



Use of pulse oximetry in screening for cyanotic congenital heart disease in apparently healthy infants in hospitals of Golestan University of Medical Sciences

Nasibe Kor¹; Mahboobeh Rasouli² and Leili Borimnejad^{*3}

1.MsN Pediatric and neonatal nursing, Nursing and Midwifery School, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2.Associate Professor, Biostatistic Department Health school Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3.Professor Nursing Care Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. l.borimnejad@gmail.com

Article Info

Article type:
Research/ Original

Article history:
Received 10
November 2024
Received in revised
form 10 March
2025
Accepted 25 March
2025
Available online 22
June 2025

Keywords:
Pulse oximetry,
Infant,
Congenital heart
disease,
Nursing.

Abstract

Objective: Congenital heart defects are one of the most common congenital anomalies and delay in their diagnosis causes a significant increase in mortality and complications. The aim of this study was to determine the screening for congenital heart diseases using pulse oximetry in neonates born in hospitals of Golestan University of Medical Sciences.

Method: In this cross-sectional descriptive study, 357 seemingly healthy infants born from September 2017 to June 2016 in Golestan University of Medical Sciences affiliated hospitals underwent right hand and foot pulse oximetry. If the oxygen saturation level is less than 94% in the baby's right hand and foot, it was checked again one hour later and if the result was repeated, the baby was referred to a specialist for further testing. Also, 3 months after pulse oximetry, neonates with positive results were followed up. Findings were divided into descriptive sections (mean, standard deviation and frequency distribution table) and inferential including multivariate regression analysis, and was considered at a significance level of 0.05.

Results: Out of 357 neonates, 341 had an oxygen saturation level above 94%, among 16 cases less than 94%, 14 cases had an oxygen saturation level above 94% and 2 cases had a saturation level of less than 94%. The results showed that two of the 357 samples had a positive result of 0.6%, which during the study and follow-up after 3 months, both infants had mild ASD. There was also a significant and direct relationship between maternal non-smoking ($P < 0.005$), absence of maternal heart disease ($P < 0.005$) and maternal family, no history of maternal abortion ($P = 0.005$) and number of abortions ($P = 0.011$), Absence of stillbirth ($P < 0.005$) and number of stillbirths ($P < 0.005$) and absence of serious diseases of diabetes, thyroid and hypertension and having other minor diseases ($P < 0.005$) with neonatal oxygen saturation level.

Conclusions: According to the results of the present study, which showed a significant and direct relationship between maternal variables and neonatal blood oxygen saturation, accurate history and clinical examination along with pulse oximetry can be considered as an important tool to identify congenital heart disease in infants.

Cite this article: Kor N, Rasouli M, Borimnejad L. Use of pulse oximetry in screening for cyanotic congenital heart disease in apparently healthy infants in hospitals of Golestan University of Medical Sciences. *Caring Today*. 2025;18(1): 1-15.

<https://doi.org/10.22087/Ca.To.2025.538105.1067>



Publisher: Lorestan University of Medical Sciences

This is an open access article under the CC BY 4.0 license
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Extended Abstract

Introduction

Congenital heart defects are among the most common congenital anomalies and delay in their diagnosis causes a significant increase in mortality and complications. This study aimed to determine the frequency of cyanotic congenital heart diseases using pulse oximetry in apparently healthy newborns in hospitals of Golestan University of Medical Sciences.

Method

The research population in this descriptive cross-sectional study was all apparently healthy newborns born in the maternity wards of hospitals of Golestan University of Medical Sciences. 357 newborns were continuously examined from all healthy newborns born in four hospitals affiliated to Golestan University of Medical Sciences, including Amirolmomenin Kordkoy, Imam Khomeini Bandar-Torkeman, Shohada Bandar-Gaz, and Sayyad Shirazi Gorgan hospitals from October 2018 to June 2019. Infants underwent pulse oximetry of the arms and legs with written parental consent. Inclusion criteria included the infants with a gestational age greater than 34 weeks, postnatal age according to the 2017 guidelines, apparently healthy infants between 4 and 48 hours old who did not require hospitalization in the neonatal ward, and who were discharged if the infant's mother was discharged. Data collection from the research units was performed using a researcher-made data recording form whose face and content validity was confirmed by 10 neonatal nursing specialists, neonatal cardiologists, and neonatologists. Demographic information of parents including mother's age, father's age, number of children, mother's occupation, mother's education, father's education, father's occupation, mother's smoking history, father's smoking history, history of supplement use during pregnancy, mother's heart disease history, father's heart disease history, father's family history of heart disease, mother's family history of heart disease, other children's heart disease history, mother's history of stillbirth or miscarriage, mother's history of diseases, mother's history of medication use during pregnancy were extracted from the infant's health record to investigate related factors. Oxygen saturation measurement by pulse oximetry was performed by experienced and trained personnel of the neonatal ward on all apparently healthy infants upon discharge, on their right arm and leg, provided that at least 4 hours had passed since their birth and interpretation of the results was performed according to the pulse oximetry guideline. Also, infants with positive results were followed up for 3 months after pulse oximetry. According to international guidelines, the neonatal probe was attached to the baby's hand or foot while the baby was calm and awake, and after the number was stabilized, the number was recorded on the monitor. In order to ensure that the nurses measured the same way, the simultaneous observation method was used. And the results showed a high reliability of 0.99. In this study, the neonatal probe was used for pulse oximetry of the Medisana PM100 model, which was on the baby's right thumb and right foot. According to the 2017 protocol, if the arterial oxygen saturation percentage in both areas was more than 94% and the difference between the hand and foot was less than 3%, the result was negative and the baby was normal and did not require any special action.

If the arterial oxygen saturation (SPO2) was between 90-94% and the difference between the hand and foot was more than 2%, the measurement was repeated 1 to 2 hours later if there were no clinical symptoms. If the SPO2 was less than 95% and the difference between the arms and legs was more than 2%, the test result was considered positive and the infant was referred to a cardiologist for further evaluation. Also, if the SPO2 was less than 95% in the first measurement and accompanied by clinical symptoms, the result was positive and the infant was referred to a specialist for further evaluation. Infants who had a positive result in screening were followed up 3 months after screening. The research findings were analyzed using SPSS 22 software in two descriptive sections (mean, standard deviation and frequency distribution table) and inferential sections including multivariate regression. And a significance level of less than 0.05 was considered.

Results

In this study, 357 term and late preterm infants were studied. In this study, 0.06% (2 infants) of infants' pulse oximetry was positive for congenital heart disease and 99.4% was negative. In terms of oxygen saturation level, 95.5% (341 infants) had an oxygen saturation level above 94%. 16 cases had an oxygen saturation level below 94% in the first stage of pulse oximetry examination, of which 14 cases (3.9%) had an oxygen saturation level above 94% in the second stage and 2 infants (0.6%) had an oxygen saturation below 90%, which were declared positive. These two infants also had a defect after conducting the necessary examinations and re-examination and follow-up after 3 months. The atrial septum was mild but did not require treatment for the infant. There was also a significant and direct relationship between non-smoking by the mother, absence of heart disease in the mother and maternal family, absence of history of abortion in the mother and the number of abortions, absence of stillbirths and the number of stillbirths and absence of serious diseases such as diabetes, thyroid and high blood pressure, and having other minor and mild diseases with the oxygen saturation level of the infant ($P<0.05$).

Conclusion

According to the results of the present study, it seems that the use of pulse oximetry as a tool to identify congenital cyanotic heart disease is a useful and practical tool which is welcomed by parents and medical personnel as a low false positives and non-invasive tool with high sensitivity and specificity. Plus, considering the significant relationship with the history of disease in the maternal family, it can be concluded that by taking an appropriate history from the mother's family, it is possible to accurately determine the possibility of cardiac problems. Considering the relationship between the newborn's fifth-minute Apgar score and arterial blood oxygen saturation, more care should be taken in measuring oxygen saturation and repeating it if necessary. Also, knowing the signs and symptoms of possible heart problems, more care should be taken in caring for the newborn before discharge. However, given the differences in study results, the need for further studies in different populations seems necessary. It is also suggested to neonatal health policymakers to announce pulse oximetry screening as one of the mandatory screenings at birth in the country.

Funding

The study was funded by Iran University of Medical Sciences, Country Iran, and Grant No. 13636-3-4-97.

Author Contributions

“Designing the research: N.K, MR. Data collection: M.R, L.B. Data analysis: N.K, M.R. Data recording in the software: L.B. Analysis and interpretation of results and writing original draft preparation: N.K. writing review and editing: M.R, L.B. visualization and supervision: N.K, M.R. project administration and funding acquisition: M.R, L.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.”

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process

Not used

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct. The study was approved by the Ethics Committee of Iran University of Medical Sciences. Ethical code: IR.IUMS.REC.1397.781.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

AKnowledgements

The authors would like to thank all participants in the present study.



استفاده از پالس اکسیمتری در غربالگری بیماری‌های سیانوتیک مادرزادی قلبی در نوزادان به ظاهر سالم در بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی گلستان

نصیبه کر^۱، ممیوبه رسولی^۲، لیلی بریم نژاد^{۳*}

۱. کارشناسی ارشد، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۲. دانشیار گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۳. استاد مرکز تحقیقات مراقبت‌های پرستاری، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. l.borimnejad@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی/اصیل	هدف: نقایص مادرزادی قلبی از جمله شایع‌ترین ناهنجاری‌های مادرزادی و تأخیر در تشخیص آن‌ها موجب افزایش قابل توجه مرگ و میر و عوارض می‌شود. این پژوهش با هدف تعیین فراوانی بیماری‌های سیانوتیک مادرزادی قلبی با استفاده از پالس اکسی متری در نوزادان به ظاهر سالم متولد شده در بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی گلستان انجام شد.
تاریخچه مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳	روش پژوهش: در این مطالعه توصیفی-مقطعی، ۳۵۷ نوزاد به ظاهر سالم متولد شده از مهرماه ۱۳۹۸ لغایت خرداد ۱۳۹۹ در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی گلستان تحت پالس اکسی متری قرار گرفتند. در صورت سطح اشباع اکسیژن کمتر از ۹۴ درصد در دست و پای راست نوزاد، مجدد یک ساعت بعد بررسی و در صورت تکرار مجدد نتیجه، نوزاد جهت بررسی بیشتر به متخصص ارجاع داده شد. همچنین نوزادان دارای نتیجه مثبت ۳ ماه پس از انجام پالس اکسی متری، پیگیری شدند. یافته‌ها با استفاده از آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار و جدول توزیع فراوانی) و آمار استنباطی شامل رگرسیون چند متغیره تجزیه تحلیل شد. سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲ کلیدواژه‌ها: بیماری مادرزادی قلبی، نوزاد، پالس اکسی متری، پرستاری.	یافته‌ها: از ۳۵۷ نوزاد مورد بررسی، ۳۴۱ (۹۵/۵ درصد) مورد سطح اشباع اکسیژن بالای ۹۴ درصد داشتند. از میان ۱۶ (۴/۵ درصد) نوزاد دارای سطح اشباع اکسیژن کمتر از ۹۴ درصد، ۱۴ مورد (۳/۹ درصد) پس از چک مجدد سطح اشباع اکسیژن بالای ۹۴ درصد داشتند و ۲ مورد (۰/۶ درصد) سطح اشباع کمتر از ۹۴ درصد داشتند. هردو ۲ مورد دارای نتیجه مثبت (۰/۶ درصد از ۳۵۷ نوزاد) طی بررسی و پیگیری پس از ۳ ماه، دارای نقص دیواره بین دهلیزی خفیف بودند. همچنین ارتباط معنادار و مستقیمی بین عدم استعمال دخانیات توسط مادر، عدم وجود بیماری قلبی در مادر و خانواده مادری، نداشتن سابقه سقط در مادر و تعداد سقط، نبود مرده زایی و تعداد مرده زایی و نبود بیماری‌های جدی دیابت، تیروئید و فشارخون بالا و داشتن سایر بیماری‌های جزئی و خفیف با سطح اشباع اکسیژن نوزاد وجود داشت ($P < 0/05$).
	نتیجه گیری: با توجه به ارتباط مستقیم متغیرهای مادری و اشباع اکسیژن خون نوزاد، پیشنهاد می‌شود، اخذ شرح حال دقیق و معاینه بالینی درکنار پالس اکسی متری به عنوان ابزار مهمی برای غربالگری بیماری‌های مادرزادی قلبی نوزادان مورد استفاده قرار گیرد.

استناد: کر ن، رسولی م، بریم‌نژاد ل. استفاده از پالس اکسی متری در غربالگری بیماری‌های سیانوتیک مادرزادی قلبی در نوزادان به ظاهر سالم در

بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی گلستان. مراقبت امروز، ۱۸ (۱)، ۱۵-۱.

<https://doi.org/10.22087/Ca.To.2025.538105.1067>

ناشر: دانشگاه علوم پزشکی لرستان



This is an open access article under the CC BY 4.0 license
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

نقایص مادرزادی قلبی^۱ از شایع‌ترین ناهنجاری‌های مادرزادی و مرگ شیرخوار است (۱). با وجود غربالگری قبل از تولد و معاینات فیزیکی پس از تولد، هنوز نسبت قابل توجهی مورد غفلت قرار می‌گیرند (۲، ۳). بیماری‌های بحرانی مادرزادی قلب به عنوان نوعی از CHD که نیاز به مداخله پزشکی یا نوعی که می‌تواند موجب مرگ در ۳۰ روز اول زندگی بعد از زایمان نوزاد شود، تعریف می‌شود. این بیماری‌ها می‌تواند پس از ترخیص از بیمارستان علائم و نشانه‌های خود را بروز دهد و حتی موجب کلاپس و مرگ می‌شود (۴، ۵). تشخیص به موقع می‌تواند جان نوزاد را نجات دهد اما در حال حاضر ترخیص سریع و عدم انجام غربالگری در نوزادان به ظاهر سالم جان نوزادان را به خطر می‌اندازد (۶). غربالگری نوزادی^۲ می‌تواند هم موجب نجات زندگی و هم کاهش هزینه‌های مراقبت سلامت شود (۷). مطالعات نشان می‌دهد که ۳۰ درصد شیرخواران مبتلا به CCHD بدون اینکه بیماری‌شان تشخیص داده شود بیمارستان را ترک می‌کنند (۸).

در کشورهای با درآمد بالا نوزادان با استفاده از اسکن اولتراسوند قبل از زایمان و معاینه فیزیکی پس از زایمان از نظر وجود CCHD غربالگری می‌شوند (۹). با این وجود میزان تشخیص هر دو روش نسبتاً پایین است و ممکن است تا یک سوم نوزادان مبتلا به CCHD قبل از تشخیص از بیمارستان مرخص شوند (۱۰). پالس اکسی‌متری^۴ روشی در دسترس، آسان، ایمن، غیرتهاجمی و دقیق برای اندازه‌گیری اشباع اکسیژن است و می‌تواند هیپوکسی غیر قابل شناسایی را در اکثر نوزادان مبتلا به CCHD تشخیص دهد (۱۰). پرستاران جهت غربالگری دقیق با پالس اکسی‌متری و تفسیر نتایج از جایگاه حیاتی و مهم برخوردار هستند. اجرای دقیق پروتکل غربالگری توسط پرستاران در تشخیص به موقع و صحیح اهمیت بسزایی دارد. طبق نتایج یک مطالعه متاآنالیز، بروز ناهنجاری مادرزادی ۲/۶ درصد و میزان بروز ناهنجاری‌های قلبی عروقی ۱۰ درصد از کل ناهنجاری‌های مادرزادی در ایران گزارش شده است (۱۱).

همچنین طبق مطالعه انجام شده توسط کاویانی و همکاران میزان بروز ناهنجاری‌های مادرزادی در استان گلستان در بدو تولد ۱۲/۹۷ مورد در ۱۰۰۰ تولد زنده برآورد شد (۱۲). در حال حاضر در ایران غربالگری نوزادان به ظاهر سالم از نظر بیماری‌های قلبی الزامی نیست. مطالعه‌ای که توسط نوایی و همکاران ۱۴۰۰ در اصفهان انجام شد، نشان داد که آگاهی ۵۰ درصد پزشکان کودکان در این زمینه در حد متوسط است (۱۳)، و مطالعه‌ای که به تعیین فراوانی بیماری‌های مادرزادی قلبی در نوزادان به ظاهر سالم در استان گلستان پرداخته باشد یافت نشد در گزارش بررسی جهانی غربالگری بیماری‌های سیانتوتیک قلبی در نوزادان به ظاهر سالم ایران را در گروه کشورهایی که "اطلاعات از مطالعات پراکنده در کشور وجود دارد" قرار گرفته است (۱۴). لذا این مطالعه با هدف تعیین فراوانی بیماری مادرزادی قلبی در نوزادان به ظاهر سالم در استان گلستان در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۹ طراحی و اجرا گردید.

روش پژوهش

پژوهش حاضر توصیفی و از نوع مقطعی است. جامعه پژوهش کلیه نوزادان به ظاهر سالم متولد شده در زایشگاه بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی گلستان را تشکیل می‌دادند ۳۵۷ نوزاد به صورت مستمر از میان کلیه نوزادان سالم متولد شده در چهار بیمارستان تابعه دانشگاه علوم پزشکی گلستان شامل بیمارستان‌های امیرالمؤمنین کردکوی، امام خمینی بندرترکمن، شهدا بندرگز و صیاد شیرازی گرگان از مهر ۱۳۹۷ لغایت خرداد ۱۳۹۹ بررسی شدند. نوزادان در صورت رضایت کتبی والدین تحت پالس اکسی‌متری دست و پا قرار گرفتند. معیارهای ورود به مطالعه شامل موارد زیر بود: نوزاد با سن جنینی بیش‌تر از ۳۴ هفته حاملگی، سن بعد از تولد بر طبق گایدلاین ۲۰۱۷، نوزادان به ظاهر سالم بین ۴ تا ۴۸ ساعت که نیاز به بستری در بخش نوزادان نداشتند و در صورت ترخیص مادر نوزاد نیز مرخص می‌شدند. جمع‌آوری اطلاعات واحدهای پژوهش با استفاده از فرم ثبت اطلاعات محقق ساخته که روایی صوری و محتوای آن به تأیید ۱۰ نفر از متخصصین پرستاری نوزادان و متخصص قلب نوزادان و متخصص نوزادان رسیده بود، انجام شد. اطلاعات دموگرافیک والدین شامل: سن مادر، سن پدر، تعداد

¹ Congenital Heart Disease (CHD)

² Critical Congenital Heart Disease (CCHD)

³ Newborn Blood spot (NBS)

⁴ Pulse oximetry

فرزندان، شغل مادر، تحصیلات مادر، تحصیلات پدر، شغل پدر، سابقه مصرف سیگار مادر، سابقه مصرف سیگار پدر، سابقه مصرف مکمل در دوران بارداری، سابقه بیماری قلبی مادر، سابقه بیماری قلبی پدر، سابقه بیماری قلبی در خانواده پدری، سابقه بیماری قلبی در خانواده مادری، سابقه بیماری قلبی در فرزندان دیگر، سابقه مرده‌زایی یا سقط در مادر، سابقه بیماری‌های مادر، سابقه مصرف دارو توسط مادر در دوران بارداری به منظور بررسی عوامل مرتبط از پرونده نوزاد استخراج شد. اندازه‌گیری اشباع اکسیژن به وسیله پالس اکسیمتری توسط پرسنل مجرب و آموزش دیده بخش نوزادان از تمامی نوزادان به ظاهر سالم در هنگام ترخیص به شرطی که حداقل ۴ ساعت از زمان تولد آن‌ها گذشته بود از دست و پای راست آن‌ها انجام شد و تفسیر نتایج بر طبق گایدلاین پالس اکسیمتری، نوزادان از نظر سطح اشباع اکسیژن انجام شد (۱۵). همچنین نوزادان با نتیجه مثبت تحت پیگیری ۳ ماه پس از انجام پالس اکسیمتری قرار گرفتند. طبق دستورالعمل بین‌المللی پروب مخصوص نوزاد درحالی که نوزاد آرام و بیدار بود به دست یا پای او وصل می‌شد و پس از تثبیت عدد روی مانیتور عدد ثبت می‌شد به منظور اطمینان از یکسان بودن نحوه اندازه‌گیری توسط پرستاران از روش مشاهده هم‌زمان استفاده شد و نتایج اطمینان بالای ۰/۹۹ را نشان داد. در این مطالعه برای پالس اکسیمتری مدل Medisana PM100 از پروب مخصوص نوزاد که بر روی شست دست راست و پای راست نوزاد، استفاده شد. طبق پروتکل ۲۰۱۷ اگر درصد اشباع اکسیژن شریانی در هر دو ناحیه بیشتر از ۹۴ درصد و اختلاف بین دست و پا کمتر از ۳ درصد بود، نتیجه منفی و نوزاد نرمال بوده و نیاز به اقدام خاصی نداشت. در صورتی که اشباع اکسیژن شریانی (SPO₂) بین ۹۴-۹۰ درصد و اختلاف بین دست و پا بیش‌تر از ۲ درصد بود، اگر بدون علائم بالینی بود مجدداً ۱ تا ۲ ساعت بعد اندازه‌گیری می‌شد. اگر مجدد SPO₂ کمتر از ۹۵ درصد و اختلاف دست و پا بیش‌تر از ۲ درصد بود، نتیجه آزمون مثبت در نظر گرفته می‌شد و جهت بررسی‌های بیشتر به متخصص قلب و عروق ارجاع داده می‌شد. همچنین در صورتی که در اولین اندازه‌گیری SPO₂ کمتر از ۹۵ درصد و همراه با علائم بالینی بود، نتیجه مثبت و نوزاد جهت بررسی‌های بیشتر به متخصص ارجاع می‌شد (۱۵). نوزادانی که در غربالگری نتیجه مثبت داشتند ۳ ماه پس از انجام غربالگری، نوزادان دارای نتیجه مثبت پیگیری شدند. یافته‌های پژوهش با استفاده از نرم‌فزار SPSS22 در دو بخش توصیفی (میانگین، انحراف معیار و جدول توزیع فراوانی) و استنباطی شامل رگرسیون چند متغیره تحلیل شد و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در این مطالعه ۳۵۷ نوزاد ترم و اواخر نارس مورد مطالعه قرار گرفتند. در این مطالعه ۰/۰۶ درصد (۲ نوزاد) پالس اکسیمتری آن‌ها از نظر بیماری مادرزادی قلبی مثبت و ۹۹/۴ درصد منفی بود. از نظر سطح اشباع اکسیژن ۹۵/۵ درصد (۳۴۱ نوزاد) سطح اشباع اکسیژن بالای ۹۴ درصد، ۱۶ مورد در مرحله اول بررسی پالس اکسیمتری، اشباع اکسیژن کمتر از ۹۴ درصد داشته‌اند که ۱۴ مورد (۳/۹ درصد) در مرحله دوم سطح اشباع بالای ۹۴ درصد و ۲ نوزاد (۰/۶ درصد) اشباع اکسیژن کمتر از ۹۰ درصد داشتند که مثبت اعلام شدند. این دو نوزاد نیز پس از انجام بررسی‌های لازم و معاینه مجدد و پیگیری پس از ۳ ماه، نقص دیواره بین دهلیزی^۱ خفیف داشته ولی نیاز به اقدام درمانی برای نوزاد نبود. طبق یافته‌های پژوهش حاضر ۰/۰۶ درصد نوزادان نتیجه مثبت داشتند که مورد CCHD در این مطالعه یافت نشد. ارتباط بین متغیرهای دموگرافیک مادری با درصد اشباع اکسیژن خون شریانی نوزاد، نتایج در جدول شماره ۱ و ارتباط بین متغیرهای دموگرافیک نوزادی با درصد اشباع اکسیژن خون شریانی نوزاد، در جدول شماره ۲ آورده شده است.

¹ Atrial Septal Defect (ASD)

جدول شماره ۱: تحلیل رگرسیونی متغیرهای دموگرافیک مادران بر سطح اشباع اکسیژن خون

نام متغیر	ضریب بتا	خطای معیار	مقدار احتمال
سن مادر	۰/۰۷۴	۰/۰۳۸	۰/۰۵۲
تعداد فرزندان	۰/۰۶۳	۰/۲۵۲	۰/۸۰۲
شغل مادر			
کارمند	۰/۰۶۱	۰/۹۷۳	۰/۹۵۱
سایر	-۰/۲۹۵	۱/۸۲۶	۰/۸۷۲
سطح تحصیلات مادر			
ابتدایی	۴/۸۸	۱/۲۱	۰/۰۰۵*
سیکل	۴/۵۲	۱/۱۷	۰/۰۰۵*
دیپلم	۴/۵۲	۱/۱۹	۰/۰۰۵*
فوق دیپلم	۵/۱۰	۱/۵۰	۰/۰۰۵*
لیسانس	۵/۰۴	۱/۲۷	۰/۰۰۵*
فوق لیسانس	۴/۵۱	۳/۶۹	۰/۲۲۳
دکتری	۴/۴۶	۳/۸۶	۰/۲۴۹
استعمال سیگار توسط مادر			
خیر	۴/۵۲	۲/۹۷	۰/۰۰۵*
سابقه بیماری قلبی مادر			
خیر	۱۹/۱۶	۲/۳۳	۰/۰۰۵*
سابقه بیماری قلبی خانواده مادری			
خیر	-۰/۶۳	۰/۵۱	۰/۲۱۵
سقط			
خیر	۳/۱۸	۱/۱۲	۰/۰۰۵*
تعداد سقط	۲/۱۴	۰/۸۳	۰/۰۱۱*
مرده زایی			
خیر	۲۷/۹۲	۲/۶۵	۰/۰۰۵*
تعداد مرده زایی	۲۰/۷۴	۲/۳۲	۰/۰۰۵*
سایر بیماری های مادر			
هیپوتیروئید	-۱/۵۵	۰/۹۹	۰/۱۲۱
دیابت	-۰/۸۶	۱/۳۱	۰/۵۱۱
فشارخون بالا	-۰/۷۷	۰/۹۹	۰/۴۳۶
سایر بیماری های مادر	۵/۲۳	۱/۳۶	۰/۰۰۵
وجود دو اختلال همزمان در مادر	-۰/۱۸	۲/۲۹	۰/۹۳۷
مصرف دارو در بارداری			
خیر	-۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۳۲۷
مصرف مکمل در بارداری			
خیر	۲/۷۸	۰/۹۵	۰/۰۰۴

جدول شماره ۲: تحلیل رگرسیونی متغیرهای دموگرافیک نوزاد بر درصد سطح اشباع اکسیژن خون

نام متغیر	ضریب بتا	خطای معیار	مقدار احتمال
سن نوزاد برحسب ساعت	۰/۰۲۵	۰/۰۱۵	۰/۰۹۳
رتبه تولد نوزاد	۰/۱۶۴	۰/۱۵۲	۰/۲۸۳
سن بارداری نوزاد	۱/۳۱۹	۰/۰۹۲	۰/۰۰۵
جنسیت			
مونث	۰/۲۰۲	۰/۲۹۸	۰/۴۹۹
علائم و نشانه‌ها			
مشکل در شیرخوردن	۵/۳۹	۳/۳۲۱	۰/۱۰۶
هیچکدام از علائم	۹/۲۸۳	۱/۸۹۱	۰/۰۰۵
تعداد تنفس نوزاد	۰/۰۷۷	۰/۰۲۴	۰/۰۰۲
ضریب قلب نوزاد	۰/۰۲۸	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷
نوع زایمان			
سزارین	۱/۵۱۳	۰/۳۰۶	۰/۰۰۵
آپگار دقیقه اول	-۰/۱۶۶	۰/۴۸۲	۰/۷۳۰
آپگار دقیقه پنجم	۲/۹۱۸	۰/۶۱۴	۰/۰۰۵

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد در ارتباط با تعیین سطح اشباع اکسیژن خون توسط پالس اکسی متری در نوزادان سالم قبل از ترخیص در بیمارستان‌های استان گلستان، ۲ مورد نوزاد به ظاهر سالم نتیجه مثبت داشتند. تنها مطالعه مشابه که در ایران انجام شده، مطالعه مصیبی و همکاران در بیمارستان امام خمینی تهران بود. نتایج آن کمتر از مطالعه حاضر گزارش شده است که می‌تواند به دلیل تفاوت در موقعیت جغرافیایی باشد (۱۶). همین تفاوت نشان می‌دهد نیاز به انجام مطالعات در سایر استان‌های کشور نیز وجود دارد تا نمای کلی بروز بیماری‌های قلبی در نوزادان به ظاهر سالم در کشور به دست آید. در مطالعه‌ای که توسط گونزالس و همکاران در سال ۲۰۱۸ نیز پالس اکسی متری در ۵۳ نوزاد (۵/۵ درصد) به عنوان غربالگری مثبت در نظر گرفته شده است که بیشتر از مطالعه حاضر است (۱۷). همچنین مطابق مرور سیستماتیک که توسط پلانا و همکاران در سال ۲۰۱۸ انجام شده است که مطالعات مشابه زیادی را مورد بررسی و جمع‌بندی قرار داده‌اند، به این نتیجه رسیدند که ۹۴ درصد موارد، سطح اشباع اکسیژن بالای ۹۵ درصد در اندازه‌گیری پالس اکسی متری داشته‌اند (۱۸) که کمتر از مقدار تعیین شده در این پژوهش است. در مطالعه کیم در اندازه‌گیری دوم سطح اشباع اکسیژن در نوزادان با سطح اشباع اکسیژن کمتر از ۹۵ درصد، ۱۰۴ نوزاد (۲/۷ درصد)، سطح اشباع اکسیژن کمتر از ۹۵ درصد داشتند و به عنوان غربالگری مثبت تحت اکوکاردیوگرافی قرار گرفتند که بیشتر از مطالعه ما گزارش شد (۱۹).

در مطالعه کراسی و همکاران، غربالگری پالس اکسی متری را در زایمان‌های در منزل پس از معرفی به خدمات زنان زایمان در ژانویه ۲۰۱۴ بررسی کردند. ۹۰ کودک متولد شده در منزل وارد مطالعه شدند که ۸۶ نوزاد (۹۶ درصد) دارای غربالگری منفی بودند که کمتر از مطالعه حاضر می‌باشد (۲۰). در مطالعه جاوین و همکاران سطح اشباع اکسیژن بالای ۹۵ درصد را ۹۹/۷۲ درصد گزارش کردند که در این مطالعه، بیشتر از مطالعه حاضر می‌باشد و ۰/۲۸ درصد نوزادان غربالگری مثبت با اشباع اکسیژن کمتر از ۹۵ درصد گزارش کرده است که در مقایسه با مطالعه حاضر کمتر گزارش شده است (۲۱).

بر طبق مطالعه لاست و همکاران در سال ۲۰۱۴ که غربالگری پالس اکسی متری را در نوزادان متولد شده در خارج از بیمارستان اجرا نمودند، به این نتیجه رسیدند که از ۴۳۲ نوزاد دارای معیار ورود به غربالگری، ۵ نوزاد (۱۱/۱ درصد) در مرحله اول با شکست مواجه شدند و ۳ نوزاد (۰/۶ درصد) در مرحله دوم، سطح اشباع اکسیژن کمتر از ۹۵ درصد داشته و به عنوان غربالگری مثبت در نظر گرفته شدند که با مطالعه حاضر یکسان می‌باشد (۲۲).

همچنین در مطالعه‌ی مصیبی و همکاران در سال ۲۰۱۲ در بیمارستان شبیه‌خوانی کاشان، ۱۵۰۶ نوزاد وارد برنامه غربالگری پالس اکسی متری از دست یا پای راست شدند. از ۱۵۰۶ نوزاد، ۱۴۰۶ نوزاد (۹۳/۳ درصد) سطح اشباع اکسیژن بالای ۹۵ درصد داشتند که در مقایسه با مطالعه حاضر کمتر می‌باشد (۲۳).

بنابراین براساس گزارش مطالعاتی که ذکر شد که در اکثر مطالعات میزان سطح اشباع اکسیژن اغلب نوزادان (بالای ۹۰ درصد نوزادان) بالای ۹۴ درصد می‌باشد، که در این مطالعه نیز همین نتیجه به دست آمد. در ارتباط با پیگیری نوزادان با غربالگری مثبت سه ماه پس از ارزیابی اشباع اکسیژن با استفاده از غربالگری پالس اکسی‌متری، نتایج نشان داد که دو مورد از ۳۵۷ نمونه (۰/۶ درصد) غربالگری مثبت داشتند که طی بررسی و پیگیری پس از ۳ ماه، هر دو نوزاد با وجود ASD خفیف و عدم نیاز به بستری، ترخیص و در منزل تحت نظر قرار گرفتند. بنابراین در مطالعه حاضر هیچ مورد CCHD یافت نشد. در مطالعه مصیبی و همکاران در سال ۲۰۲۰، ۱۰ مورد غیرطبیعی پالس اکسی‌متری شناسایی شد که از ۱۰ مورد، ۳ مورد مشکل قلبی (جایجایی سرخرگ‌های بزرگ، نقص دیواره بطنی و نقص دیواره بطنی به همراه هیپرتانسیون ریوی)، ۳ مورد مشکل غیرقلبی (تنگی مری، هیپوگلیسمی، هیپرتانسیون ریوی دائمی به همراه سپسیس) و ۴ مورد سالم بودند. بر طبق مطالعه مصیبی ۳ نوزاد (۰/۷ درصد) مبتلا به CCHD شناسایی شدند که بیشتر از مطالعه حاضر گزارش شده است (۱۶).

با توجه به نتیجه مطالعه که مورد CCHD در بین موارد غربالگری مثبت یافت نشد، در مطالعه گونزالس نیز اکوکاردیوگرافی برای ۴۹ نوزاد که غربالگری مثبت داشتند، انجام شد. از ۴۹ نوزاد، ۱۴ نوزاد اختلاف اشباع اکسیژن پره داکتال و پست داکتال بیشتر از ۳ درصد داشته و ۱۰ نوزاد اکوکاردیوگرافی پاتولوژیک داشتند. ۳۵ نوزاد دیگر که غربالگری مثبت داشتند، سالم بودند. هیچ مورد CHD یافت نشد. مشابه و همسو با مطالعه ما می‌باشد (۱۷). در مطالعه مروری پلانا و همکاران نیز به این نتیجه رسیدند که از ۱۰۰۰۰ نوزاد، ۶ مورد مبتلا به CCHD بوده که پالس اکسی‌متری ۵ مورد آن را به درستی تشخیص می‌دهد (۱۸). در مطالعه ویلیامز و همکاران که به بررسی نتایج غربالگری در خارج از بیمارستان پرداخته بودند، اثربخشی انجام این روش راحتی خارج از محیط بیمارستان تأیید کردند (۲۴). شواهد موجود از صحت ثابت برای تشخیص CCHDs در نوزادان توسط غربالگری پالس اکسی‌متری و سونوگرافی قبل از زایمان و معاینه بالینی پشتیبانی می‌کند. به طور کلی، تشخیص زودهنگام CCHD با پالس اکسی‌متری مفید و مقرون به صرفه است و آسیب‌های احتمالی مرتبط با آزمایش‌های مثبت کاذب جدی نیستند، در حالی که CCHD های کشف نشده و سایر بیماری‌های جدی تشخیص داده شده توسط هیپوکسمی در غیاب غربالگری پالس اکسی‌متری می‌تواند. به عواقب جدی منجر شود (۲۵).

در مطالعه حاضر بین بیماری‌های مادر و سابقه خانوادگی ارتباط معنادار وجود داشت. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با سایر مطالعات نشان می‌دهد در برخی موارد همسو (۲۶، ۲۷) و در برخی موارد ناهمسو (۱۶، ۱۹) بوده که می‌تواند احتمالاً بدلیل تفاوت جمعیت مورد مطالعه باشد. یکی از عواملی که در مطالعه حاضر با نتایج غربالگری ارتباط معنی‌دار نشان داد نوع زایمان بود که تأییدکننده مطالعات گذشته است که با هدف تعیین ارتباط عوامل مادری با اکسیژن شریانی نوزاد انجام شده بود (۲۸-۳۰). از جمله عوامل نوزادی که با اکسیژن شریانی ارتباط معنی‌داری نشان داد تعداد تنفس و ضربان قلب نوزاد بود که هم‌راستا با نتایج مطالعه ماسا باک و همکاران بود (۳۱). از جمله عوامل مادری که در مطالعه حاضر با سطح اکسیژن شریانی نوزاد ارتباط نشان داد سابقه مرده‌زایی، سقط و بیماری قلبی مادر بود که نتایج مطالعه چو و همکاران نیز تأیید کننده نتایج مطالعه حاضر است (۳۲). همچنین نتایج مشابهی در سایر مطالعات نیز به دست آمده است (۳۳-۳۶).

در خصوص معنی‌داری سطح تحصیلات مادر و سطح اشباع اکسیژن نوزاد مطالعه مشابهی یافت نشد. احتمال دارد این متغیر، به‌عنوان یک متغیر واسطه با تأثیر بر متغیرهایی مثل رفتارهای جستجو کننده سلامتی و سایر عوامل اجتماعی تأثیرگذار بر سلامت بر متغیر سطح اشباع اکسیژن نوزاد تأثیرگذار بوده (۳۷) که نیاز به مطالعات بیشتر در این زمینه وجود دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که استفاده از پالس اکسی‌متری به عنوان ابزاری جهت شناسایی بیماری مادرزادی سیانوتیک قلبی ابزاری مفید و کاربردی بوده و با حساسیت و ویژگی بالا و موارد مثبت کاذب پایین و تهاجمی نبودن، به عنوان وسیله‌ای غیرتهاجمی با استقبال والدین و پرسنل درمانی روبرو می‌شود. همچنین با توجه به ارتباط معنادار با سابقه بیماری در خانواده مادری می‌توان نتیجه گرفت که با گرفتن شرح حال مناسب از خانواده مادر می‌توان با در نظر گرفتن احتمال بروز مشکلات قلبی با دقت بیشتری نوزاد را تحت نظر گرفت. با در نظر گرفتن ارتباط بین آپگار دقیقه پنجم نوزاد با اشباع اکسیژن خون شریانی باید دقت بیشتری در اندازه‌گیری اشباع اکسیژن و تکرار در صورت نیاز داشت. همچنین با دانستن علائم و نشانه‌های

احتمال وجود مشکل قلبی، دقت بیشتری در مراقبت از نوزاد قبل از ترخیص انجام داد. اما با توجه به تفاوت در نتایج مطالعات نیاز به مطالعات بیشتر در جمعیت‌های مختلف ضروری به نظر می‌رسد. از نقاط قوت مطالعه حاضر انجام مطالعه بصورت آینده‌نگر و چند مرکزی بود و برای اولین بار تصویری از بیماری‌های مادرزادی قلبی در نوزادان به ظاهر سالم در استان گلستان به‌دست داد اما محدودیت‌هایی نیز وجود داشت، به‌عنوان مثال، با توجه به بروز بیماری کووید-۱۹ مشکلات فراوان و بروز مشکل در روند نمونه‌گیری ایجاد شد و به دلیل مشغله پرستاران، امکان بررسی تمام نوزادان متولد شده در طی این دوسال وجود نداشت. لذا انجام مطالعات بعدی با حجم نمونه بزرگتر ضروری به نظر می‌رسد تا اطلاعات کامل‌تر و جامع‌تری از وضعیت استان گلستان به‌دست آید.

همچنین به سیاستگذاران سلامت نوزادان پیشنهاد می‌شود غریبالگری پالس اکسیمتری بعنوان یکی از غریبالگری‌های الزامی بدو تولد در کشور ابلاغ شود.

حمایت مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه علوم پزشکی ایران به شماره (۹۷-۴-۳-۱۳۶۳۶) در قالب پایان‌نامه نویسنده اول مقاله در کارشناسی ارشد مراقبت‌های ویژه نوزادان انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی پژوهش: نویسنده اول و دوم. جمع‌آوری داده‌ها: نویسنده دوم و سوم. تجزیه و تحلیل داده‌ها: نویسنده اول و دوم. ثبت داده‌ها در نرم افزار: نویسنده سوم. تجزیه، تحلیل و تفسیر نتایج و تهیه گزارش و نوشتن پیش نویس اصلی: نویسنده اول. بررسی و ویرایش نوشته: نویسنده دوم و سوم. مصور سازی و نظارت: نویسنده اول و دوم و مدیریت پروژه و تامین بودجه: نویسنده دوم و سوم.

همه‌ی نویسندگان نسخه‌ی منتشر شده‌ی مقاله را خوانده و با آن موافقت کردند. همه‌ی نویسندگان به‌طور یکسان در مفهوم‌سازی مقاله و نوشتن پیش‌نویس‌های اصلی و بعدی مشارکت داشته‌اند.

اعلامیه هوش مصنوعی مولد و فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در فرایند نگارش موردی وجود ندارد.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایران با اخذ کد اخلاق (IR.IUMS.REC.1397.781) تایید شده‌است. نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار پژوهش رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌هاست.

بیانیه دسترسی به داده‌ها

داده‌های پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان قابل دسترسی است.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران مراتب تشکر خود را از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی گلستان و بیمارستان‌های تابعه و والدین نوزادان که امکان انجام مطالعه حاضر را مقدور نمودند اعلام می‌دارند.

References

1. Boyle B, Addor M-C, Arriola L, Barisic I, Bianchi F, Csáky-Szunyogh M, et al. Estimating Global Burden of Disease due to congenital anomaly: an analysis of European data. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*. 2018;103(1):F22-F8. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2016-311845>
2. Gunaratne C, Hewage I, Fonseka A, Thennakoon S. Comparison of pulse oximetry screening versus routine clinical examination in detecting critical congenital heart disease in newborns. *Sri Lanka J Child Health*. 2021;50(1):04-11.
3. Wasserman MA, Shea E, Cassidy C, Fleishman C, France R, Parthiban A, et al. Recommendations for the adult cardiac sonographer performing echocardiography to screen for critical congenital heart disease in the newborn: from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2021;34(3):207-22. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.12.005>
4. Grosse SD, Riehle-Colarusso T, Gaffney M, Mason CA, Shapira SK, Sontag MK, et al. CDC grand rounds: newborn screening for hearing loss and critical congenital heart disease. *MMWR Morbidity and mortality weekly report*. 2017;66(33):888. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6633a4>
5. Peyvandi S, Lim JM, Marini D, Xu D, Reddy VM, Barkovich AJ, et al. Fetal brain growth and risk of postnatal white matter injury in critical congenital heart disease. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2021;162(3):1007-14. e1. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.09.096>
6. Kemper AR, Lam WK, Bocchini JA. The success of state newborn screening policies for critical congenital heart disease. *Jama*. 2017;318(21):2087-8. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.20672>. PMID: 29209703
7. Singh Y, Chen SE. Impact of Pulse Oximetry Screening to Detect Congenital Heart Defects: 5 Years' Experience in a Regional Neonatal Unit in the UK. 2021. <https://doi.org/10.1007/s00431-021-04275>
8. Kluckow M. Barriers to the implementation of newborn pulse oximetry screening: A different perspective. *International journal of neonatal screening*. 2018;4(1):4. <https://doi.org/10.3390/ijns4010004>
9. Gopalakrishnan S, Karmani S, Pandey A, Singh N, Kumar JR, Praveen R, et al. Pulse oximetry screening to detect critical congenital heart diseases in asymptomatic neonates. *Medical Journal Armed Forces India*. 2021;77(2):214-9. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2020.09.004>
10. Ewer A. Pulse Oximetry Screening for Critical Congenital Heart Defects: A Life-Saving Test for All Newborn Babies. *International Journal of Neonatal Screening*. 2019;5(1):14. <https://doi.org/10.3390/ijns5010014>
11. Irani M, Khadivzadeh T, Asghari Nekah SM, Ebrahimipour H, Tara F. The prevalence of congenital anomalies in Iran: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*. 2018;21(Supple):29-41. <https://doi.org/10.22038/ijogi.2018.11619>
12. Kavianyn N, Mirfazeli A, Aryaie M, Hosseinpour K, Golalipour MJ. Incidence of birth defects in Golestan province. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2016;17(4):73-7.
13. Navabi ZS, Ahmadi A, Sabri MR. Investigate physicians' awareness about newborn pulse oximetry screening for early detection of congenital heart disease. 2021.
14. Abbas A, Ewer AK. New born pulse oximetry screening: A global perspective. *Early Human Development*. 2021:105457.
15. Martin GR, Ewer AK, Gaviglio A, Hom LA, Saarinen A, Sontag M, et al. Updated strategies for pulse oximetry screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics*. 2020;146(1).

16. Mosayebi Z, Movahedian AH, Amini E, Akbari Asbagh P, GhorbanSabagh V, Shariat M, et al. Evaluation of Pulse Oximetry in the Early Diagnosis of Cardiac and NonCardiac Diseases in Healthy Newborns. *Iranian Journal of Neonatology IJN*. 2020;11(1):43-50.
17. González-Andrade F, Echeverría D, López V, Arellano M. Is pulse oximetry helpful for the early detection of critical congenital heart disease at high altitude? *Congenital heart disease*. 2018;13(6):911-8. <https://doi.org/10.1111/chd.12654>
18. Plana MN, Zamora J, Suresh G, Fernandez-Pineda L, Thangaratinam S, Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects. *Cochrane Database of systematic reviews*. 2018(3). <https://doi.org/10.1002/14651858>
19. Kim JS, Ariefdjohan MW, Sontag MK, Rausch CM. Pulse oximetry values in newborns with critical congenital heart disease upon ICU admission at altitude. *International Journal of Neonatal Screening*. 2018;4(4):30. <https://doi.org/10.3390/ijns4040030>
20. Cawsey M, Noble S, Cross-Sudworth F, Ewer A. Feasibility of pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in homebirths. *Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition*. 2016;101(4): F349-F51. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2015-309936>
21. Jawin V, Ang H-L, Omar A, Thong M-K. Beyond critical congenital heart disease: newborn screening using pulse oximetry for neonatal sepsis and respiratory diseases in a middle-income country. *PLoS One*. 2015;10(9): e0137580. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137580>
22. Lhost JJ, Goetz EM, Belling JD, van Roojen WM, Spicer G, Hokanson JS. Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease in planned out-of-hospital births. *The Journal of pediatrics*. 2014;165(3):485-9. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.05.011>
23. Mosayebi Z, Movahedin AH, Safari A, Akbari H. Evaluation of the result of hand and foot pulse oximetry in the early detection of cyanotic congenital heart diseases in newborns delivered at Kashan Shabihkhani hospital during the first 6 months of 2006. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2012;19(101):15-22.
24. Williams KB, Horst M, Hollinger EA, Freedman J, Demczko MM, Chowdhury D. Newborn Pulse Oximetry for Infants Born Out-of-Hospital. *Pediatrics*. 2021. 2021;148(4). <https://doi.org/10.1542/peds.2020-048785>
25. Jullien S. Newborn pulse oximetry screening for critical congenital heart defects. *BMC pediatrics*. 2021;21(1):1-9. <https://doi.org/10.1186/s12887-021-02520-7>
26. Lutz TL, Raynes-Greenow C, Gordon A. Saturation screening for neonatal hypoxaemia within 6 h of life: Not all about congenital cardiac disease. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 2021. <https://doi.org/10.1111/jpc.15639>
27. Menahem S, Sehgal A, Meagher S. Early detection of significant congenital heart disease: The contribution of fetal cardiac ultrasound and newborn pulse oximetry screening. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 2021;57(3):323-7. <https://doi.org/10.1111/jpc.15355>
28. Tiwari S, Tiwari S, Nangia S, Saili A. Oxygen Saturation Profile in Healthy Term Neonates in the Immediate Post Natal Period 2013.
29. Mahato S, Chaudhary N, Lama S, Agarwal K, Bhatia B. Relationship of oxygen saturation with neonatal and maternal factors in vaginal and cesarean deliveries. *J Nepal Med Assoc*. 2015; 53:184-7. PMID: 27549502
30. Bhargava R, Mathur M, Patodia J. Oxygen saturation trends in normal healthy term newborns: normal vaginal delivery vs. elective cesarean section. *Journal of perinatal medicine*. 2018;46(2):191-5. <https://doi.org/10.1515/jpm-2016-0373>
31. Massa-Buck B, Amendola V, McCloskey R, Rais-Bahrami K. Significant Correlation between Regional Tissue Oxygen Saturation and Vital Signs of Critically Ill Infants. *Frontiers in Pediatrics*. 2017;5(276). <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00276>

32. Chu R, Chen W, Song G, Yao S, Xie L, Song L, et al. Predicting the risk of adverse events in pregnant women with congenital heart disease. *Journal of the American Heart Association*. 2020;9(14): e016371. <https://doi.10.1161/JAHA.120.016371>
33. van Hagen IM, Roos-Hesselink JW, Donvito V, Liptai C, Morissens M, Murphy DJ, et al. Incidence and predictors of obstetric and fetal complications in women with structural heart disease. *Heart*. 2017;103(20):1610-8. <https://doi.10.1136/heartjnl-2016-310644>
34. Frederiksen LE, Ernst A, Brix N, Lauridsen LLB, Roos L, Ramlau-Hansen CH, et al. Risk of adverse pregnancy outcomes at advanced maternal age. *Obstetrics & Gynecology*. 2018;131(3):457-63. <https://doi.10.1097/AOG.0000000000002504>
35. Owens A, Yang J, Nie L, Lima F, Avila C, Stergiopoulos K. Neonatal and maternal outcomes in pregnant women with cardiac disease. *Journal of the American Heart Association*. 2018;7(21): e009395. <https://doi.10.1161/JAHA.118.009395>
36. Jin X, Ni W, Wang G, Wu Q, Zhang J, Li G, et al. Incidence and risk factors of congenital heart disease in Qingdao: a prospective cohort study. *BMC public health*. 2021;21(1):1-10. <https://doi.10.1186/s12889-021-11034-x>
37. Ahmad R, Zhu NJ, Lebcir RM, Atun R. How the health-seeking behaviour of pregnant women affects neonatal outcomes: findings of system dynamics modelling in Pakistan. *BMJ global health*. 2019;4(2): e001242. <https://doi.10.1136/bmjgh-2018-001242>