

## บทความพิเศษ

# ความสำคัญของการตรวจหาแอนติบอดีในระบบ ABO

### ยุพา เอื้อวิจิตรอรุณ

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Karl Landsteiner ได้ค้นพบหมู่เลือด ระบบ ABO<sup>1</sup> ตั้งแต่ ค.ศ. 1900 โดยทำการทดลองในตัวอย่างเลือดของตนเอง และเพื่อนร่วมงานอีก 5 ราย ด้วยการทดสอบเม็ดเลือดแดงของแต่ละคน กับพลาสมาของทั้ง 6 คน ได้ผลการทดลอง ดังนี้ คือ ไม่พบการทำปฏิกิริยาระหว่างเม็ดเลือดแดงและพลาสมาของตนเอง ทั้ง 6 คน พบปฏิกิริยาจับกลุ่ม (agglutination) ระหว่างเม็ดเลือดแดง 2 คน กับพลาสมาของเพื่อนร่วมงานบางคน จึงกำหนดให้เรียกชื่อเม็ดเลือดแดงดังกล่าว เป็น หมู่ A และเม็ดเลือดแดงของผู้ร่วมงานอีก 2 คน ทำปฏิกิริยาจับกลุ่มกับพลาสมาของหมู่ A ทั้ง 2 คน เรียกเป็น หมู่ B ขณะที่เม็ดเลือดแดงของ Karl Landsteiner และ Adriano Sturli ไม่ทำปฏิกิริยากับพลาสมาใดๆ เลย จึงเรียกเป็นหมู่ O โดยมาจากอักษรตัวแรกของคำว่า “Ohne” ในภาษาเยอรมันซึ่งแปลว่า “without” หมายถึงไม่มี A/B antigen แสดงว่าหมู่เลือด ระบบ ABO มีทั้งแอนติเจนบนเม็ดเลือดแดงและแอนติบอดีในพลาสมาหรือซีรัม และไม่เกิดปฏิกิริยาใดๆ ระหว่างเม็ดเลือดแดงและพลาสมา/ซีรัมของตนเอง ต่อมาในปี ค.ศ. 1902 Adriano Sturli และ Alfred Decastello ผู้ร่วมงานของ Karl Landsteiner ก็ได้ค้นพบหมู่ AB เป็นหมู่เลือดลำดับที่ 4 ในระบบ ABO ซึ่งมีทั้ง A และ B antigens บนเม็ดเลือดแดง แต่ไม่มี anti-A/B หลังจากนั้นได้มีการค้นพบหมู่เลือดระบบต่างๆ อีกหลายระบบโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Karl Landsteiner ได้รายงานการพบหมู่เลือดระบบอื่นๆ นอกเหนือจาก ABO ได้แก่ Rh, P1PK, MNS จนได้รับการขนานนามว่าเป็นบิดาของหมู่เลือด ด้วยผลงานการค้นพบ ABO blood group system และการศึกษาค้นคว้าระบบของหมู่เลือดต่างๆ อย่างต่อเนื่อง Karl Landsteiner จึงได้รับ Noble Prize ในปี ค.ศ. 1930<sup>1</sup>

การค้นพบหมู่เลือดระบบต่างๆ เป็นไปอย่างต่อเนื่องจากการพบปัญหาของ hemolytic disease of the fetus and newborn (HDFN), hemolytic transfusion reaction (HTR), alloantibodies positive และ incompatible cross matching เป็นต้น ในปี ค.ศ. 1980 The International Society of Blood Transfusion Working Party on Blood Group System Classification ได้จัดหมวดหมู่ของระบบหมู่เลือด โดยอาศัยหลักการ 3 ข้อ<sup>2</sup> คือ

1. เรียกชื่อหมู่เลือดตามชื่อของแอนติเจนบนเม็ดเลือดแดง
  2. แอนติเจนนั้นจะต้องทำปฏิกิริยาจำเพาะกับ human alloantibody
  3. ต้องพิสูจน์ชนิด โครงสร้างโมเลกุลและตำแหน่งโครโมโซมของยีนที่ควบคุมการสร้างหมู่เลือดระบบนั้นได้
- ตั้งแต่พบหมู่เลือด ABO จนถึง ปี ค.ศ. 2014 ได้มีรายงานหมู่เลือดระบบต่างๆ แล้ว 35 ระบบ<sup>3</sup> โดย 33 ระบบ เป็นแอนติเจนของเม็ดเลือดแดง และอีก 2 ระบบ เป็น soluble antigen adsorped from plasma ประกอบด้วย Lewis system และ Chido/Roger system โดยมี major blood group system 9 ระบบ ได้แก่ ABO, MNS, P1PK, Rh(RH), Lutheran (LU), Kell (KEL), Lewis (LE), Duffy (FY) และ Kidd (JK)

ABO เป็นหมู่เลือดระบบที่ 1 (Blood group system No.1)<sup>2</sup> ยีนที่ควบคุมการสร้างแอนติเจนอยู่บนโครโมโซม คู่ที่ 9 เป็นหมู่เลือดที่มีความสำคัญในทุกเชื้อชาติ เนื่องจากเป็นหมู่เลือดระบบเดียวที่นอกจากมีแอนติเจนบนเม็ดเลือดแดงแล้ว ยังมี naturally occurring antibody หรือ regular antibody หรือ expected antibody<sup>4,5</sup> ที่ไม่จำเพาะกับชนิดของแอนติเจน เช่น หมู่ A มีแอนติเจน A และ anti-B หมู่ B มีแอนติเจน B และ anti-A หมู่ AB มีแอนติเจน A และ B โดยไม่มี anti-A และ anti-B ในขณะที่หมู่ O ไม่มีแอนติเจน A และ B จึงมีทั้ง anti-A, anti-B ร่วมกับ anti-A, B แอนติบอดีในระบบ ABO เกิดขึ้นได้โดยธรรมชาติจากการกระตุ้นของสารคล้ายแอนติเจนของเม็ดเลือดแดง (blood group antigen like substances) ซึ่งพบในอาหาร เชื้อจุลินทรีย์ และวัคซีนบางชนิด แอนติเจน ระบบ ABO นอกจากปรากฏบนเม็ดเลือดแดงแล้ว ยังพบบนเม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด (platelets) และปรากฏบน endothelial cells ของหลอดเลือดและอวัยวะต่างๆ เช่น ไต ตับ หัวใจ ตลอดจนในพลาสมาและสารคัดหลั่ง เช่น น้ำลาย น้ำหลังจากกระเพาะ เป็นต้น<sup>4,5</sup> ส่วนแอนติบอดีในระบบ ABO เป็นแอนติบอดีที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ (naturally occurring antibodies) ตอบสนองต่อการกระตุ้นของ ABO blood group like substances (A and B) ซึ่งพบในสิ่งแวดล้อม เช่น เชื้อจุลินทรีย์ พืช สารอาหาร และวัคซีนบางชนิด ที่แปลก

ปลอมจากแอนติเจนที่มีอยู่ กล่าวคือหมู่ A สร้าง anti-B หมู่ B สร้าง anti-A และหมู่ O ไม่มีทั้ง antigen A และ antigen B จึงสร้างทั้ง anti-A, anti-B และ anti-A,B นอกจากการกระตุ้นของ ABO blood group like substances แล้ว ในหญิงที่ผ่านการตั้งครรภ์ยังมีโอกาสได้รับการกระตุ้นจากเม็ดเลือดแดงของทารกอีกด้วย<sup>4,5</sup> แอนติบอดีในระบบ ABO นั้น ไม่ปรากฏตั้งแต่แรกเกิด anti-A และ anti-B ที่พบในทารกแรกเกิดเป็น IgG antibodies ของมารดาที่ผ่านรกมาสู่กระแสเลือดของทารก การสร้าง IgM anti-A และ anti-B เริ่มขึ้นตั้งแต่ อายุ 3-6 เดือน ขึ้นสู่ระดับสูงสุด เมื่ออายุ 5-10 ปี<sup>6</sup> Auf Der Maur C<sup>6</sup> ได้รายงานการศึกษาาระดับไโตเตอร์ของ ABO antibodies ในประชากรที่มีสุขภาพดี อายุ 61-97 ปี จำนวน 175 คน ทารกแรกเกิดและเด็กอายุ 0-17 ปี 170 คน ไม่สนับสนุนว่า ไโตเตอร์ของแอนติบอดีลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุสูงขึ้น ดังเช่นที่รายงานในอดีต<sup>4,5</sup> สตรีหมู่ O ที่ผ่านการตั้งครรภ์หลายครั้ง และผู้ที่รับประทานอาหารประเภท probiotic จะมีไโตเตอร์ของ ABO antibodies สูงได้<sup>7</sup> ในขณะที่ไโตเตอร์จะลดลงในผู้ที่รับประทานอาหารประเภท process food<sup>8</sup>

ไโตเตอร์ของ anti-A, anti-B แตกต่างกันในแต่ละบุคคล หมู่ O มีไโตเตอร์ของแอนติบอดีสูงกว่า หมู่ A และ B<sup>4</sup> การศึกษาาระดับของแอนติบอดีในผู้บริจาคโลหิตหมู่ O ชาวไทยกรุงเทพฯ<sup>9</sup> โดยทดสอบด้วยวิธี saline tube test ที่อุณหภูมิ 22-24°C พบไโตเตอร์ของ anti-B มีค่า 4-1024 สูงกว่า anti-A 1 dilution (4-512) โดยเพศหญิงมีไโตเตอร์สูงกว่าเพศชาย ผู้บริจาคโลหิตร้อยละ 84 มี anti-A titer  $\leq 64$  และร้อยละ 73 มี anti-B titer  $\leq 64$  การศึกษาในผู้บริจาคโลหิตจังหวัดหนองคาย<sup>10</sup> พบว่าหมู่ O มี ค่า IgM anti-A และ anti-B ไโตเตอร์สูงสุด 512 โดยร้อยละ 76 และร้อยละ 50 มี anti-A titer  $< 64$  และ  $< 128$  ตามลำดับ ในขณะที่ไโตเตอร์ของ IgG anti-A และ anti-B สูงสุดที่ระดับ 1,024 ร้อยละ 45 และร้อยละ 69 มี IgG anti-A และ anti-B  $\leq 128$

การศึกษาของ Mazda T และคณะ<sup>8</sup> เปรียบเทียบระหว่างผู้บริจาคโลหิตชาวญี่ปุ่น ลาว และไทย พบว่า ผู้บริจาคโลหิตชาวลาวมีระดับของ anti-A และ anti-B สูงกว่า ผู้บริจาคโลหิตชาวไทยและญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังพบว่า ไโตเตอร์ของแอนติบอดีในผู้บริจาคโลหิตชาวญี่ปุ่นลดลงอย่างมากในระยะเวลา 15 ปี (1986-2005) สนับสนุนว่าระดับของแอนติบอดีระบบ ABO เป็นผลจากปัจจัยของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัฒนธรรมการรับประทานอาหาร ซึ่งชาวลาวยังรับประทานอาหารธรรมชาติมากกว่าชาวญี่ปุ่นและไทยซึ่งนิยมอาหารปรุงแต่งมากขึ้น<sup>8</sup>

Anti-A, anti-B และ anti-A,B ประกอบด้วย IgM, IgG และอาจพบ IgA ในปริมาณน้อย ทำปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิ 22-24°C หรือต่ำกว่า สามารถทำปฏิกิริยาได้ถึง 37°C และถ้ามี complement ร่วมด้วยก็จะทำให้เม็ดเลือดแดงแตก ทั้งในหลอดทดลอง (in vitro) และในหลอดเลือด (intravascular hemolysis)<sup>4,5</sup> anti-A,B เป็น combined antibody ที่พบในหมู่ O ทำปฏิกิริยากับโครงสร้างบางส่วนที่เหมือนกัน ของ A และ B antigens ไม่สามารถที่จะดูดซับออกได้ด้วย A cells และหรือ B cells กล่าวคือ เมื่อดูดซับ anti-A,B ด้วย A cells แล้วนำ eluate ที่ได้ ไปทดสอบกับเม็ดเลือดแดงหมู่ A และ B ก็ยังคงทำปฏิกิริยากับ A cells และ B cells<sup>11</sup> นอกจาก anti-A, anti-B และ anti-A,B แล้ว ยังอาจพบ anti-A<sub>1</sub> ในหมู่ A<sub>2</sub> ร้อยละ 1-8 และ ร้อยละ 22-35 ในหมู่ A B ซึ่งมีเฉพาะ A antigen ไม่มี A1 antigen anti-A<sub>1</sub> ส่วนใหญ่เป็น IgM cold antibody ไม่จับกับ complement แต่กรณีที่ทำปฏิกิริยาได้ถึง 37°C อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาแทรกซ้อนในร่างกายได้ จึงควรให้เม็ดเลือดแดง (red cells) หมู่ A<sub>2</sub> หรือหมู่ O เป็นทางเลือกที่ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิด hemolytic transfusion reaction<sup>11</sup>

เนื่องจาก หมู่เลือด ABO เป็นระบบเดียวที่มี regular naturally occurring antibodies ประกอบด้วย anti-A, anti-B และ anti-A,B แอนติบอดีในระบบ ABO จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการรักษาพยาบาลที่มีความสัมพันธ์กับแอนติเจนในระบบ ABO ได้แก่ การตรวจหาหมู่เลือด ABO (ABO grouping) การรักษาด้วยส่วนประกอบของเลือด (blood component therapy) การปลูกถ่ายอวัยวะ (organ transplantation) และการปลูกถ่ายเซลล์ต้นกำเนิด (hematopoietic stem cell transplantation)

### การตรวจหาหมู่เลือด ABO (ABO grouping)

การตรวจหมู่เลือด ระบบ ABO ประกอบด้วย การตรวจหาแอนติเจนบนเม็ดเลือดแดง (cell grouping or forward typing) ด้วย specific ABO antisera : anti-A, anti-B และ anti-A,B และการตรวจหาแอนติบอดีในซีรัม/พลาสมา (serum grouping or reverse typing) ด้วย reagent red cells A, B และ O ทั้งนี้กรณีที่ใช้ monoclonal antisera สำหรับ cell grouping สามารถใช้เฉพาะ anti-A และ anti-B<sup>12</sup> ได้ แต่การใช้ anti-A,B ร่วมด้วย ก็จะเป็นการควบคุมคุณภาพของวิธีตรวจที่ช่วยยืนยันว่าเป็นหมู่ O เมื่อ ปฏิกิริยากับ anti-A,B ให้ผลลบ และมีใช้หมู่ O เมื่อทดสอบกับ anti-A,B ให้ผลบวก เช่นเดียวกับ serum grouping กรณีที่ทดสอบกับ A cells, B cells และ O cells ถ้าได้ปฏิกิริยาผลบวกทั้ง agglutination และหรือ hemolysis กับ O cells

ชี้ให้เห็นว่าน่าจะมีปัญหาในซีรัม/พลาสมา ซึ่งจะช่วยให้ตระหนักถึงความไม่สอดคล้องกันระหว่าง cell และ serum grouping ซึ่งอาจมีสาเหตุจาก ABO subgroups หรือ ปัญหาจากพยาธิ สรีระ ที่มีต่อระบบเลือดของร่างกาย

การแปลผลหมู่เลือด ABO ประกอบด้วย ผลการตรวจหาแอนติเจนจาก cell grouping และ ชนิดของแอนติบอดีที่ได้จาก serum grouping ซึ่งต้องได้ผลสอดคล้องกัน จึงจะแปลผลหมู่เลือดได้ กล่าวคือ หมู่ A มี A antigen และ anti-B หมู่ B มี B antigen และ anti-A หมู่ AB มี ทั้ง A และ B antigen แต่ไม่มี anti-A/B ส่วนหมู่ O ไม่มี antigen A/B แต่มีทั้ง anti-A, anti-B และ anti-A,B โดยทั่วไปการตรวจหาหมู่เลือด ABO cell grouping วิธีทดสอบด้วย monoclonal ABO antisera จะให้ปฏิกิริยาผลบวกความแรง 4+ และ serum grouping ให้ผลปฏิกิริยาการทดสอบระหว่าง ซีรัม กับ standard A cells/B cells ความแรง 4+ หรือ ถ้าตัวอย่างทดสอบใหม่อายุไม่เกิน 3 วัน ซึ่งมี complement ในซีรัม อาจให้ผล complete hemolysis (H)

หรือ partial hemolysis (PH) ซึ่งไม่มีปัญหาในการแปลผล หรือไม่พบความไม่สอดคล้องกันระหว่างผลการตรวจระหว่าง cell และ serum grouping แต่บางกรณีอาจพบความไม่สอดคล้องกันระหว่าง cell และ serum grouping (ABO discrepancy) เช่น กรณีของ ABO subgroups (Table 1) และกรณีปัญหาอื่นๆ ที่ต้องตรวจพิสูจน์และยืนยันผลต่อไป ดังตัวอย่างผลการตรวจครั้งแรก ใน Table 2

### ABO antibodies กับ การให้ส่วนประกอบของโลหิต

#### (ABO antibodies and blood components transfusion)

ดังได้กล่าวแล้วว่า หมู่เลือด ABO มีทั้งแอนติเจนบนเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด ขณะเดียวกันก็มี anti-A/B ในพลาสมา ดังนั้นการให้ส่วนประกอบของเลือดทุกชนิด จึงต้องคำนึงถึงแอนติเจน และ แอนติบอดี ระหว่าง ผู้รับและผู้ให้ เนื่องจากในปัจจุบันการให้เลือดครบส่วน (whole blood) มีน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามในกรณีที่ให้ whole blood ซึ่งมีทั้งเม็ด

**Table 1** Serologic reactions observed in A and B subgroups<sup>11</sup>

| Red cell phenotype | Red cell reactions with antisera or lectins |                  |                  |        | Serum reactions with reagent red cells |         |         | Saliva (secretor) |
|--------------------|---------------------------------------------|------------------|------------------|--------|----------------------------------------|---------|---------|-------------------|
|                    | Anti-A                                      | Anti-B           | Anti-A,B         | Anti-H | A <sub>1</sub> Cells                   | B Cells | O Cells |                   |
| A <sub>1</sub>     | 4+                                          | 0                | 4+               | 0      | 0                                      | 4+      | 0       | A & H             |
| A <sub>2</sub>     | 4+                                          | 0                | 4+               | 2+     | 0/2+*                                  | 4+      | 0       | A & H             |
| A <sub>3</sub>     | 2+ <sup>mf</sup>                            | 0                | 2+ <sup>mf</sup> | 3+     | 0/2+*                                  | 4+      | 0       | A & H             |
| A <sub>x</sub>     | 0/+                                         | 0                | 1-2+             | 4+     | 0/2+                                   | 4+      | 0       | H                 |
| A <sub>el</sub>    | 0                                           | 0                | 0                | 4+     | 0/2+                                   | 4+      | 0       | H                 |
| B                  | 0                                           | 4+               | 4+               | 0      | 4+                                     | 0       | 0       | B & H             |
| B <sub>3</sub>     | 0                                           | 1+ <sup>mf</sup> | 2+ <sup>mf</sup> | 4+     | 4+                                     | 0       | 0       | B & H             |
| B <sub>x</sub>     | 0                                           | 0/+              | 0/2+             | 4+     | 4+                                     | 0       | 0       | H                 |
| B(A)               | ±/2+                                        | 4+               | 4+               | 0      | 4+                                     | 0       | 0       | B & H             |

± = weak agglutination; 0 = no agglutination; mf = mixed-field agglutination

\*The occurrence of anti-A1 is variable in these phenotypes

**Table 2** Different patterns of ABO discrepancies between cell and serum grouping

| Pattern | Cell grouping |        |          | Serum grouping       |         |         | Probable blood group         |
|---------|---------------|--------|----------|----------------------|---------|---------|------------------------------|
|         | Anti-A        | Anti-B | Anti-A,B | A <sub>1</sub> Cells | B Cells | O Cells |                              |
| 1       | 0             | 4+     | 4+       | 4+                   | 2+      | 2+      | B with cold alloantibody/RF? |
| 2       | 4+            | 0      | 4+       | 2+                   | 4+      | 2+      | A with cold alloantibody/RF? |
| 3       | 2+            | 4+     | 4+       | 4+                   | 2+      | 2+      | B with autoantibody?         |
| 4       | 0             | 0      | 0        | 4+                   | 4+      | 4+      | O with cold alloantibody?    |
| 5       | 0             | 0      | 0        | H                    | H       | H       | O with hemolytic antibody?   |

0 = no agglutination; H = complete hemolysis; RF = Rouleaux formation

เลือดแดงและพลาสมา คือมีทั้ง ABO antigens/antibodies และผู้รับก็มีทั้ง ABO antigens/ antibodies เช่นกัน ดังนั้นจึงต้องให้ whole blood หมู่ ABO/Rh เดียวกันกับผู้ป่วยเท่านั้น ไม่มีทางเลือกอื่น

### Red blood cell transfusion

Red cells หรือ packed red cells หรือ เม็ดเลือดแดงเข้มข้น สามารถเตรียมได้หลายแบบ คือ ด้วยการแยกเอาเฉพาะ plasma ออก หรือแยกเอา plasma และ platelets ออก ก็จะได้เป็นเม็ดเลือดแดงเข้มข้น (packed red cells : PRC หรือ red cells : RC) หรือการปั่นแยกเอาเม็ดเลือดขาว พลาสมาและเกล็ดเลือดออก เรียกว่า Leukocyte poor red cells (LPRC) และการใช้ชุดกรองเม็ดเลือดขาวร่วมกับการปั่นแยกเอาพลาสมาและเกล็ดเลือดออก ก็จะได้เป็น leukocyte depleted red cells (LDPRC) ซึ่งจะมีเม็ดเลือดขาวเหลืออยู่น้อยกว่า  $1 \times 10^6$  เซลล์/ยูนิต การให้ RC, LPRC และ LDPRC เป็นการให้แอนติเจนของเม็ดเลือดแดงกับผู้รับซึ่งมี ABO antibodies (anti-A/B) ในร่างกายอยู่แล้ว ส่วนใหญ่ก็จะให้หมู่เลือด ABO ชนิดเดียวกับหมู่เลือดของผู้ป่วย แต่บางกรณีอาจจำเป็นต้องให้ RC ต่างหมู่ ABO ก็จะต้องพิจารณาให้เป็น compatible ABO blood group โดยต้องพิจารณาความเข้ากันได้ระหว่างแอนติบอดีของผู้รับและแอนติเจนบนเม็ดเลือดแดง ของผู้ให้ (Table 3)

### Plasma transfusion

Plasma ได้แก่ fresh plasma/fresh frozen plasma และ aged plasma ซึ่งประกอบไปด้วย ABO antibodies ตามชนิดของหมู่เลือด คือ anti-A ในหมู่ B, anti-B ในหมู่ A และหมู่ O มี anti-A, anti-B และ anti-A,B ถ้ามีได้ใช้พลาสมา

หมู่เดียวกันกับหมู่เลือดของผู้รับ ต้องพิจารณาให้พลาสมาที่เข้ากันได้ โดยพิจารณาชนิดของแอนติเจนบนเม็ดเลือดแดงของผู้รับกับแอนติบอดีในพลาสมา (Table 4)

### Platelet transfusion

การให้ platelet concentrates (PC) ทั้ง random platelet concentrates และ apheresis platelets ประกอบด้วย platelets ซึ่งนอกจากจะมี platelet specific antigens แล้วยังมี ABO antigens บนเซลล์ และมี ABO antibodies ในพลาสมา ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างมาก กล่าวคือ random PC 1 ยูนิต มีปริมาตรของพลาสมาประมาณ 40-70 มล.<sup>13</sup> และให้ผู้ป่วยในขนาด 0.1 ยูนิตต่อน้ำหนักตัว 1 กก. ถ้าน้ำหนัก 50 กก. ก็ควรได้รับ PC 5 ยูนิต ซึ่งจะมีปริมาณพลาสมาประมาณ 200-350 มล. ใกล้เคียงกับ single donor platelet (SDP) 1 ยูนิต (250-350 มล.)<sup>13</sup> ดังนั้นการให้ PC จึงต้องพิจารณา ทั้ง ABO antigens ของ platelets และ ABO antibodies ในพลาสมา การให้ PC หมู่ ABO เดียวกัน คือ ทางเลือกที่ดีที่สุด แต่ PC มีอายุสั้นมากเพียง 5 วัน หรือน้อยกว่าจากการรบกวนผลตรวจโรคติดเชื้อ และมีข้อจำกัดในการจัดเตรียมและสำรอง ทำให้ขาดแคลน PC หมู่เดียวกับผู้ป่วย จึงจำเป็นต้องให้ PC ต่างหมู่ ABO ซึ่งมีการให้ 2 แบบ<sup>14</sup> ได้แก่ Major incompatible คือ การให้ PC ที่มี ABO antigen เข้ากันไม่ได้กับ ABO antibodies ในผู้รับ แต่ในพลาสมาของ PC มี ABO antibody ที่เข้ากันได้กับ ABO antigen ของเม็ดเลือดแดงผู้รับ เช่น ให้ PC หมู่ AB แก่ผู้รับทุกหมู่หรือให้ PC หมู่ A หรือ B แก่ผู้รับ หมู่ O โดย PC จะต้องเม็ดเลือดแดงเจือปนน้อยที่สุด และ Minor incompatible คือ การให้ PC ที่มี ABO antigens ของเกล็ดเลือดเข้ากันได้กับ ABO antibodies ใน

**Table 3** ABO blood group and red cells transfusion

| Patient |                          | Red cells              |                        |                        |
|---------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Group   | Antibodies               | 1 <sup>st</sup> Choice | 2 <sup>nd</sup> Choice | 3 <sup>rd</sup> Choice |
| O       | Anti-A, Anti-B, anti-A,B | O                      | None                   | None                   |
| A       | Anti-B                   | A                      | O                      | None                   |
| B       | Anti-B                   | B                      | O                      | None                   |
| AB      | nil                      | AB                     | B or A                 | O                      |

**Table 4** ABO blood group and plasma transfusion

| Patient |         |                                          | Plasma                 |                        |
|---------|---------|------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Group   | Antigen | 1 <sup>st</sup> Choice: group (antibody) | 2 <sup>nd</sup> Choice | 3 <sup>rd</sup> Choice |
| O       | nil     | O (anti-A,anti-B,anti-A,B)               | B or A                 | AB                     |
| A       | A       | A (anti-B)                               | AB                     | None                   |
| B       | B       | B (anti-A)                               | AB                     | None                   |
| AB      | A+B     | AB (nil)                                 | None                   | None                   |



ร่างกายของผู้รับแต่มี ABO antibodies ในพลาสมาของ PC ที่เข้ากันไม่ได้กับ ABO antigens ของผู้รับ เช่น การให้ PC หมู่ O แก่ผู้รับ หมู่ A, B หรือ AB

Minor ABO incompatible platelet transfusion อาจทำให้เกิด acute hemolytic transfusion reaction จาก high titer ของ ABO antibodies ใน PC กับเม็ดเลือดแดงของผู้รับ<sup>14-19</sup> ส่วนใหญ่พบในกรณีของการให้ single donor PC ซึ่งมีปริมาตรของพลาสมา 200-400 มล.จากผู้บริจาครายเดียว แต่พบน้อยกว่าในการให้ pooled PC จากผู้บริจาคหลายคน ซึ่งมี anti-A/B titer แตกต่างกันไป มีการพิจารณาระดับของ anti-A/B จึงมีความเสี่ยงต่อการเกิด HTR น้อยกว่า<sup>19</sup> แต่ในทางตรงกันข้าม major ABO incompatible platelet transfusion ซึ่ง PC มีแอนติเจนที่จำเพาะกับ ABO antibodies ของผู้รับ ทำให้ไม่ตอบสนองต่อการรับ PC (platelet refractoriness)<sup>19</sup> และบางกรณี ABO antigen ใน PC ซึ่งแปลกปลอมกระตุ้นการสร้าง ABO antibodies สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในผู้รับ เกิด hemolytic reaction ทำลายเม็ดเลือดแดงของผู้ป่วย<sup>16</sup> อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษา ระดับของ ABO antibody titer ในพลาสมา หมู่ O และ B การเกิด acute hemolytic transfusion reaction ในรายงานต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเด็กและผู้ใหญ่<sup>14-19</sup> จึงได้มีคำแนะนำแนวทางการให้ PC หมู่ O ซึ่งมี ABO antigens บนเกล็ดเลือดเข้ากันได้กับ ABO antibodies ในผู้รับทุกหมู่ และมีปริมาณสำรองมากกว่าหมู่อื่น ให้เกิดปฏิกิริยาแทรกซ้อนน้อยที่สุด ด้วยการหาไตเตอร์ของ anti-A/B ในพลาสมาของ PC และเลือก low titer anti-A/B PC หมู่ O ซึ่งมี IgM anti-A/B  $\leq 64$  หรือ IgG anti-A/B  $\leq 256$  (ในกรณีที่ตรวจหา IgG antibodies titer ด้วย) เพื่อหลีกเลี่ยง high titer PC หรือ “dangerous group O platelet concentrate”<sup>14</sup> ซึ่งจะพบ high titer anti-A/B ประมาณร้อยละ 15-25 ในผู้บริจาคโลหิตชาวไทย<sup>9</sup> และประมาณร้อยละ 10-20 ในผู้บริจาคโลหิตชาวยุโรป<sup>14</sup> อนึ่ง ปัจจุบันพฤติกรรมการดำรงชีวิตที่เปลี่ยนไป มีการรับประทานอาหารปรุงแต่งมากขึ้น ลดการกระตุ้นจาก ABO blood group substances ในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จากอาหารธรรมชาติ ไตเตอร์ของ anti-A/B มีแนวโน้มลดลง<sup>9</sup> ส่งผลให้มี low titer anti-A/B ในผู้บริจาคโลหิตมากขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิด acute hemolytic transfusion reaction ได้ นอกจากนี้ การปั่นให้มีพลาสมาให้เหลือประมาณ 30% แล้วเติม additive solution ทดแทนปริมาตรของพลาสมาที่บรรด ก็จะเป็นอีกทางเลือกในการลดความเสี่ยงของ HTR จาก high titer anti-A/B และยังช่วยลดการเกิด allergic reaction และหรือ febrile reaction จากพลาสมาโปรตีน และ cytokines ด้วย<sup>20</sup>

ดังนั้น กรณีขาดแคลน identical ABO blood group PC การลดความเสี่ยงของการเกิด HTR จากการให้ minor incompatible ABO blood group PC สามารถทำได้ด้วยการให้ low titer anti-A/B ( $\leq 64$ ) หรือ ให้ plasma reduced PC ด้วยวิธี pooled random PC แล้วปั่นเอาพลาสมาออกให้เหลือเท่ากับ 1 ยูนิต หรืออาจเติม AB plasma หรือ platelet additive solution ทดแทนปริมาตรของพลาสมาที่ลดลง<sup>20,21</sup> อย่างไรก็ตามควรหลีกเลี่ยงการให้ incompatible PC แก่ทารก เด็กอายุน้อย และผู้ป่วยที่ต้องรักษาด้วยการให้เลือดอย่างต่อเนื่อง<sup>20</sup>

### แอนติบอดีในระบบ ABO กับการปลูกถ่ายอวัยวะ

#### (ABO antibodies and organ transplantation)

การปลูกถ่ายอวัยวะ เช่น การเปลี่ยนไต และตับ เป็นต้น เป็นวิธีการรักษาผู้ป่วยที่มีอาการอวัยวะล้มเหลวระยะสุดท้าย ซึ่งต้องพิจารณาความเข้ากันได้ ของ HLA antigen (human leukocyte antigen) ซึ่งเป็นแอนติเจนของเนื้อเยื่อ ระหว่างผู้ให้และผู้รับ แต่เนื่องจากแอนติเจนของระบบ ABO นอกจากจะปรากฏอยู่บนเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือดแล้ว ยังพบอยู่บนผิวเนื้อเยื่อของอวัยวะต่างๆ ตลอดจน endothelial cells ของหลอดเลือดด้วย ในขณะที่ anti-A/B ซึ่งเป็น regular natural occurring antibodies ประกอบไปด้วย IgM และ IgG antibodies ดังนั้น การปลูกถ่ายอวัยวะจึงต้องคำนึงถึง ABO antigen-antibodies เพื่อป้องกันการปฏิเสธอวัยวะของผู้ให้จาก anti-A/B ของผู้รับ และการกระตุ้นให้ผู้รับสร้างแอนติบอดีต่อ ABO antigens ที่แปลกปลอมของอวัยวะที่ปลูกถ่าย<sup>22-24</sup> ส่งผลให้เกิด hyper acute rejection ซึ่งเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลันภายในเวลาสั้น (นาที-ชั่วโมง) หรือ acute rejection หลังปลูกถ่ายภายในสัปดาห์ จาก high titer anti-A/B และการกระตุ้นให้สร้าง anti-A/B ระดับสูงขึ้นจาก ABO antigen ของอวัยวะ<sup>22</sup>

การปลูกถ่ายอวัยวะต้องพิจารณาความเข้ากันได้ของ ABO antigens และ antibodies ระหว่างผู้รับและผู้ให้ ลักษณะเดียวกับการให้เม็ดเลือดแดง (Table 3) จึงจะทำให้การปลูกถ่ายอวัยวะประสบความสำเร็จ แต่เนื่องจากจำนวนผู้ป่วยอวัยวะล้มเหลวระยะสุดท้าย เช่น end stage kidney disease รอรับการเปลี่ยนไตมีจำนวนมาก แต่ไตที่มีความเข้ากันได้ทั้ง HLA antigen และ ABO antigen-antibody มีจำนวนน้อย ผู้ป่วยบางรายต้องรอไตนานถึง 4 ปี ดังนั้น เพื่อช่วยชีวิตผู้ป่วย จึงได้มีการปลูกถ่ายอวัยวะแบบ ABO incompatibility<sup>22-25</sup> ด้วยหลักการป้องกันการปฏิเสธอวัยวะ<sup>25</sup> โดยสรุป คือ การตรวจหาระดับ IgM และ IgG ของ anti-A/B titer ก่อนการผ่าตัด (preoperative

titer) ด้วยวิธีทดสอบที่ถูกต้อง แม่นยำ ไม่ว่าจะใช้เทคนิคหลอดทดลอง (tube test) หรือ column agglutination ถ้ามี high titer IgG anti-A/B บ่งชี้ว่าอาจเกิดการปฏิเสธอวัยวะ (graft rejection) จาก antibody-mediated rejection ได้ preoperative titer ที่ยอมรับได้สำหรับ ABO incompatible kidney transplantation คือ  $\leq 32$  ทั้งนี้โดยการลดระดับ anti-A/B titer ของผู้รับด้วยการทำ plasma exchange หรือ double filtration plasma pheresis หรือ immune-adsorption ร่วมกับลดการสร้างแอนติบอดี (desensitization) จาก ABO แอนติเจนของอวัยวะผู้ให้ ด้วยยากกดภูมิคุ้มกัน (immunosuppressive drug) และหลังจากปลูกถ่ายอวัยวะแล้ว จะต้องควบคุมระดับของ anti-A/B ให้อยู่ในระดับต่ำ (low titer anti-A/B) อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ วิธีการที่นำมาใช้ ขึ้นอยู่กับแนวปฏิบัติของแต่ละสถาบัน

ความสำเร็จของการปลูกถ่ายอวัยวะขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ<sup>22</sup> คือ 1) ความเข้มของ ABO antigens ในอวัยวะผู้ให้ ตัวอย่างเช่น หมู่ A<sub>2</sub> มีปริมาณ A antigen น้อยมาก (1 ใน 5 ของหมู่ A<sub>1</sub>) มีความเป็น antigenicity ต่ำ กระตุ้นให้สร้างแอนติบอดีได้น้อย จึงไม่เป็นสาเหตุของ antibodies mediated rejection ใน ABO incompatible organ transplantation<sup>22,25</sup> 2) ผู้ป่วยต้องมี Low titer ABO antibodies ( $\leq 32$ ) ก่อนการผ่าตัด และ 3) รักษา ระดับ low titer anti-A/B หลังการปลูกถ่ายเป็นเวลานานอย่างน้อย 3-6 สัปดาห์

### ABO antibodies กับ การปลูกถ่ายเซลล์ต้นกำเนิด

#### (ABO antibodies and hematopoietic stem cell transplantation)

การปลูกถ่ายเซลล์ต้นกำเนิดหรือการปลูกถ่ายไขกระดูก เป็นวิธีการรักษาโรคเลือดบางชนิด เช่น มะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) มะเร็งต่อมน้ำเหลือง (lymphoma) ไขกระดูกฝ่อ (aplastic anemia) multiple myeloma และ thalassemia เป็นต้น เซลล์ต้นกำเนิดที่ใช้ในการปลูกถ่าย มี 2 ชนิดคือ เซลล์ของตนเอง (autologous hematopoietic stem cells) และเซลล์จากผู้บริจาค (allogeneic stem cells) ในกรณีของ allogeneic stem cell transplantation จะต้องพิจารณาความเข้ากันได้ของ HLA antigen และต้องพิจารณาหมู่เลือดระบบ ABO ด้วย ABO compatible ระหว่างผู้รับและผู้ให้ จะช่วยให้การปลูกถ่ายประสบความสำเร็จดีกว่ากรณีของ ABO incompatible แต่ ABO incompatible มีไข้ปฏิกิริยาขัดขวางการปลูกถ่ายเซลล์ต้นกำเนิด<sup>26-29</sup> ตลอดจนการให้เม็ดเลือดแดง และเกล็ดเลือดเข้มข้น ทั้งในระลอกก่อนการปลูกถ่าย (pre-transplantation : phase I) ระหว่างการปลูกถ่าย (transplantation : phase II) และหลังการปลูกถ่าย

(post transplantation : phase III) ก่อนที่เซลล์ต้นกำเนิดจากผู้บริจาคจะฝังตัวในผู้รับ และเปลี่ยนเป็นหมู่เลือดของผู้ให้ จะต้องมีการป้องกันการกำเริบการปฏิบัติกริยาของ ABO antibodies ในผู้รับที่จะทำปฏิกิริยากับ ABO antigens ของผู้ให้ทั้งที่มีอยู่เดิมและถูกสร้างขึ้นใหม่จากเซลล์ต้นกำเนิดที่ปลูกถ่าย เพื่อป้องกันการเกิดทั้ง acute และ delayed hemolytic transfusion reaction

กรณีของ ABO incompatible allogeneic hematopoietic stem cell transplantation ทั้ง major incompatibility (major mismatch) ซึ่งผู้รับได้รับ ABO antigens ที่แปลกปลอมจากผู้ให้ เช่น ผู้รับ หมู่ O ได้รับการปลูกถ่ายเซลล์ต้นกำเนิด หมู่ A, B หรือ AB และ minor incompatibility (minor mismatch) ซึ่งผู้ให้มีแอนติบอดีต่อแอนติเจนของผู้รับ เช่น ผู้รับหมู่ A, B ได้รับการปลูกถ่ายด้วยเซลล์หมู่ O ผู้รับหมู่ AB ได้รับ หมู่ O, A หรือ B และกรณีของ bidirectional incompatibility เช่น หมู่ A ได้รับเซลล์หมู่ B หมู่ B ได้รับเซลล์หมู่ A เป็นต้น Booth GS และคณะ<sup>29</sup> ได้สรุปลักษณะของปฏิกิริยาแทรกซ้อน สาเหตุ และแนวทางการลดความเสี่ยงต่อการปฏิเสธเซลล์ปลูกถ่าย (graft rejection) ดังแสดงใน Table 5 และแนวทางการให้เลือดในกรณีของ ABO incompatible hematopoietic stem cell transplantation ทั้งในช่วง pre-transplantation (phase I) ซึ่งนับตั้งแต่ได้รับการวินิจฉัยจนถึงการปลูกถ่าย ระยะที่ 2 (phase II) ระหว่างการปลูกถ่ายจนกระทั่งมีการฝังตัวของเม็ดเลือดแดงของเซลล์ผู้ให้ และระยะที่สาม (phase III) เป็นระยะที่การปลูกถ่ายเซลล์ต้นกำเนิดฝังตัวในผู้รับโดยสมบูรณ์ หมู่ ABO ของผู้รับเปลี่ยนเป็นหมู่ ABO ของผู้ให้ โดยยืนยันด้วยการทดสอบ direct antiglobulin test ของผู้รับให้ผลเป็นลบ และตามด้วยการตรวจหาหมู่เลือด ABO ทั้ง cell grouping และ serum grouping ในตัวอย่างเลือดผู้ป่วย 2 ครั้งที่เป็นอิสระต่อกันให้ผลเป็นหมู่ ABO ของผู้ให้ดังแสดงใน Table 6

### สรุป

แอนติบอดีของหมู่เลือดระบบ ABO ซึ่งเป็นหมู่เลือดระบบเดียวที่มี regular naturally occurring antibodies มีคุณสมบัติเป็นทั้ง IgM, IgG และมี IgA เล็กน้อย สามารถจับกับ complement ทำให้เกิด intravascular hemolysis ได้ และ ABO antigens นอกจากจะปรากฏอยู่บนเม็ดเลือดแดงแล้วยังพบอยู่บนเม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด พลาสมา น้ำลาย น้ำหลั่งจากกระเพาะอาหาร endothelial cells ของเนื้อเยื่อและหลอดเลือด ดังนั้น ABO antibodies จึงมีความสำคัญต่อกระบวนการรักษาพยาบาลต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ระหว่าง ABO antigens และ

**Table 5** Types of donor-recipient ABO incompatibilities<sup>29</sup>

| Mismatch type | ABO blood type |          | Potential clinical consequence                                 | Etiology                                                                                  | Potential interventions                                                                                                                               |
|---------------|----------------|----------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | Recipient      | Donor    |                                                                |                                                                                           |                                                                                                                                                       |
| Major         | O              | A, B, AB | - Acute hemolytic episode<br>- Delayed RBC engraftment         | - Transfusion of incompatible red blood cells<br>- Recipient anti-donor isohemagglutinins | - Red blood cell reduction of stem cell product                                                                                                       |
| Major         | A              | AB       | - Pure red blood cell aplasia                                  | - Loss of immature stem cells from processing with ABO antigens expressed on granulocytes | - Therapeutic plasma exchange in recipient to reduce isohemagglutinins before transplantation                                                         |
| Major         | B              | AB       | - Delayed granulocyte and platelet engraftment                 |                                                                                           | - Promote donor erythropoiesis via erythropoietin administration                                                                                      |
| Minor         | A              | O        | - Acute hemolytic episode                                      | - Donor plasma with elevated isohemagglutinin titers/small blood volume recipient         | - Plasma reduction                                                                                                                                    |
| Minor         | B              | O        | - Delayed hemolysis secondary to passenger lymphocyte syndrome | - Passenger lymphocytes producing isohemagglutinins                                       | - Continual clinical monitoring between days+5 and 15 for signs/symptoms of hemolysis (including laboratory monitoring with LDH, bilirubin, CBC, DAT) |
| Bidirectional | A              | B        | - Combination of major and minor consequences                  | - Combination of major and minor etiologies                                               | - Combination of major and minor interventions                                                                                                        |
| Bidirectional | B              | A        |                                                                |                                                                                           |                                                                                                                                                       |

**Table 6** Transfusion support recommendations for ABO-incompatible HPC transplantation<sup>29</sup>

| Recipient | Donor | Phase I*     |      | Phase II**   |                |              |                | Phase III*** |              |                |              |                |
|-----------|-------|--------------|------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
|           |       | All products | RBCs | Platelets    |                | Plasma       |                | RBCs         | Platelets    |                | Plasma       |                |
|           |       |              |      | First choice | Second choices | First choice | Second choices |              | First choice | Second choices | First choice | Second choices |
| O         | A     | Recipient    | O    | A            | AB, B, O       | A            | AB             | Donor        | A            | AB, B, O       | A            | AB             |
| O         | B     | Recipient    | O    | B            | AB, A, O       | B            | AB             | Donor        | B            | AB, B, O       | B            | AB             |
| O         | AB    | Recipient    | O    | AB           | A, B, O        | AB           | NA             | Donor        | AB           | A, B, O        | AB           | NA             |
| A         | AB    | Recipient    | A    | AB           | A, B, O        | AB           | NA             | Donor        | AB           | A, B, O        | AB           | NA             |
| B         | AB    | Recipient    | B    | AB           | B, A, O        | AB           | NA             | Donor        | AB           | B, A, O        | AB           | NA             |
| A         | O     | Recipient    | O    | A            | AB, B, O       | A            | AB             | Donor        | A            | AB, B, O       | A            | AB             |
| B         | O     | Recipient    | O    | B            | AB, A, O       | B            | AB             | Donor        | B            | AB, A, O       | B            | AB             |
| AB        | O     | Recipient    | O    | AB           | A, B, O        | AB           | NA             | Donor        | AB           | A, B, O        | AB           | NA             |
| AB        | A     | Recipient    | A    | AB           | A, B, O        | AB           | NA             | Donor        | AB           | A, B, O        | AB           | NA             |
| AB        | B     | Recipient    | B    | AB           | B, A, O        | AB           | NA             | Donor        | AB           | B, A, O        | AB           | NA             |
| A         | B     | Recipient    | O    | AB           | B, A, O        | AB           | NA             | Donor        | AB           | B, A, O        | AB           | NA             |
| B         | A     | Recipient    | O    | AB           | O, A, B        | AB           | NA             | Donor        | AB           | A, B, O        | AB           | NA             |

NA indicates not applicable.

\*Time period from diagnosis to transplantation; \*\*Time period from transplantation to RBC engraftment;

\*\*\*Engraftment established, as indicated by direct antiglobulin testing being negative, along with 2 consecutive independent samples with the forward and reverse typing showing donor ABO status

antibodies ได้แก่ การตรวจหาหมู่เลือด การให้ส่วนประกอบของเลือด การปลูกถ่ายอวัยวะ และการปลูกถ่ายเซลล์ต้นกำเนิด จึงจำเป็นที่จะต้องตรวจหา ABO antibodies ทั้งการตรวจหาชนิดและบางกรณีต้องหาไตเตอร์ ประกอบด้วย เพื่อการยืนยันความถูกต้องและแก้ปัญหา ประกอบการตรวจวินิจฉัยและสนับสนุนกระบวนการรักษาพยาบาลต่างๆ ให้ประสบความสำเร็จและมีความเสี่ยงน้อยที่สุด

### เอกสารอ้างอิง

- Reid M, Shine I. The discovery and significance of the blood groups. Massachusetts SBB Books, 2012.
- Smart E, Armstrong B. Blood group systems. In: Armstrong B, Hardwick J, Raman L, Smart E, Wilkinson R. Eds. Vox Sang ISBT Science Series 2008;3:68-76.
- Storry JR. An update on human blood groups. Vox Sang 2015;109(Suppl.1):2.
- Race RR, Sanger R. Blood groups in man. 6<sup>th</sup> ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1975:37-54.
- Millison PL, Engelfriet CP, Contreras M. Mollison's blood transfusion in clinical medicine. 10<sup>th</sup> ed. Oxford: Blackwell Science, 1997:123-32.
- Auf der Maur C, Hodel M, Nydegger UE, Rieben R. Age dependency of ABO histoblood group antibodies: reexamination of an old dogma. Transfusion 1993;33:915-8.
- Daniel-Johnson J, Leitman S, Klien H, Alter H, Lee-Stroka A, Scheinberg P, et al. Probiotic associated high titer anti-B in group A platelet donor as a cause of severe hemolytic transfusion reactions. Transfusion 2009;49:1845-9.
- Mazda T, Yabe R, Nathalang O, Thammarong T, Tadokoro K. Differences in ABO antibody levels among blood donors: a comparison between past and present Japanese, Laotian and Thai populations. Immunohematology 2007;23:38-41.
- Mavichak W, Chiewsilp P, Tubrod J, Ovetaga P. ABO antibodies among group O Thai blood donors. J Hematol Transfus Med 2013;23:203-9.
- Urwijitaroon Y, Foongklin D. A high prevalence of high titer ABO isoagglutinins in Northeast Thai blood donors (abstract). Vox Sang 2008;95(Suppl 1):143.
- Cooling L. ABO, Hand Lewis blood groups and astructurally related antigens. In: Roback JD, Grossman BJ, Harris T, Hillyer C, eds. Technical Manual. 17<sup>th</sup> ed. Bethesda Maryland: AABB, 2011:363-73.
- National Blood Centre, Thai Red Cross Society. Standards for blood banks and transfusion services. 4<sup>th</sup> ed. Bangkok: Udomsuksa Ltd., 2015:35-6.
- Holland L. Role of ABO and Rh type in platelet transfusion. Lab Med 2006;37:758-60.
- Josephson CD, Castillejo MI, Grima K, Hillyer CD. ABO mismatched platelet transfusions: strategies to mitigate patient exposure to naturally occurring hemolytic antibodies. Transfus Apher Sci 2010;42:83-8.
- Mair Band Benson K. Evaluation of changes in hemoglobin levels associated with ABO incompatible plasma in apheresis platelets. Transfusion 1998;38:51-5.
- Mc Manigal S, Sims KL. Intravascular hemolysis secondary to ABO incompatible platelet products. Am J Clin Pathol 1999;111:202-6.
- Larson LG, Welsh VJ, Ladd DJ. Acute intravascular hemolysis secondary to ABO out of group platelet transfusion. Transfusion 2000;40:902-6.
- Saparnekars, Sharma G, Downes K, et al. Acute hemolytic transfusion reaction in a pediatric patient following transfusion of apheresis platelets. J Clin Apheresis 2005;20:225-9.
- Carr R, Huttun JL, Jenkins JA, Lucas GF, Amplett NW. Transfusion of ABO mismatched platelets leads to early platelet refractoriness. Br J Haematol 1990;75:408-13.
- Cooling L. ABO and platelet transfusion therapy. Immunohematology 2007;23:20-33.
- Quillen K, Sheldon SL, Daniel-Johnson JA, Lee-Stroka, Flegel WA. A practical strategy to reduce the risk of passive hemolysis by screening platelet pheresis donor for high titer ABO antibodies. Transfusion 2011;51:92-6.
- Warner PR, Nester TA. ABO incompatible solid organ transplantation. Am J Clin Pathol 2006;125(Suppl):S87-S94.
- Beimler J, Zeier M. ABO incompatible transplantation a safe way to perform renal transplantation? Nephrol Dial Transplant 2007;22:25-7.
- Kim JM, Kwon CH, Jow JW, et al. ABO incompatible living donor liver transplantation is suitable in patients without ABO donor. Hepatol 2013;59:1215-22.
- Muramatsu M, Gonzalez HD, Cacciola R, Aikawa A, Yagoob MM, Puliatti C. ABO incompatible renal transplants: good or bad? World of Transplant 2014;24:18-29.
- Rowley SD, Donato ML, Bhattacharyya P. Red blood cell incompatible allogeneic hematopoietic progenitor cell transplantation. Bone Marrow Transplant 2011;46:1167-85.
- O' Donghaile D, Kelly W, Klein HG, Flegel WA. Recommendations for transfusion in ABO-in compatible hematopoietic stem cell transplantation. Transfusion 2012;52:456-8.
- Cohn CS. Transfusion support issues in hematopoietic stem cell transplantation. Cancer Control 2015;22:52-9.
- Booth GS, Gehrie EA, Bolan CD, Savani BN. Clinical guide to ABO incompatible allogeneic stem cell transplantation. Biol Blood Marrow Transplant 2013;19:1152-8.