

บทความพิเศษ

การเก็บ การจ่าย และการขนส่งส่วนประกอบโลหิต

(Storage, Issue and Transportation of Blood Components)

จอมจิน จันทรสกุล

ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย

การเก็บส่วนประกอบโลหิต (storage of blood components)

การจัดเก็บส่วนประกอบโลหิตมีความสำคัญต่อคุณภาพเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงควรกำหนดสภาวะการเก็บส่วนประกอบโลหิตให้เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้ส่วนประกอบโลหิตสามารถดำรงอยู่และนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดระยะเวลาที่เก็บไว้ ขณะที่ความเสี่ยงของการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์จะลดลงไปได้ถ้าเก็บในระบบปิดที่แยกเฉพาะ และมีการควบคุมอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการจ่ายและการรับคืน การขนส่งส่วนประกอบโลหิตจะต้องมีการควบคุมและดำเนินการในลักษณะที่ปลอดภัย

อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บ (equipment)

ส่วนประกอบโลหิตอาจจัดเก็บที่อุณหภูมิ 20 °ซ. ถึง 24 °ซ. หรือ 2 °ซ. ถึง 6 °ซ. หรือที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 °ซ. ขึ้นกับชนิดของส่วนประกอบโลหิต แต่ไม่ว่าเลือกใช้อุปกรณ์ใดๆ สำหรับการจัดเก็บ ก่อนการจัดซื้ออุปกรณ์ควรพิจารณาถึงปัจจัยต่อไปนี้

1. ตู้เย็น (refrigerator) และตู้แช่แข็ง (freezer) ต้องมีความจุเพียงพอ มีที่ว่างสำหรับการตรวจสอบได้อย่างสะดวก
2. การทำงานของอุปกรณ์ต้องไวใจได้ และการกระจายของอุณหภูมิ (temperature distribution) ภายในตู้ต้องสม่ำเสมอ (uniform)
3. อุปกรณ์ประกอบต้องมีเครื่องบันทึกอุณหภูมิและเครื่องเตือน (alarm device) สำหรับกรณีอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด
4. อุปกรณ์ควรทำความสะอาดได้ง่าย และทนต่อสารเคมีที่ใช้ทำความสะอาด รวมทั้งสอดคล้องกับข้อกำหนดด้านความปลอดภัย (safety requirements)

การเก็บที่อุณหภูมิ 2 °ซ. ถึง 6 °ซ.

ตู้เย็นสำหรับเก็บส่วนประกอบโลหิต ต้องจำกัดไว้สำหรับเก็บโลหิตรวม หรือส่วนประกอบโลหิตที่เป็นเม็ดโลหิตแดงเท่านั้น สำหรับหลอดตัวอย่างโลหิตน้ำยา (reagent) และชุดทดสอบ (kit) จะต้อง

จัดเก็บในตู้เย็นที่แยกต่างหาก

นอกจากนี้ควรแบ่งเนื้อที่ในตู้สำหรับเก็บสิ่งต่างๆ เหล่านี้อย่างชัดเจน ได้แก่ ส่วนสำหรับการจ่ายออก หรือส่วนสำหรับเก็บเพื่อผู้ป่วยเฉพาะราย แต่สำหรับส่วนที่อยู่ระหว่างการรอผลการทดสอบ และส่วนที่หมดอายุหรือต้องกำจัดทิ้ง จะต้องแยกเก็บต่างหาก ไม่รวมอยู่ในตู้เดียวกันกับส่วนที่ให้ผู้ป่วย โดยต้องแยกเก็บคนละตู้ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย

เนื้อที่สำหรับเก็บส่วนประกอบโลหิตแต่ละชนิดควรบ่งบอกไว้ชัดเจน และต้องทำการบันทึกอุณหภูมิภายในแต่ละส่วนไว้อย่างต่อเนื่อง ควรวาง sensor ของตัววัดอุณหภูมิไว้ภายในถุงพลาสติกที่บรรจุด้วย 10% glycerol solution ขนาด 250 มล. หรือปริมาตรเทียบเท่ากับปริมาตรของส่วนประกอบโลหิตที่เก็บ ภาชนะบรรจุนี้ควรวางไว้ในที่ว่างส่วนบนของตู้เย็น ระบบเตือนควรจะมีทั้งแบบ acoustic และ optical signals และควรได้รับการทดสอบเป็นประจำ ตู้เย็นสำหรับเก็บส่วนประกอบโลหิตควรเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าหลักและไฟฟ้าสำรอง

การเก็บที่ 20 °ซ. ถึง 24 °ซ.

Platelets ต้องเก็บที่อุณหภูมิ 20 °ซ. ถึง 24 °ซ. และควรมีอุปกรณ์สำหรับควบคุมอุณหภูมิ ถ้าไม่มีอุปกรณ์ที่ควบคุมอุณหภูมิ สถานที่เก็บต้องสามารถรักษาอุณหภูมิที่กำหนดไว้ได้อย่างคงที่

ควรเก็บ platelets ในเครื่องเขย่า (agitator) ที่ได้ตั้งความเร็วของการเขย่าที่เหมาะสม ไม่ทำให้เกิดฟองอากาศ (gentle agitation) และทำให้มี gas exchange ผ่านผนังของถุงได้ โดยหลีกเลี่ยงการเกิดถุงฟับ และการวางถุงซ้อนกัน

ควรมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (thermograph) และระบบเตือน หรือควรใช้เครื่องวัดอุณหภูมิในตู้เก็บ ซึ่งมีการตรวจเช็คอุณหภูมิวันละหลายๆ ครั้ง ความเร็วของเครื่องเขย่าได้รับการทดสอบอย่างสม่ำเสมอตามคำแนะนำของผู้ผลิต และควรทำการตรวจสอบหากไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด

แนวคิดสำหรับการถนอม red cells (aspects of red cell preservation)

น้ำยากันโลหิตแข็งตัว (anticoagulant solutions) ที่ใช้ในการเจาะเก็บโลหิตถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อป้องกันการแข็งตัวของโลหิต และช่วยให้สามารถเก็บ red cells ได้เป็นระยะเวลาหนึ่งเริ่มแรกได้พัฒนาเพื่อเก็บ whole blood และต่อมาได้ใช้โลหิตที่เตรียมส่วนประกอบด้วย น้ำยากันโลหิตแข็งตัวมีส่วนประกอบของ sodium citrate, citric acid และ glucose บางชนิดอาจมี adenine, guanosine และ phosphate

Citrate จะจับกับ calcium จึงป้องกันการแข็งตัวของโลหิต glucose ถูกใช้โดย red cells ในระหว่างการเก็บ แต่ละโมเลกุลของ glucose จะให้ 2 โมเลกุลของ adenosine tri-phosphate (ATP) ซึ่งเกิดขึ้นโดย phosphorylation ของ adenosine di-phosphate (ADP) ADP เป็นโมเลกุลที่มีพลังงานมาก ใช้สำหรับสนับสนุนการทำงานที่ต้องใช้พลังงานมากของ red cells เช่น ความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ และการเคลื่อนไหวของผนังเซลล์ ระหว่างมีปฏิกิริยาจะมีการใช้พลังงาน ATP จะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็น ADP

Citric acid ที่เติมลงในน้ำยากันโลหิตแข็งตัวเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของ hydrogen ion สูงพอในตอนเริ่มต้นของการเก็บที่ 4°C. ถ้าไม่มีการเติม citric acid โลหิตจะมีความเป็นด่างสูง อนุญาตให้มีที่เก็บ

ในระหว่างการเก็บความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะลด glycolysis ส่วนประกอบ adenosine nucleotides (ATP, ADP, AMP) ลดลงในระหว่างเก็บ ดังนั้นการเติม adenine ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญใน adenosine nucleotides จะทำให้ red cells สามารถสังเคราะห์ AMP, ADP และ ATP ใหม่ ซึ่งช่วยชดเชยทดแทนส่วนที่ขาดหายไป

การเตรียม red cells เข้มข้น ส่วนหนึ่งของ glucose และ adenine จะถูกขจัดออกไปกับพลาสมา ถ้าไม่มีการชดเชยส่วนที่ขาดหายไป เช่นโดยการเติม adenine และ glucose ในจำนวนที่มากกว่าปกติลงในน้ำยากันโลหิตแข็งตัว หรือโดยการแยกเติมใน suspension ของ preservative medium จำนวน red cells จะมีชีวิตอยู่ได้อย่างปกติก็ต่อเมื่อความเข้มข้นสูงเกินไป (over-concentrated) ตามปกติความเข้มข้นของ CPD-adenine red cells ไม่ควรมีค่าเฉลี่ยของ hematocrit (Hct) เกินร้อยละ 70 เพื่อทำให้การให้โลหิตแก่ผู้ป่วยเป็นไปได้โดยสะดวกมิต้องทำให้เจือจางลงก่อนให้เพื่อแก้ความหนืด (pre-administration dilution)

การมีชีวิตอยู่ของ platelets และ leukocytes จะลดลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 4°C. โดยรวมตัวเป็น microaggregates จำนวนมาก แม้ภายหลังการเก็บ whole blood เพียง 3-4 วัน และจะมี

จำนวนมากขึ้นใน red cell concentrates microaggregates สามารถผ่านชุดกรองโลหิต (blood transfusion set) ที่ใช้อยู่ตามปกติได้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้การทำงานของปอดลดลง เนื่องจากการไปอุดตันโลหิตฝอยในปอด การกำจัด platelets ในระหว่างการเตรียมส่วนประกอบโลหิตจะช่วยลดการเกิด microaggregate ลงได้ รวมทั้งการลดจำนวนของ leukocytes โดยการแยก buffy coat ออก จะช่วยให้ความถี่ของ febrile transfusion reaction ลดลงได้ จึงควรใช้ชุดกรองเม็ดโลหิตขาว (leukocyte filter) ในการแยก leukocyte ออกให้มากที่สุด

Additive หรือ suspension medium จะช่วยรักษาการมีชีวิตอยู่ของ red cells แม้นว่ากว่าร้อยละ 90 ของพลาสมาถูกแยกออกไป การใช้ glucose และ adenine มีความจำเป็นในการรักษา red blood cells ให้มีชีวิตอยู่ภายหลังการแยกพลาสมาออก การให้โลหิตแก่ผู้ป่วยอาจใช้ phosphate เพื่อช่วยการเกิด glycolysis และอาจใช้สารอื่นๆ เพื่อป้องกัน *invitro* haemolysis (เช่น mannitol และ citrate) อาจใช้ sodium chloride หรือ disodium phosphate เพื่อทำให้ additive solution มี osmotic strength ที่เหมาะสม

Erythrocyte preparations

Red cells สามารถเก็บได้ในลักษณะเหลวที่ควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 2°C. ถึง 6°C. ควรควบคุมการทำงานของตู้เย็นอย่างระมัดระวัง ระยะเวลาสิ้นสุดของการเก็บหรือวันหมดอายุควรบ่งบอกไว้บนภาชนะบรรจุทุกภาชนะ ซึ่งระยะเวลานี้อาจแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของการเตรียม (ความเข้มข้นของ cells ชนิดของ anticoagulant และการใช้ additive suspension medium) และควรกำหนดค่าสำหรับแต่ละชนิดบนฐานของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง การมีชีวิตอยู่รอดไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของ transfused red cells

Red cells ที่อยู่ในสภาพแช่แข็ง (frozen state) ควรจะเตรียมและทำตามวิธีการที่ได้มาตรฐาน และเก็บที่อุณหภูมิ -80°C. หรือต่ำกว่า

Platelet preparations

Platelet preparations จะมีความไวต่อสภาพการเก็บเป็นพิเศษ การมี platelet metabolism, post-transfusion function และ viability ขึ้นอยู่กับการมีจำนวน oxygen อย่างเพียงพอ อุณหภูมิ และ pH ของ platelet preparation ที่เหมาะสม

เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 22°C. platelets จำนวน 100×10^9 จะใช้ oxygen ประมาณ 10 μ moles ของ oxygen ต่อชั่วโมง ความต้องการออกซิเจนของ platelet อาจขึ้นอยู่กับการมีฟอสฟอรัส

ความแตกต่างในการเขย่า pH และอุณหภูมิ การเติม acetate ลงใน storage medium อาจเพิ่มการใช้ออกซิเจน leukocytes ที่ปนเปื้อนในถุงมีการใช้ออกซิเจนเช่นกัน ซึ่งมีผลทำให้ pH ลดลงมากขึ้น

เมื่อจำนวน platelets ในถุงบรรจุมีมากกว่าที่จะให้ออกซิเจนได้อย่างปลอดภัย ทำให้มีการใช้ glucose เพิ่มมากขึ้น 3-5 เท่า และเกิด lactic acid ขึ้นได้อย่างรวดเร็ว มีผลทำให้ pH และ ATP concentration ลดลง และทำให้ platelet ตายได้ ดังนั้นจำนวนสูงสุดของ platelet ในถุงที่จะเก็บควรจำกัดโดย oxygen diffusion capacity ของถุงบรรจุ platelet เมื่อมีการนำถุงพลาสติกชนิดใหม่มาใช้เพื่อเก็บ platelet ควรพิจารณาหาจำนวนสูงสุดของ platelet ที่อาจมีในถุงแต่ละชนิดด้วย

การเก็บ platelet ในถุงที่เป็น gas-permeable plastic container ชนิดพิเศษ การรักษาอุณหภูมิที่ถูกต้อง (20 °C ถึง 24 °C) และการเขย่าที่เพียงพอระหว่างการเก็บเป็นเรื่องสำคัญที่จำเป็นต่อการจัดเก็บ platelet preparations เพื่อให้ platelet มีอายุและทำหน้าที่ได้ตามมาตรฐาน

Granulocyte preparations

ปกติ granulocyte suspensions จะถูกเตรียมขึ้นเพื่อผู้ป่วยเฉพาะรายและต้องให้ทันที ถ้าต้องเก็บชั่วคราวควรเก็บที่อุณหภูมิ 20 °C ถึง 24 °C เป็นเวลาสูงสุดไม่เกิน 24 ชั่วโมง และไม่ควรเขย่า granulocytes ในเครื่องเขย่าเกล็ดเลือด

Plasma components

การเก็บที่เหมาะสมสำหรับ fresh frozen plasma และ cryoprecipitate คือ เก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า -25 °C ได้นาน 3 เดือน สำหรับ cryoprecipitate-depleted plasma เก็บที่อุณหภูมิ -18 °C ถึง -25 °C ได้นาน 3 เดือน

การจ่ายและการขนส่ง (issue and transportation)

การขนส่งส่วนประกอบโลหิตควรดำเนินการโดยระบบที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ภาชนะบรรจุที่ใช้ในการขนส่งควรจะเป็นหรือบุฉนวนที่สามารถรักษาอุณหภูมิไว้ได้ง่ายต่อการทำความสะอาด และการหีบยก หากมีการใช้รถห้องเย็น (refrigerated vehicle)

ควรพิจารณาถึงระบบควบคุมอุณหภูมิ ถ้ามีการใช้ coolants จะต้องระมัดระวังมิให้ coolants สัมผัสใกล้ชิดกับถุงโลหิต

ส่วนประกอบของ red cells ควรเก็บที่อุณหภูมิระหว่าง 2 °C และ 6 °C การตรวจสอบความถูกต้องของระบบการขนส่งควรทำให้มั่นใจได้ว่าเมื่อสิ้นสุดเวลาขนส่ง อุณหภูมิจะต้องไม่เกิน 10 °C platelets ควรเก็บที่อุณหภูมิระหว่าง 20 °C และ 24 °C และ frozen plasma ที่ขนส่งในสภาพ frozen ควรควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่แนะนำ

สภาพการขนส่งและภาชนะบรรจุควรจะได้รับ การตรวจสอบความถูกต้อง (validation) และควรมีสิ่งบ่งชี้อุณหภูมิ (temperature indicator) ใช้เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิในระหว่างการขนส่ง และเมื่อถึงที่รับหากยังไม่นำไปใช้ทันที ควรนำไปจัดเก็บไว้ภายใต้สภาพการเก็บที่แนะนำ

การตรวจสอบอุณหภูมิของโลหิตและส่วนประกอบโลหิตเมื่อแรกรับอาจทำได้ดังนี้

นำถุงบรรจุโลหิตจำนวนสองถุงจากภาชนะที่บรรจุแล้ววาง thermometer ระหว่างถุง และใช้สายยางรัดทั้งสองถุงไว้ด้วยกัน แล้วนำกลับใส่ภาชนะบรรจุเดิมและปิดฝาให้สนิท อ่านอุณหภูมิภายหลัง 5 นาที อุณหภูมิของถุงบรรจุไม่ลดลงต่ำกว่า 1 °C หรือเกิน 10 °C หรืออาจใช้อุปกรณ์ electronic sensing เพื่อวัดอุณหภูมิทันทีจากผิวของถุงบรรจุ

ส่วนประกอบโลหิตที่จ่ายไปแล้วและถูกส่งกลับมาไม่ควรจะนำมาจ่ายซ้ำถ้าสภาพของถุงไม่ปกติ หรือมีอุณหภูมิที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ควรมีการบันทึกเวลาที่จ่ายออกและประวัติการขนส่งไว้

โดยสรุป การเก็บ การจ่าย และการขนส่งส่วนประกอบโลหิต จำเป็นที่จะต้องปฏิบัติตามมาตรฐานสากลที่ระบุไว้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์สูงสุดและมีความปลอดภัยจากการได้รับส่วนประกอบโลหิต

เอกสารอ้างอิง

1. European Directorate for the Quality of Medicines & Health Care of the Council of Europe. Guide to the preparation, use and quality assurance of blood components. 14th ed. Strasbourg Cedex : Council of Europe, 2008.

