



تأثیر تکنولوژی های نوین در بهبود قابلیت تشخیصی اکوکاردیوگرافی در تشخیص اختلالات قلبی جنین؛ یک مطالعه مروری

رضا گرامی: استادیار، گروه رادیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران، تهران، ایران. (* نویسنده مسئول) rezagerami64@gmail.com
علی صالحی: دستیار رادیولوژی، گروه رادیولوژی، دانشکده پزشکی، بیمارستان عمومی امام حسین، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

چکیده

کلیدواژه‌ها

اکوکاردیوگرافی جنین،
اختلالات قلبی جنین،
یادگیری ماشینی،
هوش مصنوعی،
معاینات کامپیوتری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶

تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۰۳/۲۳

زمینه و هدف: هدف از این مطالعه مروری، ارزیابی این موضوع است که چگونه فناوری‌های جدید می‌توانند توانایی اکوکاردیوگرافی در تشخیص نقص قلب جنین را بهبود بخشند.

روش کار: به منظور بررسی کامل اثرات فناوری‌های جدید بر ظرفیت‌های تشخیصی اکوکاردیوگرافی جنین، یک مرور روایتی کامل با استفاده از روش‌شناسی سیستماتیک انجام شد. ما با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی دانشگاهی معروف مانند Web of Science، ScienceDirect، Springer، Scopus و Google Scholar جستجوی ادبیات گسترده‌ای انجام دادیم. رویکرد جستجو شامل کلمات کلیدی هدفمند مربوط به اکوکاردیوگرافی جنین، فناوری پیشرفته و پیشرفت در تشخیص است. به منظور ارتقای شمول، جستجوی سیستماتیک پایگاه‌های اطلاعاتی ملی مانند پایگاه اطلاعات علمی (SID)، نورمگز، ماگیران و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) را برای شناسایی آثار مرتبط انجام دادیم. معیارهای جستجو محدود به مقالات منتشر شده تا ژانویه ۲۰۲۳ بود که شامل مقالات انگلیسی و فارسی زبان بود.

یافته‌ها: این تحقیق نشان می‌دهد که STIC، به عنوان یک روش تصویربرداری سه‌بعدی پویا، امکان ضبط مداوم داده‌های حجمی از قلب جنین را فراهم می‌کند و تصاویر دقیق و دقیقی از ساختارها و شریان‌های قلب ارائه می‌کند. ادغام یادگیری ماشینی (ML) در اکوکاردیوگرافی جنین، دقت اندازه‌گیری‌های بیومتریک را بهبود می‌بخشد، زیرا سیستم‌های هوش مصنوعی در تشخیص ناهنجاری‌های مادرزادی قلب با استفاده از تصاویر معمولی مهارت دارند. علاوه بر این، استفاده از ارزیابی‌های خودکار و یادگیری عمیق پتانسیل آنها را برای بررسی دقیق سیستم‌های قلبی جنین نشان می‌دهد. این ادغام فناوری، محققان و پرسنل پزشکی را قادر می‌سازد تا ارزیابی‌های دقیق‌تر و کامل‌تری از سلامت قلب جنین انجام دهند.

نتیجه‌گیری: نتایج به وضوح نشان می‌دهد که استفاده از فناوری مدرن در اکوکاردیوگرافی جنین نه تنها فرآیندهای تشخیصی را بهبود می‌بخشد، بلکه تأثیر مهمی در بهبود درمان و مدیریت مؤثر بیماری‌های قلبی جنین دارد. ادغام فناوری تصویربرداری و هوش مصنوعی پتانسیل قابل توجهی برای بهبود استانداردهای تشخیصی دارد، بنابراین کیفیت کلی مراقبت از جنین را بالا می‌برد. نتایج بر تأثیر انقلابی بالقوه این فناوری‌ها در حوزه اکوکاردیوگرافی جنین تأکید می‌کند.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت‌کننده: حامی مالی ندارد.

شیوه استناد به این مقاله:

Gerami R, Salehi A,. The Impact of New Technologies in Improving the Diagnostic Capability of Echocardiography in the Diagnosis of Fetal Heart Disorders; a Review Study. Razi J Med Sci. 2022;29(3): 221-229.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با 3.0 CC BY-NC-SA صورت گرفته است.



Original Article

The Impact of New Technologies in Improving the Diagnostic Capability of Echocardiography in the Diagnosis of Fetal Heart Disorders; a Review Study

Reza Gerami: Assistant Professor, Department of Radiology, Faculty of Medicine, AJA University of medical science, Tehran, Iran. (* Corresponding author) Rezagerami64@gmail.com

Ali Salehi: Radiology Resident, Department of Radiology, School of Medicine, Imam Hossein General Hospital, Beheshti University of Medical Sciences: Tehran, Tehran, Iran.

Abstract

Background & Aims: Artificial intelligence (AI) plays an important role in the development of echocardiography for fetal heart disorders. Artificial intelligence, especially deep learning, has shown significant capabilities in reducing the time required for echocardiographic examinations, increasing diagnostic accuracy, and helping to identify anatomical changes and abnormalities in the fetal heart. In the field of fetal heart and blood vessels, artificial intelligence promises to improve prenatal diagnosis of congenital heart disease. This offers the potential to improve screening processes that lead to early diagnosis and intervention in cases of fetal heart disorders. Smart diagnosis based on echocardiography, along with artificial intelligence techniques such as heart segmentation and identification of standard heart parts, helps in more effective and accurate diagnosis. The integration of artificial intelligence in the prenatal diagnosis of congenital heart disease shows its application in improving diagnostic accuracy with continuous efforts in research to further increase its effectiveness. Prenatal diagnosis of congenital heart disease (CHD) in medicine seems to be a solved problem, although challenges continue. Factors affecting fetal congenital heart diseases (CHDs) are diverse and available data in this field are limited. A study of fetal circulatory physiology and brain development in individuals with fetal congenital heart disease provides valuable insights. Advances in prenatal management and intervention for congenital heart disease are the subject of ongoing research that discusses current knowledge, implications, and challenges. Additionally, ongoing investigations such as blood tests to detect dangerous fetal heart defects before birth show promising advances in diagnostic techniques. Over the past decade, there have been significant advances in the prenatal diagnosis of congenital heart defects. While the rate of prenatal diagnosis has increased significantly, some malformations with 3 abnormal vessels are challenging to identify prenatally. Advances in prenatal diagnostic techniques, such as fetal echocardiography, have played an important role in increasing the accuracy of assessing structural heart lesions and dysrhythmic mechanisms. The use of fetal echocardiography has contributed to the growing trend of prenatal diagnosis of congenital heart disease and highlights the impact of evolving diagnostic technologies. The majority of defects identified in fetal life are atrial and ventricular septal defects, and advances continue to address challenges in detecting minor defects. An analysis of the types and trends of prenatally diagnosed fetal heart disorders in the last decade provides insights into the prevalence and characteristics of different types of fetal heart disorders. The purpose of this review study is to evaluate how new technologies can improve the ability of echocardiography to diagnose fetal heart defects.

Methods: In order to thoroughly examine the effects of new technologies on the diagnostic capacities of fetal echocardiography, a full narrative review was conducted using a systematic methodology. We conducted an extensive literature search using well-known academic databases such as Web of Science, ScienceDirect, Scopus, Springer, and Google Scholar. The search approach included targeted keywords pertaining to fetal echocardiography, cutting-edge technology, and enhancements in diagnostics. In order to promote inclusion, we conducted a systematic search of national databases such as the Scientific Information Database (SID), NoorMags, Magiran, and the Islamic World Science Citation Database (ISC)

Keywords

Fetal Echocardiography,
Fetal Heart Disorders,
Machine Learning,
Artificial Intelligence,
Computerized Examinations

Received: 07/03/2022

Published: 13/06/2022

to identify relevant works. The search criteria were limited to papers published until January 2023, encompassing both English and Persian language articles.

Results: In the field of fetal echocardiography, machine learning (ML) brings significant improvements through its application in automated measurements. ML algorithms are effective in automating the measurement of cardiac biometrics and provide accurate assessment of fetal heart structures such as heart chambers. This not only increases efficiency but also ensures accuracy and helps sonographers achieve reliable measurements. Beyond biometrics, ML plays an important role in quality control by evaluating fetal telemedicine audio-visual systems (FTAS) through score-based systems. In addition, ML helps assess the learning curves of sonographers and ensures the quality and consistency of fetal echocardiographic examinations. The versatility of ML programs is evident in fully automated fetal lung ultrasound analysis and shows its ability to deal with various aspects of fetal health monitoring. Additionally, ML is important in hemodynamic quantification, with integrated and automated tools that use ML algorithms to quantify clinically relevant parameters such as B-mode-based pressure and pulse-wave Doppler hemodynamics. These advances underscore the transformative impact of ML in increasing the accuracy, efficiency, and comprehensiveness of fetal echocardiography. Computerized examinations in fetal echocardiography have made significant progress through the integration of machine learning. Studies suggest deep learning-based computer systems for automated echocardiographic examination of the fetal heart. These systems use ML algorithms to predict standard fetal heart shapes, views, and sections, providing valuable insights into congenital heart defects. FetalNet, a deep learning model, improves the detection of congenital heart disease using computer-aided segmentation of standard heart views. In addition, artificial intelligence has shown potential in improving prenatal diagnosis of congenital heart disease and contributing to better prenatal care. The use of deep learning for real cardiac object detection demonstrates the powerful capabilities of computer-aided ML methods in fetal echocardiographic analysis. This investigation demonstrates that STIC, functioning as a dynamic 3D imaging method, enables the ongoing capture of volumetric data from the fetal heart, providing accurate and detailed pictures of cardiac structures and arteries. The incorporation of machine learning (ML) in fetal echocardiography improves the precision of biometric measures, since artificial intelligence systems are skilled at detecting congenital heart abnormalities using conventional images. Moreover, the application of automated assessments and deep learning displays their potential to carefully examine fetal cardiac systems. This integration of technology enables researchers and medical personnel to do more accurate and thorough assessments of fetal cardiac well-being.

Conclusion: The results clearly demonstrate that using modern technology in fetal echocardiography not only enhances diagnostic processes but also has a crucial impact on enhancing treatment and effectively managing fetal cardiac diseases. The integration of imaging technology and artificial intelligence has significant potential for improving diagnostic standards, therefore raising the overall quality of fetal care. The results emphasize the potential revolutionary influence of these technologies on the domain of fetal echocardiography.

Conflicts of interest: None

Funding: None

Cite this article as:

Gerami R, Salehi A,. The Impact of New Technologies in Improving the Diagnostic Capability of Echocardiography in the Diagnosis of Fetal Heart Disorders; a Review Study. Razi J Med Sci. 2022;29(3): 221-229.

***This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.**

مقدمه

تشخیص پیش از تولد بیماری قلبی مادرزادی در پزشکی مسئله‌ای حل شده بنظر می‌رسد، اگرچه چالش‌ها همچنان ادامه دارد. عوامل مؤثر در بیماری‌های قلبی مادرزادی جنین متنوع هستند و داده‌های موجود در این زمینه محدود است (۱). مطالعه‌ای بر روی فیزیولوژی گردش خون جنین و رشد مغز در افراد مبتلا به بیماری قلبی مادرزادی جنین، بینش‌های ارزشمندی را ارائه می‌دهد (۲)؛ پیشرفت‌ها در مدیریت پیش از تولد و مداخله برای بیماری‌های مادرزادی قلبی موضوع تحقیقات مداوم است که دانش، پیامدها و چالش‌های فعلی را مورد بحث قرار می‌دهد (۳). به‌علاوه، کاوش‌های مداومی مانند آزمایش‌های خون برای شناسایی نقایص خطرناک قلب جنین قبل از تولد وجود دارد که پیشرفت‌های امیدوارکننده‌ای را در تکنیک‌های تشخیصی نشان می‌دهد (۴).

تشخیص به موقع CHD های حیاتی قبل از تولد امکان مدیریت بهتر نوزادان را فراهم می‌کند و خطر فروپاشی حاد قلبی عروقی را کاهش می‌دهد. سونوگرافی قبل از تولد، به ویژه اکوکاردیوگرافی جنین، نقش مهمی در تشخیص بیماری‌های قلبی عروقی در دوران بارداری ایفا می‌کند که منجر به افزایش نتایج پری ناتال برای نوزادان می‌شود (۵،۶). نرخ بقا و پیامدها بسته به نوع اختلال قلب جنین متفاوت است، با پیشرفت‌هایی در تشخیص قبل از تولد که به دقت بهتر در ارزیابی ضایعات ساختاری قلب و مکانیسم‌های دیس ریتمی کمک می‌کند (۷). علاوه بر این، نوزادانی که از مادران مبتلا به بیماری مادرزادی قلبی متولد می‌شوند با خطرات بیشتری روبرو هستند، که بر اهمیت تشخیص زودهنگام در طول مراقبت‌های دوران بارداری یا هنگام تولد برای مدیریت و نتایج بهتر تاکید می‌کند (۸).

در طول دهه گذشته، پیشرفت‌های قابل توجهی در تشخیص قبل از تولد نقایص مادرزادی قلبی وجود داشته است. در حالی که میزان تشخیص قبل از تولد به طور قابل توجهی افزایش یافته است، برخی از نقایص با ۳ عروق غیرطبیعی برای شناسایی قبل از تولد چالش برانگیز هستند (۹). پیشرفت‌ها در تکنیک‌های تشخیص قبل از تولد، مانند اکوکاردیوگرافی جنین، نقش مهمی در افزایش دقت در ارزیابی ضایعات ساختاری قلب و

مکانیسم‌های دیس ریتمی ایفا کرده است (۱۰). استفاده از اکوکاردیوگرافی جنین به روند رو به رشد تشخیص پیش از تولد بیماری قلبی مادرزادی کمک کرده است و تأثیر فناوری‌های تشخیصی در حال تکامل را برجسته می‌کند (۱۱). اکثر نقایص شناسایی شده در زندگی جنینی، نقایص سپتوم دهلیزی و بطنی هستند و پیشرفت‌ها همچنان به چالش‌ها در تشخیص نقص‌های جزئی رسیدگی می‌کنند. تجزیه و تحلیل انواع و روند اختلالات قلب جنینی تشخیص داده شده قبل از تولد در دهه گذشته بینش‌هایی را در مورد شیوع و ویژگی‌های انواع مختلف اختلالات قلب جنین نشان می‌دهد (۱۲).

روش‌های سنتی اکوکاردیوگرافی در

اختلالات قلب جنین: روش‌های سنتی اکوکاردیوگرافی نقش مهمی در تشخیص و ارزیابی اختلالات قلب جنین قبل از تولد دارند (۱۳). یک معاینه جامع اکوکاردیوگرافی جنین شامل یک رویکرد سیستماتیک، به حداکثر رساندن نماهای استاندارد قلب جنین برای ارزیابی کامل هر ساختار قلبی است (۱۴). ارزیابی قلب جنین اساساً بر اکوکاردیوگرافی دوبعدی تکیه دارد که با تکنیک‌های داپلر جریان رنگ و پالس تکمیل می‌شود. این رویکرد سنتی تصویربرداری دقیقی از ساختارهای قلب جنین ارائه می‌دهد و امکان شناسایی نقایص مادرزادی قلب را قبل از تولد فراهم می‌کند (۱۱). علاوه بر این، M-mode، پالس داپلر و بافت داپلر از جمله بسیاری از روش‌های اکوکاردیوگرافی هستند که برای ارزیابی عملکرد قلب جنین مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش‌ها در مجموع به تشخیص زودهنگام و مدیریت اختلالات قلب جنین کمک می‌کنند (۱۵).

روش‌های نوین اکوکاردیوگرافی در اختلالات

قلب جنین: پیشرفت‌های اخیر اکوکاردیوگرافی جنین به طور قابل توجهی توانایی‌های تشخیصی اختلالات قلب جنین را بهبود بخشیده است. ادغام هوش مصنوعی نقشی اساسی در افزایش دقت و تشخیص ناهنجاری‌هایی که ممکن است در غربالگری مرسوم پیش از تولد مورد توجه قرار نگیرند، ایفا کرده است (۱۶، ۱۷). علاوه بر این، روند افزایش استفاده از تکنیک‌های اکوکاردیوگرافی جنین وجود دارد که منجر به نرخ بالاتر تشخیص پیش از تولد بیماری‌های مادرزادی قلب می‌شود و تأثیر

اختلالات قلب جنین دارد. هوش مصنوعی، به ویژه یادگیری عمیق، قابلیت های قابل توجهی را در کاهش زمان مورد نیاز برای معاینات اکوکاردیوگرافی، افزایش دقت تشخیصی و کمک به شناسایی تغییرات آناتومیک و ناهنجاری ها در قلب جنین نشان داده است (۲۳، ۲۴). در زمینه قلب و عروق جنین، هوش مصنوعی نویدبخش بهبود میزان تشخیص قبل از زایمان بیماری مادرزادی قلب است. این پتانسیل را برای بهبود فرآیندهای غربالگری ارائه می دهد که منجر به تشخیص زودهنگام و مداخله در موارد اختلالات قلب جنین می شود (۲۵). تشخیص هوشمند مبتنی بر اکوکاردیوگرافی، همراه با تکنیک های هوش مصنوعی مانند تقسیم بندی قلب و شناسایی بخش های استاندارد قلب، به تشخیص مؤثرتر و دقیق تر کمک می کند (۲۶). ادغام هوش مصنوعی در تشخیص پری ناتال بیماری قلبی مادرزادی کاربرد آن را در بهبود دقت تشخیصی با تلاش های مداوم در تحقیقات برای افزایش بیشتر اثربخشی آن نشان می دهد (۲۷). اکوکاردیوگرافی مرکب، ادغام شده با هوش مصنوعی (AI)، نشان دهنده پیشرفت قابل توجهی در تصویربرداری قلب است. این رویکرد نوآورانه از الگوریتم های هوش مصنوعی برای افزایش دقت تشخیصی و اثربخشی غربالگری در شناسایی ساختارهای قلبی و ناهنجاری ها استفاده می کند. ادغام هوش مصنوعی در اکوکاردیوگرافی مرکب با هدف بهبود قابلیت های تشخیصی و غربالگری، به ویژه در زمینه بیماری قلبی مادرزادی جنین است (۲۸، ۲۹). تحقیقات پذیرش اکوکاردیوگرافی مرکب را تحت الگوریتم های هوش مصنوعی برای غربالگری بیماری قلبی مادرزادی جنین بررسی می کند و پتانسیل آن را به عنوان یک ابزار ارزشمند در تصویربرداری پزشکی نشان می دهد (۲۳). الگوریتم های هوش مصنوعی داده های اکوکاردیوگرافی مانند MRI قلب و اکوکاردیوگرام را تجزیه و تحلیل می کنند و امکان شناسایی دقیق تغییرات و ناهنجاری های آناتومیک را فراهم می کنند (۳۰). ادغام هوش مصنوعی در اکوکاردیوگرافی مرکب نه تنها فرآیند تشخیصی را ساده می کند، بلکه به تکامل تکنیک های تصویربرداری قلب

پیشرفت های تکنولوژی در این زمینه را نشان می دهد (۱۰). پیشرفت های پیشرفته شامل استفاده از اولتراسوند سه بعدی (3D) و چهار بعدی (4D)، فراهم کردن قابلیت های افزایش یافته تصویربرداری و نمایش، و کمک به بهبود تصویربرداری قلب جنین است (۱۸). این نوآوری ها در مجموع به ارزیابی دقیق تر و جامع تر سلامت قلب جنین کمک می کنند و به تشخیص زودهنگام و مدیریت بهتر اختلالات مادرزادی قلب کمک می کنند.

تجزیه و تحلیل ساختاری و ریتم در اکوکاردیوگرافی برای اختلالات قلب جنین: از

نظر آنالیز ریتم قلب جنین در اکوکاردیوگرافی، ارزیابی شامل ارزیابی ضربان قلب و ریتم جنین است که برای تشخیص ناهنجاری ها بسیار مهم است (۱۹). تکنیک های داپلر پالس معمولاً در ارزیابی ریتم قلب جنین با تکیه بر زمان بندی جریان خون برای نشان دادن فعالیت مکانیکی استفاده می شوند (۲۰، ۲۱). این رویکرد یکپارچه، تشخیص زودهنگام ناهنجاری های ساختاری قلب و اختلالات ریتم در جنین در حال رشد را امکان پذیر می سازد. پیشرفت های اخیر در اکوکاردیوگرافی جنین، روش های جدیدی را برای آنالیز ساختاری و ریتم در ارزیابی اختلالات قلب جنین معرفی کرده است. تکنیک های پیشرفته از روش های دو بعدی، M-mode، PW داپلر و داپلر بافتی برای ارزیابی جامع ریتم قلب جنین استفاده می کنند (۱۹). این رویکردهای پیچیده، که در مطالعات اکوکاردیوگرافی جنین ادغام شده اند، دقت تشخیص ناهنجاری ها را افزایش می دهند و به تشخیص زودهنگام و مداخله کمک می کنند. تلاش هایی برای بهبود دستورالعمل های غربالگری قلب جنین، به حداکثر رساندن تشخیص ناهنجاری های ساختاری با در نظر گرفتن تخصص و منابع موجود انجام شده است (۲۲). این پیشرفت ها بر اهمیت غربالگری موثر برای شناسایی مشکلات قلبی بالقوه در اوایل بارداری تأکید می کند.

نقش هوش مصنوعی (AI) در اکوکاردیوگرافی برای اختلالات قلب جنین: هوش مصنوعی (AI)
نقش مهمی در پیشرفت زمینه اکوکاردیوگرافی برای

تجربه معاینه کننده اشاره کرد (۳۳). این فناوری مجموعه داده‌های حجمی جامعی از قلب جنین را ذخیره می‌کند، تجزیه و تحلیل آفلاین را تسهیل می‌کند و سطوح قلب کاملاً هم‌تراز را بهینه می‌کند STIC. به ابزاری ارزشمند در ارزیابی ناهنجاری‌های قلبی جنین تبدیل شده است و دیدگاهی پویا و دقیق ارائه می‌کند که دقت تشخیص‌های قبل از تولد را افزایش می‌دهد (۳۲).

اندازه‌گیری خودکار در اکوکاردیوگرافی جنین: نقش یادگیری ماشینی: در حوزه اکوکاردیوگرافی جنین، یادگیری ماشینی (ML) از طریق کاربرد آن در اندازه‌گیری‌های خودکار، پیشرفت‌های چشمگیری را به همراه دارد. الگوریتم‌های ML در خودکارسازی اندازه‌گیری بیومتری قلب مؤثر هستند و ارزیابی دقیقی از ساختارهای قلب جنین مانند اتاق‌های قلب ارائه می‌کنند (۲۴). این نه تنها کارایی را افزایش می‌دهد، بلکه دقت را نیز تضمین می‌کند و به سونوگرافست‌ها در دستیابی به معیارهای قابل اعتماد کمک می‌کند. فراتر از بیومتریک، ML با ارزیابی سیستم بصری پزشکی از راه دور جنین (FTAS) از طریق سیستم‌های مبتنی بر امتیاز، نقش مهمی در کنترل کیفیت ایفا می‌کند (۲۵). علاوه بر این، ML به ارزیابی منحنی‌های یادگیری سونوگرافیک‌ها کمک می‌کند و از معاینات اکوکاردیوگرافی جنین با کیفیت و سازگاری اطمینان حاصل می‌کند (۳۵). تطبیق‌پذیری برنامه‌های ML در آنالیز سونوگرافی ریه جنین کاملاً خودکار مشهود است و توانایی آن را در پرداختن به جنبه‌های مختلف نظارت بر سلامت جنین نشان می‌دهد (۳۶). علاوه بر این، ML در تعیین کمیت همودینامیک، با ابزارهای یکپارچه و خودکار که از الگوریتم‌های ML برای تعیین کمیت پارامترهای مرتبط بالینی مانند فشار مبتنی بر حالت B و همودینامیک داپلر موج پالس استفاده می‌کنند، بسیار مهم است (۳۷). این پیشرفت‌ها بر تأثیر دگرگون‌کننده ML در افزایش دقت، کارایی و جامعیت اکوکاردیوگرافی جنین تأکید می‌کند.

معیانات کامپیوتری در اکوکاردیوگرافی جنین: معاینات کامپیوتری در اکوکاردیوگرافی جنین

نیز کمک می‌کند و یک راه امیدوارکننده برای پیشرفت‌های آینده در قلب و عروق ارائه می‌کند (۲۳). (۲۹)

فناوری همبستگی تصویر مکانی-زمانی: همبستگی تصویر مکانی-زمانی (STIC) یک فناوری تصویربرداری سه بعدی نوآورانه است که عمدتاً در زمینه قلب و عروق جنین کاربرد دارد. این فناوری که در ابتدا برای ارزیابی بالینی قلب جنین توسعه یافت، تصویری جامع و پویا از ساختارها و شریان‌های قلب ارائه می‌کند (۳۰). STIC از یک روش اولتراسوند ۴ بعدی استفاده می‌کند، که اجازه می‌دهد تا داده‌های حجمی از قلب جنین به دست آید و امکان بررسی دقیق مورفولوژی و عملکرد قلب را فراهم کند. از مزایای STIC می‌توان به سهولت استفاده و توانایی ضبط مجموعه داده‌های حجمی پیوسته در طول زمان اشاره کرد که تجزیه و تحلیل چرخه‌های قلبی را تسهیل می‌کند (۳۱). این فناوری به بهبود ارزیابی ناهنجاری‌های قلبی جنین کمک می‌کند و دقت تشخیص‌های قبل از تولد را افزایش می‌دهد. STIC کاربردهایی فراتر از قلب جنین پیدا کرده است که به سناریوهای مختلف تصویربرداری پزشکی گسترش یافته است (۳۲). این یک ابزار عملی و مؤثر برای به دست آوردن تصاویر سه بعدی دقیق با اطلاعات زمانی ارائه می‌دهد که به پیشرفت در قابلیت‌های تشخیصی کمک می‌کند (۳۳). با این وجود در عصر امروزی با توجه به پیشرفت‌های اخیر در حوزه فناوری این تکنولوژی جدید و نوآور محسوب نمی‌شود.

STIC با ارائه یک رویکرد تصویربرداری پیشرفته سه بعدی اکوکاردیوگرافی جنین را متحول کرده است. این شامل یک دستگاه خودکار است که در کاوشگر اولتراسوند ادغام شده است، که امکان دستیابی به مجموعه داده‌های حجمی سه بعدی پیوسته را در طول زمان فراهم می‌کند STIC (۳۴). امکان تجسم چرخه کامل قلب جنین در حرکت را فراهم می‌کند و بینش دقیقی را در مورد مورفولوژی و عملکرد قلب ارائه می‌دهد. از مزایای STIC می‌توان به افزایش حجم خودکار آن از طریق قلب جنین و کاهش وابستگی به

سیستم‌های قلبی جنین دارد. این ترکیب از تکنولوژی‌ها در مجموع، امکان بهبود کارایی و دقت تشخیص‌های پیش از تولد بیماری‌های مادرزادی قلب را فراهم می‌کند. در نهایت، این پیشرفت‌ها نه تنها به محققان امکان ارزیابی دقیق‌تر و جامع‌تر سلامت قلب جنین را می‌دهد بلکه به پزشکان در تصویربرداری و تشخیص زودهنگام مشکلات قلبی جنین کمک می‌کند. این ترکیب نوآورانه از تکنولوژی‌های تصویربرداری و هوش مصنوعی نه تنها به بهبود فرآیندهای تشخیصی کمک می‌کند بلکه در بهبود مراقبت و مدیریت بهتر موارد اختلالات قلبی جنین نیز نقش دارد.

References

1. Paul EA, Cohen J, Geiger MK. Cardiac problems in the fetus: a review for pediatric providers. *Curr Opin Pediatr*. 2022;35(5):523-530.
2. Sharma C, Burns J, Joshi K, Gupta M, Singh H, Agarwal A. Advances in the Prenatal Management of Fetal Cardiac Disease. *Children (Basel)*. 2022;9(6):812.
3. Bonnet D. Impacts of prenatal diagnosis of congenital heart diseases on outcomes. *Transl Pediatr*. 2021;10(8):2241-2249.
4. Eronen M. Outcome of fetuses with heart disease diagnosed in utero. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 1997;77(1):F41-6.
5. Kaur A, Hornberger LK, Fruitman D, Ngwezi DP, Chandra S, Eckersley LG. Trends in the Prenatal Detection of Major Congenital Heart Disease in Alberta From 2008-2018. *J Obstet Gynaecol Can*. 2022;44(8):895-900.
6. Choi HJ, Song MK, Lee SY, Kim GB, Bae EJ, et al. Trend of fetal echocardiography use and comparison of medical costs for congenital heart disease treatment based on fetal echocardiography use in a Korean single center. *Front Pediatr*. 2022;11:933623.
7. Donofrio MT, Moon-Grady AJ, Hornberger LK, Copel JA, Sklansky MS, Abuhamad A, Cuneo BF, et al; American Heart Association Adults With Congenital Heart Disease Joint Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young and Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Surgery and Anesthesia, and Council on Cardiovascular and Stroke Nursing. Diagnosis and treatment of fetal cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2014;129(21):2183-242.

از طریق ادغام یادگیری ماشینی (ML) پیشرفت چشمگیری داشته است. مطالعات سیستم‌های کامپیوتری مبتنی بر یادگیری عمیق را برای معاینه خودکار اکوکاردیوگرافی قلب جنین پیشنهاد می‌کنند (۳۸). این سیستم‌ها از الگوریتم‌های ML برای پیش‌بینی شکل‌ها، نماها و بخش‌های استاندارد قلب جنین استفاده می‌کنند و بینش‌های ارزشمندی را برای نقص‌های مادرزادی قلب ارائه می‌کنند (۳۹). FetalNet، یک مدل یادگیری عمیق، شناسایی بیماری‌های مادرزادی قلبی را با استفاده از تقسیم‌بندی به کمک رایانه در نماهای استاندارد قلب افزایش می‌دهد (۴۰). علاوه بر این، هوش مصنوعی پتانسیل را در بهبود میزان تشخیص پیش از تولد بیماری‌های مادرزادی قلبی نشان داده و به مراقبت‌های دوران بارداری بهتر کمک می‌کند (۳۶). استفاده از یادگیری عمیق برای تشخیص واقعی اشیاء قلبی، قابلیت‌های قوی روش‌های ML به کمک رایانه را در آنالیز اکوکاردیوگرافی جنین نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در نتیجه می‌توان گفت با توجه به ادغام فناوری همبستگی تصویر مکانی-زمانی (STIC)، تکنیک‌های یادگیری ماشینی (ML) و معاینات کامپیوتری در اکوکاردیوگرافی جنین، نتیجه می‌گیریم که این رویکرد یک پیشرفت مهم در امکان‌ات تشخیصی و ارزیابی سلامت قلب جنین ایجاد کرده است. استفاده از STIC به عنوان یک فناوری تصویربرداری سه بعدی پویا و جامع، امکان ثبت داده‌های حجمی پیوسته از ساختارهای قلب جنین را فراهم می‌کند، که باعث ارائه تصاویر دقیق و جامع از مورفولوژی و عملکرد قلب می‌شود. همچنین، ادغام تکنولوژی ML در اکوکاردیوگرافی جنین باعث بهبود دقت در اندازه‌گیری‌های بیومتری قلب می‌شود. این الگوریتم‌های هوش مصنوعی قادر به پیش‌بینی و شناسایی نقص‌های مادرزادی قلبی در نماهای استاندارد قلب هستند، که از نظر عملی برای محققین و پزشکان بسیار مهم است. استفاده از معاینات کامپیوتری و تکنولوژی یادگیری عمیق نیز نشان از توانایی آنها در تجزیه و تحلیل دقیق

Front Radiol. 2022;2:881777.

19. Garcia-Canadilla P, Sanchez-Martinez S, Crispi F, Bijmens B. Machine Learning in Fetal Cardiology: What to Expect. *Fetal Diagn Ther.* 2020;47(5):363-372.

20. Nurmaini S, Rachmatullah MN, Sapitri AI, Darmawahyuni A, Tutuko B, Firdaus F, Partan RU, Bernolian N. Deep Learning-Based Computer-Aided Fetal Echocardiography: Application to Heart Standard View Segmentation for Congenital Heart Defects Detection. *Sensors* (Basel). 2021;21(23):8007.

21. An S, Zhou X, Zhu H, Zhou F, Wu Y, Yang T, Liu X, Zhang Y, Jiao Z, He Y. Simultaneous Segmentation of Four Cardiac Chambers in Fetal Echocardiography. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2021;2021:3122-3126.

22. Hampson R, Botrous C, Chahal N, Senior R. Feasibility, efficacy and safety of exercise stress echocardiography during the COVID-19 pandemic. *Open Heart.* 2022;9(1):e001894.

23. Porcari A, De Angelis G, Romani S, Paldino A, Artico J, Cannatà A, Gentile P, Pinamonti B, Merlo M, Sinagra G. Current diagnostic strategies for dilated cardiomyopathy: a comparison of imaging techniques. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2019;17(1):53-63.

24. Marini D, van Amerom J, Saini BS, Sun L, Seed M. MR imaging of the fetal heart. *J Magn Reson Imaging.* 2020;51(4):1030-1044.

25. Hernandez-Andrade E, Patwardhan M, Cruz-Lemini M, Luewan S. Early Evaluation of the Fetal Heart. *Fetal Diagn Ther.* 2017;42(3):161-173.

26. Sun HY. Prenatal diagnosis of congenital heart defects: echocardiography. *Transl Pediatr.* 2021;10(8):2210-2224.

27. Westphal DS, Hauser M, Beckmann BM, Wolf CM, Hessling G, Oberhoffer-Fritz R, Wacker-Gussmann A. Fetal Bradycardia Caused by Monogenic Disorders-A Review of the Literature. *J Clin Med.* 2022;11(23):6880.

28. Tissot C, Singh Y. Neonatal functional echocardiography. *Curr Opin Pediatr.* 2020;32(2):235-244.

29. Ravi P, Fruitman D, Mills L, Colen T, Hornberger LK. Prenatal Diagnosis of the Criss-Cross Heart. *Am J Cardiol.* 2017;119(6):916-922.

30. Okutucu S, Fatihoglu SG, Lacoste MO, Oto A. Echocardiographic assessment in cardiogenic shock. *Herz.* 2021;46(5):467-475. English.

31. Alsharqi M, Woodward WJ, Mumith JA, Markham DC, Upton R, Leeson P. Artificial intelligence and echocardiography. *Echo Res Pract.* 2018;5(4):R115-R125.

32. Seetharam K, Raina S, Sengupta PP. The Role of Artificial Intelligence in Echocardiography. *Curr*

8. Canobbio MM, Warnes CA, Aboulhosn J, Connolly HM, Khanna A, Koos BJ, Mital S, Rose C, Silversides C, Stout K; American Heart Association Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Clinical Cardiology; Council on Cardiovascular Disease in the Young; Council on Functional Genomics and Translational Biology; and Council on Quality of Care and Outcomes Research. Management of Pregnancy in Patients With Complex Congenital Heart Disease: A Scientific Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation.* 2017;135(8):e50-e87.

9. Sun HY. Prenatal diagnosis of congenital heart defects: echocardiography. *Transl Pediatr.* 2021;10(8):2210-2224.

10. Day T, Charakida M, Simpson J. Using speckle-tracking echocardiography to assess fetal myocardial deformation: are we there yet? *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology.* 2019;54(5):575-81.

11. Chaoui R, Abuhamad A, Martins J, Heling KS. Recent Development in Three and Four Dimension Fetal Echocardiography. *Fetal Diagn Ther.* 2020;47(5):345-353.

12. Al-Fahham MM, Gad NA, Ramy ARM, Habeeb NM. Clinical utility of fetal echocardiography: an Egyptian center experience. *Egypt Heart J.* 2021;73(1):71.

13. Han G, Jin T, Zhang L, Guo C, Gui H, Na R, Wang X, Bai H. Adoption of Compound Echocardiography under Artificial Intelligence Algorithm in Fetal Congenial Heart Disease Screening during Gestation. *Appl Bionics Biomech.* 2022;2022:6410103.

14. Jone PN, Gearhart A, Lei H, Xing F, Nahar J, Lopez-Jimenez F, et al. Artificial Intelligence in Congenital Heart Disease: Current State and Prospects. *JACC Adv.* 2022;1(5):100153.

15. He Y, Wang J, Gu X, Zhang Y, Han J, Liu X, Li Z. Application of spatio-temporal image correlation technology in the diagnosis of fetal cardiac abnormalities. *Exp Ther Med.* 2013;5(6):1637-1642.

16. Nogué L, Gómez O, Izquierdo N, Mula C, Masoller N, Martínez JM, Gratacós E, Devore G, Crispi F, Bannasar M. Feasibility of 4D-Spatio Temporal Image Correlation (STIC) in the Comprehensive Assessment of the Fetal Heart Using FetalHQ®. *J Clin Med.* 2022;11(5):1414.

17. Ahmed BI. The new 3D/4D based spatio-temporal imaging correlation (STIC) in fetal echocardiography: a promising tool for the future. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2014;27(11):1163-8.

18. Nguyen MB, Villemain O, Friedberg MK, Lovstakken L, Rusin CG, Mertens L. Artificial intelligence in the pediatric echocardiography laboratory: Automation, physiology, and outcomes.

Cardiol Rep. 2020;22(9):99.

33. Karev EA, Malev EG, Verbilo SL, Prokudina MN. Shortness of Breath on Exertion: Diagnostic Possibilities of Stress Echocardiography. *Kardiologia*. 2021;61(2):62-68. Russian, English.

34. Aron-Said C, Opel MM, Alkon J. Fetal Diagnosis of Scimitar Syndrome in the Presence of Complex Congenital Heart Disease. *Pediatr Cardiol*. 2022;44(3):549-555.

35. Xia Y, Li X, Zhang H, Liu L, Fu L, Yan W, Li Q, Zhang Y, Yu M, Liu J, Fang P. Diagnostic Capability and Influence Factors for a New Electrocardiogram Criterion in the Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy in a Chinese Population. *Cardiology*. 2020;145(5):294-302.

36. Nurmi MO, Pitkänen-Argillander O, Räsänen J, Sarkola T. Accuracy of fetal echocardiography diagnosis and anticipated perinatal and early postnatal care in congenital heart disease in mid-gestation. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2022 Oct;101(10):1112-1119.

37. Breatnach CR, Levy PT, James AT, Franklin O, El-Khuffash A. Novel Echocardiography Methods in the Functional Assessment of the Newborn Heart. *Neonatology*. 2016;110(4):248-260.

38. Sato K, Chan J, Appadurai V, Obonyo N, See Hoe L, Suen JY, Fraser JF. Exploration of the Utility of Speckle-Tracking Echocardiography During Mechanical Ventilation and Mechanical Circulatory Support. *Crit Care Explor*. 2022;4(4):e0666.

39. Fields JM, Davis J, Girson L, Au A, Potts J, Morgan CJ, Vetter I, Riesenber LA. Transthoracic Echocardiography for Diagnosing Pulmonary Embolism: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2017;30(7):714-723.e4.

40. Sachpekidis V, Papadopoulou SL, Kantartzi V, Styliadis I, Nihoyannopoulos P. A Novel Handheld Echocardiography Device with Continuous-Wave Doppler Capability: Implications for the Evaluation of Aortic Stenosis Severity. *J Am Soc Echocardiogr*. 2022;35(12):1273-1280.