



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ: การวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องวัดระดับบลิตรูปินจากสีพลาสมาสำหรับทางแรกเกิด

คณะผู้วิจัย
ศาสตราจารย์ นพ. เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์
ภาควิชาภูมิการเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
มหาวิทยาลัยมหิดล

ศาสตราจารย์ ดร. วีณา จีระแพทย์
คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ: การวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่าสำหรับทางการแยกเกิด

คณะผู้วิจัย

ศาสตราจารย์ นพ. เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์
ภาควิชาภารเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
มหาวิทยาลัยมหิดล

ศาสตราจารย์ ดร. วีณา จีระแพทย์
คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดโครงการสนับสนุนผู้ปฏิบัติการวิจัยในภาคอุตสาหกรรม

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

หน้าที่

นิติกรรมประการ

Executive Summary	1
-------------------	---

บทคัดย่อ	2
----------	---

Abstract	4
----------	---

สรุปโครงการวิจัย

ความสำคัญและที่มาของเรื่อง	6
----------------------------	---

วัตถุประสงค์ของโครงการ	8
------------------------	---

ฐานความคิดในการวิจัย	8
----------------------	---

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการผลักดันประดิษฐ์	9
--	---

การดำเนินการวิจัย	10
-------------------	----

วิธีการเก็บข้อมูล	
-------------------	--

ขั้นที่ 1	10
-----------	----

ขั้นที่ 2	12
-----------	----

ขั้นที่ 3	13
-----------	----

ขั้นที่ 4	13
-----------	----

ขั้นที่ 5	13
-----------	----

วิธีการประมวลผล	13
-----------------	----

ผลการวิจัย	
------------	--

ส่วนที่ 1 : ผลการคิดค้นและพัฒนาเครื่องวัดระดับบิลิรูบิน ในพลาสม่าด้วยตัว	14
---	----

ส่วนที่ 2 : การถ่ายทอดวิธีใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นใหม่ แก่บุคลากรทางการแพทย์	24
--	----

ภาคผนวก

หน้าที่

ภาคผนวกที่ 1

29

แผ่นพับแสดงคู่มือการใช้งานข้อปฏิบัติในการใช้เครื่องวัดระดับบีติลูบินด้วยตาที่ให้ความแม่นยำสูงสุด

ภาคผนวกที่ 2

32

การเผยแพร่ระดับนานาชาติ

ภาคผนวกที่ 3

36

ผลงานได้รับรางวัลระดับชาติ

1. รางวัลสภาวิจัยแห่งชาติ รางวัลผลงานประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2549
2. รางวัลงานวิจัยเด่น สกอ. ประจำปี 2549

ภาคผนวกที่ 4

45

ผลงานกับการเผยแพร่ผ่านสื่อต่าง ๆ

นิติกรรมประกาศ

คณะกรรมการจัดซื้อจัดจ้างของบุคลากรและนักวิชาการ ที่ให้การสนับสนุนโครงการฯ วิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่าสำหรับทราบแรกเกิด จนประสบความสำเร็จใน การผลิตเครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่าด้วยตาที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย กำลังพัฒนา ซึ่งจะช่วยพัฒนามาตรฐานการดูแลทางการแพทย์และทางการแพทย์ของประเทศไทยให้ทัดเทียมอาชีวประเทคโนโลยี และปักป้อง ทรัพยากรมนุษย์ของชาติไม่ให้มีสมองพิการจากบิลิรูบินในเลือดสูง

โครงการนี้ประสบผลสำเร็จได้ ด้วยความร่วมมือจากผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของบริษัท Union TSL Limited ที่ให้คำแนะนำและให้ยืมอุปกรณ์ต่าง ๆ ใน การพัฒนาแบบสี โดยไม่หวัง ผลตอบแทนใด ๆ ขอให้เจ้าหน้าที่ของบริษัท Union TSL Limited และกรรมการทุก ๆ ท่านที่มี ส่วนร่วมในการสนับสนุนให้ประเทศไทย สามารถพึ่งพาตนเองในด้านอุปกรณ์การแพทย์ที่จำเป็น เพื่อใช้พัฒนาการแพทย์สาขาทางการแพทย์ และปักป้องทรัพยากรมนุษย์ที่มีค่าของชาติไม่ให้มี สมองพิการจากบิลิรูบิน จงได้รับอนิสัศส้อนเกิดจากประโยชน์ของเครื่องวัดระดับบิลิรูบินใน พลาสม่าด้วยตา ที่มีต่อครอบครัวและทางการแพทย์ไทย ซึ่งเป็นความหวังของครอบครัวและของชาติ ในอนาคต

ขอขอบคุณกรรมการทุกท่านของ สกว. ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่า พิจารณาผลงาน ประเมินผลงาน ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจ ตลอดระยะเวลาสามปีที่ดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณคณะกรรมการทุกท่านของ มหาวิทยาลัยมหิดล และอุปนายก มหาวิทยาลัย ที่ให้ประสบการณ์การทำงานที่ทำให้ผู้วิจัยได้เกิดมุ่งมั่นและตระหนักรู้ในประเทศ ปัญหาอุปสรรคของประเทศไทยที่ต้องการพัฒนาคุณภาพบริการในระบบสาธารณสุขไทย

Executive Summary

โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องวัดระดับบิลิูบินจากสีพลาสม่าสำหรับทางแรกเกิด

วัตถุประสงค์

- ออกแบบและพัฒนาต้นแบบเครื่องมือทางการแพทย์สำหรับวัดระดับบิลิูบินจากสีพลาสม่าสำหรับทางแรกเกิด ที่ได้มาตรฐานและมีประสิทธิภาพสูงทางคลินิกจากภูมิปัญญาไทยและใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ
- ถ่ายทอดวิธีใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นใหม่แก่บุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาลชุมชนชั้นนำ 719 แห่งทั่วประเทศ

สิ่งที่ได้ดำเนินการ

- สร้างชุดต้นแบบเครื่องมือทางการแพทย์สำหรับวัดระดับบิลิูบินจากสีพลาสม่า โดยใช้กระบวนการวิจัยเพื่อพัฒนา (research and development) โดยชุดต้นแบบประกอบด้วย (ก) แบบสีมาตรฐานที่พิมพ์บนกระดาษที่มีความเข้มของบิลิูบินตั้งแต่ 2 มก./dl. ถึง 30 มก./dl. (ข) ตู้สำหรับเทียบสีที่มีแหล่งให้แสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซ็นต์สีขาว 10 วัตต์ หนึ่งหลอด (ค) ฐานสำหรับวางแบบสี และ (ง) ที่ยืดตัวอย่างเลือดที่อยู่ในหลอดแก้วอีมาโทคริต
- ค้นหาวิธีการวัดระดับบิลิูบินจากสีพลาสม่าด้วยตาที่แม่นยำ ตามหลักการของ visual assessment of color difference of textiles (AATCC Evaluation Procedure 9, 1999) ประกอบด้วย การกำหนดคุณลักษณะของพื้นผิวที่อ่าน ระดับของความสว่าง ระยะห่างและมุ่งมองในการวัดระดับบิลิูบิน และรูปแบบของวิธีอ่าน ระดับบิลิูบินด้วยตาที่ให้ความแม่นยำที่สุด ทั้งขณะทำการวิจัยและเมื่อนำไปใช้งานทางคลินิก
- เผยแพร่ข้อมูลความรู้วิธีใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นใหม่แก่กลุ่มเป้าหมายทั้งในระดับประเทศและนานาชาติ

สิ่งที่ค้นพบหลัก

- การวิจัยทำให้ได้เครื่องวัดระดับบิลิูบินจากสีพลาสม่าด้วยตาที่มีความแม่นยำ
- ค้นพบวิธีเก็บรักษากระดาษเทียบสีเพื่อให้สีเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด และการเก็บตัวอย่างเลือด และวิธีเทียบสีเพื่อให้การอ่านค่าแม่นยำที่สุด ดังนี้
 - กระดาษเทียบสีต้องเก็บในที่ไม่ถูกแสงแดดหรือแสงไฟขาวเวลาไม่ใช้งาน เพื่อให้สีของกระดาษ และแบบสีเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด เพราะการเก็บรักษาที่ดี จะรักษาแบบสีให้มีอายุใช้งานได้นาน 2 ปี
 - ข้อปฏิบัติในการใช้เครื่องวัดระดับบิลิูบินด้วยตาที่ให้ความแม่นยำที่สุดแสดงใน เอกสารคู่มือการใช้งาน (ภาคผนวกที่ 1)

ประโยชน์ที่ได้

เครื่องวัดระดับบิลิูบินจากสีพลาสม่าที่พัฒนาขึ้น ช่วยพัฒนาการสาธารณสุขด้านทางแรกเกิด ของประเทศไทย โดยทำให้ทางแรกเกิดไทยได้รับการคัดกรองระดับบิลิูบินในพลาสม่าตั้งแต่เริ่มแรก (early detection) บุคลากรทางการแพทย์สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนติดตามและรักษาภาวะทั่วเหลืองได้อย่างทันท่วงที ลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภาวะสมองพิการจากบิลิูบินในเลือดสูง ในทางแรกเกิด เครื่องวัดระดับบิลิูบินจากสีพลาสม่าที่พัฒนา ได้รับการยืนยันคุณภาพและประโยชน์จากสถาบันวิจัยแห่งชาติ โดยได้มอบรางวัลผลงานประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2549

บทคัดย่อ

การวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาスマ สำหรับทารกแรกเกิด

หลักการ

การวัดระดับบิลิรูบินในพลาสมานะจะเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญในทารกแรกเกิด เพราะใช้ในการวางแผนการติดตาม และการวินิจฉัยแยกภาวะตัวเหลืองที่เป็นพยาธิ (pathologic jaundice) ซึ่งเป็นภาวะที่ทำให้ทารกมีระดับบิลิรูบินในเลือดสูงเกินที่อาจส่งผลให้ทารกมีสมองพิการหรือตายได้ และต้องรับการรักษาด้วยการส่องไฟหรือถ่ายเปลี่ยนเลือด จากภาวะตัวเหลืองที่เป็นปกติ (physiologic jaundice) ซึ่งไม่ต้องการรักษา

การวัดระดับบิลิรูบินในเลือดทำได้เฉพาะในโรงพยาบาลจังหวัด ประมาณร้อยละ 90 ของโรงพยาบาลชุมชน (รพช.) ซึ่งมีอยู่ 719 แห่งทั่วประเทศและทำการคลอดร้อยละ 48 ของทารกที่เกิดทั่วประเทศ ยังไม่สามารถตรวจระดับบิลิรูบิน เนื่องจากขาดงบประมาณสำหรับจัดซื้ออุปกรณ์ ทำให้ทารกเสียต่อสมองพิการ เมื่อพบว่าทารกตัวเหลือง โรงพยาบาลชุมชนจะส่งเลือดไปตรวจหรือส่งทารกไปรักษาที่โรงพยาบาลจังหวัด ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการวินิจฉัยและการรักษา เพิ่มค่าใช้จ่าย ของพ่อแม่ และมีผลต่อการสร้างสายสัมพันธ์พ่อแม่-ลูก ตลอดจนเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของลูกด้วยนมแม่ เครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสมาด้วยตาจึงถูกพัฒนา เพื่อทดแทนเครื่องที่ต้องส่งซื้อจากต่างประเทศและมีราคาแพง และลดปัญหาของภาระการจัดบริการและผลกระทบต่อผู้ใช้บริการ

จุดประสงค์หลัก

ศึกษาความแม่นยำและความสอดคล้องของการอ่านค่าบิลิรูบินในพลาสมาด้วยตาโดยเปรียบเทียบกับเครื่องวัดระดับบิลิรูบินที่ใช้วิธีมัตตรฐาน (spectrophotometry)

วัสดุและวิธีการ

การวิจัยเพื่อพัฒนา นี้ศึกษาในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย ขนาด 2,500 เตียง ซึ่งมีอัตราการคลอดประมาณ 10,000 รายต่อปี ตัวอย่างเลือดที่ศึกษาได้จากทารกทุกรายที่มีภาวะตัวเหลืองและแพทเทอร์ผู้ดูแลได้สั่งเจาะเลือดเพื่อวัดระดับบิลิรูบิน ดำเนินการเก็บข้อมูล 5 ขั้นตอน คือ การออกแบบต้นแบบเครื่องมือ การทดสอบความแม่นยำและความสอดคล้องในการวัด การทดสอบต่างโรงพยาบาล การปรับปรุงคุณภาพของเครื่องต้นแบบ และการถ่ายทอดวิธีใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นใหม่สู่กลุ่มเป้าหมาย การดำเนินการในขั้นของการทดสอบความแม่นยำและความสอดคล้องในการวัดจากเครื่องมือ ต้นแบบ ทำโดยอ่านค่าบิลิรูบินในตัวอย่างเลือดด้วย single blind technique คือ 1) เจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์วัดตัวอย่างเลือดด้วยวิธีมัตตรฐานด้วยเครื่อง Erma Bilirubin Meter และไม่เปิดเผยค่าที่วัดได้ และ 2) ผู้ทดลองนำตัวอย่างเลือดมาวัดด้วยเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสมาด้วยตา ซึ่งประกอบด้วยกระดาษแบบสีบิลิรูบินที่อ่านค่าได้ระหว่าง 2 มก./ดล. ถึง 30 มก./ดล. อุปกรณ์

ควบคุมความส่วนเพื่อความคงที่ในการเทียบสีและข้อปฏิบัติในการอ่าน เพื่อให้การวัดแต่ละครั้งได้มาตรฐานเดียวกัน ตัวอย่างเลือดแต่ละตัวอย่างถูกศึกษาเพียงครั้งเดียว การศึกษาความสอดคล้องระหว่างคนในการอ่านระดับบิลิรูบินจากสีพลาสมาทำโดยให้ผู้ช่วยวิจัย 2 คน อ่านค่าตัวอย่างเลือดหลอดเดียวกัน โดยไม่ทราบค่าที่อ่านจากเครื่องมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows version 11.0 (Chicago, Illinois) โดยหาค่าแตกต่าง (difference) ร้อยละของค่าแตกต่าง และร้อยละของความสอดคล้อง (percent of agreement) ที่ระดับความแตกต่างของระดับบิลิรูบิน $\leq |1.0|$, $\leq |1.5|$, $\leq |2.0|$, $\leq |3.0|$ และ $\leq |4.0|$

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาความแม่นยำโดยรวม (overall accuracy) ของการอ่าน โดยผู้อ่านคนเดียว จากการเปรียบเทียบค่าแตกต่างระหว่างการวัดบิลิรูบินจากสีพลาสมาด้วยตา กับวิธีมาตรฐานจาก 1,829 ตัวอย่าง พบร่วมกันในส่วนที่มีความแม่นยำของการอ่านอยู่ในช่วง $\leq |1.0|$ มก./dl. คิดเป็นร้อยละ 59.94 ความแม่นยำและความสอดคล้องของการอ่านโดยผู้อ่าน 2 คน จากการอ่าน 309 ตัวอย่าง เมื่อพิจารณาร้อยละของความสอดคล้อง ในช่วงของความแม่นยำที่ $\leq |2.0|$ ซึ่งเป็นค่า manufacturer accuracy ของอุปกรณ์การแพทย์ที่ยอมรับโดยทั่วไป พบร่วมกับ 85.14 โดยส่วนใหญ่มีความแม่นยำของการอ่านอยู่ในช่วง $\leq |1.0|$ มก./dl. คิดเป็นร้อยละ 71.90 เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างค่าที่อ่านได้จากการใช้เครื่องวัดบิลิรูบินจากสีพลาสมาด้วยตาที่พัฒนาขึ้น กับเครื่องที่มีชื่อการค้า Optima และ Fuchu Giken ที่ผลิตจากต่างประเทศ มีราคาแพง และใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย พบร่วมกับค่า gold standard ค่าที่อ่านด้วยตามมีความแม่นยามากกว่าเครื่องทั้งสอง เนื่องจากเครื่องที่พัฒนามีพิสัยของความแตกต่างในการอ่านค่า ตั้งแต่ 0 มก./dl. ถึง 2.2 มก./dl. แต่เครื่อง Optima และ Fuchu Giken มีพิสัยของความแตกต่างตั้งแต่ 1.3 มก./dl. ถึง 7.6 มก./dl. และ 0.1 มก./dl. ถึง 2.0 มก./dl. ตามลำดับ และเครื่องทั้งสองยังไม่สามารถอ่านระดับบิลิรูบินในพลาสมาที่มีระดับสูง (≥ 24 มก./dl. ใน Fuchu Giken และ ≥ 26 มก./dl. ใน Optima)

สรุป

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสมาที่พัฒนามีความแม่นยำในการวัดระดับบิลิรูบินสูง และสามารถใช้ทดแทนเครื่องมือมาตรฐานที่มีราคาแพง เครื่องที่พัฒนานี้ช่วยให้โรงพยาบาลชุมชนสามารถวัดระดับบิลิรูบินในเลือดให้แก่ทารกได้ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อวางแผนการรักษาที่เหมาะสมทันท่วงที การกลับบ้าน และการติดตาม ช่วยพัฒนาการดูแลทารกแรกเกิดขึ้น พื้นฐานของโรงพยาบาลชุมชน และช่วยยกระดับมาตรฐานสาธารณสุขของประเทศไทยให้ทัดเทียมมาตรฐานของอาชญากรรมทางเศรษฐกิจ จากการที่สามารถคัดกรองระดับบิลิรูบินให้แก่ทารกทุกคน เพื่อป้องกันสมองถูกทำลายจากบิลิรูบินในเลือดสูง ทารกไม่ต้องถูกส่งไปแออัดอยู่ในโรงพยาบาลจังหวัด ซึ่งเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากทรพยากรด้านสถานที่และบุคลากรผู้ดูแลทารกไม่เพียงพอ การลดการส่งต่อทารกตัวเหลือลงช่วยให้โรงพยาบาลจังหวัดสามารถพัฒนาคุณภาพการดูแลทารกแรกเกิดที่เจ็บป่วยหนัก

Abstract

Accuracy of visual assessment of plasma bilirubin concentrations with the Bilirubin Color Scale

Introduction

Jaundice is a common problem in neonates of which optimal management requires bilirubin level measurements. Determination of plasma bilirubin level is crucial for differentiating physiologic jaundice from pathologic jaundice, which can cause brain damage (bilirubin encephalopathy) and death, and guiding treatment. Pathologic jaundice requires phototherapy and/or blood exchange transfusion while no treatment for physiologic jaundice. However, it is not possible to determine serum bilirubin level in more than 90% of district hospitals (647 of 719 hospitals) in Thailand due to budgetary constraint. Referring neonates with jaundice or sending blood specimens to provincial hospitals is a consequence of a lack of bilirubin testing device which can result in the delay of treatment for pathologic jaundice. A low cost device has been developed to compensate for the expensive device.

Objective

The aim of this study was to evaluate the accuracy and the inter-observer agreement of visual assessment of plasma bilirubin concentration with the Bilirubin Color Scale, a reference color standard developed by the investigators, compared to serum bilirubin measurements by standard bilirubin tester which is a spectrophotometer.

Material and Method

The research and development study design was conducted in a 2,500-bed university hospital with a delivery of 10,000 neonates annually. A convenience sample of serum bilirubin levels was measured in the course of standard newborn care at the maternity ward, high-risk nursery and an intermediate care unit. There were 5 steps in this study: developing the device, testing its accuracy and inter-observer agreement, multicenter study, improving the prototype and knowledge transfer of the technique to the target users throughout the Kingdom.

In the step of investigating the accuracy and inter-observer agreement of the developed Bilirubin Color Scale, single-blind technique was used by 1) a technician measured serum bilirubin in a hematocrit tube by spectrophotometer and 2) the investigator measured the same specimen by using the Bilirubin Color Scale. The Scale is a reference color with 16

yellow stripes representing plasma bilirubin levels of increasing intensity from 2 to 30 mg/dL and viewed in a specific condition in the light booth. Each specimen was studied only once. In investigating the inter-observer agreement, two research assistants blindly measured the same specimen with the Scale. The readings measured by the Scale and the spectrophotometer were compared. Data were analyzed by using SPSS for Windows version 11.0 (Chicago, Illinois) for percentage of differences and agreements on the bilirubin level at $\leq |1.0|$, $\leq |1.5|$, $\leq |2.0|$, $\leq |3.0|$ and $\leq |4.0|$.

Results

A total of 1,829 comparisons were obtained to investigate the accuracy. The majority of the overall accuracy (59.94%) was at $\leq |1.0|$.

A total 309 comparisons were made for inter-observer agreement when reading against the gold standard. The majority of agreement (71.90%) was at $\leq |1.0|$. In considering the manufacturer's accuracy for standard medical device which is $\leq |2.0|$, the agreement was at 85.14%. The comparisons among the other two imported and expensive bilirubin testers with the gold standard device (Erma Bilirubin Tester) revealed that the readings measured by the Scale were more accurate than those from Optima and Fuchu Giken Bilirubin Testers with ranges of difference of 1.3 to 7.6 mg/dL and 0.1 to 2 mg/dL, respectively. The range of difference between reading from the Scale and the goal standard device was 0 to 2.2 mg/dL. Furthermore, the two bilirubin testers could not read the specimens when bilirubin levels were ≥ 26 mg/dL and ≥ 24 mg/dL, respectively.

Conclusion

These results suggest that with appropriate training in visual comparison of serum bilirubin with the Bilirubin Color Scale and in hospitals where standard tester is not available, the Scale can compensate for the expensive standard tester and will be useful to district hospitals by providing valuable clinical information for optimal management of newborns with jaundice 24 hours a day and for planning discharge and follow-up. The Scale can help develop the basic newborn care at district hospitals and improve the quality of care at provincial hospitals since there will be less referral for newborns with jaundice which can contribute to better care for critically ill neonates and decreased incidence of infection at provincial hospitals where resource for newborn care is limited. Furthermore, it will improve the national standard of newborn care since all newborns have accessibility to bilirubin screening for pathologic jaundice to prevent brain damage.

สรุปโครงการวิจัยฝ่ายอุดสาหกรรม (ฝ่าย 5)

สัญญาเลขที่ RDG4650010

ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสมาชำหรับทารกแรกเกิด
(ภาษาอังกฤษ) Research and Development of the the Bilirubin Color Scale visual assessment for the neonates

หัวหน้าโครงการ ศาสตราจารย์ นพ. เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์

สถาบัน คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ร่วมโครงการ ศาสตราจารย์ ดร. วีณา จีระแพทย์

สถาบัน คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสำคัญและที่มาของเรื่อง

ประเทศไทยมีอัตราการเกิดมีซีพของทารกประมาณหนึ่งล้านต่อปี และอัตราตายของทารกในวัยชราแรกเกิดทั่วไป 28.5 ต่อ 1000 ของการเกิดมีซีพ ทารกแรกเกิดเป็นวัยที่มีอัตราการเจ็บป่วย (morbidity) และอัตราตาย (mortality) สูง กระทรวงสาธารณสุขระบุว่า การที่จะลดอัตราตายของทารกในวัยชราแรกของประเทศไทย ต้องลดอัตราตายของทารกแรกเกิด ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 จึงได้วางเป้าหมายเพื่อลดอัตราการเจ็บป่วยและอัตราตายของทารกแรกเกิดโดยกำหนดให้ลดอัตราตายในวัยปริกำเนิด (perinatal mortality) ลงเหลือ 9 ต่อ 1000 ของการเกิดมีซีพ เมื่อสิ้นสุดแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9¹ การดูแลทารกแรกเกิดขั้นพื้นฐานต้องการอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่จำเป็นหลายชนิด การพัฒนาคุณภาพของการดูแลทารกแรกเกิดจึงถูกจำกัดหากขาดอุปกรณ์ที่จำเป็น การดูแลทารกแรกเกิดขั้นพื้นฐานเพื่อป้องกันไม่ให้ทารกเจ็บป่วยมี 5 ประการ คือ (1) การดูแลอุณหภูมิกายให้อุณหภูมิทารกหนักอยู่ที่ 37.0° (2) การดูแลทางเดินหายใจให้โล่ง และออกซิเจนในเลือดพอเหมาะสม (3) การป้องกันการติดเชื้อ (4) การให้นมหรือสารน้ำ และ (5) การรักษาเฉพาะโรค ที่พบบ่อยคือภาวะตัวเหลือง² หลักการดูแลทารกแรกเกิดเป็นหลักการเดียวกับสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของผู้ใหญ่คือ ที่อยู่อาศัยและเครื่องนุ่งห่ม (ตรงกับข้อที่ 1) อากาศ (ตรงกับข้อที่ 2) อาหาร (ตรงกับข้อที่ 3) และยา.rรักษาโรค (ตรงกับข้อที่ 5)

ภาวะตัวเหลืองพบ 25-50% ของทารกครบกำหนด และมีอุบัติการณ์สูงขึ้นในทารกเกิดก่อนกำหนด การวัดระดับบิลิรูบินในเลือดเพื่อแยกภาวะเหลืองที่เป็นภาวะปกติ (physiologic) ซึ่งไม่ต้องการการรักษา จากภาวะเหลืองที่เป็นพยาธิ (pathologic) ซึ่งต้องให้การรักษาด้วยการส่องไฟ

หรือถ่ายเบลี่ยนเลือด เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทำ เพราะระดับบิลิรูบินในเลือดสูงเกิน อาจทำให้สมองพิการจากบิลิรูบิน (bilirubin encephalopathy)³ การวินิจฉัยและการวางแผนการรักษาต้องอาศัยการวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่าซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ วิธีที่ใช้เลือดปริมาณน้อย (microtechnique) และวัด total bilirubin โดยใช้เลือดที่เจ้าจากป้ายน้ำ และด้วยเครื่อง bilirubin meter ที่มีราคาประมาณสองแสนบาท (Optima ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น ตัวแทนจำหน่ายคือ บริษัท E for L หรือ Bilirubin Tester ผลิตโดย Wako Pure Chemical Industries, Ltd.,Osaka ประเทศญี่ปุ่น ตัวแทนจำหน่ายคือบริษัท เวอร์ดico) และวิธีที่ใช้เลือดปริมาณมาก (macro-technique) โดยใช้เลือดปริมาณมากโดยเจ้าจากหลอดเลือด และวัด direct และ total bilirubin การวัดทั้งสองวิธีมีในโรงพยาบาลจังหวัด แต่โรงพยาบาลชุมชนเชิงเมือง 719 แห่งทั่วประเทศ ร้อยละ 90 ไม่สามารถตรวจระดับบิลิรูบินในเลือด เพราะเครื่องมือมีราคาแพง และไม่คุ้มทุนในการจัดสรรงบประมาณให้โรงพยาบาลชุมชนแต่ละแห่งที่มีอัตราการคอลอคนอย ทางจึงไม่ได้รับการตรวจวัดระดับบิลิรูบินในเลือด ทำให้ทางเดินยังต่อสัมภาระจากบิลิรูบิน จากความล่าช้าในการชี้ปั๊บ (delay detection) และกระบวนการส่งต่อไปรับการรักษาที่โรงพยาบาลจังหวัด ทางจะถูกส่งต่อเมื่อแพทย์คิดว่าเป็นภาวะเหลืองที่ผิดปกติ โดยการสังเกตอาการแสดงของทาง ทั้งนี้การแก้ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยการจัดซื้อเครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่าให้แก่โรงพยาบาลชุมชนทั้งหมด งบประมาณในการซื้อเครื่องวัดระดับบิลิรูบินที่ผลิตจากต่างประเทศต้องใช้งบสูงถึง 142,800,000 บาท

คณะกรรมการนำร่องเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่า โดยพัฒนาจากกระดาษແບสีเหลืองที่เรียงลำดับความเข้มจากสีอ่อนไปสีเข้ม ซึ่งมีความเข้มของสีเท่ากับค่าบิลิรูบินในพลาสมาตั้งแต่ 6 ถึง 24 มก./ดล. เมื่อวัดตัวอย่างเลือดที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วขี้ม้าโทรศิทของทางภาวะตัวเหลืองด้วยเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่าที่คิดคันขึ้น พบว่าได้ค่าเท่ากับหรือใกล้เคียง (± 1 มก./ดล.) กับค่าที่อ่านด้วย bilirubin meter จากการพิจารณาเบรียบเทียบความแม่นยำและต้นทุนของແບสีที่คิดคันซึ่งมีราคา 500 บาท คณะกรรมการจึงต้องการพัฒนาเครื่องมือทางการแพทย์สำหรับวัดระดับบิลิรูบินจากสีของพลาสมาดังกล่าว ให้มีคุณสมบัติได้มาตรฐานเพิ่มขึ้นคือนอกเหนือจากความแม่นยำในการวัดระดับบิลิรูบินในพลาสมาแล้ว ควรต้องมีความเที่ยง (reliability) สูง มีความทนทาน (durable) และมีรูปร่างเหมาะสมแก่สภาพการใช้งานในคลินิก หากสามารถวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องมือสำหรับวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสมาดังกล่าวได้ตามกระบวนการวิจัยอย่างเต็มรูปแบบ เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นจากภูมิปัญญาไทยนี้ จะทดแทนเครื่องมือที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง ช่วยลดการสูญเสียเศรษฐกิจของประเทศไทย และเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาองค์ความรู้ด้านเครื่องมือทางการแพทย์ โดยสามารถนำไปผลิตและใช้ในโรงพยาบาลชุมชนทั่วประเทศไทย ตลอดจนโรงพยาบาลในประเทศกำลังพัฒนาอีกด้วย ข้อสังผลกระทบความสามารถในการวินิจฉัยและการวางแผนการรักษาภาวะตัวเหลืองของทางได้อย่างทันท่วงที ลดอุบัติการณ์

ของสมองพิการจากบิลิรูบินในเลือดสูง และช่วยพัฒนาการดูแลทารกแรกเกิดขึ้นฟื้นฟูร่างกายของประเทศไทยให้ได้มาตรฐานอย่างประเทศพัฒนา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อออกแบบและพัฒนาโมเดลของเครื่องมือทางการแพทย์สำหรับวัดระดับบิลิรูบินจากสีของพลาสmaสำหรับทารกแรกเกิดที่ได้มาตรฐานและมีประสิทธิภาพสูงทางคลินิก จากภูมิปัญญาไทยและมีต้นทุนการผลิตต่ำ
- ถ่ายทอดวิธีใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นใหม่แก่บุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาลชุมชน

ฐานความคิดในการวิจัย

การวัดระดับบิลิรูบินในพลาสmaที่ใช้ในนานาประเทศทำได้ 2 วิธีคือ

1. วิธีที่ใช้เลือดปริมาณน้อย เป็นการวัดบิลิรูบินรวม (total bilirubin) โดยใช้เลือดปริมาณน้อย (0.05 มล.) ที่จะจากสันเห้าบริเวณหลอดแก้วอีเม่าโทคрит (hematocrit) และวัดระดับบิลิรูบินด้วยเครื่องมือ electronics ที่เป็นอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับวัด ซึ่งมีราคาประมาณสองแสนบาท (ซึ่งการคำนวณค่าที่จำหน่ายในประเทศไทยคือ Erma Bilirubin Tester) หลักการทำงานของเครื่องวัดชนิดนี้ คือใช้แสงผ่านพลาสmaที่อยู่ในหลอดแก้วอีเม่าโทคрит และวัดความเข้มของแสงก่อนและหลังผ่านพลาสma การตรวจด้วยวิธีนี้ออกจากต้องซื้อเครื่องแล้ว ยังต้องซื้อสีบิลิรูบินมาตรฐาน (standard bilirubin color) เพื่อใช้ตั้งค่ามาตรฐาน (calibration) ทุก 3 เดือนอีกด้วย

2. วิธีที่ใช้เลือดปริมาณมาก เป็นการวัดบิลิรูบินรวมและบิลิรูบินชนิด direct วิธีนี้ใช้เลือดที่จะจากหลอดเลือดดำ เครื่องมือชนิดนี้ออกจากวัดบิลิรูบินแล้ว ยังใช้ตรวจชีวเคมีอื่น ๆ ในเลือดด้วยการทำงานของเครื่องชนิดนี้คือ ต้องอาศัยสารเคมีในการตรวจวัดบิลิรูบิน ซึ่งเป็นสารเคมีที่ต้องซื้อจากต่างประเทศ เครื่องมือชนิดนี้มีราคาหลายล้านบาทแตกต่างกันแล้วแต่ซึ่งการคำ

การวัดค่าบิลิรูบินในเลือดด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นใหม่ไม่ใช่หั้งสองวิธีที่กล่าวมา แต่ใช้การเทียบความเข้มของสีพลาสmaของตัวอย่างเลือดที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วอีเม่าโทคритกับแบบสีมาตรฐาน และสีแต่ละแบบได้รับการศึกษานำร่องจนทราบค่าที่แน่นอน และแบบสีมีช่วงความเข้มน้อยสุดถึงสูงสุดในระดับบิลิรูบินในพลาสmaในระดับที่มีนัยสำคัญทางการวินิจฉัยทางคลินิก เครื่องวัดบิลิรูบินที่สร้างขึ้นนี้ได้รับการจดอนุสิทธิบัตรชื่อ มาตรวัดบิลิรูบินในพลาสma เลขที่ 503 เมื่อปี พ.ศ. 2544 แต่ยังขาดการวิจัยเพื่อพัฒนาให้เกิดเป็นนวัตกรรมที่นำไปสู่การผลิตอุปกรณ์การแพทย์ที่มีความทนทาน (durable) มีรูป่างที่ง่ายแก่การใช้งานในคลินิก (easy to use) ตลอดจนการศึกษาความเที่ยง (reliability) ของการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากผลงานประดิษฐ์

การค้นพบและพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสมาน้ำนมทารกแรกเกิด ที่มีประสิทธิภาพและการนำไปใช้ จะให้ประโยชน์ดังนี้

โรงพยาบาลชุมชนและมาตรฐานการสาธารณสุขด้านทารกแรกเกิดของประเทศไทย

- สามารถตรวจระดับบิลิรูบินในเลือดในให้แก่ทารกขณะอยู่ในโรงพยาบาล และก่อนกลับบ้าน ได้ตลอด 24 ชม. เพื่อป้องกันสมองพิการจากบิลิรูบิน
- ลดค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาลชุมชนในการส่งเลือดไปตรวจระดับบิลิรูบินที่โรงพยาบาลทั่วไปหรือโรงพยาบาลศูนย์
- โรงพยาบาลชุมชนสามารถพัฒนาการดูแลทารกแรกเกิดขั้นพื้นฐาน ได้แก่ การส่องไฟรักษาภาวะตัวเหลือง เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรด้านสถานที่และบุคลากรที่มีอยู่ให้คุ้มค่า
- ส่งเสริมการให้นมแม่ การสร้างสายสัมพันธ์ระหว่างพ่อแม่และลูก ลดการทอดทึ้งลูก และไม่เสียเวลาต่อการติดเชื้อ เพราะทารกไม่ต้องอยู่แออัดในโรงพยาบาลชุมชนและโรงพยาบาลศูนย์
- ช่วยพัฒนาการดูแลทารกแรกเกิดขั้นพื้นฐานของประเทศไทยทั้งโรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาลทั่วไป และโรงพยาบาลศูนย์ ให้ได้มาตรฐานสากล เพราะทารกที่มีภาวะเหลืองหั้งจังหวัดไม่ต้องถูกส่งต่อไปแออัดอยู่ในโรงพยาบาลทั่วไปและโรงพยาบาลศูนย์ ซึ่งมีทรัพยากรด้านสถานที่และบุคลากรไม่เพียงพอ
- ช่วยพัฒนาการสาธารณสุขด้านทารกแรกเกิดของประเทศไทยให้ได้มาตรฐานตามอาชญากรรม เพราะสามารถคัดกรองระดับบิลิรูบินในเลือดทารกก่อนกลับบ้าน

ทารกแรกเกิดที่มีภาวะตัวเหลืองและที่ได้รับการดูแลในโรงพยาบาลชุมชน

- ได้รับการวินิจฉัยภาวะตัวเหลืองเร็วตั้งแต่เริ่มแรก (early detection)
- ลดความเสี่ยงต่อการเกิดสมองพิการจากบิลิรูบิน (kernicterus)

พ่อแม่ของทารกแรกเกิด

- ส่งเสริมให้ลูกและพ่อแม่มีอุปนิสัยด้วยกัน จากการที่ลูกไม่ถูกส่งต่อไปยังโรงพยาบาลทั่วไป หรือโรงพยาบาลศูนย์
- ลดการเสียเวลา และค่าใช้จ่ายของพ่อแม่ และภูติในการเดินทางไปเยี่ยมทารก
- ลดการเสี่ยงงานของพ่อ หากต้องหยุดงานเพื่อไปเยี่ยมลูกและแม่ที่โรงพยาบาลทั่วไป หรือโรงพยาบาลศูนย์ เพราะบางแห่งอยู่ห่างกัน 100 กม.

การดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย: การวิจัยเพื่อพัฒนา (research and development)

พื้นที่ศึกษา แบ่งกระบวนการวิจัยเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1: การพัฒนาตัวแบบเครื่องมือทางแพทย์สำหรับการวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสma ได้ดำเนินการที่หน่วยทารกแรกเกิดและห้องปฏิบัติการ ภาควิชาภาร婆ศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล เนื่องจากมีอัตราการคลอดประมาณ 10,000 รายต่อปี จึงทำให้จำนวนตัวอย่างเลือดของทารก สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพทางคลินิกของต้นแบบที่พัฒนาขึ้นใหม่มีมากเพียงพอ โดยเฉพาะตัวอย่างเลือดในกลุ่มทารกที่มีระดับบิลิรูบินสูงซึ่งเป็นกลุ่มที่หายาก

ระยะที่ 2: การทดสอบความเป็นมาตรฐานสากลในเรื่อง ความแม่นยำของการวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสma ความทนทาน และความเหมาะสมในสภาพแวดล้อมของการใช้งานในคลินิก ดำเนินการในลักษณะ multicenter study โดยทดสอบที่โรงพยาบาลศิริราชและโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วิธีการเก็บข้อมูล

ดำเนินการเก็บข้อมูล 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การออกแบบต้นแบบเครื่องมือทางการแพทย์สำหรับการวัดระดับบิลิรูบินในพลาสma ด้วยตา โดยพัฒนาจากฐานข้อมูลการศึกษาน่าว่อง 2 ช่วงคือ

ช่วงเริ่มต้น การค้นหาวิธีการผลิตแบบสี

การเทียบความเข้มของสีเหลืองในพลาสma ที่อยู่ในหลอดแก้วขามโทคิวต์ ซึ่งได้จากการวัดระดับบิลิรูบินของทารกแรกเกิดที่มีภาวะตัวเหลือง ที่มีระดับบิลิรูบินระหว่าง 6 มก./dl. ถึง 24 มก./dl. กับแบบกระดาษสีเหลืองที่คัดเลือกจาก Pantone และกระดาษที่มีสีเหลืองจากสีพิมพ์ต่าง ๆ ที่หาได้ แต่พบว่าไม่สามารถหาแบบสีที่ตรงกับสีเหลืองของระดับบิลิรูบินในพลาสma ได้ทุกระดับ จึงได้นำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์มาใช้ในกระบวนการจัดการสร้างแบบสี จนได้แบบสี 16 แบบที่เรียงลำดับความเข้มจากสีอ่อนไปสีเข้ม แบบสีที่หนึ่งมีความเข้มของสีเท่ากับบิลิรูบินในพลาสma 2 มก./dl. แบบสีมีความเข้มเพิ่มขึ้นแบบละ 2 มก./dl. แบบสีที่ 16 ซึ่งเป็นแบบสีที่มีความเข้มสูงสุดเท่ากับระดับบิลิรูบินในพลาสma 30 มก./dl. แต่ละแบบสีได้เทียบกับตัวอย่างพลาสma ที่ทราบค่าบิลิรูบินจำนวน 20 ตัวอย่าง พร้อมคิดค้นวิธีการควบคุมความคงที่ของสภาพแวดล้อมในการวัดระดับบิลิรูบิน

จากสีพลาสม่าด้วยตา ตามหลักการของ visual assessment of color difference of textiles (AATCC Evaluation Procedure 9, 1999) ประกอบด้วย การกำหนดคุณลักษณะของพื้นผ้าที่อ่านระดับของความสว่าง ระยะห่างและมุมมองในการวัดระดับบิลิรูบิน และรูปแบบของวิธีอ่านระดับบิลิรูบินด้วยตาที่ให้ความแม่นยำ

ช่วงที่สอง การพัฒนาต้นแบบของแบบสี ผู้วิจัยศึกษาเปรียบเทียบความแม่นยำและความเที่ยงในการวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่าที่ประดิษฐ์ขึ้นจากการจะด้วยแบบสีเหลือง (เครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากพลาสม่าด้วยตา) กับค่าบิลิรูบินในพลาสม่าที่อ่านด้วย bilirubin meter ที่ถือเป็น gold standard

การเลือกเครื่อง bilirubin meter เพื่อใช้เป็น gold standard

เนื่องจากยังไม่เคยมีรายงานวิจัยถึงความแม่นยำมากที่สุดของ bilirubin meter ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและจำหน่ายในท้องตลาดมาก่อน ผู้วิจัยจึงดำเนินการต้นหา bilirubin meter ที่ผลิตจากต่างประเทศและมีความแม่นยำมากที่สุด โดยกระบวนการเปรียบเทียบค่าบิลิรูบินที่อ่านโดย bilirubin meter ที่ผลิตจาก 3 บริษัท ซึ่งเป็นเครื่องที่นิยมใช้ในประเทศไทย พบว่า 1) Bilirubin meter ที่ผลิตจากทั้ง 3 เครื่องอ่านค่าบิลิรูบินแตกต่างกันถึง 7 mg./dl. และ 2) Bilirubin meter ที่ผลิตจาก 2 บริษัท ไม่สามารถอ่านค่าบิลิรูบินในพิสัยตาม manufacturer specification คือ ระหว่าง 2 mg./dl. ถึง 30 mg./dl. ที่บริษัทผู้ผลิตระบุ ยกเว้นเครื่องที่มีชื่อการค้า Erma Bilirubin Meter (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4) จึงเป็นเหตุผลในการตัดสินใจใช้ Erma Bilirubin Meter สำหรับวัดระดับบิลิรูบินเพื่อเป็นค่า gold standard ในการวิจัยนี้

การเปรียบเทียบความแม่นยำและความเที่ยงในการวัดระดับบิลิรูบิน

ศึกษาระดับบิลิรูบินจากตัวอย่างเลือดจำนวน 330 ตัวอย่าง ด้วยวิธี single blind โดยให้ fellow สาขาวารกแรกเกิด 3 คนที่ไม่ทราบค่าที่อ่านด้วยเครื่อง Erma เป็นผู้อ่านค่าความเข้มของสีเหลืองในพลาสม่าที่อยู่ในหลอดแก้วยีมาโทคิวติ ด้วยเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากพลาสม่าด้วยตา ต้นแบบ พบว่าผู้อ่านสามารถอ่านค่าได้เท่ากับหรือใกล้เคียง (± 1 mg./dl.) กัน และค่าความเที่ยงในการอ่านโดยคน 3 คน (inter-rater reliability) เท่ากับ .93

ปรับปรุงแบบสีหลังการเปรียบเทียบ

จากนั้น ผลิตแบบสีที่ผ่านการตรวจสอบความแม่นยำและความเที่ยง โดยปรับปรุงแบบสีที่ต้องการด้วยกระบวนการจัดการทางคอมพิวเตอร์และพิมพ์แบบสีบนกระดาษ ผู้วิจัยตรวจสอบแบบสีที่ผลิตกับสีบิลิรูบินในพลาสม่าที่บรรจุในหลอดแก้วยีมาโทคิวติตามการวัดค่าที่อ่านด้วย bilirubin meter (gold standard) อีก จนพบว่าแบบสีมีความเข้มของสีตรงกับระดับบิลิรูบินในพลาสมาระดับ

ต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ โดยต้นแบบสุดท้าย (final model) ของแบบสีเรียงลำดับตามความเข้มจาก สีอ่อนไปสีเข้ม แต่ละแบบมีความกว้าง 0.9 ซม. สูง 2.4 ซม. ทั้งหมดมี 16 แบบ แต่ละแบบอยู่ห่างกัน 0.5 ซม. แบบสีที่หนึ่งมีความเข้มของสีเท่ากับระดับบิลิรูบินในพลาasma 2 มก./dl. แบบสีมีความเข้มเพิ่มขึ้นแบบละ 2 มก./dl. แบบสีที่ 16 ซึ่งเป็นแบบสีที่มีความเข้มสูงสุด เท่ากับระดับบิลิรูบินในพลาasma 30 มก./dl. ทุกแบบสมมูละกัน บิลิรูบินเป็นเลขคู่ ยกเว้นแบบสีที่ 8 มีค่า 15 มก./dl.

เป้าหมายของการออกแบบในขั้นที่ 1

คือ การสร้างชุดต้นแบบเครื่องมือทางการแพทย์สำหรับการวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาasma ที่ทำให้การวัดแต่ละครั้งได้มาตรฐานเดียวกัน โดยการกำหนดความกว้าง ระยะห่าง และมุมในการวัดระดับบิลิรูบิน จากสีพลาasma การดำเนินการขั้นนี้ดำเนินการร่วมกับโรงพิมพ์เพื่อผลิตกระดาษสีตามความเข้มของแบบสีที่ได้จากการศึกษานำร่อง

ชุดต้นแบบที่สร้างประกอบด้วย

- (ก) แบบสีมาตรฐานที่ทำจากกระดาษพิเศษ และมีแบบสีที่มีความเข้มของสีเหลืองต่าง ๆ กัน
- (ข) แหล่งให้แสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซ็นต์สีขาว 10 วัตต์ และ
- (ค) ฐานสำหรับวางแบบสีและยึดแหล่งให้แสงสว่าง

ขั้นที่ 2 การทดสอบความแม่นยำและความเที่ยงในการวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาasma ของแบบสีต้นแบบที่พิมพ์ขึ้น (ขั้นที่ 1) ดำเนินการ 2 ระยะด้วยวิธี single blind

2.1 การทดสอบความแม่นยำ

อ่านค่าระดับบิลิรูบิน โดยผู้วิจัยเทียบค่าที่อ่านกับค่าที่วิเคราะห์โดย bilirubin meter ยี่ห้อ Erma ใช้ตัวอย่างเลือด 1,829 ตัวอย่าง แต่ละแบบสีมีตัวอย่างเลือดไม่น้อยกว่า 20 ตัวอย่างต่อ 1 แบบสี ในระดับบิลิรูบิน ≤ 18 มก./dl. และไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่างต่อ 1 แบบสีในระดับบิลิรูบิน ≥ 19 มก./dl. เนื่องจากทราบได้วิธีการรักษาภัยที่บิลิรูบินจะสูงถึง 19 มก./dl. ทำให้มีثارกจำนวนน้อยรายที่มีระดับบิลิรูบิน ≥ 19 มก./dl.

2.2 ทดสอบความเที่ยงในการอ่านโดยผู้อ่าน 2 คน

การเตรียมความพร้อมของผู้ช่วยวิจัย

ผู้ช่วยวิจัยประกอบด้วย fellow สาขาวารกแรกเกิด และพยาบาลวิชาชีพ ที่ได้รับการฝึกการเทียบสีบิลิรูบินในพลาasma กับแบบสีต้นแบบ ภายใต้ข้อปฏิบัติในการใช้งานของเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาasma ด้วยตา (ภาคผนวกที่ 1)

การทดสอบความสอดคล้องระหว่างผู้อ่าน 2 คน

ผู้ช่วยวิจัย 2 คน อ่านค่าของระดับบิลิรูบิน โดยเทียบกับค่าที่อ่านด้วย Erma Bilirubin Meter ใช้ตัวอย่างเลือด 309 ตัวอย่าง ดำเนินการทดสอบด้วย single blind method ดังนี้

2.2.1 เจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์เก็บตัวอย่างเลือดและวัดความเข้มของระดับบิลิรูบินในพลาสมาด้วยเครื่อง Erma Bilirubin Meter

2.2.2 เจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์บันทึกค่าบิลิรูบิน แล้วเก็บค่าไว้เป็นความลับ

2.2.3 ผู้ช่วยวิจัยอ่านระดับบิลิรูบินในพลาสมาด้วยแบบสีที่พัฒนา โดยไม่ทราบค่าที่อ่านจากเครื่อง Erma Bilirubin Meter

2.2.4 ผู้ช่วยวิจัยบันทึกปัจจัยต่างๆ ที่มีผลส่งเสริมการอ่าน และ/หรือ รบกวนการอ่านผล

2.2.5 เจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์ นำค่าที่วัดด้วยสองวิธีให้แก่ผู้ช่วยวันรุ่งขึ้น เพื่อรวมไว้เคราะห์ทางสถิติ

ขั้นที่ 3 การทดสอบต่างโรงพยาบาล (multicenter study)

จัดตั้งคณะทำงานเพื่อร่วมในการเก็บรวบรวมและให้ข้อมูล โดยประสานความร่วมมือกับหน่วยทารกแรกเกิด โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อทดสอบความเที่ยงของการวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่า ความหนาแน่น และความเหมาะสมในสภาพแวดล้อมตามการใช้งานในคลินิกต่างแหล่ง โดยดำเนินการเก็บข้อมูลเหมือนขั้นที่ 2

ขั้นที่ 4 การปรับปรุงเครื่องต้นแบบ

ปรับปรุงคุณภาพของเครื่องต้นแบบจากผลการทดสอบในขั้นที่ 3 และดำเนินการผลิตเครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่าสำหรับทารกแรกเกิดเพื่อจำหน่ายในราคาถูก

ขั้นที่ 5 การถ่ายทอดวิธีใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นใหม่

โดยเผยแพร่ผ่านการบรรยายแก่บุคลากรทางการแพทย์กลุ่มเป้าหมาย ที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลชุมชน ในการประชุมวิชาการที่จัดโดย กรมอนามัย โรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุข และชุมชนเวชศาสตร์ทารกแรกเกิดแห่งประเทศไทย

วิธีการประเมินผล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows version 11.0 (Chicago, Illinois) โดยเปรียบเทียบความแม่นยำ (accuracy) และความสอดคล้อง (agreement) ในการวัดระดับบิลิรูบินระหว่างค่าที่วัดจากเครื่องที่พัฒนาขึ้นกับค่าที่วัดจาก bilirubin meter ที่เป็นอุปกรณ์

มาตรฐาน (http://www.igdi.ku.edu/training/ECI_training/ECI_Caculation_sheet-2005.doc)

ตามขั้นตอนดังนี้

การวิเคราะห์ความแม่นยำโดยผู้อ่านคนเดียว

1. หากค่าแตกต่าง (difference) ของค่าบิลิูบินที่อ่านด้วยทั้งสองวิธี
2. หาก้อยละของความแม่นยำในการอ่าน ที่ความแตกต่างของค่าบิลิูบิน แตกต่าง $\leq |1.0|$,
 $\leq |1.5|$, $\leq |2.0|$ และ $\leq |3.0|$

การวิเคราะห์ความแม่นย้าและความสอดคล้องระหว่างผู้อ่าน 2 คน

1. หากค่าแตกต่าง (difference) ของค่าบิลิูบินที่อ่านทั้งสองวิธี ของแต่ละคน
2. หาจำนวนครั้งของความสอดคล้อง และไม่สอดคล้องของค่าบิลิูบินที่อ่านทั้งสองวิธี
ที่ระดับความแตกต่าง $\leq |1.0|$, $\leq |1.5|$, $\leq |2.0|$, $\leq |3.0|$ และ $\leq |4.0|$ ของแต่ละคน
3. หาก้อยละของความสอดคล้องในการอ่านระหว่างคน (interobserver agreement)
โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละของความสอดคล้อง} = \frac{\text{จำนวนครั้งของความสอดคล้อง}}{\text{จำนวนครั้งของความสอดคล้อง} + \text{จำนวนครั้งของความไม่สอดคล้อง}} \times 100$$

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ผลการคิดคันและพัฒนาเครื่องวัดระดับบิลิูบินในพลาสมาด้วยตา

เครื่องวัดบิลิูบินในพลาสมาด้วยตา เป็นผลงานการประดิษฐ์ที่คิดคันขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศไทยและในโลก ผลการพัฒนาเครื่องวัดระดับบิลิูบินในพลาสมาด้วยตาจากกระบวนการวิจัย 5 ขั้นตอน สามารถสรุป รายละเอียดของโมเดลเครื่องวัดระดับบิลิูบินในพลาสมาด้วยตา ได้ดังนี้

ความแม่นยำของการอ่านค่าของเครื่องวัดระดับบิลิูบินในพลาสมาด้วยตา

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการอ่านด้วยตา กับค่า gold standard

ผลการศึกษาความแม่นยำของการอ่านค่าจากเครื่องวัดบิลิูบินจากสีพลาสมาด้วยตา โดยผู้อ่านคนเดียว จากการอ่าน 1,829 ตัวอย่างเลือด (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาความแม่นยำของการอ่านแต่ละแบบสี พบร่วงการอ่านตัวอย่างเลือดของทุกแบบสี ส่วนใหญ่มี้อยละของความแม่นยำที่ $\leq |1.0|$ (พิสัย 44.26-100) โดยแบบสีที่ 2 มก./ดล.ถึง 11 มก./ดล.) มีร้อยละของความแม่นยำในระดับสูง คือ 51.85 ถึง 100

ตารางที่ 1. ค่าแตกต่างระหว่างการอ่านบิลิรูบินในพลาสมาด้วยแแกบสีกับเครื่อง Erma Bilirubin

Meter โดยผู้อ่านคนเดียว (1,829 ตัวอย่าง)

บิลิรูบินใน พลาสมา (มก./ดล.)	จำนวน ตัวอย่าง เลือด	ค่าความแตกต่าง (มก./ดล.) (ร้อยละของตัวอย่างเลือด)				minimum	maximum
		$\leq 1 $	$> 1 - 1.5 $	$> 1.5 - 2 $	2-3		
2	7	100	-	-		0	-1.0
3	11	54.54	45.45	-		-0.4	-1.5
4	31	80.64	9.67	6.45	3.22	-0.1	-2.5
5	148	68.24	25.67	4.72	1.35	0	-2.3
6	84	79.76	11.04	5.95	2.38	0	-2.2
7	97	77.31	15.46	6.18	1.03	0	2.3
8	95	64.21	27.36	6.31	2.10	0.1	-2.6
9	132	73.48	16.66	6.06	3.78	0	2.7
10	162	51.85	29.62	16.04	2.46	0	3.0
11	206	54.22	17.96	12.13	9.22	0	-2.9
12	196	45.91	30.10	20.91	2.04	0	-2.3
13	171	67.83	11.69	15.20	5.26	0	2.9
14	180	64.44	22.77	8.88	2.77	0	3.1
15	109	63.30	18.34	14.67	3.66	0	2.3
16	58	51.72	29.31	12.06	6.89	0	2.6
17	61	44.26	31.14	16.39	8.19	0.1	-2.7
18	46	52.17	23.91	13.04	10.86	0	2.7
19	17	70.58	11.76	5.88	11.76	0	-2.6
20	9	44.44	22.22	33.33	-	0.3	1.7
21	6	50.00	16.66	33.33	-	-0.6	2.8
22	3	-	33.33	33.33	-	1.2	2.7
ค่าเฉลี่ย		59.94	21.43	12.89	3.66		

หมายเหตุ |...| หมายถึง absolute number

เมื่อพิจารณาความแม่นยำโดยรวม (overall accuracy) ของการอ่าน (ตารางที่ 2) พบว่า ค่าแตกต่างสะสม ในช่วง $\leq |1.0|$ ถึง $\leq |3.0|$ ระหว่างการวัดบิลิรูบินจากสีพลาสมาด้วยตากับวิธี มาตรฐาน ส่วนใหญ่มีความแม่นยำของ การอ่านอยู่ในช่วง $\leq |1.0|$ มก./ดล. คิดเป็นร้อยละ 59.94

ตารางที่ 2. ค่าความแม่นยำของ การอ่าน โดยผู้อ่านคนเดียว (1,829 ตัวอย่าง)

ความแตกต่างจาก gold standard	ร้อยละของตัวอย่างเลือด*
$\leq 1.0 $	59.94
$\leq 1.5 $	81.37
$\leq 2.0 $	94.26
$\leq 3.0 $	100

*ร้อยละของค่าแตกต่างสะสมจากการอ่าน 1,829 ตัวอย่าง

หมายเหตุ |...| หมายถึง absolute number

ความแม่นยำและความสอดคล้องของการอ่านโดยผู้อ่าน 2 คน จากการอ่าน 309 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3) เมื่อพิจารณาเรื่องละของความสอดคล้อง ในช่วงของความแม่นยำที่ $\leq |2.0|$ ซึ่งเป็นค่า manufacturer accuracy ของอุปกรณ์การแพทย์ที่ยอมรับโดยทั่วไป พบว่าเท่ากับ 85.14 โดยส่วนใหญ่มีความแม่นยำของการอ่านอยู่ในช่วง $\leq |1.0|$ มก./ดล. คิดเป็นร้อยละ 71.90

ตารางที่ 3. ค่าความแม่นยำและความสอดคล้องระหว่างการวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสมาด้วยตา กับวิธีมาตรฐาน โดยผู้ช่วยวิจัยสองคน (309 ตัวอย่าง)

ความแตกต่าง จาก gold standard	ตัวอย่างเลือด (% ของตัวอย่างเลือด)				ร้อยละของ ความสอดคล้อง (case สะสม)	
	ผู้อ่านคนที่		จำนวนครั้ง			
	1	2	สอดคล้อง	ไม่สอดคล้อง		
$\leq 1.0 $	210 (67.85)	151 (49.02)	151	59	71.90	
$\leq 1.5 $	246 (79.59)	197 (63.91)	197	49	80.08	
$\leq 2.0 $	276 (89.26)	235 (75.92)	235	41	85.14	
$\leq 3.0 $	293 (94.87)	282 (91.12)	282	11	96.24	
$\leq 4.0 $	309 (100)	309 (100)	309	0	100	

หมายเหตุ [...] หมายถึง absolute number

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการอ่านด้วยตา กับเครื่อง bilirubin meter ที่ผลิตจากต่างประเทศ

ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำและความสอดคล้องของการอ่าน 4 แหล่ง (ตารางที่ 4) คือ ระหว่างค่าที่อ่านได้จากการใช้เครื่องวัดบิลิรูบินจากสีพลาスマด้วยตาที่พัฒนาขึ้น กับเครื่อง bilirubin meters 3 ชื่อการค้า คือ Optima, Erma และ Fuchu Giken ที่ผลิตจากต่างประเทศ มีราคาแพงและใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย พบว่า ค่าที่อ่านด้วยตาจากผู้อ่านที่ผ่านการฝึกอ่านด้วยใน test kit ที่ผลิตขึ้นจากการวิจัยนี้ มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าที่อ่านจากเครื่อง bilirubin meter และใช้เป็น gold standard คือ Erma Bilirubin Meter ซึ่งเป็นเครื่องที่สามารถอ่านค่าได้ใน range ตาม manufacturer specification ที่ปรับให้ผู้ผลิตระบุ คือ 2-30 มก./ดล.

ค่าที่อ่านด้วยเครื่องวัดบิลิรูบินจากสีพลาスマด้วยตา มีความแม่นยามากกว่าเครื่อง Optima และ Fuchu Giken โดยเมื่อเทียบกับค่า gold standard เครื่องวัดบิลิรูบินจากสีพลาスマด้วยตา มีพิสัยของความแตกต่างตั้งแต่ 0 มก./ดล. ถึง 2.2 มก./ดล. ขณะที่เครื่อง Optima และ เครื่อง Fuchu Giken มีพิสัยของความแตกต่างตั้งแต่ 1.3 มก./ดล. ถึง 7.6 มก./ดล. และ 0.1 มก./ดล. ถึง 2.0 มก./ดล. ตามลำดับ นอกจากนี้เครื่องทั้งสองยังไม่สามารถอกระดับบิลิรูบินในพลาสมากสูง (≥ 24 ใน Fuchu Giken และ ≥ 26 ใน Optima) รายละเอียดของค่าแตกต่างระหว่างการอ่านบิลิรูบินในพลาasmaด้วยแบบสีกับเครื่อง bilirubin meters แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. การเปรียบเทียบความแม่นยำของการอ่านระดับบิลลูบินระหว่างเครื่องที่พัฒนา กับเครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศ 3 ชื่อการค้า เพื่อค้นหาเครื่องสำหรับใช้เป็น gold standard เปรียบเทียบระดับบิลลูบิน

เครื่องที่พัฒนา	Optima (1)*	Erma (2)*	Fuchu Giken (3)*
28	ไม่ถ่าน	28.1	ไม่ถ่าน
28	ไม่ถ่าน	28	ไม่ถ่าน
26	ไม่ถ่าน	27.3	ไม่ถ่าน
26	34.6	27	ไม่ถ่าน
25	32.3	25.7	ไม่ถ่าน
25	24	25.3	ไม่ถ่าน
24	23	24.7	ไม่ถ่าน
24	21.2	23.3	24.0
22	20.4	23.2	21.6
20	19.5	22.2	20.5
20	18.8	21.2	19.7
18	18.1	19.8	18.1
18	16.5	18.87	16.3
16	15.2	17.2	14.8
16	14	15.5	13.5
14	13.0	13.6	11.8
12	11.9	12.4	10.4
11	10.5	11.0	9.3
9	8.8	9.5	8.1
8	7.7	7.8	7.0
7	6.8	6.6	6.3
6	6.1	5.9	5.6
6	5.2	5.5	4.8
4	4.6	4.8	4.0
3	3.8	4.0	3.4
3	3.5	3.0	2.9

หมายเหตุ

* specification ของเครื่องทุกชื่อการค้า ข้างว่าสามารถอ่านค่าได้ถึง 30 มก./ดล.

ตัวเข้ม หมายถึง ความแตกต่างของค่าที่อ่านด้วยเครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศและมีความแตกต่าง ≥ 3 มก./ดล.

ไม่ถ่าน หมายถึง เครื่องไม่สามารถบอกระดับบิลลูบินในพลาสma

เครื่องที่พัฒนามีความแม่นยำของการอ่านค่าระดับบิลลูบินได้ใกล้เคียงกับ Erma (2) [ซึ่งสามารถอ่านค่าได้ตาม ที่ระบุในมาตรฐาน manufacturer specification] ได้มากที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของการอ่านค่าและข้อปฏิบัติในการอ่านค่า

ผลจากการศึกษาในขั้นที่ 1 ถึง ขั้นที่ 3 ทำให้ได้ข้อความรู้สำคัญในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของการอ่านค่า ซึ่งได้กำหนดเป็นข้อปฏิบัติในการอ่านค่า รายละเอียดของข้อปฏิบัตินี้ดังนี้

การเก็บตัวอย่างเลือด

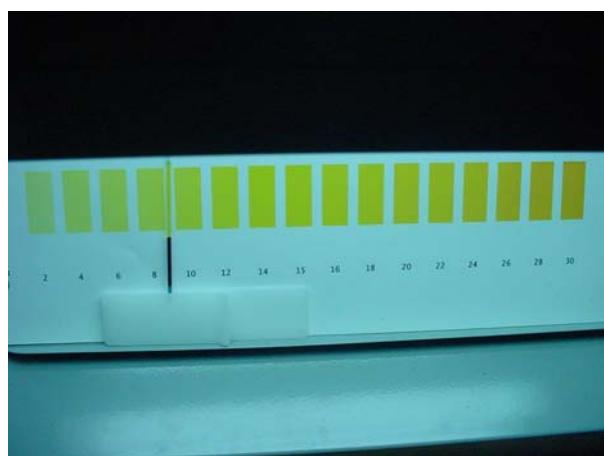
- เจาะเลือดใส่หลอดแก้วหิมะโทคริต ให้มีปริมาณเลือดประมาณ 4 ใน 5 ของความยาวของหลอด
- นำหลอดแก้วหิมะโทคริตที่บรรจุเลือดไป centrifuge เพื่อให้มีดเลือดแดงแยกชั้นจากพลาสมา

สภาพทางจิตใจของผู้เก็บสี

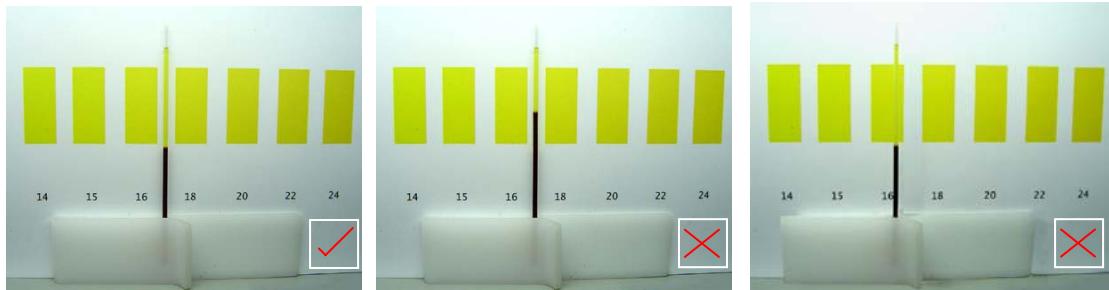
- ผู้เก็บสีต้องมีอารมณ์ปกติ ไม่มีอยู่ในภาวะรีบเร่ง หุ่ดหึงด ง่วงนอน หรือ เหนื่องเหนื่อย

วิธีเก็บสี

- ตับไฟในห้องเวลาเก็บสี เพราะแสงภายนอก booth รบกวนการเก็บสี
- หลอดแก้วหิมะโทคริตบรรจุตัวอย่างเลือดต้องเช็คให้ปราศจากคราบเลือดและกา瓜
- วางหลอดเลือดเข้ากับตัวยึด
- ผู้เก็บสีนั่งบนเก้าอี้
- ใบหน้าอยู่ห่างจากແเป็นວາງແບບสีไม่เกิน 1 พุต
- จัดความสูงของที่นั่งจนเห็นขอบบนของແບບสีอยู่ที่ขอบบนของ booth ระดับความสูงตั้งกล่าวจะป้องตัวพร่าและเปลี่ยนจากแสงเข้าตา (ตั้งในภาพ)



- ให้หลอดแก้วสีมาโทคริตเฉพาะส่วนพลาสม่าอยู่ที่ช่องว่างระหว่างแอบสี (พื้นที่สีขาว)



- เทียบสีจากสีที่อ่อนไปหาสีที่เข้มที่ลักษณะว่าง (จากด้านซ้ายไปยังด้านขวาของผู้อ่าน) จนกว่าได้แอบสีที่มีความเข้มเท่ากับตัวอย่างเลือด
- เมื่อได้แอบสีที่มีความเข้มเท่ากับตัวอย่างเลือด ยืนยันการอ่านโดยหลับตาประมาณ 20 วินาที แล้วลืมตาเพื่อให้แน่ใจว่าสีพลาสม่าและแอบสีเท่ากัน ข่านค่าบิตรูบินของแอบสีนั้นจากตัวเลขที่อยู่ข้างใต้และตรงกับแอบสี
- หากสีพลาสม่าเข้มกว่าแอบสีทางซ้ายมือ แต่อ่อนกว่าแอบสีทางขวา มือ ให้อ่านค่าเท่ากับค่ากึ่งกลางระหว่างค่าแอบสีทั้งสอง
- จำนวนตัวอย่างเลือดในการเทียบสีแต่ละครั้ง ไม่ควรมีเกิน 5 ตัวอย่าง หากเกิน 10 ตัวอย่าง ให้พักรโดยการมองที่มืดหรือหลับตาประมาณ 5-10 นาที หรือพักการเทียบสีไว้ก่อน แล้วกลับมาเทียบสีใหม่

การนำรุ่งรักษา

- ป้องกันกระดาษแอบสีเปรอะเปื้อนสิ่งสกปรกและถุงน้ำ
- ต้องเก็บแอบสีไว้ในที่สะอาด แห้ง และมีดหลังใช้งาน
- ต้องคลุม booth ด้วยผ้าคลุมทุกครั้ง หลังใช้งาน
- เก็บ test kit ไว้ในที่มีดและเย็น (อายุการใช้งาน 2 เดือน)
- การเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อหลอดเสีย ต้องใช้หลอด Philips 10 watt เท่านั้น เพราะหลอดยี้ห้ออื่น มีคลื่นแสงสีฟ้าสูง ทำให้เห็นพลาสม่าเหลืองเป็นสีเขียว

วัสดุที่ใช้ประดิษฐ์

- วัสดุที่ใช้พิมพ์แอบสีเป็นกระดาษที่มีจำหน่ายในประเทศไทย
- Booth ผลิตด้วยโลหะจากโรงงานผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าบริษัทมงคลอินดัสเตรียลเวอร์ค
- หลอดไฟฟิลิปส์ 10 วัตต์ ผลิตในประเทศไทย

สรุปลักษณะของโมเดลเครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสมาด้วยตาและการทำงาน

เครื่องวัดบิลิรูบินในพลาสมาด้วยตา ใช้วิธีเทียบความเข้มของพลาasma ในตัวอย่างเลือดที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วอีม่าโทคิวิต กับแบบสีมาตราฐานที่พัฒนาจากข้อมูลหลักฐานตามกระบวนการกวิจัย ราคาต้นทุนในการผลิตประมาณ 4,000 บาท ไม่มีค่าใช้จ่ายในการ calibration เครื่อง มีเพียงการเปลี่ยนกระดาษแบบสีหลังอายุการใช้งานนาน 2 ปี และเก็บแบบสีในช่องสิน้ำตาล เพื่อหลีกเลี่ยงแสงแดดหรือแสงสีขาว อะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนคือหลอดไฟฟลูออเรสเซ็นต์ 10 วัตต์ ราคาประมาณ 65 บาท โดยเปลี่ยนเมื่อหลอดเสีย

ข้อคันப์เกี่ยวกับอุปกรณ์เสริมความแม่นยำในการอ่านค่า

Booth : ข้อคันพับและการพัฒนา

ผลการศึกษาพบว่าการเทียบสีต้องการความสว่างพอเหมาะสมและคงที่ โดยการเทียบสีด้วยสายตาเพื่อให้มีความถูกต้องมากที่สุด ต้องอาศัยอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมความคงที่ของสภาพแวดล้อมในการมองเปรียบเทียบความแตกต่างของสีบิลิรูบินจากหลอดแก้วอีม่าโทคิวิตกับสีบนแบบสีมาตราฐาน โดยได้นำหลักการของ visual assessment of color difference (AATCC Evaluation Procedure 9, 1999) มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ booth สำหรับอ่านแบบสี

หลักการของลักษณะของ booth ที่ดี มีดังนี้

สิงแวดล้อมที่อยู่รอบบริเวณของการมอง

- พื้นผิวล้อมรอบบริเวณที่อ่านสีมีลักษณะด้าน (matte surface) และมีสีเทา ในช่วงระหว่าง Munsell N6/ ถึง N8/
- แบบสีและตัวอย่างที่ต้องการเปรียบเทียบต้องวางบนพื้นผิวที่เรียบ ด้าน และมีสีเทาในช่วง Munsell N6 ถึง N8
- ต้องไม่มีสิ่งของอื่น ๆ อยู่ในบริเวณอ่านสี และไม่มีแสงภายนอก (ambient light) มากบกวน

มุมการมอง (Viewing geometry)

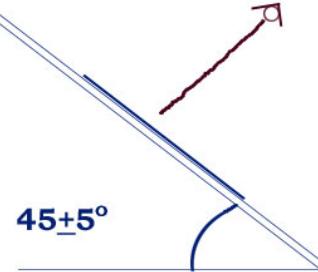
- แหล่งให้ความสว่าง (illumination source) อยู่ในแนวเส้นหนา (horizon)



- ระดับ (plane) สำหรับวางตัวอย่าง ทำมุม $45 \pm 5^\circ$

กับแนวเส้นหนา

- สายตาผู้อ่าน ทำมุมประมาณ 90° กับตัวอย่างสี
จึงผลิต booth (ต้นทุน 1,000 บาท) เพื่อควบคุม
การสะท้อนแสงและความสว่าง ทำให้การเทียบสี



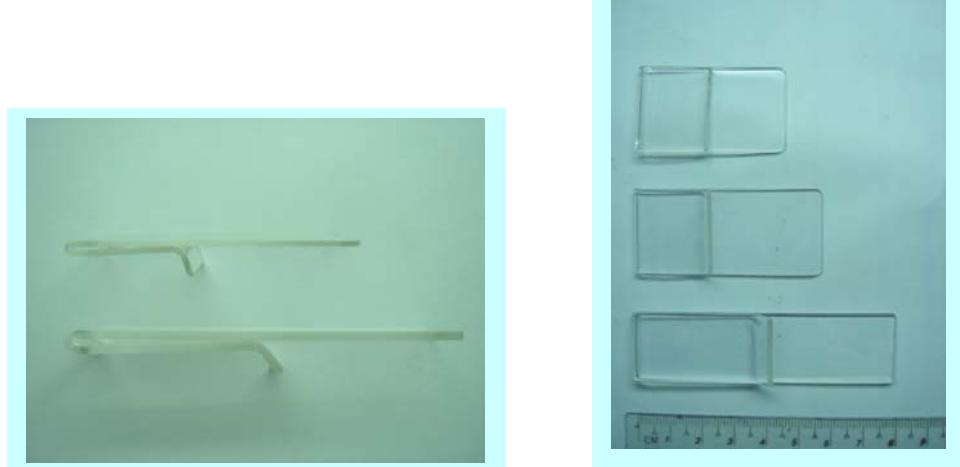
แต่ละครั้งมีค่าแม่นยำ โดยได้มีการสร้างและปรับปรุงต้นแบบ booth ที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง จำนวน หั้งสิบ 5 ครั้ง เพื่อให้ booth มีขนาดเล็ก ลดพื้นที่ในการวาง มีน้ำหนักเบา และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย โดยพัฒนาและศึกษาต้นแบบที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนได้ต้นแบบรุ่นที่ 5 ซึ่งพบว่า เหมาะสมที่สุด ขนาดของต้นแบบรุ่นที่ 5 มีดังนี้ ความกว้าง 14.1, ความลึก 6 นิ้ว, ความสูง 11 นิ้ว, ความสว่างที่เปลี่ยนวางแบบสีตามมุมอุี่ียง 4290 lux



ที่ยึดหลอดแก้วสีมาโทคريط : ข้อค้นพบและการพัฒนา

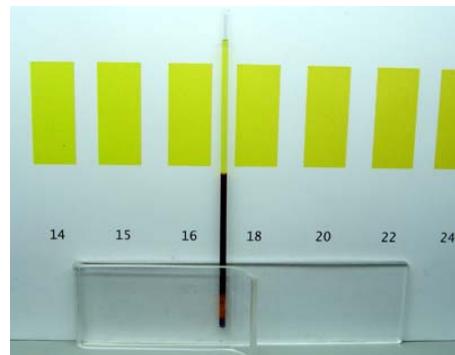
ผลการศึกษาพบว่า การระยะห่างระหว่างหลอดแก้วสีมาโทคريطกับแบบกระดาษมีผลต่อการเทียบสีด้วยสายตา เพื่อควบคุมความคงที่ของระยะห่าง จึงทำการพัฒนา ดังนี้

1. ที่ยึดหลอดแก้วสีมาโทคريطเพื่อให้ระยะห่างจากแบบสีคงที่ตลอดเวลา แทนการใช้นิ้ว
จับหลอดแก้วสีมาโทคريطให้อยู่เหนือแบบสีประมาณ $\frac{1}{2}$ ซม.
 - เมื่อพัฒนาครั้งแรกใช้พลาสติกใส่มีความหนา 1 และ 2 มม. พบร่วมเมื่อใช้พลาสติกหนา 1 มม. การเปรียบเทียบสีไม่แม่นยำเท่าเมื่อใช้พลาสติกหนา 2 มม.

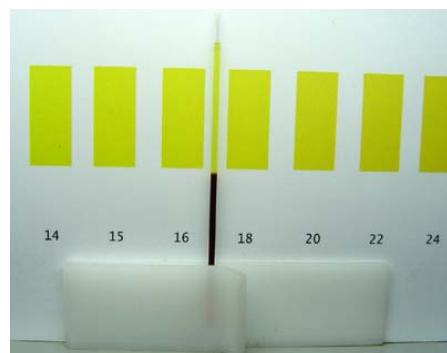


ความหนาพลาสติก 1 มม. (บน) และ 2 มม. (ล่าง) ที่ยึดหลอดแก้วสีมาโทคريطความยาวต่าง ๆ

- เปรียบเทียบที่ยึดหลอดแก้วอีม่าโทคิวตที่มีความยาว 4.5, 5.5, 8 ซม. พบร่วมความยาว 8 ซม. ยึดหลอดได้แน่นกว่า และสะดวกในการใช้งานมากกว่า
- พลาสติกใสเกิดรอยขีดข่วนง่าย ทำให้พลาสติกดูเก่าเร็ว จึงได้เปลี่ยนเป็นพลาสติกทึบสีขาว พบร่วมความสวยงามและไม่มีรอยขีดข่วนเวลาใช้งาน

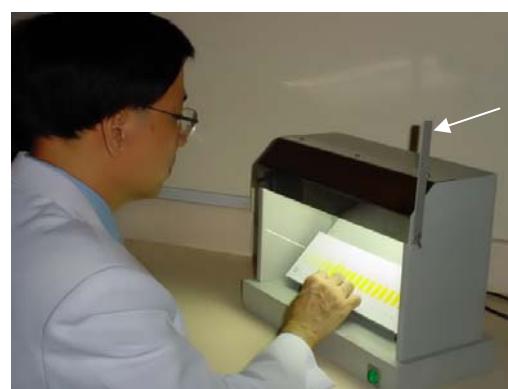


ที่ยึดหลอดแก้วอีม่าโทคิวตทำจากพลาสติกใส รุ่นที่ 1



ที่ยึดหลอดแก้วอีม่าโทคิวตทำจากพลาสติกทึบสีขาว รุ่นที่ 2

2. เครื่องหมายบอกระดับตา ที่ผู้เทียบสีต้องจัดเก้าอี้ให้สูงพอด และให้ระดับตาของผู้อ่านอยู่ที่ระดับกำหนด เพื่อให้เวลาอ่านเทียบสี สายตาอยู่ในแนวตั้งจากกับหลอดแก้วอีม่าโทคิวตและแบบสีทุกครั้ง



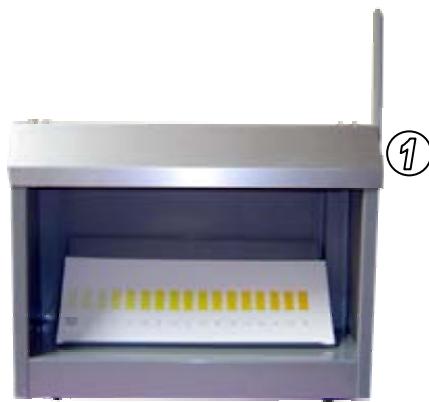
เครื่องหมายบอกระดับตา
(ลูกศรชี้)

รูปแสดงมุมของการมองเพื่อเปรียบเทียบสี

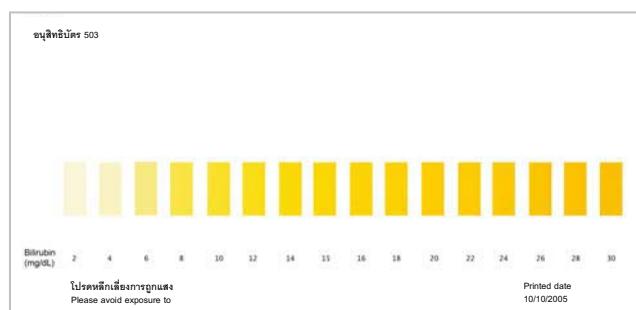
ภาพรวมส่วนประกอบของเครื่องวัดระดับบิลิรูบินด้วยตา:
ไม่เดลเพื่อการเผยแพร่สู่การใช้งานทางคลินิก

เครื่องวัดระดับบิลิรูบินด้วยตา ประกอบด้วย

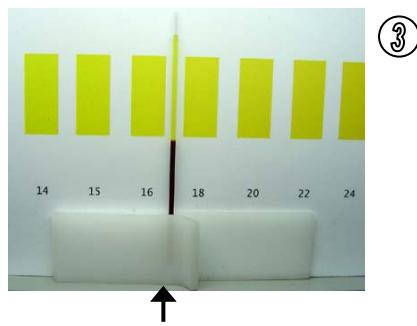
1. Booth พร้อมเป็นสำหรับวางแบบสี



2. กระดาษแบบสี



3. ที่ยึดหลอดแก้วเยี่ยมโทคิวต



ที่ยึดหลอดเลือด

4. ที่คลุม booth เพื่อป้องกันแบบสีจากแสง



5. test kit ที่ประกอบด้วยตัวอย่างพลาสม่าที่มี

ความเข้มข้นบิลิรูบินต่างกันระหว่าง

2-30 มก./ดล.



ส่วนที่ 2 : การถ่ายทอดวิธีใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นใหม่แก่นคุลากรทางการแพทย์

เครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่าได้รับการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ทั่วโลกมาตั้งแต่และระดับนานาชาติด้วยวิธีต่อไปนี้

การเผยแพร่ระดับนานาชาติ_(ภาคผนวกที่ 2)

- Poster presentation ในงานประชุม the 12th Asean Pediatric Federation Conference ที่ Dusit Resort Hotel พัทยา ชลบุรี เมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2547
- Proceeding “Jirapaet K, Jirapaet V. Accuracy of visual assessment of plasma bilirubin with bilirubin color scale.” ใน Program and Abstract: The 12th ASEAN Pediatric Federation Conference & the 58th Thai Congress of Pediatrics. Pattaya, Cholburi 2004:170”.

การเผยแพร่ภายในประเทศ

- การส่งแผ่นพับรายละเอียดของเครื่องวัดระดับบิลิรูบินฯไปยัง โรงพยาบาลชั้นนำทั่วประเทศ โดย สถา. (ภาคผนวกที่ 1)
- การบรรยายและการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการสาธิตการใช้เครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่า ในการประชุมวิชาการ ที่จัดโดยกรมอนามัย โรงพยาบาลในสังกัดของกระทรวงสาธารณสุขทั่วประเทศ คณะกรรมการแพทยศาสตร์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น เชียงใหม่ และสังฆภานครินทร์ และชุมชนเวชศาสตร์ทารกแรกเกิดแห่งประเทศไทยตั้งแต่ปี 2547

ตัวอย่างเช่น

กรกฎาคม 2547

- สาธารณสุขจังหวัด จังหวัดเพชรบูรณ์ วันที่ 2 กรกฎาคม ผู้เข้าอบรม 290 คน
- การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ จัดโดยชุมชนนมแม่แห่งประเทศไทย บรรยายที่ Grand Hotel วันที่ 7 กรกฎาคม ผู้เข้าอบรม 100 คน
- กรมอนามัย โรงแรมริชمونด์ นนทบุรี 13 กรกฎาคม ผู้เข้าอบรม 200 คน

สิงหาคม 2547

- ห้องประชุม สาธารณสุขจังหวัด จังหวัดร้อยเอ็ด วันที่ 5 สิงหาคม ผู้เข้าอบรม 180 คน
- การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่จัดโดยชุมชนนมแม่แห่งประเทศไทย Lanna Palace Hotel วันที่ 18 สิงหาคม ผู้เข้าอบรม 100 คน
- การประชุมประจำปี ชุมชนเวชศาสตร์ทารกแรกเกิด โรงพยาบาลราชวิถี 25-27 สิงหาคม ผู้เข้าอบรม 700 คน

กันยายน 2547	- Newborn Day โรงพยาบาลพุทธชินราช 17 กันยายน ผู้เข้าฟังการบรรยาย 600 คน
ตุลาคม 2547	- บรรยาย Update Neonatology การอบรมระยะสั้น Intensive reviews in pediatrics จัดโดยราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย ที่ศูนย์การประชุมอิมแพค เมืองทองธานี 2 ตุลาคม จำนวนแพทย์ 200 คน
พฤษจิกายน 2547	- โรงพยาบาลพหลพยุหเสนา การบรรยายการให้นมแม่แก่ทารกที่เจ็บป่วยและทารก ก่อนกำหนด ให้บุคลากรโรงพยาบาลจังหวัดและโรงพยาบาลชุมชน 6 แห่ง 17 พฤศจิกายน ผู้เข้าอบรม 150 คน
ธันวาคม 2547	- ศูนย์อนามัยที่ 3 ชลบุรี หัวเรื่องบรรยาย เกณฑ์การประเมินโครงการลูกเกิดรอด แม่ปลอดภัย ที่โรงพยาบาลบ้านค่าย จังหวัดระยอง วันที่ 22 ธันวาคม ผู้เข้าอบรม 100 คน
มกราคม 2548	- ศูนย์อนามัยที่ 5 ราชบุรี “เรื่องความยั่งยืนของโครงการลูกเกิดรอด แม่ปลอดภัย และ ^{และ} โครงการโรงพยาบาลสายสัมพันธ์แม่และลูก” บุคลากรจาก โรงพยาบาลศูนย์ และ ^{และ} โรงพยาบาลทั่วไป 13 แห่ง โรงพยาบาลชุมชน 53 แห่ง และโรงพยาบาลค่ายทหาร 1 แห่ง ^{แห่ง} บรรยายที่ โรงเรม ลองบีช อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี วันที่ 27 มกราคม ผู้เข้าอบรม 150 คน ผู้อำนวยการของโรงพยาบาลชุมชน 3 แห่งติดต่อสั่งซื้อผ่านเจ้าหน้าที่ของศูนย์ อนามัยที่ 5 คุณสกาวรัตน์ เทพรักษ์ (skawlab@yahoo.com , โทร 09-9153894)

- การประชาสัมพันธ์ (ภาคผนวกที่ 4)

- การเผยแพร่ในศิริราชสัมพันธ์ ฉบับประจำเดือนพฤษจิกายน 2548
- การเผยแพร่ทางหนังสือพิมพ์มติชนโดยสภาพัฒน์แห่งชาติ
- การเผยแพร่ทางสารมหาวิทยาลัยมหิดลฉบับวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2549
- การเผยแพร่ทาง Website: <http://www.dr-sak.com>
- หนังสือวันนักประดิษฐ์ ปี 2549 วันที่ 2-4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 ในงาน
เจกรางวัลสภาพัฒน์แห่งชาติ รางวัล ผลงานประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2549
ศูนย์ประชุม อิมแพค เมืองทองธานี (ภาคผนวกที่ 3)

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ทางคลินิก

ผลการจำแนกในระยะเริ่มแรกของการผลิต (พฤษจิกายน พ.ศ. 2548 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549) เครื่องวัดระดับบิตรูบินในพลาสม่าด้วยตาสำหรับทราบเกิดตามแผนการผลิตจำนวนทั้งสิ้น 500 เครื่อง ได้รับการผลิตเสร็จเรียบร้อยตั้งแต่เดือน กันยายน พ.ศ. 2548 และได้เริ่มนำออกจำหน่าย ในปลายปี พ.ศ. 2548 โดยมีรายชื่อโรงพยาบาลที่สั่งซื้อไปใช้ มีทั้งโรงพยาบาลศูนย์ โรงพยาบาล ทั่วไป โรงพยาบาลชุมชน และโรงพยาบาลเอกชน ดังนี้

รายชื่อโรงพยาบาลที่ซื้อ

วันที่จัดส่ง	ชื่อโรงพยาบาล	จังหวัด	จำนวนเครื่อง
10 พย. 48	โรงพยาบาลอุดรธานี	อุดรธานี	1
11 พย. 48	โรงพยาบาลตากใบ	นราธิวาส	3
21 พย. 48	โรงพยาบาลน่าน	น่าน	1
5 มค. 49	โรงพยาบาลน่าน	น่าน	1
	โรงพยาบาลปางมะผ้า	แม่ส่องสอน	1
13 มค. 49	โรงพยาบาลสร้างคอม	อุดรธานี	1
15 กพ. 49	โรงพยาบาลโนนคุณ	ศรีสะเกษ	1
20 กพ. 49	โรงพยาบาลทับปุด	พังงา	1
1 มีค. 49	โรงพยาบาลห้วยราช	บุรีรัมย์	1
1 มีค. 49	โรงพยาบาลบ้านหลวง	น่าน	1

โรงพยาบาลเอกชนสองแห่งที่สั่งใจ คือโรงพยาบาลศรีวิชัย และโรงพยาบาลราชพิพัฒ์ สังกัดกรุงเทพมหานครฯ ได้ติดต่อขอรายละเอียดของเครื่องเมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2549

นอกจากนี้ คุณสุวรรณ ลาภทวีสุขอนันต์ nutrition director ของ บริษัท ดูเม็กซ์ จำกัด โทรศัพท์ 02-740-3300 ได้มีกุศลจิตของบริษัทเงินจำนวนหนึ่งแสนบาท เพื่อซื้อเครื่องวัดบิตรูบินในพลาสม่าด้วยตา ให้แก่โรงพยาบาลที่ต้องการและคุณรุ่งรัก ศิริเวช โทรศัพท์ 01-174-8172 ผู้จัดการภาคเหนือของบริษัท ดูเม็กซ์ จำกัด ได้บริจาคให้ รพช.บ้านหลวง จังหวัดน่านอีก 1 เครื่อง

ความพึงพอใจของผู้ใช้

การประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้ ได้ติดต่อขอข้อมูลย้อนกลับ (feedback) จากแพทย์ ของโรงพยาบาลที่สั่งซื้อ พบว่า ผู้ใช้พึงพอใจในประเด็นความสะดวกและความง่ายในการใช้งาน (ข้อมูลจาก พญ. กนกพร ผลานุกรวงศ์ รพ. ตากใบ โทรศัพท์ 01-690-1864, พญ. วนิดา ฉัตรชุมชื่น รพ. อุดรธานี โทรศัพท์ 07-866-1814 และ พญ. วรภรณ์ เตชะเสนา รพ. น่าน โทรศัพท์ 09-951-0560)

และมีความแม่นยำในการวัด (ข้อมูลจาก พญ. ภารกณ์ เตชะเสนา) โรงพยาบาลน่านสั่งซื้อเพื่อ
เครื่องวัดระดับบิลิรูบินที่ผลิตจากต่างประเทศเสียรวม 2 เดือน จึงนำไปใช้ทดแทนขณะที่ไม่มีเครื่อง
เมื่อเครื่องได้รับการซ่อม จึงได้เบรียบเทียบความแม่นยำของการอ่านค่า และทราบความแม่นยำของ
เครื่องวัดระดับบิลิรูบินด้วยตา โรงพยาบาลน่านได้ซื้อเพิ่มเพื่อแจกให้โรงพยาบาลชุมชน โดยหวังว่า
จะช่วยให้โรงพยาบาลชุมชนที่อยู่ห่างไกลจากโรงพยาบาลน่านมาก สามารถพึ่งพาตนเองในการ
วัดระดับบิลิรูบิน และพัฒนาจนสามารถให้การรักษาทารกที่มีภาวะตัวเหลือง

การได้รับการยืนยันคุณภาพและประโยชน์

ผลงานการผลิต เครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่าสำหรับทารกแรกเกิด ได้รับรางวัล
ผลงานประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2549 จากสาขาวิชัยแห่งชาติ (ภาคผนวกที่ 3)

**สรุปตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และกิจกรรมที่ดำเนินการมา
และผลที่ได้รับตลอดโครงการ**

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน
ผลิตเครื่องมือทางการแพทย์ราคาถูกที่สามารถ วัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่าและมีความ แม่นยำใกล้เคียงกับ เครื่องมือราคาแพงที่ นำเข้าจากต่างประเทศ	เครื่องมือทางการแพทย์ ที่สามารถใช้แทนวิธี ดั้งเดิม แต่มีราคาถูก กว่า หนทางลัดสะดวกแก่ การใช้งาน	<ol style="list-style-type: none"> ได้เครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่าด้วยตา ที่มี คุณสมบัติดังนี้ <ul style="list-style-type: none"> - ราคาถูก ต้นทุน 4,000 บาท - ต้นทุนในการตรวจต่อครั้ง 1 บาท - ค่าบำรุงรักษา ไม่มี - ค่าใช้จ่ายหลังซื้อ กระดาษແบสี ราคา 50 บาท เป็นปีนทุก 2 ปี - ความแม่นยำสูง เมื่ออ่านโดยผู้อ่านที่ผ่านการฝึก การอ่านกับ test kit ได้รับรางวัลสาขาวิชัยแห่งชาติ รางวัล ผลงาน ประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2549 มีรายได้กลับคืนให้แก่ สาว.
มีการนำไปใช้ใน โรงพยาบาลชุมชน (รพช.)	รพช. สามารถพัฒนา คุณภาพการดูแลทารก แรกเกิด	<ol style="list-style-type: none"> โรงพยาบาลชุมชน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมาย ได้ซื้อไปใช้ โรงพยาบาลเอกชนที่ยังไม่มีเครื่องวัดระดับบิลิรูบินใน พลาสม่าได้ติดต่อขอซื้อ บริษัท ดูเม็กซ์ จำกัด มีศูนย์จัดซื้อวิชาคเงินหนึ่ง แสนบาท เพื่อซื้อเครื่องฯ ให้แก่โรงพยาบาล

เอกสารอ้างอิง

1. กรมอนามัย. แนวทางการดำเนินงานส่งเสริมสุขภาพแม่และเด็ก ในแผนพัฒนาสาธารณสุขฉบับที่ 9. การประชุมสัมมนาการบริหารจัดการเพื่อพัฒนางานอนามัยแม่และเด็ก ณ ห้องประชุมโรงแรมรอยัล ปรีนเซส จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 9 สิงหาคม 2545.
2. เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์. ทารกแรกเกิดกลุ่มเสี่ยง. ใน. มนตรี ตุ้นจินดา, วินัย สุวัตถี, อรุณ วงศ์จิราษฎร์, ปрабอชา ชลิตคำรัง, พิพพ จิรวิญญาณ, บรรณาธิการ. คุ้มครองเด็ก. เล่ม 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์ 2540 : 228-236.
3. Hinkes MT, Cloherty JP. Neonatal hyperbilirubinemia. In: Cloherty JP, Stark AR, eds. Manual of neonatal care. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997:175-209.
4. AATCC Evaluation Procedure 9. Visual assessment of color difference of textiles. Technical manual of the American Association of Textile Chemists and Colorists. Vol 77, Developed in 1999 by AATCC Committee RA36.1. 2002: 396-8. Retrieved from : <http://www.lnp.com/LNP/Design/Plastics101/VisualColor.htm>.

ภาคผนวกที่ 1

แผ่นพับแสดง คู่มือการใช้งาน
ข้อปฏิบัติในการใช้เครื่องวัดระดับบิลิรูบินจากสีพลาสม่าด้วยตา
ที่ให้ความแม่นยำสูงสุด

เครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่าด้วยตา *Bilirubin Color Scale*

เครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่าด้วยตา เป็นเครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่าที่ต่างจาก เครื่องมืออื่นที่ใช้ในปัจจุบัน ผู้ที่ทำการวัดระดับบิลิรูบินต้องไม่เป็นตาบอดสี มีสายตาปกติ และ ผ่านการฝึกเทียบสีจาก test kit และเท่านั้น ผู้ที่ จะทำหน้าที่ในการวัดแต่ละโรงพยาบาล ต้องฝึกวัดค่าจากตัวอย่างเลือดโดยไม่รู้ค่าของตัวอย่างเลือดอย่างน้อย 5 วัน จึงจะทำหน้าที่ได้ หลังผ่าน การฝึก หากไม่แน่ใจผลการวัดเลือดของห้อง ก็ต้องนำตัวอย่างเลือดใน test kit มาเปรียบเทียบ เช่นเดียวกับระดับบิลิรูบินในกล้วยก์ที่ถ่ายเปลี่ยนเลือด ต้องวัดระดับบิลิรูบินด้วยวิธีสากลที่เครื่องวัดได้ ผ่านการตั้งค่ามาตรฐาน (calibration) ตามกำหนดเวลา

สภาพจิตใจของผู้เทียบสี

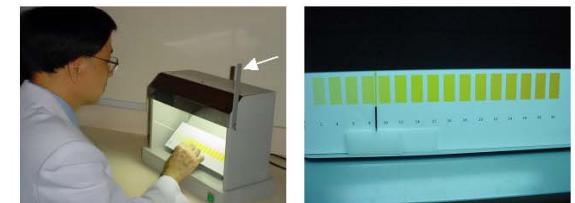
- ผู้เทียบสีต้องมีอารมณ์ปกติ ไม่雍容ในภาวะรีบเร่ง หงุดหงิด ง่วงนอน หิว และเหนื่อย เหนื่อย

2
การเทียบสีจะแม่นยำ ผู้เทียบสีต้องปฏิบัติตามข้อปฏิบัติต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด

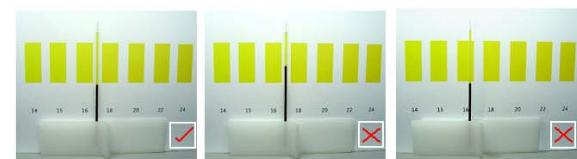
การเก็บตัวอย่างเลือด

- จะเลือดใส่หลอดซึมมาโกรติ ให้มีปริมาณเลือดประมาณ 4 ใน 5 ของความยาวของหลอด
- นำหลอดซึมมาโกรติที่บรรจุเลือดไป centrifuge เพื่อให้เม็ดเลือดแดงแยกชั้นจากพลาสม่า “ไม่ให้วัด หากพลาสมามีสีแดงจากเม็ดเลือดแดงแตก หรือชุ่นจากไขมันในพลาสมารูง

3
จะป้องกัน dataprayer และเปลี่ยนจากแสงเข้าตา

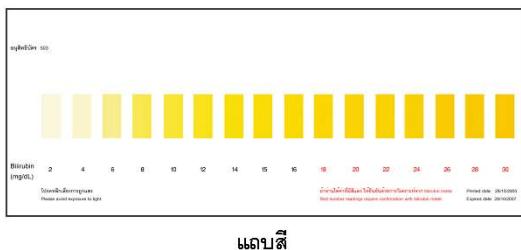


- ให้หลอดซึมมาโกรติเฉพาะส่วนพลาสม่าอยู่ที่ช่องว่างระหว่างแถบสี (พื้นที่สีขาว)



- เทียบสีจากสีที่อ่อนไปหาสีที่เข้มที่ลະซองว่าง (จากด้านซ้ายไปยังด้านขวาของผู้อ่าน) จนกว่าได้แถบสีที่มีความเข้มเท่ากับตัวอย่างเลือด
- เมื่อได้แถบสีที่มีความเข้มเท่ากับตัวอย่างเลือด ยืนยันการอ่านโดยหลับตาประมาณ 20 วินาที แล้วลืมตาเพื่อให้แน่ใจว่าสีพลาสม่าและแถบสีเท่ากัน อ่านค่าบิลิรูบินของแถบสีนั้นจากตัวเลขที่อยู่ข้างใต้และตรงกับแถบสี หากสีพลาสมາเข้มกว่าแถบสีทางซ้ายมือ แต่อ่าน กว่าแถบสีทางขวาเมื่อ ให้อ่านค่าเท่ากับค่ากึ่งกลางระหว่างค่าแถบสีทั้งสอง

- จำนวนตัวอย่างเลือดในการเทียบสีแต่ละครั้ง ไม่ควรมีเกิน 10 ตัวอย่าง หากเกิน 10 ตัวอย่าง ให้พักโดยการมองที่มืดหรือหลับตาประมาณ 5-10 นาที หรือพักการเทียบสีไว้ก่อน แล้วกลับมาเทียบสีใหม่

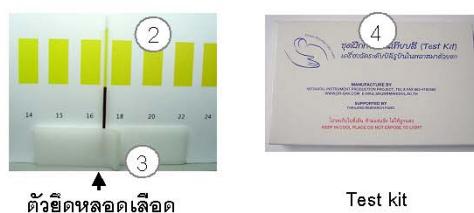
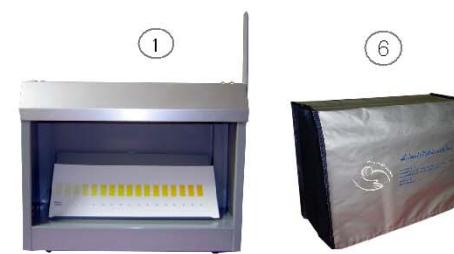


การนำร่องรักษาอุปกรณ์

- ป้องกันกระดาษແບບสีประเป็นสิ่งสกปรก และถูกหน้า
- ต้องเก็บແບບสีไว้ในที่สะอาด แห้ง และมีด หลังใช้งาน
- ต้องคลุม booth ด้วยผ้าคลุมทุกครั้ง หลังใช้งาน
- เก็บ test kit ไว้ในที่มีดและเย็น
- การเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อหลอดเสีย ต้อง ใช้หลอด Philips 10 watt เท่านั้น เพราะหลอดดีที่ห้ออื่นมีค่าสีแสลงสีฟ้าสูง ทำให้เห็นพลาสมาสีเหลืองเป็นสีเขียว

อุปกรณ์ วัดระดับบิลิรูบินในพลาスマด้วยตา

- Booth สีเทาสำหรับควบคุมความสว่างและตำแหน่งการเทียบสี และเป็นวงแอบสี
- ແບບสีมาตรฐาน (bilirubin color scale)
- ที่ขึ้ดหลอดตัวอย่างเลือดที่ต้องการวัดระดับบิลิรูบินในพลาasma
- ชุดสำหรับฝึกการอ่านเทียบสี (test kit)
- คำแนะนำในการอ่านเทียบสี
- ผ้าคลุม booth เพื่อกันรักษาอุปกรณ์



Bilirubin Color Scale



ดูแลการใช้

เดือนละ 1 ครั้ง

เพื่อพัฒนาและดูแลให้คงทน

ให้พยาบาลสามารถใช้งานได้

ศ.นพ. เกรียงศักดิ์ ศรีสะพาน

ภาควิชาภูมิเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

เลขที่ 2 ถนนพระราม 9 แขวงบางกอกน้อย กรุงฯ 10700

โทร. 02-4182560 โทรสาร 02-4182560

Website <http://www.dr-sak.com>

ภาคผนวกที่ 2

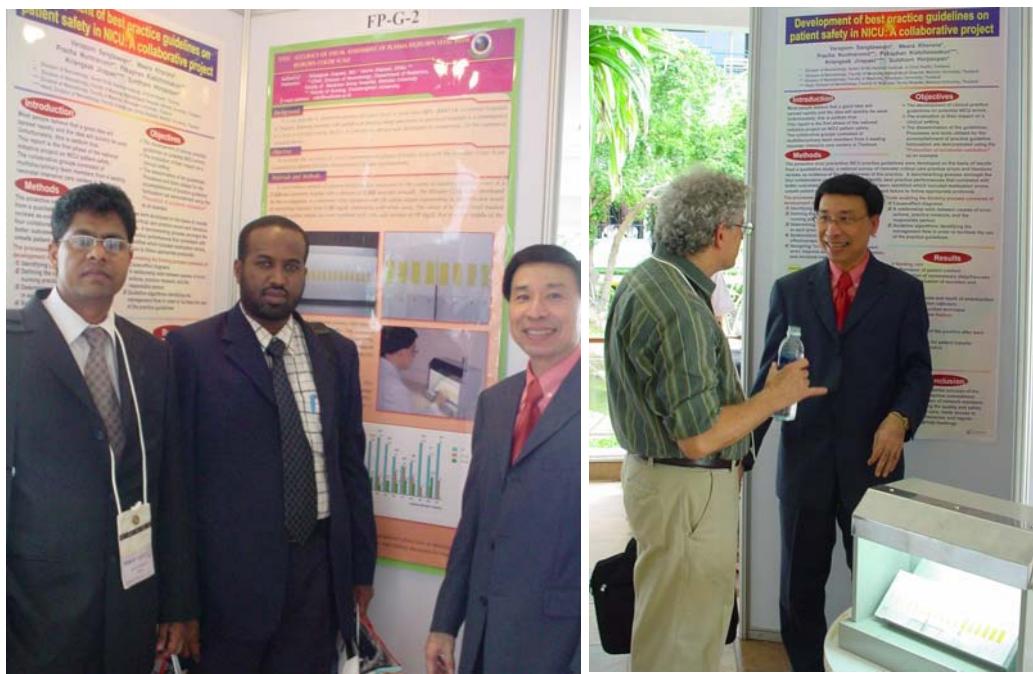
การเผยแพร่องค์ความรู้ด้านนานาชาติ

Poster Presentation:

THE RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE PLASMA COLOR APPRAISAL
BILIRUBINOMETER FOR THE NEONATES

At the 12th ASEAN Pediatric Federation Conference on 27th November 2004





↑
Admiration and enquiry for future purchase of the invention from International participants, "This is what we need in my country" a pediatrician from Tanzania.

←
Neonatologist from Israael, tested the accuracy of reading.

FREE PAPER

The 12th ASEAN Pediatric Federation Conference

FP-G-2

FREE PAPERS TRACK G: NEONATOLOGY

ACCURACY OF VISUAL ASSESSMENT OF PLASMA BILIRUBIN LEVEL WITH BILIRUBIN COLOR SCALE

Jirapaet K¹, Jirapaet V²

¹Department of Pediatrics, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand

²Faculty of Nursing, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

Background: It is not possible to determine plasma bilirubin level in more than 90% of district hospitals in Thailand. A cost-saving device was developed to compensate for the expensive standard device.

Objectives: To evaluate the accuracy of visual assessment of plasma bilirubin level with Bilirubin Color Scale compared to plasma bilirubin measurement by spectrophotometry.

Methods: A convenience sample of plasma bilirubin was measured in the course of standard newborn care in a university hospital. A research assistant measured plasma bilirubin in hematocrit tube by spectrophotometry. The principal investigator who was unaware of the measurements visually compared plasma bilirubin in the same hematocrit tube with Bilirubin Color Scale under a specific viewing condition in the light booth. The Scale, developed by the investigators, is a reference color standard with 16 yellow stripes representing plasma bilirubin levels of increasing intensity from 2-30 mg/dL alternating with white areas. The values of bilirubin level marked below the yellow stripes are even numbers with only odd number of 15 mg/dL that is in the middle of the scale.

Results: A total of 1331 comparisons were obtained. Discrepancies of assessments were 63.71% (range 39.1-100%) for ≤ 1 mg/dL, 22.19% (range 0-29.54%) for $>1-1.5$ mg/dL and 10.73% (range 0-28.57%) for $>1.5-2$. The highest discrepancy was 3 mg/dL.

Conclusions: This method can provide valuable clinical information to peripheral physicians in developing countries. It can be useful in screening and monitoring neonatal jaundice and making decisions for management. The device is cheap and easy to use with very low cost.

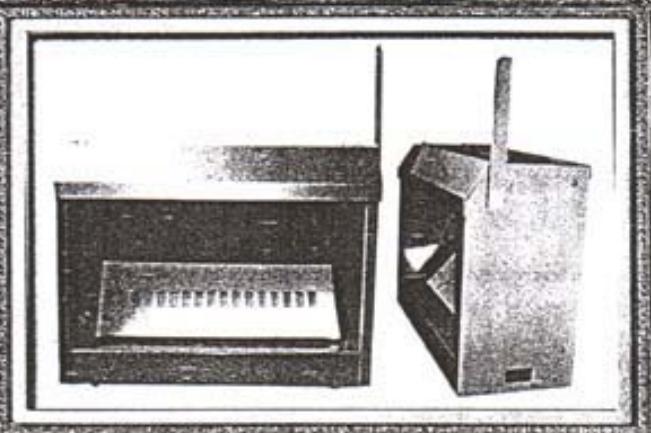
ภาคผนวกที่ 3

ผลงานได้รับรางวัลระดับชาติ

1. รางวัลสภावิจัยแห่งชาติ รางวัลผลงานประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2549
2. รางวัลงานวิจัยเด่น สกอ. ประจำปี 2549



เกียรติคุณประภาก ศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ จันทะพงษ์



รางวัลชมเชย
สาขาวิชาศาสตร์การแพทย์
เรื่อง
เครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสติกด้วยวิธีการสีรีบบิลิรูบิน
(Bilirubin Color Scale)

คณะกรรมการวิหารสภารังสีแห่งชาติ ได้พิจารณาเห็นว่า ผลงานวิจัย “เครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสติกด้วยวิธีการสีรีบบิลิรูบิน” ของ ศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ จันทะพงษ์ นุ่งหงอน แพทย์คลินิกโรงพยาบาลรามคำแหง มหาวิทยาลัยมหิดล ดำเนินการลุ้นในเพลวามหาด้วนค่าทุน ที่ประดิษฐ์บุญมา ใช้เพื่อความเป็นของพลาสติกบรรจุทิเบตวูบินหลอดห้องน้ำให้ความแม่นยำและถูกต้อง แต่ละแบบมีไปรษณีย์ที่สามารถใช้พลาสติกบรรจุทิเบตวูบิน ลงบนกระดาษให้โรงไฟฟ้าก่อสร้างเผาไหม้ทิเบตวูบิน สามารถตรวจวัดระดับบิลิรูบินได้อีกด้วยการดูสีของไฟฟ้าก่อสร้างเผาไหม้ทิเบตวูบิน ซึ่งต้องใช้เวลาไม่ถึง 1 นาที ให้ทราบผลอย่างรวดเร็ว ไม่ต้องใช้เวลาในการส่งต่อไปตรวจรังสีรังสีรีบบิลิรูบิน ไม่ต้องใช้เวลาในการส่งต่อไปตรวจรังสีรังสีรีบบิลิรูบิน และรักษ์ดูแลการรักษาความอุบัติทำรากแวงเกิดข้อตัวไว้ให้ได้มากที่สุด

คณะกรรมการวิหารสภารังสีแห่งชาติ จึงมีมติให้ผลงานเรื่องนี้ได้รับรางวัลผลงานประดิษฐ์ คิดค้น ประจำปี พ.ศ.๒๕๕๙ รางวัลชมเชย สาขาวิชาศาสตร์การแพทย์

๑. ชื่อผลงาน

เครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่าด้วยカラ์ลิฟท์
ทารกแรกเกิด
Bilirubin Color Scale

สาขา วิทยาศาสตร์การแพทย์
หัวหน้าผู้ประดิษฐ์ ศ. นพ.เกรียงศักดิ์ จิรประภัย

๒. ที่มาของ การประดิษฐ์

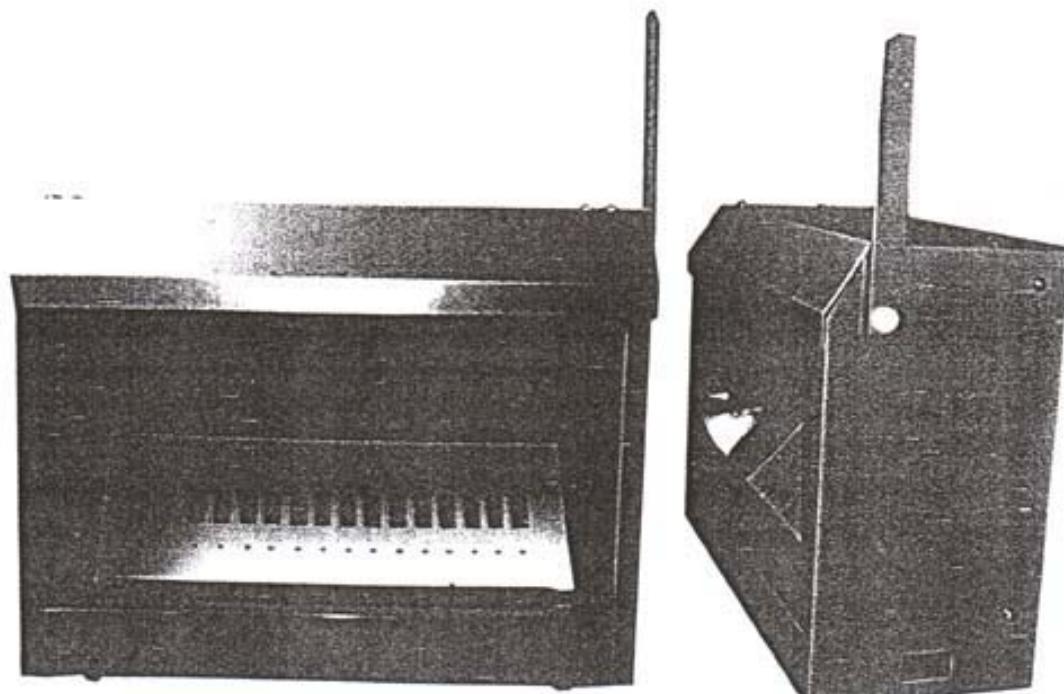
คุณภาพการดูแลทารกแรกเกิดของโรงพยาบาลในสังคมจะกระหะร่วงสามารถดู ถูกจัดการด้วยทรัพยากรที่ใช้ในการดูแลทารกแรกเกิดที่มี ๑ องค์ประกอบ ดังนี้

- สถานที่ ให้แท้ หรือป้ายยาทารกแรกเกิด โรงพยาบาล ทั่วไป (รพ.) และโรงพยาบาลศูนย์ (รพศ.) มีผลลัพธ์ป้าย ส่านรับทราบแรกเกิดดับแอบ และมีจำนวนทางกรณานมาก จำกความบกพร่องของกระบวนการดูแลทารกแรกเกิดขึ้นพื้นฐาน ที่ทำให้ทารกมีอัตราการเจ็บป่วยสูง และจากการสังเคราะห์

การแยกเกิดจาก รพ. แม้การเจ็บป่วยที่ไม่รุนแรง ที่เป็นภาวะด้วยเหลือง

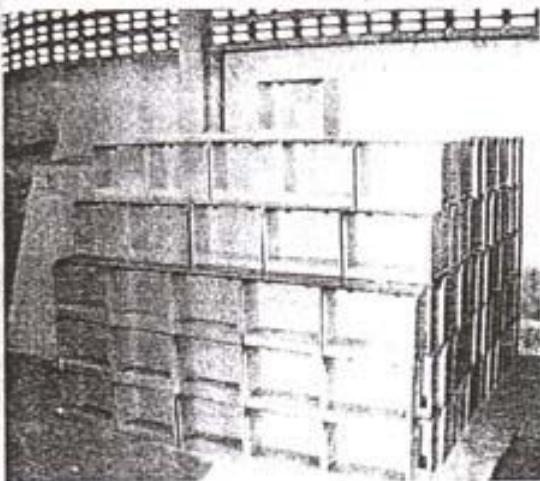
- อยู่กรอบการแพทย์สำหรับการดูแลทารกแรกเกิด ขึ้นพื้นฐาน รพ. ขาดเครื่องวัดระดับบิลิรูบินในเลือด ทำให้ไม่สามารถส่องไฟวัดค่าทารกที่มีภาวะด้วยเหลือง มีผลให้ต้องส่งต่อทารกไปยัง รพ. และ รพศ. ซึ่งขาดเครื่องส่องไฟที่มีคุณภาพ (โรงพยาบาลนิดเดียว เครื่องส่องไฟใช้เอง เมื่อจากขาดงบประมาณ) นิสัยให้หากาครองเดือนนาน และนิสัยการจำนำมากด้างอยู่ในเห้อดูป่วย

- บุคลากร อัตราการลังของพยาบาลใน รพ. และ รพศ. มีน้อย มีผลให้คุณภาพการดูแลขึ้นพื้นฐาน ไม่ดี และไม่สามารถพัฒนาคุณภาพ เพราะไม่มีเวลา นอกจากนั้น การรับทราบไว้ในโรงพยาบาล แต่ไม่ให้แม่อยู่ เพื่อให้บันหมะ อีกทั้งเพิ่มภาระให้แท้พยาบาล ร้อยละ ๙๕% ของ รพ. ในมีคุณภาพแพทย์ ทารกได้รับการดูแลโดยแพทย์ให้ทุนและพยาบาลที่ขาดประสบการณ์การตรวจ ภาวะเหลืองด้วยการดูดีของผิวน้ำนม จึงอาจให้การกันมีภาวะ



การศึกษาแบบทดลองวัดบิลิรูบินในพลาสม่าด้วยカラ์ลิฟท์ จำนวน ๔๐๐ เครื่อง สำหรับโรงพยาบาลศูนย์

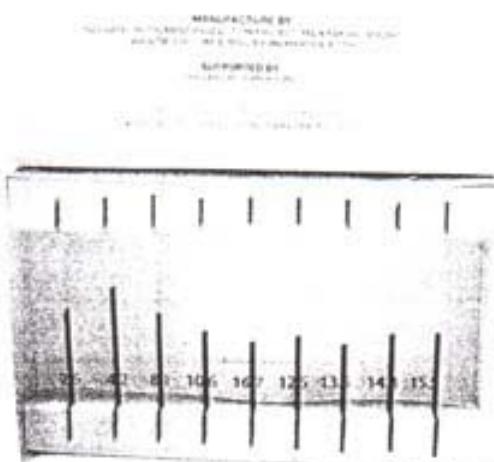




Booth แห่งหนึ่งที่วางแผนให้พร้อมใช้งาน



ชุดวิเคราะห์ร่างกายเบบีนกิต (Test Kit)
มาตรวัดระดับบิลิรูบินในเลือดของเด็ก



TEST KIT บรรจุถ้วนที่สามารถที่มีระดับบิลิรูบินต่ำ ๆ เพื่อ
น้ำหนักเด็ก

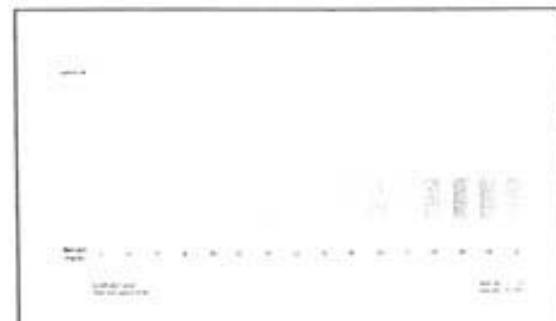
เหลือเช่นพยาธิสภาพกลับบ้าน และเกิดภาวะสมอง
ที่การจากบิลิรูบิน (bilirubin encephalopathy
หรือ kernicterus)

ภาวะด้วยเหลืองพบอยู่ละ ๔๔ - ๔๖ ของทารกครบ
ก้าวหน้า เมื่อจากภาวะเหลืองสามารถทำให้ลดลงพิการ
จากบิลิรูบิน American Academy of Pediatrics จึง
กำหนดให้ตรวจระดับบิลิรูบินในเลือดทารกแรกเกิดก่อน
กลับบ้านทุกราย เพื่อป้องกันสมองพิการจากบิลิรูบิน การ
วัดระดับบิลิรูบินในพลาสไมเนฟากลทำได้ ๒ วิธีคือ

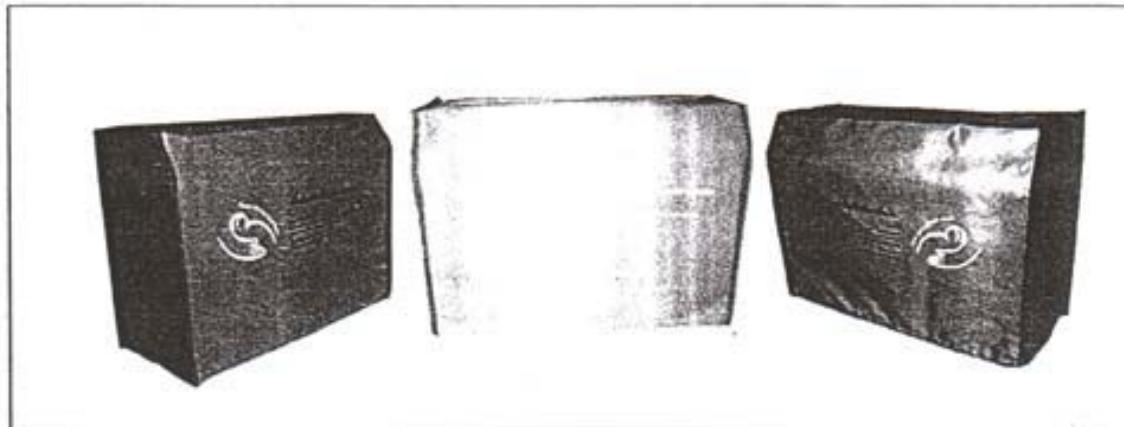
- วิธีที่ใช้เลือดปริมาณน้อย (๐.๐๕ มล.) ที่เจาะ
จากลิ้นแท้ หรือข่องมือราคากลาง ๑๕๐,๐๐๐ - ๒๐๐,๐๐๐
บาท ค่าใช้จ่ายหน้างานซื้อ การตั้งค่ามาตรฐานเดือนละ
ครั้งด้วยน้ำยาบิลิรูบินมาตรฐาน (ราคา ๗๗๐ บาท/ขวด)
หลอดไฟมีราคา ๒,๐๐๐ บาท เมล็ดเงินเมื่อหลอดไฟชำรุด
ค่าบริการที่โรงพยาบาลภูมิภาคคิด ๙๐ - ๔๐ บาทต่อครั้ง

- วิธีที่ใช้เลือดปริมาณมาก (๑๕ มล.) ที่เจาะจาก
หลอดเลือดดำ ราคา ๒๕ - ๕ ล้านบาท โรงเรียนภาฯ
ศิริราชคิดค่าบริการครั้งละ ๘๐ บาท

ประมาณนี้อยู่ละ ๗๐ ของ รพช. ซึ่งมีอยู่ ๗๐๗
แห่งทั่วประเทศ ไม่สามารถตรวจระดับบิลิรูบินในเลือด
ทางรกรใน รพช. เหล่านั้น จึงไม่ได้รับการตรวจวัดระดับ
บิลิรูบินในเลือดก่อนกลับบ้าน ซึ่งทำให้ทางรกรสังข์ต่อสมอง
พิการจากบิลิรูบิน หากพบว่าทางรกรด้วนเหลือง รพช. จะส่ง
เลือดไปตรวจที่ รพท. หรือ รพศ. ซึ่งทำได้เฉพาะวัน
รายการที่มีรถเข้าจังหวัด โดยบางแห่งต้องส่งไปรพช. และ
ให้รับผลตอนเย็น เมื่อรอดลับจากงานราชการในจังหวัด
รพช. บางแห่งอยู่ห่างไกล ๑๐๐ กม. บางครั้ง รพช. ใช้รถ
ส่งทางไปรพท. หรือ รพศ. เพื่อเจาะเลือดหรือส่อง
ไฟวัดภาวะเหลือง การส่งต่อการไปรพท. และ รพศ.
มีผลกระทบต่อแม่ ลูก และครอบครัว และคุณภาพการ



แบบที่



ดูห้อง Booth

ศูนย์การนิทรรศการเกิดขึ้น ระหว่าง และ ระหว่าง เทศกาลที่ ระหว่าง ไม่ให้การรักษาหากที่มีภาวะตัวเหลืองโดยการส่องไฟหรือ ขาดเครื่องวัดระดับนิลธินในเมือง

การตั้งต่อหากทำให้เป็นภาระแก่ ระหว่าง และ ระหว่าง ที่มีสถานที่สำหรับการนิทรรศการและอัตราค่าลักษณะพยาบาล จำกัด มีผลให้หากต้องต่อการติดเชื้อ และไม่ได้รับการ ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองและ การสร้างสัมผัสร์ ระหว่างแม้กับลูก เพื่อหากต้องติดเชื้อในโรงพยาบาล แต่ให้ฝึกล้านบ้าน การปฏิบัติเช่นนี้ทำให้การเรียนรู้ด้วย ตนเองและ ตนเอง และแม่ทั้งลูก นอกจากนี้ อัมพิค้าให้เจ็บ และเดือดร้อนของครอบครัวในการเดินทางไปเยี่ยมลูกอีกด้วย การนิเวศวิถีวัดนิลธินในเมือง จะช่วยให้ ระหว่าง สามารถ ตัดการของภาวะเหลืองในหาก และพัฒนาการรักษาภาวะ ตัวเหลือง แต่การซื้อเครื่องวัดนิลธินในเมืองให้ทุก ระหว่าง ในขณะนี้ ต้องใช้เงิน ๑๙๗,๔๐๐,๐๐๐ บาท (ค่าน้ำเงินจาก ระหว่าง ๖๘๐๐ แห่ง x ๔๐๐,๐๐๐ บาท/เครื่อง)

เดือดที่บรรจุอยู่ในหลอดคัมมาโน่คริตต์กับแบบพิมพ์ครุยานที่ ได้พัฒนา (ต้นทุน ๒๐ บาท) ด้วยด้า การเพียงสี ต้องมี ความส่วนของเนื้อและคงที่ จึงต้องมีค่า Booth (ต้นทุน ๑,๐๐๐ บาท) ที่ควบคุมการระดับน้ำและความส่วน เพื่อให้การเพียงสีได้ค่าแม่บ่าฯ ผลงานประดิษฐ์คิดค้นมี ต้นทุนประมาณ ๑๙๘๐ บาท ไม่มีค่าบำรุงรักษา กระบวนการ และลิมิตอาญาการใช้งาน ๒ ปี อะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนต่อ หลอดไฟฟ้าอยู่เรื่อยๆ ๑๐ วัตต์ ราคาประมาณ ๘๘ บาท (เปลี่ยนเมื่อหลอดเสีย)

ตารางที่ ๑

ความแตกต่าง		ร้อยละของตัวอย่างเดือด
≤ ๐.๐		๙๗.๗๔%
≤ ๐.๕		๗๗.๗๓%
≤ ๑.๐		๗๗.๗๒%

ตารางที่ ๒

ความแตกต่าง		ร้อยละของตัวอย่างเดือด	
ผู้อ่านคนที่ ๑	ผู้อ่านคนที่ ๒	ผู้อ่านคนที่ ๓	ผู้อ่านคนที่ ๔
≤ ๐.๐	๖๗.๗๓%	๗๗.๗๔%	๗๗.๗๔%
≤ ๐.๕	๗๗.๗๓%	๖๗.๗๓%	๖๗.๗๓%
≤ ๑.๐	๗๗.๗๒%	๗๗.๗๒%	๗๗.๗๒%
≤ ๑.๕	๗๗.๗๒%	๗๗.๗๒%	๗๗.๗๒%



ความแม่นยำของการอ่านค่า หากผู้อ่านได้รับการฝึกฝน สามารถอ่านค่าได้ใกล้เคียงกับหรือแม่นยำกว่าค่าที่ข้างจากเครื่องราชากะพง (การเบรียบเทียบความแม่นยำของเครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศ ๑ บริษัทให้ความแม่นยำค่าต่างกัน เครื่องอ่านค่าต่างกันถึง ๗๙ มก./คล) ทำทดสอบค่าระหว่างการวัดนิลิธูบินในพลาสมาด้วยแบบสี กับเครื่อง Erma Bilirubin Tester (เครื่องที่แม่นยำกว่าที่สุดในระหว่าง ๓ บริษัท) โดยผู้อ่านคนเดียว (๐.๘๖๖๘ ตัวอย่าง) และคงในตารางที่ ๖ การศึกษา Interrater reliability โดยผู้ช่วยวิจัยสองคน (๓๐๘ ตัวอย่าง) และคงในตารางที่ ๙

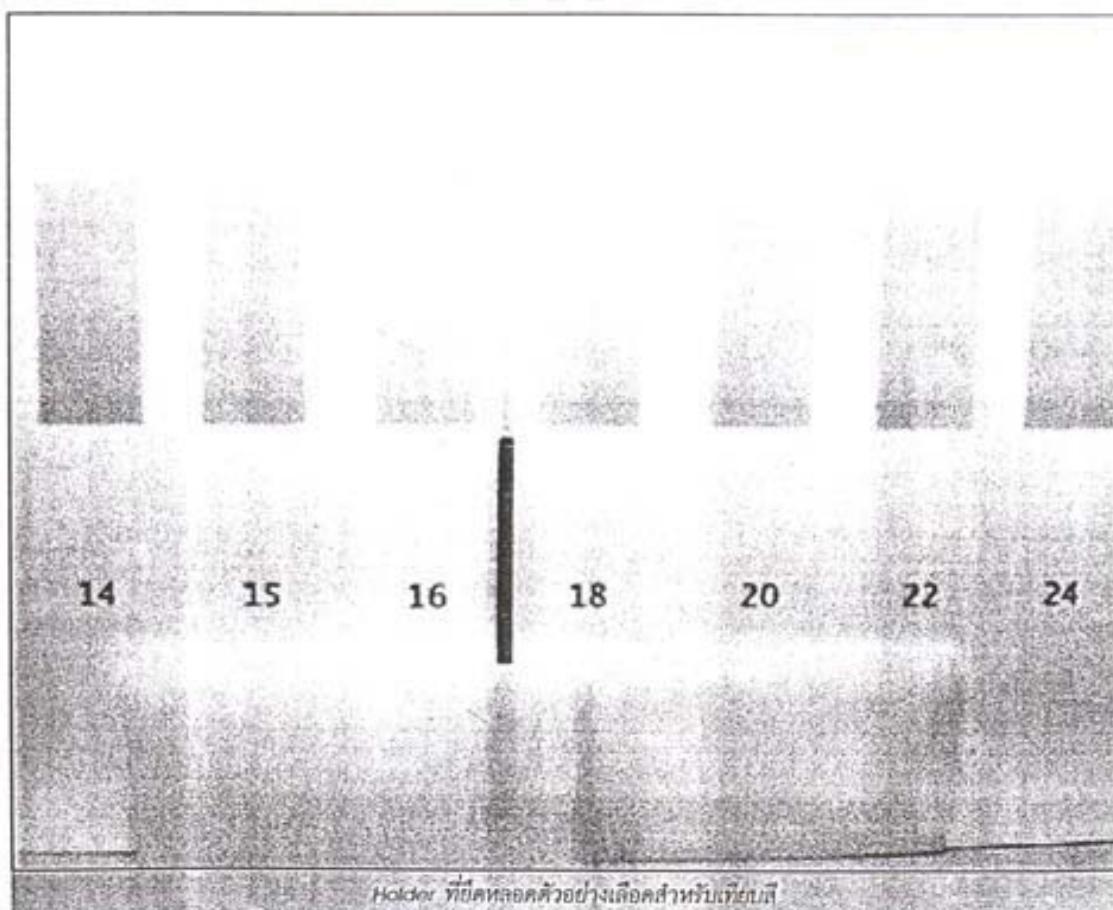
๔. หลักการ วิธีการ และกรรมวิธี

การประดิษฐ์ให้การ scan นิลิธูบินที่บรรจุในหลอดซึ่งนำไปใช้คิดและนิรภัยตัวต่อตัว ๑ ตัวอย่างบนคอมพิวเตอร์ แล้วพิมพ์บนกระดาษแบบสี เบรียบเทียบจนทราบแม่นย้ำว่า

แบบสีมีความเข้มของสีตรงกับระดับนิลิธูบินในพลาสมานะดับต่าง ๆ แบบสีเรืองลำดับความเข้มจากสีอ่อนไปสีเข้ม แพ็คเกจมาโดยประมาณ ๐.๙ ซม. สูง ๒.๔ ซม. หัวหนวดมี ๑๖ แบบ แต่ละแบบอยู่ห่างกัน ๐.๔ ซม. แบบสีที่หนึ่งมีความเข้มของสีเท่ากับนิลิธูบินในพลาสมานา ๖ มก./คล. แบบสีมีความเข้มเพิ่มขึ้นแบบละ ๒ มก./คล. แบบสีที่ ๑๒ ซึ่งเป็นแบบสีที่มีความเข้มสูงสุด เท่ากับระดับนิลิธูบินในพลาสมานา ๑๐ มก./คล. ทุกแบบสีมีระดับนิลิธูบินเป็นเครื่องยกเว้นแบบสีที่ ๔ มีค่า ๙๙ มก./คล.

๖. วัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์คิดค้น

วัสดุที่ใช้พิมพ์แบบสีเป็นกระดาษ Booth ผลิตจากโรงงานผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในประเทศ หลังไฟฟ้าอ่องเหลืองที่ ๑๐ วัตต์ ผลิตในประเทศไทย



๓๗. งบประมาณที่ใช้ในการประดิษฐ์คิดค้น

๑๙๗ ล้านบาท จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

๔. ประโยชน์ที่จะได้รับ

หาก ราชวิถี ที่ทำคลอตเรียลาร์ ๔๗/๔๖ ของการเกิด
น้ำท่วม (๐๐๘๕.๔๙๒ คณ) ในปี พ.ศ. ๒๕๖๔ นำเครื่องฯ ไปใช้

- ราชวิถี สามารถตรวจสอบต้นน้ำท่วมในเลือดให้แก่
ทาง กทพ. เพื่อป้องกันสมองพิการจากน้ำท่วมในเลือด

• ลดค่าใช้จ่ายของ ราชวิถี ในการซ่อมเสื่อปีต่อๆ
ต่อต้นน้ำท่วมที่ ราชวิถี หรือ ราชวิถี (๗๐ บาท/ราย x หารด
๔๗๕.๔๙๒ คณ = ๑๙,๕๘๕.๔๙๐ บาท/ครั้ง/ปี
ไม่รวมค่าเดินทาง)

• ราชวิถี สามารถพัฒนาการคุ้มครองทางการแพทย์ขึ้น
ที่น้ำท่วม

• ส่งเสริมให้ลูกและพ่อแม่อยู่หัวใจกันใน ราชวิถี จากการที่ลูกในลูกส่องต่อไปยัง ราชวิถี/ราชวิถี

• ลดการเสียเวลา การเดินทาง และค่าใช้จ่าย
ของพ่อแม่ และญาติในการเดินทางไปเยี่ยมหาย เพราะ
บางแห่งอยู่ห่างไกล ๑๐๐ กม.

• ช่วยพัฒนาการคุ้มครองทางการแพทย์ขึ้นที่น้ำท่วม
ของประเทศไทย ทั้ง ราชวิถี ราชวิถี และ ราชวิถี ให้ได้มาตรฐาน

เพื่อระบายอากาศที่มีภาวะเหลืองห้าหัวคไม่ต้องดูดส่องต่อไป
แยกต่อสู่ใน ราชวิถี และ ราชวิถี ซึ่งมีภาระการด้านสถาปัตย
และบุคลากรจำกัด

- ช่วยพัฒนาการสาธารณสุขด้านทางการแพทย์
ของประเทศไทยให้ได้มาตรฐานตามมาตรฐานประเทศ เพื่อ
สามารถดัดแปลงระบบบริการน้ำท่วมในเมืองที่ทางภาคใต้ตั้งต้นกัน

๕. การนำไปใช้ประโยชน์

• ๑๕. พญ. ฤทธิ์ภรณ์ เกียรติภูมิ ภาควิชาคุณภาพ
เวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

• ๑๖. พญ. จันทน์ พันธุ์ภรณ์ ภาควิชาคุณภาพ
เวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์
ราชบุรี

• แพทย์หญิงกานดา ผลานุกรวงศ์ โรงพยาบาล
ตากใบ จังหวัดนราธิวาส

๖. สถานที่ติดต่อ

ภาควิชาคุณภาพเวชศาสตร์
คณะแพทยศาสตร์ศรีราชา โรงพยาบาล
นางกอกน้อย ถนน ๑๐๐๐๐
ใหญ่/ใหญ่สระบุรี ๑๒๒๖๗ ๑๒๒๖๐





ภาคผนวกที่ 4

ผลงานกับการเผยแพร่ผ่านสื่อต่าง ๆ

1. บทความสำหรับการเผยแพร่
 - ภาษาไทย เครื่องวัดระดับบิลิรูบินในพลาสม่าด้วยตา
 - The Bilirubin Color Scale: a low-cost device for measuring plasma bilirubin
2. การเผยแพร่ในศิริราชสัมพันธ์
3. การเผยแพร่ทางหนังสือพิมพ์มติชน โดยสภากิจจยแห่งชาติ
4. งานรางวัลสภากิจจยแห่งชาติ รางวัล ผลงานประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2549
5. การเผยแพร่ทางสารมหาวิทยาลัยมหิดล
6. การเผยแพร่ทาง Website

