ resistor ที่ต่ออนุกรมในแต่ละส่วน รวมทั้ง administration set , catheter, และความยอมตามของเส้นเลือดดำ ความเฉื่อยของฟลูอิด และ turbulent flow ความต้านทานการไหลจะแสดงหน่วยเป็น mmHg (L/hr) ดังนั้น ๑ ฟลูอิดโอห์ม = ๔.๘๘* ๑๐ $^{-๑๑}$ Pa s/m^{๓}

๓. Viscosity และ Resistance ความต้านทานต่อการไหลของเลือด ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงรัศมีของหลอดเลือดเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความหนืดของเลือดอีกด้วย ผลของความหนืดของเลือดในร่างกายส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับ Hematocrit ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดแดงในปริมาตรหลอดเลือดทั้งหมด

จากสมการHagen- Poiselluie สิ่งที่พบเห็นได้ชัด ๒ ประการในการไหลในหลอดเลือดดำ คือ

๑. Hydrostatic pressure เหมาะสำหรับการใช้ปรับความต้านทานของระบบการไหลเพื่อควบคุมอัตราการไหล มีภาวะแทรกซ้อนคือ การอุดตันบางส่วนซึ่งเป็นผลมาจากการลดอัตราการไหล ซึ่งจะตรวจสอบได้จาก ส่วนที่ติดตามการไหลโดยอัตโนมัติ

๒. จุดเริ่มต้นการไหลที่คงที่จะสามารถใช้แทนกันได้ ปัจจุบันภาวะแทรกซ้อนสามารถตรวจสอบได้โดยการประเมินการติดตามผลของความดันและ/ หรือ ความต้านทานการไหล ภาวะ

เสี่ยงของการทำงานมากผิดปกติเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของการเข้าไป approach แต่ละครั้ง

๒.๘ การให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ [intravenous therapy and transfusion]

วัตถุประสงค์ของการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ

๑.รักษาภาวะสมดุลของน้ำและสารละลายในร่างกาย

๒.ให้สารอาหาร วิตามิน และเป็นแหล่งพลังงานแก่ผู้ป่วยที่ไม่สามารถรับประทานอาหารทางปากได้

๓.รักษาภาวะสมดุลของความเป็นกรด-ด่างในร่างกาย

๔.รักษาภาวะสมดุลและปริมาตรของเลือดและส่วนประกอบของเลือด

๕.ให้ยาฉีดบางชนิดเข้าทางหลอดเลือดดำ

ชนิดของการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ

การให้สารละลายทางหลอดเลือดดำแบ่งออกเป็น ๓ ชนิด

๑. การให้สารละลายทางหลอดเลือดดำส่วนปลาย(peripheral intravenous infusion)

๒. การให้สารละลายและสารละลายทางหลอดเลือดดำใหญ่(central venous therapy)

๓.การให้สารละลายและสารละลายทางหลอดเลือดดำใหญ่ผ่านอุปกรณ์ที่ฝังไว้ใต้ผิวหนัง (implanted vascular access device or venousport)

สารละลายที่ให้ทางหลอดเลือดดำทุกชนิด ประกอบด้าน ตัวถูกละลาย รวมทั้งอิเล็กโตไรต์ หรือส่วนประกอบที่ไม่ใช่ไอออน เช่น ยูเรีย กลูโคส แบ่งออกตามความเข้มข้นได้ ๓ ชนิดดังนี้

๑. สารละลายไอโซโทนิก (isotonic solution) จะมีความเข้มข้นเท่ากันน้ำนอกเซลล์ (extracellular fluid)ซึ่งมีออสโมลาริตี้ระหว่าง ๒๘๐-๓๑๐ mosm/l เมื่อให้ทางหลอดเลือดดำจะไม่มีการเคลื่อนที่ของน้ำ เข้าหรือออกจากเซลล์ ฉะนั้นการให้สารละลายชนิด isotonic จึงช่วยเพิ่มปริมาตรของน้ำที่อยู่นอกเซลล์

๒. สารละลายไฮโปโทนิก(hypotonic solution) ออสโมลาริตี้ น้อยกว่า ๒๘๐ mosm/l ซึ่งค่า osmolarityน้อยกว่าน้ำนอกเซลล์ เป็นสารละลายที่มีโมเลกุลอิสระของน้ำมากกว่าในเซลล์ จึงทำให้เกิดการเคลื่อนของน้ำเข้าสู่เซลล์ ฉะนั้นการให้สารละลายชนิดนี้ต้องให้อย่างช้าๆ เพื่อป้องการลบกวนของเซลล์

๓. สารละลายไฮเปอร์โทนิก(hypertonic solution) เป็นสารละลายที่มีค่าออสโมลาริตี้ มากกว่า ๓๑๐ mosm/l ซึ่งมีมากกว่าออสโมลาริตี้ของน้ำนอกเซลล์ สารละลายอันนี้มีโมเลกุลอิสระของน้ำน้อยกว่าน้ำในเซลล์ และจะทำให้เกิดการดึงน้ำจากเซลล์สู่ระบบการไหลเวียน

๒.๙ ชนิดของการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ

แบ่งออกเป็น ๓ ชนิดใหญ่

๑. การให้สารละลายทางหลออดเลือดดำส่วนปลาย (Peripheral intravenous infusion)เป็นการให้สารละลายหรือของเหลวทางหลอดเลือดดำที่อยู่ในชั้นตื้นๆของผิวหนังหรือหลอดเลือดดำที่อยู่ในสวนปลายของแขนและขา โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ต้องงดอาหารและน้ำดื่มเพื่อเตรียมผ่าตัด ผู้ป่วยที่จำเป็นต้องให้ยาทางหลอดเลือดดำ โดยเฉพาะการให้ยาที่ผสมเจือจางและหยดเข้าทางหลอดเลือดดำช้าๆ รวมทั้งการให้เลือดและส่วนประกอบของเลือด

Heparin lock หรือ Saline lock เป็นการแทงเข็มให้สารละลายทางหลอดเลือดดำส่วนปลายและคาเข็มที่หล่อด้วยสารต้านการแข็งตัวของเลือด(Heparin) เจือจาง (Heparin : ๐.๙ % NSS=๑:๑๐๐) ไว้เพื่อวัตถุประสงค์ในการให้สารละลายและยาเข้าทางหลอดเลือดดำเป็นครั้งเป็นคราว

Piggyback IV Administration เป็นการให้สารละลายขวดที่ ๒ ซึ่งมีขนาดบรรจุ ๒๕ – ๒๕๐ มล.^{2} ต่อเข้ากับชุดให้สารละลายขวดแรก วัตถุประสงค์เพื่อให้ยาหยดเข้าทางหลอดเลือดดำช้าๆ ขณะที่สารละลายใน Piggyback set หยด สารละลายที่ที่ให้อยู่ก่อนจะหยุดไหลชั่วคราว จนกว่าสารละลายใน Piggyback หมด สารละลายในขวดหลักก็จะไหลต่อ

๒. การให้สารละลายและสารละลายทางหลอดเลือดดำใหญ่ (Central venous therapy)

เป็นการให้สารละลายหรือของเหลวทาง central line ทางหลอดเลือดดำใหญ่ๆ ได้แก่ Subclavian vien,Internal & External jugular viens , Right &Left Nominate veins ซึ่งจะให้ในผู้ป่วยที่ไม่สามารถรับประทานอาหารทางปาก หรือรับประทานอาหารทางปากได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย

๓. การให้สารละลายและสารละลายทางหลอดเลือดดำใหญ่ผ่านอุปกรณ์ที่ฝังไว้ใต้ผิวหนัง (Implanted vascular access device หรือ Venous port) เป็นการฝังอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้ของเหลวทางหลอดเลือดดำไว้ใต้ผิวหนัง โดยที่ปลายสายสอดผ่านเข้าหลอดเลือดดำใหญ่ เช่น Subclavian vien , Right &Left Nominate veins แก่ผู้ป่วยที่จำเป็นต้องให้สารละลายทางหลอดเลือดดำเป็นระยะๆ และไม่สามารถให้สารละลายและสารละลายทางหลอดเลือดดำส่วนปลายได้ เช่น ในผู้ป่วยโรคเลือดเรื้อรัง จำเป็นต้องได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัด หรือให้เลือดและส่วนประกอบของเลือดเป็นระยะๆ

๒.๑๐ ชนิดของสารละลายที่ให้ทางหลอดเลือดดำ

สารละลายที่ให้ทางหลอดเลือดดำทุกชนิดประกอบด้วย ตัวถูกละลาย รวมทั้งอิเล็กโทรไรต์ หรือ ส่วนประกอบที่ไม่ใช่อิออน เช่น ยูเรีย กลูโคส แบ่งตามความเข้มข้น ได้เป็น ๓ ชนิด ดังนี้

สารละลายไอโซนิค (Isotonic solution)
สารละลายไฮโปโทนิค (Hypotonic solution)
สารละลายไฮเปอร์โทนิค (Hypertonic solution)

๒.๑๑ หลักการเลือกตำแหน่งของหลอดเลือดดำที่จะแทงเข็มให้สารละลาย

พยาบาลผู้เตรียมให้สารละลายจะต้องพิจารณาเลือกตำแหน่งของหลอดเลือดดำที่จะแทงเข็มให้สารละลาย โดยมีหลีกการดังต่อไปนี้

๑. เลือกหลอดเลือดดำของแขนข้างที่ผู้ป่วยไม่ถนัดก่อน เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถใช้แขนข้างที่ถนัดทำกิจวัตรต่างๆได้ด้วยตนเอง
๒. ให้เริ่มต้นแทงเข็มที่ให้สารละลายที่หลอดเลือดดำส่วนปลายของแขนก่อน เพื่อให้หลอดเลือดดำส่วนที่ถัดเข้ามาสามารถใช้งานได้อีก

๓. หลีกเลี่ยงการแทงเข็มให้สารละลายที่หลอดเลือดดำของแขนข้างที่ผ่าตัดโดยเฉพาะบริเวณรักแร้ของแขนข้างนั้น
๔. ถ้าจำเป็นต้องผูกยึดแขนและขา ให้หลีกเลี่ยงการแทงเข็มให้สารละลาย
๕. หลีกเลี่ยงการแทงเข็มบริเวณข้อพับต่างๆ เพราะจะทำให้หลอดเลือดแตกทะลุง่าย หรือถ้าจำเป็นต้องแทงบริเวณข้อพับให้ใช้ไม้ดามป้องกันการงอพับ

๒.๑๒ ตำแหน่งของหลอดเลือดดำที่จะแทงเข็มให้สารละลาย (Venipuncture Site)

ตำแหน่งของหลอดเลือดดำที่จะแทงเข็มให้สารละลาย ได้แก่ หลอดเลือดดำเส้นใหญ่ๆ ส่วนปลายของมือและเท้า และที่หนังศีรษะ (scalp) ในผู้ป่วยเด็กเล็ก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้สารละลาย

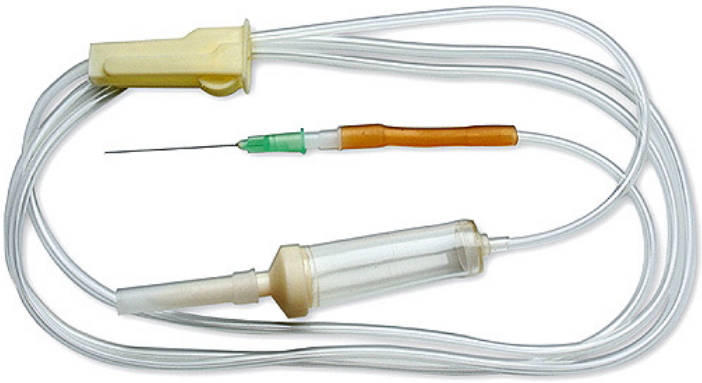
๑. ขวดสารละลาย
๒. ชุดให้สารละลาย (IV Administration set)
๓. เข็มที่ใช้แทงเข้าหลอดเลือดดำส่วนปลาย (Peripheral insertion devices)
๔. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น เสาแขวนขวดให้สารละลาย ยางรัดแขน (tourniguet) แผ่นโปร่งใสปิดตำแหน่งที่แทงเข็ม (transparent dressing) หรือก๊อซปลอดเชื้อ ไม้รองแขน พลาสเตอร์ สำลีปลอดเชื้อ แอลกอฮอร์ ๗๐% ถุงมือสะอาด อุปกรณ์เสริมกรณีจำเป็น ได้แก่ ที่ต่อ ๓ ทาง และสายต่อขยาย (extention tube)

๒.๑๓ ชุดการให้สารละลาย (IV Administration set)

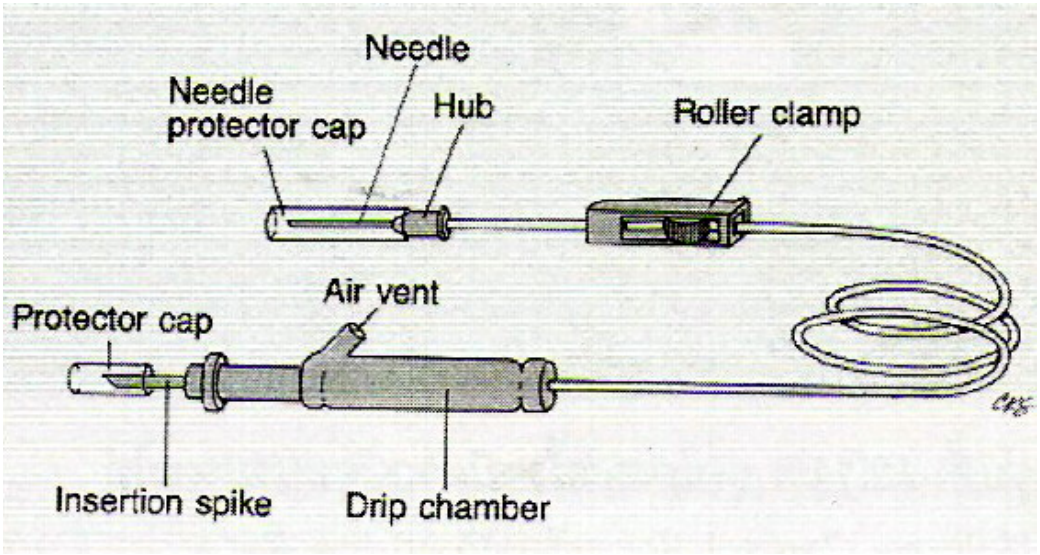
๑. ชุดการให้สารละลายแบบพื้นฐาน (Basic IV set)

- ชุดการให้สารละลายชนิดหยดธรรมดา (macro drip administration set) ขนาดหยดตั้งแต่ ๑๕ – ๒๐ หยด/ ml ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต
- ชุดการให้สารละลายชนิดหยดเล็ก (micro drip administration set) ขนาดหยดตั้งแต่ ๕๐ – ๖๐ หยด/ ml

๒. ชุดการให้สารละลายชนิดควบคุมปริมาตรได้ (volume control set) สามารถแบ่งจำนวนสารละลายจากขวดได้ตามต้องการ มักใช้ในผู้ป่วยเด็กเล็ก และในรายที่ต้องการผสมยาหยดเข้าทางหลอดเลือดดำเป็นชนิด micro drip



รูปที่ ๑๐ แสดงถึงชุดให้สารละลาย (IV SET)



รูปที่ ๑๑ แสดงถึงส่วนประกอบของชุดให้สารละลาย (IV SET)

๒.๑๔ เครื่อง Infusion pumps

ปัจจุบันเทคโนโลยีสมัยใหม่ของเครื่อง Infusion ได้มีการปรับปรุงอย่างมาก เพื่อในการใช้ในทางปฏิบัติของการดมยาสลบ ในระหว่างการผ่าตัด และหลังการผ่าตัด รวมทั้งการให้ยาแก้ปวดและยาขยายหลอดเลือด เนื่องจาก infusion devices เป็นเครื่องที่ใช้ได้ง่ายและมีความ แม่นยำ รวมทั้งให้ปริมาณที่คงที่ในการที่จะดูแลรักษาคนไข้ทั้งในห้องผ่าตัดและนอกห้องผ่าตัด เช่นในห้องดูแลผู้ป่วยหนัก Intensive care unit และตามหอผู้ป่วยต่างๆ ที่มีผู้ป่วยที่จำเป็นต้องใช้ รวมทั้งให้ผู้ป่วยสามารถควบคุมได้เองในการให้ยาแก้ปวดพวกยาเสพติดเพื่อลดอาการปวด (Patient Controlled Analgesia ,PCA)

ในการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำอย่างง่ายๆ จะให้โดยการใช้แรงโน้มถ่วงของโลกจากถุงพลาสติกที่ยืดหยุ่นได้และขวดพลาสติกที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง โดยการให้ผ่านทางสายยางที่เป็นชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ซึ่งจะมีหลายรูปแบบ ดังนี้

๑. การให้สารละลายอย่างง่ายๆ โดยไม่มีตัวกรอง ปริมาตรโดยประมาณ ๑๕ หยด/มล.

๒. การให้เลือดและสารละลาย โดยมีตัวกรองเพื่อกรอง clot ปริมาตรโดยประมาณ ๑๕ หยด/มล

๓. การให้สารละลายด้วยไมโครดรอปเปอร์ โดยไม่มีตัวกรอง ปริมาตรโดยประมาณ ๖๐ หยด/มล

๔. โดย burette ซึ่งมีปริมาตร ๑๐๐-๑๕๐ มล. ทั้งที่เป็น ไมโครดรอปเปอร์ และไม่ใช่ไมโครดรอปเปอร์

๕. โดยการใช้ set สำหรับเกร็ดเลือด (Platelet)

ในการให้สารละลายอย่างง่ายๆ อัตราการไหลของสารละลายขึ้นอยู่กับ

๑. ความสูงของภาชนะที่ใส่สารละลายนั้นอยู่เหนือตำแหน่งที่ให้เพียงใด

๒. ความต้านทานการไหลจาก set ซึ่งให้สารละลาย

๓. การอุดตันของ set ที่ให้จากอัตราที่ให้

๔. ลักษณะทางฟิสิกส์ของสารละลายที่ให้

๕. ความกว้าง (ช่องว่าง) ของ set ที่ให้

๖. ความดันในเส้นเลือดดำของผู้ป่าย

ในการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำอย่างรวดเร็ว

เมื่อต้องการให้สารละลายหรือเลือดทางหลอดเลือดดำอย่างเร็ว อัตราการให้สารละลายจะเพิ่มขึ้นโดยการใช้ Martin's pump ดังภาพที่ ๑ ซึ่งจะใช้เมื่อสารละลายนั้นออกมาจากขวดที่แข็ง หรือ โดยการใช้ Pressure infusing devices ดังภาพที่ ๒ เมื่อผ่านจากถุงพลาสติกซึ่งจะทำให้ภายใน pressure bag นั้นเต็มไปด้วยอากาศซึ่งจะทำให้เกิดความเร็วในการไหลของสารละลายเพิ่มขึ้นจากการใช้ความดัน การให้สารละลายเข้าเส้นเลือดในปริมาณมากเข้าสู่ร่างกายให้ได้อย่างเที่ยงตรงโดยการใช้ Infusion pump

Electronic drop counters

Electronic drop counters ไม่ใช่การควบคุมอัตราการไหลของ infusion แต่จะทำให้ผู้ใช้เกิดความถูกต้องในอัตราการไหลของ infusion โดยการใช้ลำแสงขนาดเล็กซึ่งเกิดจากแสงใต้แดงซึ่งตาเปล่ามองไม่เห็น ผ่าน drop counter ของ set ที่ให้สารละลายและไปขัดขวางลำแสงเล็กนี้ ซึ่งจะตรวจสอบโดยการใช้ Photoelectric cell จากวิธีการวัดนี้จะใช้ระยะเวลาระหว่าง drop ซึ่งอัตราการไหลของ infusion จะถูกคำนวณจากระบบอิเล็กทรอนิค และแสดงออกมา เครื่องมือนี้ให้ความถูกต้องก็ต่อเมื่อรู้ถึงขนาดของ drop แต่ละชนิดและขนาดนี้จะต้องใส่เข้าในโปรแกรมของเครื่องในแต่ละครั้งที่ใช้ จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลของสารละลายจะไม่มีความคงที่ระหว่างที่การประมาณค่าของเครื่องนี้

Pumps (generate pressure to regulate flow)	Controllers(use gravity to regulate flow)	Special needs (May be controllers or pumps)

Volumetric - Peristalsis - Cassette - Electrometric reservoir Syringe - Electronic gear or lead screw - Non electronic	Manually clamped Automated In- line disposable	PCA Epidural infusions Insulin Chemotherapy Implantable Gastrointestinal alimentation

ตารางที่ ๑ **แสดงการแบ่งชนิดของเครื่อง Infusion devices**

๒.๑๕ Infusion devices สามารถแบ่งออกเป็น ๒ กลุ่มใหญ่ๆ คือ

๑. Controller เป็นการควบคุมการปรับอัตราการไหลโดยการใช้แรงโน้มถ่วงของโลก

๒. Positive displacement pump จะมีตัวกำเนิดความดันเป็นกลไกการควบคุมอัตราการไหล โดยแรงโน้มถ่วงของโลกไม่มีความจำเป็น

หรือการแบ่งชนิดของ Infusion devices ออกเป็นตามลักษณะการใช้ เช่น PCA หรือชนิดของ Reservoir เช่น Syringes

ในการเลือกใช้ Infusion devices จะเลือกตามวัตถุประสงค์ของการให้สารละลายและชนิดของสารละลายที่จะให้ ตัวอย่างเช่น ต้องการความถูกต้องของปริมาตรทั้งหมดที่ให้ และจำนวนแครอรีที่ให้ทั้งหมด/ วัน ของปริมาณสารอาหารที่ให้ TPN (Total parenteral nutrition solution) ซึ่งจะให้ความสำคัญในปริมาตรมากกว่าค่าอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลง หรือเมื่อให้ยาขยายหลอดเลือด เช่น Sodium nitropusside อัตราการไหลที่คงที่จะเป็นตัวสำคัญในการให้เพราะจะทำให้เกิดความปลอดภัยมากกว่า

Controller

Infusion controller เป็นระบบที่ใช้ Photoelectric drop counting และมีการเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ ในการปรับสภาพการอุดตันของสาย และควบคุมการทำงานอย่างอัตโนมัติ โดยติดตามการไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก การทำงานชนิดนี้มีการพัฒนามากกว่าระบบ manual clamp IV tubing คือ

๑.มีการเตือนอย่างรวดเร็วเมื่อมีการอุดตันของสายแม้เพียงเล็กน้อยโดยเครื่องจะรับรู้จาก back pressure

๒. เกิดปรากฏการณ์ที่สารละลายไหลอย่างรวดเร็วหรือมีอากาศในสาย IV จะเกิดน้อยลง ถ้ายังคงมีการควบคุมการทำงานของกระแสไฟฟ้าที่ใช้อย่างเหมาะสม

๓. เหตุการณ์และความรุนแรงของการซึมทะลุจะลดน้อยลงจากการใช้ Controller แทนที่ Positive pump เพราะแรงดันนั้นจะเป็นแรง Hydrostatic เพียงเล็กน้อย ระหว่างความสูงของภาชนะที่ใส่และความกว้างของ catheter Infusion controller นั้นมีทั้งการวัดแบบ drop rate (drop/min)หรือ การวัดแบบ flow rate (ml/hr) และสามารถเปลี่ยนแปลงสลับกันได้ตามต้องการ ถ้าสารละลายที่ใช้นั้นมีความหนืด การทำงานทั้งหมดของ controller จะใช้ drop sensor และมีส่วนที่เป็นระบบ feedback ของอัตราการไหล Infusion controller จะมีระบบสัญญาณเตือน

เมื่อ catheter มีการอุดตัน และมีสัญญาณแสดงให้ผู้ใช้รับรู้ถึงการอุดตัน โดยมี back pressure เพิ่มขึ้นและจะสามารถตรวจสอบเมื่อสารละลายหมดโดย drop sensor พร้อมทั้งหยุดการไหลของสารละลายก่อนที่จะมีอากาศเข้าในสาย

ปัญหาในการใช้ controller คือ controller ส่วนมากจะปล่อยให้ของเหลวไหลอย่างเสรีเมื่อ IV set ออกจากเครื่องโดยไม่ได้ปิด clamp ของสาย IV ก่อน ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายเมื่อให้ยาเกี่ยวกับการขยายหลอดเลือด ดังนั้นขนาดของ drop มีความสำคัญแทนที่จะเป็นความเข้มข้นและความถ่วงจำเพาะของ solution

สิ่งที่หน้าสนใจของ disposable flow controller คือ ราคาถูก ง่ายต่อการใช้และสามารถเคลื่อนย้ายง่าย แต่อย่างไรก็ตามความแม่นยำของเครื่องนี้ยังเป็นปัญหา ความสูงของภาชนะเหนือผู้ป่วยมีอิทธิพลอย่างมากต่ออัตราการไหลและความแม่นยำเมื่อให้ที่อัตราการไหลน้อย ยังไม่มีความน่าเชื่อถือ จากการศึกษาของ Dial-a Flo ได้เปิดเผยค่าความคลาดเคลื่อน ± ๒๐% เมื่อมีอัตราการไหลมากกว่า ๒๐ ml/hr และ The Emergency Care Research Institute (ECRI) ได้ศึกษาประเมินผลการทำงานของเครื่องภายใต้เงื่อนไขการทำงานปกติและที่มากกว่าปกติ ของ Electronic controller ๙ ชนิด ในปี คศ.๑๙๘๕ โดย controller นั้นใช้กับ solution ที่ไม่มีความหนืดเช่น Saline, D๕W เมื่อใช้ในอัตราการไหลที่ใช้กันทั่วไป จะมีค่าอยู่ภายใน ๕% ของอัตราที่ ตั้งไว้

Positive pressure pumps

Infusion pump ชนิดนี้แตกต่างจาก controller โดยการใช้ความดันบวกทำให้มีการไหลเกิดขึ้น Infusion ชนิดนี้มีส่วนที่ได้เปรียบมากกว่าการควบคุมการไหลด้วยแรงโน้มถ่วงโลกอยู่ ๓ อย่าง คือ

๑. ในการใช้ Positive pressure infusion devices อัตราการไหลที่น้อยมากๆ จะสามารถมีความแม่นยำได้

๒. การอุดตันเล็กๆน้อยๆจากการที่ solution นั้นมีความหนืดและจากระบบ IV บางอย่างเครื่องจะสามารถเอาชนะไปได้ ดังนั้น Positive pressure เป็นสิ่งที่ต้องการในการให้สารละลายผ่านทาง arterial catheter

๓.การทำงานด้วยความดันที่สูงโดยpump จะสามารถทำให้ภาวะแทรกซ้อนจากการซึมผ่านเข้าภายในนั้นสูงและทำให้การตรวจสอบการอุดตันได้ช้าในภาวะที่ให้อัตราการไหลน้อยๆ

ในปี คศ.๑๙๗๐'s โรงงานผู้ผลิต ผลิตเครื่องที่ทำงานด้วยความดันที่สูง ๔๐- ๑๐๐ psig หรือประมาณ ๒๐๖๘-๕๑๗๐ mmHg แต่ต่อมาการผลิต pump รุ่นใหม่ๆความดันในการทำงานจะอยู่ในช่วง ๔-๒๐ psig (๒๐๗-๑๐๓๔ mmHg)

Pump บางชนิดจะให้ผู้ใช้สามารถเลือกจำกัดความดันที่ให้มีการอุดตันเกิดขึ้นและประมาณการความดันสูงสุดที่เครื่องpump จะทำงานแต่ถ้าการจำกัดความดันสามารถตั้งได้น้อยถึง ๐.๕-๑ psig pump ชนิดนั้นจะมีการทำงานเป็น Controller

Infusion pump แบ่งตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้ (ดังแสดงในตารางที่ ๑)

๑. Peristaltic

๒. Cassette

๓. Electrometic reservoir

Peristaltic เป็นระบบที่ทำการขับเคลื่อนของเหลวโดยการกดทับ tube ซึ่งเต็มไปด้วยของเหลวถูกกดเป็นจังหวะโดยการใช้ rotary cams (rotary peristaltic) หรือ fingerlike projection (linear peristaltic) ซึ่งเป็นส่วนระบบเชิงกล " Fingers" ดังแสดงในภาพที่ ๓ การทำงานของpumpนี้คล้ายกับการทำงานของระบบทางเดินอาหารของผู้ป่วย โดย Stepper motor จะขับดันทั้ง สองกลไกโดยการควบคุมของไมโครโปรเซสเซอร์ peristaltic pump ทั้งหมดจะใช้ reservoir และมี tubing ต่อเชื่อมซึ่ง reservoir นั้นจะปริมาณค่าปริมาตรซึ่ง pump สามารถส่งออกมาได้ เพราะว่าท่อที่ยืดหยุ่นนั้นมีการส่งผ่านที่คงที่ การที่ tubing มีรูปร่างผิดไปและยืดออกจะทำให้การส่งผ่านปริมาตรไม่ accuracy peristaltic pump ทั้งหมดมีค่า accuracy อยู่ระหว่าง ±๕% ถึง ±๑๐%

Cassette pump ระบบนี้ประกอบไปด้วย set ที่ให้และ chamber ที่วัดปริมาตรไว้คงที่อยู่ภายใน pump เครื่องมือนี้ระยะรอบการทำงานจะอยู่ในช่วงที่ chamber นั้นเต็ม ติดตามรอบการทำงานโดยการวัดปริมาตรที่ให้ไป เพราะว่าวิธีการวัดปริมาตรของ Infusate นั้นจะวัดได้ในแต่ละ cycle ในปี คศ. ๑๙๘๔ ECRI ได้รายงานถึงค่า ความแม่นยำ (accuracy) ของ Infusion pump ส่วนมากมีค่าความแม่นยำระหว่าง ±๒% ถึง ±๑๐ % อย่างไรก็ตามอัตราสูงสุดคือ ±๒๐ % ที่สามารถพบได้

Electromeric reservoir ระบบนี้ใช้ Elastic balloon มีลักษณะคล้าย reservoir ซึ่งให้ความดันที่คงที่เช่นเดียวกับ Infusate ทิศทางการไหลของน้ำเป็นตัวจำกัดควบคุมอัตราการไหล เพราะว่า ความดันภายใน reservoir นั้นน้อย อัตราการไหลสูงจะเป็นสิ่งที่ทำให้ความแม่นยำนั้นเกิดยากและอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับความหนืดของสารละลาย (solution) และอุณหภูมิ

Infusion pump สามารถใช้กับสารทึบแสงได้ และมี air in line และมี complete alarm มีค่าช่วงเวลาของ back up rechargeable battery ที่แตกต่างกัน และหลายชนิดขีดจำกัดค่าความดันในการอุดตันที่แตกต่างกัน

Syringe pump กลายเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพิ่มขึ้น เพราะว่าการทำงานของเครื่องและราคาต่ำต่อการใช้ต่อครั้ง Standard syringe ซึ่งมีใช้อยู่ในโรงพยาบาลสามารถนำมาใช้กับเครื่องนี้ได้

electronic syringe pump มีทั้งใช้ screw ในการทำให้ motorทำงาน หรือใช้ gear mechanism ในการทำให้ plunger เคลื่อนเข้าสู่ syringe barrel จะถูกขับดันโดย stepper motor ซึ่งมีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมโดยตรง อัตราการไหลของสารละลายควบคุมโดยความเร็วของการขับเคลื่อน motor ทำให้ plunger เคลื่อนเข้าสู่ syringe ชนิดของอัตราการไหลเป็น pulsatile continuous delivery โดยของเหลวจะถูกดึงอย่างรวดเร็วจาก reservoir bag เข้าใน syringe โดยใช้เวลาน้อยกว่า ๑ วินาที การทำงานของ valve จะทำให้ syringe ดันสารละลายออกมาในอัตราที่ต้องการเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วย และกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ จะถูกกระทำซ้ำๆ กัน ตามทฤษฎีกระบวนการนี้จะมีการไหลเป็นระยะๆ ต่อกันซึ่งจะทำให้เกิดความแม่นยำมากกว่าอัตราการไหลชนิดอื่นๆ โดยจะมีการถูกขัดขวางเพียงช่วงสั้นๆ ๑ วินาที

Syringe pump ซึ่งไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานจะเป็นการใช้ระบบเชิงกล (Mechanic) เช่น Springs เพื่อที่จะประยุกต์ให้เกิดแรงที่คงที่ที่จะดัน plunger และให้ยาสามารถไหลได้อย่างต่อเนื่องในอัตราที่ต้องการโดยการใช้แรงดันในขนาดเดียวกัน ในเรื่ององค์ประกอบภายนอก

เช่น ความหนืดของ สารละลาย electronic syringe pump จะมีค่าความถูกต้องมากกว่า (±๒% ถึง ± ๕%) ซึ่งจะมีความถูกต้องมากกว่า Volumetric หรือ Peristaltic pump และ ชนิด Coltrolled แต่ syringe pump มีขีดจำกัดที่ปริมาตรของ reservoir นั้น syringe มักจะประมาณ ๕ มล และได้มากที่สุดเพียง ๖๐ มล. syringe pump บางชนิดสามารถทำงานได้ในที่มีความดันสูง ก่อนที่จะมีสัญญาณเตือนเกิดขึ้น (Alarm pressure) และถ้าภายหลังจากเกิดการอุดตันแล้วเมื่อ สารละลายสามารถเข้าไปได้จะมี bolus ขนาดใหญ่ของ infusate เข้าไปภายในทันที เพราะว่า พื้นที่หน้าตัดด้านขวางของ syringe ขนาดเล็กจะพัฒนาให้สามารถทนความดันสูงๆ ได้ก่อนที่จะทำให้ เกิด สัญญาณเตือนเมื่อมีการอุดตัน

Infusion pump เป็นเครื่องมือเชิงกล ฉะนั้นจึงควรจะอยู่ภายใต้การตรวจดูแลอย่างเป็น ประจำและได้รับการบำรุงรักษาตามกำหนดเพื่อให้เกิดความแม่นยำของเครื่อง ควรได้รับการ ตรวจสอบการทำงานเป็นประจำให้อยู่ในสภาพที่ดีที่สุดโดยบุคลากรทางวิศวการแพทย์ หรือโดย โรงงานผู้ผลิตภายใต้เงื่อนไขการบำรุงรักษา โดย ECRI ได้ให้คำแนะนำที่ควรจะทำอย่างเป็นประจำ ทุก ๖ เดือน ของเครื่อง Infusion pump เพื่อการบำรุงรักษา คือ

๑. ตรวจสอบลักษณะทางฟิสิกส์ของเครื่อง และแก้ปัญหาให้สามารถทำงานได้ เครื่องมือควรได้รับการทำความสะอาดและมีป้ายเขียนไว้อย่างชัดเจน ตรวจสอบการทำงานของส่วน ต่างๆที่สามารถเอาออกมาได้

๒. ตรวจดู Fuses และ Circuit breakers

๓. ตรวจสอบ Grounding resistance โดยการใช้ Ohm meter เพื่อวัดความต้านทาน ระหว่าง Grounding pin บน plug และส่วนของโลหะบนตัวเครื่อง ค่าที่ได้ไม่ควรเกิน ๐.๑ Ohm

๔. ตรวจสอบ ungroundedที่สูงสุดโดยการวัด leakage current ระหว่างฝาเครื่องและ ground ในทุกส่วนขององค์ประกอบที่มีสายไฟติดอยู่ ในขณะที่เครื่องต่อกับ AC Power outlet (โดย การ ground, ungrounded, unit on, unit off) เมื่อ ungrounded กระแสไฟรั่วไหลควรจะน้อย กว่า ๑๐๐ μA และไม่ควรมากกว่า ๒-๓ μA เมื่อ ground

๕. ตรวจสอบความแม่นยำของอัตราการไหล โดยการวัด ๒ จุดหรือมากกว่า ในการใช้ เครื่องทางคลินิก โดยการใช้ Graduate cylinder และนาฬิกาจับเวลา ความคลาดเคลื่อนควรน้อย กว่า ๑๐ %

๖. ทดสอบสัญญาณเตือน

๗. ทดสอบเงื่อนไขของแบตเตอรี่รี ขณะให้เครื่องทำงาน ที่อัตราสูง ใน ๑ ชั่วโมง และตรวจสอบความแม่นยำของอัตราการไหลโดยการใช้พลังงานของ แบตเตอรี่ ในการทำงาน

๒.๑๖ Flow accuracy under optimal condition

เครื่อง Infusion pump ต้องมีการปล่อยของเหลวให้ความถูกต้องแม่นยำในการไหลได้ กับของเหลวทุกชนิดที่ใช้กับเครื่อง Infusion pump โดยการใช้ Administration set ที่เหมาะสมกับ เครื่องนั้น

- Flow error ≤๑๐ % ค่าคลาดเคลื่อนของการไหลควรจะน้อยกว่า ๑๐ % สำหรับ TPN (Total Parenteral Nutrition) และภาวะวิกฤตต่างๆ ของคนไข้ โดยภายหลังการปรับตั้งให้ไหลแล้วการติดตามการไหลและอัตราการไหลจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นทีละน้อย ๆ จนกระทั่งผู้ป่วยตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงนั้น เช่นการ titration

- Flow error ≤ ๕ % สำหรับTPN ในทารกแรกเกิด ผู้ป่วยเด็ก และผู้ป่วยเบาหวาน ค่าคลาดเคลื่อน ๕% นั้นจะเป็นที่ต้องการเมื่อมีการปรับตั้งการไหล น้อยกว่า ๕๐๐ มล/ ชม. ค่าความคลาดเคลื่อนที่สูงกว่านี้จะใช้ได้ในบางส่วน เช่น Chemotherapy และ Antiasthmatic therapy ซึ่งผู้ป่วยไม่มีความจำเป็นเมื่อมีค่าความเจือจางของของเหลว

- ถ้าเครื่องนั้นมี volume counter ด้วย ควรจะได้ค่าความถูกต้องเท่ากับที่วัดได้

- ในการทดลอง flow accuracy ในแต่ละเครื่องจะใช้สาย administration set เส้นใหม่ในแต่ละชนิดของของเหลวโดยในแต่ละอัตราที่วัดจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งของสายใหม่ ๖ นิ้ว ยกเว้น flow error after ๒๔, ๔๘ hr. จะใช้ administration set เส้นใหม่ โดยใช้ติดต่อกัน ๔๘ ชั่วโมง โดยมีการเปลี่ยนตำแหน่งของสายใหม่ ๖ นิ้ว ทุก ๘ ชั่วโมง

- ทดลอง flow accuracy ของ pumping fluid ซึ่งมี ความถ่วงจำเพาะสูงโดยการใช้ D๒๐W และทดลองในแต่ละเครื่องในอัตราเดียวกัน

- การประเมินความถูกต้องของปริมาตรที่ไหลโดยการดูจากตัวเลขที่แสดงบนหน้าปัทม์และจากการตวงด้วย Cylinder

๒.๑๗ Flow error

- อัตราการไหลควรจะยังคงให้ความถูกต้องและมีค่าความแตกต่างน้อยภายหลังการใช้ ๗๒ ชั่วโมงติดต่อกันโดยการใช้ภายใต้การทำงานที่ปกติ โดยปรกติ administration set จะทำการเปลี่ยนทุก ๔๘ ชั่วโมง เพื่อป้องกันการติดเชื้อ แม้ว่าตามรายงานการใช้ administration set นั้นจะใช้ได้ระยะเวลา ๗๒ ชั่วโมง (Health Devices ,๑๙๘๙: ๑๐๔)

- การประเมินผล Flow error ของ administration set ในชั่วโมงแรกของการทำงานที่ ๔๐ มล/ ชม และเปรียบเทียบกับความอ่อนล้า และความคลาดเคลื่อนที่วัดได้ภายหลัง ๒๔,๔๘ ชั่วโมง ของการทำงาน การทำงานของเครื่องควรเป็นวงจรปิดในระหว่างการวัด

- Abbott’s operator’s manual แนะนำให้ผู้ใช้เลื่อนตำแหน่งสายขึ้น ๖ นิ้ว ทุก ๑๒ ชั่วโมง หรือในแต่ละเวร ๘ ชั่วโมง เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งให้มั่นใจในการให้ความถูกต้องติดต่อกัน (Health Devices ,๑๙๘๙: ๑๐๔)

- Baxter ได้ให้คำแนะนำไว้ให้เปลี่ยนสายใหม่หลังการใช้ ๒๔ ชั่วโมง และถ้าใช้ระยะเวลานาน (๔๘ ชั่วโมงขึ้นไป) ควรจะเปลี่ยนตำแหน่งของสายใหม่ เพื่อให้กลไกการทำงานดีภายหลัง ๒๔ ชั่วโมง (Baxter Healthcare Corporation,๑๙๙๒)

- Terumo ได้ให้คำแนะนำไว้ว่า ในกรณีที่ส่วนของสายน้ำเกลือผ่านคลื่นตีนตะขาบ (peristaltic finger) ถูกใช้งานเฉพาะตำแหน่งนั้นแห่งเดียวเป็นเวลานาน สายน้ำเกลือตรงส่วนนั้นอาจเสียรูปทรงได้ วิธีแก้ไขทำได้โดยเลื่อนตำแหน่งของสายน้ำเกลือส่วนที่ผ่านคลื่นตีนตะขาบอย่างน้อย ๑๕ ซม.ทุกๆ ๒๔ ชั่วโมง หรืออาจเปลี่ยนชุดสายน้ำเกลือทั้งชุด (Terumo corporation<๑๙๘๙)

๒.๑๘ Electrical safety

- ความต้านทานของ chassis to ground pin ไม่ควรออกมาภายนอกเกิน ๐.๑๕ Ω หรืออย่างน้อย unit ควรเป็น double insulate
- กระแสไฟที่รั่วไหลที่ตัวเครื่องถึง ground ในทุกๆ ส่วนขององค์ประกอบ (grounded, ungrounded, reverse polarity) ไม่ควรออกมาเกิน ๑๐๐ μA
- ปลั๊กไฟไม่ควรมีการชำรุดเสียหายจากการดึงใช้อย่างปรกติ ควรมีการติดแน่นดี
- การวัด grounding resistance และวัด leakage current

Quiet operation

- เสียงและการสั่นสะเทือนระหว่างการทำงานควรมีน้อยที่สุดเพื่อ

๒.๑๙ เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือด (Infusion pump)

ในสภาวะที่ผู้ป่วยมีอาการหนักไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ มีความจำเป็นที่ต้องได้รับสารอาหารหรือยาทางหลอดเลือดดำเพื่อการอยู่รอดและเพื่อการรักษา การให้สารอาหารหรือยาทางหลอดเลือดดำจะต้องถูกควบคุมจำนวนที่พอเหมาะและในระยะเวลาที่กำหนด จึงจะช่วยชีวิตผู้ป่วยให้ปลอดภัยจากระยะวิกฤตินั้นได้ ผู้ป่วยบางรายมีความจำเป็นจะต้องได้รับยาในปริมาณน้อยกว่า ๑ มล./ชม. อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วหากใช้พยาบาลทำหน้าที่ดังกล่าว ไม่สามารถกระทำได้ แต่ในปัจจุบันสามารถกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้เครื่องควบคุมการให้สารละลายอัตโนมัติ

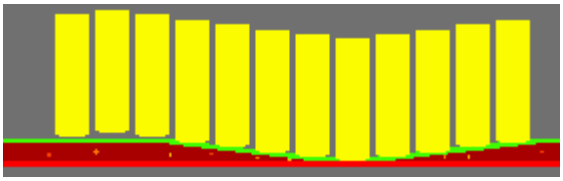
เครื่องควบคุมการให้สารละลายอัตโนมัติที่ถูกนำมาใช้ในทางการแพทย์จนเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายคือเครื่อง Syring pump และเครื่อง Infusion pump

๑.กลไกการขับดันสารละลาย

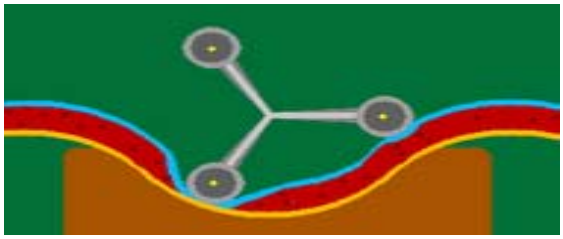
เครื่องทั้งสองนี้มีกลไกการขับดันสารละลายออกไปสู่คนไข้ด้วยวิธีที่เหมือนกัน ผิดกันที่ภาชนะใส่สารละลายต่างกัน กลไกการขับดันสารละลายที่ถูกนำมาใช้กับเครื่องทั้งสองมีหลายวิธี แต่ที่นิยมแพร่หลายมีดังนี้

๑.๑ Piston pump ชนิดนี้อาศัยหลักการทำงานของมอเตอร์ขับดันก้านสูบของไซริงค์ให้ดันสารละลายออกจากไซริงค์ไปสู่คนไข้ มอเตอร์ที่ใช้อาจเป็น D.C. มอเตอร์ที่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ หรือเป็น Stepping motor ที่สามารถควบคุมให้หมุนตามจังหวะของ Pulse ที่ส่งมาให้ Stepping motor เคลื่อนที่ ซึ่งความเร็วหรือความช้าขึ้นอยู่จำนวน Pulse ที่สัมพันธ์กับจำนวนที่ตั้งไว้บนหน้าปัด กลไกนี้จะพบในเครื่อง Syring pump ซึ่งต้องใช้แรงดันสูงในการดันสารอาหารที่มีความหนืด

๑.๒ Peristaltic pump กลไกนี้ใช้ Stepping motor ขับเคลื่อน Cam-operated fingers ให้เคลื่อนที่โดยขับ finger แต่ละอันให้เคลื่อนที่ในลักษณะรูปคลื่น Sine wave ทำการรีดสารละลายที่อยู่ในสายยางไปสู่คนไข้ได้อย่างต่อเนื่องและปริมาณน้อยๆได้ดังแสดงในรูปที่ ๑ ก หรือใช้ Stepping motor ขับเคลื่อนลูกเบี้ยวให้ทำการรีดสายยางโดยตรง (Rotor on eccentric shift) ดังแสดงในรูปที่ ๑ ข กลไกนี้จะพบในเครื่อง Infusion pump

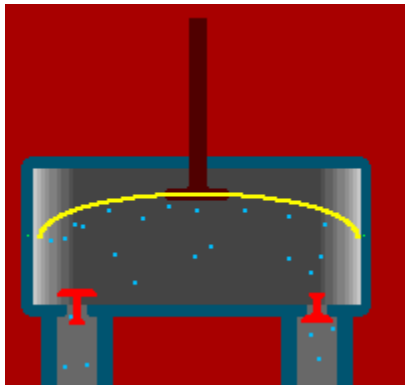


รูปที่ ๑๒ แสดงกลไกการทำงานของ Cam-operated fingers



รูปที่ ๑๓ แสดงกลไกการทำงานของ Rotor on eccentric shift

๑.๓ Diaphragm pump กลไกที่ใช้นี้คือ การใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนแผ่นไดอะแฟรมให้ผลักดันสารละลายไปสู่คนไข้ กลไกนี้ไม่เป็นที่นิยมเพราะเกิดการกระเพื่อมของสารละลาย (Pulsating flow) จำนวนสารละลายที่ถูกส่งออกไปมีความคลาดเคลื่อนมากและไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ ๑๔ แสดงภาพกลไกการทำงานของ Diaphragm pump

๒.หลักการทำงานของเครื่อง Infusion pump

เครื่อง Infusion pump เป็น positive pump ที่ใช้สำหรับการให้สารอาหารและยาทางหลอด เลือดดำซึ่งต้องการความละเอียดและความแม่นยำในปริมาณและอัตราเร็วที่ตั้งไว้เข้าไปในหลอดเลือดดำ (Vein) ได้อย่างถูกต้อง ปริมาตรของสารละลายมีหน่วยเป็น มิลลิลิตร (ml) ส่วนใหญ่แล้วจะไม่เกิน ๑๐,๐๐๐ ml อัตราเร็ว (Rate) มีหน่วยเป็น ml/hr หรือ drop/min rate ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง ๑-๕๐๐ ml/hr เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ เป็นเครื่องให้สารละลายหรือยาแก่คนไข้ในกรณีที่ต้องการควบคุมหรือกำหนดจำนวนที่ให้แต่ละครั้งมีจำนวนแน่นอนและใน

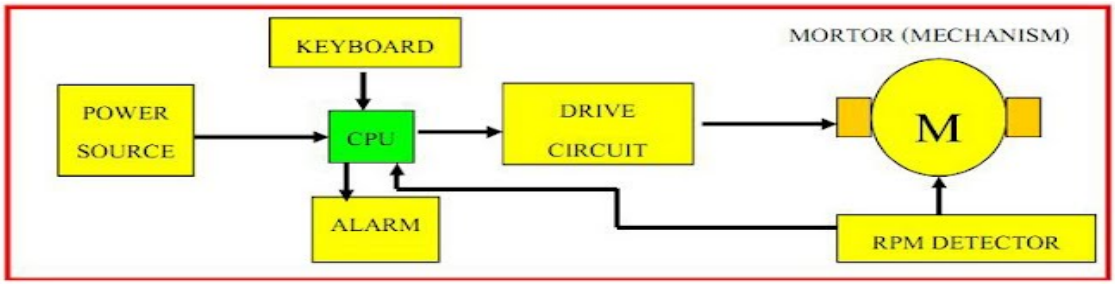
ระยะเวลาที่กำหนด เช่น กำหนดการให้สารละลายที่มียาผสมอยู่ด้วยจำนวน ๕ มล.ในเวลา ๕ ชั่วโมง เป็นต้น ดังนั้นเครื่อง Infusion pump จะต้องทำการส่งสารละลายนั้นไปสู่คนไข้ในจำนวน ๑ มล./ชั่วโมงเป็นเวลา ๕ ชั่วโมงเป็นต้น

วิธีการตรวจวัดจำนวนสารละลายที่เครื่อง Infusion pump ส่งไปให้คนไข้ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมี ๒ แบบคือ

๒.๑ Drop Detector วิธีใช้หลักการของ Photo Detector โดยใช้ LED ส่องแสงไปยังตัวรับแสงที่ยึดติดอยู่ภายในตัว drop detector ที่ติดอยู่ที่บริเวณกะเปาะของสาย IV ในขณะที่มีสารละลายหยดลงมา ๑ หยอด สารละลายนั้นจะขวางกั้นแสงสว่างที่ส่งจาก LED มายัง Photo Detector ทำให้เกิดสัญญาณลูกคลื่น ๑ ลูกคลื่น ถ้าจำนวนการไหลของสารละลายมีความเร็วมากขึ้น ลูกคลื่นก็จะมากขึ้นตามจำนวนหยอด จำนวนลูกคลื่นที่เกิดขึ้นนี้จะถูกส่งเข้าไปยังวงจรเปรียบเทียบเพื่อใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ในการให้สารละลาย เครื่องที่ใช้วิธีของ drop detector จะต้องใช้สาย I.V เฉพาะของยี่ห้อนั้นๆ จึงจะได้ค่าที่ถูกต้องทั้งนี้เพราะเส้นผ่าศูนย์กลางของสาย IV แต่ละบริษัทมีขนาดที่แตกต่างกัน

๒.๒ Volume Detector วิธีนี้เป็นการตรวจวัดปริมาตรที่ส่งไปให้คนไข้โดยที่เครื่องจะทำการ คำนวณค่า Volume ที่ตั้งกับขนาดสาย I.V ที่ใช้และส่งผลไปยังหน่วยควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน

หลักการโดยทั่วๆไปของเครื่อง Infusion pump จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญต่างๆดังแสดงใน รูปที่ ๓ ซึ่งเป็น **Block Diagram**



รูปที่ ๑๕ แสดง Block Diagram ของเครื่อง Infusion pump

๑. Power source คือแหล่งจ่ายพลังงาน เช่น ไฟ ๒๒๐ V.จากปลั๊ก หรือ แบตเตอรี่ภายในตัวเครื่อง

๒. Keyboard เพื่อใช้ป้อนข้อมูล คำสั่งต่างๆเข้าสู่ตัวเครื่อง

๓. CPU ส่วนประมวลผลกลางมีหน้าที่รวบรวมประมวลผลคำสั่ง ควบคุม สั่งการ การทำงานของเครื่อง

๔. Alarm ระบบตรวจสอบความผิดปกติต่างๆ และการแจ้งเตือนเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น

๕. Drive circuit วงจรชุดขับเคลื่อนมอเตอร์โดยรับคำสั่งจาก CPU

๖. Motor มอเตอร์และกลไก Mechanism (ตีนตะขาบ) ทำหน้าที่ขับดันสารละลายในสาย IV set ที่เป็น ของเหลวเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วย

๗. RPM Detector เพื่อตรวจสอบว่ามอเตอร์ทำงานอย่างถูกต้องหรือไม่ แล้วจะส่งสัญญาณไปยัง CPU อีกทีเพื่อคำนวณจำนวนรอบสั่งให้มอเตอร์ทำงานอย่างถูกต้องและให้ได้ Rate(ml / hr) ออกมาตามที่ต้องการ

๓. วิธีการใช้งานเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ

ขั้นตอนการใช้งานเครื่องโดยทั่วไป (ควรศึกษาคู่มือของเครื่องยี่ห้อนั้นๆ ให้เข้าใจด้วย)

๑. ติดตั้งเครื่องเข้ากับเสาน้ำเกลือ โดยใช้ที่ยึดบนตัวเครื่อง

๒. เสียบปลั๊กไฟด้านหนึ่งเข้ากับ AC Power Supply ที่อยู่ด้านหลังเครื่องส่วนอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับไฟ AC ๒๒๐ โวลต์

๓. เปิดประตูเครื่อง เตรียมสารละลายและ IV set โดยให้สารละลายอยู่ในกระเปาะ IV set ประมาณ ๑/๓ ของกระเปาะ

๔. ติดตั้ง IV set เข้ากับเครื่อง โดยกดปุ่ม Release Button แล้วใส่สายจากบนลงล่างจัดสายน้ำเกลือให้เข้าที่ให้เป็นแนวตรง โดยเฉพาะตรงส่วนที่ผ่านตีนตะขาบ (Peristaltic Finger) อัตราการไหลอาจผิดพลาดได้ในกรณีที่สายน้ำเกลือตรงส่วนที่ผ่านคลื่นตีนตะขาบไม่เป็นเส้นตรงและให้ปุ่ม Manual Roller Clamp อยู่ด้านทางออกจากเครื่องแล้วเสียบ Drop Sensor เข้ากับกระเปาะ IV set (กรณีมี Drop Sensor)

๕. ปิดประตูเครื่อง

๖. เปิดเครื่องโดยการกดปุ่ม **POWER**

๗. ตั้งอัตราการไหล และตั้งปริมาณการให้สารละลาย

๘. ตั้งจำนวน Drop /ml ตาม IV set ที่ใช้งาน (กรณีเครื่องที่ให้ตั้งค่าจำนวนDrop IV set)

๙. คลาย Manual Clamp บนสาย IV set

๑๐. กดปุ่ม **START** เครื่องจะเริ่มให้สารละลายที่ตั้งไว้

๑๑. ปิดสวิทซ์ โดยกดปุ่ม POWER และปิด Manual Clamp ก่อนเอาชุด IV set ออก

๔. การทำความสะอาดเครื่อง Infusion Pump

๑. ปิดเครื่องถอดปลั๊กไฟออกจากเต้าเสียบก่อนทำความสะอาดเครื่อง

๒. ทำความสะอาดเครื่องด้วยผ้านุ่มๆชุบน้ำหรือน้ำอุ่น

๓. อย่าใช้ผ้าแข็งหรือน้ำยาที่เป็นแอลกอฮอร์หรือสารเคมีทำความสะอาดเครื่อง

๔.การทำความสะอาดเครื่องโดยใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคให้ผสมยาฆ่าเชื้อตามกำหนดของผู้ผลิตน้ำยาและไม่ควรใช้โดยไม่มีการผสม

๕. น้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่แนะนำให้ใช้

- Osvan Solution ๑๐%
- Cidex ๒.๒๕%
- Sterihyde ๒๐%
- Hibitane ๕%

๖. หลังจากฆ่าเชื้อโรคแล้วให้ใช้ผ้านุ่มๆชุบน้ำอุ่นเช็ดอีกครั้ง

๗. การทำความสะอาดจุดตรวจจับต่างๆภายในเครื่องและตัว Drop Sensor

๕. ข้อควรระวังในการใช้เครื่อง Infusion Pump

๑.เปิดสวิทซ์ "Power" และตรวจดูว่า ปุ่ม สัญญาณเตือนต่างๆ ทุกปุ่มทำงานเป็นปกติ ก่อนที่จะใส่สายน้ำเกลือ

๒. ขณะที่เครื่องกำลังทำงาน ควรตรวจอัตราการไหลเป็นครั้งคราว

๓. ถ้าต้องการหยุดการทำงานเครื่องเป็นการชั่วคราวให้กดปุ่ม STOP การปิดสวิทซ์ Power อาจทำให้ตัวเลขปริมาตรที่ให้ไปแล้ว ปริมาตรที่ต้องการให้ และอัตราการไหล ลบหายไปด้วย

๔.ไม่ควรใช้ในบรรยากาศที่มีก๊าซติดไฟได้ เช่น ยาสลบ เพราะอาจเกิดการระเบิด

๕.ให้ใช้เครื่องกับระบบไฟฟ้าแรงดัน ๒๒๐ โวลท์ ๕๐ เฮิทซ์ ที่มีระบบกราวน์อย่างสมบูรณ์

๖.ถ้าไม่แน่ใจในระบบไฟฟ้าให้ใช้เครื่องโดยใช้แบตเตอรี่เท่านั้น

๗.อย่าใช้เครื่องใกล้กับอุปกรณ์ที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแรงๆ เช่น เครื่องไดอะเทอร์มี่

๘.ถึงแม้ว่าเครื่องจะได้รับการปรับแต่งจากผู้ผลิตแล้ว ผู้ใช้ยังต้องปรับตั้งการใช้งานเองให้เหมาะสม

๙.ใช้ชุดน้ำเกลือที่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้เท่านั้น

๑๐.ถ้าต้องใช้งานที่อัตราปั๊มสูงๆต้องเปลี่ยนชุดให้น้ำเกลือทุก ๑๒ ชั่วโมง

สัญญาณเตือนและวิธีแก้ปัญหาของเครื่อง

เครื่อง Infusion Pump จะมีสัญญาณเตือน เมื่อมีเหตุการณ์บางอย่างที่ทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานได้ ตัวอย่างสามารถแสดงได้ดังตาราง**ที่ ๒**

ตารางที่ ๒ สัญญาณเตือนและวิธีการแก้ปัญหา

สัญลักษณ์/ข้อความ	**สาเหตุ**	**การแก้ไขปัญหา**
๑. แบตเตอรี่ไม่สามารถ Charge ไฟได้	ยังไม่ต่อ AC power cord เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ	เสียบ AC power cord เข้ากับระบบให้เรียบร้อย
๒. เครื่องไม่ทำงานเมื่อเปิดการทำงานโดยใช้แหล่งพลังงานภายใน(Battery)	Battery มีพลังงานต่ำ	เสียบ AC power cord เข้ากับระบบเพื่อชาร์จพลังงาน
๓. ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไม่เข้าเครื่อง	สายไฟ AC ที่ต่อจากตัวเครื่องและแหล่งจ่ายไฟไม่เข้าที่	จัดการสายไฟให้เข้าที่และแน่นสนิทดี
๔. ไฟแสดงสถานะแบตเตอรี่กระพริบพร้อมกัน ๓ดวง	แบตเตอรี่เสื่อม	แจ้งบริษัทตัวแทนจำหน่าย
๕. เครื่องไม่สามารถเริ่มทำงานได้เมื่อกดปุ่ม START	ตั้งค่าไม่ถูกต้อง	ปรับตั้งค่าใหม่ เครื่องจะไม่) สามารถทำงานได้ถ้าอัตราของ สารละลายอยู่ที่๐ ให้ตั้งค่าให้

		ถูกต้อง
๖. ไฟแสดงสถานะการทำงานที่อยู่บนตัวเครื่องกระพริบเป็นสีแดงและมีเสียงร้องเตือน	เครื่องยังไม่ได้ดำเนินการหลังจากที่เครื่องพร้อมทำงาน ๒ นาที	กดปุ่ม START เริ่มทำงาน
๗. สัญญาณ [OCLUSSION]	๑. สาย IV set หักพับงอ ๒. มีการอุดตันที่ Filter หรือเข็มที่แทงกับเส้นเลือดผู้ป่วย ๓. ลูกกลิ้งสำหรับเปิด/ปิดสารละลายถูกปิดอยู่ ๔. ใส่สายไม่ตรงตำแหน่ง	๑. จัดการสาย IV set ให้ตรง ๒. ดูแลเข็มที่แทงเข้าเส้นเลือดผู้ป่วยไม่ให้อุดตัน ๓. ปรับตำแหน่งของลูกกลิ้งเปิด/ปิดสารละลายให้อยู่ในตำแหน่งเปิด ๔. ใส่สาย IV set ให้ถูกต้อง
๘. สัญญาณ [AIR]	๑. สารละลายหมดขวด ๒. มีฟองอากาศอยู่ใน IV set ๓. ใช้ชนิดของ IV set ไม่ถูกต้อง ๔. ตัวจับ air –in- line สกปรก	๑. เปลี่ยนสารละลายขวดใหม่ ๒. จัดการไล่ฟองอากาศออกให้หมด ๓. จัดการเปลี่ยน IV set ให้ถูกต้อง ๔. ทำความสะอาดด้วยผ้าสะอาด
๙. สัญญาณ[FLOW ERR.]	๑. สารละลายหมดขวด ๒. ใส่สาย IV set ไม่ถูกต้อง	๑. กดปุ่ม STOP ๒. ปิด Manual Roller Clamp ที่สาย IV set ตำแหน่งที่ปิด ๓. เปลี่ยนสาย IV set ให้ถูกต้อง

๒.๒๐ การทบทวนนวัตกรรม

ปี พ.ศ. ๒๕๔๒ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้มีการทำวิจัยเพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องปั๊มของเหลวเข้าสู่ร่างกายทางหลอดเลือดดำที่ใช้ในโรงพยาบาล โดยมีขอบเขตของการวิจัยเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอัตราการไหลของเครื่องปั๊มของเหลวเข้าสู่ร่างกายทางหลอดเลือดดำ และค่าความปลอดภัยทางไฟฟ้า สรุปพบว่าเครื่องปั๊มของเหลวเข้าสู่ร่างกายทางหลอดเลือดดำส่วนมากเมื่อมีการใช้งานมากกว่า ๘ ปี จะพบว่ามีค่า % flow error ที่มากกว่า มาตรฐาน AAMI กำหนดคือ ±๑๐ %

จากมาตรฐานด้านวิศวกรรมการแพทย์ เรื่องการกำหนดค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ สำหรับการสอบเทียบเครื่องมือแพทย์ ในลำดับที่ ๓๓ สำหรับเครื่องปั๊มสารละลายเข้าสู่ร่างกาย (Infusion Pump) กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ ปี ๒๕๕๓

๒.๒๑ การสอบเทียบ (Calibration)

การสอบเทียบ(Calibration) คือ กระบวนการทำงาน (ภายใต้สภาวะที่ควบคุม) ซึ่งสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัด กับ ค่าที่แท้จริงจาก**มาตรฐานอ้างอิง** ที่มี**การสอบกลับได้ (**Traceability) กล่าวคือ **การสอบเทียบ(Calibration)** คือการเทียบผลการวัดกับค่ามาตรฐานที่รู้ค่าอย่างแท้จริง ค่ามาตรฐานที่รู้ค่าจริงนี้จะต้องเป็นแหล่งที่มาที่เป็นที่ยอมรับกัน ค่ามาตรฐานต่างๆ ถูกกำหนดขึ้นและยอมรับกันระหว่างประเทศต่างๆ ใช้อ้างอิง (Reference) เป็นมาตรฐาน (Standard) เดียวกัน ก็จะเป็น International Standards และเป็น International Traceability

การสอบเทียบ เน้นการวัดเพื่อสอบทางมาตรวิทยา โดยรายงานผลหรือค่าที่ได้จากเครื่องมือ ภายใต้การควบคุมกระบวนการและสภาวะอย่างเคร่งครัด ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่า ค่าที่วัดจากเครื่องมือนั้น สามารถเปรียบเทียบค่าของมันกับค่าที่แท้จริงได้

ความสำคัญของ Calibration System ในอุตสาหกรรมการผลิตคือ

- มีการกำหนดคุณภาพของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพสินค้าในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทุกชนิด ทุกประเทศ
- มีการกำหนดให้ควบคุมการวัด และเครื่องมือทดสอบ (เครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ) ในระบบคุณภาพต่าง ๆ อย่างเข้มงวด เช่น ISO -๙๐๐๐ QS ๙๐๐๐ โดยทั่วไปแล้วการสอบเทียบได้กำหนดขึ้นเพื่อช่วยระบบในการวัด ซึ่งรวมถึง

๑. การยอมรับระบบการวัด รวมถึงความไม่แน่นอนในการวัด (Measurement Uncertainty)

๒. ช่วงระยะเวลาในการสอบเทียบของระบบหรือเวลาที่ใช้งาน

๓. แหล่งมาตรฐานที่สามารถอ้างอิงได้ถึงระดับชาติ

การทำ Calibration มี ๒ วิธี

๑. ทำเองภายในบริษัท

๒. ส่งไปทำที่ภายนอกบริษัท ที่ศูนย์มาตรฐานต่างๆ

ทั้งสองวิธีต้องมีคำนึงถึง การสอบกลับได้ (Traceability) และความไม่แน่นอนในการวัด (Measurement Uncertainty) จึงเป็นประโยชน์และเป็นที่ยอมรับของผู้เกี่ยวข้องเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมกับงานด้านมาตรวิทยาและ Calibration

Accuracy ของเครื่องวัดฯ มีผลต่อคุณภาพและต้นทุนการผลิตสินค้า ดังนั้น Calibration จึง

๑. จะต้องปฏิบัติและปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ

๒. ผู้ปฏิบัติจะต้องมีความรู้เรื่อง Calibration

๓. รู้ Accuracy และวัตถุประสงค์ของเครื่องมือวัด

๔. ต้องมีเครื่องมือมาตรฐานที่ดีพอ (ดีกว่า ๔ - ๑๐ เท่า)

๕. ต้องมี Traceability

๖. ต้องมีห้องปฏิบัติการมาตรฐาน

๒.๒๒ การประเมินผลความเที่ยงตรง (Evaluation Accuracy)

ค่าผิดพลาด (Error)

ค่าผิดพลาดในการวัด คือ ความแตกต่างระหว่างค่า (Value) ที่แสดงบนเครื่องมือกับค่าจริงของที่วัดได้ (ค่าจริงของจำนวนที่ทำการวัดซึ่งจะรู้เป็นครั้งคราว) ค่าผิดพลาด แบ่งเป็นค่าผิดพลาดแบบสุ่ม ซึ่งเป็นการเกิดขึ้นโดยความบังเอิญ ตามธรรมชาติ ค่าต่างๆที่ได้จะเปลี่ยนแปลงไปและไม่สามารถที่จะทำการคาดคะเนได้จากการทำงานของการวัด ค่าผิดพลาดแบบนี้เป็นค่าผิดพลาดที่ไม่สามารถควบคุมไม่ให้เกิดขึ้นได้ แหล่งที่มาของค่าผิดพลาด อาจได้แก่ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป การสั่นสะเทือนของสถานที่ทำงาน การรบกวนของสัญญาณความถี่ทางไฟฟ้า เป็นต้น ค่าผิดพลาดที่เกิดจากตัวแปรที่ควบคุมหรือกำจัดได้ เป็นค่าผิดพลาดจากเหตุที่สามารถทำให้น้อยลงจนเป็นศูนย์ หรือควบคุมไม่ให้มีผลต่อการวัดได้ เช่น ค่าผิดพลาดเนื่องจากการอ่านค่าของพนักงาน หรือค่าผิดพลาดจากความสกปรกของเครื่องมือ เป็นต้น

ค่าผิดพลาดต่างๆที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องรู้ว่ามีอะไรบ้าง และทำการควบคุมให้เกิดค่าผิดพลาดนั้นน้อยที่สุดหรือกำจัดไป เพื่อให้ได้มาซึ่งความเที่ยงตรงของการวัด

ความเที่ยงตรง (Accuracy)

ความเที่ยงตรงคือคุณภาพที่กำหนดให้เป็นไปตามรูปแบบการวัด สามารถพิจารณาแบ่งเป็น สองส่วน ตามรูปแบบของค่าผิดพลาดได้ โดยค่าผิดพลาดต่างๆ ที่ได้ทำการวิเคราะห์นั้น ควรจะพิจารณาตามชนิดและธรรมชาติของมันเอง

ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของการวัด อาทิ การพิจารณาวัดขนาด น้ำหนัก เป็นต้น

องค์ประกอบพื้นฐานในการประมวลผลของความเที่ยงตรง สามารถแบ่งออกเป็น ๕ องค์ประกอบ

๑. มาตรฐาน (Standard)

๑.๑สามารถสอบกลับได้ (Traceability)

๑.๒สามารถเปรียบเทียบทางเรขาคณิตได้ (Geometric Compatibility)

๑.๓สัมประสิทธิการขยายตัวทางความร้อน (Coefficient of Thermal Expansion)

๑.๔ช่วงการสอบเทียบ (Calibration Interval)

๑.๕ความเสถียร (Stability)

๑.๖สมบัติในการยืดหยุ่น (Elastic Properties)

๑.๗ตำแหน่งใช้งาน (Position of Use)

๒. ชิ้นงาน (Workpiece)

๒.๑ความเป็นจริงของรูปทรงเรขาคณิตมที่ซ้อนอยู่

๒.๒ลักษณะที่เกี่ยวข้อง เช่น ผิวสำเร็จ รอยขีดข่วน

๒.๓สมบัติในการยืดหยุ่น

๒.๔ความสะอาด

๒.๕ความเสียหายของผิว

๒.๖ความร้อน

๒.๗มวลที่มีผลต่อ การเปลี่ยนรูปในช่วงยืดหยุ่น (Elastic Deformation)

๒.๘ความจริงที่สนับสนุนรูปทรง

๒.๙คำจำกัดความของลักษณะที่ชัดเจน ที่ต้องการวัด

๒.๑๐ จุดอ้างอิงของชิ้นงานที่เพียงพอ

๓. เครื่องมือ

๓.๑มีอัตราการขยายตัวที่พอเหมาะเพื่อความเที่ยงตรงตามวัตถุประสงค์

๓.๒การขยายการตรวจสอบภายใต้สภาวะการใช้งาน

๓.๓ผลกระทบที่เกิดจากแรงเสียดทาน และBack lack

๓.๔จุดสัมผัสทางเรขาคณิตที่ถูกต้องทั่วชิ้นงานและมาตรฐาน

๓.๕ไฟฟ้า หรือระบบนิวเมติก ที่นำไปสู่ระบบขยายต้องทำงานภายใต้ขอบเขตที่กำหนด

๓.๖ระบบควบคุมความดันต้องทำงานภายใต้ขอบเขต

๓.๗จุดสัมผัสที่เกี่ยวข้องกับทรงเรขาคณิตต้องถูกต้องและตรวจสอบหาจุดสึกหรอ

๓.๘จุดหมุนและจุดเลื่อนต้องไม่สึกหรอและเสียหาย

๓.๙การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำให้เกิดผลกระทบต่อเครื่องมือ เช่นนำชิ้นงานหนักมาวัด

๓.๑๐ อุปกรณ์ช่วยงาน (เหล็กฉาก โต๊ะระดับ) ตรวจสอบว่าทำงานได้ดี และมีการสอบเทียบ

๔. บุคลากร

๔.๑การฝึกอบรม

๔.๒ทักษะ

๔.๓ความรู้สึกต่อคุณค่าของความแม่นยำ

๔.๔มีแนวคิดและทัศนคติต่อความเที่ยงตรงที่ได้

๔.๕มีใจกว้าง มีทัศนคติและความเชื่อมั่นโดยส่วนตัวต่อความเที่ยงตรง

๔.๖มีการวางแผนเทคนิคการวัด เพื่อประหยัดและสม่ำเสมอต่อความแม่นยำที่ต้องการ

๔.๗ตระหนักถึงขอบเขตของการประเมินผลที่เที่ยงตรง

๔.๘ความสามารถในการเลือกเครื่องมือที่มีคุณภาพสูงและมีมาตรฐานและความต้องการทางเรขาคณิตและความสามารถที่เกี่ยวกับความแม่นยำ

๔.๙มีความรู้สึกตระหนักเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการวัด

๕. สิ่งแวดล้อม

๕.๑มาตรฐานของอุณหภูมิในการวัด คือ ทางกล๒๐ C (๖๘ F) และทางไฟฟ้า ๒๓ C (๗๓.๔ F)

๕.๒อุณหภูมิระหว่างชิ้นงานมาตรฐานและเครื่องมือต้องเท่ากัน ความแตกต่างเพียง ๑ องศาอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้

๕.๓การขยายตัวของอุณหภูมิมีผลกระทบ จาก ความร้อนที่เกิดจากแสงไฟ อุปกรณ์ทำความร้อน แสงอาทิตย์ และจากร่างกายมนุษย์

๕.๔ผลกระทบจากวงจรในระบบควบคุมอุณหภูมิ

๕.๕การทำความสะอาด เพื่อให้ปราศจากฝุ่น

๕.๖การสั่นสะเทือนที่น้อยที่สุด ช่วยทำให้เกิดความแม่นยำสูง

๕.๗การจับถือด้วยมือทำให้เกิดการผิดพลาด เนื่องจากการขยายตัว จากอุณหภูมิในตัวของมนุษย์(๓๗ C) ที่สูงกว่ามาตรฐานปกติ (๒๐ C) อาจทำให้เหล็กที่ยาว ๑ นิ้ว ขยายตัวไปได้ ถึง .๐๐๐๒ นิ้ว หรือ ๔ ไมครอน

๕.๘การจัดให้มีแสงสว่างที่เพียงพอ คือ ๑๐๐๐ LUX

๕.๙ความชื้นสัมพัทธ์ที่พอดี

๒.๒๓ การจัดการ ข้อกำหนดการควบคุม เครื่องมือ วัดทดสอบ ตามมาตรฐาน

เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้ต้องมีความถูกต้อง แม่นยำ เชื่อถือได้ และเหมาะสม

ประเด็นการจัดการ

- กำหนดขั้นตอนการทำงานการสอบเทียบ ควบคุมและบำรุงรักษา โดย :

๑. กำหนดรายการที่ต้องวัดและความถูกต้องแม่นยำที่ต้องการ

๒. เลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม

๓. ทำบัญชีควบคุมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีผลต่อคุณภาพและต้องสอบเทียบ

๔. สอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์ก่อนนำไปใช้งานและตามช่วงระยะเวลาที่ เหมาะสม โดยสามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานระดับชาติที่เชื่อถือได้

๕. ในกรณีที่ไม่มีมาตรฐานให้สอบกลับได้ ให้จัดทำวิธีการในการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำไว้เป็นเอกสาร

๖. กำหนดวิธีการในการสอบเทียบโดยรวมถึงสภาพแวดล้อม เกณฑ์การยอมรับ ความถี่ที่ใช้ และ การวิเคราะห์ผลของการสอบเทียบ ว่าใช้ได้หรือไม่

- ต้องรู้ค่า ความไม่แน่นอน ของการวัด และนำไปประเมินความสามารถของการวัด
- สภาวะแวดล้อมในการสอบเทียบ, ตรวจสอบ, ทดสอบ ต้องเหมาะสม
- ติดป้ายแสดงสถานการสอบเทียบ
- จัดทำและจัดเก็บบันทึกการสอบเทียบ
- กำหนดวิธีการในการเก็บ รักษาและเคลื่อนย้ายเครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่อให้เครื่องมือและอุปกรณ์นั้นมีความถูกต้องและพร้อมใช้งาน
- ต้องมีวิธีการป้องกันการปรับแต่งเครื่องมือและอุปกรณ์ หลังจากการสอบเทียบแล้ว
- กำหนดแผนการสอบเทียบโดยรวมถึงความถี่ วิธีสอบเทียบ และความสามารถในการสอบกลับได้
- กำหนดวิธีดำเนินการกับเครื่องมือ อุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่พบว่าเครื่องมืออุปกรณ์นั้นไม่ชำรุด หรือผลการสอบเทียบไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เช่น

๑. ปรับแต่งเครื่องมือและอุปกรณ์

๒. ลดระดับความแม่นยำของเครื่องมือและอุปกรณ์

๓. ยกเลิกการใช้งาน

๔. ทวนสอบผลการวัด/ตรวจ/ทดสอบที่ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์นั้นๆ ที่ผ่านมาย้อนหลัง จนกระทั่งมั่นใจว่าผลการวัดนั้นเชื่อถือได้ เช่น ย้อนไปถึงช่วงการสอบเทียบครั้งสุดท้ายที่ผ่านมา

๒.๒๔ วิธีสอบเทียบเครื่องควบคุมอัตราการไหลของสารละลาย

๑. วัตถุประสงค์

- เพื่อเป็นแนวทางให้เจ้าหน้าที่ผู้สอบเทียบเครื่องควบคุมอัตราการไหลของสารละลาย ดำเนินการได้อย่างครบถ้วน ถูกต้องตามลำดับของวิธีการที่กำหนด

- เพื่อใช้เป็นแนวทางการดำเนินงานให้ได้มาตรฐานเดียวกัน สามารถสืบค้นความเป็นมา และใช้ปฏิบัติงานทดแทนกันได้

๒. เครื่องมืออุปกรณ์

- เครื่อง Infusion Pump (UUC) ๓ เครื่อง ๓ ยี่ห้อ
- ชุดสาย IV Set(Tubing set) จำนวน ๑๕ ชุด
- เครื่อง Infusion Pump Analyzer (STD)

๓. เอกสารอ้างอิง

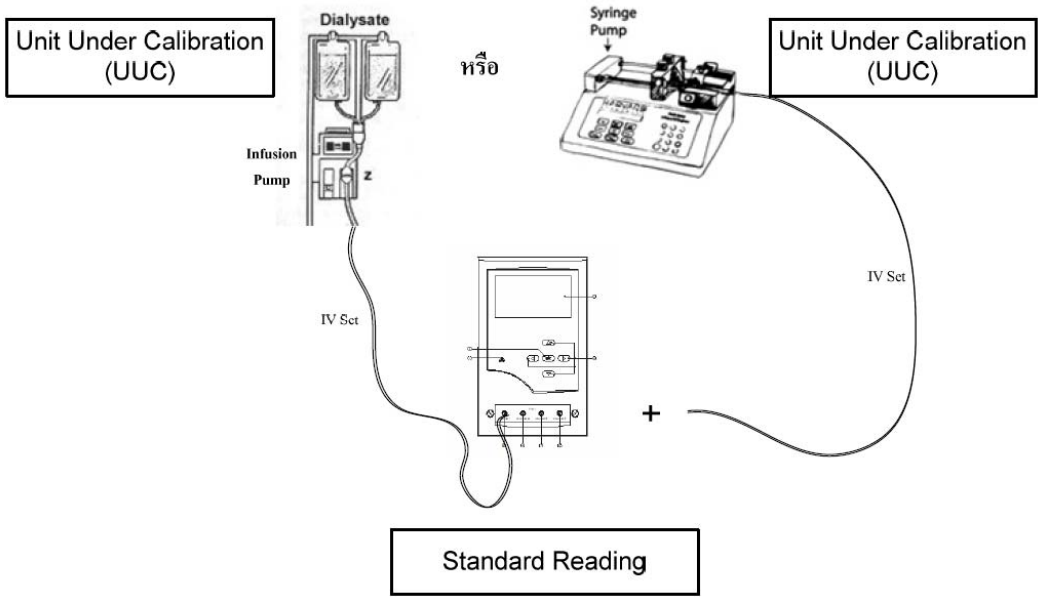
๓.๑ คู่มือการใช้เครื่องมือแพทย์(UUC)

๓.๒ คู่มือการใช้เครื่องมือมาตรฐานสอบเทียบ(STD)

๓.๓ การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

๔.๔ ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ECRI (formerly the Emergency Care Research Institute)

๕. วิธีปฏิบัติงานการสอบเทียบ



รูปที่ ๑๖ การต่อวงจรสอบเทียบ เครื่องควบคุมอัตราการไหลของสารละลาย

๒.๒๕ ขั้นตอนการสอบเทียบ

ต่อวงจรตามรูป ที่ ต่อสาย IV Set (Tubing set) เข้ากับ เครื่องควบคุมอัตราการไหลของสารละลาย (UUC) ที่ต้องการทดสอบ เข้ากับเครื่อง Infusion Pump Analyzer (STD) ที่ตำแหน่ง Inlet Port

- สอบเทียบค่า Flow Rate และ Volume
- กำหนดจุดสอบเทียบที่ ๑๐% ถึง ๙๐% of Range หรือตามที่ผู้รับบริการกำหนด
- ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายและปล่อยเข้าระบบ พร้อมตรวจสอบไม่ให้มีอากาศภายในระบบ
- ตั้งค่าที่เครื่องควบคุมอัตราการไหลของสารละลาย (UUC) ตามค่าที่กำหนด วัดค่าและอ่านค่าจาก

เครื่อง Infusion Pump Analyzer (STD)

- แต่ละจุดสอบเทียบ ให้สอบเทียบอย่างน้อย ๓ ครั้งพร้อมบันทึกผลลงในแบบบันทึก
- บันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ยี่ห้อ รุ่น ขนาด ของ IV Set และ Syring

ตารางที่ ๓ การบันทึกผล

Flow rate

UUC Setting	STD Reading(1)	STD Reading(2)	STD Reading(3)
ml/h	ml/h	ml/h	ml/h

Volume

UUC Setting	STD Reading(1)	STD Reading(2)	STD Reading(3)
Ml	ml	ml	ml

* UUC Unit Under Calibration

IVSET	Model.....	SIZE.....Drop/mL

ตารางที่ ๔ มาตรฐานค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ของเครื่องให้สารละลาย

ลำดับ	รายการเครื่องมือแพทย์	ค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้	หน่วยวัด

		พื้นที่ปกติ	พื้นที่วิกฤติ	
32	เครื่องปั๊มสารละลายเข้าสู่ร่างกาย (Syringe Pump)	± 10 %	± 5 %	ml/h
33	เครื่องปั๊มสารละลายเข้าสู่ร่างกาย (Infusion Pump) - สารละลายทั่วไป - วิกฤติ หรือ ยาอันตราย	± 10 % ± 5 %	± 5 % ± 3 %	ml/h ml/h

๒.๒๖ คุณลักษณะเฉพาะของ IV Set ที่ใช้กันโดยทั่วไปในโรงพยาบาล

คุณสมบัติทั่วไป

๑. เป็นชุดให้สารละลายทางหลอดเลือด

๒. ใช้วัตถุดิบพลาสติกชนิดที่ใช้ทางการแพทย์ (Medical Grade)

๓. ประกอบด้วยปลอกเข็มเจาะภาชนะบรรจุ เข็มภาชนะบรรจุ ท่อหยุด กระะเปาะหยด สายส่งตัวควบคุมการไหลบริเวณสำหรับฉีดสารละลาย ข้อต่อใน ปลอกหุ้มข้อต่อใน ตัวกรองสารละลาย

๔. ให้บรรจุชุดสารละลายทางหลอดเลือดแต่ละชุดในภาชนะห่อหุ้มที่ผนึกเรียบร้อย สามารถรักษาสภาพปราศจากเชื้อได้ตลอดจนกระทั่งเปิดใช้ และผลิตภัณฑ์ต้องไม่แบน ไม่หักพับปลอกหุ้ม ข้อต่อในและ/หรือปลอกหุ้มเข็มต้องไม่หลุด

๕. ฉลากอย่างน้อยต้องแสดงข้อความ เดือนปีที่ผลิต และรหัสรุ่นที่ผลิต เดือนปี่ที่หมดอายุ ชื้อผู้ผลิตหรือผู้ที่จำหน่ายพร้อมสถานที่ตั้ง มีข้อความระบุว่า “ปราศจากเชื้อ” และ “ปราศจากไพโรเจน”

๖. อายุของผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบต้องไม่น้อยกว่า ๒ ปี นับจากวันที่ส่งมอบ

คุณสมบัติทางเทคนิค

๑. เป็นชุดที่ให้สารละลายทางหลอดเลือดสำหรับเด็กและมีอุปกรณ์ที่ให้อากาศเข้าพร้อมที่กรอง

๒. สายส่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า ๒.๕ มิลลิเมตร

๓. สายส่งมีความยาววัดจากปลายข้อต่อในถึงปลายเข็มเจาะภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่า ๑๔๐ เซนติเมตร

๔. กระเปาะหยดมีรูปร่างที่สามารถเห็นการหยดของสารละลายได้ชัดเจนและมีขนาดหยดเท่ากับ ๖๐ หยดต่อมิลลิเมตร

๕. ตัวควบคุมการไหล ต้องสามารถปรับอัตราการไหลได้ตามต้องการ และต้องหยุดการไหลได้สนิท และไม่ทำให้สายส่งเสียหายต่อการใช้งาน เช่น รั่ว ตีบ

๖. ส่วนประกอบต้องไม่สีเมื่อบรรจุสารละลาย สามารถมองเห็นสารละลายและ/หรือฟองอากาศในสารละลายได้ชัดเจน เว้นแต่ส่วนที่เป็นเข็ม ตัวควบคุมการไหล และบริเวณสำหรับฉีดสารละลาย

๗. ต้องไม่พบจุลินทรีย์ทุกชนิด ไม่มีสารไพโรเจน ไม่มีพิษ

๘. มีข้อต่อเข้าผู้ป่วยมีขนาดมาตรฐาน

๒.๒๗ รายละเอียดและคุณสมบัติเครื่องวิเคราะห์การทำงานของเครื่องให้สารละลาย(Infusion Device Analyzer รุ่น IDA ๔ Plus) ที่ใช้เป็นเครื่องวัดวิเคราะห์ชุดสาย IV SET ประกอบด้วย

๑. คุณสมบัติทั่วไป

๑.๑ เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์การทำงานของเครื่องให้สารละลาย (Infusion Pump และ Syringe Pump) โดยสามารถทำการตรวจสอบได้ครั้งละ ๔ เครื่องพร้อมกัน

๑.๒ สามารถวิเคราะห์การทำงานของเครื่องให้สารละลายได้ทุกชนิดกับการใช้งานในปัจจุบัน ทั้งแบบ Steady และ Non Steady

๑.๓ สามารถวิเคราะห์ปริมาตร/การไหล (volume / flow) และ แรงดันอุดตัน (occlusion pressure) ได้

๑.๔ สามารถเชื่อมสายสัญญาณเข้าสู่ระบบการพิมพ์และ Keyboard , ระบบสัญญาณเตือน, PCA trigger ports หรือทำงานร่วมกับ เครื่องคอมพิวเตอร์และ Hydrograph Graphic Software ได้

๑.๕ สามารถแสดงค่าที่ตรวจวัดได้และรูปกราฟแสดงลักษณะการทำงานของเครื่องที่ต้องการทดสอบได้ โดยสามารถเลือกดูทีละเครื่อง จากหน้าจอของเครื่อง โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์เพิ่ม หรือ แสดงได้ครั้งละ ๔ เครื่องพร้อมกัน ด้วย Hydrograph Graphic Software

๑.๖ เป็นผลิตภัณฑ์ Fluke Biomedical Corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา

๒. คุณสมบัติทางเทคนิค

๒.๑ การวัดอัตราการไหลเฉลี่ย

๒.๑.๑ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลโดยการวัดปริมาตรตลอดเวลา

๒.๑.๒ สามารถทำการวัดได้ตั้งแต่ ๐.๕ - ๑๐๐๐ มิลลิลิตร/ชั่วโมง.

๒.๑.๓ ค่าความแม่นยำ:

๒.๑.๓.๑ ที่ระดับการไหลตั้งแต่ ๑๖ - ๒๐๐ มิลลิลิตร / ชั่วโมง และ ปริมาตร มากกว่า ๒๐ มิลลิลิตร มีค่า ๑% ของค่าที่อ่านได้ ± ๑ LSD

๒.๑.๓.๒ นอกเหนือจากนั้น มีค่า ๒% ของค่าที่อ่านได้ ± ๑ LSD

๒.๒ การวัดปริมาตร

๒.๒.๑ โดยการวัดปริมาตรของของเหลวที่ไหลผ่านทรานสดิวเซอร์ โดยตรง ด้วยปริมาตรของ Bolus น้อยที่สุด ๐.๕ มล.

๒.๒.๒ สามารถทำการวัดปริมาตร Bolus น้อยที่สุด ๐.๕ มิลลิลิตร สูงสุด ๙๙๙๙ มิลลิลิตร

๒.๓ สามารถใช้ทำการทดสอบเครื่อง PCA (Patient Controlled Analgesia) ได้

๒.๔ สามารถทดสอบค่าแรงดันอุดตัน (Occlusion) ได้ โดยใช้ Glass Transducer

๒.๔.๑ สามารถตั้งค่าแรงดันได้ ระหว่าง ๐ ถึง ๔๕ PSI (ปอนด์ ต่อ ตารางนิ้ว) หรือค่าที่เทียบเท่าในหน่วย mmHg (มิลลิเมตรปรอท) และ kPa (กิโลปาสคาล) ได้

๒.๔.๒ ความแม่นยำ ๑% เต็มสเกล ± ๑ LSD

๒.๕ สามารถวัดค่าแรงดันกลับ (Back pressure) ได้ตั้งแต่ – ๑๐๐ mmHg ถึง + ๓๐๐ mmHg

๓. สามารถทำงานด้วยไฟฟ้า กระแสสลับ ได้ตั้งแต่ ๑๒๐ ถึง ๒๔๐ โวลต์ โดยระบบ Auto - switching