
การประเมินผลเครื่องวัดค่าฮีโมโกลบินขนาดเล็กในผู้บริจาคโลหิต
Evaluation of Portable Hemoglobinometer for Hemoglobin Screening among Blood Donors

ฉวีวรรณ วัฒนรังสรรค์

งานธนาคารเลือด งานพยาธิวิทยาคลินิก ร.พ.สมเด็จพระสังฆราช องค์ที่ 17

Chaweewan Wattanarungson

Blood Bank Division, Department of Clinical Pathology, 17th Somdejprasangkharach Hospital.

บทคัดย่อ

การตรวจคัดกรองผู้บริจาคโลหิตด้วยการวัดค่าฮีโมโกลบินแต่เดิมนิยมใช้น้ำยาคอปเปอร์ซัลเฟตซึ่งเป็นวิธีที่ได้สะดวกและราคาไม่แพง แต่ผลการวัดไม่มีความน่าเชื่อถือนักทางด้านความถูกต้อง แม่นยำ วิธีการวัดไซอันเมทิลโมโกลบินเป็นวิธีมาตรฐาน แต่ข้อด้อยที่สำคัญคือต้องใช้เลือดที่เจาะจากหลอดเลือดดำที่แขนมาตรวจจึงเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในการใช้ตรวจคัดกรอง ในการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบการวัดค่าฮีโมโกลบินโดยใช้เลือดที่เจาะจากปลายนิ้วด้วยเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก (Compolab HB) กับวิธีการวัดไซอันเมทิลโมโกลบินจากผู้บริจาคโลหิต จำนวนทั้งหมด 172 ราย จากผลการทดลองพบว่าการวัดฮีโมโกลบินของเลือดจากปลายนิ้วด้วยเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็กมีความไว 99% ความจำเพาะ 94% การทำนายผลบวก 96% การทำนายผลลบ 98% ความถูกต้อง 97% ซึ่งผลที่ได้คล้ายกับวิธีการวัดไซอันเมทิลโมโกลบินและเมื่อเปรียบเทียบค่าฮีโมโกลบินของเลือดจากปลายนิ้ว และเลือดจากหลอด hematocrit ที่วัดด้วยเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็กแล้ว ให้ผลไม่แตกต่างกัน จากผลการทดลองสรุปว่าเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก น่าจะมีความเหมาะสมในการใช้เป็นวิธีการตรวจคัดกรองผู้บริจาคโลหิตก่อนการบริจาคโลหิตได้

คำสำคัญ : Compolab HB hemoglobinometer hemoglobin เครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก

Corresponding author. E-mail: ch.ya@hotmail.com

Abstract

The traditional predonation screening of hemoglobin test is the copper sulfate gravity method which is convenient and cheap. However the results are not reliable in terms of accuracy and precision. Cyanmethemoglobin method is the standard method but the main disadvantage of it is the requirement of venipuncture thus it is not suitable to be used for predonation screening. In this study, hemoglobin of capillary blood was determined by the portable hemoglobinometer (Compolab HB) in 172 subjects compared with cyanmethemoglobin method. The results showed that the sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy of small hemoglobinometer were 99%, 94%, 96%, 98%, and 98% respectively. These results were similar to those of cyanmethemoglobin method. Additionally, hemoglobin values of capillary blood and heparinized hematocrit were not significantly different. It is concluded that the small hemoglobinometer could be used for predonation screening of hemoglobin test.

Keywords : CompoLab HB, hemoglobinometer, hemoglobin

การตรวจคัดกรองความเข้มข้นของเลือดในผู้ป่วยโรคโลหิตจาง นั้น จะใช้การตรวจวัดค่าฮีโมโกลบิน เพื่อตรวจคัดกรองภาวะโลหิตจาง จากสาเหตุของโรคธาลัสซีเมียและการขาดธาตุเหล็ก โดยทั่วไปผู้ป่วยโรคโลหิตจางต้องมีระดับฮีโมโกลบินมากกว่าหรือเท่ากับ 13 และ 12 g/dL ในเพศชายและเพศหญิง (สร้อยสองงค์ พิภกุลสด และคณะ, 2551) ตามลำดับ จึงจะผ่านเกณฑ์สามารถตรวจโรคโลหิตจางได้ การตรวจระดับฮีโมโกลบินหรือฮีมาโตคริตของ ผู้ป่วยโรคโลหิตจางยังเป็นการป้องกันภาวะโลหิตจาง จากการตรวจโรคโลหิตจางบ่อยครั้งได้และหากสามารถตรวจ Complete Blood Count (CBC) ในงานประจำวันได้จะเป็นผลดีต่อผู้ป่วยโรคโลหิตจางมากที่สุด

วิธีการตรวจวัดฮีโมโกลบินที่ได้รับการรับรองโดย International Committee for Standardization in Hematology (ICSH) คือ วิธีการตรวจด้วยไซอันเมทิลโมโกลบิน (Cyanmethemoglobin) จากเลือดที่เจาะจากเส้นเลือดดำ โดยใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์โลหิตอัตโนมัติ (NCCLS, 2000; Zwart *et al.*, 1996) ซึ่งนิยมใช้กันทั่วไปในห้องปฏิบัติการ แต่วิธีดังกล่าวไม่นิยมใช้ในการออกหน่วยรับบริจาคโลหิตเนื่องจาก มีผู้ป่วยโรคโลหิตจางจำนวนมาก ทำให้ไม่สะดวกต่อการตรวจคัดกรอง แต่วิธีการตรวจวัดฮีโมโกลบินที่นิยมใช้ในการออกหน่วยรับบริจาคโลหิตและเป็นที่ยอมรับของ American Association of Blood Bank (AABB) คือ การใช้น้ำยาคอปเปอร์ซัลเฟต (พิมล เชี่ยวศิลป์ และคณะ, 2552; Philipps *et al.*, 1950) ความถ่วงจำเพาะ 1.051 ซึ่งเทียบค่าฮีโมโกลบิน เท่ากับ 12 g/dL สำหรับเพศหญิงและ 1.053 ซึ่งเทียบค่าฮีโมโกลบิน เท่ากับ 13 g/dL สำหรับเพศชาย (พิมล เชี่ยวศิลป์ และคณะ, 2542) วิธีนี้สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว และมีราคาถูก (Tondon *et al.*, 2009) แต่เนื่องจากวิธีนี้ ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างที่อาจทำให้ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนมาก (Radtko *et al.*, 2005, Ross *et al.*, 1986; Sawant *et al.*, 2007) เช่น การเก็บน้ำยาในที่ร้อน หากไม่ปิดจุกให้แน่นอาจมีการระเหยของน้ำที่เป็นตัวทำละลายในน้ำยาคอปเปอร์ซัลเฟต ทำให้คุณภาพของการตรวจวัดฮีโมโกลบินไม่เที่ยงตรง หรือการหยดเลือดซ้ำๆ โดยใช้เข็มดูดเดียวกัน (25 หยด/30 ml) ที่ต้องมีการเปิดปิดขวดยาหลายครั้ง อาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อไวรัสร้ายแรงได้ (Gomez-Simon *et al.*, 2007)

ในปัจจุบัน มีเครื่อง CompoLab HB ซึ่งเป็นเครื่องวัดค่าฮีโมโกลบินขนาดเล็กที่สามารถพกพาออกนอกสถานที่ได้

ใช้งานสะดวก ได้ผลรวดเร็ว (Linegar *et al.*, 1991) แต่ยังมีราคาสูง เนื่องจากมีการใช้แถบตรวจที่เป็นชนิดใช้แล้วทิ้ง สามารถให้ค่าฮีโมโกลบินเชิงปริมาณ ทำให้สามารถบ่งบอกภาวะโลหิตจางของผู้บริจาคโลหิตได้ชัดเจน ในกรณีที่ผู้บริจาคโลหิตมีค่าฮีโมโกลบินเริ่มลดต่ำลงหรือ มีฮีโมโกลบินต่ำกว่าเกณฑ์ ทำให้ผู้รับบริจาคโลหิตใช้เป็นข้อมูลแนะนำผู้บริจาคโลหิตให้ดูแลสุขภาพเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการบริจาคโลหิตครั้งต่อไป หรือพิจารณาเลื่อนการบริจาคโลหิตออกไปชั่วคราว ดังนั้นจึงช่วยเพิ่มจำนวนผู้บริจาคโลหิตถาวร และ ลดจำนวนผู้บริจาคที่เสี่ยงต่อภาวะโลหิตจาง (Cable 1995; Mendrone *et al.*, 2009) ซึ่งเป็นผลดีทั้งผู้บริจาคโลหิตและธนาคารเลือด

Sawant และคณะ (2007) ได้ศึกษาความคลาดเคลื่อนของการใช้น้ำยาคอปเปอร์ซัลเฟตในการตรวจวัดฮีโมโกลบินในผู้บริจาคโลหิตพบว่า มีค่าสูงถึง 29% ส่วน Gomez-Simon และคณะ (2007) ได้เปรียบเทียบกับการใช้เครื่องวัดค่าฮีโมโกลบินขนาดเล็ก CompoLab HB พบว่าให้ผลถูกต้อง 85% ในประเทศไทย ยังไม่มีรายงานการศึกษาความคลาดเคลื่อนและความไวของการใช้เครื่อง CompoLab HB อีกทั้งยังไม่มีเครื่องมือในการวัดค่าฮีโมโกลบินให้เลือกหลากหลายมากนัก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบค่าความไว ความถูกต้อง และ แม่นยำของการตรวจฮีโมโกลบินจากเครื่อง CompoLab HB เพื่อเป็นประโยชน์ในการตรวจคัดกรองความเข้มข้นของเลือดในผู้บริจาคโลหิตต่อไป

วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

ผู้บริจาคโลหิตในเขต อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี และชุมชนใกล้เคียง จำนวน 172 ราย เป็นเพศชายจำนวน 94 ราย เพศหญิงจำนวน 78 ราย ช่วงอายุตั้งแต่ 18-60 ปี ในช่วงเวลาตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2551 - เดือนกันยายน 2552

1. การตรวจหาฮีโมโกลบินโดยวิธีไซอันเมทิลโมโกลบิน โดยใช้เลือดจากเส้นเลือดดำ 0.5 ml ใส่หลอดสารกันเลือดแข็ง (EDTA) นำไปตรวจวัดค่าฮีโมโกลบิน ด้วยเครื่องวิเคราะห์โลหิตอัตโนมัติ XT1800i (Sysmax, Japan)

2. การตรวจหาฮีโมโกลบินโดยวิธี Azide methemoglobin โดยใช้เครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก CompoLab HB (Fresenius Kabi, Germany) ใช้เลือดจากปลายนิ้วผู้บริจาคโลหิต เช็ดหยดแรกทิ้งก่อน

- 2.1 ใส่ลงใน cuvette นำมาตรวจวัดค่าฮีโมโกลบิน ด้วยเครื่องตรวจฮีโมโกลบินขนาดเล็ก CompoLab HB

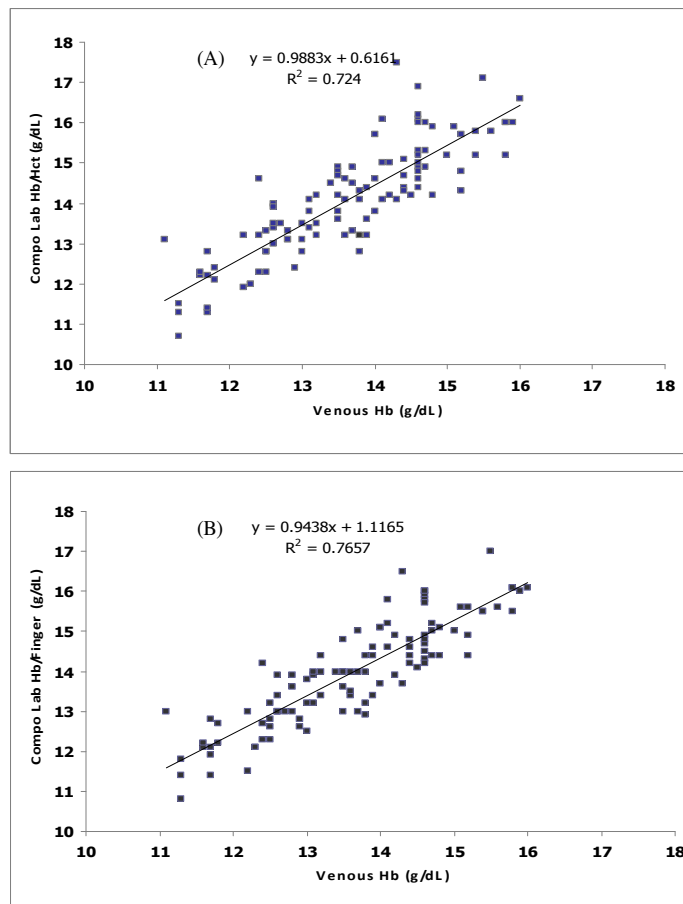
2.2 ใส่ Heparinized hematocrit tube นำมาตรวจวัดค่าฮีโมโกลบินด้วยเครื่องตรวจฮีโมโกลบินขนาดเล็ก CompoLab HB

2.3 ศึกษาความแม่นยำของการวัดค่าฮีโมโกลบินโดยใช้เครื่อง CompoLab HB โดยเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำของอาสาสมัครผู้มีสุขภาพดี 2 ราย และผู้ป่วย 1 ราย ใส่ในหลอดสารกันเลือดแข็ง (EDTA) 2 ml นำไปตรวจวัดค่าฮีโมโกลบินด้วยเครื่องตรวจฮีโมโกลบินขนาดเล็ก 20 ครั้ง คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) และค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจาย (Coefficient of variation, CV)

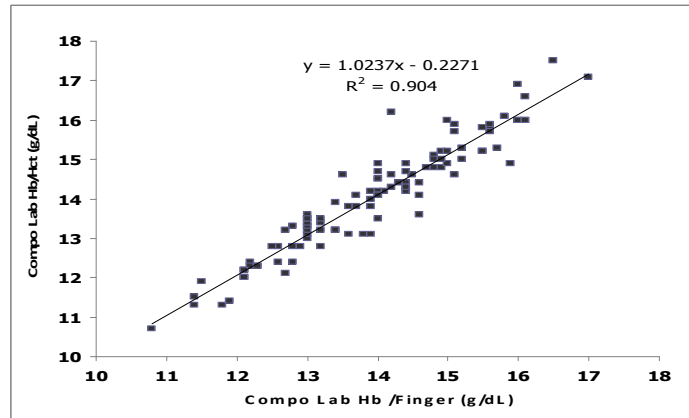
3. การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ได้แก่ SPSS for Windows version 17.0 ในการคำนวณ ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, percentile, linear regression, Pearson's correlation coefficient (r^2), ความไว, ความถูกต้อง, การทำนายผลบวก (PPV), การทำนายผลลบ (NPV)

ผลการทดลอง

ในการศึกษานี้เมื่อใช้วิธีมาตรฐาน ไซอันเมทิลโมโกลบิน ตรวจวัดปริมาณฮีโมโกลบิน พบว่าผู้บริจาคโลหิตทั้งหมด 172 ราย มีค่าฮีโมโกลบิน 13.5 ± 3.5 g/dL แบ่งเป็นผู้มีปริมาณฮีโมโกลบินผ่านเกณฑ์จำนวน 105 ราย (61%) และไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 67 ราย (39%) ซึ่งในจำนวนผู้ที่มีปริมาณฮีโมโกลบินไม่ผ่านเกณฑ์สามารถแบ่งออกเป็นผู้บริจาคโลหิตเพศหญิงจำนวน 48 ราย (28%) และผู้บริจาคเพศชายจำนวน 19 ราย (11%) โดยผู้บริจาคเพศชายส่วนใหญ่ค่าฮีโมโกลบินมีแนวโน้มสูงกว่าเพศหญิง (15.0 ± 2.0 g/dL และ 12.8 ± 2.0 g/dL ตามลำดับ) จากการตรวจวัดฮีโมโกลบินด้วย เครื่อง CompoLab HB โดยใช้เลือดจากหลอด Hematocrit หรือเลือดจากปลายนิ้ว เปรียบเทียบกับวิธีไซอันเมทิลโมโกลบิน จากเส้นเลือดดำพบว่ามีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน $r^2 = 0.724$ ($p < 0.0001$) (ภาพที่ 1A) และ $r^2 = 0.765$ ($p < 0.0001$) (ภาพที่ 1B) ตามลำดับ และค่าฮีโมโกลบินจากปลายนิ้วให้ผลสอดคล้องกับเลือดจากปลายนิ้วผ่านหลอด Hematocrit $r^2 = 0.904$ ($p < 0.0001$) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 การวัดฮีโมโกลบินด้วย เครื่อง CompoLab HB โดยใช้เลือดจากหลอด Hematocrit (A) และเลือดจากปลายนิ้ว (B) เปรียบเทียบกับวิธีไซอันเมทิลโมโกลบิน (Venous Hb)



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าฮีโมโกลบินจากเลือดที่เจาะจากปลายนิ้ว (CompoLab HB/Finger) และเลือดจากหลอด Hematocrit (CompoLab HB/Hct) โดยใช้เครื่อง CompoLab HB

จากการเปรียบเทียบการตรวจคัดกรองฮีโมโกลบิน จากเส้นเลือดดำ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์โลหิตอัตโนมัติกับเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก พบว่า มีผู้บริจาคโลหิตที่ตรวจผ่านโดยวิธีไซอันเมทิลโมโกลบินด้วยเครื่องวิเคราะห์โลหิตอัตโนมัติจำนวน 105 ราย และตรวจไม่ผ่าน 67 ราย ขณะที่ตรวจผ่านด้วยเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็กจำนวน 104 ราย และตรวจไม่ผ่านจำนวน

64 ราย หรือมีค่า ความไว ความจำเพาะ การทำนายผลบวก (PPV) การทำนายผลลบ (NPV) และความถูกต้อง ได้ 99%, 94%, 96%, 98% และ 97% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อศึกษาความแม่นยำของค่าฮีโมโกลบิน โดยใช้เครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก จากตัวอย่างตรวจ 3 ราย พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายอยู่ในช่วง 0.94-2.29 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการตรวจฮีโมโกลบินจากเส้นเลือดดำโดยใช้เครื่องวิเคราะห์โลหิตอัตโนมัติ กับเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก (ผ่าน = ฮีโมโกลบิน \geq 12 g/dl ในเพศหญิง, ฮีโมโกลบิน \geq 13 g/dl ในเพศชาย)

เครื่องวิเคราะห์โลหิตอัตโนมัติ	เครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก CompoLab HB						Accuracy (%)
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	Sensitivity (%)	Specificity (%)	PPV (%)	NPV (%)	
ผ่าน (n=105)	104	1	99	94	95	97	95
ไม่ผ่าน (n=67)	4	63					
รวม	108	64					

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความแม่นยำของค่าฮีโมโกลบินจากเส้นเลือดดำของอาสาสมัคร 2 ราย และผู้ป่วย 1 ราย โดยใช้เครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก CompoLab HB จำนวน 20 ครั้ง

ตัวอย่าง	Mean \pm SD (g/dL)	Range	Coefficiency of variation (%)
1	15.32 \pm 0.14	15.0 – 15.5	0.94
2	11.99 \pm 0.18	11.7 – 12.4	1.49
3	9.37 \pm 0.21	9.0 – 9.7	2.29

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปัจจุบันงานธนาคารเลือดนิยมใช้วิธีตรวจคัดกรองเลือดของผู้บริจาคด้วยการวัดระดับฮีโมโกลบิน โดยการหยดเลือดลงในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต แล้วสังเกตการจมของหยดเลือดลงสู่ก้นภาชนะ (พิมล เชี่ยวศิลป์และคณะ, 2542) แต่วิธีนี้ไม่สามารถวัดค่าฮีโมโกลบินในเชิงปริมาณได้และให้ผลผ่านเกณฑ์ปลอม (James *et al.*, 2003) จึงได้มีผู้นิยมนำเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก Compolab HB โดยใช้เลือดจากปลายนิ้วผู้บริจาคโลหิตมาใช้ตรวจคัดกรองเลือด จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจฮีโมโกลบินจากหลอดเลือดดำ ด้วยเครื่องวิเคราะห์โลหิตอัตโนมัติ (Lewis *et al.*, 1991; Oshiro, 1982) พบว่าให้ผลไปในทางเดียวกัน เมื่อใช้เลือดที่มีค่าฮีโมโกลบิน ≥ 12 g/dl ในเพศหญิง, ฮีโมโกลบิน ≥ 13 g/dl ในเพศชาย และมีความไว 99% ซึ่งเท่ากับรายงานของ Sawant และคณะ (Sawant *et al.*, 2007) ที่ได้ศึกษาความไวของเครื่องฮีโมโกลบินขนาดเล็กในผู้บริจาคโลหิตจำนวน 400 ราย มีค่าความไว 99% นอกจากนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายมีค่าต่ำกว่า 5 และมีค่าความถูกต้อง 97%, $r^2 = 0.764$ เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Gomez-Simon และคณะ (Gomez-Simon *et al.*, 2007) ที่ได้ประเมินผลเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก Compolab HB, Hemocue และ STATE Site MHgb ในผู้บริจาคโลหิต 380 ราย พบว่าเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็กมีความแม่นยำ (CV < 5%) ทั้ง 3 ชนิด, ให้ผลได้ถูกต้อง 85%, 82% และ 76% ตามลำดับ และ $r^2 = 0.482, 0.795,$ และ 0.646 ตามลำดับ แสดงว่า เครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็ก Compolab HB จากการศึกษา มีค่าความถูกต้องดีกว่า Hemocue และ STATE Site MHgb จากรายงานของ Gomez-Simon และคณะ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าฮีโมโกลบินจากปลายนิ้วโดยเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็กและค่าฮีโมโกลบินจากเส้นเลือดดำ พบว่าให้ผลสอดคล้องกัน $r^2 = 0.724$ ($p < 0.0001$) และ $r^2 = 0.765$ ($p < 0.0001$)

ในการเจาะเลือดจากปลายนิ้วและวัดฮีโมโกลบินโดยตรงนั้นไม่สะดวกในการวัดในกรณีที่ต้องทำซ้ำเมื่อค่าฮีโมโกลบินมีความผิดปกติ เช่น สูงเกินไปหรือ ต่ำเกินไป ดังนั้นจึงนิยมเจาะเลือดใส่หลอด Hematocrit ที่มี Heparin เป็นสารกันเลือดแข็งก่อนนำมาวัด จากการศึกษาพบว่าเลือดจากปลายนิ้วและเลือดจากปลายนิ้วผ่านหลอด hematocrit มีค่า $r^2 = 0.904$ ซึ่งให้เห็นว่าเลือดที่นำมาใช้ทั้งสองกรณีสามารถใช้แทนกันได้

เครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็กสามารถบ่งบอกค่าฮีโมโกลบินได้ แม้จะมีความคลาดเคลื่อนบ้างเมื่อเทียบกับวิธีไซอันเมทิลโมโกลบินจากเครื่องวิเคราะห์โลหิตอัตโนมัติในการตรวจ Complete Blood Count (CBC) ในงานประจำวัน แต่การวัดฮีโมโกลบินด้วยเครื่องวัดฮีโมโกลบินขนาดเล็กน่าจะมีความเหมาะสมในการใช้เป็นวิธีการตรวจคัดกรองผู้บริจาคโลหิตก่อนการบริจาคโลหิตได้ เพราะสามารถบ่งบอกปริมาณได้ชัดเจนและนิยมนำมาใช้ในกรณีที่ผลการตรวจจากน้ำยาคอปเปอร์ซัลเฟตที่มีต้นทุนต่ำแต่ให้ผลไม่ชัดเจน แต่ทั้งนี้ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานด้วย การใส่เลือดมากเกินไปหรือน้อยเกินไปและการเกิดฟองใน cuvette จะทำให้ได้ผลคลาดเคลื่อน หรือเครื่องไม่สามารถแสดงผลได้ ทำให้ต้องทำซ้ำเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในกลุ่มงานพยาธิวิทยาคลินิกทุกท่านที่เก็บตัวอย่างเลือดและรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณ ผศ.ดร. อุไรวรรณ อินทรมาโส มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้ให้คำปรึกษาและแก้ไขบทความให้ถูกต้องน่าสนใจยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- พิมล เชี่ยวศิลป์, สร้อยสวางค์ พิกุลสด, จันทพงษ์ วัชสี, อุบลวัฒน์ จำรูญเรืองฤทธิ์, พินธิรา ตันเสถียร และกฤตกร องค์กรดีลานนท์. (2552). *คู่มือการคัดเลือกผู้บริจาคโลหิต*. (4). สมุทรปราการ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อุดมศึกษา.
- พิมล เชี่ยวศิลป์, ทศนียา จันทนียงยง, ดำรง เชี่ยวศิลป์, ดำรง ดำรงค์ศักดิ์, มาลิตา พรพัฒน์กุล, รัชณี โอเจริญ, ยุพา เอื้อวิจิตรอรุณ, ฉัตรชัย สวัสดิชัย, วารุณี คุณาชีวะ, อ้อยทิพย์ ณ ถลาง, มธุรส ชัยวรพร, กุล โบราณินทร์, วิไล เฉลิมจันทร์ และอำนาจ เพชรชูพงศ์. (2542). *คู่มือการปฏิบัติงานธนาคารเลือด*. (2). กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สร้อยสวางค์ พิกุลสด, พิมล เชี่ยวศิลป์, ศศิธร เพชรจันทร์, อุบลวัฒน์ จำรูญเรืองฤทธิ์, อารณีย์ หงษ์ยันตรชัย, วิไล เฉลิมจันทร์, ทศนีย์ สกุลดำรงพานิช, ลินีนานฎ อุทา, ภาวินี คุปตวิณฑุ, กฤตกร องค์กรดีลานนท์ และอุมาพร กิจเกรียงไกรกุล. (2551). *มาตรฐานธนาคารเลือดและงานธนาคารโลหิต*. (2). กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์.

- Cable, R.G., (1995). Hemoglobin determination in blood donors. *Transfusion Medicine*. 9, 131-44.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2000). Reference and selected procedures for the quantitative determination of hemoglobin determination in blood; approved standard. 3rd ed. Wayne, PA: NCCLS.
- Gomez-Simon, A., Navarro-Nunez, L., Perez-Ceballos, E., Maria, L., Maria, J.C., Cascales, A., Martinez, C., Corral, J., Vicente, V., & Rivera, J. (2007). Evaluation of four rapid methods for hemoglobin screening of whole blood donors in mobile collection settings. *Transfusion and Apheresis Science*, 36, 235-242.
- James, V., Jones, K.F., Turner, E.M., & Sokol, R.J. (2003). Statistical analysis of inappropriate results from current Hb screening methods for blood donors. *Transfusion*, 43, 400-4.
- Linegar, A.G., Knottenbelt, J.D., & Wormald, P.J. (1991). Accuracy of a portable haemoglobinometer in clinical practice. *South African Journal*. 79, 547-548.
- Lewis, S.W., Garvey, B., Manning, R., Sharp, S.A., & Wardle, J. (1991). Lauryl sulphate haemoglobin: a non-hazardous substitute for HiCN in haemoglobinometry. *Clinical Laboratory Haematology*. 13, 279-290.
- Mendrone, A.Jr., Sabino, E.C., Sampaio, L., Neto, C.A., Schreiber, G.B., de Alencar Fischer Chamone, D., & Dorlhiac-Llacer, P.E. (2009). Anemia screening in potential female blood donors: comparison of two different quantitative methods. *Transfusion*. 49, 662-668.
- Oshiro, I., Takenaka, T., & Maeda, J. (1982). New method for hemoglobin determination by using sodium lauryl sulfate (SLS). *Clinical Biochemistry*. 15 (1), 83-88.
- Philipps, R.A., VanSlyke, D.D., Hamilton, P.B., & Dole, V.P. (1995). Measurement of specific gravities of whole blood and plasma by standard copper sulphate solutions. *Journal of Biological Chemistry*. 183, 305-30.
- Radtke, H., Polat, G., Kalus, U., Salama, A., & Kiesewetter, H. (2005). Hemoglobin screening in prospective blood donors Comparison of different blood samples and different quantitative methods. *Transfusion and Apheresis Science*. 33, 31-35.
- Ross, D.G., Gilfillan, A.C., Houston, D.E., & Heaton, W.A. (1986). Evaluation of hemoglobin screening methods in prospective blood donors. *Vox Sanguinis*. 50, 78-80.
- Sawant, R.B., Bharucha, Z.S., & Rajadhyaksha, S.B. (2007). Evaluation of hemoglobin of blood donors deferred by the copper sulfate method for hemoglobin estimation. *Transfusion and Apheresis Science*. 36, 143-148.
- Tondon, R., Verma, A., Pandey, P., & Chaudhary, R. (2009). Quality evaluation of four hemoglobin screening methods in a blood donor setting along with their comparative cost analysis in an Indian scenario. *Asian Journal of Transfusion Science*. 3, 66-69.
- Zwart, R.B., Van Assendelft, O.W., Bull, B.S., England, J.M., Lewis, S.M., & Zijlstra, W.G. (1996). ICSH Recommendations for reference method for hemoglobinometry in human blood (ICSH standards 1995 and specifications for international hemoglobin-cyanamide standard. *Journal of Clinical Pathology*. 49, 271-274.