

นิพนธ์ต้นฉบับ

ประสิทธิภาพของหลอดไฟในเครื่องฉายแสงทารกที่ตัวเหลือง

อัมพร จิระพงษา*

สมยิ่ง เซาวรีย์วงษ์* คทาวุธ โลกพัฒนา*

วิจิตร งามขจรวิวัฒน์* ปานทิพย์ วิริยะพานิช*

Jiraphongsa A, Chawreepawong S, Lokapatana K, Nagamtajormviwat W, Viriyapanich P. Effective lamp life in the phototherapy unit. Chula Med J 1987 Sep; 31(9) : 685-690

Phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia has been accepted as a simple and effective method. However the lifespan of the effective emission, in the blue portion of the spectrum, of a fluorescent lamp is variable. This study was to disclose the duration of his effective lifespan which may be shorter than the illuminating capacity of the fluorescent lamp. Fourteen phototherapy units were used, the mean duration of the effective lifespan were 3,518 hours, with 10 units still effective until the lamps no longer illuminated. The other four units were not effective after this period even though the lamps were still illuminating. Five brands of fluorescent lamps were tested randomly. Four brands were not found to have been statistically different in their lifespans of effective radiation.

Reprint requests : Jiraphongsa A, Department of Pediatrics. The Bangkok Christian Hospital, Bangkok 10500, Thailand.

Received for publications. May 18, 1987.

ทารกแรกเกิดที่เหลืองเป็นปัญหาของกุมารแพทย์ การฉายแสงในทารกแรกเกิดที่เหลืองเป็นวิธีหนึ่งที่ยิยมมาก แต่เนื่องจากหลอดฟลูออโรเรสเซนซ์ที่ใช้รักษาทารกแรกเกิดเสื่อมสภาพไปตามเวลาที่ใช้ ทำให้บางครั้งหลอดที่ยังมีแสงสว่างอยู่ แต่แสงนั้นไม่เพียงพอที่จะลดบิลิรูบินได้ดีเท่าที่ควร

เครื่อง photo therapy radiometer มีประโยชน์ ใช้วัดความเข้มของแสงที่ผิวหนังทารก แต่เครื่องมือมีราคาแพง ประกอบกับตามความจริง เราไม่อาจวัดความเข้มของแสงที่ผิวหนังทารกที่เหลือง เมื่อใช้เครื่องแสงบำบัด (photo therapy unit) ได้ทุกครั้งที่ใช้ส่องไฟเด็ก

อนึ่ง หลอดฟลูออโรเรสเซนซ์จะมีอายุยาว และมีราคาพอสมควร การเปลี่ยนหลอดไฟบ่อย ๆ แม้หลอดจะใหม่ขนาด ก็เป็นการสิ้นเปลืองเศรษฐกิจสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างเรา

เราจึงต้องการหาข้อมูลโดยการใช้หลอดฟลูออโรเรสเซนซ์ ในเครื่องแสงบำบัด ในระยะทางจากหลอดไฟถึงผิวหนังทารกที่กำหนด เพื่อดูว่าใช้เวลานานเท่าใดจึงจะหมดประสิทธิภาพในการลดสารบิลิรูบินคือ ถึงจุดที่ควรเปลี่ยนหลอดไฟได้ แม้ว่าหลอดจะยังคงมีแสงสว่างอยู่

โดยอาศัยงานของ Sisson & Klein^(1,2) พบว่า เครื่องแสงบำบัดจะมีประสิทธิภาพในการลดสารบิลิรูบินได้ดีหากมีแสง radiation output อยู่ระหว่าง 300-500 nm, การฉายแสงจำเป็นต้องวัดความเข้มของแสงที่ผิวหนังทารก เรียกว่า Radiant Flux และงานของ Bonta & Warshaw⁽³⁾ พบว่าเครื่องแสงบำบัดที่มีประสิทธิภาพในการลดสารบิลิรูบินได้ดีจะต้องการ Radiant Flux เท่ากันหรือมากกว่า 4/uw/cm²/nm ขึ้นไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาถึงระยะเวลาที่หลอดฟลูออโรเรสเซนซ์จะคงความมีประสิทธิภาพในการลดบิลิรูบินในทารกแรกเกิด
2. เปรียบเทียบความสามารถในการเปล่งแสง และคงทนระหว่างเครื่องแสงบำบัดแบบเก่า (ทึบ) และแบบดัดแปลง (ระบายอากาศ)
3. เปรียบเทียบความสามารถในการเปล่งแสง และคงทนระหว่างหลอดฟลูออโรเรสเซนซ์บางชนิดในห้องทดลอง

วัตถุประสงค์และวิธีการ

1. เครื่องแสงบำบัดชนิดที่ประกอบขึ้นในประเทศไทย (โดยทำเลียนแบบเครื่องวัดตั้งเดิมจากต่างประเทศ) ประกอบด้วยตู้และหลอดฟลูออโรเรสเซนซ์ (20 วัตต์, 8 หลอดต่อ 1 ชุด)

- แบบทึบ (เก่า) 3 เครื่อง
- แบบระบายอากาศ (ดัดแปลง) 7 เครื่อง คือเหมือนแบบทึบทุกอย่าง แต่เจาะรูระบายอากาศที่แผ่นเหล็กรอบ ๆ หลอดไฟให้ความร้อนระบายออกไปให้ได้มากที่สุด

2. หลอดฟลูออโรเรสเซนซ์

- แบบทึบใช้หลอด P 3 ชุด
- แบบระบายอากาศใช้หลอด P 3 ชุด, N 2 ชุด, T 2 ชุด, H 2 ชุด, S 2 ชุด ไม่จำกัดชนิดของหลอดกับชนิดของเครื่องแสงบำบัด เมื่อหลอดฟลูออโรเรสเซนซ์ 1 หลอด หรือกว่าจะเปลี่ยนหลอดใหม่ทั้งชุด

3. เครื่อง photo therapy radiometer (Air Shields) ใช้วัด Radiant flux

- เชื้อมาตรฐานเรียบบร้อย
- ระยะทางจากหลอดไฟถึงผิวหนังหน้าห้องเด็กเป็นระยะทาง 30 ซม. โดยเจาะรูที่เครื่องและมีหลอดขึงลงมา มีที่ปักไว้วัดแสง ถอดเก็บได้ เพื่อวัดในระยะทางที่เท่ากันทุกเครื่อง ทุกครั้ง

- วัดหลังจากเปิดเครื่องไปแล้ว 1 ชม. ขึ้นไป⁽⁴⁾
- วัดที่จุดกึ่งกลางของเครื่องวัด 3 ครั้ง, เอาค่าเฉลี่ย

- วัดเครื่องละ 1-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ในขณะที่เครื่องแสงบำบัดกำลังใช้งานอยู่ทุกครั้ง จะวัดจนได้ค่าต่ำกว่า 4 uw/cm²/nm แล้วนับย้อนเอาตัวเลขท้ายสุดที่สูงกว่า 4

4. บันทึกเวลา เปิด-ปิด เครื่องทุกครั้ง

ระยะเวลา

เริ่มการศึกษาตั้งแต่กรกฎาคม พ.ศ. 2524 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2528

ผลการทดลอง

Table 1 Average lamp life in the phototherapy unit.

Unit #	Original unit (hr.)	Modified unit* (hr.)	
1	P 2084	H 3227	
2	P 2579	T 5002	
3	P 3811	P 5732	
4		S 2341	P 3492
5		P 3198	N 5438
6		N 4101	T 5155
7		H 2429	S 2005
average Δ	2824.6	3718.5	4012.5
	Δ	3518.5	

* modified unit with vents over both sides of the unit to permit better heat convection

Table 2 Effective lamp life in the original V.S.
modified phototherapy units using the same brand of the lamp.

Original unit (hr.)	Modified unit (hr.)	
2084	3198	
2579	3492	
3811	5732	
Δ 2824.6	4140.6	N.S

Table 3 Effectiveness of the fluorescent lamps

	Effective until the lamps were not illuminating (hr.)	Ineffective after this period despite the lamps were still illuminating	
	2084	5002	
	2579	2429	
	3811	5438	
	3198	5155	
	3492		
	5732		
	3227		
	2341		
	4101		
	2005		
Δ	3133	4506	N.S

Table 4 Effective lamp life of 5 different brands (modified unit)

	P	N	T	H	S	
	3198	4101	5002	3227	2341	
	3492	5438	5155	2429	2005	
	5732					
△	4140.6	4769.5	5078.5	2828	2173*	S

วิจารณ์

เนื่องจากหน่วยของแสงมีมาก หลายระบบ ผู้รายงานจึงขอเสนอคำนิยามและหน่วยวัดก่อนดังนี้ Comparison of some common photometric and radiometric terms and Units⁽²⁾

Defining term	Photometric		Radiometric	
	Term	Unit of measure	Term	Unit Measure
Physical Entity	Luminous emery	Lumen	Radiant flux	Watt
Generation	Light		Radiant energy	Calorie
Flux Density	Lumination		Radiation	
Intensity	Illumination	Ft-candle	Irradiation	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Angular Emittance	Brightness	Lumen/cm ²	Radiance	erg/cm ²
Quality	Color	Lux	Wavelength	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$
		Blue/etc	Wave number	nanometer (nm)
			Frequency	cm ⁻¹
				sec ⁻¹

การใช้แสงบำบัดในการรักษา hyperbilirubinemia ในทารกแรกเกิดเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่าได้ผลดี กลไกในการลดความเหลืองโดยแสงจะทำให้

1. สารบิลิรูบินถูกเปลี่ยนเป็นสารที่ละลายได้ในน้ำ ซึ่งจะถูกขับออกทางน้ำดี อุจจาระ และปัสสาวะ

2. แสงจะทำให้บิลิรูบิน ชนิดที่ยังไม่ถูก conjugate ถูกขับออกมาเร็วขึ้น ผิวหนังเป็นตำแหน่งที่สำคัญที่แสงจะออกฤทธิ์ในการ decomposition ของสารบิลิรูบิน นอกจากนี้ ดับยังเป็นอีกตำแหน่งหนึ่งที่มี photoconversion ของสารบิลิรูบินด้วย⁽⁵⁾

แหล่งแสง และ Dose-response relationship

แสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดสารบิลิรูบินคือแสงที่ให้พลังงานใกล้เคียงกับระดับที่มีการดูดซึมได้มากที่สุด ของสารบิลิรูบิน 450-460 nm. ดังนั้น blue light ซึ่งมีคลื่นความถี่ 425-475 nm, จะลดระดับของสารบิลิรูบินได้ดีที่สุด

หน่วยที่ใช้วัดพลังงานที่ได้จากแสง เรียกว่า Flux คือปริมาณของพลังงานเป็น watts หรือ microwatts ต่อซม.² ที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้น Flux เป็นหน่วยวัด Irradiation ไม่ใช่ Illumination Flux ที่น้อยที่สุดที่ใช้ phototherapy จะยังคงได้ผลดีคือ $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ⁽³⁾ เมื่อ Flux เพิ่มขึ้น การรักษาจะได้ผลดียิ่งขึ้นจนถึงจุดหนึ่งเป็นจุดอิ่มตัว ซึ่งผลการรักษาจะไม่เพิ่มขึ้นอีกถึงแม้จะเพิ่ม Flux ขึ้นอีกก็ตาม⁽⁶⁾

แม้ว่า blue light จะให้ผลดีกว่า white light แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมใช้กัน เพราะจะเห็นผิวเด็กเป็นสีเขียว ในกรณีที่เด็กป่วยมีอาการเขียวจะทำให้แยกไม่ได้ นอกจากนี้ บุคลากรที่ทำงานด้วยมักมีอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้

การให้แสงเป็นพัลส์ ๆ กับการให้แสงแบบต่อเนื่อง (Intermittent VS Continuous Phototherapy)

รายงานเกี่ยวกับเรื่องนี้ได้ผลแตกต่างกัน มีทั้งที่ว่าการให้แสงต่อเนื่อง (Continuous photo-therapy) ได้ผลดี

กว่า และได้ผลดีเท่ากันกับให้แสงเป็นพัก ๆ (Intermittent phototherapy) อย่างไรก็ตาม มีอยู่หนึ่งรายงานที่ว่าการให้เป็นพัก ๆ มีผลเสียต่อ genetic material ของ human cells⁽⁷⁾ ใน tissue culture ทำให้การใช้การให้แสงเป็นพัก ๆ ไม่เป็นที่นิยม แม้ว่าจะยังไม่มีรายงานที่พบในเด็กทารกจริง ๆ ก็ตาม

ประสิทธิภาพของหลอดไฟ (Effective lamp life)

ประสิทธิภาพของหลอดไฟนั้นขึ้นอยู่กับหลายสิ่ง ความร้อนที่เกิดขึ้นในเครื่องแสงบำบัด นอกจากจะทำให้พลังงานของหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ลดลงแล้ว ยังทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลงอีกด้วย⁽⁸⁾

เครื่องแสงบำบัดรุ่นใหม่จึงมีพัดลมระบายความร้อน และมีช่องระบายความร้อนออกจากเครื่องด้วยการที่จะให้รู้ว่าเครื่องนี้ยังมีประสิทธิภาพหรือไม่ ต้องใช้เครื่องวัดพลังงานของแสง (phototherapy Radiometer sensor) วัดที่ระดับผิวหนังของเด็กทารก ซึ่งควรจะ $\geq 4 \mu\text{w}/\text{cm}^2/\text{nm}$ แต่จากการทดลองของเราครั้งนี้ได้ผลดังนี้

จากตารางที่ 1 พบว่าอายุเฉลี่ยของหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ในเครื่องแสงบำบัดประมาณ 3,815 ชม. Sisson เคยทำไว้ว่า แสงจากหลอดฟลูออโรเรสเซนต์จะลดลงครึ่งหนึ่งเมื่อใช้ไปประมาณ 200 ชม.

จากตารางที่ 2 แม้ว่าจะใช้เครื่อง phototherapy แบบที่บหรือแบบระบายอากาศก็ไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะข้อมูลจำนวนน้อย หรือยังระบายอากาศได้ไม่ดีพอ

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า เราสามารถใช้หลอดขนาดได้ 10 ใน 14 ชุด หรือจะหมดประสิทธิภาพก่อนหลอดขนาด 4 ใน 14 ชุด แต่ไม่มีความแตกต่างที่มีความสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อมูลจำกัด

จากตารางที่ 4 บอกได้ว่าหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ต่าง ๆ ในห้องทดลองดีพอ ๆ กัน ยกเว้นชนิดเดียว แต่ข้อมูลยังน้อยไป

อาจกล่าวได้ว่าแสงบำบัดเป็นวิธีการรักษาที่ถูก มีประสิทธิผล ประสิทธิภาพและปลอดภัยในการรักษาทารกแรกเกิดที่ตัวเหลือง และการใช้เครื่องมือก็ง่ายมากจนน่าจะใช้กันอย่างแพร่หลาย ต้นทุนต่ำแต่มีประโยชน์ในการลดอัตราตายในทารกที่เหลือง และลดอัตราสมองพิการที่อาจเกิดขึ้น ช่วยลดภาระของครอบครัวและประเทศชาติได้ ถ้าทำตามต้นแบบ ใช้หลอดฟลูออโรเรสเซนต์ขนาด 20 วัตต์ 8 หลอดต่อ 1 ชุด ตั้งระยะห่างจากเครื่องถึงผิวหนังเด็กที่หน้าห้อง 30 ซม. เราสามารถใช้ส่อง ทารกแรกเกิดที่เหลืองได้เกือบ

ทุกกรณี อย่างมีประสิทธิภาพจนหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ขาดโดยไม่จำเป็นต้องนับชั่วโมงการใช้งานของหลอด อย่างไรก็ตามถ้าการรักษาไม่ได้ผลก็ควรพิจารณาเปลี่ยนหลอด หรือตรวจสอบพลังงานแสงอีก

เครื่องแสงบำบัด แบบแรก ๆ ใช้หลอดฟลูออโรเรสเซนต์จำนวน 8 หลอด เพื่อว่าจะได้ energy output มาก แต่ขณะเดียวกันความร้อนที่เกิดขึ้นในเครื่องก็มากขึ้นด้วย เครื่องรุ่นใหม่จึงใช้หลอดเพียง 4 หลอด นอกจากจะมีรอบปฏิกิริยาอากาศและพัดลมระบายความร้อนออกจากเครื่องแล้ว เครื่องรุ่นใหม่ยังใช้โลหะสะท้อนแสง ที่ด้านหลังของหลอดเป็นรูปโค้ง เพื่อให้แสงที่กระจายออกจากหลอดในทิศทางตรงกันข้ามกับตัวเด็ก จะได้สะท้อนกลับมายังตัวเด็กอีก ผลที่ได้ปรากฏว่าเด็กได้พลังงานแสงเท่ากับเครื่องแบบเดิมที่มี 8 หลอด

ผลข้างเคียงของการใช้แสงบำบัด

วงการแพทย์ใช้ เครื่องบำบัด มาเป็นเวลากว่า 20 ปีแล้ว แต่ยังไม่มียารายงานถึงผลเสียที่อันตราย นอกจากผลข้างเคียงที่ไม่รุนแรง เช่น ผื่น ท้องเสีย เสียน้ำหนักขึ้น สีผิวของเด็กเปลี่ยนไปเป็น bronze ลด cardiac output และเพิ่มอุบัติการณ์ของโรคหัวใจ PDA

ข้อควรระวังในการใช้เครื่องแสงบำบัด

1. ควรมีช่องระบายความร้อนออกจากเครื่อง
2. แผ่น plexiglass ที่กั้นระหว่างหลอดไฟกับตัวเด็กเป็นสิ่งจำเป็นเพราะจะช่วยกรองแสงอุลตราไวโอเล็ตไม่ให้ถูกตัวเด็ก
3. การทำความสะอาดแผ่น plexiglass เป็นประจำเป็นสิ่งจำเป็นมากโดยเฉพาะในประเทศเรา เพราะฝุ่นที่เกาะอยู่จะทำให้เด็กได้รับแสงน้อยมาก โดยเฉพาะพวกเครื่องเปิดที่มีรูระบายอากาศ ฝุ่นจะยิ่งเกาะได้ง่าย
4. หากด้านหลังของหลอดเป็นวัสดุที่สะท้อนแสงได้ดี จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องได้มาก
5. แสงสว่างตามธรรมชาติในเตียงทารกที่อยู่ตามริมประตู หน้าต่าง และแสงจากเครื่องแสงบำบัดที่อยู่ข้างเตียงจะช่วยให้เด็กได้รับแสงมากขึ้น
6. ระยะห่างจากหลอดไฟถึงตัวเด็ก มีผลต่อการรักษาโดยทั่วไปแนะนำให้ระยะจากหลอดถึงที่นอนประมาณ 42 ซม. แต่ที่โรงพยาบาลกรุงเทพคริสเตียนใช้ระยะจากหลอดถึงผิวหนังห้องเด็ก 30 ซม. ตามรายงานฉบับนี้ เนื่องจากเตียงเด็กและเครื่องแสงบำบัดของโรงพยาบาลซึ่งทำเสียน

แบบทั้งขนาดและส่วนสูงเหมือนของต่างประเทศ เมื่อวัดระยะทางจากหลอดไฟถึงผิวหนังหน้าท้องเด็กทารก 30 ซม. พอดีและไม่มีปัญหาเรื่องไข้ของเด็ก เพราะเป็นห้องปรับอากาศ

7. การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า หลอดไฟจะใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพได้นานอย่างน้อย 3500 ชม.

8. ความสามารถในการเปล่งแสง และความคงทนของหลอดไฟ 4 ชนิดไม่แตกต่างกัน

9. การใช้เครื่องวัดแสง (phototherapy radiometer) เพื่อวัดประสิทธิภาพของเครื่องแสงบำบัด ต้องเปิดเครื่องแสงบำบัดไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง จึงจะวัดค่าของ Flux ที่แน่นอนได้

10. ถ้าเด็กเหลืองมาก และมีเครื่องแสงบำบัดเพียงเครื่องเดียว อาจใช้หลอดไฟธรรมดาช่วยส่องเพิ่ม

สรุป

คณะผู้รายงานได้ศึกษาระยะเวลาที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ จะคงประสิทธิภาพในการลดสารบิลิรูบินในทารกแรกเกิดโดยใช้เครื่องแสงบำบัด (phototherapy) จำนวน 14 ชุดวางห่างจากผิวหนังทารก 30 ซม. พบว่าระยะเวลาเฉลี่ยเครื่องละประมาณ 3,518 ชั่วโมง เครื่องมีประสิทธิภาพจนหลอดขาดถึง 10 ชุด ใน 14 ชุด มีเพียง 4 ชุดใน 14 ชุดเท่านั้น ที่หมดประสิทธิภาพก่อนหลอดขาด (ยังมีแสงสว่างอยู่) และความสามารถในการเปล่งแสงและความคงทนของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดในท้องตลาดมีพอ ๆ กัน มีเพียงชนิดเดียวที่แตกต่างไป

เนื่องจากรายงานนี้ศึกษาข้อมูลที่มีจำนวนจำกัด จึงควรที่จะมีการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมต่อไป

คณะผู้รายงานขอขอบพระคุณ คุณรัตนา ทักสันสองชั้น แห่ง WHO CCR ที่ช่วยคำนวณด้านสถิติ และคุณปิยะวรรณ มงคลศิริ ที่กรุณาพิมพ์รายงานฉบับนี้

อ้างอิง

- Sisson TRC. Factors influencing the effectiveness of phototherapy in neonatal hyperbilirubinemia. In: Bilirubin metabolism in the new born, Birth Defects: Original Article Series. The National Foundation March of Dimes 1970; 6: 100-105
- Klein RM. Shedding light on the use of light. Pediatrics 1972 Jul; 50(1): 118-126
- Bonta BW, Warshaw JB. Importance of radiant flux in the treatment of hyperbilirubinemia: failure of overhead phototherapy units in intensive care units. Pediatrics 1976 Oct; 57(4): 502-505
- Chawareewong S, Effect of Heat in the phototherapy unit on the Padiant Flux. J Med Thai 1984 Oct; 67(10): 545-547
- Rubaltelli FF, Zanardo V, Granati B. Effect of various phototherapy regimens of bilirubin decrement. Pediatrics 1978 Jun; 61(6): 838-841
- Tan KL. The nature of the dose-response relationship to phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia. J Pediatr 1977 Mar; 90(3): 448-452
- Santella RM, Rosenkranz HS, Speck WT. Intracellular deoxyribonucleic acid modifying activity of intermittent phototherapy. J Pediatr 1978 Jul; 93(1): 106-109
- Sturrock W, Staley KA, Parsons JF, Illumination. In: Fink DG, Carroll JM, eds. Standard Handbook for Electrical Engineers. 10th ed, New York: McGraw-Hill, 1968. 19-27