

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินประสิทธิภาพการตรวจนับ reticulocyte โดยเครื่องวิเคราะห์ เม็ดเลือดอัตโนมัติ

Coulter HmX® เปรียบเทียบกับ Coulter STKS® และการตรวจนับ ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ประไพ เหมหอม*, สุรศักดิ์ แวนรัมย์*, กาญจน์ ภาระนันต์**, สมจิตร ลิจิต**, ประภาพร ถ้ำแก้ว**, จุฬนทร์จรี แก้วมา**, ยุทธนา เฝิงแจ่ม*

บทคัดย่อ

จำนวนเรติคูลอไซต์สามารถบ่งชี้ความสามารถในการสร้างเม็ดเลือดแดงของไขกระดูก จำนวนเรติคูลอไซต์สามารถใช้ประกอบการวินิจฉัยและติดตามการรักษาภาวะโลหิตจาง นอกจากนี้ยังใช้เพื่อตรวจสอบการเกิดใหม่ของเม็ดเลือดแดงหลังปลูกถ่ายไขกระดูก การตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์สามารถทำได้ทั้งวิธี manual และใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการนับจำนวนเรติคูลอไซต์ โดยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS® และเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX® โดยเปรียบเทียบกับวิธี manual จากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง 155 ราย พบว่าผลการตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์โดยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS® เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX® และ manual เท่ากับร้อยละ 1.71 ± 1.69 % (0.6–2.8%), 1.99 ± 1.77 % (0.7–2.8%), และ 1.73 ± 1.68 % (0.5–2.0%) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างจำนวนเรติคูลอไซต์ทั้ง 3 วิธีพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยค่าความสัมพันธ์ของผลการนับจำนวนเรติคูลอไซต์ที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS และเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX® เท่ากับ 0.975 ค่าความสัมพันธ์ของผลการนับจำนวนเรติคูลอไซต์ที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS® และวิธี manual เท่ากับ 0.995 และค่าความสัมพันธ์ของผลการนับจำนวนเรติคูลอไซต์ที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX® และวิธี manual เท่ากับ 0.985 ดังนั้นการตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์ทั้ง 3 วิธีสามารถให้ผลที่แม่นยำและใช้แทนกันได้ วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2552; 42: 18-24.

คำสำคัญ Reticulocyte, Coulter HmX®, Coulter STKS® และ manual method

* กลุ่มวิชาจุลทรรศน์ศาสตร์คลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

** นักศึกษาเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Abstract: Evaluation of reticulocyte number counted by Coulter HmX[®] compared to Coulter STKS[®] and manual methods

Prapai Hemhorm^{*}, Surasak Wanrum^{*}, Karn Karanun^{**}, Somjit Likit^{**}, Prapaporn Tumkaew^{**}, Janjuree Kaewma^{**}, Yutthana Pengjam^{*}

Number of reticulocyte can indicate efficiency of bone marrow on erythropoiesis. It also aids in diagnosis and follow up anemic patients. In addition, it can be used for determination of new red blood cell production after bone marrow transplantation. In this study, we evaluated reticulocyte number counted by Coulter HmX[®], Coulter STKS[®] automate cell counters and manual method. One hundred and fifty - five samples were studied. The reticulocyte counts were found to be $1.71 \pm 1.69\%$ (0.6–2.8%), $1.99 \pm 1.77\%$ (0.7–2.8%) and $1.73 \pm 1.68\%$ (0.5–2.0%) for Coulter STKS[®], Coulter HmX[®] and manual method, respectively. The reticulocyte number enumerated by these three techniques was statistically comparable ($P > 0.05$). The correlation coefficient (r) of reticulocyte count between Coulter STKS[®] and Coulter HmX[®] was 0.975, Coulter STKS[®] and manual method was 0.995 and Coulter HmX[®] and manual method was 0.985. It was concluded that all these methods can be used in any laboratories for the reticulocyte count. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2009; 42: 18-24.*

Key words: Reticulocyte, Coulter HmX[®], Coulter STKS[®], manual method

* Division of Clinical Microscopy, Faculty of Medical Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Thailand

** Medical Technology Student, Faculty of Medical Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Thailand

บทนำ

การนับจำนวนเรติคูลอไซต์ในกระแสเลือดมีประโยชน์สำหรับการประเมินความสามารถในการสร้างเม็ดเลือดแดงของร่างกาย (erythropoiesis assessment) เพื่อใช้ในการวินิจฉัยและแยกความแตกต่างของภาวะโลหิตจางทางคลินิก ซึ่งหากผู้ป่วยมีภาวะโลหิตจางที่เกิดจากการทำลายเซลล์เม็ดเลือดแดง โดยไขกระดูกทำงานปกติ (effective erythropoiesis) ไขกระดูกจะเร่งสร้างเรติคูลอไซต์ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นจากระดับปกติได้ แต่หากผู้ป่วยมีภาวะโลหิตจางจากความบกพร่องในไขกระดูก (hypoplastic or aplastic anemia) จะมีผล

ทำให้จำนวนเรติคูลอไซต์น้อยกว่าระดับปกติ ดังนั้นการตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์ที่ถูกต้องและแม่นยำจึงช่วยในการวินิจฉัย และแยกความแตกต่างระหว่างภาวะโลหิตจางทางคลินิกจากทั้งสองกรณีได้¹⁻² วิธีการตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์ที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยาคลินิกทั่วไปคือการตรวจนับด้วยกล้องจุลทรรศน์ (manual method) โดยย้อมด้วยสี new methylene blue หรือ brilliant crystal blue ซึ่งมีความแม่นยำ แต่มีความยุ่งยากในการเตรียมอุปกรณ์ และอาจเกิดความผิดพลาดจากการตรวจนับได้³⁻⁴ ปัจจุบันมีเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติซึ่งใช้หลักการ flow cytometer

สามารถตรวจนับเรติคูลอไซต์ได้เช่น Mile H-3⁵, Sysmex R-1000⁶⁻⁷, Coulter STKS[®] และ Coulter HmX^{®8} จากการศึกษาของ Koepke JA และคณะ⁹ โดยได้เปรียบเทียบผลการตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์โดยเครื่อง Coulter STKS[®] และวิธี manual พบว่าค่าที่ได้จากเครื่องมีความแม่นยำกว่าวิธี manual ส่วนเครื่อง Coulter HmX[®] ซึ่งเป็นเทคโนโลยีของบริษัท Coulter และสามารถตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์เช่นเดียวกับ Coulter STKS[®] แต่ยังไม่มีการประเมินประสิทธิภาพการตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์ ดังนั้นในการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการตรวจนับเรติคูลอไซต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] โดยเปรียบเทียบกับเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS[®] และ manual method

วัสดุและวิธีการศึกษา

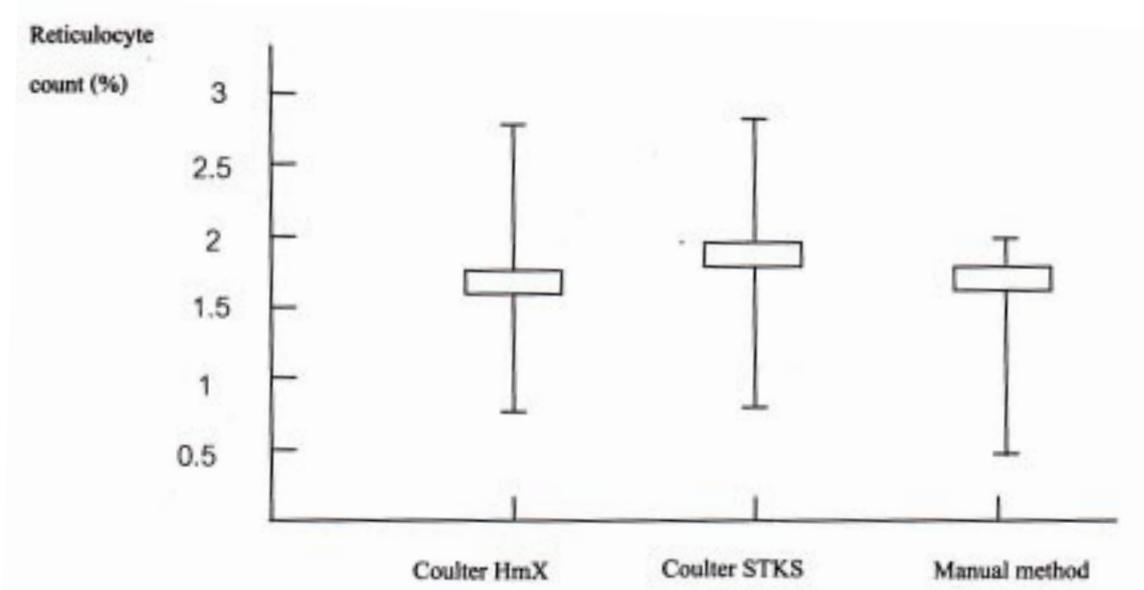
ตัวอย่าง EDTA blood ที่ศึกษาครั้งนี้ได้จากผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาที่แผนกพยาธิวิทยา ฝ่ายโลหิตวิทยา โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า กรุงเทพมหานคร เป็นเลือดคนปกติจำนวน 143 ตัวอย่าง และเลือดจากผู้มีภาวะเลือดจางจำนวน 12 ราย ตัวอย่างเลือดทุกตัวอย่างได้รับความยินยอมจากผู้ป่วยด้วยความสมัครใจ จากนั้นศึกษาความแม่นยำ (%CV) ของการตรวจนับเรติคูลอไซต์ด้วยวิธี manual โดยผู้วิจัย 2 ท่าน ซึ่งได้เลือกตัวอย่างเลือดปกติ และตัวอย่างเลือดจางอย่างละ 1 ตัวอย่าง ทดสอบหาความแม่นยำ (%CV) โดยนับจำนวนเรติคูลอไซต์ในแต่ละตัวอย่างๆ ละ 10 ครั้ง เมื่อได้ความแม่นยำเป็นที่น่าพอใจแล้ว จึงตรวจนับเรติคูลอไซต์จากตัวอย่างเลือดที่เหลือด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS^{®8} และ manual method³ การนับจำนวนเรติคูลอไซต์โดยวิธี manual ทำโดยนักวิจัย 2 ท่าน โดยนับจำนวนเรติคูลอไซต์ในแต่ละตัวอย่างๆ ละ 3 ครั้ง จากนั้นนำผลการตรวจนับมาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ paired Student's *t*-test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Pearson's correlation coefficient (*r*)

ผลการศึกษา

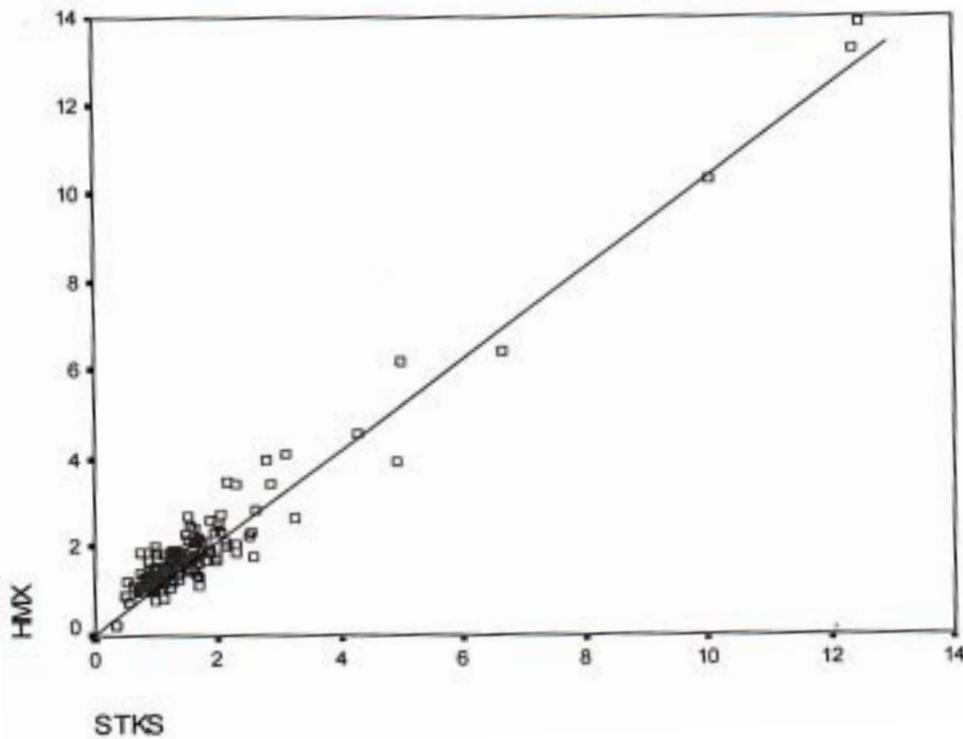
ผลการศึกษาความแม่นยำของการตรวจนับเรติคูลอไซต์ด้วยวิธี manual method โดยตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์ต่อจำนวนเม็ดเลือดแดง 1000 เซลล์ จากตัวอย่างเลือดปกติ 1 ราย และตัวอย่างเลือดจาง 1 ราย โดยนับตัวอย่างละ 10 ครั้ง แล้วคำนวณสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) พบว่า % CV ของผู้วิจัยรายที่ 1 และรายที่ 2 ในตัวอย่างเลือดปกติเท่ากับ 6.14% และ 7.27% ตามลำดับ และ % CV ของผู้วิจัยรายที่ 1 และรายที่ 2 ในตัวอย่างเลือดจางเท่ากับ 8.09% และ 5.48% ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ผลการตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์ (reticulocyte count) จากตัวอย่างเลือดปกติ 143 ราย โดยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS[®] พบว่ามีค่า $1.71 \pm 1.69\%$ (0.6–2.8%) ค่าที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] พบว่ามีค่า $1.99 \pm 1.77\%$ (0.7– 0.8%) ค่าที่ได้จากวิธี manual พบว่ามีค่า $1.73 \pm 1.68\%$ (0.5–2.0%) ผลการนับจำนวนเรติคูลอไซต์ที่ได้จาก 3 วิธีไม่มีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) และมีความสัมพันธ์กันดีมาก (รูปที่ 1) คือพบผลการตรวจสอบหาสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient; *r*) ของการตรวจนับเรติคูลอไซต์โดยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS[®] และเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] เท่ากับ 0.975 (รูปที่ 2) ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของผลการนับจำนวนเรติคูลอไซต์ที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS และวิธี manual เท่ากับ 0.995 และโดยค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของผลการนับจำนวนเรติคูลอไซต์ที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] และวิธี manual เท่ากับ 0.985 ผลการตรวจนับเรติคูลอไซต์จากผู้ป่วยโลหิตจางจำนวน 12 ราย พบว่าค่าที่ได้เมื่อเปรียบเทียบรายต่อรายจากการตรวจนับด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติทั้งสองเครื่อง และวิธี manual ให้ผลใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 การศึกษาความแม่นยำในการตรวจนับเรติคูลอไซต์ของผู้วิจัยรายที่ 1 และ 2 ด้วย manual method

Statistics	Value			
	ตัวอย่างเลือดปกติ		ตัวอย่างเลือดจาง	
	ผู้ปฏิบัติงาน รายที่ 1	ผู้ปฏิบัติงาน รายที่ 2	ผู้ปฏิบัติงาน รายที่ 1	ผู้ปฏิบัติงาน รายที่ 2
จำนวนครั้ง	10	10	10	10
Mean	1.14	1.10	4.45	5.47
SD	0.07	0.08	0.36	0.30
CV (%)	6.14	7.27	8.09	5.48



รูปที่ 1 รูปเปรียบเทียบผลการตรวจนับจำนวนเรติคูลอไซต์จากตัวอย่างเลือดปกติ 143 รายโดยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS® เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX® และวิธี manual เท่ากับร้อยละ $1.71 \pm 1.69\%$ (0.6–2.8%), $1.99 \pm 1.77\%$ (0.7–2.8%), และ $1.73 \pm 1.68\%$ (0.5–2.0%) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างจำนวนเรติคูลอไซต์ทั้ง 3 วิธีพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)



รูปที่ 2 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง reticulocyte count ที่ตรวจนับโดยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ Coulter HmX® (แกน Y) เปรียบเทียบกับเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS® (แกน X) จากตัวอย่างเลือด 143 ราย พบค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.975

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจนับเรติคูลอไซต์โดยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ Coulter HmX® เปรียบเทียบกับเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS® และ manual method จากตัวอย่างเลือดจางจำนวน 12 ราย

Number	Coulter HmX (%)	Coulter STKS (%)	Manual method (%)
1	4.54	4.27	4.20
2	13.86	12.48	12.60
3	6.17	4.98	4.96
4	6.38	6.65	6.50
5	13.27	12.37	12.35
6	3.91	4.90	4.60
7	3.40	2.88	2.80
8	10.30	10.05	10.25
9	3.42	2.31	2.50
10	4.08	3.10	3.50
11	2.61	3.27	2.75
12	3.97	2.81	2.85

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

วิธีการตรวจนับเรติคูลอซัยต์ที่ใช้กันอยู่ในโรงพยาบาลทั่วไปคือ manual method วิธีนี้มีข้อจำกัดคือในกรณีที่มีจำนวนเรติคูลอซัยต์ต่ำ มีความถูกต้องและแม่นยำน้อย³ ปัจจุบันมีการนำเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดมาใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงพยาบาล เนื่องจากมีความถูกต้องและแม่นยำสูง การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] และ Coulter STKS[®] ซึ่งทั้งสองเครื่องสามารถย้อมเรติคูลอซัยต์โดยใช้สี new methylene blue และวัดจำนวนเรติคูลอซัยต์โดยใช้หลักการ VSC เช่นเดียวกัน⁷ และวิธี manual เพื่อนับจำนวนเรติคูลอซัยต์จากเลือดตัวอย่างปกติ 143 ราย และตัวอย่างเลือดที่มีภาวะเลือดจาง 12 ราย รวมเป็น 155 ราย จากผลการตรวจนับจำนวนเรติคูลอซัยต์ในตัวอย่างเลือดปกติ 143 ราย และใช้ paired Student's *t* test พบว่า ทั้ง 3 วิธีให้ผลที่ใกล้เคียงกัน โดยค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) จากการหาค่าความสัมพันธ์ของทั้ง 3 วิธีพบว่ามีความสัมพันธ์กันสูงมาก โดยพบค่าความสัมพันธ์ (correlation coefficient; *r*) ของการตรวจนับเรติคูลอซัยต์โดยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS[®] และเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] เท่ากับ 0.975 ค่าความสัมพันธ์ของผลการนับจำนวนเรติคูลอซัยต์ที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS[®] และวิธี manual เท่ากับ 0.995 และค่าความสัมพันธ์ของผลการนับจำนวนเรติคูลอซัยต์ที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ Coulter HmX[®] และวิธี manual เท่ากับ 0.985 Hamilton และคณะ¹⁰ ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการนับเรติคูลอซัยต์โดยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS[®] และเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Sysmex R-1000 พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เท่ากับ 0.93 ซึ่งพบว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลการศึกษาในครั้งนี้

เพื่อความแม่นยำของการตรวจนับด้วยวิธี manual คณะผู้วิจัยได้ศึกษาความแม่นยำโดยการนับจำนวนเรติคูลอซัยต์ในตัวอย่างเลือดของคนปกติ พบว่าให้ค่า CV น้อยกว่า 10% (6.14% และ 7.27%)¹⁰ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ ขณะที่ในรายที่มีภาวะเลือดจางให้ค่า CV เท่ากับ 8.09% และ 5.48% ซึ่งน้อยกว่า 10% นอกจากนี้ในการ

นำทั้งเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] เครื่อง Coulter STKS[®] เพื่อนับจำนวนเรติคูลอซัยต์ในผู้ที่มีภาวะเลือดจาง และเทียบกับวิธี manual พบว่าให้ผลที่ใกล้เคียงกันในทั้ง 3 วิธี (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] และเครื่อง Coulter STKS[®] สามารถนำมาใช้ประเมินการเกิดใหม่ของเม็ดเลือดแดงได้ทั้งภาวะปกติ และภาวะเลือดจาง อนึ่งการควบคุมคุณภาพของการตรวจนับเรติคูลอซัยต์โดยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS[®] และ Coulter HmX[®] ใช้ตัวอย่างควบคุม 3 ระดับคือระดับปกติ และระดับต่ำกว่าปกติ และระดับสูงกว่าปกติ ซึ่งผู้วิจัยพบว่าเครื่องสามารถให้ผลการตรวจของตัวอย่างอยู่ในช่วงของค่าควบคุมทั้ง 3 ระดับ ดังนั้นการตรวจหาจำนวนเรติคูลอซัยต์จากทั้งเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS[®], Coulter HmX[®] และวิธี manual จึงสามารถให้ผลการตรวจที่แม่นยำ ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สรุปได้ว่าเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter HmX[®] สามารถนำมาใช้ในการตรวจวัดหาจำนวนเรติคูลอซัยต์ในโรงพยาบาลทั่วไปได้ เพราะมีความแม่นยำและถูกต้องเทียบเท่ากับการใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Coulter STKS[®] และวิธี manual

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ พ.อ.หญิง อุไรวรรณ แก้วบรร และ พ.ท.จรงค์ศักดิ์ ปฐมวัฒนารักษ์ แผนกพยาธิวิทยา ฝ่ายโลหิตวิทยา โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความช่วยเหลือเรื่องสถานที่ทำการทดลอง ขอขอบพระคุณ คุณณงนุช ชันอุระ บริษัท PCL Holding จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำยา เครื่องมือเพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ถนอมศรี ศรีชัยกุล. การสร้างเม็ดเลือดแดงและภาวะโลหิตจางใน ถนอมศรี ศรีชัยกุล, วิชัย อติธำจิกร และ แสงสุรีย์ จุฑา บรรณาธิการ. ตำราโลหิตวิทยา. กรุงเทพฯ ยูนิซี พับลิเคชั่น 2529 หน้า 22-4.
2. อานนท์ บุญยะรัตเวช. โลหิตวิทยา เม็ดเลือดแดง.

- กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนพันธ์ี่พับลิชชิ่ง 2535; 115-27.
3. กนนวนรรณ แสนไชยสุริยา. การนับจำนวนเรติคูลอซัยต์. คู่มือโลหิตวิทยา เล่มที่ 1, ขอนแก่น: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2537: 52-3.
 4. สมอง ไชยรัศมี. คู่มือโลหิตวิทยา การตรวจภาวะโลหิตจาง. เชียงใหม่: คณะเทคนิคการแพทย์ 2540: 77-85.
 5. Mauro B, Pietro B, Antonella V, *et al.* Laboratory evaluation of Miles H3 automate reticulocyte count. Arch Pathol Lab Med 1995; 119: 1141-8.
 6. Paterakis GS, Voskariden E, Loutradi A, Rombes J. Reticulocyte counting in thalassemic and other conditions with the R-1000 Sysmex analyzer. Ann Hematol. 1991; 63(4): 218-22.
 7. Paterakis GS, Lykopoulou L, Papassotiriou J, Stamulakatou A, Kattamis C, Loukopoulos D. Flow-cytometric analysis of reticulocytes in normal cord blood. Acta Haematol 1993; 90(4): 182-5.
 8. Coulter. Coulter STKS with reticulocyte analysis, reference manual. Florida, 1993:4.
 9. Koepke JA. Current limitation in reticulocyte counting: implication for clinical laboratory. In: Bayer diagnosis. The emerging importance of accurate reticulocyte counts. New York: Bayer diagnosis, 1993: 19-20.
 10. Hamilton JL, Porllard Y, Grant D, Patterson K, Machin SJ. Evaluation of a semiautomated reticulocyte counting method using the Coulter STKS-2A blood cell counter. Clin Lab Haematol 1995; 17: 145-9.