بیمارستان قلب شهید رجایی

ارزیابی توان پیش بینی فشار شریان پولمونری در تصاویر 4D flow MRI در بیماران مبتلا به VSDبا استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین

شناسنامه طرح

کد رهگیری طرح	401028
تاریخ تصویب پیش پروپوزال	
عنوان طرح	ارزیابی توان پیش بینی فشار شریان پولمونری در تصاویر 4D flow MRI در بیماران مبتلا به VSDبا استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین
عنوان لاتین طرح	Evaluating the predictability of pulmonary artery pressure in 4D flow MRI images for VSD patients using machine learning techniques
تلفن	09121973266
پست الکترونیکی	bitarafan@hotmail.com
نوع مطالعه	مقطعی-Cross-sectional
تاریخ شروع	1401/04/15
تاریخ خاتمه	1402/04/15
آیا طرح چند مرکزی است؟	خیر
مرکز/مراکز دیگر	
نام سازمان تصویب کننده اولیه پروپوزال	
محل اجرای طرح	
محل اجرای طرح	بیمارستان قلب شهید رجایی
سازمان مجری	بیمارستان قلب شهید رجایی
سازمان مجری	
دانشکده/محل خدمت	Rajaie Cardiovascular Medical and Research Center, Iran University of Medical Sciences
رشته تخصصی	فیزیک پزشکی
توضیحات	
نوع طرح ها	

مجری همکاران

نام و نام خانوادگی	سمت در طرح	نوع همکاری	توضیحات
احمد بیطرفان رجبی	مجری ونویسنده مقاله	نظارت بر اجرای طرح	مدیر اجرایی طرح(مدیریت طرح)
کیارا رضایی	مجری اصلی / نویسنده مقاله	طراحی و تدوین طرح	مجری طرح(طراحی پروژه و آنالیز تصاویر MRI)
حجت مرتضاییان	مجری ونویسنده مقاله	ارزیابی بالینی بیماران	مجری طرح(پزشک معالج بیماران و استخراج داده های آنژیوگرافی)
محمد جواد عالم زاده انصاری	ناظر	نظارت بر اجرای طرح	نظارت بر انجام طرح
سید حسن فاتحی فیض آباد	همکار طرح	جمع آوری نمونه ها	انجام تصاویر ام آر آی از بیماران
قاسم حاجیان فر	همکار طرح	مشاوره و آنالیز آماری	همکار ماشین لرنینگ
سید محمد زمانی علی آبادی	همکار طرح و نویسنده مقاله	سایر	نگارش پروپوزال و مقاله ، جمع آوری داده ها ، آنالیز و انجام ماشین لرنینگ
محسن قاسم نژاد	همکار طرح	جمع آوری نمونه ها	انجام آنژیوگرافی و جمع آوری داده های آن
عارفه قربانی	همکار طرح	سایر	

دانشده/مرکز مربوطه

رده	نوع ارتباط با مرکز
مرکز تحقیقات مداخلات قلبی و عروقی	وارد کننده

اطلاعات تفصیلی

آیتم ها	متن
بیان مسئله	بیماری های قلبی مادرزادی (CHD) رایج ترین نقص مادرزادی است که حدود 1 درصد از تولدهای سالانه را شامل می شود. نقص های مادرزادی قلب اختلالات آناتومیکی هستند که شامل : اندازه ، ارتباطات و اتصالات غیر طبیعی در ساختار حفره های قلب ، عروق و وریدهای مجاور آن می باشند. عواقب فیزیولوژیکی CHD به طور گسترده ای متفاوت است ، از یک بیماری بدون علامت که فقط در بزرگسالی تشخیص داده می شود تا یک عارضه که نیاز به مداخله فوری جراحی در نوزادی دارد.[1] نقص دیواره بین بطنی (VSD) شایع ترین ناهنجاری مادرزادی قلبی در کودکان است و دومین ناهنجاری مادرزادی شایع در بزرگسالان است. باز ماندن دیواره بین بطنی باعث ارتباط غیر طبیعی بین بطن راست و چپ و تشکیل یک جریان بین دو بطن می شود که مکانیسم اصلی اختلال

همودینامیک در VSD است. در حالی که بسیاری از VSD ها خود به خود بسته می شوند ، نقص های بزرگ می تواند منجر به عوارض مضری مانند فشار خون شریانی ریوی ، اختلال عملکرد بطنی ، و افزایش خطر آریتمی شود.VSD برای اولین بار توسط Dalrymple در سال 1847 شناسایی شد.[2]

ارزیابی مبتنی بر تصویربرداری از ساختار و عملکرد قلب و عروق در تشخیص و نظارت بر بیماری مادرزادی قلبی در دوران کودکی بسیار مهم است. اندازه گیری های دقیق همودینامیک داخل و خارج قلبی بستر مناسبی را برای اطلاع و تصمیم گیری جهت انجام مداخلات در زمان مناسب ، قبل از اختلالات بیشتر عملکرد قلب فراهم می کند.[3]

کاتتریزاسیون قلب راست یک تکنیک تهاجمی برای تخمین جریان خون سیستمیک _ ریوی و تعیین فشار شریان پولمونری است و به عنوان یک مرجع استاندارد برای ارزیابی این بیماران به کار می رود.[4]

MRI به عنوان یک روش تصویربرداری غیر تهاجمی برای به دست آوردن اطلاعات مربوط به ساختار و عملکرد قلب و عروق در این بیماران به کار می رود.[5]

رایج ترین تکنیک تصویربرداری MRI در قلب و عروق برای ارزیابی جریان استفاده از2 D-PC[1] با کدگذاری سرعت در یک جهت می باشد. کدگذاری سرعت در یک جهت معمولا در یک صفحه دو بعدی صورت می گیرد که امکان محاسبه حجم جریان عبوری از صفحه را امکان پذیر می کند.[6]

امروزه استفاده از PC MRI با تفکیک زمانی و کد گذاری سرعت در امتداد هر سه جهت جریان و پوشش آناتومیک سه بعدی که به عنوان 4D flow MRI شناخته می شود ، امکان اندازه گیری جامع الگوهای پیچیده جریان خون را در طول چرخه ی قلبی فراهم آورده است ((3D+Time+3 velocity directions. شکل1 . [7]

در تصویربرداری 4D flow MRI می توان اطلاعات مفیدی را در ارزیابی جریان خون به خصوص در محل دو شاخه شدن شریان به راست و چپ فراهم کند.[8]

	تکنیک های یادگیری ماشین به استفاده از الگوریتم های رایانه ای دلالت دارد که می تواند در پیش بینی و تشخیص ویژگی های مهم تصاویر استفاده شود. سیستم الگوریتم یادگیری ماشین بهترین ترکیب از ویژگی های تصویر را برای طبقه بندی تصاویر یا محاسبه ی برخی از معیارهای آن فراهم می کند.[9] در شکل زیر، متداول ترین تکنیک های یادگیری ماشین در زمینه تصویربرداری قلب آورده شده است. [10] در این مطالعه با توجه به توانایی تکنیک های یادگیری ماشین در ارائه دقیق ترین پیش بینی ها برای تصاویر پزشکی ، میخواهیم از تصاویر 4D flow MRIبیماران مبتلا به VSD جهت پیش بینی فشار شریان پولمونری استفاده کنیم. Tow dimensional–phase contrast [1]
ضرورت اجرا	پیشرفت در تشخیص و مدیریت بیماری های مادرزادی قلب ((CHD منجر به زنده ماندن و افزایش جمعیت این بیماران تا بزرگسالی شده است. یکی از رایج ترین این بیماری ها نقص دیواره بین بطنی(VSD) می باشد. که با توجه به اختلاف فشار خون بین دو بطن موجب نشت خون از بطن چپ به بطن راست خواهد شد و این امر موجب افزایش فشار خون ریوی می شود. ارزیابی های تشخیصی مختلفی چون اکوکاردیوگرافی ، الکتروکاردیوگرافی ، رادیوگرافی قفسه سینه ، تصویربرداری تشدید مغناطیسی و کاتتریزاسیون قلبی وجود دارد. در بین روش های فوق آنژیوگرافی به دلیل آنکه اندازه گیری دقیقی از مقاومت عروق ریوی ، حجم خون خارج شده از شریان و تعیین دقیق محل نقص دیواره بین بطنی را فراهم می کند به عنوان مطمئن ترین روش تشخیصی به کار می رود که به علت تهاجمی بودن ، مخاطرات خود را دارد.

امروزه تصویربرداری 4D flow MRI علاوه بر سنجش جریان خون می تواند مطالعه بر روی متغیرهای پیشرفته همودینامیکی را نیز فراهم آورد. در مطالعاتی که به تازگی صورت گرفته است از تکنیک های یادگیری ماشین در تصاویر 4D flow MRI جهت دستیابی به متغییرهای همودینامیکی بیشتر استفاده شده است. با توجه به اهمیت دو پارامتر (فشار شریان پولمونری) PAP و Qp/Qs (نسبت جریان پولمونری به سیستمیک) در ارزیابی بیماران به منظور شناخت دقیق و صحیح از وضعیت بیماری (VSD) و کسب این پارامترها از طریق آنژیوگرافی ، در این مطالعه می خواهیم با استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین به پیش بینی فشار شریان پولمونری بیماران مبتلا به VSD در تصاویر 4D flow MRI به عنوان یک روش غیر تهاجمی دست پیدا کنیم. شایان ذکر است این دست از مطالعات [4] تا کنون در رده سنی بزرگسالان (معدل 33 سال) صورت گرفته ، اما محدوده مورد نظر ما در رده سنی کودکان (معدل 9 سال) می باشد (نوآوری طرح).	
بررسی متون	v. استفاده از روش های کمتر تهاجمی با مخاطرات کم برای تشخیص بیماری های مادرزادی قلب مورد توجه محققان بوده است ، از این رو آقای pineda و همکاران با به کاربردن تکنیک 4D flow MRI به ارزیابی تغییرات همودینامیک در بیماران CHD پرداختند ، در مطالعه انجام شده بیماران با پاتولوژی های ذیل انتخاب گردیدند : pulmonary stenosis, patent ductus arteriosus, and aortic stenosis ، نتایج این تحقیق نشان داد تکنیک 4D Flowامکان ارزیابی جریان خون در پاتولوژی های مختلف قلبی و درک بهتر رفتار جریان خون در بیماری های مادرزادی قلب را فراهم می کند.[11] v. مقایسه ی روش های مختلف تشخیصی در مطالعات یکی از راهکارهای گزینش شیوه های مناسب برای بیماران می باشد. Minette و همکاران به بررسی جنبه های بالینی نقایص دیواره بطنی با مدالیته های مختلفی چون : Electrocardiography , Chest Radiography ,

Echocardiography , Magnetic Resonance Imaging , Cardiac Catheterization ، پرداختند و داده های آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند.[12]

- یکی از مطالعات مقایسه ای صورت گرفته ، تحقیقات Harloff و همکاران بود که به مقایسه ی اندازه گیری سرعت جریان خون توسط تصویربرداری MRI 4D flow با اولتراسوند پرداختند ، در این مطالعه 32 داوطلب سالم و 20 بیمار مبتلا به Internal Carotid Artery Stenosis مورد بررسی قرار گرفتند. تصویربرداری4D flow MRI امکان اندازه گیری دقیق سرعت جریان خون را در دوشاخه کاروتید هم در داوطلبان و هم در بیماران فراهم کرد.[31]

- Isorni و همکارانش در مطالعه ای با بررسی 187 بزرگسال و 60 کودک و قرار دادن 4D flow MRI به عنوان خط دوم تصویربرداری پس از اکوکاردیوگرافی به این نتیجه دست یافتند که تفاوت معنا داری میان بزرگسالان و کودکان در این مطالعه نمی باشد و همچنین نتایج ما نشان می دهد که D Flow MRI4 معمولاً یک ارزیابی جامع از CHD در بزرگسالان و کودکان ارائه می دهد. اما در بررسی نوزادان همچنان چالش برانگیز است.[14]

- تحقیقی که توسط دپارتمان رادیولوژی San Diego توسط Horowitz صورت پذیرفت ، نشان داد که اندازه گیری کسر شانت با استفاده از 4D flow MRI به خوبی با کاتتریزاسیون تهاجمی قلبی همپوشانی دارد. در این مطالعه با تحقیق بر روی 33 بیمار و اندازه گیری نسبت جریان پولمونری به جریان سیستمیک با استفاده از هر دو روش کاتتریزاسیون و 4D flow MRI به این نتیجه دست یافتند که همبستگی بین اعداد بدست آمده از هر دو مدالیته وجود دارد.[4]

- در سال 2020 ، Kissasو همکارانش در دانشگاه Pennsylvania به پیش بینی فشار شریان کاروتید در محل دو شاخه شدن آن با استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین در تصاویر 4D flow MRI بر روی داوطلبان

سالم پرداختند.[15]

منابع

1. Rizk, J., 4D flow MRI applications in congenital heart disease. European Radiology, 2020: p. 1–15.

2. Dakkak, W. and T.I. Oliver, Ventricular septal defect. StatPearls [Internet], 2020.

3. Lawley, C.M., et al., 4D flow magnetic resonance imaging: role in pediatric congenital heart disease. Asian Cardiovascular and Thoracic Annals, 2018. **26**(1): p. 28–37.

4. Horowitz, M.J., et al., 4D Flow MRI Quantification of Congenital Shunts: Comparison to Invasive Catheterization. Radiology: Cardiothoracic Imaging, 2021. 3(2): p. e200446.

5. Soulat, G., P. McCarthy, and M. Markl, 4D Flow with MRI. Annual review of biomedical engineering, 2020. **22**: p. 103–126.

6. Dyverfeldt, P., et al., 4D flow cardiovascular magnetic resonance consensus statement. Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance, 2015. **17**(1): p. 1–19.

7. Stankovic, Z., et al., 4D flow imaging with MRI. Cardiovascular diagnosis and therapy, 2014. **4**(2):

8. Markl, M., et al., 4D flow MRI. Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2012. **36**(5): p. 10151036.

9. Erickson, B.J., et al., Machine learning for medical imaging. Radiographics, 2017. 37(2): p. 505–515.

10. C. Martin-isla, V. M. Campello, C. Izquierdo, and Z. Raisi-estabragh, "Image-Based Cardiac Diagnosis With Machine Learning: A Review," vol. 7, no. January, pp. 1–19, 2020.

11. Pineda, J., et al., Clinical Applications of the 4D Flow Technique in the Hemodynamic Evaluation of Congenital Heart Diseases. Revista Colomb. Radioljgy, 2018. **29**(2): p. 4901–7.

12. Minette, M.S. and D.J. Sahn, Ventricular septal defects. Circulation,

.2006. **114**(20): p. 2190-2197

13. Harloff, A., et al., Comparison of blood flow velocity quantification by 4D flow MR imaging with ultrasound at the carotid bifurcation. American Journal of Neuroradiology, 2013. **34**(7): p. 1407-1413.

14. Isorni, M.-A., et al., 4D flow cardiac magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: Clinical experience in a high volume center. International Journal of Cardiology, 2020. **320**: p. 168-177.

15. Kissas, G., et al. (2020). "Machine learning in cardiovascular flows modeling: Predicting arterial blood pressure from non-invasive 4D flow MRI data using physics-informed neural networks." Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering **358**: 112623.

16. Kalayinia, S., et al., Regional Distribution of Congenital Heart Disease in Iran; A Study on 1000 Iranian Hospitalized Patients in Three Years. International Cardiovascular Research Journal, 2020. **14**(4).

اهداف: هدف اصلی، اهداف اختصاصی، هدف کاربردی

اهداف (خروجی ها) اصلی طرح8 :

ارزیابی توان پیش بینی فشار شریان پولمونری در تصاویر 4D flow MRI در بیماران مبتلا به VSD با استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین

اهداف (خروجی ها) اختصاصی طرح9 :

- تعیین محدوده فشار شریان پولمونری در تصاویر 4D flow MRI در بیماران مبتلا به VSD با استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین
- مقایسه ی شاخص های تصاویر4D flow MRI و آنژیوگرافی شریان پولمونری در بیماران مبتلا به VSD
- تعیین ارتباط شاخص های تصاویر4D flow MRI و آنژیوگرافی شریان پولمونری در بیماران مبتلا به VSD با استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین

	اهدف کاربردی طرح10 : v. امکان ارائه ی روشی غیر تهاجمی برای ارزیابی بیماران مبتلا به VSD
فرضیات یا سوالات پژوهشی	**فرضیه ها11 یا سوالات پژوهش** (باتوجه به اهداف طرح) : • با استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین می توان به محدوده فشار شریان پولمونری در تصاویر 4D flow MRI در بیماران مبتلا به VSD دست یافت. • بین شاخص های بدست آمده از تصاویر4D flow MRI و آنژیوگرافی شریان پولمونری ارتباط وجود دارد. • با استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین ، می توان ارتباط بین شاخص های بدست آمده از تصاویر4D flow MRI و آنژیوگرافی شریان پولمونری را تعیین کرد.
مشخصات ابزار جمع آوری اطلاعات و نحوه جمع آوری آن	دریافت اطلاعات حاصل از آنژیوگرافی بیماران در بیمارستان شهید رجایی تصویربرداری 4D flow MRI با دستگاه Siemens در بیمارستان قلب شهید رجایی استفاده از نرم افزار CVI42 جهت بدست آوردن پارامترهای تصاویر 4D flow MRI پیش بینی فشار شریان پولمونری در تصاویر 4D flow MRI با استفاده از برنامه های موجود از قبیل : پایتون ، محیط برنامه نویسی R
روش اجرا	معیار ورود به این مطالعه بیماران مبتلا به VSD می باشند که که تحت ارزیابی فشار شریان پولمونری توسط آنژیوگرافی قرار خواهند گرفت. بعد از انتخاب بیماران با شرایط فوق ، تصویربرداری 24 ، 4D flow MRI ساعت قبل از کاتتریزاسیون بدون تغییر در رژیم دارویی با تکنیک استاندارد ذیل انجام خواهد شد.

1. آمادگی بیمار

به کاربردن4D Flow MRI در تصاویر قلبی و عروقی نیاز به یک ECG[1] با قابلیت نمایش و تشخیص موج R دارد. برای این منظور از یک ECG استاندارد استفاده می کنیم ، همچنین از کویل های سطحی استاندارد نیز برای ثبت یا ارسال امواج RF استفاده می کنیم. به منظور افزایش کیفیت تصاویر می توان از عامل کنتراست زا استفاده کرد اما در این مطالعه با توجه به محدوده سنی بیماران ، ما از contrast agent (عامل کنتراست زا) استفاده نخواهیم کرد.

1. جمع آوری اطلاعات

شامل تعیین پارامترهای اسکن مانند: velocity encoding timing , field of view , ... و همچنین کنترل تنفسی و قلبی می باشد (مثلا می توان تصاویر را با آزادی تنفس یا کنترل آن دریافت کرد).

1. بازسازی اطلاعات

انواع مختلفی از بازسازی در سیستم وجود دارد که می توان بنا به نیاز از هر یک استفاده کرد.

1. پیش پردازش

پردازش داده‌های 4D Flow MRI معمولاً شامل استفاده از تصحیحات خودکار یا نیمه خودکار جهت شناخت آرتیفکت ها می باشد.

1. آنالیز اطلاعات

شامل کنترل کیفیت تصاویر از نظر velocity aliasng , noise , ...می باشد ، همچنین شامل دریافت شاخص های تصاویر و تحلیل پارامترهای بدست آمده از آن می باشد.

شکل2 : خلاصه ی مراحل مربوط به بدست آوردن و آنالیز داده های 4D flow MRI

در این مطالعه با استفاده از تصویربرداری 4D flow MRI به وضوح فضایی و زمانی مناسب و نسبت سیگنال به نویز مناسب دست پیدا خواهیم کرد.

با ایجاد الگوریتم یادگیری ماشین برای مجموعه ای از داده ها (تصاویر4D flow MRI) و تکیه بر اطلاعات تشخیصی ، سیستم الگوریتم از داده های آموزشی برای پیش بینی فشار شریان پولمونری در بیماران مبتلا به VSD استفاده خواهد کرد.

نتایج تکنیک های یادگیری ماشین می بایست مورد بررسی قرار گیرد تا به مدلی مناسب جهت پیش بینی دقیق تر فشار شریان پولمونواری بیماران دست پیدا کنیم.

محدوده ی سنی بیماران بین 5 تا 13 سال (میانگین 9 سال) می باشد.

در زمان جمع آوری داده ها برای هر بیمار ؛ از segmentation های متفاوت استفاده می کنیم ، مقدار فشار در RPA,MPA,LPA را اندازه گیری می کنیم تا بدین ترتیب

برای اعمال داده ها جهت انجام تکنیک های یادگیری ماشین با کمبود داده مواجه نباشیم.

[1] Electrocardiography

روش محاسبه حجم نمونه و تعدادآن

تعداد نمونه با توجه به فرمول آماری 20 نفر در نظر گرفته شده است.

	طبق مطالعات انجام شده [16] از هر 1000 تولد 9 نفر با بیماری های قلبی مادرزادی متولد می شوند که از این تعداد 33% مبتلا به نقص دیواره بین بطنی(VSD) هستند ، بنابراین:
ملاحظات اخلاقی	• تصویربرداری MRI یک روش غیرتهاجمی و بدون استفاده از پرتوهای یونیزان می باشد. • بیمار contrast agent و بیهوشی دریافت نمی کند. • هزینه ی تصویربرداری به عهده طرح می باشد. • تصویربرداری با دستور پزشک صورت خواهد گرفت.(جزو فرایند تشخیصی بیمار در حال حاضر نمی باشد) • آنژیوگرافی به عنوان یک روش تهاجمی جزو پروسه ی تشخیصی از قبل تعیین شده توسط پزشک معالج بیمار می باشد و در راستای این طرح به بیمار تحمیل نمی شود و فقط از اطلاعات حاصل از آن استفاده می گردد. • اطلاعات دریافت شده از بیماران به طور محرمانه باقی خواهد ماند. • دریافت فرم رضایت آگاهانه از بیماران
محدودیتهای اجرایی طرح وروش کاهش آنها	چنانچه آزمودنی ترس از محیط بسته داشته باشد و نتواند در دستگاه MRI قرار گیرد ، با توجه به تمایل طرح برای عدم استفاده از بیهوشی به دنبال آزمودنی جایگزین خواهیم رفت.
معیارهای ورود (فقط مربوط به طرحهای کارآزمایی بالینی)	بیماران مبتلا به بیماری VSDکه تحت آنژیوگرافی قرار خواهند گرفت.
معیارهای خروج (فقط مربوط به طرحهای کارآزمایی بالینی)	چنانچه آزمودنی ترس از محیط بسته داشته باشد و نتواند در دستگاه MRIقرار گیرد.

جدول متغیرها

نام متغیر	نقش متغیر	نوع متغیر کمی ـ پیوسته است؟	نوع متغیر کمی ـ گسسته است؟	نوع متغیر کیفی ـ رتبه ای است؟	نوع متغیر کیفی ـ اسمی است؟	واحد اندازه گیری	تعریف کاربردی	نحوه اندازه گیری
Age	مستقل	☒	☐	☐	☐	سال	سال های گذشته از عمر	پرونده بیمار
WSS	وابسته	☒	☐	☐	☐	N/m2	به نیروی مماس بر واحد سطح که توسط سیال در امتداد دیواره عروق خونی ایجاد می گردد گویند	CVI42
PWV	وابسته	☒	☐	☐	☐	m/s	سرعتی را که یک پالس در طول امتداد رگ طی می کند	CVI42

جدول متغیرها

نام متغیر	نقش متغیر	نوع متغیر کمی ـ پیوسته است؟	نوع متغیر کمی ـ گسسته است؟	نوع متغیر کیفی ـ رتبه ای است؟	نوع متغیر کیفی ـ اسمی است؟	واحد اندازه گیری	تعریف کاربردی	نحوه اندازه گیری
KE	وابسته	☒	☐	☐	☐	mj	انرژی جنبشی موجود در جریان حرکت خون	CVI42
TKE	وابسته	☒	☐	☐	☐	mj	انرژی جنبشی از دست رفته در خلال حرکت جریان	CVI42
Flow velocity or flow rate	وابسته	☒	☐	☐	☐	m/s	فاصله طی شده توسط جریان خون تقسیم بر مدت زمانی که این فاصله طی می کند	CVI42
Vorticity	وابسته	☒	☐	☐	☐	s−1	چرخش موضعی ذرات خون	CVI42
RVEF	وابسته	☒	☐	☐	☐	%	درصدی از خون داخل قلب در حال استراحت است که با انقباض قلب از آن خارج می شود	EF= (EDV−ESV)/EDV
LVEF	وابسته	☒	☐	☐	☐	%	درصدی از خون داخل قلب در حال استراحت است که با انقباض قلب از آن خارج می شود	EF= (EDV−ESV)/EDV
PAP	وابسته	☒	☐	☐	☐	mmHg	فشار شریان پولمونری	cardiac catheterization
Qp/Qs	وابسته	☒	☐	☐	☐	%	نسبت جریان پولمونری به سیستمیک	CVI42 , cardiac catheterization

زمانبندی و اجرا

شرح مختصر مرحله	درصد مرحله	مدت زمان اجرا ـ ماه	از تاریخ	تا تاریخ
تصویربرداری از بیماران		6		
دریافت اطلاعات آنژیوگرافی		2		
اعمال اطلاعات در تکنیک های یادگیری ماشین		2		
نگارش طرح		2		

هزینه آزمایشات و خدمات تخصصی

نام خدمت	نام مؤسسه ارائه کننده خدمت	تعداد یا مقدار لازم	قیمت واحد ـ ریال	قیمت کل ـ ریال
آنالیز تصاویر و ماشین لرنینگ	بیمارستان شهید رجایی	20	6,000,000	120,000,000

جمع کل هزینه های طرح

هزینه پرسنلی (هیات علمی و غیر هیات علمی)	هزینه مواد مصرفی	هزینه مواد غیر مصرفی	هزینه تجهیزات،موادوخدمات موجوددر مرکز	هزینه مسافرت	هزینه چاپ و تکثیر	سایر هزینه ها	جمع کل هزینه ـ ریال
0	0	0	120,000,000	0	0	0	120,000,000