

บทความทั่วไป

เลือดและผลิตภัณฑ์เลือด (Blood and blood products)

ยุทธนา หมันดี*

บทนำ

เลือด (Blood) คือ ของเหลวสีแดงที่ไหลเวียนอยู่ในระบบหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular system) มีหน้าที่นำอาหารและอากาศดี (nutrients & oxygen) ไปหล่อเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย และนำของเสียและอากาศเสีย (waste & carbondioxide) ออกมากำจัดทิ้งออกไปสู่ภายนอกร่างกาย เลือดถูกจัดอยู่ในกลุ่มของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissues) ถึงแม้ว่าลักษณะของมันจะไม่เหมือนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดอื่นๆ ที่เรารู้จัก เช่น กระดูก กระดูกอ่อน กล้ามเนื้อ ผิวหนัง ฯลฯ การที่เลือดถูกจัดให้เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เนื่องจากมันประกอบด้วยเซลล์ที่มีชีวิต ได้แก่ เซลล์เม็ดเลือด (blood corpuscles) ได้แก่ เม็ดเลือดแดง (erythrocytes), เม็ดเลือดขาว (leukocytes) และ เกล็ดเลือด (thrombocytes) ใน matrix หรือตัวกลางที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ น้ำเหลืองหรือ plasma ซึ่งจะเป็นของเหลวในสภาวะปกติที่อยู่ในร่างกาย แต่เมื่อออกมานอกร่างกายหรือถูกกระตุ้นด้วยสารเคมีบางชนิด เช่น collagen ที่อยู่ด้านใต้เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดหรือพื้นผิวขรุขระของภาชนะต่างๆ เลือดก็จะแข็งตัวเป็นก้อน เรียกว่า ลิ่มเลือด (coagulated หรือ clotted blood)

ทำไมเราต้องมีเลือด

เหตุผลที่เราต้องมีเลือดเพราะ เลือดทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อ โดยออกซิเจนจากอากาศที่เราหายใจเข้า จะซึมผ่านหลอดเลือดฝอยที่อยู่ล้อมรอบถุงลมในปอด หลังจากนั้นเลือดจะนำออกซิเจนไปยังเซลล์

ที่มีชีวิตและต้องการออกซิเจน ในเนื้อเยื่อที่มีชีวิตทั่วร่างกาย ในทางตรงกันข้าม คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการดำรงชีวิต (metabolism) ของเซลล์ จะถูกเลือดนำออกมาจากเนื้อเยื่อเพื่อนำไปกำจัดทิ้งที่ปอดโดยการหายใจออก ส่วนของเสียอื่นๆ จากเซลล์จะถูกกำจัดโดยการกรองออกไปทิ้งในปัสสาวะ (urine) โดยไต (kidney) หลอดเลือดที่อยู่รอบกระเพาะอาหารและลำไส้จะดูดซึมสารอาหารที่เรารับประทานเข้าไปที่ถูกย่อยสลายจนมีขนาดเล็กพอที่จะดูดซึมได้ แล้วสารอาหารนั้นๆ ก็จะถูกส่งกระจายไปทั่วร่างกาย โดยผ่านการไหลเวียนของโลหิต ที่เรียกว่า blood circulation หรือ the circulatory system ออร์โมนชนิดต่างๆ ที่ถูกผลิตที่ต่อมไร้ท่อ ก็ต้องอาศัยกระแสเลือดเป็นทางผ่านไปยังเซลล์และอวัยวะเป้าหมายของมัน ที่แตกต่างกันไป

ในกรณีที่เรากำลังออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น เหงื่อออก และบางทีอาจจะปรากฏอาการหน้าแดง ที่ใบหน้าแดงนี้เกิดขึ้นเพราะเส้นเลือดขยายตัว และมีเลือดมาเลี้ยงอย่างมากเพื่อให้เลือดที่กำลังร้อนในร่างกายผ่านออกมาใกล้ชิดกับอากาศบริเวณผิวหนัง ซึ่งเย็นกว่าเป็นการช่วยลดอุณหภูมิในร่างกาย

โปรตีนและสารละลายอื่นๆ ที่อยู่ในเลือด จะช่วยรักษาสมดุลกรด-ด่างหรือ pH ของเนื้อเยื่อในร่างกาย และทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (บัฟเฟอร์ เป็นสารที่ช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลงของ pH เช่น หลังจากดื่มน้ำส้มซึ่งเป็นกรด pH ของเลือดจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

* แผนกวิชาจุลทรรศน์ศาสตร์คลินิก ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เนื่องจากผลของบัพเฟอว์) โปรตีนและสารละลายเหล่านี้ยังช่วยรักษาปริมาตรของเลือด โดยการควบคุมอัตราการออสโมซิส (การเคลื่อนที่ของน้ำ จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ ไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง โดยผ่านทางเนื้อเยื่อที่เลือกให้สารบางอย่างผ่านได้) การมีโปรตีนและสารละลายต่างๆ จะช่วยรักษาปริมาตรของเลือดในร่างกาย โดยการรักษากฎของน้ำในระบบหมุนเวียนโลหิตให้คงที่

ในกรณีที่ป่วย เซลล์เม็ดเลือดขาวจะช่วยต้านทานการติดเชื้อ โดยเซลล์เม็ดเลือดขาวจะช่วยต่อสู้และป้องกันร่างกายจากสิ่งแปลกปลอมที่เข้าไปไม่ให้แพร่กระจายไปทั่วเลือดจะมีคุณสมบัติเฉพาะในการแข็งตัว เมื่อหลอดเลือดได้รับความเสียหายหรือฉีกขาด ซึ่งจะเป็นการป้องกันไม่ให้มีการเสียเลือดมากเกินไป โดยมีเกล็ดเลือดและกระบวนการการแข็งตัวของเลือดทำหน้าที่นี้ร่วมกัน

เซลล์ชนิดใดบ้างที่ปรากฏอยู่ในเลือด

เซลล์เม็ดเลือดแดง

(red blood cells; RBCs) เป็นเซลล์เม็ดเลือดที่สำคัญที่สุดและมีมากที่สุดในการไหลเวียน ในเลือดจะมีเซลล์เม็ดเลือดแดงอยู่ประมาณร้อยละ 45 ของเลือดทั้งหมด หรือประมาณ 4 – 6 ล้านเม็ดต่อเลือด 1 mm³ (cubic millimeter) เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างกลมแบนว่า 2 ด้าน (biconcave) ทำให้มีพื้นที่ผิวมากช่วยให้การจับคาร์บอนไดออกไซด์และปล่อยออกซิเจนให้กับเนื้อเยื่อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือมีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดี นอกจากนี้เม็ดเลือดแดงยังมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อเซลล์เม็ดเลือดแดงเคลื่อนที่ผ่านหลอดเลือดฝอยเล็กๆ ที่อาจจะเล็กกว่าตัวมัน มันจะสามารถรัดตัวผ่านไปได้ แต่เม็ดเลือดแดงที่มีอายุมาก (senescent erythrocytes) จะสูญเสียความยืดหยุ่นนี้ไป ทำให้มันแข็งกระด้างกว่าปกติ

เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียสและมีชีวิตเพียง 100 – 120 วัน ภายในบรรจุโปรตีนชื่อฮีโมโกลบิน ซึ่งมีหน้าที่ขนส่งออกซิเจน ฮีโมโกลบินประกอบด้วยสายโปรตีน 4 สาย โดยมีกลุ่มฮีมอยู่ตรงกลางของแต่ละสายโดยอะตอมของเหล็กจะฝังอยู่ตรงกลางของฮีมแต่ละกลุ่ม โดยโมเลกุลของออกซิเจนจะจับกับอะตอมของเหล็กซึ่งแต่ละโมเลกุล

ของฮีโมโกลบินจะบรรจุออกซิเจนได้สูงสุด 4 โมเลกุล

เซลล์เม็ดเลือดทั้งหมดพัฒนามาจากเซลล์ต้นกำเนิดเดียวกัน คือ hemocytoblast หรือ pluripotent stem cells (PPSC) ซึ่งเป็นผู้สร้างเม็ดเลือดทั้งหมด การสร้างเม็ดเลือดแดง ถูกควบคุมโดยฮอร์โมน erythropoietin ซึ่งผลิตมาจากไต ซึ่งการผลิตจะถูกควบคุมโดยปริมาณออกซิเจนในเลือด เมื่อปริมาณของออกซิเจนในเลือดต่ำ erythropoietin จะถูกปล่อยออกมาเพิ่มขึ้น เพื่อกระตุ้นหรือเร่งการสร้างเม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดทั้งหมดจะถูกสร้างขึ้นใน red bone marrow ซึ่งพบในส่วนปลายของกระดูก long bones และในส่วน spongy ของกระดูก flat bones การสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงเรียกว่า erythropoiesis (การสร้างเซลล์เม็ดเลือดทั้งหมดเรียกรวมๆ ว่า กระบวนการ hematopoiesis หรือ hemopoiesis) เม็ดเลือดแดงที่กำลังเจริญจะผลิตไรโบโซมจำนวนมากเพื่อใช้ในการสร้างโปรตีนโกลบิน ก่อนที่จะรวมตัวกับฮีมที่ผลิตมาจากไมโทคอนเดรียและไซโตพลาสซึมกลายเป็นฮีโมโกลบิน เตรียมพร้อมที่จะทำหน้าที่ของเม็ดเลือดแดงอย่างสมบูรณ์ นั่นคือ การขนส่งออกซิเจน หลังจากที่เซลล์เม็ดเลือดแดงสร้างฮีโมโกลบินเรียบร้อยแล้ว มันก็จะสลายนิวเคลียสของตัวเองมันเองออกไป เพื่อให้มีน้ำหนักเบา คล่องตัว และสามารถขนส่งออกซิเจนให้ได้มากที่สุด เม็ดเลือดแดงที่เจริญเต็มที่แล้วนั้น จะมีเพียงเยื่อหุ้มเซลล์ที่ห่อหุ้มฮีโมโกลบินไว้เท่านั้น

ความผิดปกติของเม็ดเลือดแดง

โรคโลหิตจาง (anemias) คือ สภาวะที่เลือดมีความสามารถในการขนส่งออกซิเจนลดลง อาจเกิดจากหลายสาเหตุ แต่ที่พบได้บ่อยๆ เช่น

- โลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นสาเหตุที่พบได้บ่อย เนื่องจากได้รับธาตุเหล็กไม่เพียงพอ
- โลหิตจางจากการเสียเลือดเรื้อรัง ซึ่งเกิดจากการเสียเลือดจากบาดแผล หรือจากการเสียเลือดที่เล็กน้อยแต่เป็นเวลานาน เช่น มีบาดแผลในอวัยวะภายใน มีพยาธิปากขอ มีเม็ดเลือดแดงผิดปกติที่ถูกจับกินโดยม้ามและตับอยู่ตลอดเวลา เป็นต้น
- ธาลัสซีเมีย เป็นโรคทางพันธุกรรม ที่เป็นผลมา

จากการมีอันควมคุมการสร้างโกลบินผิดปกติ ที่ทำให้โกลบินสายใดสายหนึ่งผลิตไม่ได้หรือได้แต่น้อยกว่าปกติ ส่งผลให้เม็ดเลือดมีรูปร่างผิดปกติไปเป็นรูปเป้าที่เรียกว่า target cells คือ มีฮีโมโกลบินน้อยแต่มีพื้นที่ของผิวนเซลล์ปกติ ทำให้มี surface / volume (S/V) ratio มากกว่าปกติ ทำให้บรรทุกออกซิเจนได้น้อยลง เม็ดเลือดแดงที่ผิดปกติ ถูกดักจับและย่อยสลายตามหลอดเลือดขนาดเล็กและแคบ (sinusoid) ในม้ามและตับ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการขนส่งออกซิเจนลดลง และเกิดอาการโลหิตจาง เจ็บป่วยง่าย เจริญเติบโตช้า ผู้ได้รับยีนที่บกพร่องมาจากพ่อหรือแม่เพียงยีนเดียว จากคนใดคนหนึ่งอาจเรียกว่า พาหะธาลัสซีเมีย (thalassemia trait) ซึ่งมีผลกระทบไม่รุนแรงเท่าใดนัก

- การออกกำลังกาย ความเครียด หรือความวิตกกังวล และการเดินทางหรืออยู่บนพื้นที่สูง อาจทำให้เกิดภาวะออกซิเจนต่ำหรือขาดออกซิเจน (hypoxia)

Erythropoietin

(Epo) เป็นปัจจัยที่จำเป็น ต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วย กรดอะมิโน 165 ตัว ซึ่งมีมวลโมเลกุล 18 kd และมีส่วนที่เป็น carbohydrate ที่มีมวลโมเลกุล 30 kd, Epo ใน plasma จะทนต่อความร้อนและสภาวะกรด-ด่าง (pH), Epo ของมนุษย์มี 3 ชนิด ใด เป็นอวัยวะหลักที่ทำหน้าที่ผลิต Epo จากเซลล์ peritubular capillary endothelium และอีกส่วนจากตับในผู้ใหญ่ ส่วนในทารกจะสร้างมาจากตับเท่านั้น และเริ่มสร้างจากไต ภายในระยะเวลาหลังคลอดเล็กน้อย ส่วนเซลล์ที่ผลิต Epo ได้บ้าง ได้แก่ tissue macrophages เซลล์ที่สร้าง Epo นั้น จะถูกกระตุ้นจากระดับออกซิเจนที่ลดลงใน renal arterial circulation, Epo จะมีผลกับ erythroid ที่เป็น committed progenitor จนถึงระยะ erythroblast โดยจะจับกับ receptor ของมันบนผิวเซลล์กระตุ้นกระบวนการ proliferation และ differentiation ของ erythrocytic progenitor และ Epo ยังกระตุ้นการแบ่งตัวแบบ mitosis ของ proerythroblast และ basophilic erythroblast และเร่งการปล่อย reticulocyte ออกมาจากไขกระดูกด้วย นอกจากนี้ Epo อาจมีบทบาทในการควบคุม megakaryotic และ granulocytic-monocytic pathway

โดยทำงานร่วมกับ cytokines อื่นๆ ที่อยู่ในระบบไหลเวียนเลือด เจริญไปเป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงเต็มวัย แต่กลไกต่างๆ ก็ยังไม่ทราบอย่างชัดเจน

ปัจจัยทางคลินิกที่ทำให้เนื้อเยื่อมีออกซิเจนต่ำ เช่น โลหิตจาง โรคปอด โรคหัวใจ การเกิด cyanosis จะนำไปสู่การเพิ่ม erythropoietin ในกระแสเลือด ในโรคโลหิตจางในกระแสระดับ serum erythropoietin จะไม่เพิ่มจากระดับปกติ จนกระทั่งระดับฮีโมโกลบินลดลงต่ำกว่า 110 กรัมต่อลิตร แต่ในคนไข้ที่มีปัญหาที่ไตนั้น ระดับ serum erythropoietin จะต่ำกว่าปกติ ถึงแม้ว่าจะเป็นโรคโลหิตจางอย่างไรก็ตามระดับ serum erythropoietin ที่ต่ำกว่าปกติพบได้ในคนไข้โรคมะเร็ง rheumatoid arthritis โรคเอดส์ แผลอักเสบของลำไส้ใหญ่ และ โรคโลหิตจางของทารกคลอดก่อนกำหนด กลไกของการที่มีระดับ erythropoietin ไม่เพียงพอในกระแสเลือดนั้นมีหลายอย่างเช่น เกิดจากความบกพร่องในการผลิต ที่เกิดจาก renal disease และ anemia ในทารกคลอดก่อนกำหนด หรือการระงับการสังเคราะห์ erythropoietin โดย cytokines จากการอักเสบ (เช่น IL-1, TNF-alpha) ซึ่งเชื่อกันว่าเกิดขึ้นใน chronic disease หรือการเป็นโรคมะเร็ง การที่ระดับของ erythropoietin สูงขึ้นนั้น ทำให้เม็ดเลือดแดงเพิ่มจำนวนมากขึ้นผิดปกติ (erythrocytosis) ถ้าไขกระดูกยังปกติดี สามารถเกิดขึ้นได้ร่วมกับ renal disease เช่น ในภาวะที่กรวยไตมีปัสสาวะขังอยู่ (hydronephrosis), การมี cysts หรือเนื้องอก (tumors) เช่น renal cell carcinoma (hypernephroma), hepatocellular carcinoma และเนื้องอกที่ adrenal gland, การที่ไขกระดูกผิดปกติ เช่น ความผิดปกติของการเพิ่มจำนวนของเซลล์ในไขกระดูก (myelodysplastic syndrome) และ anemia ที่ไม่มีการสร้างเม็ดเลือดขึ้นมาใหม่ (aplastic anemia) ในโรคของไขกระดูก ระดับ erythropoietin ในเลือดที่สูงขึ้น อาจเกิดจากการลดลงของ erythropoietin receptor ที่ผิวเซลล์ได้เช่นกัน

อันควมคุมการสร้าง Erythropoietin

ถูกโคลนได้ในปี 1985 นำไปสู่การผลิต rhu-Epo (recombinant human erythropoietin) ซึ่งสามารถเพิ่มการผลิตเม็ดเลือดแดง และรักษาโรคโลหิตจางที่มีอาการ

ไตวายร่วมด้วย โรคโลหิตจางอันเนื่องมาจากการใช้ยา AZT ของผู้ป่วยที่ได้รับเชื้อ HIV และโลหิตจางเนื่องจากการใช้เคมีบำบัดโรคมะเร็ง การใช้ rhu-Epo เป็นประจำในการรักษาโรค anemia secondary to renal insufficiency ซึ่งใช้ยา 50 – 75 u/kg สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ทำให้ hematocrit กลับคืนสู่สภาพเดิมอย่างค่อยเป็นค่อยไป และยังคงลดความต้องการเติมเลือดได้ rhu-Epo ยังช่วยในการรักษา anemia ชนิดต่างๆ ซึ่งระดับ Epo ที่ผู้ป่วยผลิตเองไม่เพียงพอ โดยจะช่วยลดความรุนแรงของ anemia ลงได้ เช่น ช่วงระยะเวลา anemia หลังการผ่าตัดสันหลัง หลังการใช้ rhu-Epo และยังช่วยให้ผู้ป่วยสามารถบริจาคโลหิตของตนเองเก็บไว้ก่อนการผ่าตัดได้ง่ายขึ้น แม้ว่าประโยชน์ของมันก็มีข้อจำกัด

การเปลี่ยนแปลงระดับ erythropoietin ใน serum ช่วยกำหนดวิธีในการรักษาผู้ป่วย anemia และวินิจฉัยผู้ป่วยเกี่ยวกับ erythropoiesis เราสามารถวัดระดับ erythropoietin ใน serum ได้โดย enzyme immunoassays (EIA) Epo มีหน่วยเป็น International units หรือ mIU/ml ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับ International Reference Preparation ได้ Epo ยังสามารถบอกความแตกต่างระหว่าง polycythemia vera (ระดับ Epo ในเลือดต่ำหรือปกติ) กับ polycythemia ที่เกิดตามหลัง (secondary) hypoxia หรือ tumor-induced (ระดับ Epo ในเลือดสูง) ผู้ป่วยทั่วไปที่ไม่มี anemia จะมีระดับ Epo อยู่ในช่วง 15 – 19 mIU/ml และสามารถเพิ่มเป็น 100 – 1000 mIU/ml ในผู้ป่วยที่มีอาการ hypoxia หรือ anemia ในผู้ป่วยที่ติดเชื้อ HIV ที่รักษาด้วยยา AZT จะมีระดับ Epo ต่ำกว่า 500 mIU/ml ซึ่งน่าจะได้รับ Epo แต่อย่างไรก็ตามวิธีการให้ Epo ก็ไม่ใช่ว่าจะได้ผลในผู้ป่วยทุกคนทุกครั้งเสมอไป

เซลล์เม็ดเลือดขาว (Leukocytes)

มีจำนวนน้อยกว่าเม็ดเลือดแดงมาก คือมีประมาณ 4,000 – 12,000 เม็ดต่อเลือด 1 mm³ นอกจากในเลือดแล้วยังพบเม็ดเลือดขาวได้ที่ชั้นเนื้อเยื่อต่างๆ ทั่วร่างกาย โดยการเดินทางไปกับระบบไหลเวียนโลหิต เม็ดเลือดขาวสามารถออกมาจากหลอดเลือด โดยใช้กระบวนการที่เรียกว่า diapedesis นั่นคือการเคลื่อนตัวแบบ amoeboid แทรกตัวออกจากหลอดเลือดในตำแหน่งรอยต่อของ

เซลล์บุผนังภายในหลอดเลือด (endothelial cells) โดยเยื่อหุ้มเซลล์จะยื่นออกมาจากนั้นไซโตพลาสซึมก็จะยื่นตามมา จนหลุดออกไปนอกหลอดเลือดทั้งเซลล์ ไปอยู่ในเนื้อเยื่อต่างๆ

เม็ดเลือดขาวสามารถตอบสนองต่อสัญญาณทางเคมีโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า chemotaxis เมื่อตำแหน่งใดต้องการเม็ดเลือดขาวที่มากขึ้น มันจะปล่อยสารเคมีที่เม็ดเลือดขาวตัวอื่นก็จะตอบสนองได้ ไปเรียกหรือดึงดูดเม็ดเลือดขาวตัวอื่นๆ ให้มายังที่นั้นเพิ่มมากขึ้น เพื่อช่วยกันทำงาน

เม็ดเลือดขาวจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามแกรนูล (granules) หรือ เม็ดเล็กๆ ที่อยู่ไซโตพลาสซึมของมันได้แก่

Granular Leukocytes	Agranular Leukocytes
Neutrophils	Monocytes
Eosinophils	Lymphocytes
Basophils	

Neutrophils มีความจำเพาะต่อการต่อสู้กับแบคทีเรียและเชื้อรา ภายในแกรนูลจะมี hydrolytic enzyme และโปรตีนที่คล้ายกับยาปฏิชีวนะ neutrophils จะย่อยสิ่งแปลกปลอมโดยการปล่อยสารในแกรนูลออกมาย่อยสลายแบคทีเรียหรือเชื้อรา แล้วจากนั้น neutrophils ก็จะไปตาย กลายเป็นเซลล์หนอง (pus cells) ในน้ำหนองของบาดแผลเปื่อย

Eosinophils มีความจำเพาะต่อการต่อสู้หนอนปรสิต แกรนูลของ eosinophils จะบรรจุด้วย digestive enzyme ที่ถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ไปสู่ปรสิต eosinophils จำนวนมากจะรวมตัวกัน อยู่รอบๆ สิ่งแปลกปลอม แล้วก็ปล่อยเอนไซม์เข้าไปย่อยสิ่งแปลกปลอมนั้น เราสามารถพบ eosinophils จำนวนมากที่ระบบย่อยอาหารและผิวหนัง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มักมีการติดเชื้อจากปรสิตได้ง่าย

Basophils มีแกรนูลบรรจุด้วย histamine ซึ่งเป็นสาเหตุของการอักเสบ และการขยายตัวของหลอดเลือด หลอดเลือดรั่ว ทำให้มีการบวมของเนื้อเยื่อ เมื่อมีสิ่งแปลกปลอมบุกรุกเข้ามาในเนื้อเยื่อ basophil จะตอบสนองโดยการหลั่งสิ่งที่อยู่ในแกรนูล นอกจากนั้น histamine ยังส่งสัญญาณเคมี เรียกเม็ดเลือดขาวตัวอื่นๆ

มายังตำแหน่งนั้นมากขึ้น เพื่อช่วยกันกำจัดเชื้อโรค

Monocytes หรือ macrophage (ซึ่งเป็น monocytes ที่ออกจากกระบบไหลเวียนโลหิตไปฝังตัวอยู่ในเนื้อเยื่อ) มันไม่เลือกชนิดของสิ่งแปลกปลอมที่จะกำจัด ดังนั้น มันจึงกำจัดได้ทั้ง แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และ ปรสิต จึงได้ชื่อว่าเป็น นักกินผู้ยิ่งใหญ่ (big eater) และยังช่วย lymphocytes ในการกำจัดสิ่งแปลกปลอม และช่วยชักนำให้เกิดการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกัน

Lymphocytes มีทั้งส่วนที่อยู่ในกระแสเลือดและส่วนที่อยู่ในต่อมน้ำเหลือง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบภูมิคุ้มกัน lymphocytes มี 2 ชนิดคือ T-cell และ B-cell เหตุที่เรียก T-cell เพราะว่าเจริญเติบโตเต็มที่ในต่อม Thymus ดังนั้น T-cell จึงมีความจำเพาะเจาะจงต่อสิ่งแปลกปลอมภายนอก โดย T-cell จะนำตัวมันเอง เข้าไปปะทะโดยตรงกับสิ่งแปลกปลอมหรือผู้รุกราน ส่วน B-cell จะมีการสร้าง antibodies ออกมาทำลายสิ่งแปลกปลอมนั้นๆ ภายหลังจากถูกกระตุ้นแล้ว

เซลล์เกล็ดเลือด (blood platelets หรือ platelets หรือ thrombocytes)

เป็นเซลล์ที่ไม่สมบูรณ์ เพราะเป็นชิ้นส่วนซึ่งแตกตัวมาจาก megakaryocyte ซึ่งเจริญมาจาก megakaryoblast โดยการแบ่งเซลล์แบบ endomitosis หลายๆ ครั้ง โดยนิวเคลียสที่ถูกแบ่งจะมีรูปร่างเป็นไม่แน่นอน และมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากมีชุดของ chromosomes เพิ่มขึ้นเป็น 4n, 8n, 16n, 32n ตามลำดับ ส่วน cytoplasm จะไม่มีการแบ่ง เมื่อเซลล์โตเต็มที่ cytoplasm จะมีการแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ โดย plasma membrane จะแทรกตัวเข้าไปเป็นขอบเขตในการแบ่ง และในที่สุดไซโตพลาสซึมก็จะแตกออกมา ชิ้นส่วนที่แตกออกมานั้น เราจะเรียกว่า เกล็ดเลือด (blood platelets หรือ thrombocytes) ซึ่งมีความสำคัญในการช่วยการแข็งตัวของเลือดเพื่อห้ามเลือดเมื่อเกิดบาดแผล

เราจะพบอะไรในพลาสมา (blood plasma)

ในเลือดจะมีปริมาตรของพลาสมาประมาณร้อยละ 55 ของเลือดทั้งหมด โดยในพลาสมาจะเป็นน้ำถึงร้อยละ 90 พลาสมาทำหน้าที่ขนส่ง อาหาร ของเสีย ฮอรโมน

คาร์บอนไดออกไซด์ โดยมี protein เป็นส่วนประกอบสำคัญ ซึ่ง protein นี้จะไม่สามารถออกนอกหลอดเลือดได้ แต่จะช่วยรักษาปริมาตรและสภาวะกรด-ด่างของเลือดให้คงที่ มีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกันและการแข็งตัวของเลือด protein ส่วนใหญ่สร้างมาจากตับ เช่น albumin เป็น protein ที่พบจำนวนมาก ที่มีบทบาทในการเป็นบัฟเฟอร์ และเป็นตัวรักษาระดับแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ส่วน gamma globulin เป็น protein ที่เป็นภูมิคุ้มกันต่อต้านเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมชนิดต่างๆ หรือ antibodies นั้นเอง

เลือดแข็งตัวได้อย่างไร

กระบวนการแข็งตัวของเลือดมีอยู่ 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

1. การหดตัวของหลอดเลือด
2. การสร้างลิ่มเลือดปิดปากแผลโดย platelet
3. การแข็งตัวของเลือด

หลอดเลือดที่ได้รับบาดเจ็บจะมีการหดตัว เพื่อช่วยให้ขนาดของปากแผลเล็กลง ทำให้เกิดการแข็งตัวของเลือดได้ง่ายและไม่เสียเลือดมาก ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

- มี reflex ซึ่งถูกกระตุ้นโดย pain receptor ให้อยู่นิ่งจาก สิ่งที่ทำให้บาดเจ็บนั้น
- มีการหลั่งสารต่างๆ ที่เก็บไว้ในเกล็ดเลือด และ endothelial cell (เซลล์ที่บุผนังภายในหลอดเลือด)
- มีการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด ทำให้ปากแผลเล็กลง เพื่อลดการเสียเลือด

เกล็ดเลือด (platelets) ที่อยู่ในบริเวณที่เกิดการบาดเจ็บจะเริ่มการทำหน้าที่ของมันอย่างรวดเร็ว (โดยเฉพาะพวกแรกที่เข้าไปอุดบาดแผล ที่ปล่อยสารเคมีเรียกเกล็ดเลือดตัวอื่นๆ มาช่วยกัน แล้วรวมตัวเป็นลิ่มเลือด) ปกติแล้วเกล็ดเลือดจะไม่เกาะติดกับหลอดเลือด แต่ว่าบริเวณหลอดเลือดที่มีการบาดเจ็บ เกล็ดเลือดจะมีการเกาะติดกับหลอดเลือด เปลี่ยนแปลงรูปร่าง ปล่อยสารเคมีต่างๆ ออกมา สารบางตัวจะทำให้หลอดเลือดหดตัว บางตัวเป็นสัญญาณที่จะเรียกเกล็ดเลือดตัวอื่นๆ มาช่วยกันทำงานที่บริเวณนี้ ปฏิกริยานี้ถือว่าเป็น positive feedback เมื่อเกล็ดเลือดมาถึงก็จะรวมตัวกันเป็นกำแพงเพื่อกันไม่ให้เลือดออกไปนอกหลอดเลือด

การแข็งตัวของเลือด (coagulation) เป็นกระบวนการเปลี่ยน protein ซึ่งปกติจะละลายในเลือดให้เป็นร่างแห fibrous เพื่อปิดเส้นเลือดที่เกิดบาดแผล มีขั้นตอนโดยสรุป คือ platelet จะหลั่งสารเคมีไปกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยน prothrombin ไปเป็น thrombin จากนั้น thrombin จะไปกระตุ้น fibrinogen ไปเป็น fibrin ซึ่ง fibrin จะรวมตัวกันเป็นร่างแห ปิดบริเวณเส้นเลือดที่เกิดบาดแผล คอยจับกับเกล็ดเลือด ทำให้เกิดลิ่มเลือดขึ้น และร่างแหนี้จะมีลักษณะคล้ายกับวัน

ตัวอย่างความผิดปกติของการแข็งตัวของเลือด ฮีโมฟีเลีย (Hemophilia) คือ โรคเลือดทางพันธุกรรม ซึ่งเกิดจากปัจจัยการแข็งตัวของเลือดชนิดที่ 8 (clotting factor VIII; FVIII ซึ่งเป็นโปรตีนในจำนวนทั้งหมด 13 ชนิด) ที่สร้างไม่ได้เลยหรือสร้างได้น้อย เนื่องจากยีนที่ควบคุมการสร้างผิดปกติ ผู้ป่วยฮีโมฟีเลียโดยมากเป็นผู้ชาย เพราะว่ายีนกำหนดการสร้าง FVIII อยู่บนโครโมโซม X และมีการถ่ายทอดแบบ X-linked recessive การรักษาทำได้โดยการเติมโปรตีนที่ทำให้เลือดแข็งตัวชนิดที่ 8 (FVIII) ทดแทนส่วนที่ขาดหายไป แต่เดิมจะใช้ FVIII จากเลือดบริจาคในการรักษา แต่ปัจจุบันสามารถใช้ recombinant FVIII ได้ผลดี ผู้ป่วยมีโอกาสได้รับเชื้อตับอักเสบ และเอดส์น้อยลง แต่ยังมีข้อจำกัดอยู่ในเรื่องราคาแพง

หมู่เลือดของเรา

เซลล์เม็ดเลือดแดงก็คล้ายกับเซลล์อื่นๆ ทั่วไปใน

ร่างกาย คือ มีไกลโคโปรตีนที่มีความจำเพาะฝังอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ ไกลโคโปรตีนนี้เองทำหน้าที่เป็นแอนติเจนหรือเป็นตัวบ่งบอกหรือเป็นลักษณะจำเพาะของเซลล์ของร่างกาย สามารถใช้ตรวจจับได้ว่าเป็นพวกเดียวกัน แยกออกจากสิ่งแปลกปลอมที่ต่างพวกกันหรือศัตรู มีแอนติเจนหลายชุดที่แตกต่างกัน ที่ใช้ในการแยกหมู่เลือด แต่ที่สำคัญมี 2 ระบบ คือ หมู่เลือดระบบ ABO และหมู่เลือดระบบ Rh การมีหรือไม่มีแอนติเจนมีความสำคัญอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นหมู่เลือด O-positive หรือ B-negative สิ่งที่เป็นตัวกำหนดก็คือ การมีหรือการขาดแอนติเจนนั้นๆ นั่นเอง

หมู่เลือดระบบ ABO ถ้าคุณมีหมู่เลือด A เซลล์เม็ดเลือดแดงของคุณจะมีแอนติเจนชนิด A บนเยื่อหุ้มเซลล์ และจะมีแอนติบอดี (antibody) ชนิด B ที่คอยดักจับทำลายแอนติเจน (antigen) ชนิด B ที่เป็นสิ่งแปลกปลอม สรุปคือ คนที่มีหมู่เลือด A จะมีแอนติเจนชนิด A (A antigen) และแอนติบอดีชนิด B (anti-B) ถ้าคนที่หมู่เลือดนี้ได้รับการเติมเลือดจากผู้ที่มีหมู่เลือด B, anti-B ในคนที่หมู่เลือด A (ผู้รับ) ก็จะไปทำลายเซลล์ที่แปลกปลอมเข้ามา เกิดปฏิกิริยาการจับตัวของเลือดเป็นตะกอนและแตกสลายในที่สุด (hemolytic transfusion reaction) แต่ถ้าคนเดียวกันนี้ได้รับเลือดจากคนที่หมู่เลือด A จะไม่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว เนื่องจาก antibody ของผู้รับไม่จดจำเซลล์ที่มี A antigen ว่ามันเป็นสิ่งแปลกปลอมเพราะมีแอนติเจนที่เหมือนกับตนเอง

สรุปความสัมพันธ์ของ antigen และ antibody ของ คนที่มีหมู่เลือดต่าง ๆ

Blood Group	Antigen(s) on RBC	Antibody(ies) in Serum or Plasma
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	A & B	none
O	none	Anti-A & Anti-B

สำหรับคนที่หมู่เลือด O (ในคนไทยจะพบหมู่เลือดชนิดนี้มากที่สุด) จะสามารถรับเลือดหมู่ใดได้บ้างนั้น ต้องดูว่า antibody ของคุณจะทำปฏิกิริยากับ antigen ของผู้ให้หรือไม่ ถึงแม้ว่าเลือดของผู้ให้จะมี antibody แต่มันก็ไม่ใช่ว่าจะสำคัญ ในการเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอน เพราะมันได้ถูกเจือจางไปในเลือดทั่วร่างกายของผู้รับแล้ว ถ้าคุณมีหมู่เลือด O จะไม่มี antigen บนผิวของเยื่อหุ้มเซลล์ แต่จะมีทั้ง antibody-A และ antibody-B ดังนั้นคุณสามารถรับเลือดชนิดหมู่ O ได้เพียงหมู่เดียวเท่านั้น

ถ้าคุณมีหมู่เลือด AB ที่ผิวเยื่อหุ้มเซลล์จะมีทั้ง antigen ชนิด A และ B ดังนั้นคุณสามารถจะรับเลือดได้ทุกหมู่เลือด เพราะไม่มี antibody คอยจับสิ่งแปลกปลอม เราเรียกบุคคลผู้นี้ว่า “ผู้รับสากล” สำหรับบุคคลที่เป็นผู้ให้สากล (สามารถให้เลือดได้แก่คนทุกหมู่เลือด โดยไม่เกิดปฏิกิริยาการตกตะกอน) นั่นก็คือผู้ที่มีหมู่เลือด O เนื่องจากไม่มี antigen บนผิวเซลล์เม็ดเลือดแดงเลย

หมู่เลือดระบบ Rh เป็นหมู่เลือดที่สำคัญรองลงมาจากระบบ ABO โดยชื่อ Rh นี้ได้ย่อมาจากชื่อลิง rhesus ซึ่งตรวจพบ Rh antigen เป็นครั้งแรก คนที่มี Rh (D) antigen บนผิวเม็ดเลือดแดง จะเรียก Rh positive (Rh⁺ หรือ D⁺) ถ้าไม่มีจะเรียก Rh negative (Rh⁻ หรือ D⁻ หรือ d) ระบบ Rh นี้ต่างจากระบบ ABO ตรง antibody ไม่ได้มีขึ้นมาตัวเอง แต่จะมีได้เมื่อได้รับการกระตุ้นจาก antigen ที่ตนเองไม่มีก่อน ซึ่งโดยปกติแล้วถ้าร่างกายได้รับ antigen แปลกปลอม ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายจะสร้าง antibodies ขึ้นเพื่อต่อสู้กับ antigen แปลกปลอมนี้ในครั้งต่อไป ยกตัวอย่างเช่น หญิงที่มีเลือดเป็น Rh⁻ แต่งงานกับชายที่มีหมู่เลือดเป็น Rh⁺ แล้วมีทารกในครรภ์เป็น Rh⁺ ซึ่งถ่ายทอดมาจากพ่อ ขณะที่คลอดเลือดของลูกจะผ่านรกเข้าไปในกระแสเลือดของแม่ และไปกระตุ้นแม่ซึ่งเป็น Rh⁻ ดังที่กล่าวตอนต้นแล้วว่าในร่างกายของคนที่เป็น Rh⁻ จะไม่มี Rh antigen อยู่ ดังนั้น Rh antigen จากเลือดของลูกก็เปรียบเสมือนกับ antigen แปลกปลอมที่เข้าไปยังร่างกายของแม่ ส่งผลให้ร่างกายของแม่สร้าง antibodies ขึ้นต่อต้าน ลูกคนแรกที่เกิดมาจะไม่มีภาวะผิดปกติ แต่ถ้าสามีภรรยาคู่นี้มีบุตรต่อไป

และมีหมู่เลือดเป็น Rh⁺ อีก เลือดของแม่จะสร้าง antibodies เพิ่มขึ้นซึ่ง Rh antibodies ดังกล่าว จะมีบางส่วนผ่านรกเข้าไปยังกระแสเลือดของทารกคนใหม่ ทำให้เม็ดเลือดแดงมีการจับกลุ่มตกตะกอนขึ้นเรียกว่า erythroblastosis fetalis ทารกจะเกิด hemolytic anemia (โลหิตจางอย่างรุนแรง) และ jaundice (ดีซ่าน) ขึ้น

การรักษาในปัจจุบัน แม่ที่มี Rh⁻ จะได้รับการฉีดยาที่เรียกว่า Rhogam (gam = gamma globulin ซึ่งเป็น protein ในเลือดที่ทำหน้าที่เป็น antibody ต่อ D antigen หรือ anti-D นั่นเอง) Rhogam จะป้องกันไม่ให้ร่างกายของแม่สร้าง antibodies ต่อ Rh antigen และป้องกันการเข้ากันไม่ได้ของหมู่เลือด Rh ในการตั้งครรภ์ครั้งต่อไป จึงส่งผลให้ลดโอกาสของทารกที่จะเกิดมาเป็นโรค erythroblastosis fetalis ลงได้

การเตรียมผลิตภัณฑ์เลือดหรือส่วนประกอบเลือด

เลือดบริจาคที่จะนำมาเตรียมผลิตภัณฑ์เลือดหรือแยกส่วนประกอบเลือดจะต้องผ่านกระบวนการบริจาคเลือดตามมาตรฐานการคัดกรองผู้บริจาค คือ

1. อายุ 17-60 ปี
2. น้ำหนัก 45 กิโลกรัมขึ้นไป
3. บริจาคเลือดครั้งที่แล้วมานานมากกว่า 12 สัปดาห์
4. มีสุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว
5. ยินดีบริจาคเลือดโดยไม่หวังสิ่งตอบแทนใดใด
6. ยินยอมให้มีการตรวจโรคติดต่อทางเลือดได้เมื่อได้เลือดบริจาคมาแล้ว เลือดหน่วยหรือถุงนั้นจะต้องได้มาตรฐาน คือ
 1. บรรจุในถุงเลือดพลาสติกชนิด double, triple หรือ quadruple bags
 2. ใช้เวลาเจาะเก็บไม่เกิน 7 นาที หลังสอดเข็มเข้าสู่หลอดเลือดดำ
 3. มีอัตราการไหลของเลือดสม่ำเสมอขณะเก็บเลือด
 4. มีปริมาตร 450 มิลลิลิตร
 5. เก็บไว้ในอุณหภูมิประมาณ 20-22 °C ตลอดเวลาขณะขนส่งหรือขณะเก็บก่อนการแยกส่วนประกอบเลือด

นอกจากนี้ เพื่อให้สามารถจ่ายส่วนประกอบเลือดให้ผู้ป่วยได้หลังเตรียมเสร็จแล้ว จะต้องมีการตรวจกรองเลือดบริจาคไปพร้อมๆ กับการการแยกส่วนประกอบเลือดซึ่งจะต้องตรวจ

1. หมู่เลือด ABO (ทั้ง direct หรือ cell หรือ forward grouping และ serum หรือ indirect หรือ reverse grouping) และหมู่เลือด Rh

2. ตรวจหา unexpected antibodies ใน serum ผู้บริจาค

3. ตรวจหาโรคติดต่อทางเลือด ได้แก่ HIV/AIDS (anti-HIV และ HIV-antigen), hepatitis (HbSAg และ anti-HCV) และ syphilis (VDRL หรือ RPR) ซึ่งจะต้องได้ผล non-reactive ทั้งหมด จึงจะนำส่วนประกอบเลือดไปให้ผู้ป่วยได้

เมื่อผ่านกระบวนการบริจาคเลือดตามมาตรฐาน และมีการตรวจกรองเลือดไปพร้อมกันแล้ว การเตรียมผลิตภัณฑ์เลือดหรือแยกส่วนประกอบเลือด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เลือดชนิดต่างๆ หลายชนิดตามความต้องการของผู้ป่วยแต่ละรายที่ไม่เหมือนกัน เป็นการใช้ประโยชน์อย่างสูงสุดจากเลือดบริจาคที่มีอยู่อย่างจำกัด การเตรียมผลิตภัณฑ์เลือดหรือแยกส่วนประกอบเลือดใช้หลักการการปั่นแยกให้ตกตะกอน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

1. Refrigerated centrifuge
2. Balance
3. Plasma extractor
4. Refrigerator
5. Freezer
6. Plastic tube sealer
7. Plastic tube connector
8. Platelet agitator
9. Cooling water bath

การปั่นแยกส่วนประกอบเลือด

1. นำเลือดบริจาค (fresh whole blood) มาปั่นเบาในเครื่อง refrigerated centrifuge ความแรงประมาณ 250-300 x g นาน 10 นาที อุณหภูมิ 20-22 °C

2. นำถุงเลือดที่ปั่นเบาแล้วมาบีบแยก platelet rich plasma (PRP) ออกไปสู่ satellite bag ที่ 1 ด้วย

plasma extractor ซึ่งจะได้ PRP ปริมาตรประมาณ 250 มิลลิลิตร ส่วนที่เหลือใน primary bag จะเป็น packed red blood cells (PRC) ปริมาตรประมาณ 250 มิลลิลิตร ผึ่งท่อพลาสติกที่ต่อระหว่างถุงด้วย plastic tube sealer ตัดแยก 2 ถุงออกจากกัน ส่วนของ PRC นำไปเก็บใน refrigerator อุณหภูมิ 4-6 °C

3. นำถุง PRP มาปั่นหนักในเครื่อง refrigerated centrifuge ความแรงประมาณ 800-1000 x g นาน 10 นาที อุณหภูมิ 20-22 °C

4. นำถุง PRP ที่ปั่นหนักแล้วมาบีบแยก platelet poor plasma (PPP) ออกไปสู่ satellite bag ที่ 2 ด้วย plasma extractor ซึ่งจะได้ PPP ปริมาตรประมาณ 200 มิลลิลิตร ส่วนที่เหลือใน satellite bag ที่ 1 จะเป็น packed platelets และมี PPP ปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร เหลืออยู่ ผึ่งท่อพลาสติกที่ต่อระหว่างถุงด้วย plastic tube sealer ตัดแยก 2 ถุงออกจากกัน ส่วนของ packed platelets ที่มี PPP ผสมอยู่ นำไปเก็บใน platelet agitator อุณหภูมิ 20-22 °C เขย่าหรือหมุนตลอดเวลา จะได้เป็น platelet concentrate (PC)

5. นำถุง PPP ไปเก็บใน freezer อุณหภูมิ -20 °C เก็บได้นานประมาณ 1 ปี จะได้เป็น fresh frozen plasma (FFP)

6. นำถุง FFP มาแช่ใน cooling water bath 4 °C นานประมาณ 1-2 ชั่วโมง จะได้ cryoprecipitate หรือ coagulation factor VIII มีลักษณะคล้ายวุ้นขาวขุ่นแขวนลอยอยู่ใน plasma

7. นำถุง FFP ที่ละลายแล้วที่ 4 °C นั้น มาปั่นหนักมากในเครื่อง refrigerated centrifuge ความแรงประมาณ 800-1000 x g นาน 20 นาที อุณหภูมิ 4 °C

8. นำถุง FFP ที่ปั่นหนักมากแล้วมาบีบแยก plasma ออกไปสู่ satellite bag ที่ 3 ด้วย plasma extractor ซึ่งจะได้ plasma ปริมาตรประมาณ 180 มิลลิลิตร ส่วนที่เหลือใน satellite bag ที่ 2 จะเป็น cryoprecipitate และมี plasma ปริมาตรประมาณ 20 มิลลิลิตรเหลืออยู่ ผึ่งท่อพลาสติกที่ต่อระหว่างถุงด้วย plastic tube sealer ตัดแยก 2 ถุงออกจากกัน ส่วนของ cryoprecipitate ที่มี plasma ผสมอยู่ นำไปเก็บใน freezer อุณหภูมิ -20 °C เก็บได้นานประมาณ 1 ปี จะได้เป็น cryoprecipitate หรือ

coagulation factor VIII concentrate

9. ส่วนของ plasma ใน satellite bag ที่ 3 นำไปเก็บใน freezer อุณหภูมิ -20 °C เก็บได้นานประมาณ 1 ปี จะได้เป็น single donor plasma (SDP)

โดยสรุป จะได้ผลิตภัณฑ์เลือดชนิดต่างๆ 5 ชนิด ได้แก่ PRC, PC, FFP, SDP และ Cryoprecipitate

นอกจากนี้ในผู้ป่วยบางรายที่อาจมีอาการแพ้ white blood cells (WBC) เช่น ผู้ที่เคยเติมเลือดเป็นประจำมาเป็นเวลานาน จะต้องกำจัด WBC ออกก่อนเติมให้กับผู้ป่วย โดยใช้ชุดกรอง ซึ่งการกรองก่อนเก็บจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการกรองก่อนการเติมให้ผู้ป่วย เนื่องจากในระหว่างการเก็บ WBC ซึ่งมีอายุสั้นจะตายและหลั่งสารต่างๆ ภายในออกมา เช่น cytokines, chemokines เป็นต้น ซึ่งจะไม่สามารถกรองออกไปได้ วิธีการอื่นที่สามารถลดจำนวน WBC ใน PRC และ PC ได้ เช่น การปั่นเลือดแบบกลับเอาหัวถุงลง (bottom up centrifugation) การใช้ถุงเลือดที่มีทางต่อออกทั้งด้านบนและด้านล่าง (top bottom connection) เป็นต้น หรือการฉายรังสีเพื่อฆ่า WBC ก็สามารถใช้ได้ในกรณีที่ต้องการกำจัด WBC

การใช้เลือดและผลิตภัณฑ์เลือด

Whole blood	Acute blood loss
	Injuries / accident
	Postpartum hemorrhage
	Exchange transfusion

Packed red blood cells	Severe anemia Leukemia & lymphoma Thalassemia
Platelet Concentrate	Thrombocytopenia with bleeding Dengue hemorrhagic fever Chemotherapy & radiotherapy
Single donor plasma	Burn Nephrotic syndrome
Fresh frozen plasma	Coagulation factors deficiency
Cryoprecipitate	Hemophilia A

เอกสารอ้างอิง

1. <http://starnet.esc20.net/anatomy/bloodtutorial.htm>
2. <http://www.bloodbank.com/product.html>
3. Jelkmann W. Erythropoietin: structure, control of production and function. *Physiol Rev* 1992; 72: 449-89.
4. Tabbara LA. Erythropoietin, biology and clinical applications. *Arch Intern Med* 1993; 153: 298-304.
5. ภาควิชาภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คู่มือปฏิบัติการธนาคารเลือด. 2533