

บทความพิเศษ

เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ : เทคโนโลยีแห่งปัจจุบันและอนาคต

นวพรรณ จารุรักษ์

ภาควิชาเวชศาสตร์ชั้นสูติร คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดที่เรียกว่า “complete blood count” (CBC) เป็นการตรวจพื้นฐานที่สำคัญในการประเมิน การตรวจกรอง การตรวจวินิจฉัย การตรวจย่ำ และการตรวจติดตาม ในการรักษาผู้ป่วย ที่แพทย์สั่งมากที่สุดการตรวจหนึ่ง การตรวจนี้เป็นการตรวจที่มีความครอบคลุมในตัว คือ มีการวิเคราะห์ทั้งเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกร็ดเลือด การตรวจนี้มีพัฒนาการเริ่มต้นจากการตรวจที่ใช้แรงคนเป็นหลักหลังจาก Leeuwenhoeck ได้ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ขึ้น¹ โดยมีอุปกรณ์ง่าย ๆ ประกอบด้วยแผ่นสไลด์แก้วและกล้องจุลทรรศน์ ต่อมาได้พัฒนาขึ้นโดยมีการนำสีมาย้อมสเมียร์เลือดที่ไถและแผ่อยู่บนแผ่นสไลด์แก้วนั้น และมีการเพิ่มพารามิเตอร์การตรวจให้มากขึ้น ใช้น้ำยาชนิดต่างๆ และใช้อุปกรณ์เพิ่มขึ้น เช่น ไปเปตสำหรับเจือจางเม็ดเลือดขาว และ counting chamber เป็นต้น ส่วนผลการตรวจก็มีการพัฒนาให้เป็นระบบจนสามารถรายงานเป็นค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ประมาณ 10 ค่า คือ hemoglobin (Hb), hematocrit (Hct), white blood cell count (WBC), differential leukocyte count (DLC), และการประมาณค่าเกร็ดเลือด อย่างไรก็ตาม การตรวจ CBC ที่พัฒนาขึ้นนี้ต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญ และใช้เวลานานกว่าที่จะรายงานผลของผู้ป่วยแต่ละรายได้ ด้วยความจำกัดของเทคนิคการวิเคราะห์ที่ไม่

สามารถรองรับปริมาณผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งที่เป็นการตรวจที่มีความสำคัญ จึงเป็นแรงกระตุ้นให้นักวิทยาศาสตร์จำนวนมากพยายามประดิษฐ์เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติขึ้น และประสบความสำเร็จสามารถประดิษฐ์เครื่องอัตโนมัติขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อประมาณครึ่งศตวรรษที่ผ่านมา

ด้วยระยะเวลากว่าครึ่งศตวรรษเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติได้รับการพัฒนาไปมาก โดยนอกจากได้รับการพัฒนาให้มีความถูกต้อง แม่นยำ สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูงแล้ว ยังได้รับการพัฒนาให้มีความปลอดภัยสูงขึ้น คงไม่ผิดหากจะกล่าวว่าเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติเป็นเทคโนโลยีแห่งโลกปัจจุบันและอนาคต และอาจถึงเวลาแล้วที่การสั่งและการรายงานผลการตรวจ CBC ควรจะได้รับการปรับเปลี่ยนหรือแบ่งกลุ่มพารามิเตอร์ใหม่ เพื่อให้เหมาะสมตรงกับความต้องการของแพทย์ผู้ใช้และสะดวกต่อแนวทางการให้บริการของห้องปฏิบัติการให้มากขึ้น บทความนี้ผู้เขียนมีวัตถุประสงค์จะรวบรวมพัฒนาการเฉพาะเทคโนโลยีที่สำคัญ เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะและจุดเด่นของเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติที่มีอยู่ในปัจจุบัน จะนั้นผู้อ่านควรต้องมีพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติอยู่บ้างแล้ว อย่างไรก็ตามผู้เขียนใคร่จะเน้นว่า “การเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาด ไม่ใช่การเลือกใช้เทคโนโลยีที่ดีที่สุด หากแต่คือการรู้จักเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างมีเหตุผล เหมาะสม และคุ้มค่า” เพื่อให้ได้รับประโยชน์สูงสุด โดยเสียค่าใช้จ่ายหรือมีการลงทุน

ได้รับต้นฉบับ 6 พฤศจิกายน 2545 และให้ตีพิมพ์ 14 พฤศจิกายน 2545
ต้องการสำเนาต้นฉบับติดต่อ พญ.นวพรรณ จารุรักษ์ ภาควิชาเวชศาสตร์
ชั้นสูติร คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

ต่ำที่สุด และที่สำคัญสำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายแล้ว หากปล่อยให้ติดตามการพัฒนาที่เกิดขึ้น อาจไม่ได้รับประโยชน์เต็มที่จากความสำเร็จของเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องนี้

เทคโนโลยีพื้นฐานของเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ

เทคโนโลยีพื้นฐานที่สำคัญของเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ มีอยู่ 2 เทคโนโลยี¹ คือ 1) electrical impedance หรือ capacitance method ที่อาศัยคุณสมบัติการต้านกระแสไฟฟ้าของเม็ดเลือด โดยการให้เม็ดเลือดขวางทางเดินของกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งทำให้เกิดความต่างศักย์และเกิดคลื่นขึ้น จำนวนคลื่นแปรผลเป็นจำนวนเม็ดเลือด ขนาดคลื่นแปรผลเป็นขนาดของเม็ดเลือด และ 2) Light scattering ที่อาศัยคุณสมบัติในการกระจายหรือการหักเหและการดูดซับแสงของเม็ดเลือด จำนวนครั้งที่แสงกระทบกับเม็ดเลือดจะแปรเป็นจำนวนนับ ในขณะที่การหักเหแปรเป็นขนาดของเม็ดเลือด

ในยุคแรกการวิเคราะห์เม็ดเลือดทำได้เพียงแค่การนับจำนวน และแยกชนิดโดยอาศัยขนาดที่ต่างกันเป็นสำคัญ ทำให้การนับแยกชนิดเม็ดเลือดขาวเป็นไปอย่างจำกัด คือนับแยกได้เพียง 3 ชนิดเท่านั้น ฉะนั้นเครื่องอัตโนมัติในยุคแรกจึงมีคุณค่าเป็นเพียงเครื่องนับเม็ดเลือดอัตโนมัติ (automated blood cell counter) เท่านั้น และเรียกว่า “three part leukocyte differential counter” หรือที่นิยมเรียกกันสั้นๆ ว่า “3-part diff counter” ในระยะต่อมามีการพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มเติมประกอบเข้ากับเทคโนโลยีเดิม ทำให้เครื่องสามารถนับแยกชนิดเซลล์เม็ดเลือดขาวออกเป็น 5 ชนิด และเรียกว่า “five part leukocyte differential counter” (5-part diff counter) เทคโนโลยีที่เพิ่มเติมเข้ามานี้ เป็นลิขสิทธิ์ของบริษัทที่ผลิตเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติที่สำคัญอยู่ 4 บริษัท¹ และมีชื่อเรียกของตนเอง ดังนี้

1. Electrical impedance and Volume Conductivity Scatter (VCS) ของบริษัท Beckman

Coulter

2. Light scattering and cytochemistry ของบริษัท Bayer

3. Capacitance method and radio frequency ของบริษัท Sysmex corporation

4. Light scattering and Multi-angle polarized scatter separation (M.A.P.S.S.) ของบริษัท Abbott diagnostics

เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติในปัจจุบัน

เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นจากเทคโนโลยีเหล่านี้ มีการแข่งขันกันและได้รับการพัฒนาจากบริษัทผู้ผลิตอย่างต่อเนื่องยาวนาน ปัจจุบันเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติเหล่านี้สามารถวิเคราะห์เม็ดเลือดและรายงานค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้จำนวนมากขึ้น และยังสามารถรายงานภาพแผนภูมิต่างๆ ได้อีกหลายแบบ (ดังจะกล่าวต่อไป) โดยทั้งนี้เครื่องอัตโนมัติรุ่นใหญ่บางรุ่นสามารถรายงานค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้มากกว่า 30 พารามิเตอร์ (ตารางที่ 1 และ 2)¹ บางพารามิเตอร์ได้เพิ่มคุณค่าในการรายงานผลการตรวจทาง CBC เช่น mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), red cell distribution width (RDW) เป็นต้น ได้ถูกนำมาใช้ในการแบ่งชนิดของภาวะโลหิตจางให้ละเอียดและชัดเจนขึ้น² (รายละเอียดดูในหัวข้อ ประโยชน์ของเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ) ส่วนภาพแผนภูมิแบบต่างๆ ที่เครื่องรายงานก็มีการนำมาใช้ในการศึกษาภาวะโลหิตจางชนิดต่างๆ ภาวะติดเชื้อ มะเร็งเม็ดเลือดขาว เป็นต้น ฉะนั้นในปัจจุบันเครื่องอัตโนมัติเหล่านี้จึงไม่ใช่เป็นเพียงแค่เครื่องนับเม็ดเลือดอย่างในอดีต หากแต่มีคุณสมบัติเป็น “เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ” (Automated blood cell analyzer) ได้อย่างแท้จริง

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่รายงานจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ¹

พารามิเตอร์	ค่าปกติ*	ค่าปกติ** ^(3,4)	คำอธิบาย
RBC ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	Male 4.7-6.1 Female 4.2-5.4	Male 4.0-5.8 Female 3.8-5.0	ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดง
Hb (g/dL)	Male 14-18 Female 12-16	Male 13-16 Female 12-14	ค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน
Hct (%)	Male 42-52 Female 37-47	Male 38-48 Female 35-43	ค่าปริมาตรอัดแน่นเม็ดเลือดแดง
MCV (fL)	Male 80-94 Female 81-99	Male 77-100 Female 79-98	ค่าเฉลี่ยปริมาตรของเม็ดเลือดแดง
MCH (pg)	27-31	25-33	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง 1 เซลล์
MCHC (g/dL)	33-37	30-36	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบินภายในเม็ดเลือดแดงจากการคำนวณ
CHCM (g/dL)	33-37	30-36	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบินภายในเม็ดเลือดแดงจากการวัดโดยตรงด้วยแสงเลเซอร์
RDW (%)	11.5-14.5	12.2-14.7	ค่าความกว้างของการกระจายตัวของปริมาตรเม็ดเลือดแดง
HDW (g/dL)	2.20-3.20	2.0-3.3	ค่าความกว้างของการกระจายตัวของฮีโมโกลบิน
PLT ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	130-400	146-356	ค่านับเกร็ดเลือด
MPV (fL)	7.2-11.1	6.5-10.2	ค่าเฉลี่ยปริมาตรของเกร็ดเลือด
PCT (%)	0.10-0.30	-	ค่าปริมาตรอัดแน่นเกร็ดเลือด
PDW (%)	41.7-61.7	-	ค่าความกว้างของการกระจายตัวของปริมาตรเกร็ดเลือด
WBC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	4.8-10.8	3.5-9.7	ค่านับเม็ดเลือดขาว
Neu (%), (#)	% 40.0-74.0 # 1.90-8.00	36.9-69.4	ค่าร้อยละและค่านับสัมบูรณ์เม็ดเลือดขาว Neutrophil
Lymp (%), (#)	% 19.0-48.0 # 0.90-5.20	20.4-48.7	ค่าร้อยละและค่านับสัมบูรณ์เม็ดเลือดขาว Lymphocyte
Mono (%), (#)	% 3.4-9.0 # 0.16-1.00	2.5-8.1	ค่าร้อยละและค่านับสัมบูรณ์เม็ดเลือดขาว Monocyte
Eos (%), (#)	% 0.0-7.0 # 0.00-0.80	0-8.2	ค่าร้อยละและค่านับสัมบูรณ์เม็ดเลือดขาว Eosinophil
Baso (%), (#)	% 0.0-1.5 # 0.00-0.20	0.5-1.4	ค่าร้อยละและค่านับสัมบูรณ์เม็ดเลือดขาว Basophil
LUC (%), (#)	% 0.0-4.0 # 0.00-0.40	1.5-5.0	ค่าร้อยละและค่านับสัมบูรณ์เม็ดเลือดขาว Large Unstained Cell
MPXI	(-10.0)-(+10.0)	(-10.5)-(+2.5)	ค่าดัชนีเฉลี่ยของกลุ่มเซลล์ที่ติดสี peroxidase
IG (%), (#)	0	-	ค่าเม็ดเลือดขาวตัวอ่อน (Immature granulocyte)
NRBC	0	-	ค่าเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่มีนิวเคลียส
Reticulocyte (%)	Male 0.7-1.7 Female 0.5-2.5	Male 0.6-2.4 Female 0.5-2.2	ค่าร้อยละของเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน reticulocyte
Reticulocyte (#) ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Male 31-82 Female 22-139	Male 37-145 Female 31-110	ค่านับสัมบูรณ์ของเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน reticulocyte
IRF	variable to method	-	กลุ่มเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน reticulocyte ที่อ่อนมากและอ่อนปานกลาง
MCVr (fL)	101-119	100-121	ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง Reticulocyte
CHCMr (g/dL)	23-29	23-28	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบินภายในเม็ดเลือดแดง Reticulocyte จากการวัดโดยตรงด้วยแสงเลเซอร์
RDWr (%)	12-19	14-23	ค่าความกว้างของการกระจายตัวของปริมาตรเม็ดเลือดแดง Reticulocyte
HWDr (g/dL)	2.2-3.4	2.4-4.0	ค่าความกว้างของการกระจายตัวของฮีโมโกลบินของเซลล์ Reticulocyte

* ค่าอ้างอิงของเครื่อง Techicon™ H*3, Advia™120

**3,4 เอกสารอ้างอิงลำดับที่ 3 และ 4

ตารางที่ 2 รายการพารามิเตอร์ต่างๆ ที่รายงานได้จากวิธี manual และที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ 1) กลุ่มที่ใช้ประโยชน์ในการดูแลรักษาผู้ป่วย 2) กลุ่มที่มีประโยชน์แต่ยังคงใช้เฉพาะในงานวิจัย และ 3) มีแนวโน้มว่าจะนำมาใช้ในการดูแลรักษาผู้ป่วย และกลุ่มที่ยังไม่ทราบประโยชน์ชัดเจน¹

รายการพารามิเตอร์ต่างๆ		วิธีการวิเคราะห์และประโยชน์
Hb, Hct, RBC, WBC, NEU (%), LYM (%), MONO (%), EOS (%), BASO (%), PLT (approximation)		วิธี Manual (CBC) ใช้ประโยชน์ในการดูแลรักษาผู้ป่วย
กลุ่มที่ 1	Hb, Hct, RBC, MCV, MCH, MCHC, RDW, HDW, PLT (#), WBC, NEU (%), LYM (%), MONO (%), EOS (%), BASO (%)	เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ และใช้ประโยชน์ในการดูแลรักษาผู้ป่วย โดยได้รับความนิยมแพร่หลายแล้ว
	RET (%), #	เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติรุ่นใหม่ และใช้ประโยชน์ในการดูแลรักษาผู้ป่วย โดยได้รับความนิยมแพร่หลายแล้ว
	MPV, LUC, MPXI, LI, IRF, NRBC, CD4/CD8	เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ และใช้ประโยชน์ในการดูแลรักษาผู้ป่วยได้ แต่ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย
กลุ่มที่ 2	IMI, HPC (%), IG (%), LFR, MFR, HFR, MCVR, CHCMr, CHR	เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ มีประโยชน์แต่ยังคงใช้เฉพาะในงานวิจัย และมีแนวโน้มว่าจะนำมาใช้ในการดูแลรักษาผู้ป่วย
กลุ่มที่ 3	PDW, PCT, P-LCR, RDWr, HDWr, WVF	เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ประโยชน์ยังไม่ชัดเจน และอยู่ในระหว่างศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติม

พารามิเตอร์ต่างๆ ที่รายงานจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ

นอกเหนือจากการรายงานค่าที่เป็นรายงาน CBC ซึ่งพัฒนามาจากวิธี manual และมีรายงานค่าฮีโมโกลบิน (Hemoglobin, Hb) ฮีมาโตคริต (Hematocrit, Hct) จำนวนนับเม็ดเลือดแดง จำนวนนับเม็ดเลือดขาว จำนวนนับแยกชนิดเม็ดเลือดขาว ค่าประมาณของเกร็ดเลือด และความผิดปกติหากมีผลการรายงานการตรวจดูสเมียร์เลือด ในปัจจุบันเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติสามารถรายงานค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เพิ่มจาก CBC เดิม ได้เป็นจำนวนมาก ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่รายงานได้จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ในปัจจุบันมีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. CD4 / CD8

ค่า CD4 / CD8 นี้มีค่าปกติ >1.0 สามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยเครื่องตรวจวิเคราะห์เซลล์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter® STKS⁵, GENS และ Cell-Dyn® 4000⁶ เป็นต้น ค่าดังกล่าวนี้พัฒนาขึ้นมาสำหรับการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคเอดส์ โดยสามารถนำค่านี้มาใช้ในการติดตามปริมาณเซลล์กลุ่มย่อย T-helper (CD4+) และ T-suppressor (CD8+) ของ T lymphocyte ที่อยู่ใน

กระแสเลือด ซึ่งจะต้องติดตามทุก 3-6 เดือน โดยคนปกติจะมี T-helper (CD4+) 600-1,500/ μ L และ T-suppressor (CD8+) 300-1,000/ μ L โดยหากค่า CD4+ cell นี้ลดลงจะแสดงถึงการพยากรณ์โรคที่ไม่ดีและการลุกลามของโรคในผู้ป่วย นอกจากนี้ยังใช้สำหรับติดตามการตอบสนองต่อการรักษาในผู้ป่วยที่ได้รับยาต้านไวรัสเอดส์ นอกจากนี้ยังใช้ติดตามผู้ป่วยโรคอื่นๆ ที่มีปัญหาเกี่ยวกับภูมิคุ้มกันด้วย

2. Cellular hemoglobin concentration mean (CHCM)

Cellular hemoglobin concentration mean (CHCM) เป็นค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง เป็นการวัดโดยตรงจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติที่ใช้หลักการ light scattering โดยแสง monochromatic light เมื่อตกกระทบเม็ดเลือดแดงแต่ละเซลล์จะเกิดการกระจายของแสงสัญญาณที่จับได้จาก high-angle photo-diode (5-15 องศา) จะแปรเป็นค่าความเข้มข้นของ Hb ภายในของเซลล์เม็ดเลือดแดงทีละเซลล์ ตามทฤษฎีของ Mie แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย ค่า CHCM มีหน่วยเป็น g/dL¹⁷⁻⁹

3. Differential leukocyte count (DLC)

ค่า Differential leukocyte count (DLC) เป็นค่าการนับแยกชนิดเม็ดเลือดขาว ออกเป็น 5 ชนิด คือ neutrophil, lymphocyte, monocyte, eosinophil และ basophil โดยเครื่องสามารถที่จะรายงานผลเป็นทั้งค่าร้อยละและค่าจำนวนนับสัมบูรณ์ ค่าปกติอาจแตกต่างกันไปบ้างตามแต่เทคโนโลยีของเครื่อง ค่าดังกล่าวนี้ใช้ในการวินิจฉัย ติดตามดูแลรักษาผู้ป่วยโรคทางโลหิตวิทยาต่างๆ ตลอดจนสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์โรคในภาวะผิดปกติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องหรือเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยา^{1,7-9}

4. Hematocrit (Hct)

Hematocrit (Hct) คือ ค่าปริมาตรอัดแน่นเม็ดเลือดแดง มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า “packed red cell volume” (PCV) เครื่องอัตโนมัติสามารถรายงานค่านี้ได้โดยการคำนวณซึ่งมีอยู่ 2 วิธี¹ ในปัจจุบัน

1. คำนวณจากค่าเฉลี่ยปริมาตรของเม็ดเลือดแดง (mean corpuscular volume, MCV) และ คำนับจำนวนเม็ดเลือดแดง (Red blood cell count, RBC) โดยใช้สูตร

$$\text{Hct (\%)} = \text{MCV (fL)} \times \text{RBC} (\times 10^6/\mu\text{L})$$

2. วิธี “Cumulative pulse height detection method” ซึ่งคำนวณจากปริมาตรเม็ดเลือดแดงในตัวอย่างเลือด (Volume of red cell in the blood sample, V) และ ค่าปริมาตรเลือดตัวอย่าง (Cumulative volume of all red cells analyzed, VT) โดยใช้สูตร

$$\text{Hct (\%)} = V / V_T \times 100$$

ค่าที่ต่ำกว่าค่าปกติแสดงว่าผู้ป่วยมีภาวะโลหิตจาง ในขณะที่ค่าสูงกว่าปกติแสดงว่าผู้ป่วยมีภาวะ Polycythemia ในคนปกติค่า Hct จะมีค่าประมาณสามเท่าของค่า Hb

5. Hemoglobin concentration

Hemoglobin concentration (Hb) คือ ค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน วิธีการวัดมีหลายวิธี เช่น cyan-

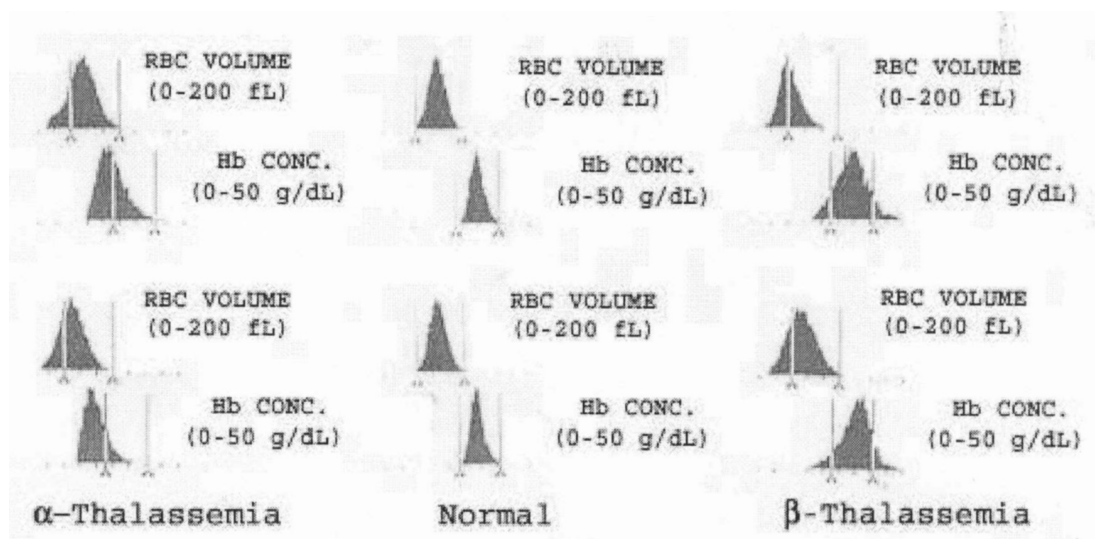
methemoglobin (HiCN) และ cyanide-free hemoglobin ค่าที่ต่ำกว่าค่าปกติแสดงว่าผู้ป่วยมีภาวะโลหิตจาง ในขณะที่ค่าสูงกว่าปกติแสดงว่าผู้ป่วยมีภาวะ Polycythemia¹

6. Hemoglobin content (CH)

ค่า Hemoglobin content (CH) ค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงแต่ละเซลล์ สามารถนำมาใช้ศึกษาพยาธิสรีระของการสร้างเม็ดเลือดแดง ค่าดังกล่าวนี้รายงานได้จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติตระกูล TechniconTM และตระกูล AdviaTM โดยมีการนำมาใช้ในการติดตามการรักษามะเร็งที่ได้รับ การบำบัดรักษาภาวะโลหิตจางต่างๆ ในงานวิจัย เช่น ภาวะโลหิตจางที่เกิดจากการขาดเหล็ก เป็นต้น⁷⁹

7. Hemoglobin distribution width (HDW)

Hemoglobin distribution width (HDW)¹ คือค่าความกว้างของการกระจายตัวของความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ซึ่งใช้แสดงลักษณะความเข้มข้นของ Hb ที่ปรากฏในคนๆ เดียวกัน หากมีค่าสูงกว่าค่าปกติแสดงว่าค่า Hb ในเม็ดเลือดแดงของคนๆ นั้นมีความแตกต่างกันมาก และเป็นการบ่งชี้ภาวะ anisochromia อย่างไรก็ตามค่า Hb ในเม็ดเลือดแดงนี้ แปรตามขนาดของเม็ดเลือดแดงด้วย กล่าวคือเซลล์ที่มีขนาดใหญ่จะมีปริมาณ Hb ในเม็ดเลือดแดงสูง ในขณะที่เม็ดเลือดแดงที่มีขนาดเล็กก็จะมีปริมาณ Hb ในเม็ดเลือดแดงต่ำ ค่า HDW นี้เป็นค่าที่แสดงจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติที่ใช้หลักการ light scattering ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความเข้มข้นของ Hb ในเม็ดเลือดแดงแต่ละเซลล์ได้ โดยสามารถนำค่าที่ได้มาสร้างภาพ hemoglobin concentration histogram ทั้งค่า HDW และภาพ histogram นี้ สามารถนำมาใช้ศึกษาลักษณะการกระจายตัวของ Hb ในคนปกติ และผู้ป่วยที่ป่วยเป็นโรค hemoglobinopathy แบบต่างๆ รวมทั้งธาลัสซีเมีย (thalassemia) โดยสามารถจัดเป็นรูปแบบ (pattern) ต่างๆ (รูปที่ 1) ค่า HDW ในคนปกติ มีค่าไม่เกิน 3.0 g/dL ปัจจุบันค่านี้มี



รูปที่ 1 ลักษณะการกระจายตัวของปริมาตรและปริมาณความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงในคนปกติเปรียบเทียบกับผู้ป่วยธาลัสซีเมีย

- HDW ในคนปกติ จะมีลักษณะกระจายตัวอยู่ในช่วงปกติและมีลักษณะการกระจายแคบ (tight distribution of Hb concentration)
- HDW ในผู้ป่วย alpha-thalassemia เม็ดเลือดแดงจะมีลักษณะผิดปกติ คือมีขนาดเล็กและติดสีจางที่ใกล้เคียงกัน (homogeneity) ทำให้มีลักษณะกระจายตัวอยู่ในช่วงต่ำกว่าปกติและมีลักษณะการกระจายกว้างกว่าคนปกติ คือมีค่า Hb ต่ำ และค่า HDW สูงกว่าปกติแต่ไม่กว้างมากนัก
- HDW ในผู้ป่วย beta-thalassemia เม็ดเลือดแดงจะมีลักษณะผิดปกติ คือมีขนาดเล็กและติดสีจางที่แตกต่างกัน (heterogeneity) ทำให้มีลักษณะกระจายตัวอยู่ในช่วงต่ำกว่าปกติและมีลักษณะการกระจายกว้าง จึงมีค่า Hb ต่ำ และค่า HDW สูงกว่าปกติและค่อนข้างมาก

(ภาพโดยได้รับอนุญาตจากบริษัท อี ฟอร์แอล อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด)

การนำประโยชน์มาใช้ในการวินิจฉัยในผู้ป่วยโรคโลหิตจางชนิดต่างๆ

การกระจายตัวของ Hb ในเม็ดเลือดแดงในคนปกติ จะมีลักษณะกระจายตัวอยู่ในช่วงปกติและมีลักษณะแคบ คือ มีการเกาะกลุ่มกันอย่างแน่นหนา (tight distribution of Hb concentration) ทั้งนี้เกิดจากเม็ดเลือดแดงมีขนาดและการติดสีเป็นปกติอย่างใกล้เคียงกัน

การกระจายตัวของ Hb ในเม็ดเลือดแดงในผู้ป่วย Hb H disease และ α -thalassemia จะมีลักษณะผิดปกติ คือ มีขนาดเล็กและติดสีจางที่ใกล้เคียงกัน (homogeneity) ทำให้มีลักษณะกระจายตัวอยู่ในช่วงต่ำกว่าปกติและมีลักษณะการกระจายกว้างกว่าคนปกติ คือมีค่า Hb ต่ำ และค่า HDW สูงกว่าปกติ แต่ไม่กว้างมากนัก ทั้งนี้

เพราะเม็ดเลือดแดงมีลักษณะผิดปกติที่ใกล้เคียงกัน

การกระจายตัวของ Hb ในเม็ดเลือดแดงในผู้ป่วย β -thalassemia intermedia และ β -thalassemia major เม็ดเลือดแดงจะมีลักษณะผิดปกติ คือ มีขนาดเล็กและติดสีจางที่แตกต่างกัน (heterogeneity) ทำให้มีลักษณะกระจายตัวอยู่ในช่วงต่ำกว่าปกติและมีลักษณะการกระจายกว้างกว่าคนปกติและผู้ป่วย Hb H disease และ α -thalassemia ทั้งนี้เพราะเม็ดเลือดแดงมีลักษณะผิดปกติที่แตกต่างกัน คือมีค่า Hb ต่ำ และค่า HDW สูงกว่าปกติค่อนข้างมาก

ข้อที่น่าสังเกต คือ ค่า HDW ในภาวะโลหิตจางที่เกิดจากการขาดเหล็ก ซึ่งแม้จะเป็นภาวะโลหิตจางในกลุ่มที่เม็ดเลือดแดงติดสีจางและมีขนาดเล็กเช่นเดียวกับ

โรคธาลัสซีเมีย แตกต่างกันว่าโรคธาลัสซีเมียเป็นโรคทางพันธุกรรม ในขณะที่ภาวะโลหิตจางที่เกิดจากการขาดเหล็กนั้นเกิดจากการขาดสารจำเป็นที่ใช้ในการสร้าง Hb ซึ่งมีลักษณะเปลี่ยนแปลงและความรุนแรงเพิ่มขึ้นๆ ตามปริมาณของเหล็กที่ขาด และเม็ดเลือดแดงที่สร้างขึ้นมีลักษณะแตกต่างกันในเรื่องของขนาดมาก (heterogeneity) และจะกลับดีขึ้นได้หากได้รับการบำบัดรักษา ฉะนั้นค่า Hb จะต่ำตามความรุนแรงของการขาดเหล็ก โดยมีค่า HDW สูงกว่าปกติ

8. Hematopoietic progenitor cell (HPC)

คำดังกล่าวนี้เป็นคำที่พัฒนาขึ้นในเครื่องอัตโนมัติรุ่นใหม่ๆ ของบริษัท Sysmex Corporation ปัจจุบันค่า Hematopoietic progenitor cell (HPC) นี้ยังใช้อยู่เฉพาะในงานวิจัย โดยใช้ในการดูแลรักษาผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูก ที่ใช้วิธี "Peripheral blood stem cell transplantation" (PBSCT)^{1,10} ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์เซลล์ต้นกำเนิดในระดับ HPC นั้นต้องใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเซลล์ และติดตามดูการสร้างโคโลนี (colony) และอีกวิธีหนึ่งนั้นสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง flow cytometer ซึ่งทั้งสองวิธีมีค่าใช้จ่ายสูงมาก วิธีแรกต้องอาศัยบุคลากรที่มีความชำนาญสูงและได้รับการฝึกฝนมาแล้วอย่างดี และต้องมีสถานที่และอุปกรณ์เฉพาะสำหรับการเพาะเลี้ยงเซลล์ ใช้เวลานานเป็นสัปดาห์ มีโอกาสล้มเหลวสูง ผลการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับความชำนาญของบุคลากร นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการที่ใช้ตรวจดูการเจริญเติบโตของ colony-forming unit-granulocyte macrophage (CFU-GM) ซึ่งมีค่าประมาณ 1 ใน 5 ถึง 1 ใน 10 ของเซลล์ CD34+ จึงเป็นวิธีที่ไม่ได้รับความนิยม แต่ยังมีใช้อยู่เพื่อการวิจัย ส่วนวิธีหลังต้องใช้เครื่องมือพิเศษที่มีราคาสูงมาก ต้องมีสถานที่เฉพาะ ต้องอาศัยบุคลากรที่มีความชำนาญสูงและได้รับการฝึกฝนมาแล้วอย่างดี ใช้เวลานานหลายชั่วโมง ทั้งสองวิธีที่กล่าวจึงไม่สะดวก ทำได้ยาก ค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานาน เป็นวิธีการตรวจหาเซลล์ CD34+ และเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอยู่

ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติบางรุ่นสามารถให้ค่าประมาณของ HPC ได้ภายในเวลาเพียง 80-90 วินาที และสามารถทำได้ในเครื่องอัตโนมัติที่ใช้งานอยู่เป็นประจำ มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าวิธีที่กล่าวในเบื้องต้นทั้งสองวิธีมาก วิธีการง่ายไม่ต้องใช้บุคลากรที่ชำนาญมาก สามารถฝึกบุคลากรที่ทำงานประจำให้ทำการวิเคราะห์ได้ และกำลังได้รับการพิจารณาให้นำมาใช้ทดแทนวิธี flow cytometry ในอนาคตอันใกล้ และคาดว่าจะได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายต่อไป

9. Immature granulocyte (IG)

ในเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติขนาดใหญ่ที่ผลิตออกมาในรุ่นหลังๆ เช่น เครื่อง SysmexTM XE-2100, เครื่อง Cell-Dyn[®] 4000 เป็นต้น จะมีความสามารถในการรายงานค่า Immature granulocyte (IG) โดยรายงานได้เป็นทั้งค่าร้อยละและค่านับสัมบูรณ์ ซึ่งในภาวะปกติไม่ควรพบ กล่าวคือ มีค่า IG = 0 อย่างไรก็ตามในภาวะผิดปกติ เช่น มี shift to the left, leukemia ก็อาจพบว่ามี IG ในกระแสเลือดได้^{1,7-8}

10. Immature reticulocyte fraction (IRF)

Immature reticulocyte fraction (IRF) เป็นค่าที่ประกอบด้วยกลุ่ม high fluorescence ratio (HFR) และ middle fluorescence ratio (MFR) สามารถนำมาใช้ศึกษาพยาธิสรีระของการสร้างเม็ดเลือดแดง^{4,11} คำดังกล่าวนี้รายงานได้จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติขนาดใหญ่ที่ผลิตออกมาในรุ่นหลังๆ เช่น เครื่อง SysmexTM XE-2100, เครื่อง Cell-Dyn[®] 4000 เป็นต้น และมีการนำมาใช้ในการติดตามการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดรักษาภาวะโลหิตจางต่างๆ เช่น ภาวะโลหิตจางที่เกิดจากการขาดเหล็ก ผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังที่ได้รับ Erythropoietin (EPO), ผู้ป่วยโรคมะเร็งที่ได้รับ EPO¹² เป็นต้น

11. Large unstained cell (LUC)

ค่า Large unstained cell (LUC) เป็นค่าที่รายงานจากเครื่องในตระกูล TechniconTM และ AdviaTM

เท่านั้น คำดังกล่าวนี้หมายถึงกลุ่มเซลล์ที่มีขนาดใหญ่และไม่ติดสี Perox ที่ใช้ย้อมเซลล์ ซึ่งได้แก่ atypical lymphocyte, large lymphocyte, และ blast cell เป็นต้น ฉะนั้นคำนี้จึงช่วยในการเตือนให้ผู้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดต้องตรวจสอบดูสเมียร์เลือดหากมีค่าสูงกว่าค่าปกติ และค่าที่สูงกว่าปกตินี้ แสดงถึงความผิดปกติต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง กับเซลล์ในกลุ่มนี้¹⁷⁻⁸ เช่น การติดเชื้อไวรัส โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว เป็นต้น

12. Lobularity index (LI)

Lobularity index (LI) เป็นค่าที่เกิดจาก Baso scattergram โดยเกิดจากการคิดค่าฐานนิยมของเซลล์กลุ่มที่นิวเคลียสเจริญดีและมีหลาย lobe (PMN) ต่อค่าฐานนิยมของเซลล์กลุ่มที่นิวเคลียส lobe เดียว (MN) มีค่าปกติเท่ากับ 1.90-3.00 ค่าที่ต่ำกว่าปกติแสดงถึงการมีเซลล์ตัวอ่อนเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ (shift to the left) ในขณะที่ค่าสูงขึ้นแสดงถึงผลตรงกันข้าม (shift to the right)¹⁷⁻⁸

13. Mean corpuscular volume (MCV)

Mean corpuscular volume (MCV) คือ ค่าเฉลี่ยปริมาตรของเม็ดเลือดแดงที่มีหน่วยเป็น fL (femtoliter, 1 fL = 10⁻¹⁵ liter) โดยทั่วไปค่าปกติเท่ากับ 80-100 fL เป็นค่าที่เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติที่ใช้หลักการ light scattering และ electrical impedance สามารถวัดได้โดยตรง

การแปลผลค่า MCV ต้องคำนึงด้วยว่าค่าดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยจะนั้นหากเม็ดเลือดแดงมีขนาดใหญ่และเล็กปะปนกันอาจจะทำให้ค่า MCV เป็นปกติได้ อย่างไรก็ตามเราสามารถสังเกตลักษณะดังกล่าวนี้ได้จากค่า RDW และภาพ RBC histogram หรือใช้การตรวจสอบดูสเมียร์เลือดจะช่วยป้องกันการแปลผลผิดพลาดได้ การหาค่า MCV ในเครื่องอัตโนมัตินั้นต่างจากวิธี manual เพราะเครื่องจะวัดขนาดของ MCV โดยตรงจากสัญญาณไฟฟ้า ส่วนค่า Hct เป็นค่าคำนวณได้จากค่า MCV¹⁷⁻⁹

14. Mean corpuscular hemoglobin (MCH)

Mean corpuscular hemoglobin (MCH) คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของฮีโมโกลบินต่อเม็ดเลือดแดง หนึ่งเซลล์ มีหน่วยเป็น pg (picogram, 1 pg = 10⁻¹² g) โดยทั่วไปค่าปกติประมาณ 26-32 pg เครื่องอัตโนมัติได้คำนวณค่านี้จากการคำนวณจากค่าฮีโมโกลบินและค่านับเม็ดเลือดแดง^{1, 7-9} โดยสูตร

$$MCH = Hb (g/dL) / RBC (x 10^6/\mu L)$$

การแปลผลค่า MCH ต้องคำนึงด้วยว่าค่าดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยน้ำหนักของสาร Hb ต่อเม็ดเลือดแดง 1 เซลล์ ฉะนั้นขนาดของเซลล์เม็ดเลือดจึงมีผลโดยตรงต่อค่า MCH กล่าวคือในภาวะโลหิตจางในกลุ่มที่เซลล์ที่มีขนาดเล็กย้อมพบว่าค่า MCH ต่ำ ในขณะที่ภาวะโลหิตจางในกลุ่มที่เซลล์ที่มีขนาดใหญ่จะพบว่าค่า MCH สูง นอกจากนี้ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งก็คือ ค่า MCH นี้ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มข้นของ Hb ซึ่งเป็นค่าที่มีโอกาสผิดพลาดต่ำ และค่าจำนวนนับเม็ดเลือดแดงซึ่งอาจผิดพลาดได้ง่ายกว่าจากปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัย อย่างไรก็ตามในภาวะปกติค่าดังกล่าวนี้จะเป็นค่าที่มีความคงที่ และไม่ถูกกระทบจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของเซลล์เม็ดเลือดแดงเองจากการขาดน้ำหรือในภาวะที่มีน้ำเกิน คำดังกล่าวนี้จึงสามารถนำมาใช้ในการศึกษาพยาธิสรีรวิทยาของการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับขนาดของเม็ดเลือดแดง ในภาวะผิดปกติต่างๆ

15. Mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC)

Mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) เป็นค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง มีหน่วยเป็น g/dL โดยทั่วไปค่าปกติเท่ากับ 31-35 g/dL ค่านี้ได้จากการคำนวณ โดยเครื่องอัตโนมัติเครื่องจะคำนวณจากค่าฮีโมโกลบินและค่าปริมาตรอัดแน่นเม็ดเลือดแดง¹⁷⁻⁸ โดยใช้สูตรเช่นเดียวกับวิธีการคำนวณ

$$MCHC = Hb (g/dL) / Hct (\%)$$

ค่า MCHC ที่ปกติแสดงว่าเม็ดเลือดแดงเป็น normochromic cell ในขณะที่ค่า MCHC ต่ำกว่าปกติ

แสดงว่าเม็ดเลือดแดงเป็น hypochromic cell และค่าที่สูงกว่าปกติแสดงว่าเม็ดเลือดแดงเป็น hyperchromic cell แต่เซลล์ที่เป็น hyperchromic cell นั้นคือ spherocyte จะนับค่า MCHC ที่สูงกว่าปกติจะต้องตรวจดูสเมียร์เลือดและทบทวนค่า Hb และ Hct ด้วยความระมัดระวัง นอกจากนี้ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งก็คือ ค่า MCHC นี้ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มข้นของ Hb และ Hct ซึ่งเป็นค่าที่มีโอกาสผิดพลาดต่ำ จึงถือว่าเป็นค่าที่มีความน่าเชื่อถือมากและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมการตรวจสอบค่าอื่นๆ ได้ นอกจากนี้ค่า MCHC นี้จะต่างจากค่า MCV และ MCH ที่ถูกรบกวนด้วยจำนวนเม็ดเลือดแดง

หมายเหตุ ค่า MCV, MCH และค่า MCHC จัดเป็นกลุ่มค่าการวิเคราะห์ที่เรียกว่า “ค่าดัชนีของเม็ดเลือดแดง” (RBC indices) ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยจำแนกประเภทของ anemia เป็น normochromic normocytic anemia, hypochromic microcytic anemia, และ macrocytic anemia

16. Mean peroxidase activity index (MPXI)

Mean peroxidase activity index (MPXI) เป็นค่าดัชนีเฉลี่ยของกลุ่มเซลล์ที่ติดสี peroxidase ค่าดังกล่าวนี้ เป็นค่าที่เกิดจากการวิเคราะห์เม็ดเลือดขาวของเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ที่ผลิตโดยบริษัท Bayer ที่ทำการวิเคราะห์ โดยการใช้สี peroxidase โดยบริษัทได้กำหนดค่าปกติไว้ระหว่าง -10 ถึง 10 ค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าที่ใช้ในการศึกษาการทำงานของเม็ดเลือดขาว neutrophil ว่ามีระดับเฉลี่ยของเอนไซม์ myeloperoxidase เป็นปกติหรือไม่¹⁸⁻⁹ โดยค่าที่ต่ำกว่าปกติแสดงถึงเม็ดเลือดขาว neutrophil ว่ามีระดับเฉลี่ยของเอนไซม์ myeloperoxidase ต่ำกว่าปกติ ในขณะที่ค่าที่สูงขึ้นบ่งบอกว่ามีระดับเฉลี่ยของเอนไซม์ myeloperoxidase สูงกว่าปกติ¹⁵⁻¹⁷ ซึ่งพบได้ในกรณีเกิดการ shift to the left ของเม็ดเลือดขาว เช่นที่เกิดในภาวะติดเชื้อแบคทีเรีย

17. Mean platelet volume (MPV)

Mean platelet volume (MPV) เป็นค่าเฉลี่ยปริมาตรของเกร็ดเลือด ที่มีหน่วยเป็น fL โดยทั่วไปค่าปกติเท่ากับ 7.2-11.1 fL เป็นค่าที่เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติที่ใช้หลักการ light scattering และ electrical impedance สามารถวัดได้โดยตรง ประโยชน์ของค่านี้มีผู้นำมาใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของเกร็ดเลือดดังกล่าวต่อไปในหัวข้อเรื่องการใช้ประโยชน์ทางคลินิกและใช้ติดตามสภาวะการสร้างเกร็ดเลือด^{1,18}

18. Nucleated red blood cell (NRBC)

Nucleated red blood cell (NRBC)^{1,8} เป็นค่าที่เครื่องอัตโนมัติวิเคราะห์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่มีนิวเคลียส แม้จะบอกละเอียดเป็นระยะ (stage) ต่างๆ ไม่ได้ แต่ก็มีประโยชน์อย่างมากในการวินิจฉัยและการดูแลรักษาผู้ป่วยทางโลหิตวิทยาเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่มีภาวะโลหิตจางชนิดต่างๆ เช่น ธาลัสซีเมีย ภาวะโลหิตจางจากการแตกทำลายของเม็ดเลือดแดง เป็นต้น ค่าดังกล่าวนี้สามารถรายงานได้จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติขนาดใหญ่รุ่นใหม่ เช่น เครื่อง SysmexTM XE-2100, เครื่อง Cell-Dyn[®] 4000 เป็นต้น โดยรายงานได้เป็นทั้งค่าร้อยละและค่านับสัมบูรณ์ ซึ่งในภาวะปกติไม่ควรพบ กล่าวคือมีค่า NRBC = 0

19. Platelet count (PLT)

ค่านี้เป็นค่าจำนวนนับเกร็ดเลือด¹⁷⁻⁹ และแสดงค่าเป็นจำนวนนับสัมบูรณ์ ค่าปกติอาจแตกต่างกันได้ตามเทคโนโลยีและกลุ่มประชากร อย่างไรก็ตามเป็นค่าที่มีประโยชน์มาก และใช้กันอย่างแพร่หลายในการวินิจฉัยติดตามดูแลรักษาผู้ป่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ป่วยที่มีปัญหาเลือดออกผิดปกติ

20. Plateletcrit (PCT)

ค่านี้เป็นค่าปริมาตรอัดแน่นเกร็ดเลือด¹⁷⁻⁹ และแสดงค่าเป็นร้อยละ ค่าปกติอาจแตกต่างกันได้ตามเทคโนโลยีและกลุ่มประชากร อย่างไรก็ตามเป็นค่าที่ยังไม่ทราบประโยชน์แน่ชัด ปัจจุบันยังใช้กันเฉพาะในงานวิจัย

21. Platelet distribution width (PDW)

ค่านี้เป็นค่าความกว้างของการกระจายตัวของปริมาตรเกร็ดเลือด และแสดงค่าเป็นร้อยละ ค่าปกติอาจแตกต่างกันได้ตามเทคโนโลยีและกลุ่มประชากร อย่างไรก็ตามเป็นค่าที่ยังไม่ทราบประโยชน์แน่ชัด มีผู้นำมาศึกษาการเกาะกันของเกร็ดเลือด (platelet agglutination) ปัจจุบันยังใช้กันเฉพาะในงานวิจัย^{1,8}

22. Red blood cell count (RBC)

ค่านี้เป็นค่าจำนวนนับเม็ดเลือดแดง และแสดงค่าเป็นจำนวนนับสัมบูรณ์ ค่าปกติอาจแตกต่างกันได้ตามเทคโนโลยีและกลุ่มประชากร อย่างไรก็ตามเป็นค่าที่มีประโยชน์มาก และใช้กันอย่างแพร่หลายในการวินิจฉัยติดตามดูแลรักษาผู้ป่วย¹⁷⁻⁸

23. Red cell distribution width (RDW)

Red cell distribution width (RDW) คือ ค่าความกว้างของการกระจายตัวของเม็ดเลือดแดง ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะ anisocytosis โดยค่า RDW สูง แสดงถึงการที่เม็ดเลือดแดงมีขนาดที่แตกต่างกันมากหรือเกิด anisocytosis มาก ในขณะที่ค่า RDW ปกติ แสดงถึงการที่เม็ดเลือดแดงมีขนาดแตกต่างกันไม่มากหรือไม่มี anisocytosis ในขณะที่ค่าต่ำ ไม่มีความสำคัญ ค่า RDW นี้เป็นค่าที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามค่านี้ในเครื่องอัตโนมัติของแต่ละบริษัท ได้มาโดยวิธีการคิดที่แตกต่างกัน^{1,7-9,19}

วิธีการคำนวณค่า RDW มีหลายวิธี ดังนี้

1. คำนวณค่า RDW โดยใช้วิธีการคิดแบบเดียวกับการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$RDW = \frac{\text{Standard deviation}}{MCV} \times 100$$

ค่า RDW ที่คำนวณได้จากวิธีนี้ มีหน่วยเป็นร้อยละ (%) และนิยมเรียก RDW ที่คำนวณได้จากวิธีนี้ว่า RDW-coefficient of variation (RDW-CV) เครื่องวิเคราะห์

เม็ดเลือดอัตโนมัติที่ใช้วิธีการนี้ ได้แก่ เครื่องที่ผลิตจากบริษัท Abbott Laboratories, Bayer, Beckman Coulter, และ Sysmex

ค่าปกติ = 11.5-14.5 ค่านี้มีประโยชน์ใช้ในการแบ่งกลุ่มภาวะโลหิตจาง โดยพบว่าการใช้ค่า MCV ร่วมกับ RDW สามารถนำมาใช้แบ่งกลุ่มภาวะโลหิตจางที่เกิดจากการขาดเหล็ก และ heterozygous thalassemia ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถนำมาใช้ในการตรวจหาภาวะโลหิตจางที่เกิดจากการขาดเหล็ก หรือ Folate ในระยะเริ่มแรกได้ดี อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของ RDW คือ มีความไวในภาวะโลหิตจางกลุ่มที่เม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็กและติดสีจาง แต่ไม่มีประโยชน์สำหรับคนปกติ

2. คำนวณค่า RDW โดยคิดจากความกว้างของภาพ RBC histogram โดยคิดจากความกว้างของตำแหน่งที่สูงร้อยละ 20 จากยอดของภาพ RBC histogram และนิยมเรียก RDW ที่คำนวณได้จากวิธีนี้ว่า RDW-standard deviation (RDW-SD) ค่านี้มีการนำมาใช้วิเคราะห์ anisocytosis และติดตามผู้ป่วยที่ได้รับเลือด เครื่องอัตโนมัติที่ใช้วิธีการนี้ ได้แก่ เครื่องที่ผลิตจากบริษัท Sysmex Corporation

3. คำนวณค่า RDW โดยคิดจากสูตร

$$RDW = \frac{20^{\text{th}} \text{ percentile vol} - 80^{\text{th}} \text{ percentile vol}}{20^{\text{th}} \text{ percentile vol} - 80^{\text{th}} \text{ percentile vol}} \times \text{ค่าคงที่}$$

เครื่องอัตโนมัติที่ใช้วิธีการนี้ ได้แก่ เครื่องที่ผลิตจากบริษัท Beckman Coulter รุ่น Coulter® S Plus

24. Reticulocyte count (RET count)

Reticulocyte count (RET count) เป็นค่าจำนวนนับของเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน reticulocyte รายงานเป็นค่าร้อยละหรือค่านับสัมบูรณ์ ค่าปกติอาจแตกต่างกันได้ตามเทคโนโลยีและกลุ่มประชากร¹² เดิมค่านี้อาจใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อนอัตโนมัติ แต่ในปัจจุบันใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติรุ่นใหม่ๆ จะสามารถทำการวิเคราะห์ค่าดังกล่าวนี้ได้หากผู้ใช้เลือกให้

ทำการวิเคราะห์ ค่านี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในการตรวจวินิจฉัยและตรวจติดตามการสร้างเม็ดเลือดแดงของไขกระดูก²⁰ ในภาวะโลหิตจางชนิดต่างๆ โรคโลหิตวิทยาอื่นๆ ในผู้ป่วยที่ได้รับ EPO^{13,21} ตลอดจนผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูก เป็นต้น นอกจากนี้เครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อนอัตโนมัติรุ่นใหม่ๆ เหล่านี้ยังสามารถรายงานค่าที่เกี่ยวข้องกับ reticulocyte อีกหลายค่าบางค่าก็มีการนำมาใช้ประโยชน์บ้างแล้ว เช่น IRF บางค่าก็ยังอยู่ในระหว่างการศึกษาค้นคว้าวิจัย เช่น MCVr, CHCMr¹¹⁻¹² เป็นต้น

25. White blood cell count (WBC)

ค่านี้เป็นค่าจำนวนนับเม็ดเลือดขาว และแสดงค่าเป็นจำนวนนับสัมบูรณ์ ค่าปกติอาจแตกต่างกันได้ตามเทคโนโลยีและกลุ่มประชากร อย่างไรก็ตามเป็นค่าที่มีประโยชน์มาก และใช้กันอย่างแพร่หลายในการวินิจฉัยติดตามดูแลรักษาผู้ป่วย¹⁷⁻⁸

26. ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ

นอกจากนี้ยังมีพารามิเตอร์อีกจำนวนหนึ่งซึ่งไม่ค่อยนิยมใช้กัน นอกจากนี้ประโยชน์ของพารามิเตอร์เหล่านี้บางค่ายังอยู่ในระหว่างการวิจัย ส่วนบางค่ายังไม่ทราบประโยชน์ชัดเจน เดิมพารามิเตอร์เหล่านี้ส่วนใหญ่รายงานจากเครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อนอัตโนมัติ แต่ในปัจจุบันใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติรุ่นใหม่ๆ จะสามารถทำการวิเคราะห์ค่าดังกล่าวนี้ได้หากผู้ใช้เลือกให้ทำการวิเคราะห์ ค่าพารามิเตอร์กลุ่มนี้^{1,8} ได้แก่

1. PLT-large cell ratio (P-LCR) คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างเกร็ดเลือดที่มีขนาด < 12 fL และที่มีขนาด > 12 fL ค่านี้หากต่ำกว่าปกติชี้ให้เห็นการเกิดเกาะกลุ่มกันของเกร็ดเลือด ตลอดจนนำมาใช้ติดตามสภาวะการสร้างเกร็ดเลือด

2. Reticulocyte mean corpuscular volume (MCVr) คือ ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน (Reticulocyte) มีหน่วยเป็น fL

3. Reticulocyte mean corpuscular hemo-

globin concentration (CHCMr) คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฮีโมโกลบินภายในเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน มีหน่วยเป็น g/dL

4. Reticulocyte corpuscular hemoglobin content (CHr) คือ ค่าความเข้มข้นฮีโมโกลบินภายในเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน มีหน่วยเป็น pg

5. Reticulocyte distribution width (RDWr) คือ ค่าความกว้างของการกระจายตัวของปริมาตรเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน มีหน่วยเป็น %

6. Reticulocyte hemoglobin distribution width (HWDr) คือ ค่าความกว้างของการกระจายตัวของฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน มีหน่วยเป็น g/dL

7. High fluorescence ratio (HFR) คือ ค่าเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ย้อมติดสีฟลูออเรสเซนส์ในปริมาณสูง มีหน่วยเป็นค่าร้อยละและจำนวนนับสัมบูรณ์

8. Middle fluorescence ratio (MFR) คือ ค่าเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ย้อมติดสี ฟลูออเรสเซนส์ในปริมาณปานกลาง มีหน่วยเป็นค่าร้อยละและจำนวนนับสัมบูรณ์

9. Low fluorescence ratio (LFR) คือ ค่าเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ย้อมติดสีฟลูออเรสเซนส์ในปริมาณต่ำ มีหน่วยเป็นค่าร้อยละและจำนวนนับสัมบูรณ์

ประโยชน์ของเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ

เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติไม่ได้เพียงช่วยให้การวิเคราะห์ CBC มีความถูกต้อง แม่นยำสูงขึ้น และสะดวกรวดเร็วขึ้นเท่านั้น ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่รายงานจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ยังสามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาความผิดปกติต่างๆ ได้ ไม่แตกต่างไปจากการใช้ค่าที่รายงานจากการตรวจด้วยวิธี manual หรือด้วยคน นอกจากนี้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติยังสามารถรายงานค่าต่างๆ ได้มากกว่าการวิเคราะห์ CBC แบบที่รายงานจากการตรวจด้วยคน ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

บางค่าได้รับการยอมรับและนำมาใช้อย่างแพร่หลาย บางค่าได้ผ่านการวิจัยแต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย บางค่ายังคงใช้ประโยชน์อยู่เฉพาะในบางวิจัย จุดเด่นของการวิเคราะห์เลือดด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติคือมีภาพ histogram และ scattergram ที่มีประโยชน์อย่างมาก ทั้งในด้านการตรวจวินิจฉัย ตรวจติดตามดูแลรักษา ผู้ป่วย ตลอดจนในงานวิจัย จะเน้นเพื่อให้การใช้ประโยชน์จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติได้รับประโยชน์คุ้มค่า ในส่วนท้ายนี้จึงได้รวบรวมประโยชน์ทางคลินิกทั้งที่มีการนำมาใช้แล้วและที่ยังอยู่ในระหว่างการวิจัย ที่ได้รับการวิเคราะห์ของเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติซึ่งมีอยู่หลายประการ ได้แก่

1. การศึกษาภาวะโลหิตจาง

ค่า RBC count, RBC volume, RDW, Hb conc., ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับ RBC และภาพแผนภูมิต่างๆ ช่วยให้การจัดแยกชนิดภาวะโลหิตจาง² ทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ (ตารางที่ 3) ในการนำมาใช้ในการวินิจฉัยและติดตามผลการรักษา¹⁸⁻⁹ เช่น ภาวะโลหิตจางจากการขาดเหล็ก ธาลัสซีเมีย กลุ่ม megaloblastic anemia เป็นต้น

ในภาวะโลหิตจางจากการขาดเหล็ก เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติสามารถแสดงลักษณะภาพแผนภูมิที่มีลักษณะจำเพาะและแยกออกเป็น (รูปที่ 2) ระยะเริ่ม

แรก (mild) ระยะกลาง (moderate) ระยะรุนแรง (severe) นอกจากนี้ยังใช้ติดตามภาวะโลหิตจางเป็นระยะต่อเนื่อง รวมทั้งใช้ติดตามผลการรักษาได้อย่างต่อเนื่องด้วย ลักษณะที่ตรวจจากเครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติในกลุ่มระยะเริ่มแรกนั้นจะตรวจพบภาวะโลหิตจางเล็กน้อย ค่า RDW สูงขึ้นเล็กน้อย สำหรับค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงยังไม่พบความผิดปกติ อย่างไรก็ตามจาก RBC volume histogram และ Hb concentration จะมีลักษณะ left-shift เล็กน้อย สำหรับในกลุ่มระยะกลางนั้นภาวะโลหิตจางจะชัดเจน เซลล์มีขนาดเล็กกลางและค่า CHCM ต่ำลง ส่วนค่า RDW สูงขึ้น ค่า RBC volume histogram และ Hb concentration histogram มีลักษณะ left-shift ชัดเจนขึ้น สำหรับในกลุ่มระยะรุนแรงจะพบการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ชัดเจน นอกจากนี้ค่า HDW จะพบว่าสูงขึ้น ภาวะโลหิตจางในกลุ่มโรคธาลัสซีเมียนั้นมีความแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของธาลัสซีเมียนั้นๆ โดยมีลักษณะของภาวะโลหิตจางมากขึ้นอยู่กับชนิดของธาลัสซีเมียและความรุนแรงของโรค ลักษณะทั่วไปจะพบ left-shift ของ RBC volume histogram และ Hb concentration histogram

ส่วนภาวะโลหิตจางในกลุ่ม megaloblastic anemia นั้นจะพบ right-shift ของ RBC volume histogram และ left-shift ของ Hb concentration histogram

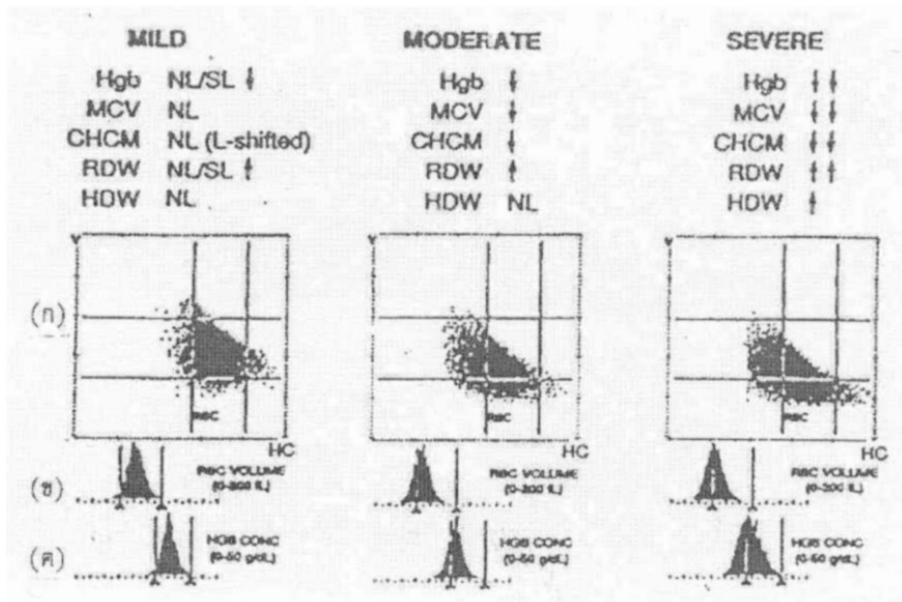
ตารางที่ 3 การแบ่งกลุ่มภาวะโลหิตจางโดยใช้ MCV ร่วมกับ RDW²

MCV and RDW classification	Anemia
Low MCV with normal RDW	Heterozygote thalassemia, Chronic diseases
Low MCV with high RDW	Iron deficiency anemia (IDA), Thalassemia intermedia and major, Hemoglobin-H
Normal MCV and RDW	Normal, trait Hemoglobinopathy, Hemorrhage, Chronic lymphocytic leukemia (CLL), Chronic myelogenous leukemia (CML), Hereditary spherocytosis
Normal MCV with high RDW	Early IDA or folate deficiency anemia, Mixed deficiency anemia, Sideroblastic anemia, Hemoglobinopathy, Myelofibrosis
High MCV with normal RDW	Aplastic anemia, Preleukemia
High MCV and RDW	Folate deficiency anemia, Immune hemolytic anemia, CLL*

MCV, mean corpuscular volume;
CLL, chronic lymphocytic leukemia;

RDW, red cell distribution width;
CML, chronic myelogenous leukemia

*Due to inclusion of leukocytes in the red cell volume distribution in CLL



รูปที่ 2 ภาพแผนภูมิ ก.) Erythrogram หรือ TIC-TAC-TOE ข.) Rbc volume และ ค.) Hb concentration ในผู้ป่วยภาวะโลหิตจางจากการขาดเหล็กตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ระยะกลาง จนถึงระยะรุนแรง โดยในระยะเริ่มต้นนั้นภาวะโลหิตจางยังไม่ชัดเจนและอาจมีการเพิ่มขึ้นของ RDW ในระยะกลางนั้นภาวะโลหิตจางชัดเจนขึ้น เม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็ก RDW สูงขึ้นเล็กน้อย แต่ค่า HDW ยังปกติอยู่ ในระยะรุนแรงนั้น เครื่องตรวจวิเคราะห์เลือดอัตโนมัติจะตรวจพบภาวะโลหิตจางชัดเจน เม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็กกว่าปกติ RDW สูงขึ้น ในขณะที่ค่า HDW สูงขึ้นมาก (ตัวอย่างภาพแผนภูมิที่รายงานจากเครื่องตระกูล Technicon™ โดยได้รับอนุญาตจาก บริษัทอ็อลเดอร์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด)

ส่วนค่า RDW สูงขึ้นเล็กน้อยขึ้นอยู่กับความรุนแรงของภาวะโลหิตจาง จากการศึกษาศาสตร์เมียร์เลือดของผู้ป่วยกลุ่มนี้ตรวจพบ hypersegmented neutrophil ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของผู้ป่วยกลุ่มนี้ นอกจากนี้หากใช้เครื่องวิเคราะห์เลือดอัตโนมัติในตระกูล Technicon™ และ Advia™ เครื่องจะรายงานค่า MPXI ที่มีค่าสูงขึ้น ค่า LI ต่ำลง ซึ่งอธิบายได้ว่าเกิดจากผู้ป่วยกลุ่มนี้มี nuclear-cytoplasmic asynchronism ทำให้มีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ¹⁸⁻⁹

สำหรับภาวะโลหิตจางบางกลุ่มอาจมี NRBC ออกมาในกระแสเลือด ซึ่งเครื่องตรวจวิเคราะห์รุ่นใหม่บางรุ่นจะสามารถรายงานค่านี้ให้ทราบด้วย^{1.8}

ในภาวะโลหิตจางที่เกิดจากการแตกทำลายของเม็ด

เลือดแดง เช่น autoimmune hemolytic anemia (AIHA) จะมีลักษณะสำคัญคือ spherocyte ซึ่งเครื่องจะมีภาพแผนภูมิแสดงกลุ่มเซลล์ hyperchromic cell และกลุ่มเซลล์ hypochromic macrocyte ซึ่งเกิดจากการเร่งการสร้างเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้จะพบว่า RBC volume และ Hb concentration histogram จะกว้างกว่าปกติ และ PLT histogram จะมีขนาดใหญ่ แสดงถึงการเร่งทำงานของไขกระดูก¹⁸⁻⁹

เครื่องวิเคราะห์เซลล์เม็ดเลือดอัตโนมัติรุ่นใหม่บางรุ่นยังสามารถแสดงค่านับจำนวนเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน (reticulocyte count, RET count) ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาการทำงานของไขกระดูก ว่ามีความสามารถในการผลิตเม็ดเลือดแดงเป็นอย่างไร โดย

สามารถรายงานผลได้ทั้งค่าร้อยละและค่านับสัมบูรณ์ ซึ่งในภาวะโลหิตจางแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน และยังสามารณำมาใช้ติดตามผลการรักษาภาวะโลหิตจางนั้นๆ โดยการตรวจดูหรือติดตามการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของไขกระดูกในการผลิตเม็ดเลือดแดง ที่นอกเหนือไปจากนั้นยังสามารถรายงานค่าอื่นประกอบ เช่น IRF, LFR, MFR, HFR, MCVr, CHCmr, CHr, RDWr, HDWr¹¹⁻¹² เป็นต้น แตกต่างกันไปแล้วแต่ตระกูลของเครื่องอัตโนมัติ

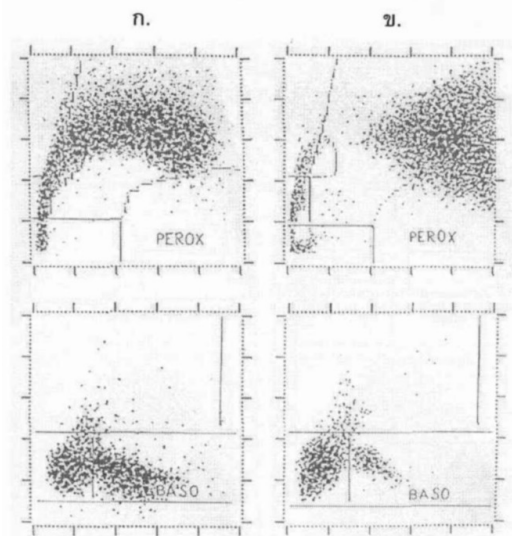
2. การศึกษาภาวะติดเชื้อ

ในภาวะติดเชื้อจากเชื้อแบคทีเรียจะพบจำนวนเม็ดเลือดขาวสูงขึ้น ร่วมกับการเกิด neutrophilia นอกจากนี้หากใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติตระกูล TechniconTM และ AdviaTM จะพบว่าค่า MPXI สูงขึ้น และ LI ต่ำลง เนื่องจากการเกิด shift to the left เกิดขึ้น ส่วนภาวะติดเชื้อไวรัสนั้นจะพบ lymphocytosis และ LUC สูงขึ้นเนื่องจากมี atypical lymphocyte ค่า LI ต่ำลง เนื่องจาก mononuclear cell ที่สูงขึ้น ส่วนในภาวะติดเชื้อปรสิตนั้นพบ eosinophilia⁸⁹ นอกจากนี้มีผู้นำเครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติมาใช้ศึกษาภาวะติดเชื้อมาลาเรีย และพบว่าใน *Plasmodium vivax* (*P. vivax*) และ *P. falciparum* มีค่า MPXI, LUC, RDW และ HDW สูงขึ้น ส่วนใน *P. vivax* นั้น^{22,23} พบว่าค่า MCV สูงขึ้นด้วย นอกจากนี้เครื่องตระกูล SysmexTM และ Cell-Dyn[®] บางรุ่นยังสามารถรายงานค่า IMI ได้ด้วย

3. การศึกษาเม็ดเลือดขาว

ประโยชน์จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติในการศึกษาเม็ดเลือดขาวนี้ สามารถแสดงได้โดยลักษณะของ WBC scattergram เป็นสำคัญ¹⁷⁻⁹ โดยเครื่องอัตโนมัติของแต่ละบริษัทจะมีรูปแบบของ WBC scattergram ที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องอัตโนมัติที่ผลิตโดยบริษัท Bayer จะมีลักษณะของ Perox และ Baso scattergram ที่แสดงลักษณะเฉพาะของเม็ดเลือด

ขาวชนิดต่างๆ ช่วยให้ง่ายแก่การวินิจฉัยเบื้องต้นตาม French American British (FAB) criteria นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้แยก acute myeloblastic leukemia (AML) ออกจาก acute lymphoblastic leukemia (ALL) ได้โดยง่าย สะดวก รวดเร็ว ผู้ป่วย acute myeloblastic with maturation (M2) และ acute promyelocytic leukemia (M3) นั้น perox scattergram ต่างมีลักษณะเฉพาะ โดยใน M2 มีการกระจายของกลุ่มเซลล์เริ่มจากบริเวณ large unstained cell (LUC) ไปจนถึงบริเวณของ neutrophil อย่างหนาแน่น (รูปที่ 3 ก.) และค่า MPXI ต่ำกว่าปกติ ส่วนใน M3 ลักษณะการกระจายของเซลล์ขนาดกลางที่ติดสี peroxidase อย่างหนาแน่นเป็นรูปคล้ายพัด หรือ กรวย (รูป

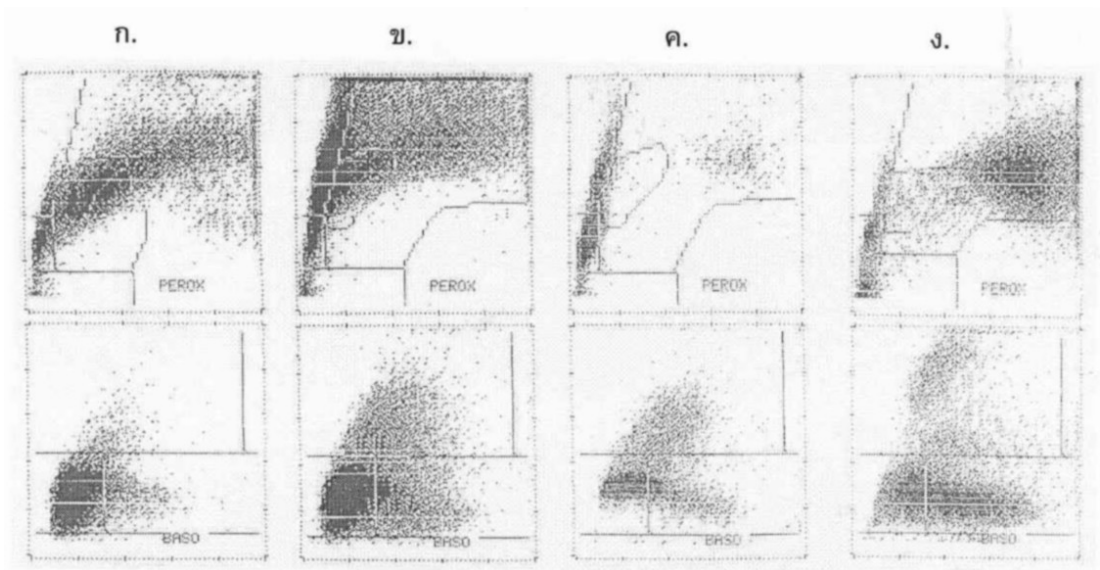


รูปที่ 3 ลักษณะ Perox และ Baso scattergram ในผู้ป่วยมะเร็งเม็ดเลือดขาว¹

ก. Acute myeloblastic leukemia (M2)

ข. Acute promyelocytic leukemia (M3)

จะพบว่าใน M2 มีการกระจายของกลุ่มเซลล์ เริ่มจากบริเวณ large unstained cell (LUC) ไปจนถึงกลุ่ม neutrophil อย่างหนาแน่น ใน M3 มีการกระจายของกลุ่มเซลล์ในบริเวณกลุ่ม neutrophil อย่างหนาแน่น และเป็นลักษณะรูปใบพัดหรือกรวย



รูปที่ 4 ลักษณะ Perox และ Baso scattergram ที่พบในโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ¹

ก. Acute myelomonocytic leukemia, M4

ข. Acute monocytic leukemia, M5

ค. Acute lymphoblastic leukemia, ALL

ง. Chronic lymphocytic leukemia, CLL

จะพบว่าใน Perox scattergram สำหรับ M4 มีการกระจายของเซลล์จำนวนมากในบริเวณ neutrophil แต่แผ่ยาวอย่างหนาแน่น ในขณะที่ M5, ALL และ CLL มีเซลล์หนาแน่นในส่วน LUC และ lymphocyte ส่วนใน Baso scattergram ทั้ง ก., ข., ค., และ ง. มีลักษณะคล้ายตัวหนอนหัวโตเกิดจากมีเซลล์ตัวอ่อนเพิ่มขึ้น

ที่ 3 ข.) และค่า MPXI สูงกว่าปกติ¹⁵⁻¹⁷ เป็นต้น รูปที่ 4 แสดง perox และ baso scattergram ที่พบในโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ

รูปที่ 5 เป็นภาพตัวอย่าง WBC scattergram ที่ได้จากเครื่อง Cell-Dyn[®] 3500 ส่วนรูปที่ 6 เป็นภาพตัวอย่าง WBC scattergram ที่ได้จากเครื่อง Sysmex[™] SF-3000 และรูปที่ 7 เป็นภาพตัวอย่าง WBC scattergram ที่ได้จากเครื่อง Coulter[®] MAXM

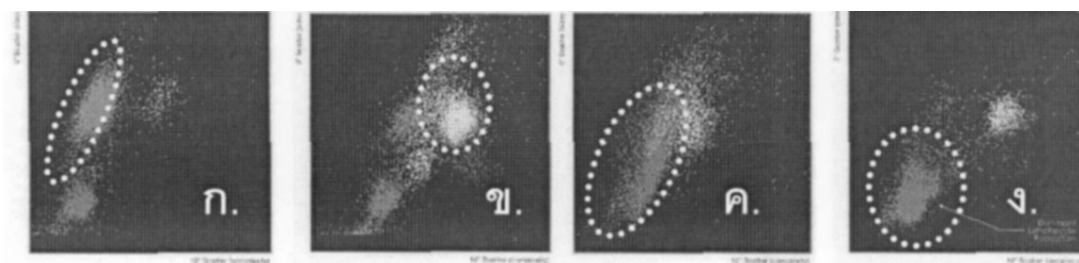
4. การติดตามการเปลี่ยนแปลงเลือดในผู้ป่วยมะเร็งที่รักษาด้วยเคมีบำบัดและได้รับ cytokines

ผู้ป่วยมะเร็งที่ได้รับเคมีหรือรังสีบำบัดซึ่งกดการทำงานของไขกระดูกและได้รับ cytokines เช่น recombinant human granulocyte colony-stimulating factor (rhG-CSF)^{12,24-28}, erythropoietin¹²⁻¹³ เป็นต้น มีการเปลี่ยนแปลงของเลือดอย่างมากและจำเป็นต้องติดตาม

ตาม จากการใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์เลือดอัตโนมัติตระกูล Technicon[™] H พบว่า สามารถนำมาใช้ติดตามการรักษาผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และพบว่าค่า MPXI สูงขึ้น นอกจากนี้ยังใช้ศึกษาเซลล์ตัวอ่อนที่เกิดขึ้นจากการกระตุ้นของ rhG-CSF ได้

5. ตรวจหาความผิดปกติในผู้ป่วย Myeloperoxidase deficiency

ใช้ค่า mean peroxidase activity index (MPXI) และ perox scattergram (รูปที่ 8) ในการตรวจหาผู้ป่วย Myeloperoxidase deficiency¹ ซึ่งเป็นความผิดปกติที่เกิดจากเม็ดเลือดขาว neutrophil มีเอนไซม์ myeloperoxidase (MPO) ต่ำกว่าปกติ จัดเป็นกลุ่มที่มีการขาด MPO บางส่วน (partial myeloperoxidase deficiency) หรืออาจจะไม่มีเอนไซม์ดังกล่าวเลยจัดเป็นกลุ่มที่ขาด MPO (total myeloperoxidase defi-



รูปที่ 5 ภาพ WBC scattergram ที่ได้จากเครื่อง Cell-Dyn 3500

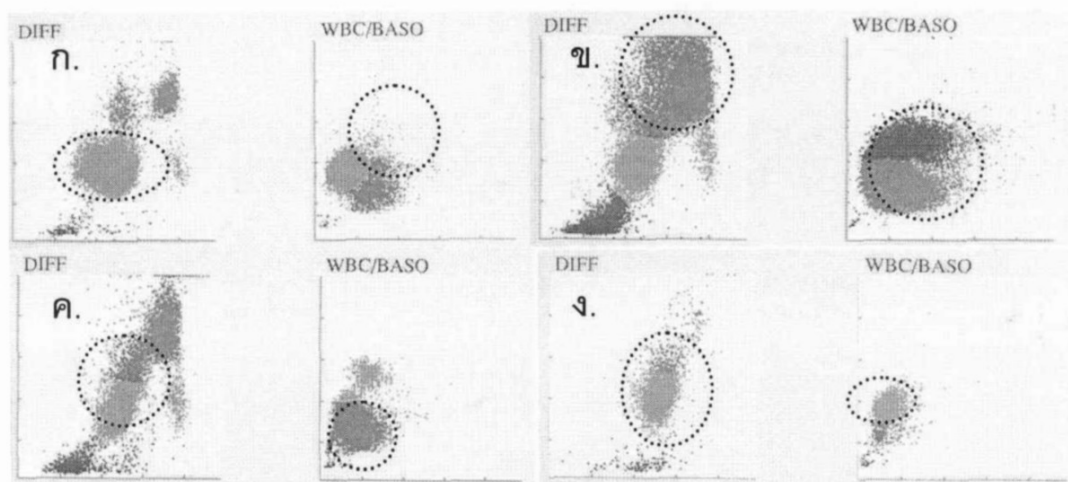
ก. Acute monocytic leukemia, M5

ข. Chronic myelocytic leukemia, CML

ค. Acute lymphoblastic leukemia, ALL

ง. Chronic lymphocytic leukemia, CLL

จะพบว่าลักษณะของ WBC scattergram ในภาพ ก. มีกลุ่มเซลล์ monocyte เพิ่มขึ้นมาก (วงเส้นปะ) ในขณะที่ภาพ ข. มีกลุ่มเซลล์ neutrophil จำนวนมาก (วงเส้นปะ) ส่วนภาพ ค. และ ง. มีกลุ่มเซลล์ lymphocyte จำนวนมาก แตกต่างกันในภาพ ค. มีกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเป็นตัวอ่อนเป็นจำนวนมาก (วงเส้นปะ) เมื่อเปรียบเทียบกับภาพ ง. ซึ่งจะพบว่าส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเซลล์ที่เป็นตัวแก่สมบูรณ์ (วงเส้นปะ) (ภาพโดยได้รับอนุญาต จากบริษัท แอ็บบอต ลาบอแรตอรีส์ จำกัด)



รูปที่ 6 ภาพตัวอย่าง WBC scattergram ที่ได้จากเครื่อง Sysmex™ SF-3000

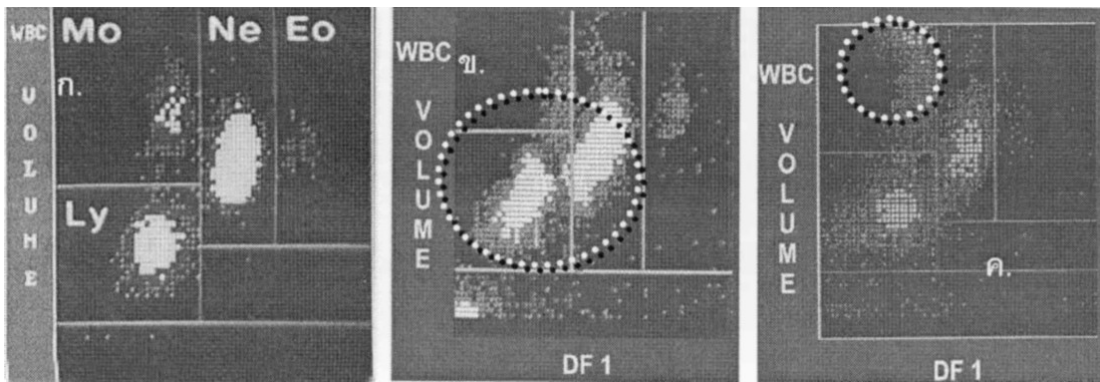
ก. Acute myeloid leukemia (AML) จะเห็นว่าภาพ DIFF scattergram มีกลุ่มเซลล์ตัวอ่อนจำนวนมาก (วงเส้นปะ) สอดคล้องกับภาพ WBC/BASO (วงเส้นปะ)

ข. Chronic myeloid leukemia (CML) จะเห็นว่าภาพ DIFF scattergram มีกลุ่มเซลล์ IG จำนวนมาก (วงเส้นปะ) ในขณะที่ภาพ WBC/BASO มี left shift (วงเส้นปะ)

ค. Non-Hodgkin's lymphoma (NHL) จะเห็นว่าภาพ DIFF scattergram มีกลุ่มเซลล์ lymphoma จำนวนมาก (วงเส้นปะ) สอดคล้องกับภาพ WBC/BASO (วงเส้นปะ)

ง. Acute lymphocytic leukemia (ALL) จะเห็นว่าภาพ DIFF scattergram มีกลุ่มเซลล์ lymphocyte จำนวนมาก (วงเส้นปะ) สอดคล้องกับภาพ WBC/BASO (วงเส้นปะ)

(ภาพโดยได้รับอนุญาตจากบริษัท เมดิทอป จำกัด)



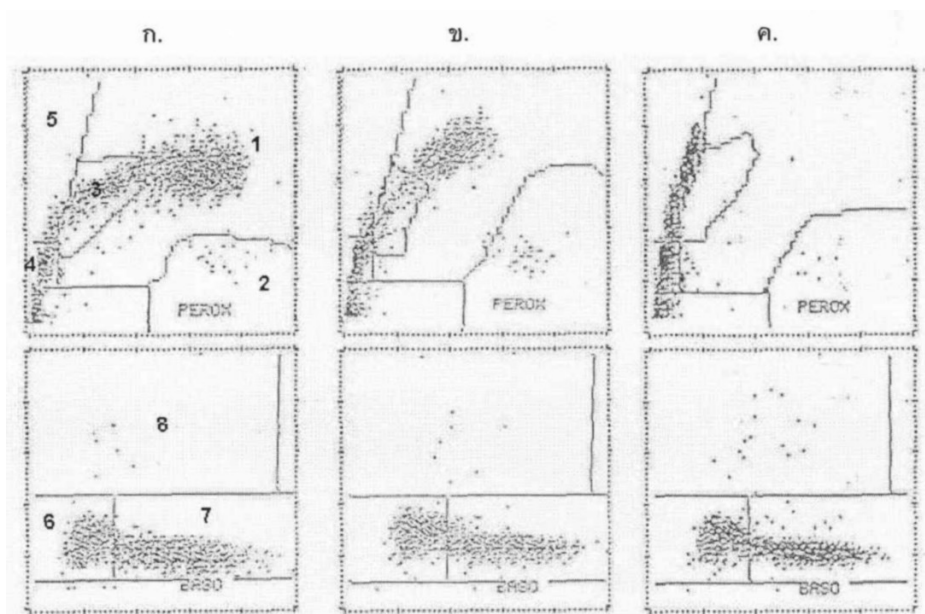
รูปที่ 7 ภาพตัวอย่าง WBC scattergram ที่ได้จากเครื่อง Coulter? MAXM

ก. Normal WBC scattergram

ข. Lymphoma จะเห็นว่าภาพ DF1 มีกลุ่มเซลล์ผิดปกติจำนวนมาก (วงเส้นปะ)

ค. Hairy cell leukemia จะเห็นว่าภาพ DF1 มีกลุ่มเซลล์ตัวอ่อนขนาดใหญ่จำนวนมาก (วงเส้นปะ)

(ภาพโดยได้รับอนุญาตจากบริษัท พี ซี แอล โฮลดิ้ง จำกัด)



รูปที่ 8 ภาพ Perox scattergram⁷

ก. Perox scattergram ของคนปกติ 1 = neutrophil, 2 = eosinophil, 3 = monocyte, 4 = lymphocyte, 5 = LUC, 6 = mononuclear cell, 7 = polymorphonuclear cell, และ 8 = basophil

ข. Perox scattergram ของผู้ป่วยที่มีเอนไซม์ myeloperoxidase (MPO) ต่ำกว่าปกติ จัดเป็นกลุ่มที่มีการขาด MPO บางส่วน (partial myeloperoxidase deficiency)

ค. Perox scattergram ของผู้ป่วยที่ไม่มีเอนไซม์ดังกล่าวเลย จัดเป็นกลุ่มที่ขาด MPO ทั้งหมด (total myeloperoxidase deficiency)

ciency) ซึ่งการตรวจ CBC โดยทั่วไปจะพบว่าผลปกติ ทั้งนี้จะพบว่า neutrophil ไม่มีความผิดปกติในเรื่องของรูปร่างและจำนวน แต่มีความผิดปกติในเรื่องของการทำงาน กล่าวคือไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติ และผู้ป่วยง่ายต่อการติดเชื้อแบคทีเรีย ส่วนใหญ่เกิดจากความผิดปกติทางพันธุกรรม ถ่ายทอดแบบ autosomal recessive นอกจากนี้อาจพบเป็นแบบ acquired ในผู้ป่วย acute myeloid leukemia (AML), Myelodysplastic syndrome (MDS), Chronic myelocytic leukemia (CML) เป็นต้น ปัจจุบันคำดังกล่าวนี้มีการนำมาใช้ในงานวิจัยต่างๆ เป็นส่วนใหญ่ เช่น การนำมาใช้ติดตามผู้ป่วยโรคมะเร็งที่ได้รับเคมีหรือรังสีบำบัดซึ่งกดการทำงานของไขกระดูก และต้องรับการกระตุ้นการสร้างเซลล์เม็ดเลือดด้วย rhG-CSF การนำมาใช้ติดตามผู้ป่วยเอ็ดส์เพื่อตรวจดูระดับเกล็ดของเอนไซม์ myeloperoxidase⁷ เป็นต้น

6. การศึกษาการทำงานของเกร็ดเลือด

การศึกษาการทำงานของเกร็ดเลือดโดยทั่วไป ทำโดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเกร็ดเลือด เช่น ผนังของเกร็ดเลือด สารที่บรรจุใน granule การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานของเกร็ดเลือดเองภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เป็นต้น นอกจากนี้ยังศึกษาได้จากความสามารถในการเกาะติด (adhesion) การเกาะจับกัน (aggregation) การหลั่งสารสำคัญต่างๆ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของเมตาบอลิซึมต่างๆ แต่วิธีการเหล่านี้ล้วนใช้เวลานานและยุ่งยาก การศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาตรของเกร็ดเลือด (mean platelet volume, MPV) ที่ใส่และไม่ใส่สารกันเลือดแข็ง EDTA (dMPV) ถูกนำมาใช้ และพบว่ามีความสัมพันธ์กับการศึกษาการทำงานของเกร็ดเลือดเป็นอย่างดี^{1,18}

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วย¹ เช่น congenital และ acquired myeloperoxidase deficiency, myelodysplastic syndrome, hereditary spherocytosis เป็นต้น

นอกจากนี้ในปัจจุบันเครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติรุ่น AdviaTM 120 สามารถวิเคราะห์เกร็ดเลือดได้ทั้งขนาดของเกร็ดเลือดและดัชนีการหักเหแสง (refractive index) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่อยู่ภายในเกร็ดเลือด โดยเครื่องจะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญค่าหนึ่งคือ mean platelet component (MPC) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการกระจายตัวของค่าเกร็ดเลือดที่วัดได้จากค่าดัชนีหักเหของแสง ซึ่งมีงานวิจัยพบว่าค่า MPC ที่รายงานจากเครื่องอัตโนมัติ AdviaTM 120 ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงไปมีความสัมพันธ์กับภาวะที่เกร็ดเลือดถูกกระตุ้น ซึ่งช่วยในการศึกษาภาวะดังกล่าวข้างต้นได้ ทั้งนี้โดยปกติการทำงานของเกร็ดเลือดในร่างกายจะอยู่ในภาวะพัก (resting state) แต่เมื่อร่างกายเกิดความผิดปกติ เช่น acute coronary heart syndrome, unstable angina, acute myocardial infarction เป็นต้น เกร็ดเลือดจะถูกกระตุ้นและส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบริเวณผิวเซลล์ (cell surface) รวมทั้งมีการเพิ่มขึ้นของ P-selectin (CD62P) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะต้องใช้การตรวจวัดโดยวิธี immunofluorescent flow cytometry ซึ่งมีความยุ่งยาก ไม่สะดวก ใช้เวลานาน และมีค่าใช้จ่ายสูง

7. การตรวจสารน้ำในร่างกาย

ในปัจจุบันเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ สามารถนำมาใช้ในการตรวจสารน้ำต่างๆ ในร่างกาย เช่น bone marrow²⁹, synovial fluid, cerebrospinal fluid (CSF)³⁰, bronchial fluid, amniotic fluid, pleural fluid เป็นต้น โดยแต่เดิมใช้วิธีการตรวจแบบ manual ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจที่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่สะดวก และใช้เวลานาน ปัจจุบันเครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติได้รับการพัฒนามากขึ้น ทำให้สามารถนับจำนวนและนับแยกชนิดของเม็ดเลือดขาวที่มีปริมาณน้อยๆ ได้อย่างมีความถูกต้องแม่นยำสูง ในเวลาที่รวดเร็ว และมีความสะดวกกว่าวิธี manual มาก

8. การตรวจจับการใช้สารกระตุ้นในนักกีฬา

วิธีการหนึ่งในการตรวจจับการใช้สารกระตุ้นในนักกีฬานั้น คือ การตรวจหา Erythropoietin (EPO) ในปัสสาวะ ซึ่ง EPO เป็น glycoprotein ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนและคาร์โบไฮเดรต สร้างที่ peritubular interstitial cell ซึ่งอยู่ที่ส่วน cortex ของไต การสร้างของ EPO จะถูกควบคุมด้วยความดันของออกซิเจน (O_2 tension) ในไต กรณีที่ความดันของออกซิเจนลดลงจะกระตุ้นให้ไตสร้าง EPO เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะ EPO มีความสำคัญในการควบคุมการสร้างเม็ดเลือดแดง ฉะนั้นร่างกายจึงสร้าง EPO เพิ่มขึ้นเพื่อให้การสร้างเม็ดเลือดแดงในไขกระดูกเพิ่มมากขึ้น ทำให้ออกซิเจนถูกปลดปล่อยให้กับเนื้อเยื่อได้ตามปกติ แต่ผลการตรวจหา EPO ในปัสสาวะนี้มีความยุ่งยาก ค่าใช้จ่ายสูง ไม่สะดวก ในปัจจุบันจึงเปลี่ยนมาตรวจหาการเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน (reticulocyte) หลังการแข่งขัน โดยหากพบว่าการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วผิดปกติแล้ว จะสะท้อนถึงผลที่เกิดจากการใช้สารกระตุ้น ซึ่งมีผลให้ร่างกายผลิตเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนเพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถนำพาออกซิเจนไปสู่เนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของร่างกายได้มากขึ้นตามไปด้วยนั่นเอง ซึ่งในการแข่งขันกีฬา Olympic (Sydney game)³¹ ได้มีการใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติของบริษัท Bayer รุ่น Advia™ 120 มาใช้ในการตรวจจับการใช้สารกระตุ้นในการแข่งขัน โดยใช้ประโยชน์จากพารามิเตอร์ต่างๆ ที่บ่งบอกถึงการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วผิดปกติของเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนอันได้แก่ Hb, Hct, CH, CHCM, % Retic, # Retic, MCV, MCVr, MCV ratio ($MCVr / MCVm$), CHCMr, CHr, Retic Hb ($CHr \times \# Retic$), Total retic hemoglobin, Retic HCT ($\# Retic \times MCVr$), Fractional volume of the reticulocyte pool

สรุปและแนวโน้มของการพัฒนาในอนาคต

ปัจจุบันนอกจากได้ว่า การให้บริการตรวจ CBC ใน

โรงพยาบาลขนาดใหญ่เกือบทุกแห่งในประเทศไทยและในโลก ให้บริการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ฉะนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติเป็นเทคโนโลยีสำหรับปัจจุบันที่สำคัญอย่างยิ่งเทคโนโลยีหนึ่งในการตรวจทางห้องปฏิบัติการ การพัฒนาเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติยังคงดำเนินอยู่ต่อไปอย่างไม่หยุดนิ่ง และมีแนวโน้มที่จะมีการเพิ่มจำนวนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีประโยชน์ให้มากขึ้น ตลอดจนอาจจะมีการปรับเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ให้สามารถทำการวิเคราะห์และรายงานค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามความต้องการของผู้ใช้ยิ่งขึ้น เพื่อประโยชน์ในการดูแลรักษาผู้ป่วยที่มีลักษณะโรคพยาธิที่แตกต่างกันในส่วนต่างๆ ของโลก

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันแม้ว่าเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ จะได้รับการพัฒนามีความถูกต้องแม่นยำสูง และมีความสะดวกรวดเร็ว แต่ยังคงมีข้อจำกัดบางประการในการป้อนซึ่งถึงความผิดปกติของตัวอย่างเลือดที่ตรวจ และมีปัจจัยอื่นๆ ในเลือดอีกหลายอย่าง¹ สัญลักษณ์และเครื่องหมายต่างๆ ที่แสดงบนใบรายงานผลจึงถูกใช้เป็นตัวชี้บ่งให้ตรวจสอบตัวอย่างเลือดที่ตรวจโดยการทำและตรวจแผ่นสเมียร์เลือด การวิเคราะห์ค่า Hct โดยวิธีการปั่นเหวี่ยง เป็นต้น เพื่อตรวจสอบความผิดปกติอื่นๆ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากเครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง จะเห็นว่าการตรวจคัดกรองเลือด (screening test) การเลือกใช้เทคโนโลยีเครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติสามารถช่วยให้การทำงานดำเนินไปอย่างรวดเร็ว มีความแม่นยำและถูกต้อง ส่วนในการตรวจวินิจฉัยเพื่อให้ได้ข้อสรุปของโรคต่างๆ การผสมผสานเทคโนโลยีเครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติเข้ากับการตรวจแผ่นสเมียร์เลือด ทำให้ได้ผลการตรวจที่เปี่ยมไปด้วยคุณภาพและเป็นประโยชน์ต่อแพทย์ผู้ทำการรักษาเป็นอย่างยิ่ง ส่วนในการใช้เพื่อติดตามผลการรักษานั้น เทคโนโลยีเครื่องตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติถูกนำมาใช้และแสดงผลการ

ตรวจที่ทรงประสิทธิภาพ ทำให้แพทย์สามารถติดตามผลการรักษาผู้ป่วยนั้นๆ ได้ชัดเจน สะดวก และรวดเร็ว ฉะนั้นความเข้าใจในเทคโนโลยีเครื่องวิเคราะห์เลือดอัตโนมัติ และรู้จักการผสมผสานเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ากับสิ่งดีๆ ที่มีอยู่เดิมจะช่วยให้การใช้เทคโนโลยีเกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่า

เอกสารอ้างอิง

1. นพพรณ จารุรักษ์. เทคโนโลยีที่ใช้ในการวิเคราะห์เม็ดเลือดขาว และ พารามิเตอร์ต่างๆ และการใช้ประโยชน์ทางคลินิก. ใน: การวิเคราะห์เม็ดเลือดด้วยเครื่องอัตโนมัติและการณัติศึกษา. นพพรณ จารุรักษ์. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด. 2545:39-54 และ 95-124.
2. Bessman JD, Gilmer PR Jr, Gardner FH. Improved classification of anemias by MCV and RWD. *Am J Clin Pathol* 1983;80:322-6.
3. Krailadsiri P, Charuruks N. Automated hematology I: Reference values for leukocyte parameters on flow cytometric system (Technicon H*1). *Chula Med J* 1994;38:337-42.
4. Charuruks N, Limpanasithikul W, Voravud N, Nuchorayoon C. Reference ranges and maturation of reticulocytes in adults. *J Med Assoc Thai* 1998;81:357-64.
5. Machin SJ, Pollard Y, Grant D, Chavda N. CD4+ and CD8+ lymphocyte immunophenotyping using antibody-bound microspheres on the Coulter® STKS analyzer. *Lab Hematol* 1997;3:60-5.
6. Marshall P, Hung D, Yuan J, Kim YR. Rapid, automated, closed-tube quantitation of CD4+ and CD8+ T-cell populations on the Cell-Dyn® 4000 hematology analyzer. *Lab Hematol* 2000;6:137-43.
7. Charuruks N. Technicon H: an automated blood cell analyzer in clinical medicine. *Chula Med J* 1996;40:585-600.
8. นพพรณ จารุรักษ์. เครื่องอัตโนมัติในการวิเคราะห์เลือด. ใน: นพพรณ จารุรักษ์, นฤดี โกโคศวรรย์, กอบกุล จันทพรบรรณาธิการ. พยาธิวิทยาคลินิก. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด. 2545: หน้า 91-121.
9. นพพรณ จารุรักษ์. การวิเคราะห์เม็ดเลือดโดยเครื่องอัตโนมัติ. ใน: นิศารัตน์ โอภาสเกียรติกุล, วัฒนา เลี้ยววัฒนา, ดาราวรรณ วนะชีวนาวิน ฯลฯ บรรณาธิการ. พยาธิวิทยาคลินิก. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เรือนแก้ว. 2545: หน้า 243-258
10. Gamperling N, Reinecke T. Hematopoietic progenitor cell (HPC) analysis: literature review. *Sysmex J Int* 2001;11:77-80.
11. Charuruks N. Automated reticulocyte analysis. *Chula Med J* 1997;41:389-400.
12. Voravud N, Charuruks N. Hemopoietic growth factors in medical oncology. *Chula Med J* 1996;40:845-60.
13. Charuruks N, Voravud N, Sutheesophon J, Limpanasithikul W. Recombinant human erythropoietin in the treatment of cancer-related anemia. *Chula Med J* 1997;41:6-17.
14. Charuruks N, Krailadsiri P, Voravud N. Leukocyte alkaline phosphatase activity and peripheral changes of granulocyte following prophylaxis with granulocyte colony-stimulating factor. *J Med Assoc Thai* 1996;79:801-7
15. Charuruks N, Krailadsiri P, Voravud N, et al. Changes in white blood cells and myeloperoxidase activity in rhG-CSF prophylactic patients receiving cytotoxic chemotherapy. *J Med Assoc Thai* 1994;77:426-34.
16. Charuruks N. Myeloperoxidase measurement by automated blood cell analyzer. *Chula Med J* 1994;38:553-63.
17. Charuruks N, Voravud N, Sriuranpong V. MPXI and early neutrophilia: the new markers for recombinant human granulocyte colony-stimulating factor in patients receiving myelosuppressive chemotherapy. *J Clin Lab Analysis* 1998;12:41-6.
18. Charuruks N, Krailadsiri P, Seghatchian MJ. Effect of cold exposure on platelet concentrates: Changes in cellular indices and aggregation states. *J Med Assoc Thai* 1997;80:56-62.
19. อานนท์ บุญยะรัตเวช. ค่าจากการวิเคราะห์เม็ดเลือดด้วยเครื่องอัตโนมัติ. ใน: อานนท์ บุญยะรัตเวช. การวิเคราะห์เม็ดเลือดด้วยเครื่องอัตโนมัติ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์พันธ์พิบูลย์ซิง; 2536:53-66.
20. Charuruks N, Limpanasithikul W, Voravud N, Sutheesophon J. Erythropoietin level and hematologic

- parameters in healthy Thai adults. *J Med Assoc Thai* 2000;83:1267-73.
21. Charuruks N, Voravud N, Limpanasithikul W. The ratio of baseline erythropoietin (EPO) and corrected reticulocyte count, as a predictor of response to recombinant human erythropoietin (rhEPO) in anemic cancer patients. *J Clin Lab Analysis* 2001;15:260-6.
 22. Ben-Ezra J, St.Louis M, Riley S. Automated malaria detection with the Abbott Cell-Dyn 4000 hematology analyzer. *Lab Hematol* 2001;7:61-4.
 23. Meidelow BV, Lyons C, Nhlangothi P, Tana M, Munster M, etc. Automated malaria detection by depolarization of laser light. *British J Hematol* 1999; 104:499-503.
 24. Charuruks N. Recombinant human granulocyte colony-stimulating factor: A review of its basic and clinical aspects. *Thai J Hematol Transf Med* 1994; 4:151-65.
 25. Charuruks N, Krailadsiri P, Voravud N, et al. Hematologic effect of recombinant human granulocyte colony-stimulating factor in patients receiving myelosuppressive chemotherapy. *Chula Med J* 1994;38:515-27.
 26. Voravud N, Sriuranpong V, Nithipaijit N, Charuruks N. Non-glycosylated recombinant human granulocyte colony-stimulating factor (rhG-CSF) treatment for patients with febrile neutropenia following chemotherapy. *Chula Med J* 1995;39:107-18.
 27. Voravud N, Sriuranpong V, Nithipaijit N, Charuruks N. Recombinant human granulocyte colony-stimulating factor (rhG-CSF) in primary prevention of chemotherapy-induced neutropenia. *Chula Med J* 1995;39: 361-7.
 28. Voravud N, Charuruks N. Clinical use of recombinant human granulocyte colony-stimulating factors (rhG-CSF) in cancer patients of Chulalongkorn Hospital. *Chula Med J* 1998;42:541-63.
 29. d'Onofrio G, Vergine C, Zini G, Chirillo R, Rin GD, etc. Bone marrow and stem cell studies: applications of automated hematology analyzers to the care of hematological patients. First International Bayer Diagnostics Central Laboratory Symposium, Rome, Italy, April 20-22, 1997.
 30. Kling G, Chapman D, Kunicka J. The Advia® 120 hematology system: a useful tool for cerebral spinal fluid cell counts and differentials. The Third International Bayer Diagnostics Central Laboratory Symposium, Vienna, Austria, October 25-27, 1998.
 31. Parisotto R, Gore CJ, Emslie KR, Ashenden MJ, Brugnara C, etc. A novel method utilizing markers of altered erythropoiesis for the detection of recombinant human erythropoietin abuse in athletes. *Haematologica* 2000;85:564-72.

CME Credit

จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในแบบส่งคำตอบ CME Credit ท้ายเล่ม

- ข้อใดเป็นลักษณะที่พบในผู้ป่วยโรค β -thalassemia intermedia
 - ↓ MCV ↓ RDW ↓ HDW
 - ↓ MCV ↓ RDW ↑ HDW
 - ↓ MCV ↑ RDW ↑ HDW
 - ↑ MCV ↑ RDW ↑ HDW
 - ไม่มีข้อใดถูกต้อง
- Large unstained cell (LUC) สะท้อนถึงเม็ดเลือดกลุ่มใด
 - blast cell
 - large lymphocyte
 - atypical lymphocyte
 - เม็ดเลือดที่มีขนาดใหญ่และไม่ติดสี peroxidase
 - ถูกทุกข้อ
- ค่าใดต่อไปนี้เกิดจากการวิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ไม่ใช่การคำนวณ
 - Mean corpuscular volume (MCV)
 - Mean corpuscular hemoglobin (MCH)
 - Mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC)
 - ผิดทุกข้อ
 - ถูกทุกข้อ
- การศึกษาการทำงานของเกร็ดเลือดโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติทำได้โดย
 - ศึกษาการเกาะติด (adhesion)
 - ศึกษาการเกาะจับกัน (aggregation)
 - ศึกษาการหลั่งสารสำคัญต่างๆ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของเมตาบอลิซึมต่างๆ
 - ศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาตรของเกร็ดเลือดที่ใช้และไม่ใช้สาร EDTA
 - ถูกทุกข้อ
- ประโยชน์ของเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ได้แก่
 - ศึกษาแรงเม็ดเลือดขาว
 - ตรวจหาเม็ดเลือดในสารน้ำต่างๆ ในร่างกาย
 - ตรวจจับการใช้สารกระตุ้นในนักกีฬา
 - ตรวจหา myeloperoxidase deficiency
 - ถูกทุกข้อ