บทความฟื้นวิชา

การเตรียมเม็ดเลือดแดงเข้มข้นสำหรับการให้เลือดอย่างมีคุณภาพและปลอดภัย

เจนจิรา อินสว่าง สุรเชษฎ์ อ่อนเส็ง ณิชาภัทร แสงโสรัตน์ ณมน ไชยสิทธิ์ และ อุไรวรรณ บุญจันทร์
ภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก สภากาชาดไทย

บทนำ

เลือดหรือโลหิต (blood) เป็นของเหลวสีแดงที่ไหลเวียนอยู่ในระบบหัวใจและหลอดเลือด มีหน้าที่ขนส่งสารอาหารและออกซิเจนไปหล่อเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย และนำของเสียออกไปสู่ภายนอกร่างกาย ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดที่มีชีวิต (blood corpuscles) ประมาณร้อยละ 45 ได้แก่ เม็ดเลือดแดง (red blood cells หรือ erythrocytes) เม็ดเลือดขาว (white blood cells หรือ leukocytes) และเกล็ดเลือด (platelets หรือ thrombocytes) ในตัวกลางซึ่งเป็นของเหลวประมาณร้อยละ 55 ที่มีองค์ประกอบของน้ำ สารอาหาร โปรตีน กลูโคส แร่ธาตุ ฮอร์โมน และปัจจัยการแข็งตัวของเลือด เรียกว่า น้ำเหลือง (plasma)[1] ในร่างกายมีเลือดประมาณ 5 ลิตร หรือคิดเทียบกับน้ำหนักตัวเท่ากับร้อยละ 7-8 ของน้ำหนักตัว การศึกษาเกี่ยวกับเลือดในยุคแรกเริ่มจากการศึกษาด้วยตาเปล่าและได้ถูกพัฒนาเป็นอย่างมาก ในปี ค.ศ. 1590 Hans และ Zacharias Jansen ผู้ริเริ่มประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์แบบผสม (compound microscope) ทำให้สามารถตรวจสอบองค์ประกอบของเลือดได้ ในปี ค.ศ. 1658 Jan Swammerdam เป็นคนแรกที่สังเกตเซลล์เม็ดเลือดแดงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และในปี ค.ศ. 1695 ได้ร่วมกับ Antonin van Leeuwenhoek ผู้ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ในการวาดภาพประกอบเพื่ออธิบายขนาดและรูปร่างของเม็ดเลือดแดง (red corpuscles) ได้สำเร็จ[2] ต่อมาในปี ค.ศ. 1843 Gabriel Andral และ William Addison ได้อธิบายว่า เม็ดเลือดขาวเกิดจากความผิดปกติของเม็ดเลือดแดงที่ทำให้เกิดโรคซึ่งต่อมาพบว่าเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง และเม็ดเลือดขาวพบมากในหนอง (pus) ซึ่งเกิดจากเม็ดเลือดขาวในเลือดที่เคลื่อนที่ผ่านผนังของเส้นเลือดฝอยออกมา จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1863 Lionel Beale เป็นผู้วาดภาพและเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของเซลล์เม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวได้อย่างละเอียด ต่อมาในปี ค.ศ. 1865 Max Schultze ได้ค้นพบอนุภาคขนาดเล็กในเลือดเพิ่มอีกหนึ่งชนิด คือ เกล็ดเลือด และในปี ค.ศ. 1882 Giulio Bizzozzero เป็นผู้อธิบายได้ว่าอนุภาคดังกล่าวมีหน้าที่สำคัญในการแข็งตัวของเลือดและพบมีระดับสูงในผู้ป่วยภาวะลิ่มเลือดอุดตัน[3] ต่อมาในปี ค.ศ. 1879 Paul Ehrlich เป็นผู้ค้นพบและเผยแพร่เทคนิคการย้อมสีเม็ดเลือดบนแผ่นสไลด์ (blood films) และวิธีการแยกและนับเซลล์เม็ดเลือด (differential blood cell counting) ได้สำเร็จ ทำให้วิธีการดังกล่าวถูกใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการตรวจดูลักษณะความผิดปกติของเซลล์เม็ดเลือดจนถึงปัจจุบัน[4,5]

สำหรับการให้เลือด (blood transfusion) อาจเริ่มขึ้นก่อนหน้านี้แต่จากข้อมูลแรกที่ถูกบันทึกไว้พบว่าถือกำเนิดขึ้นในยุโรป เริ่มตั้งแต่การค้นพบในปี ค.ศ. 1628 โดย William Harvey แพทย์ชาวอังกฤษ พบว่า เลือดที่อยู่ภายในหลอดเลือดมีการไหลเวียนเป็นวงจร ดังนั้นการเติมเลือดเข้าไปในหลอดเลือดจะช่วยเพิ่มปริมาณของเลือดในการไหลเวียนไปทั่วร่างกายได้[6] และในปี ค.ศ. 1665 Richard Lower แพทย์ชาวอังกฤษได้ทดลองถ่ายเลือดจากสุนัขไปสุนัขอีกตัวสำเร็จเป็นครั้งแรก โดยทดลองนำเลือดออกจากสุนัขตัวหนึ่งจนใกล้ตายแล้วถ่ายเลือดจากหลอดเลือดแดงของสุนัขอีกตัวหนึ่งไปยังหลอดเลือดดำของสุนัขตัวนั้นทำให้สุนัขรอดชีวิตได้ ต่อมาในปี ค.ศ. 1667 Jean Baptist Denis แพทย์ชาวฝรั่งเศสได้ทดลองถ่ายเลือดจากแกะไปสู่คนสำเร็จเป็นครั้งแรก โดยทำการฉีดเลือดจากหลอดเลือดแดงของแกะให้กับผู้ป่วยเด็กเพศชายคนหนึ่งที่เสียเลือดจนสามารถช่วยชีวิตผู้ป่วยได้ และในปีเดียวกัน Richard Lower ได้ทำการถ่ายเลือดจากแกะให้ชายหนุ่มผู้หนึ่งได้ผลสำเร็จแม้จะให้ซ้ำเป็นครั้งที่ 2 พบว่าไม่มีผลข้างเคียงเกิดขึ้นรวมทั้งได้ทดลองให้กับผู้ป่วยอีก 2 รายก็ได้ผลเช่นเดียวกัน แต่ในผู้ป่วยรายที่ 4 เกิดเสียชีวิตทำให้ภรรยาของผู้ป่วยนำคดีขึ้นฟ้องศาล แม้ท้ายที่สุดศาลตัดสินว่าไม่มีความผิดแต่ศาลก็ประกาศห้ามการให้เลือดหรือจะกระทำได้เฉพาะเมื่อได้รับอนุมัติจากคณะแพทยศาสตร์แห่งนครปารีสเท่านั้น ทำให้วิทยาการทางการแพทย์เกี่ยวกับการให้เลือดหยุดชะงักอยู่เป็นเวลานานเกือบ 150 ปี[7] จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1818 James Blundell สูติแพทย์ชาวอังกฤษได้ทำการถ่ายเลือดจากคนสู่คนสำเร็จเป็นครั้งแรก โดยถ่ายเลือดของสามีเพื่อรักษาภรรยาที่ตกเลือดหลังคลอดด้วยวิธี direct transfusion ต่อมาในปี ค.ศ. 1840 Samuel Armstrong Lane ร่วมกับ James Blundell ได้ทำการถ่ายเลือดด้วยโลหิตครบส่วน (whole blood transfusion) เพื่อรักษาโรคฮีโมฟีเลีย (hemophilia) สำเร็จเป็นครั้งแรก และต่อมาในปี ค.ศ. 1845 James Young Simpson ได้ประสบความสำเร็จในการถ่ายเลือดให้กับผู้หญิงที่มีเลือดออกรุนแรงที่มดลูกและได้ถ่ายเลือดให้หญิงตั้งครรภ์ที่ตกเลือดมาก

การให้เลือดในช่วงระยะนี้มีทั้งผู้ป่วยรอดชีวิตจากการเสียเลือด และผู้ป่วยเสียชีวิตจากการได้รับเลือด นอกจากนี้ ยังพบผู้ป่วยที่รอดชีวิตบางรายมีอาการหลอดเลือดอุดตันในเวลาต่อมา ทำให้การให้เลือดในระยะนี้ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากประสบปัญหาหลัก 2 ประการ คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยที่ได้รับเลือดตั้งแต่เล็กน้อยจนถึงเสียชีวิต และเลือดเกิดการแข็งตัวจับกันเป็นก้อนเมื่อเจาะออกจากหลอดเลือดก่อนนำไปให้แก่ผู้ป่วย[8]

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยหลังได้รับเลือดนั้นในปี ค.ศ. 1900 Karl Landsteiner แพทย์ชาวออสเตรีย พบว่า หมู่เลือดคนเราแบ่งเป็น 3 หมู่ คือ A, B และ C ซึ่งต่อมาได้เปลี่ยนเป็นหมู่ O จากผลการจับกลุ่มของเม็ดเลือดแดงกับซีรัมที่แยกจากเลือดของตัวเองและของเพื่อนอีก 5 คน ต่อมาในปี ค.ศ. 1902 Sturle และ von Descatello ได้ค้นพบหมู่เลือดหมู่ที่ 4 คือ AB นับจากนั้นมาได้มีการค้นพบหมู่เลือดระบบอื่นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ในปี ค.ศ. 1927 Karl Landsteiner พบหมู่เลือดระบบ MN และ P ร่วมกับ Philip Levine ในปี ค.ศ. 1940 พบระบบ Rh ร่วมกับ Philip Levine และ Rufus Stetson[8,9] และในปี ค.ศ. 1907 Hektoen รายงานว่า ความปลอดภัยของการถ่ายเลือดจะดีขึ้นหากจับคู่เลือดระหว่างผู้บริจาคและผู้ป่วยเพื่อดูการเกิดปฏิกิริยาเมื่อผสมเลือดเข้าด้วยกัน (crossmatching) และต่อมาในปี ค.ศ. 1908 Moreschi พบว่า ปฏิกิริยาแอนติโกลบูลิน (antiglobulin) จะช่วยทำให้ตรวจพบปฏิกิริยาของแอนติเจนและแอนติบอดีที่เกิดขึ้นได้ด้วยตาเปล่า จากความรู้ดังกล่าวนำไปสู่แนวทางการเลือกหมู่เลือดที่ตรงกันหรือเข้ากันได้และการตรวจสอบการเข้ากันได้ของหมู่เลือดก่อนการให้เลือดจากผู้บริจาคกับผู้ป่วยและมีส่วนช่วยลดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยที่ได้รับเลือดจากหมู่เลือดเข้ากันไม่ได้และเป็นวิธีการที่ใช้อยู่จนถึงปัจจุบัน ส่วนปัญหาการแข็งตัวของเลือดเมื่อเจาะออกจากร่างกายนั้นในปี ค.ศ. 1915 Albet Hustin และ Luis Agote พบว่า การใส่เกลือซิเตรท (sodium citrate) เพียงจำนวนเล็กน้อยสามารถป้องกันการแข็งตัวของเลือดได้และเกลือซิเตรทไม่ก่ออันตรายแก่ผู้ป่วย ต่อมาในปี ค.ศ. 1916 Rous และ Turner ค้นพบว่า การเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส (dextrose) จะช่วยให้สามารถเก็บเลือดได้นานขึ้น ในปี ค.ศ. 1940 Loutit และ Mollison ได้เสนอสูตรน้ำยากันเลือดแข็งชนิดน้ำยาเอซีดี (acid citrate dextrose; ACD) ทำให้สามารถเก็บเลือดที่ 4 องศาเซลเซียสได้นานถึง 21 วัน ซึ่งน้ำยากันเลือดแข็งดังกล่าวได้มีการใช้กันแพร่หลายอยู่กว่า 20 ปี ก่อนที่จะเปลี่ยนมาใช้น้ำยาซีพีดี (citrate phosphate dextrose; CPD) และเปลี่ยนมาใช้น้ำยาซีพีดีเอ (citrate phosphate dextrose adenine; CPDA-1) ทำให้สามารถเก็บเลือดได้ถึง 35 วันดังที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากการค้นพบดังกล่าวช่วยแก้ปัญหาเลือดเกิดการแข็งตัวเมื่อเจาะออกจากหลอดเลือดก่อนนำไปให้แก่ผู้ป่วย[10,11]

การแยกส่วนประกอบโลหิตเริ่มต้นในปี ค.ศ. 1933 Max Strumia เป็นผู้พัฒนาวิธีการแยกและแช่แข็งพลาสมาเก็บไว้สำหรับรักษาผู้ป่วย ค.ศ. 1940 Edwin Joseph Cohn พัฒนาเทคนิคการแยกส่วนประกอบของพลาสมาด้วยเอธานอลเย็น (cold ethanol fractionation) ออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ อัลบูมิน (albumin) แกมมาโกลบูลิน (gamma globulin) ไฟบริโนเจน (fibrinogen) และ fraction I (factor VIII) สำหรับนำมาใช้รักษาผู้ป่วยที่การแข็งตัวของเลือดทำงานผิดปกติ[8] เป็นปีเดียวกับ John Elliott ได้พัฒนาขวดสูญญากาศบรรจุเลือด (vacuum bottle) เป็นครั้งแรก แต่ส่วนใหญ่ใช้เก็บโลหิตครบส่วนไม่นิยมเตรียมเป็นส่วนประกอบโลหิตมากนักเนื่องจากประสิทธิภาพการห้ามเลือดของพลาสมานั้นค่อนข้างต่ำเพราะมีปริมาณสารห้ามเลือดน้อยและการเจาะเก็บเลือดใส่ขวดแก้วทำให้การเตรียมและเก็บรักษาค่อนข้างยาก จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1950 Carl Walter และ Murphy ได้ผลิตถุงพลาสติกที่ทำจากพีวีซีสำหรับการเก็บเลือดแทนขวดแก้วช่วยให้สามารถเตรียมส่วนประกอบโลหิตได้ง่ายและปลอดภัยมากขึ้น[8,12] และในปี ค.ศ. 1951 Edwin Joseph Cohn ได้พัฒนาเครื่องแยกส่วนประกอบโลหิต (blood separator) สามารถแยกส่วนประกอบโลหิตออกเป็นเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด และพลาสมาสำเร็จเป็นครั้งแรก[8] และในปี ค.ศ. 1960 Alan Solomon และ John Fahey ได้มีการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (refrigerated centrifuge) มาทำการปั่นแยกโลหิตครบส่วนหนึ่งถุงออกเป็นเม็ดเลือดแดง พลาสมา และเกล็ดเลือด ทำให้มีการเตรียมส่วนประกอบโลหิตเก็บสำรองไว้รักษาผู้ป่วยกันอย่างแพร่หลาย แต่ต้องใช้แรงงานสูงและไม่ค่อยได้คุณภาพมากนัก[13] จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1980 Ruby Pietersz ได้นำเครื่องบีบแยกโลหิตครบส่วนอัตโนมัติมาใช้ในการผลิตเม็ดเลือดแดงและเกล็ดเลือดที่มีเม็ดเลือดขาวน้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นช่วงเวลาเดียวกับ Asahi และ Pall Corporations ได้พัฒนาในการนำเลือดที่ผ่านการกรองเม็ดเลือดขาว (leukocyte reduced blood by filtration) ออกจากเม็ดเลือดแดงสำหรับใช้รักษาผู้ป่วยได้สำเร็จ ซึ่งวิธีนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและถูกนำมาใช้จนถึงปัจจุบัน[14,15]

สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2470 มีการให้เลือดครั้งแรกเกิดขึ้นที่โรงพยาบาลศิริราช และในปี พ.ศ. 2489 ได้จัดตั้งหน่วยธนาคารเลือดแห่งแรกของประเทศที่โรงพยาบาลศิริราช มีการเจาะเลือดใส่ขวดโดยใช้น้ำยาโซเดียมซิเตรท 3.8% เป็นสารกันการแข็งตัวของเลือดสำหรับเก็บรักษาเลือดและเปลี่ยนมาใช้ถุงเลือดในเวลาต่อมาในปี พ.ศ. 2507 ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิงภัทรพร

อิศรางกูร ณ อยุธยา เป็นผู้นำวิธีการใช้ส่วนประกอบโลหิตที่เตรียมโดยใช้ refrigerated centrifuge มาใช้เป็นครั้งแรกในประเทศ ได้มีการเตรียมส่วนประกอบโลหิต ได้แก่ packed red cells (PRC) เพื่อรักษาภาวะซีดในผู้ป่วยโรคโลหิตจางธาลัสซีเมีย และเริ่มตรวจการเข้ากันได้ของเลือด (Coombs' crossmatch) และหมู่โลหิตระบบ ABO ทั้ง cell grouping และ serum grouping ด้วยวิธีหลอดทดลอง (tube test) แทนการตรวจด้วยวิธีสไลด์ (slide test) และต่อมาในปี พ.ศ. 2512 ได้จัดตั้งศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย โดยมีนายแพทย์เฉลิม บูรณะนนท์ เป็นผู้อำนวยการคนแรก ได้เริ่มผลิตน้ำยาและเซลล์มาตรฐานในการตรวจทางธนาคารเลือดแจกจ่ายให้ธนาคารเลือดที่ต้องการ และในปี พ.ศ. 2514 ได้จัดตั้งแผนกพลาสมาและแปรรูปโลหิต โดยเริ่มใช้ขวดแก้วก่อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นถุงพลาสติกในการเจาะเก็บเลือดและปั่นแยกส่วนประกอบโลหิตเพื่อแปรรูปโลหิตครบส่วน (whole blood) ให้เป็นส่วนประกอบโลหิตชนิดต่างๆ ได้แก่ เม็ดเลือดแดงเข้มข้น (packed red cells; PRC) พลาสมาสดแช่แข็ง (fresh frozen plasma; FFP) เกล็ดเลือดเข้มข้น (platelet concentrates; PC) ไครโอปรีซิพิเตท (cryoprecipitate; CRYO) และพลาสมาที่แยกไครโอปรีซิพิเตทออกแล้ว (cryo-removed plasma; CRP) ทำให้โรงพยาบาลทั่วไปสามารถให้ส่วนประกอบโลหิตเหล่านี้แก่ผู้ป่วยตามข้อบ่งใช้[10] สำหรับในส่วนภูมิภาคในปี พ.ศ. 2493 เริ่มก่อตั้งธนาคารเลือดที่โรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์ จังหวัดเชียงรายเป็นแห่งแรกโดยนายแพทย์เสม พริ้งพวงแก้ว ร่วมกับคณะกรรมการจังหวัด ซึ่งถูกนำรูปแบบดังกล่าวขยายไปสู่โรงพยาบาลประจำจังหวัดและประจำอำเภอขนาดใหญ่ในเวลาต่อมา[13] ในปี พ.ศ. 2539 ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ได้จัดตั้งและขยายงานบริการโลหิตให้ครอบคลุมไปทั่วทุกภาค โดยเริ่มเปิดให้บริการที่ภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก เป็นแห่งแรกของประเทศ สำหรับให้บริการโรงพยาบาลเขตภาคเหนือในการตรวจคัดกรองโลหิตบริจาคด้วยวิธีการที่เป็นมาตรฐานเดียวกับศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ ช่วยเพิ่มความปลอดภัยของโลหิตในส่วนภูมิภาค และในปี พ.ศ. 2557 เริ่มเปิดรับบริจาคโลหิตภายในอาคารภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก รวมทั้งทำการออกหน่วยรับบริจาคโลหิตในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก และเริ่มผลิตส่วนประกอบโลหิตชนิด packed red cells และ fresh frozen plasma ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 เริ่มขยายพื้นที่ออกรับบริจาคโลหิตไปในจังหวัดข้างเคียง และได้เริ่มผลิตส่วนประกอบโลหิตชนิด leukocyte poor packed red cells (LPRC), pooled leukocyte poor platelet concentrates (LPPC) และ cryo-precipitate (CRYO) สำหรับรักษาผู้ป่วยในเขตบริการของภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก คือ จังหวัดพิษณุโลก อุตรดิตถ์ เพชรบูรณ์ พิจิตร แพร่ น่าน และจังหวัดใกล้เคียง[16]

ลักษณะทั่วไปของเม็ดเลือดแดง

เม็ดเลือดแดง มาจากภาษากรีก คำว่า erythros แปลว่า สีแดง และ cyte แปลว่า เซลล์ หรืออาจเรียก red cells หรือ red blood corpuscles หรือ haematids หรือ erythroid cells หรือ erythrocytes มีหน้าที่ในการส่งถ่ายออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย มีขนาดประมาณ 6-8 ไมโครเมตร (μm) ไม่มีนิวเคลียส มีลักษณะค่อนข้างกลมเว้าบริเวณตรงกลางคล้ายโดนัทและมองด้านข้างคล้ายดัมเบล (biconcave shape) ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนออกซิเจน (oxygen) ได้ดีขึ้น และยังมีความยืดหยุ่นสูงทำให้สามารถลอดผ่านหลอดเลือดฝอยเล็กๆ ได้[17] เม็ดเลือดมีสีแดงเนื่องจากภายในมีสารฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ประมาณ 270 ล้านโมเลกุล ซึ่งเป็น complex molecule ที่มี heme ซึ่งมีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบและทำหน้าที่จับกับออกซิเจนเพื่อส่งไปทั่วร่างกาย โดยออกซิเจนสามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงได้อย่างอิสระและฮีโมโกลบินยังจับกับของเสียที่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) กลับมาจากเนื้อเยื่อด้วย โดยสีของเม็ดเลือดแดงจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย หากจับกับออกซิเจน (oxyhemoglobin) จะมีสีแดงสด (bright red) และถ้าไม่จับกับออกซิเจน (deoxy-hemoglobin) จะมีสีแดงคล้ำ (dark red) ส่วนพลาสมา (plasma) เป็นของเหลวสีเหลืองใส (yellowish liquid)[18] โดยเมื่อนำเลือดที่ใส่สารกันเลือดแข็งตัว (anticoagulant) ไปปั่นให้ตกตะกอนจะได้ส่วนประกอบโลหิตที่แยกส่วนออกมา ได้แก่ ของเหลวใสด้านบนเป็นพลาสมา ส่วนด้านล่างเป็นเม็ดเลือดที่ประกอบด้วย เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด โดยเม็ดเลือดขาวและเกล็ดเลือดจะอยู่ด้านบนสุดของเม็ดเลือดเป็นชั้นบางๆ เรียกว่า บัฟฟีโค้ท (buffy coat)[19]

กระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดงเกิดขึ้นในไขกระดูกตลอดเวลาเรียกว่า erythropoiesis โดยการกระตุ้นของฮอร์โมน erythropoietin (EPO) จากไตที่ถูกควบคุมด้วยปริมาณออกซิเจนในเลือด ฮอร์โมนนี้กระตุ้นให้เซลล์ต้นกำเนิด (pluripotent stem cells) ในไขกระดูกเจริญไปเป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อนตั้งแต่ระยะ proerythroblast เป็นเซลล์ตัวอ่อนระยะแรกไปสู่ระยะ basophilic erythroblast ภายในมี basophilic ที่มี cytoplasm polyribosomes จำนวนมากมีส่วนสำคัญต่อการสร้าง hemoglobin โดยระยะนี้จะผลิต ribosomes จำนวนมากเพื่อใช้ในการสร้าง globin ก่อนที่จะรวมตัวกับ heme ที่ผลิตจาก mitochondria และ cytoplasm ได้เป็น

hemoglobin เมื่อเข้าสู่ระยะ polychromatophilic erythroblast ภายใน cytoplasm เริ่มมี hemoglobin และนิวเคลียสมีขนาดเล็กลงเข้าสู่ระยะ orthrochromatophilic erythroblast นิวเคลียสจะถูกผลักออกจากเซลล์เจริญไปสู่ระยะเซลล์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อน (reticulocyte) และเจริญเต็มที่เป็นเซลล์เม็ดเลือดแดง (mature erythrocytes) ออกจาก ไขกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดโดยใช้เวลาประมาณ 7 วันและจะมีอายุอยู่ประมาณ 120 วัน เซลล์เม็ดเลือดแดงที่หมดอายุแล้วจะถูกทำลายด้วยระบบ reticuloendothelial (RE system) ภายในตับและม้าม สารที่เป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินจะถูกขับออกเป็นบิลิรูบิน (bilirubin) ในปัสสาวะและอุจจาระ โดยจะมีเม็ดเลือดแดงอยู่ในร่างกายประมาณ 20-30 ล้านล้านเซลล์แตกต่างกันตามเพศ อายุ น้ำหนัก หรือปัจจัยอื่นๆ ปัจจุบันการตรวจสภาพความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (complete blood count; CBC) เป็นการตรวจหาปริมาณและลักษณะของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด รวมทั้งปริมาณฮีโมโกลบินสำหรับประเมินว่ามีภาวะของโลหิตจางหรือนำข้อมูลไปช่วยวินิจฉัยโรคต่างๆ ร่วมกับอาการทางคลินิกของผู้ป่วยได้

การให้ส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้น

การให้ส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาผู้ป่วยเพื่อแก้ไขภาวะโลหิตจางเรื้อรังรุนแรงที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเม็ดเลือดแดงได้ หรือที่เกิดขึ้นอย่างเฉียบพลันทำให้ร่างกายไม่สามารถสร้างเม็ดเลือดทดแทนได้ทัน โดยจะช่วยเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดงในผู้ป่วยทำให้การขนส่งสารอาหารและออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ รวมทั้งนำของเสียออกไปสู่ภายนอกทั่วร่างกายได้เป็นปกติ ภาวะและโรคที่จำเป็นต้องรักษาด้วยการให้เม็ดเลือดแดง ได้แก่

1. ภาวะเลือดออกจากอุบัติเหตุหรือจากการผ่าตัดและตกเลือดจากการคลอดบุตร โดยหากมีการเสียเลือดในปริมาณมากและเกิดขึ้นแบบเฉียบพลันร่างกายจะไม่สามารถสร้างเม็ดเลือดทดแทนได้ทัน จึงจำเป็นต้องให้เลือดทดแทนอย่างทันท่วงที หากไม่สามารถหาเลือดทดแทนได้ทัน อาจมีผลทำให้ความดันโลหิตลดต่ำลงและผู้ป่วยอาจมีอันตรายถึงชีวิตได้

2. โรคโลหิตจางธัลลัสซีเมีย (thalassemia) เป็นโรคทางพันธุกรรมที่มีการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มีขนาดเล็กหรือรูปร่างผิดปกติ ทำให้เม็ดเลือดแดงนั้นอายุสั้นและถูกทำลายอย่างรวดเร็ว โดยผู้ป่วยจะมีภาวะโลหิตจางตั้งแต่รุนแรงน้อยไม่จำเป็นต้องให้เลือดไปจนถึงโลหิตจางรุนแรงมากจนทำให้มีอาการอ่อนเพลียและเหนื่อยง่าย การทำงานของหัวใจและการเจริญเติบโตผิดปกติ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับเลือดอย่างน้อย 1-2 ยูนิตต่อเดือนตลอดชีวิต

3. โรคไขกระดูกฝ่อ (aplastic anemia) ไขกระดูกมีหน้าที่ในการสร้างเม็ดเลือดทุกชนิดทั้งเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาวและเกล็ดเลือด หากไขกระดูกฝ่อซึ่งเกิดจากภูมิต้านทานตนเอง หรือเกิดจากยา สารเคมี รังสี และสารพิษต่างๆ มาทำลายไขกระดูก ทำให้ร่างกายไม่สามารถสร้างเม็ดเลือดทุกชนิดได้ ผู้ป่วยจะมีภาวะโลหิตจางจึงซีด อ่อนเพลียและเหนื่อยง่าย มีภาวะติดเชื้อรุนแรงเนื่องจากปริมาณเม็ดเลือดขาวที่ช่วยต้านทานเชื้อโรคมีปริมาณต่ำ มีภาวะเลือดออกตามร่างกายเนื่องมาจากเกล็ดเลือดที่ช่วยป้องกันเลือดออกมีปริมาณลดลง ดังนั้นผู้ป่วยโรคไขกระดูกฝ่อรุนแรงจำเป็นต้องได้รับเลือดและเกล็ดเลือดทดแทนจนกว่าไขกระดูกจะฟื้นตัวและกลับมาสร้างเม็ดเลือดใหม่ได้ หากไขกระดูกไม่ฟื้นตัวผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับเลือดและเกล็ดเลือดตลอดชีวิต

4. โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวเฉียบพลัน (acute leukemia) เป็นโรคที่มีการเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดขาวตัวอ่อนมากมายในไขกระดูกจนไปแทนที่เซลล์สร้างเม็ดเลือดชนิดอื่น ทำให้ไม่สามารถสร้างเม็ดเลือดแดงได้ ผู้ป่วยจึงซีดและอ่อนเพลีย ไม่สามารถสร้างเม็ดเลือดขาวตัวแก่ซึ่งช่วยป้องกันเชื้อโรค ทำให้ผู้ป่วยมีไข้จากการติดเชื้อที่รุนแรง และไม่สามารถสร้างเกล็ดเลือดได้ ทำให้มีภาวะเลือดออกตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย ผู้ป่วยจึงจำเป็นได้รับเลือดและเกล็ดเลือดไปจนกว่าการรักษาเพิ่มเติมด้วยยาเคมีบำบัดจะสามารถทำลายเซลล์มะเร็ง จนทำให้เซลล์สร้างเม็ดเลือดในไขกระดูกกลับมาทำงานเป็นปกติได้

นอกจากนี้ การให้เม็ดเลือดแดงเข้มข้นยังมีประโยชน์ในการดูแลรักษาผู้ป่วยในโรคต่างๆ อีกมากมาย ดังนั้นการบริจาคเลือดเพื่อให้มีเลือดเพียงพอกับความต้องการของผู้ป่วย จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาและต่อชีวิตของผู้ป่วย นอกจากนี้การเตรียมส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นที่ดีมีคุณภาพตามมาตรฐานจะมีส่วนช่วยเพิ่มความปลอดภัยและช่วยลดความเสี่ยงต่างๆ ที่ผู้ป่วยอาจจะได้รับ ได้แก่ การถ่ายทอดโรคติดเชื้อทางกระแสเลือด การเกิดแอนติบอดีต่อแอนติเจนของหมู่เลือดบนเม็ดเลือด การแพ้สารต่างๆ ตลอดจนควรพิจารณาให้เลือดเฉพาะในผู้ป่วยที่มีความจำเป็นเท่านั้นเพื่อลดความเสี่ยงและเกิดประโยชน์ต่อผู้ป่วยสูงสุด[20-22]

องค์ประกอบในการเตรียมเม็ดเลือดแดงเข้มข้น

เนื่องจากเลือดมีองค์ประกอบและหน้าที่หลากหลาย โดยเลือด 1 ถุงจากผู้บริจาคสามารถแยกส่วนออกได้เป็นเม็ดเลือดแดง เกล็ดเลือด และพลาสมา ซึ่งส่วนประกอบแต่ละชนิดมีหน้าที่ สภาวะการเก็บรักษา และการขนส่งที่แตกต่างกัน ดังนั้นการแยกส่วนประกอบโลหิตก่อนนำไปให้ผู้ป่วยเฉพาะที่ผู้ป่วยต้องการจะมีส่วนทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรโลหิตที่หามาด้วยความยากลำบากให้เกิดประโยชน์

สูงสุด โดยผู้ป่วยควรได้รับเฉพาะส่วนประกอบโลหิตที่จำเป็นในการรักษาเท่านั้น ส่วนประกอบโลหิตชนิดอื่นที่ผู้ป่วยไม่ต้องการหรือไม่จำเป็นต้องได้รับสามารถนำไปให้ผู้ป่วยรายอื่นได้ อีกทั้งยังช่วยกำจัดส่วนประกอบอื่นที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยออกไปด้วย เช่น เม็ดเลือดขาวหรือโปรตีนต่างๆ ในพลาสมาที่อาจมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงของปฏิกิริยาการได้รับเลือดและสามารถจัดสภาวะและอุณหภูมิในการเก็บรักษาของส่วนประกอบโลหิตแต่ละชนิด รวมทั้งเลือกใช้วิธีการต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น เช่น การเติมน้ำยาเสริม (additive solution) การฉายรังสี (irradiation) การทำลายเชื้อที่ปนเปื้อน (pathogen inactivation) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของส่วนประกอบโลหิตแต่ละชนิดก่อนนำไปใช้สำหรับรักษาผู้ป่วยได้อย่างถูกต้องและเกิดประโยชน์[23]

โลหิตครบส่วน

โลหิตครบส่วนที่เหมาะสำหรับเตรียมเม็ดเลือดแดงเข้มข้น คือ whole blood ที่ใช้เวลาในการเจาะเก็บไม่เกิน 15 นาที[21] นับตั้งแต่เจาะเข็มที่แขนแล้วโลหิตไหลเข้าถุงบรรจุโลหิต โดยบริเวณแขนที่เจาะไม่เขียวช้ำบวม และถุงเลือดถูกเขย่าเบาๆ เพื่อให้เลือดผสมกับสารต้านการแข็งตัวของเลือดตลอดเวลาการเจาะเก็บ ในโลหิตครบส่วนที่เลือดไหลไม่ดีหรือไหลช้าจะมีจำนวนเกล็ดเลือดและปัจจัยการแข็งตัวของเลือดต่ำกว่าปกติเนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการแข็งตัวของเลือด ทำให้เมื่อนำเลือดถุงนั้นมาเตรียมเกล็ดเลือดเข้มข้นหรือพลาสมาสดแช่แข็งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำลงไปด้วย รวมทั้งอาจพบเลือดจับตัวเป็นก้อน (clots) หรือเม็ดเลือดแดงแตก (hemolysis) ในถุงได้ ซึ่งหากพบไม่ควรนำไปให้ผู้ป่วย[22,24] โลหิตครบส่วนที่จะนำมาเตรียมส่วนประกอบโลหิตชนิด platelet components ต้องมีปริมาตรระหว่าง 405-495 มิลลิลิตร (450 mL ±10%) เก็บรักษาและขนส่งที่อุณหภูมิ 20-24 องศาเซลเซียส หรือหากไม่เตรียมเกล็ดเลือดอาจเก็บรักษาที่ 1-6 องศาเซลเซียสและขนส่งที่อุณหภูมิ 1-10 องศาเซลเซียส ส่วนโลหิตครบส่วนที่มีปริมาตรระหว่าง 315-385 มิลลิลิตร (350 mL ±10%) สามารถเตรียมได้เฉพาะ PRC และ FFP เท่านั้น ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเจาะเก็บโลหิตบริจาคจนถึงนำมาปั่นแยกไม่เกิน 8 ชั่วโมง[24] หรืออาจเตรียมจากโลหิตครบส่วนหลังเจาะไม่เกิน 24 ชั่วโมงหรือข้ามคืน (over-night) ภายใต้เงื่อนไขต้องทำให้โลหิตครบส่วนนั้นเย็นตัวลงในอุณหภูมิ 20-24 องศาเซลเซียสภายใน 2 ชั่วโมงหลังเจาะด้วยแผ่นทำความเย็น เช่น บิวแทน-1,4-ไดออล (butane-1,4-diol) หรือชนิดอื่น และมีการตรวจสอบการรักษาอุณหภูมิโลหิตทุกถุงให้อยู่ในช่วงดังกล่าวตลอดเวลา[21-25]

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการเตรียมเม็ดเลือดแดงเข้มข้นที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องปั่นแยกส่วนประกอบโลหิตชนิดควบคุมอุณหภูมิ (refrigerated centrifuge) ใช้สำหรับปั่นแยกเลือดออกเป็นเม็ดเลือดแดง เกล็ดเลือด และพลาสมา รวมทั้งช่วยรักษาสภาพและคุณภาพขณะปั่นแยก เครื่องชั่งน้ำหนักโลหิตก่อนปั่นแยก (balance) เป็นเครื่องชั่ง 2 จานใช้สำหรับชั่งน้ำหนักถ้วยปั่นที่บรรจุโลหิต (plastic insert cup) ทีละคู่ โดยต้องมีน้ำหนักใกล้เคียงกันที่สุดก่อนนำไปใส่เครื่องปั่นให้เกิดภาวะสมดุลขณะปั่นแยก เครื่องชั่งน้ำหนักส่วนประกอบโลหิต (scale) เป็นเครื่องชั่ง 1 จานใช้สำหรับชั่งน้ำหนักส่วนประกอบโลหิตแล้วนำไปคำนวณเป็นปริมาตรของส่วนประกอบโลหิตนั้น เพื่อระบุน้ำหนักหรือปริมาตรบนถุงส่วนประกอบโลหิตและแยกถุงโลหิตที่มีปริมาตรเหมาะสำหรับการเตรียมหรือจ่ายให้ผู้ป่วย เครื่องบีบแยกส่วนประกอบโลหิต ได้แก่ แบบแผ่นปรับแรงดัน (plasma extractor) และแบบอัตโนมัติ (automated blood processing machine) ใช้สำหรับบีบแยกส่วนประกอบโลหิตหลังปั่น เครื่องผนึกสายถุงบรรจุโลหิต (tube sealer) ใช้สำหรับผนึกสายถุงบรรจุโลหิตด้วยความร้อนในระบบปิดก่อนดึงแยกออกจากกัน เครื่องเชื่อมสายถุงบรรจุโลหิต (sterile connecting device; SCD) ใช้สำหรับเชื่อมต่อสายถุงบรรจุโลหิตเข้าด้วยกันแบบปราศจากเชื้อในระบบปิด ตู้ควบคุมอุณหภูมิเก็บรักษาส่วนประกอบโลหิต ได้แก่ ตู้เย็นเก็บเลือด (blood bank refrigerator) ตู้เก็บเกล็ดเลือด (platelet incubator with agitation) ตู้แช่แข็ง (freezer) ใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษาส่วนประกอบโลหิตตามมาตรฐานกำหนด โดยเครื่องมือต่างๆ เหล่านี้ควรมีการทำความสะอาดบำรุงรักษาและมีการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งในการเตรียมส่วนประกอบโลหิตต้องดำเนินการภายใต้ระบบปิด (closed system) และเทคนิคปราศจากเชื้อ (aseptic technique) ตลอดกระบวนการผลิตภายในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 20-25 องศาเซลเซียส[23,26]

ถุงบรรจุโลหิต

ถุงบรรจุโลหิต คือ ถุงที่ทำด้วยสารสังเคราะห์โพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride; PVC) หรือวัสดุอื่นตามมาตรฐานทางการแพทย์ (medical grade) ไม่เป็นพิษ ใส ม้วนงอได้โดยไม่เสียรูป ผิวพลาสติกด้านในไม่เรียบเพื่อป้องกันมิให้พลาสติกแนบติดกัน รูปร่างภายในถุงโค้งมนไม่เป็นมุม เพื่อลดการสูญเสียส่วนประกอบโลหิตที่อาจไปเกาะติดตามมุมและช่วยให้เลือดแก่ผู้ป่วยง่ายขึ้น ปัจจุบันมีบริษัทที่ผลิตถุงบรรจุโลหิตซึ่งมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันจำนวนมาก ทั้งขนาด จำนวนถุงพ่วง และชนิดของสารกัน

เลือดแข็ง โดยขนาดถุงสำหรับบรรจุโลหิตครบส่วนตามมาตรฐานของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย กำหนดให้มีการเจาะเก็บโลหิตบริจาคปริมาตร 350 มิลลิลิตรในผู้บริจาคน้ำหนัก 45-50 กิโลกรัม และปริมาตร 450 มิลลิลิตรในผู้บริจาคน้ำหนักมากกว่า 50 กิโลกรัม[24] โดยมีสารกันเลือดแข็ง (anticoagulant) บรรจุอยู่ในถุงสำหรับเจาะเลือดผู้บริจาค (primary bag) ที่มีหน้าที่ป้องกันโลหิตในถุงแข็งตัว และช่วยรักษาสภาพเซลล์เม็ดเลือด ปริมาตร 49 มิลลิลิตรสำหรับถุงบรรจุโลหิตขนาด 350 มิลลิลิตร และปริมาตร 63 มิลลิลิตรสำหรับถุงบรรจุโลหิตขนาด 450 มิลลิลิตร ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ citrate phosphate dextrose (CPD) และ citrate phosphate dextrose adenine (CPDA-1) ทำให้มีอายุการเก็บรักษาโลหิตครบส่วนหรือเม็ดเลือดแดงเข้มข้นได้เป็นเวลา 21 วัน และ 35 วัน ตามลำดับ ส่วนน้ำยาเสริม (additive solution; AS) อาจบรรจุอยู่ในถุงพ่วง (satellite bag) สำหรับผสมกับเม็ดเลือดแดงที่แยกได้มีหน้าที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพในระหว่างการเก็บรักษาโลหิต จำนวนปริมาตร 80 มิลลิลิตรสำหรับถุงบรรจุโลหิตขนาด 350 มิลลิลิตร และปริมาตร 100 มิลลิลิตรสำหรับถุงบรรจุโลหิตขนาด 450 มิลลิลิตร ที่นิยมใช้คือ saline adenine glucose mannitol (SAGM) เช่น AS-1, AS-3 และ AS-5 เป็นต้น ทำให้มีอายุการเก็บรักษาเม็ดเลือดแดงเข้มข้นเพิ่มเป็น 42 วัน[27] รวมถึงจำนวนถุงทั้งหมดที่ต่างกันตามส่วนประกอบโลหิตที่ต้องการเตรียม โดยถุงบรรจุโลหิตจะประกอบด้วย ถุงสำหรับเจาะเลือดผู้บริจาคมีสารกันเลือดแข็ง (primary bag) และ/หรือมีสายจากด้านบนหรือด้านล่างของ primary bag เชื่อมกับถุงพ่วงอีก 1-3 ถุง เรียกชื่อตามจำนวนถุงทั้งหมด ได้แก่ single bag, double bag, triple bag และ quadruple bag และส่วนประกอบโลหิตที่เตรียมได้อาจเพิ่มขึ้นตามจำนวนถุงที่เพิ่มขึ้น[24,26]

การเตรียมส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้น

ทำโดยปั่นแยกโลหิตครบส่วนด้วยเครื่องปั่นแยกส่วนประกอบโลหิตชนิดควบคุมอุณหภูมิ โดยขึ้นอยู่กับถุงบรรจุโลหิตที่ใช้ สามารถแบ่งตามจำนวนถุงบรรจุโลหิตที่เป็นองค์ประกอบได้ 4 ชนิด[23,28] ดังนี้

1. ถุงบรรจุโลหิตชนิด single bag ประกอบด้วย primary bag 1 ถุง สำหรับเจาะเก็บโลหิตครบส่วน (whole blood) ไม่สามารถนำไปเตรียมส่วนประกอบโลหิตอื่นได้ แต่อาจนำไปให้ผู้ป่วยในรูปแบบโลหิตครบส่วน ปัจจุบันไม่นิยมใช้ single bag ในการเจาะเก็บโลหิต อาจใช้สำหรับการเจาะเลือดทิ้ง (blood letting) ในผู้ป่วยที่มีเม็ดเลือดแดงเข้มข้นสูง

2. ถุงบรรจุโลหิตชนิด double bag ประกอบด้วย primary bag 1 ถุง ที่มีสายเชื่อมต่อด้านบนกับถุงพ่วง 1 ถุง ใช้สำหรับเตรียม PRC และ FFP

3. ถุงบรรจุโลหิตชนิด triple bag ประกอบด้วย primary bag 1 ถุง ที่มีสายเชื่อมต่อด้านบนหรือด้านล่างกับถุงพ่วง 2 ถุง แบ่งเป็น 2 ชนิด

3.1 Conventional triple bag ประกอบด้วย primary bag 1 ถุง ที่มีสายเชื่อมต่อด้านบนกับถุงพ่วง 2 ถุง ใช้ในการเตรียมเม็ดเลือดแดง 2 ชนิด

3.1.1 เม็ดเลือดแดงที่แยกเกล็ดเลือดออก จะได้ PRC, FFP และ PC

3.1.2 เม็ดเลือดแดงที่ไม่แยกเกล็ดเลือดออก จะได้ PRC และ FFP ซึ่งสามารถนำไปแยกเป็น CRYO กับ CRP ต่อไป

3.2 Top and bottom triple bag ประกอบด้วย primary bag 1 ถุง ที่มีสายเชื่อมต่อด้านบนกับถุงพ่วง 1 ถุง และมีสายเชื่อมต่อด้านล่างกับถุงพ่วง 1 ถุง เป็นถุงบรรจุน้ำยา additive solution สำหรับการเตรียมเม็ดเลือดแดงที่แยก buffy coat ออก

4. ถุงบรรจุโลหิตชนิด quadruple bag ประกอบด้วย primary bag 1 ถุง ที่มีสายเชื่อมต่อด้านบนหรือด้านล่างกับถุงพ่วง 3 ถุง แบ่งเป็น 2 ชนิด

4.1 Conventional quadruple bag ประกอบด้วย primary bag 1 ถุง ที่มีสายเชื่อมต่อด้านบนกับถุงพ่วง 2 ถุง และอีก 1 ถุงอาจเป็นถุงเปล่าหรือบรรจุน้ำยา additive solution แบ่งการเตรียมเม็ดเลือดแดงได้ 2 ชนิด

4.1.1 เม็ดเลือดแดงที่แยกเกล็ดเลือดออก จะได้ PRC, PC และ FFP โดยมีวิธีการปั่นและบีบแยกเช่นเดียวกับ conventional triple bag แต่จะเหลือถุงพ่วงเปล่า 1 ถุง ที่เชื่อมต่อกับถุง FFP ซึ่งมีปริมาตรน้อย ไม่ควรนำมาแยกเป็น CRYO และ CRP

4.1.2 เม็ดเลือดแดงที่แยก buffy coat จะได้ LPRC, FFP และ buffy coat จะเหลือถุงพ่วงเปล่า 1 ถุงที่อาจเชื่อมติดกับถุง FFP สำหรับนำไปเตรียม CRYO กับ CRP หรืออาจเชื่อมติดกับถุง BC สำหรับนำไปเตรียม single unit หรือ pooled PC from buffy coat

4.2 Top and bottom quadruple bag ประกอบด้วย primary bag 1 ถุงที่มีสายเชื่อมต่อด้านบนกับถุงพ่วง 2 ถุง และมีสายเชื่อมต่อด้านล่างกับถุงพ่วง 1 ถุง เป็นถุงบรรจุน้ำยา additive solution จะได้ LPRC, FFP และ buffy coat เหลือถุงพ่วงเปล่า 1 ถุงที่อาจเชื่อมติดกับถุง FFP สำหรับนำไปเตรียม CRYO กับ CRP หรืออาจเชื่อมติดกับถุง BC สำหรับนำไปเตรียม single unit หรือ pooled PC from buffy coat

การเก็บรักษาและขนส่งโลหิต

การเก็บรักษาและขนส่งโลหิตนับว่ามีความสำคัญอย่างมาก ซึ่งจะต้องทำในช่วงอุณหภูมิและระยะเวลาตามมาตรฐาน blood cold chain กำหนด เพื่อรักษาคุณภาพและสร้างความปลอดภัยของส่วนประกอบโลหิตตลอดเวลาจนถึงนำไปให้ผู้ป่วย โดยโลหิตครบส่วนควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิควบคุมระหว่าง 1 ถึง 6 องศาเซลเซียส และขนส่งที่อุณหภูมิควบคุมระหว่าง 1 ถึง 10 องศาเซลเซียส แต่หากต้องการนำโลหิตครบส่วนนั้นมาปั่นแยกส่วนประกอบโลหิตชนิดเกล็ดเลือดต้องเก็บรักษาและขนส่งที่ 20-24 องศาเซลเซียสไม่เกิน 8 ชั่วโมง หรือไม่เกิน 24 ชั่วโมง สำหรับอายุการใช้งานขึ้นกับชนิดของสารกันเลือดแข็ง โดยส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 ถึง 6 องศาเซลเซียส ตามคำแนะนำของสมาคมธนาคารเลือดแห่งสหรัฐอเมริกา (American Association of Blood Banks; AABB) และศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย (National Blood Centre, Thai Red Cross Society; NBC, TRCS) หรือที่อุณหภูมิ 2 ถึง 6 องศาเซลเซียสตามคำแนะนำของคณะกรรมการด้านคุณภาพยาและการดูแลสุขภาพแห่งยุโรป (European Directorate for the Quality of Medicines Health Care; EDQM) และขนส่งที่อุณหภูมิควบคุมระหว่าง 2-10 องศาเซลเซียส อายุเก็บรักษาหรืออายุการใช้งานในระบบปิด (closed system) ขึ้นอยู่กับชนิดของสารกันเลือดแข็ง / additive solution ที่สามารถขยายเวลาในการเก็บออกไปได้ คือ CPD มีอายุ 21 วัน CPD-A1 มีอายุ 35 วัน CPD-AS หรือ CPD-SAGM มีอายุ 42 วัน ถ้าการเตรียมใช้ระบบเปิด (open system) จะเหลืออายุการใช้งานไม่เกิน 24 ชั่วโมง[21,22,24,27]

การตรวจคุณภาพเม็ดเลือดแดงเข้มข้น

โลหิตครบส่วนทุกถุงที่จะนำมาผลิตเม็ดเลือดแดงเข้มข้นจะต้องผ่านการตรวจหมู่เลือดระบบ ABO, RhD typing, red cell antibody screening และตรวจ infectious disease markers ได้แก่ HIV-1/2, HBsAg, Anti-HCV และ Syphilis[21,22] เม็ดเลือดแดงเข้มข้นที่ผลิตได้จะต้องมีการสุ่มตรวจคุณภาพโดยการกำหนดแผนการเก็บตัวอย่าง ช่วงเวลา ความถี่ จำนวน และเลือกใช้เกณฑ์การยอมรับให้สอดคล้องกับมาตรฐานภายในประเทศหรือมาตรฐานสากลในหัวข้อปริมาตรเม็ดเลือดแดงเข้มข้น (volume) ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง (hematocrit) ปริมาณฮีโมโกลบิน (hemoglobin) และจำนวนเม็ดเลือดขาว (leukocyte content) ในการตรวจคุณภาพสามารถตรวจในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นหลังปั่นแยกหรือในเม็ดเลือดแดงเข้มข้นพร้อมจ่ายให้ผู้ป่วย โดยทำการแบ่งใส่สายปล้อง (segment) หรือถุงพ่วงแบ่ง (transfer bag) ในระบบปิดประมาณ 10-15 มิลลิลิตร ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่างต้องมีการผสม (mix) เลือดในถุงก่อนเก็บตัวอย่าง และถุงเลือดนั้นสามารถจ่ายให้ผู้ป่วยได้ สำหรับการตรวจค่าปริมาณการแตกของเม็ดเลือดแดงในวันหมดอายุ (hemolysis at end of storage) ต้องตรวจ ณ วันที่สิ้นอายุ ตามชนิดของสารกันเลือดแข็งที่ใช้เก็บรักษาเม็ดเลือดแดงเข้มข้นและจะต้องเก็บที่อุณหภูมิ 1-6 องศาเซลเซียสตลอดเวลาก่อนหมดอายุหรือก่อนเก็บตัวอย่างทดสอบ เนื่องจากการตรวจคุณภาพไม่สามารถทำได้ทุกถุงที่ผลิต ดังนั้นการเก็บตัวอย่างแบบสุ่มที่ดีจะสามารถใช้ผลตรวจเป็นตัวแทนคุณภาพตลอดกระบวนการผลิตได้ ควรเก็บบันทึกผลการตรวจและนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบประเมินแนวโน้มคุณภาพเม็ดเลือดแดงที่ผลิต รวมทั้งหากพบความผิดปกติต้องค้นหาสาเหตุเพื่อหาแนวทางแก้ไขป้องกันได้[29] โดยมีการตรวจดังนี้

1. การตรวจสอบด้วยสายตา (visual inspection) เป็นการตรวจสอบคุณลักษณะที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ได้แก่

1.1 ตรวจดูความสมบูรณ์ของถุงบรรจุโลหิต ควรอยู่ในสภาพดี ไม่ฉีกขาด ไม่มีรอยรั่ว ไม่มีโลหิตซึมตามรอยผนึกเชื่อมสายถุง ฉลากชี้บ่งข้อมูลต่างๆ ถูกต้อง ครบถ้วนและสมบูรณ์

1.2 ตรวจดูสีของส่วนประกอบโลหิต สีเม็ดเลือดแดงเข้มข้นควรเป็นสีแดงเข้ม ส่วนพลาสมาหรือน้ำยากันเลือดแข็งและ/หรือน้ำยาเสริมในถุงเม็ดเลือดแดงเข้มข้นควรมีสีเหลืองอ่อนใสหรือขาวใส โดยเม็ดเลือดแดงที่ปนเปื้อนแบคทีเรียอาจมีสีม่วงดำหรืออาจพบการแตกของเม็ดเลือดแดง (hemolysis) ร่วมด้วยได้ ทำให้ส่วนที่เป็นน้ำเหลืองอาจมีสีแดงหรือสีน้ำตาล การสังเกตสีของชั้นพลาสมาทำได้โดยตั้งไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 1-6 องศาเซลเซียสให้แยกชั้นหรือปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นแยกส่วนประกอบโลหิต พลาสมาที่มีสีชมพูหรือสีแดงอาจบ่งบอกถึงการเกิดการแตกของเม็ดเลือดแดงไม่ควรนำไปให้ผู้ป่วย ส่วนพลาสมาที่มีสีเขียวอาจเกิดจากผู้บริจาคโลหิตมีระดับ bilirubin pigment (biliverdin) เพิ่มสูงขึ้นหรือรับประทานยาเม็ดคุมกำเนิดสามารถนำไปใช้ได้ แต่ควรระมัดระวังพลาสมาสีเขียวที่อาจเกิดจากแบคทีเรียปนเปื้อน เช่น Pseudomonas species เป็นต้น

1.3 ตรวจดูก้อน clots และ aggregations ซึ่งเกิดจากการจับตัวเป็นก้อนของเม็ดเลือดแดงอาจมีก้อน clots ขนาดใหญ่อาจพบในโลหิตที่ไหลช้าหรือโลหิตไหลไม่สม่ำเสมอขณะเจาะบริจาค รวมทั้งในถุงโลหิตที่ไม่ได้เขย่าตลอดเวลาระหว่างเจาะบริจาค โดยหากพบก้อน clots ในส่วนประกอบโลหิตให้คัดแยกออกไม่ควรนำไปให้ผู้ป่วย

1.4 ตรวจดูลักษณะ white particulate matter (WPM) สามารถพบได้ในส่วนประกอบโลหิตทั้งชนิดเม็ดเลือดแดงและเกล็ด

เลือด ประกอบไปด้วย เกล็ดเลือด เม็ดเลือดขาว ไฟบริน (fibrin) และเศษเซลล์ (cellular debris) โดยส่วนใหญ่ คือ เกล็ดเลือด ในปี ค.ศ. 2004 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจากหลายสถาบันทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น AABB, Center for Disease Control and Prevention (CDC), Food and Drug Administration (FDA) และ National Institutes of Health (NIH) Clinical Center ได้รวบรวมข้อมูลและให้ข้อสรุปไว้ว่า WPM สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ประกอบด้วยเกล็ดเลือดเป็นส่วนใหญ่ไม่จำเป็นต้องทำการตรวจสอบ WPM โดยการดูด้วยตาเปล่าในส่วนประกอบโลหิตทุกยูนิต WPM มักพบได้บ่อยในส่วนประกอบโลหิตที่เตรียมจากการปั่นแยกโดยใช้แรงปั่นเหวี่ยงสูงๆ หรือการปั่นหนัก (heavy centrifugation) แต่ยังไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนวิธีการทำงานใดๆ เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลสนับสนุนเพียงพอ โดยพบ WPM น้อยมากในผลิตภัณฑ์ที่กรองเม็ดเลือดขาวออก (leukoreduction) และอาจเป็นไปได้ว่าเครื่องเก็บโลหิตอัตโนมัติ (apheresis machine) จะไม่ก่อให้เกิด WPM นอกจากนี้ WPM ไม่มีความเสี่ยงต่อผู้ป่วย สามารถกำจัดออกได้โดยกรองด้วยชุดให้โลหิตมาตรฐาน (ขนาด 140-170 ไมครอน)

2. ปริมาตรเลือด (volume) ได้จากการชั่งน้ำหนักของถุงที่ใส่เม็ดเลือดแดงเข้มข้นและหักลบด้วยถุงเปล่าแล้วคำนวณปริมาตรของเม็ดเลือดแดงเข้มข้น ดังนี้

$$\text{Volume (mL)} = \frac{\text{Gross weight (g) - Weight of empty blood bag (g)}}{1.09\ (\text{g/cm}^3)}$$

3. ค่าความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง ค่าฮีโมโกลบิน และจำนวนเม็ดเลือดขาว ได้จากการตรวจด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ (multi-parameter hematology analyzer) ในหัวข้อฮีมาโตคริต (hematocrit; Hct) ฮีโมโกลบิน (hemoglobin; Hb) และจำนวนเม็ดเลือดขาว (white blood cell count; WBC count) ตามลำดับ โดยเครื่องวิเคราะห์โลหิตอัตโนมัติจะมีการใช้โปรแกรมในการคำนวณผลก่อนการปฏิบัติงานในแต่ละวันควรตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยใช้สารมาตรฐาน (control material) ที่ระดับต่างกัน เช่น low, normal และ high control เพื่อตรวจสอบความถูกต้องประจำวัน

4. การแตกของเม็ดเลือดแดง (% hemolysis) และ % red blood cells recovery การคำนวณหา % hemolysis ในส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงหาได้ จากสูตรคำนวณ supernatant hemoglobin (กรัมต่อเดซิลิตร) หารด้วย total hemoglobin (กรัมต่อเดซิลิตร) แล้วนำไปคูณกับ 100 ลบด้วยค่า hematocrit (%) สามารถหาความเข้มข้นของ total hemoglobin ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยวิธี cyanmethemoglobin method ตัวอย่างโลหิต 20 ลูกบาศก์มิลลิลิตร จะถูกละลายใน drabkin's reagent 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร สร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้สารมาตรฐาน hemoglobin supernatant hemoglobin หาได้ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยวิธี colorimetric technique ปั่นแยกตัวอย่างโลหิต นำ เฉพาะส่วนน้ำเหลืองมา 25 ลูกบาศก์มิลลิลิตร ละลายใน leuco crystal violet solution 6 มิลลิลิตร เติม 1 มิลลิลิตร 1% hydrogen peroxide นำไป incubate ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 590 นาโนเมตร ในขั้นตอนการแยกเอามาเฉพาะส่วนน้ำเหลืองต้องระวังไม่ให้มีเม็ดเลือดแดงปะปนมาซึ่งจะทำให้ได้ค่า % hemolysis ที่สูงเกินความเป็นจริง ตามมาตรฐาน AABB กำหนดให้ส่วนประกอบโลหิตชนิด leukodepleted red cells มีค่า % red blood cells recovery มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 85 สามารถหาได้จากสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\%\text{hemolysis} = \frac{[100\text{-Hct}(\%)] \times \text{supernatant Hb (g/dL)}}{\text{Total Hb (g/dL)}}$$

$$\%\text{RBC recovery} = \frac{\text{RBC volume (post-filtration)} \times \text{Hct (post-filtration)} \times 100}{\text{RBC volume (pre-filtration)} \times \text{Hct (pre-filtration)}}$$

ข้อควรระวังในการเตรียมเม็ดเลือดแดงเข้มข้น[21,24,30]

1. ปริมาตรของโลหิตครบส่วนสำหรับเตรียมส่วนประกอบโลหิต ควรมีปริมาตรไม่รวมสารกันเลือดแข็ง (volume without anticoagulant) ตามมาตรฐานระหว่าง 405-495 มิลลิลิตรในถุงขนาด 450 มิลลิลิตร และปริมาตรระหว่าง 315-365 มิลลิลิตรในถุงขนาด 350 มิลลิลิตรซึ่งสามารถเตรียมได้เฉพาะ PRC และ FFP เท่านั้น โดยปริมาณโลหิตที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าเกณฑ์ไม่ควรนำมาเตรียมส่วนประกอบโลหิต เนื่องจากสัดส่วนระหว่างสารกันเลือดแข็งกับโลหิตไม่เหมาะสมอาจทำให้โลหิตจับกันเป็นก้อน ปริมาณเม็ดเลือดแดง ปริมาณเกล็ดเลือดและปัจจัยการแข็งตัวของเลือดในพลาสมาอาจลดลงไม่ได้ตามมาตรฐานเมื่อนำไปเตรียมส่วนประกอบโลหิต

2. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือทุกชิ้น ควรได้รับการสอบเทียบเครื่องมือ (calibration) การตรวจสอบ (evaluation) และการบำรุงรักษา (maintenance) ตามที่มาตรฐานกำหนด รวมทั้งทำการบำรุงรักษาประจำวันด้วยวิธีการตามคู่มือการใช้งานเครื่องและตามความถี่ที่เหมาะสม

3. ในการปั่นแยก มีข้อควรระวังดังนี้

3.1 การยกถุงโลหิตออกจากเครื่องปั่นและถ้วยปั่น (plastic insert cups) หลังการปั่นแยก รวมทั้งการนำโลหิตที่ปั่นแยกแล้วไปวางใน plasma extractor หรือเครื่องบีบแยกอัตโนมัติสำหรับบีบแยกจะต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อป้องกันการกระเพื่อมหรือฟุ้งของเซลล์เม็ดเลือดในถุง

3.2 การบีบส่วนประกอบโลหิตหลังปั่นแยก ควรบีบให้ได้ระยะหรือสัดส่วนของปริมาณพลาสมาและเม็ดเลือดแดงให้ถูกต้องตามมาตรฐาน ได้แก่ ถุงโลหิตชนิด double bag ที่ผ่านการปั่นหนักจะต้องบีบแยกให้เหลือพลาสมาไว้ประมาณ 1 ใน 5 ส่วนของถุงเม็ดเลือดแดงเข้มข้นหรือเหลือพลาสมาในถุงเม็ดเลือดแดงเข้มข้นประมาณ 1-2 นิ้วเพื่อให้มีค่าฮีโมโกลบินและฮีมาโตคริตตามมาตรฐานกำหนด ส่วนการแยกพลาสมาต้องทำในระบบปิดและนำไปแช่แข็งทันที สำหรับถุงโลหิตชนิด triple bag ในการเตรียมเกล็ดเลือด (PC) ขั้นตอนแรกปั่นแยก platelet rich plasma (PRP) ออกจากเม็ดเลือดแดงด้วยการปั่นเบาซึ่งส่วนของเม็ดเลือดแดงจะไม่จับตัวแพ็คกันแน่นมากอาจมีฟุ้งกระจายขึ้นมาในพลาสมาได้ง่าย จึงต้องบีบ PRP ออกจากเม็ดเลือดแดงด้วยความระมัดระวังและบีบออกให้ชิดที่สุดเพื่อให้ได้ปริมาณเกล็ดเลือดใน PRP มากที่สุด แต่ต้องระวังการปนเปื้อนของเม็ดเลือดแดงใน PRP ด้วย

3.3 การเคลื่อนย้ายโลหิตและส่วนประกอบโลหิต ควรทำด้วยความระมัดระวังในทุกขั้นตอนของการเตรียมโดยเฉพาะส่วนประกอบโลหิตประเภทเม็ดเลือดแดง ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เม็ดเลือดแดงแตกหรือถุงบรรจุโลหิตแตกรั่วได้ง่าย หากได้รับการกระแทกจากสาเหตุต่างๆ เช่น การโยน การรูดสายถุง เป็นต้น

3.4 การใช้เครื่องผนึกสายถุงบรรจุโลหิต (tube sealer) ควรตรวจสอบรอยผนึกสายถุงบรรจุโลหิตทุกครั้ง หากรอยผนึกปิดสมบูรณ์ไม่แตกรั่ว ระยะเวลาในการเก็บจะขึ้นกับอายุและความคงทนของส่วนประกอบโลหิตแต่ละชนิด แต่หากมีรอยผนึกแตกรั่ว (open system) ในระหว่างการเตรียมหรือการรวม ส่วนประกอบโลหิตซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 1-6 องศาเซลเซียสจะมีอายุ 24 ชั่วโมง และส่วนประกอบโลหิตซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 20-24 องศาเซลเซียสจะมีอายุ 4 ชั่วโมง

3.5 การใช้เครื่องเชื่อมสายถุงบรรจุโลหิต (sterile connecting device; SCD) เพื่อเชื่อมสายถุงบรรจุโลหิต 2 ถุงเข้าด้วยกันหรือให้เป็นสายเดียวกัน ควรตรวจสอบว่าการเชื่อมเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ถ้าการเชื่อมสายสมบูรณ์ไม่รั่วซึมส่วนประกอบโลหิตทุกชนิดที่เตรียมจะมีวันหมดอายุตามมาตรฐานแบบระบบปิด แต่ถ้าการเชื่อมสายไม่สมบูรณ์ให้ทำการเชื่อมสายซ้ำ โดยส่วนประกอบโลหิตทุกชนิดที่เตรียมจะมีวันหมดอายุตามมาตรฐานแบบระบบเปิด

3.6 การเตรียมสายถุงบรรจุโลหิตเม็ดเลือดแดงเข้มข้นสำหรับทำ crossmatch ให้ผู้ป่วย ควรมีส่วนของเม็ดเลือดแดงอยู่ในสายถุงบรรจุโลหิตและผนึกสายเป็นช่วงๆ (segment) สำหรับนำไปใช้ในการทดสอบความเข้ากันได้ (compatibility testing) โดยทุกช่วงจะต้องมีหมายเลขสายถุงกำกับเพื่อสามารถตรวจสอบกลับได้

3.7 อุณหภูมิในห้องเตรียมส่วนประกอบโลหิต ควรอยู่ในช่วง 20-25 องศาเซลเซียส เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิโลหิต (blood cold chain) เป็นสิ่งสำคัญมาก จึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมตั้งแต่ขั้นตอนการเจาะเก็บโลหิต การเตรียมส่วนประกอบโลหิต การขนส่ง การจัดเก็บ จนถึงการนำไปให้ผู้ป่วย

4. การติดฉลากบนถุงเม็ดเลือดแดงเข้มข้น ควรเป็นไปตามกฎหมายระดับชาติและข้อตกลงระหว่างประเทศที่มีระบบการจัดเก็บข้อมูลผู้บริจาค และผลการตรวจคุณภาพโลหิตที่เป็นความลับและเข้าถึงข้อมูลได้เฉพาะผู้เกี่ยวข้อง ในฉลากต้องมีข้อมูลดังนี้ ชื่อหน่วยงานผู้ผลิต หมายเลขถุง (เป็นเลขไม่ซ้ำสามารถทวนสอบหน่วยงาน ปีที่รับบริจาค ผู้บริจาค และผลการตรวจคุณภาพโลหิตถุงนั้น) ชนิดผลิตภัณฑ์เป็นเม็ดเลือดแดงเข้มข้น (PRC, LPRC, LDPRC หรืออื่นๆ) ผลการตรวจหมู่เลือดและคุณภาพโลหิต (ABO, RhD, red cell antibody screening และ infectious disease markers) ชื่อของสารกันเลือดแข็งและ/หรือน้ำยาเสริม ข้อมูลเพิ่มเติม ได้แก่ ผ่านการฉายรังสีหรือผ่านการกรองเม็ดเลือดขาว น้ำหนักหรือปริมาตร วันที่เจาะบริจาค วันหมดอายุ อุณหภูมิสำหรับการจัดเก็บและการขนส่ง รวมทั้งวิธีการให้และข้อบ่งใช้สำหรับรักษาผู้ป่วย ซึ่งผู้ผลิตต้องระบุข้อมูลให้ครบถ้วน และบุคลากรทางการแพทย์ต้องศึกษาข้อมูลบนฉลากส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นให้ถูกต้องครบถ้วนก่อนนำไปให้ผู้ป่วย

สรุป

นับตั้งแต่ประสบความสำเร็จในการใช้เม็ดเลือดแดงเข้มข้นสำหรับรักษาผู้ป่วยรายแรกได้นั้น นำไปสู่การศึกษาค้นคว้าอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะการพัฒนาการผลิตส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นหลากหลายชนิดที่มีคุณภาพเหมาะสมกับการรักษาผู้ป่วยมากยิ่งขึ้น โดยมีการปรับปรุงเทคนิคการผลิตอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ การผลิตถุงบรรจุโลหิตชนิดต่างๆ การเพิ่มชุดกรองเม็ดเลือดขาวออกจากเม็ดเลือดแดงเข้มข้น การพัฒนาเครื่องปั่นแยกและเครื่องมืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง การประดิษฐ์เครื่องมืออัตโนมัติ การคิดค้นน้ำยาเสริมช่วยเพิ่มอายุและคุณภาพเม็ดเลือดแดง และการนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต รวมถึงการพัฒนาเทคนิคการลดเชื้อจุลชีพปนเปื้อนที่มีประสิทธิภาพ ตลอดจนการพัฒนาวิธีการตรวจหาเชื้อจุลชีพที่ปนเปื้อนในผู้บริจาคโลหิตและส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้นให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น รวมทั้งการนำระบบคุณภาพเข้ามาใช้ในการปฏิบัติงานภายใต้หลักการการใช้เลือดอย่างเหมาะสมจะทำให้โลหิต

และส่วนประกอบโลหิตมีคุณภาพปลอดภัยทั้งผู้ให้และผู้รับอย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากความต้องการใช้เม็ดเลือดแดงเข้มข้นสำหรับผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การจัดหาโลหิตบริจาคถือเป็นเรื่องท้าทายอย่างยิ่งสำหรับหน่วยจัดหาเลือดและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสำหรับประเทศที่จะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุในอนาคต และจากสถานการณ์การระบาดของโรคโคโรนาไวรัส 2019 ที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีผู้บริจาคโลหิตลดลงเป็นจำนวนมาก ดังนั้น การทำความรู้ความเข้าใจในประวัติความเป็นมา ลักษณะทั่วไปของเม็ดเลือดแดง องค์ประกอบการเตรียมและวิธีการปั่นแยกเม็ดเลือดแดงเข้มข้น ข้อควรปฏิบัติและข้อควรระวังในการผลิต การปรับปรุงกระบวนการผลิต ชนิดและการตรวจคุณภาพ การเก็บรักษาและอายุการใช้งาน ตลอดจนวิธีการให้และข้อบ่งใช้สำหรับรักษาผู้ป่วย จะนำไปสู่แนวทางในการสร้างความร่วมมือของเจ้าหน้าที่หน่วยจัดหาโลหิต หน่วยผลิตส่วนประกอบโลหิต และงานธนาคารเลือด รวมทั้งแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการให้เลือด ตลอดจนบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องทุกระดับนำไปสู่ความร่วมมือในการจัดการที่ดีสำหรับการจัดหาเลือด การพัฒนาคุณภาพการผลิตส่วนประกอบโลหิตชนิดเม็ดเลือดแดงเข้มข้น และการเลือกใช้เม็ดเลือดแดงเข้มข้นแต่ละชนิดสำหรับรักษาผู้ป่วยอย่างคุ้มค่าเหมาะสม ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาอย่างมีคุณภาพปลอดภัยและเกิดประโยชน์ต่อผู้ป่วยสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

1. *Mundee Y. Blood and blood products. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci. 2008;41:53-61.*
2. *Zuidervaart HJ, Anderson D. Antony van Leeuwenhoek's microscopes and other scientific instruments: new information from the delft archives. Ann Sci. 2016;73:257-88.*
3. *Brewer D. Max Schultze, G. Bizzozero and the discovery of the platelet. Br J Haematol. 2006;133:251-8.*
4. *Kay AB. The early history of the eosinophil. Clin Exp Allergy. 2015;45:575-82.*
5. *Steven I Hajdu. A note from history: the discovery of blood cells. An Clin Lab Scien. 2003;33:237-8.*
6. *Friedland G. Discovery of the function of the heart and circulation of blood. Cardiovasc J Afr. 2009:20;160.*
7. *Fastag E, Varon J, Sternbach G. Richard Lower: the origins of blood transfusion. J Emerg Med. 2013;44:1146-50.*
8. *Giangrande LF Paul. The history of blood transfusion. Br J Haematol. 2000;110:758-67.*
9. *Schwarz HP, Dorner F. Karl Landsteiner and his major contributions to haematology. Br J Haematol. 2003;121:556-65.*
10. *Chiewsilp P. Transfusion medicine in Thailand from past to present. J Hematol Trans Med. 2019;29:71-9.*
11. *Bunvisuthi P. Anticoagulant and additive solution for blood preservation. Thai J Hematol Trans Med. 1995;1:46-53.*
12. *Pietersz, van der Meer. Processing and storage of blood components: strategies to improve patient safety. Int J Clin Trans Med. 2015;3:55-64.*
13. *Moog R. A new technology in blood collection: multicomponent apheresis. In: Peterson BR, editor. New developments in blood transfusion research. New York: Nova Science; 2006. p. 141-6.*
14. *Wortham S, Ortolano G, Wenz B. A brief history of blood filtration: clot screens, microaggregate removal and leukocyte reduction. Trans Med Rev. 2003;17:216-22.*
15. *Pietersz RN, Reesink HW, Dekker WJ, Fijen FJ. Preparation of leukocyte-poor platelet concentrates from buffy coats. I. Special inserts for centrifuge cups. Vox Sang. 1987;53:203–7.*
16. *Onseng S, Insawang J. Review of cryoprecipitate component. J Hematol Trans Med. 2020;30:61-73.*
17. *Ford J. Red blood cell morphology. Int J Lab Hem. 2013;35:351-7.*
18. *Kuhn V, Diederich L, Keller TCS, Kramer CM, Luckstadt W, Panknin C, et al. Red blood cell function and dysfunction: redox regulation, nitric oxide metabolism, anemia. Antioxid Redox Signal. 2017;26:718-42.*
19. *Sirisamutron T. Blood: importance and hazard. Thai Pharm Health Sci J. 2010;5:76-81.*
20. *Ghartimagar D. Rational clinical use of blood and blood products: a summary. J Patho Nepl. 2017;7:1111-7.*
21. *Council of Europe. Guide to the preparation, use and quality assurance of blood components. 19th ed. Strasbourg: Council of Europe; 2017.*
22. *American Association of Blood Banks. Technical manual. 18th ed. Bethesda, MD: American Association of Blood Banks; 2014.*
23. *Hardwick J. Introduction to blood transfusion technology: blood processing. Vox Sang. 2008;3:148-76.*
24. *National Blood Centre, Thai Red Cross Society. Standards for blood banks and transfusion services. 4th ed. Bangkok: Udomsuksa; 2015.*
25. *Alakech B, Miller B, Berry TH, Ambruso DR. Coagulation profile for cryoprecipitate produced from 24-hour stored whole blood. Lab Med. 2009;40:540-3.*
26. *Onseng S, Insawang J. Preparation of whole blood derived platelet component. J Hematol Transfus Med. 2020;30:379-92.*
27. *Kidkrangkrikun N. Anticoagulant and additive solutions for collecting red blood cells. J Hematol Trans Med. 2012;22:51-8.*
28. *Basu D, Kulkarni R. Overview of blood components and their preparation. Indian J Anaesth. 2014;58: 529-37.*
29. *Pakpoompong T. Review of quality control of blood components. J Hematol Trans Med. 2010;3:205-9.*
30. *Chantanakajornfung A. Blood component preparation: critical control points and precaution. J Hematol Trans Med. 2009;19:83-4.*