

## طراحی و ساخت دستگاه بیل‌روبین متر غیر تهاجمی

مریم حاج رسولی‌ها<sup>۱</sup>، دکتر مجید محمدبیگی<sup>۲</sup>، دکتر محمدرضا یزدچی<sup>۳</sup>، دکتر بهناز خانی<sup>۳</sup>

### مقاله پژوهشی

### چکیده

**مقدمه:** زردی نوزادی یکی از بیماری‌های شایع نوزادی است و به طور تقریبی در ۶۰ درصد از نوزادان کامل و ۸۰ درصد نوزادان نارس دیده می‌شود. اندازه‌گیری بیل‌روبین به سه روش ارزیابی چشمی، پوستی و سرمی انجام می‌پذیرد. روش اندازه‌گیری سرمی بیل‌روبین به دلیل نیاز به خون‌گیری از نوزاد چندان ایده‌آل نیست. روش ارزیابی چشمی نیز معیار دقیقی نیست. به دلیل حساسیت این دسته از بیماران، محققان به دنبال روشی بوده‌اند که بتوان به صورت غیر تهاجمی، میزان بیل‌روبین را اندازه گرفت. بدین ترتیب، در اولین بررسی در سال ۱۹۸۰، ضریب همبستگی بالایی میان بیل‌روبین سرمی و بیل‌روبین پوستی، به دست آمد. برخی از دستگاه‌های غیر تهاجمی، در گروه‌های ناهمگن از نظر سن حاملگی و نژادهای مختلف ضعیف عمل می‌کرد. برخی از روش‌های جدیدتر نیز برای هر نوزاد نیاز به اندازه‌گیری اولیه دارد. جدیدترین روش، بیل‌روبین پوست را با استفاده از انعکاس چندین طیف نور مرئی از پوست، اندازه‌گیری می‌کند.

**روش‌ها:** در این تحقیق با استفاده از آخرین روش‌ها، طراحی و ساخت زردی‌سنج نوزادی غیر تهاجمی انجام شد؛ بدین صورت که با ارسال ۵ طیف مختلف نوری به پوست نوزاد و بررسی نور بازگشتی، غلظت بیل‌روبین بر حسب میلی‌گرم بر دسی‌لیتر اندازه‌گیری گردید.

**یافته‌ها:** آزمون کلینیکی این دستگاه بر روی ۳۲ نوزاد مختلف انجام گرفت و بین مقادیر پوستی و سرمی، همبستگی ۷۴ درصد به دست آمد.

**نتیجه‌گیری:** بین مقادیر اندازه‌گیری پوستی و سرمی، ارتباط قابل قبولی مشاهده شد. از این دستگاه، می‌توان به منظور غربال‌گری نوزادان و کاهش نوزادان نیازمند خون‌گیری، استفاده نمود.

**واژگان کلیدی:** زردی، بیل‌روبین پوستی، بیل‌روبین سرمی، بیل‌روبین متر غیر تهاجمی

**ارجاع:** حاج رسولی‌ها مریم، محمدبیگی مجید، یزدچی محمدرضا، خانی بهناز. طراحی و ساخت دستگاه بیل‌روبین متر غیر تهاجمی. مجله

دانشکده پزشکی اصفهان ۱۳۹۴؛ ۳۳ (۳۳۵): ۷۳۰-۷۲۲

### مقدمه

زردی نوزادی یکی از بیماری‌های شایع نوزادی است و به طور تقریبی در ۶۰ درصد نوزادان کامل و ۸۰ درصد نوزادان نارس دیده می‌شود (۱). علت بروز این زردی، تولید ماده‌ای به نام بیل‌روبین است که افزایش مقادیر بیش از حد آن در نوزادان، می‌تواند

منجر به عقب‌ماندگی ذهنی و حتی اغما و مرگ گردد (۲). جهت برخورد درمانی مناسب با زردی نوزادی، نیاز به دانستن میزان بیل‌روبین است که به طور معمول، این کار به سه روش ارزیابی چشمی، پوستی و سرمی انجام می‌پذیرد (۳). روش اندازه‌گیری سرمی بیل‌روبین، به دلیل نیاز

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی پزشکی بیوالکترونیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی پزشکی بیوالکترونیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دانشیار، گروه زنان و مامایی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

به خون‌گیری‌های مکرر از نوزاد و عوارضی مانند افزایش عفونت، ایجاد آنمی، درد و استرس، چندان ایده‌آل نیست. به علاوه، این روش مشکل، استرس‌زا، وقت‌گیر و پرهزینه است. روش ارزیابی چشمی نیز اگر چه ساده است، اما به تجربه‌ی فرد متکی است و معیار دقیق و قابل‌اعتمادی ندارد. علاوه بر این رنگ پوست، رنگ لباس و نور محیط معاینه نیز به طور کامل تشخیص چشمی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. به همین جهت، در دهه‌های اخیر، روش‌های غیر تهاجمی ارزیابی بیلی‌روبین به منظور کاهش نیاز به خون‌گیری و کاهش استرس بیمار و هزینه‌های آزمایشگاهی مطرح شده است (۳).

اساس ترویج روش اندازه‌گیری پوستی بیلی‌روبین، همبستگی بالا بین نتایج اندازه‌گیری غلظت بیلی‌روبین به روش غیر تهاجمی از طریق پوست و غلظت بیلی‌روبین خون بوده است. این همبستگی، به دلیل تعادل دینامیکی موجود بین غلظت بیلی‌روبین در خون و بافت زیر پوستی و انتشار بیلی‌روبین بین خون و بافت است (۴). اساس کار بیلی‌روبین‌متر پوستی، هدایت نور به پوست نوزاد و اندازه‌گیری شدت طول موج خاص بازگشتی است (۱).

تعداد طول موج مورد استفاده در بیلی‌روبین‌مترهای پوستی مختلف، متفاوت است و بنابراین، دقت‌های متفاوتی دارند و به دو دسته‌ی عمده تقسیم‌بندی می‌شوند (۵):

آن‌هایی که بر اساس اندازه‌گیری میزان زردی پوست، معیاری از بیلی‌روبین پوست را اندازه می‌گیرند و برای نژادهای مختلف و سنین مختلف نیاز به جدول شاخص دارند و به طور معمول، با دو طیف سبز و آبی، زردی پوست را اندازه می‌گیرند

(۶). دقت این دستگاه‌ها در گروه‌های ناهمگن از نظر نژاد و سن حاملگی، کاهش می‌یابد و بنابراین برای تعیین سطح بیلی‌روبین در نوزادان بالای ۳۵ هفته کارایی دارد (۱).

دسته‌ی دوم آن‌هایی هستند که بر اساس جذب عناصر پوستی، غلظت بیلی‌روبین را اندازه می‌گیرند و به طور مستقیم، مقدار بیلی‌روبین پوستی را به دست می‌آورند و اغلب از تعداد بیشتری طیف نور مرئی استفاده می‌کنند. در برخی از این دستگاه‌ها ادعا شده است که مستقل از نژاد و سن حاملگی، میزان بیلی‌روبین پوستی را اندازه می‌گیرند. در بعضی از دستگاه‌ها نیز برای هر نوزاد نیاز به اندازه‌گیری اولیه می‌باشد (۶).

مطالعات متعددی در زمینه‌ی ارتباط بین مقدار اندازه‌گیری شده‌ی بیلی‌روبین پوستی (TCB یا Transcutaneous bilirubin) توسط دستگاه‌های مختلف و بیلی‌روبین سرمی (TSB یا Total serum bilirubin) انجام گرفته است که هر کدام، مقادیر متفاوتی از میزان همبستگی میان نتایج ارائه داده‌اند (۷-۹). حتی در مطالعات مختلف از یک دستگاه واحد، نتایج همبستگی متفاوتی ذکر شده است.

در این تحقیق نیز با استفاده از ایده‌ی کلی تابش نور مرئی به پوست، به طراحی و ساخت دستگاه بیلی‌روبین‌متر غیر تهاجمی پرداخته شد که بر اساس تعداد عناصر پوستی، از چندین طیف نور مرئی برای اندازه‌گیری مقدار بیلی‌روبین پوستی استفاده می‌کند و مقدار همبستگی بین نتایج سرمی و پوستی، در مقایسه با سایر دستگاه‌ها مقدار قابل قبولی به دست آمد.

## روش‌ها

اساس کار بلی‌روبین‌متر پوستی، هدایت نور به پوست نوزاد و اندازه‌گیری شدت طول موج خاص بازگشتی است (۱). پوست از ۴ لایه‌ی مختلف به نام‌های اپیدرمیس، پاپیلاری درمیس، رتیکولار درمیس و هیپودرمیس تشکیل شده است که در اثر تابش نور به آن، در هر لایه جذب و انتشار و بازتاب صورت می‌پذیرد (۱۰)؛ اما آن چه که اهمیت دارد، این است که بازتاب از لایه‌ی آخر پوست به میزان قابل توجهی نسبت به بازتاب از لایه‌های داخلی‌تر، بیشتر است (۱۱). در نتیجه، می‌توان گفت نور بازگشتی از پوست، پس از عبور از لایه‌های مختلف پوستی، از آخرین لایه بازتاب می‌کند و در لایه‌های داخلی فقط جذب نور رخ خواهد داد. شش عنصر اصلی جاذب نور در فرایند تابش نور به پوست، اکسی‌هموگلوبین، دی‌اکسی‌هموگلوبین، بتاکاروتن، یوملانین و فتوملانین می‌باشند (۱۰، ۱۲). خاصیت جذب لایه‌ی اپیدرمیس بیشتر به دلیل وجود ملانین است. همچنین در لایه‌های پاپیلاری درمیس و رتیکولار درمیس، عروق خونی، بلی‌روبین و بتاکاروتن یافت می‌شود. لایه‌ی هیپودرمیس نیز بافت چربی زیرپوستی است و در ناحیه‌ی مرئی جذب ناچیزی دارد (۱۰).

بنابراین در تابش نور به پوست، در لایه‌ی اپیدرمیس جذب نور بیشتر توسط ملانین صورت می‌گیرد و در لایه‌ی پاپیلاری درمیس و رتیکولار درمیس، جذب نور بیشتر از هموگلوبین، بلی‌روبین و بتاکاروتن ناشی می‌شود. هر کدام از این مواد در طیف‌های مختلف، ضریب جذب‌های متفاوتی دارند. مطالعات انجام گرفته نشان داده‌اند که در روش پوستی،

سهم جذب بلی‌روبین پوستی نسبت به بلی‌روبین رگ‌های خونی پوست بسیار بیشتر است (۱۳). به دلیل وجود ۶ عنصر جاذب نور، در فرایند تابش نور به پوست، نیاز به ۶ طیف نوری مختلف است که به دلیل نزدیک بودن ضرایب جذب اکسی‌هموگلوبین و دی‌اکسی‌هموگلوبین، از ۵ طیف مختلف استفاده شد. در دستگاه طراحی شده، ۵ طیف آبی، قرمز، سبز، زرد و فیروزه‌ای قرار داده شد. استفاده از این تعداد طیف، دقت دستگاه را نسبت به دستگاه‌هایی که از دو طیف استفاده می‌کنند، به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهد. در این طراحی، از RGB (Light-emitting diode) LED (Red green blue) به عنوان فرستنده‌ی نوری و دو عدد مقاومت متغیر با شدت نور (LDR یا Light dependent resistor) به عنوان گیرنده‌ی نوری استفاده شد که یکی از گیرنده‌ها برای دریافت نور ارسالی به پوست و دیگری برای دریافت نور منعکس شده از پوست، به کار می‌رود. ال‌ای‌دی RGB دارای سه پایه‌ی قرمز، سبز، آبی و یک پایه‌ی مشترک می‌باشد که با اعمال ترکیب‌های مختلف ولتاژی به سه پایه‌ی آن، می‌توان هر طیف رنگی را ایجاد نمود. طریقه‌ی عملکرد این دستگاه به گونه‌ای است که پس از تابش هر یک از پنج طیف نوری پیش‌گفته، نور بازتاب شده توسط گیرنده‌های نوری دریافت و به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود.

انتشار نور در پوست، از قانون Beer-Lambert پیروی می‌کند و به صورت رابطه‌ی ۱ بیان می‌گردد (۱۴).

$$T = \frac{I}{I_0} = 10^{-\alpha l} = 10^{-\epsilon l c} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} & \varepsilon_{14} & \varepsilon_{15} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} & \varepsilon_{24} & \varepsilon_{25} \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} & \varepsilon_{34} & \varepsilon_{35} \\ \varepsilon_{41} & \varepsilon_{42} & \varepsilon_{43} & \varepsilon_{44} & \varepsilon_{45} \\ \varepsilon_{51} & \varepsilon_{52} & \varepsilon_{53} & \varepsilon_{54} & \varepsilon_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 C_{bili} \\ I_2 C_{oh,do} \\ I_3 C_c \\ I_4 C_e \\ I_5 C_{ph} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} OD_1 \\ OD_2 \\ OD_3 \\ OD_4 \\ OD_5 \end{bmatrix} \quad (4)$$

با محاسبه‌ی ماتریس معکوس ضرایب تضعیف خطی، غلظت بیل‌روبین به دست می‌آید. بنابراین داریم:

$$\begin{bmatrix} I_1 C_{bili} \\ I_2 C_{oh,do} \\ I_3 C_c \\ I_4 C_e \\ I_5 C_{ph} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} & \varepsilon_{14} & \varepsilon_{15} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} & \varepsilon_{24} & \varepsilon_{25} \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} & \varepsilon_{34} & \varepsilon_{35} \\ \varepsilon_{41} & \varepsilon_{42} & \varepsilon_{43} & \varepsilon_{44} & \varepsilon_{45} \\ \varepsilon_{51} & \varepsilon_{52} & \varepsilon_{53} & \varepsilon_{54} & \varepsilon_{55} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} OD_1 \\ OD_2 \\ OD_3 \\ OD_4 \\ OD_5 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$I_1$  مربوط به ضخامت بیل‌روبین در پوست است و بیل‌روبین بیشتر در لایه‌های پایلاری درمیس و رتیکولار درمیس وجود دارد. اگر ضخامت  $I_1$  برای نوزادان یکسان فرض شود، غلظت بیل‌روبین به دست می‌آید. می‌توان برای دو دسته نوزادان نارس و کامل، ضریب  $I_1$  را به صورت جداگانه لحاظ نمود. بدین ترتیب، غلظت بیل‌روبین پوستی، بر حسب میلی‌گرم بر دسی‌لیتر در خروجی LCD (Liquid crystal display) نمایش داده می‌شود. دستگاه ساخته شده در شکل ۱ نشان داده شده است.

### یافته‌ها

پس از طراحی و ساخت نمونه‌ی اولیه‌ی این دستگاه، به منظور ارزیابی عملکرد دستگاه، آزمایش کلینیکی آن در قسمت آزمایشگاه و قسمت مراقبت‌های ویژه‌ی

که در این رابطه،  $\varepsilon$  ضریب تضعیف مولار،  $I$  مسافت طی شده در ماده و  $C$  غلظت مولار ماده است. رابطه‌ی جذب بر اساس انتشار نیز از رابطه‌ی ۲ پیروی می‌کند (۱۵).

$$A(OD) = -\log_{10} \frac{I}{I_0} = \varepsilon l c \quad (2)$$

یکی از گیرنده‌ها مقدار  $I_0$  یا نور ارسالی به پوست و دیگری مقدار  $I$  یا نور بازتابی از پوست را آشکار می‌کند. سپس این دو سیگنال الکتریکی در واحد پردازشگر، به یکدیگر تقسیم می‌شوند و از این نسبت، لگاریتم گرفته می‌شود؛ بدین ترتیب، رابطه‌ی خطی جذب عناصر به صورت رابطه‌ی ۳ به دست می‌آید.

$$C_{ph} I_1 \varepsilon + C_{e5} I_2 \varepsilon + C_{c2} I_3 \varepsilon + C_{do3} I_4 \varepsilon + C_{oh2} I_5 \varepsilon + C_{bili1} I_1 \varepsilon = OD \quad (3)$$

رابطه‌ی ۳، در هر یک از ۵ طیف بیان شده صادق است. در رابطه‌ی ۳، تنها پارامتری که وابسته به طیف نور می‌باشد، ضریب  $\varepsilon$  است که از منحنی‌های جذب شش عنصر پوستی، استخراج می‌شود. رابطه‌ی ۳ با این فرض بیان می‌شود که هر یک از مواد شش گانه‌ی پوستی با یک ضخامت مخصوص به خود ( $I_1, \dots, I_5$ )، در پوست موجود می‌باشند. به دلیل نزدیک بودن ضریب جذب هموگلوبین و اکسی‌هموگلوبین، تعداد معادلات از ۶ رابطه عدد به ۵ رابطه کاهش می‌یابد. بنابراین، از پنج طیف استفاده شد. بدین ترتیب، می‌توان معادله‌ی ۳ را در پنج طیف گفته شده، به صورت ماتریسی نوشت. بنابراین، طبق معادله‌ی ۴ داریم:

نوزادان بیمارستان عسگریه اصفهان و همچنین بخش مراقبت‌های ویژه‌ی نوزادان بیمارستان شهید بهشتی اصفهان انجام شد.

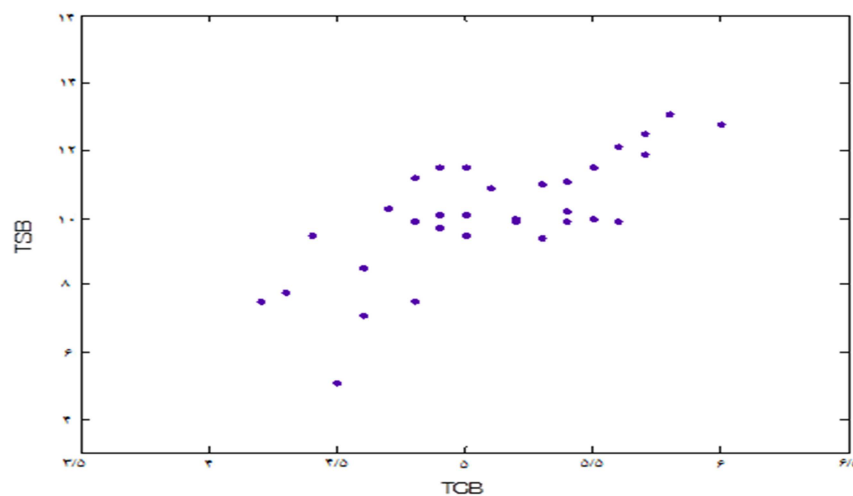
در این آزمایش کلینیکی، از ۳۲ نوزاد مختلف، هم‌زمان هم مقدار بیلی روبین پوستی توسط دستگاه ساخته شده و هم مقدار بیلی روبین سرمی با استفاده از نمونه‌گیری خون نوزاد از دست و یا پاشنه‌ی پای نوزاد و قرار دادن نمونه‌ی خون در داخل دستگاه بیلی روبین متر، ثبت شد.

با بررسی همبستگی میان نتایج به دست آمده از

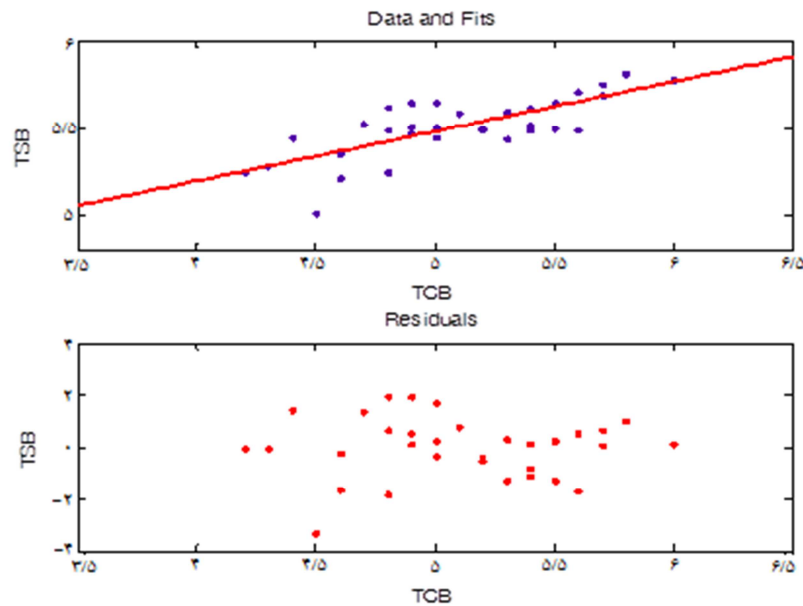
هر دو روش، در نرم‌افزار MATLAB، میزان همبستگی مقدار ۷۴ درصد به دست آمد. شکل ۲، مقادیر TSB (Total serum bilirubin) بر حسب مقادیر TCB (Transcutaneous bilirubin) ثبت شده توسط دستگاه را نشان می‌دهد. با اعمال برازش منحنی بر روی داده‌های گرفته شده در نرم‌افزار MATLAB و اعمال تابع چند جمله‌ای درجه‌ی اول به عنوان منحنی برازش، با ضریب اطمینان ۹۰ درصد، نتایج به صورت شکل ۳ به دست آمد و هم‌زمان با برازش منحنی، میزان خطا از مقدار واقعی نیز رسم شد.



شکل ۱. دستگاه ساخته شده در سه نمای مختلف



شکل ۲. نمایش مقادیر TSB (Total serum bilirubin) بر حسب مقادیر TCB (Transcutaneous bilirubin) ثبت شده توسط دستگاه



شکل ۳. برازش منحنی بین مقادیر TCB (Transcutaneous bilirubin) و TSB (Total serum bilirubin) و مقادیر خطا از مقادیر واقعی

بدین ترتیب، در این تحقیق نمونه‌ی اولیه‌ی دستگاه بیلی روبین متر غیر تهاجمی ساخته شد و آزمایش کلینیکی آن در قسمت مراقبت‌های ویژه‌ی نوزادان بیمارستان‌های عسگریه و شهید بهشتی اصفهان انجام شد. در آزمایش کلینیکی، دستگاه که بر روی ۳۲ نوزاد مختلف انجام شد، ضریب همبستگی بین مقادیر TSB و TCB مقدار ۷۴ درصد به دست آمد که در مقایسه با سایر دستگاه‌ها مقدار قابل قبولی است.

مقادیر TCB، بیلی روبین نفوذ کرده به داخل پوست است که فقط شامل بیلی روبین غیر مستقیم است و همین بیلی روبین غیر مستقیم، می‌تواند اثرات زیان‌بار مغزی را برای کودک به همراه داشته باشد (۱۶)؛ در حالی که مقدار TSB، کل بیلی روبین خون را که شامل بیلی روبین مستقیم و غیر مستقیم است، نشان می‌دهد. این دو مقدار از نظر فیزیولوژیک متفاوت‌اند و بنابراین ضریب همبستگی بین این دو مقدار، هیچ‌گاه

پس از برازش منحنی با تابع چند جمله‌ای درجه‌ی اول با ضریب اطمینان ۹۰ درصد، ضرایب منحنی برازش بر روی داده‌های TCB اعمال شد و مقادیر مورد انتظار برای TSB به دست آمد. بدین ترتیب که میانگین TCB برابر با  $1/72 \pm 10/08$  و میانگین TSB مساوی با  $3/09 \pm 10/09$  میلی گرم بر دسی لیتر بود.

### بحث

در این مطالعه، هدف طراحی و ساخت دستگاه بیلی روبین متر غیر تهاجمی، برای اندازه‌گیری میزان زردی نوزادان بود؛ چرا که در بسیاری از موارد، نمونه‌گیری خون از نوزاد انجام می‌گیرد، در صورتی که نیازمند فرایندهای درمانی نیست. دیگر این که خون‌گیری از نوزادان، احتمال ایجاد عفونت‌های بعدی را در پی دارد؛ بنابراین نیاز به دستگاه‌های غیر تهاجمی برای این دسته از بیماران احساس می‌شود.

در دستگاه طراحی شده، همبستگی ۷۴ درصد بین نتایج سرمی و جلدی، ارتباط قابل قبولی را بین نتایج نشان می‌دهد. از این دستگاه، می‌توان به منظور غربال‌گری نوزادان برای اندازه‌گیری بیلی‌روبین به روش سرمی، استفاده نمود. بنابراین تعداد نوزادان نیازمند به خون‌گیری و انجام آزمایش زردی را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد. دیگر این که برای پایش روند درمان زردی نوزادان که به طور مکرر نیاز به اندازه‌گیری بیلی‌روبین دارند، می‌توان از آن استفاده نمود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات کارکنان بخش‌های آزمایشگاه و مراقبت‌های ویژه‌ی نوزادان بیمارستان‌های شهید بهشتی و عسگریه اصفهان سپاسگزاری می‌گردد.

۱۰۰ درصد نخواهد بود؛ اما به دلیل این که روش استاندارد برای اندازه‌گیری TCB وجود ندارد، این روش اندازه‌گیری با مقدار TSB قیاس می‌شود؛ و هم این که مقدار TSB بیشتر مورد توجه پزشکان است. این نظریه که مقدار TCB تخمین بهتری از هایپربیلی‌روبینمی دارد، نیازمند بررسی است (۱۳).

در مجموع، می‌توان گفت که استفاده از بیلی‌روبین‌متر غیر تهاجمی، مزایای زیادی را نسبت به روش‌های تهاجمی اندازه‌گیری زردی دارد که می‌توان به مواردی همچون عدم ایجاد عفونت‌های احتمالی بعدی ناشی از خون‌گیری و در نتیجه، استرس کمتر والدین، راحتی استفاده، هزینه‌ی کمتر و دریافت نتیجه‌ی آزمایش پس از چندین ثانیه نسبت به روش‌های آزمایشگاهی که بعضی نیز تا دو ساعت مشخص می‌شود، اشاره کرد.

### References

1. WHO Newborn CC. Transcutaneous bilirubinometer [Online]. [cited 2009 May 25]; Available from: URL:<http://www.newbornwhocc.org/pdf/tran.pdf>
2. Babol Razi Patobiology Lab. Bilirubin (total, direct) [Online]. [cited 2015]. Available from: URL: [http://www.razilab.ir/view\\_test.aspx?myID=MjM=](http://www.razilab.ir/view_test.aspx?myID=MjM=)
3. Saiedi R, Gholami M, Mirza Rahimi M, Amiri M. Comparison of experimental measurements of serum bilirubin and Transcutaneous bilirubinometry (TCB). J Sabzevar Univ Med Sci 2009; 16(3): 150-4. [In Persian].
4. (4)Technomedia. Non invasive transcutaneous hyperbilirubinemia analyzer [Online]. [cited 2014 Apr 10]; Available from: URL:<http://www.technomedia.com/recomend.htm>
5. Health Technology Assessment Section, Medical Development Division, Ministry of Health Malaysia. Non-invasive, hand held transcutaneous bilirubinometer [Online]. [cited 2014]; Available from: URL:[www2.moh.gov.my/attachments/5237](http://www2.moh.gov.my/attachments/5237)
6. Bertini G, Rubaltelli FF. Non-invasive bilirubinometry in neonatal jaundice. Semin Neonatol 2002; 7(2): 129-33.
7. Babaei H, Alipour AA, Sheikhi S. Comparison of transcutaneous and serum bilirubin level in term neonates with jaundice. Sci J Kurdistan Univ Med Sci 2012; 17(4): 10-6. [In Persian].
8. Hemmati F, Kiyani Rad NA. The value of bilicheck(R) as a screening tool for neonatal jaundice in the South of Iran. Iran J Med Sci 2013; 38(2): 122-8.
9. Imani M, Mohamadi T, Mohamadi M. Transcutaneous Bilirubinometry Compared with Serum Level of Bilirubin in Icteric Neonates in Zahedan. Journal of Medical Sciences 2005; 5(4): 239-42.
10. Krishnaswamy A, Baranoski GVG. A Study on skin optics [Online]. [cited 2004 Jan]; Available from: URL:<https://cs.uwaterloo.ca/research/tr/2004/01/tech-rep-CS-2004-01.pdf>
11. Dick JM. Non-invasive measurement of skin bilirubin level [Online]. [cited 2005 Aug 9];

- Available from:  
 URL:<http://www.google.com/patents/US6927843#backward-citations>. 2015
- 12.** Frank's Hospital Workshop. Bili chek service manual [Online]. [cited 2015]; Available from: URL:  
[http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/various\\_equipment/service\\_manuals/various/Respiroics\\_Bilichek\\_Bilirubin\\_Analyzer\\_-\\_Service\\_manual.pdf](http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/various_equipment/service_manuals/various/Respiroics_Bilichek_Bilirubin_Analyzer_-_Service_manual.pdf)
- 13.** Bosschaart N, Kok JH, Newsum AM, Ouweneel DM, Mentink R, van Leeuwen TG, et al. Limitations and opportunities of transcutaneous bilirubin measurements. *Pediatrics* 2012; 129(4): 689-94.
- 14.** Wikipedia. Beer-Lambert law [Online]. [cited 2014 Mar 20]; Available from: URL:[https://en.wikipedia.org/wiki/Beer%E2%80%93Lambert\\_law](https://en.wikipedia.org/wiki/Beer%E2%80%93Lambert_law)
- 15.** Zimmermann R, Braun F, Achtnich T, Lamercy O, Gassert R, Wolf M. Silicon photomultipliers for improved detection of low light levels in miniature near-infrared spectroscopy instruments. *Biomed Opt Express* 2013; 4(5): 659-66.
- 16.** Wikipedia. Neonatal jaundice [Online]. [cited 2014]; Available from: URL:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Neonatal\\_jaundice](https://en.wikipedia.org/wiki/Neonatal_jaundice)



## Designing and Fabrication of a Noninvasive Bilirubinmeter

Maryam Hajrasooliha<sup>1</sup>, Majid Mohammadbeigi PhD<sup>2</sup>, Mohammadreza Yazdchi PhD<sup>2</sup>,  
Behnaz Khani MD<sup>3</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Background:** Neonatal jaundice is a common disease, and has been seen in almost 60% of term and 80% of preterm infants. There are three methods of assessing bilirubin level, visual, cutaneous and serum measurement. Method of measuring serum bilirubin, due to blood sampling from the baby, is not ideal. Visual assessment method is not an accurate criterion. So, the researchers looked for a way to measure bilirubin level non-invasively. In 1980, the first review was done and high correlation was found between the skin bilirubin level and the amount of bilirubin in serum. Some of noninvasive bilirubinmeter devices poorly acted in heterogeneous groups in terms of gestational age and races. Some of the newer methods, for each infant, need an initial correction. The latest method of measuring skin bilirubin uses the reflection of the wide spectrum of visible light.

**Methods:** We intended the designing and construction of a noninvasive neonatal jaundice meter, using newest methods and designs. In this device, light, with five different wavelengths, transmitted to the skin and after measuring the reflection from baby's skin, the bilirubin concentration in terms of mg/dl could be obtained.

**Findings:** Clinical testing of the device was done on 32 infants; and correlation of 74%, between the transcutaneous (TCB) and the total serum bilirubin (TSB) values was obtained.

**Conclusion:** An acceptable correlation was obtained between the transcutaneous and the total serum bilirubin values. The device can be used to screen newborns for measurement of bilirubin with decreased number of blood samples.

**Keywords:** Jaundice, Transcutaneous bilirubin, Total serum bilirubin, Noninvasive bilirubinmeter

**Citation:** Hajrasooliha M, Mohammadbeigi M, Yazdchi M, Khani B. **Designing and Fabrication of a Noninvasive Bilirubinmeter.** J Isfahan Med Sch 2015; 33(335): 722-30

1- MSc Student, Department of Biomedical Engineering, School of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Biomedical Engineering, School of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran

3- Associate Professor, Department of Obstetrics and Gynecology, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

**Corresponding Author:** Majid Mohammadbeigi PhD, Email: majid\_beigi@yahoo.com