

## مقایسه‌ی حساسیت و ویژگی نقشه‌های ضریب انتشار ظاهری در تصویربرداری دیفیوژنی ام‌آر‌آی با نقشه‌های T2 در تشخیص ایسکمی قلبی

مریم کاملی<sup>۱</sup>، ایرج عابدی<sup>۲</sup>

### مقاله پژوهشی

### چکیده

**مقدمه:** تصویربرداری تشدید مغناطیسی قلبی (Cardiovascular Magnetic Resonance) با استفاده از نقشه‌های T<sub>2</sub> و نقشه‌های ضریب انتشار ظاهری (ADC (Apparent diffusion coefficient)، روش‌های جدید برای نمایش ایسکمی و ادم میوکارد محسوب می‌شوند. در این مطالعه حساسیت، ویژگی و کاربرد تشخیصی نقشه‌های ADC در تصویربرداری دیفیوژنی نسبت به نقشه‌های T<sub>2</sub> در تشخیص ایسکمی قلبی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

**روش‌ها:** این یک مطالعه‌ی توصیفی-تحلیلی است که در بیمارستان پیوند اعضای شیراز از بهمن ماه ۱۳۹۹ تا اسفندماه ۱۴۰۰ بر روی ۵۸ بیمار مبتلا به ایسکمی قلبی با میانگین پنج روز پس از اینفارکت، تحت تصویربرداری ام‌آر‌آی ۳ تسلا قرار گرفتند. برای این منظور، تصاویر نقشه‌های T<sub>2</sub> و نقشه‌های ADC از میوکارد اخذ و مقایسه شدند. تصاویر سینمایی (Cine) برای بررسی کارکرد بطن چپ مورد استفاده قرار گرفت و بر اساس تصاویر افزایش تأخیری گادولنیوم (Late Gadolinium Enhancement) ناحیه‌ی اینفارکت شده‌ی میوکارد تعریف شد.

**یافته‌ها:** در بررسی‌های آماری که با قطعه‌بندی بطن چپ انجام گرفت، حساسیت و ویژگی نقشه‌های T<sub>2</sub> به ترتیب ۸۴ و ۹۵ درصد و حساسیت و ویژگی نقشه‌های ADC به ترتیب ۸۸ و ۹۷ درصد گزارش شد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به ارزیابی‌های انجام شده، نقشه‌های ADC حساسیت و ویژگی بالاتری نسبت به نقشه‌های T<sub>2</sub> که به طور روتین در کلینیک استفاده می‌شوند نشان دادند، لذا استفاده از آن‌ها به منظور بررسی ایسکمی در بیماران قلبی پیشنهاد می‌گردد.

**واژگان کلیدی:** ارزیابی؛ تشخیص؛ تصویربرداری تشدید مغناطیسی قلبی؛ ایسکمی قلبی؛ تصویربرداری دیفیوژنی ام‌آر‌آی

**ارجاع:** کاملی مریم، عابدی ایرج. مقایسه‌ی حساسیت و ویژگی نقشه‌های ضریب انتشار ظاهری در تصویربرداری دیفیوژنی ام‌آر‌آی با نقشه‌های

T2 در تشخیص ایسکمی قلبی. مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۴۰۱؛ ۴۰ (۶۹۰): ۷۸۳-۷۸۸

### مقدمه

و پروکساید‌های لیپید، اسپکتروسکوپی فسفر ۳۱ ماهیچه‌ی میوکارد (P31 NMR) با اندازه‌گیری فسفات فسفوکراتین و ادنوزین تری فسفات پر انرژی میوکارد قلبی می‌باشد (۳، ۴). در بیماری ایسکمی قلبی، ارزیابی درست و دقیق سایز ناحیه‌ی آسیب دیده‌ی میوکارد قلبی و متعاقب آن کارکرد قلب، هم برای امور مداخله‌ای و هم درمان دارویی حایز اهمیت است. بررسی و ارزیابی دقیق آسیب میوکارد بطن چپ باعث ایجاد تکنیک‌های جدید تصویربرداری شده است (۵). نقشه‌های T<sub>2</sub> یک تکنیک برای کمی‌سازی ادم درون سلولی ماهیچه‌های میوکارد محسوب می‌شوند و

ایسکمی قلبی، اولین علت مرگ و میر در ایران شناخته می‌شود (۱). این بیماری با عدم تعادل بین اکسیژن مورد نیاز ماهیچه‌ی میوکارد قلب و تأمین اکسیژن رخ داده و موجب اختلال در عملکرد قلب، آریتمی، اینفارکت میوکارد و مرگ ناگهانی می‌شود (۲). روش‌های تشخیصی بالینی برای ایسکمی قلبی شامل الکتروکاردیوگرافی، سیتی گرافی با تالیوم ۲۰۱ و تکنسیوم ۹۹m، مارکرهای متابولیکی مانند تولید لاکتات میوکارد (Myocardial lactate production)، عدم اشباع اکسیژن در سینوس کروناری، کاهش pH در سینوس کروناری

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد تصویربرداری پزشکی، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استادیار، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده‌ی مسؤول: ایرج عابدی؛ استادیار، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

رضایت‌نامه‌ی کتبی برای شرکت در مطالعه اخذ گردید. معیار ورود به مطالعه، وجود ایسکمی تشخیص داده شده با الکتروکاردیوگرافی با افزایش قطعه‌ی S-T تا ۰/۱ میلی‌ولت در دو لید مجاور قلبی و همچنین عدم منع انجام ام آر آی و معیار خروج از مطالعه، عمل جراحی قلبی قلبی، وجود نارسایی شناخته شده‌ی قلبی،  $GFR < 60$ ، بیماری‌های درجه‌ی قلبی و وجود ایمپلنت دائمی در نظر گرفته شد.

اخذ تصاویر در این مطالعه با دستگاه ام آر آی ۳ تسلا (زیمنس Skyra) با کویل‌های قلبی آرایه‌ی فازی ۱۸ کاناله انجام گرفت. تصاویر Cine در دو حفره، چهار حفره و محور کوتاه از قاعده تا رأس قلب گرفته شد. تصویر نقشه‌های  $T_2$  قبل از تزریق و در جهت یکسان با محور تصاویر (محور کوتاه) گرفته شد. سکانس و پارامترهای مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. در تصویربرداری دیفیوژنی دریافت‌ها از لحاظ الکتروکاردیوگرافی، با فاز دیاستول که در تصاویر سینمایی محور کوتاه قلبی مشخص شده بود، هم‌زمان شد (۱۱). از یک هدایتگر دو بعدی برای ردیابی برش مورد نظر به صورت زنده و پیوسته در تمام طول چرخه‌ی تنفسی استفاده شد. تصاویر دیفیوژنی قبل از تزریق ماده‌ی کنتراست، بر روی تصاویر محور کوتاه هم جهت با تصاویر نقشه‌های  $T_2$ ، با دو مقدار متفاوت (۲ sec/mm و ۰ b-value) اخذ شد. زمان کل دریافت، سه دقیقه و پنج ثانیه برای ضربان قلبی ۶۰ در دقیقه بود. ۱۰ دقیقه بعد از تزریق (شلات گادولینیوم به میزان ۰/۲ میلی‌مول به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) تصاویر LGE با گرادیان اکو اینورژن ریکواری ۳ بعدی و سکانس T1 گرفته شد. در شکل ۱، نمونه‌ای از تصاویر ام آر آی اخذ شده از یک بیمار نشان داده شده است.

در آن‌ها شدت سیگنال در هر وکسل به طور مستقیم متناسب با زمان  $T_2$  بافت درون آن‌ها است (۶). اما این نقشه‌ها به ضربان قلب وابسته بوده و در بیماران با ضربان قلب بالا یا نامنظم منجر به عدم قطعیت می‌شوند (۷). تصویربرداری دیفیوژنی، با شناسایی علایم اولیه‌ی آسیب بافتی، در تشخیص و مدیریت سکتها تحول ایجاد نموده است. طبق مطالعات گذشته این روش تصویربرداری، اطلاعات مفیدی در تشخیص و تصمیم‌گیری در زمینه‌ی ایسکمی قلبی ارائه می‌دهد (۸، ۹).

در مطالعات گذشته، برخی پژوهشگران به مقایسه‌ی سکانس‌های بر وزن  $T_2$  و تصویربرداری دیفیوژنی برای تشخیص ادم پرداخته‌اند، اما فاصله‌ی زمانی از وقوع ایسکمی تا انجام ام آر آی بالاتر از ۲۰ روز و دستگاه مورد استفاده ۱/۵ تسلا بوده است. همچنین از سکانس‌های اخذ تصاویر دیفیوژنی با تکنیک حبس تنفس توسط بیمار استفاده شده است (۱۰). در هیچ کدام از مطالعات گذشته حساسیت و ویژگی نقشه‌های  $T_2$  در مقایسه با (Apparent diffusion coefficient) ADC در بیماران ایسکمی قلبی بررسی نشده است. لذا در این مطالعه، حساسیت، ویژگی و کارایی نقشه‌های ADC در مقایسه با نقشه‌های  $T_2$  در تشخیص ایسکمی قلبی با استفاده از دستگاه ام آر آی ۳ تسلا و بدون نیاز به تکنیک حبس تنفس انجام گردید.

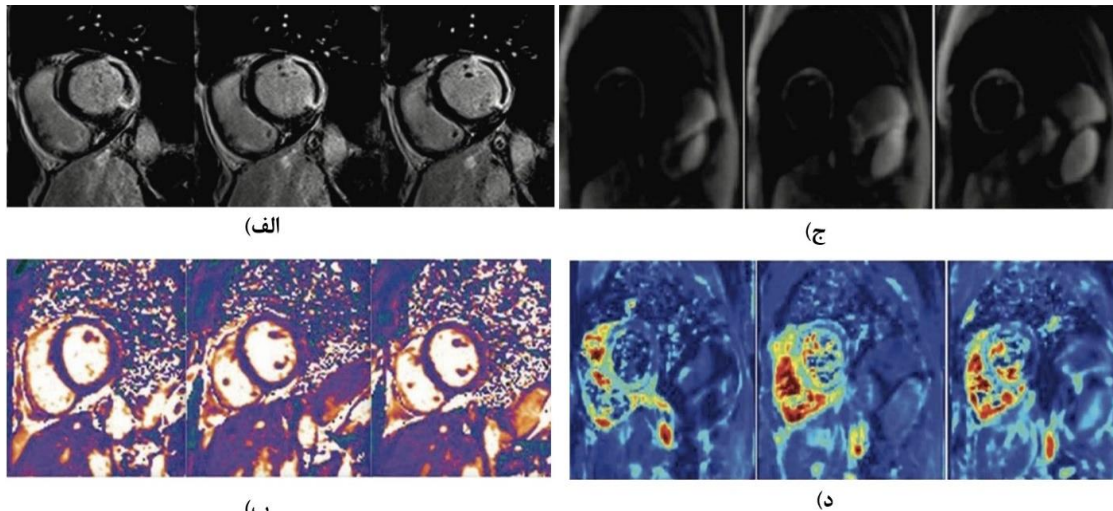
## روش‌ها

این یک مطالعه‌ی توصیفی-تحلیلی است که در بیمارستان پیوند اعضای شیراز از بهمن ماه ۱۳۹۹ تا اسفندماه ۱۴۰۰ بر روی ۶۰ بیمار (۳۸ تا ۸۰ ساله، ۱۶ زن، ۴۴ مرد) مبتلا به ایسکمی قلبی با میانگین پنج روز پس از اینفارکت، انجام شد. از تمام بیماران فرم

جدول ۱. پارامترها و سکانس‌های مورد استفاده در اخذ تصاویر

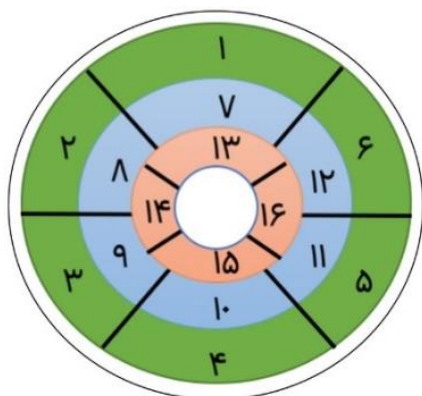
نقشه‌های ADC	نقشه‌های $T_2$	پارامترهای تصویربرداری
Spin-echo echo-planar imaging	T2-prepared steady-state free-precession	سکانس تصویربرداری
دیاستول	دیاستول	فاز قلبی
۲۲۰ × ۳۵۰	۲۸۸ × ۳۶۰	FOV
۷ میلی‌متر	۷ میلی‌متر	ضخامت برش
۸۰ × ۱۲۸	۱۹۲ × ۱۴۴	سایز ماتریس
۲/۷ × ۲/۷	۲ × ۱/۹	سایز پیکسل دریافت
۵ RR (فاصله‌ی دو موج R در الکتروکاردیوگرام)	۴RR	TR
۴۳ms	۱/۰۶ms	TE
۹۰	۳۵	FA
۲۴۴۲	۱۱۸۴	پهنای باند
Fat saturation and gradient reversal	ندارد	حذف چربی
۲	۲	فاکتور گراپا

\*: FA = Flip Angle; TE = Time Echo; TR = Time Reptition; FOV = Field of View



شکل ۱. تصاویر ام آر آی قلبی مرد ۵۳ ساله با فاصله ۵ روز بعد از ایسکمی قلبی، ردیف الف تصاویر بعد از تزریق (LGE) که به فاصله ۱۰ دقیقه بعد از تزریق ۰/۲ میلی مول بر کیلوگرم وزن بدن بیمار گرفته شده است. نواحی روشن شده در تصویر نشانگر نواحی اینفارکت شده می باشد. ردیف ب، تصاویر نقشه های  $T_2$ . ردیف ج، تصاویر تریس دیفیوژنی ( $b$ -value,  $200 \text{ sec/mm}^2$ ) و ردیف د، تصاویر نقشه های ( $b$ -value,  $200 \text{ sec/mm}^2$ ) و  $ADC$  می باشد.

بازهی اطمینان ۹۵ درصدی گزارش شدند. تصاویر برای دسته بندی به دو گروه مثبت (Positive) (دارای ایسکمی) و منفی (Negative) (بدون ایسکمی) در اختیار متخصصان قرار گرفته و هر تشخیص در زیرمجموعه ای یکی از متریک های چهارگانه (True-Positive, TP, True-Negative, TN, False-Positive, FP) و (False-Negative, FN) قرار گرفت. سپس بر اساس این متریک ها نتایج دسته بندی هر متخصص به ازای هر گروه از تصاویر (دیفیوژن و  $T_2$ ) در قالب یک ماتریس به هم ریختگی (Confusion Matrix) خلاصه و پارامترهای حساسیت (Sensitivity) و ویژگی (Specificity) استخراج شد. از تست دو طرفه مک نمار برای بررسی یکنواختی تشخیص ادم در قطعه های مثبت LGE در هر دو تکنیک نقشه برداری استفاده شد.



شکل ۲. قطعه بندی ۱۶ بخشی بطن چپ انسان. بر طبق این تصاویر از ماهیچه ی بطن چپ در محورهای کوتاه و بلند دریافت می شود.

کارکرد و برون ده بطن چپ ( $53 \pm 10/5$ ) توسط رادیولوژیست با بررسی تصاویر Cine در نرم افزار Circle CVI بررسی شد. همچنین داده های نقشه های  $T_2$ ،  $ADC$  و تصاویر LGE توسط رادیولوژیست بر اساس روش قطعه بندی ۱۶ بخشی آها (American Heart Association Segmentation Model) طبق شکل ۲ قطعه بندی شدند. سپس گستردگی ادم در تصاویر نقشه های  $T_2$ ،  $ADC$  و LGE (گلد استاندارد) توسط رادیولوژیست، بدین صورت که برای قطعه های بدون ادم (۰ درصد) عدد ۰، برای ۱ تا ۲۵ درصد ادم، عدد ۱، ۲۶ تا ۵۰ درصد ادم، عدد ۲، ۵۱ تا ۷۵ درصد ادم، عدد ۳ و ۷۶ تا ۱۰۰ درصد عدد ۴ در نظر گرفته و در نهایت، درجه ی قطعه ها باهم جمع شده و یک درجه از ۰ (بدون ادم) تا ۶۴ (ادم کل بطن) برای هر بیمار به دست آمد. قطعه های غیر قابل ارزیابی (به علت آرتیفکت، تنفس، تاشدگی و آرتیفکت پذیرفتاری مغناطیسی) حذف شدند. تصاویر بطن چپ در هر بیمار به ۱۶ قطعه (در کل ۹۲۸ قطعه) تقسیم شدند. در نهایت با بررسی تصاویر LGE، ۲۷۸ قطعه ی مثبت (دارای ایسکمی) و ۶۵۰ قطعه ی منفی (فاقد ایسکمی)، در نقشه های  $T_2$ ، ۲۶۸ قطعه ی مثبت و ۶۶۰ قطعه ی منفی و در نقشه های  $ADC$ ، ۲۶۴ قطعه ی مثبت و ۶۶۴ قطعه ی منفی ارزیابی شدند.

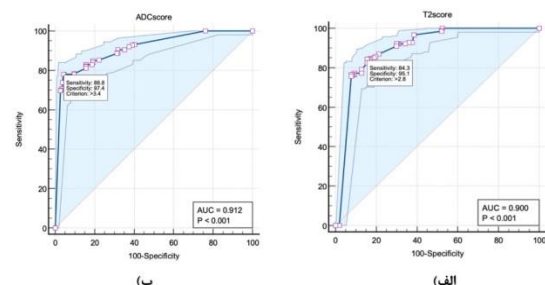
آنالیزهای آماری با استفاده از SPSS نسخه ی ۲۳ (version 23, IBM Corporation, Armonk, NY) انجام و نمودار راک با استفاده از نرم افزار MedCalc ترسیم گردید. متغیرها به صورت میانگین  $\pm$  انحراف از معیار (SD) و داده ها با میانگین و

## یافته‌ها

در این مطالعه ۶۰ بیمار با تشخیص ایسکمی تحت آزمون ام آر آی قرار گرفته و پس از بررسی نتایج، ۲ نفر به دلیل آرتیفکت تصاویر، از بررسی‌های آماری حذف شدند. با آنالیز منحنی راک، حساسیت و ویژگی برای نقشه‌های  $T_2$  و ADC به ترتیب ۸۴، ۹۵، ۸۸ و ۹۷ درصد گزارش شد. همچنین میانگین درجه‌ی گستردگی ادم برای هر بیمار، در نقشه‌های  $T_2$ ،  $17/8 \pm 8$ ، در نقشه‌های ADC،  $17/2 \pm 7$  و در تصاویر LGE،  $15/3 \pm 7$  بود؛ که به طور مشخص به میانگین در نقشه‌های ADC نزدیک‌تر است. آرتیفکت در ۵ تصویر بطن چپ نقشه‌های  $T_2$  دیده شد، اما تمام قطعه‌ها به عنوان قابل ارزیابی در نظر گرفته شدند. در تصاویر نقشه‌های ADC، آرتیفکت در ۲۰ تصویر دیده شد و ۱۰ تصویر حذف شدند.

بررسی منحنی راک نقشه‌های  $T_2$  و ADC نشان داد که سطح ناحیه‌ی زیر منحنی به ترتیب ۰/۹۱۲ و ۰/۹۰۰ است. سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. در این روش مجموع حساسیت و ویژگی برای تمام نقاط محاسبه شده و شاخص Youden بیانگر نقطه‌ای است که بالاترین حساسیت و ویژگی را دارد. این شاخص به ترتیب ۰/۷۹۹ و ۰/۸۶ برای  $T_2$  و ADC به دست آمد (شکل ۳).

در نتایج مقایسه‌ای که بین دو منحنی راک انجام گرفت، تفاوت سطح زیر دو منحنی ۰/۰۳۱۳، خطای معیار ۰/۰۰۶۵۶، فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصد (۰/۰۱۸۵ تا ۰/۰۴۴۲)، آماره‌ی Z برابر با ۴/۷۷۸ محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین دو آزمون وجود دارد ( $P < 0/0001$ ).



شکل ۳. الف): منحنی راک نقشه‌های  $T_2$ ، مقدار ۰/۹۰۰ برای ناحیه‌ی زیر نمودار (AUC)  $P < 0/001$  و مقدار ۰/۸۸۷۶ برای شاخص بودن، حساسیت ۸۴/۳ درصد و ویژگی ۹۵ درصد نشان می‌دهد. ب): منحنی راک نقشه‌های ADC، مقدار ۰/۹۱۲ برای ناحیه‌ی زیر نمودار (AUC)  $P < 0/001$  و مقدار ۰/۷۳۸۲ برای شاخص بودن، حساسیت ۸۸/۸ درصد و ویژگی ۹۷/۴ درصد نشان می‌دهد.

## بحث

هدف از این مطالعه، بررسی و مقایسه‌ی حساسیت و ویژگی دو روش

نقشه‌برداری  $T_2$  و ADC در تصویربرداری از ایسکمی و مقایسه‌ی قابلیت تشخیصی آن‌ها بود. نتایج این مطالعه نشان داد که تصویربرداری دیفیوژنی قلبی می‌تواند نواحی ایسکیمیک در میوکارد را با حساسیت و ویژگی بالا تشخیص دهد. مقادیر حاصل از ADC و  $T_2$  در نواحی اینفارکت اگرچه به هم نزدیک هستند اما مقادیر ADC کمی بالاتر است. این نتایج نشان می‌دهد که نقشه‌های ADC برای تشخیص ایسکمی و آسیب‌های میوکارد حساس‌تر است.

تصویربرداری دیفیوژنی، ادم ناشی از ایسکمی را به خوبی و با کنتراست مشابه با تصویربرداری کمی  $T_2$  به تصویر می‌کشد و مانند تصاویر بر وزن  $T_2$ ، می‌تواند اینفارکت قلبی حاد و مزمن را از هم تفکیک کند (۱۲، ۱۳).

برخی پژوهشگران به مقایسه‌ی سکانس‌های بر وزن  $T_2$  و تصویربرداری دیفیوژنی برای تشخیص ادم پرداخته‌اند، از جمله، مطالعه‌ی Welsh و همکاران (۱۰) که به بررسی تغییرات ساختاری و کارکرد بطن چپ پس از اینفارکت و مقایسه‌ی آن در تصاویر وزن  $T_2$  و دیفیوژنی پرداختند اما فاصله‌ی زمانی از ایسکمی تا انجام ام آر آی بالاتر از ۲۰ روز (ادم و التهاب ناشی از آسیب میوکارد، در هفته‌ی اول از بین می‌رود) و با دستگاه ۱/۵ تسلا انجام شده بود (۱۳، ۱۴).

Kociemba و همکاران به مقایسه‌ی تصاویر دیفیوژنی و تصاویر  $T_2$  با تمرکز بر ویژگی‌های کمی پرداختند و مقدار حساسیت و ویژگی برای تصاویر دیفیوژنی به ترتیب ۸۳/۱ و ۹۰ درصد گزارش نمودند که با مقادیر به دست آمده در مطالعه‌ی حاضر متفاوت بود. این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت در پارامترهای اسکن باشد. این مطالعه، ۲۶ روز پس از ایسکمی قلبی و با دستگاه ۱/۵ تسلا انجام شد (۱۵).

در مطالعات بالا، برای اخذ تصاویر دیفیوژن، از روش‌های نیازمند به کنترل تنفس توسط بیمار استفاده شد ولی در این مطالعه با استفاده از رویکرد آینده‌نگر تصحیح‌کننده‌ی حرکت، دریافت تصاویر بدون نیاز به نگه داشتن تنفس انجام شد.

Moulin و همکاران با در نظر گرفتن ROI‌های یکسان در ناحیه‌ی ایسکمی و ناحیه‌ی دور از ایسکمی، نشان دادند که دامنه‌ی تغییرات در ADC بالاتر از  $T_2$  است و بنابراین ADC در آشکار کردن آسیب میوکارد در ایسکمی قلبی حساس‌تر است (۱۶). در این مطالعه دریافت تصاویر بدون نیاز به کنترل تنفس توسط بیمار انجام گرفت، اما مقادیر حساسیت و ویژگی برای استفاده روتین و بالینی در کلینیک برای نقشه‌ها بررسی و مقایسه نشد. با توجه به اینکه مطالعه‌ی حاضر با رویکرد بدون نیاز به نگهداری تنفس انجام گرفت، تمام طول چرخه‌ی تنفسی در هنگام دریافت تصاویر در اختیار بوده و موجب راحتی هر چه بیشتر بیمار در حین دریافت تصاویر می‌شود.

حساسیت و ویژگی نزدیک بهم نشان می‌دهند ولی نقشه‌های کمی ADC دقت تشخیصی و حساسیت و ویژگی بالاتری از نقشه‌های  $T_2$  نشان دادند. DWI قلبی به عنوان یک روش برای تشخیصی ادم در ایسکمی حاد پیشنهاد می‌شود.

### تشکر و قدردانی

این مطالعه، برگرفته از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد به شماره طرح ۳۴۰۰۳۴۹ و کد اخلاق IR.MUI.MED.REC.1400.574 می‌باشد. این طرح توسط دانشگاه علوم پزشکی اصفهان مورد حمایت مالی قرار گرفت. بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و همچنین از کارکنان بخش ام‌آر‌آی بیمارستان پیوند اعضای شیراز بابت فراهم آوردن امکانات لازم جهت انجام این طرح سپاسگزاری می‌شود.

این نکته حایز اهمیت است که تصویربرداری دیفیوژنی چالش‌برانگیز است، همواره به تجهیزات تکنیکی بیشتری نیازمند است، زمان‌بر بوده و بسته به ضرابان قلب بیمار به تنظیمات دستی نیازمند است. تشخیص ایسکمی در این مطالعه توسط رادیولوژیست انجام گرفت اما در مطالعات آینده، به خاطر ماهیت کمی نقشه‌ها، این امکان وجود دارد که تشخیص در قطعه‌ها به صورت اتوماتیک انجام پذیرد. همچنین در این پژوهش معیارهای خروج از مطالعه در نظر گرفته شد که این معیارها می‌توانند در بیماران ایسکمی قلبی وجود داشته باشند، بنابراین مطالعات بیشتر با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها نیاز است.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش کارآیی بالینی تصویربرداری دیفیوژنی قلبی پیشرفته در بیماران ایسکمی قلبی نشان داده شد. هر دو نقشه ادم را با

### References

- Sarraffzadegan N, Mohammadifard N. Cardiovascular disease in Iran in the last 40 years: Prevalence, mortality, morbidity, challenges and strategies for cardiovascular prevention. Arch Iran Med 2019; 22(4): 204-10.
- Marzilli M, Crea F, Morrone D, Bonow RO, Brown DL, Camici PG, et al. Myocardial ischemia: From disease to syndrome. Int J Cardiol 2020; 314: 32-5.
- Lancellotti P, Dulgheru R, Go YY, Sugimoto T, Marchetta S, Oury C, et al. Stress echocardiography in patients with native valvular heart disease. Heart 2018; 104(10): 807-13.
- Zhao WK, Zhou Y, Xu TT, Wu Q. Ferroptosis: Opportunities and challenges in myocardial ischemia-reperfusion injury. Oxid Med Cell Longev 2021; 2021: 9929687.
- Batar FB, Eminovici G, Bebeselea AM, Manitiu I. Multimodality imaging in ischemic cardiomyopathy. Acta Univ Cibiniensis 2019; 71(1): 1-4.
- Gastl M, Lachmann V, Christidi A, Janzarik N, Veulemans V, Haberkorn S, et al. Cardiac magnetic resonance T2 mapping and feature tracking in athlete's heart and HCM. Eur Radiol 2021; 31(5): 2768-77.
- Giri S, Chung YC, Merchant A, Mihai G, Rajagopalan S, Raman SV, et al. T2 quantification for improved detection of myocardial edema. J Cardiovasc Magn Reson 2009; 11(1): 56.
- Granziera C, Wuerfel J, Barkhof F, Calabrese M, De Stefano N, Enzinger C, et al. Quantitative magnetic resonance imaging towards clinical application in multiple sclerosis. Brain 2021; 144(5): 1296-311.
- Jin J, Chen M, Li Y, Wang Y, Zhang S, Wang Z, et al. Detecting acute myocardial infarction by diffusion-weighted versus T2-weighted imaging and myocardial necrosis markers. Tex Heart Inst J 2016; 43(5): 383-91.
- Welsh CL, DiBella EV, Hsu EW. Higher-order motion-compensation for in vivo cardiac diffusion tensor imaging in rats. IEEE Trans Med Imaging 2015; 34(9): 1843-53.
- Moulin K, Croisille P, Feiweier T, Delattre BM, Wei H, Robert B, et al. In vivo free-breathing DTI & IVIM of the whole human heart using a real-time slice-followed SE-EPI navigator-based sequence: a reproducibility study in healthy volunteers. J Cardiovasc Magn Reson 2015; 17(1): P383.
- Abanador-Kamper N, Kamper L, Castello-Boerrigter L, Haage P, Seyfarth M. MRI findings in patients with acute coronary syndrome and unobstructed coronary arteries. Diagn Interv Radiol 2019; 25(1): 28-34.
- Wu MT, Su MY, Huang YL, Chiou KR, Yang P, Pan HB, et al. Sequential changes of myocardial microstructure in patients postmyocardial infarction by diffusion-tensor cardiac MR: correlation with left ventricular structure and function. Circ Cardiovasc Imaging 2009; 2(1): 32-40.
- Fernández-Jiménez R, Sánchez-González J, Agüero J, García-Prieto J, López-Martín GJ, García-Ruiz JM, et al. Myocardial edema after ischemia/reperfusion is not stable and follows a bimodal pattern: imaging and histological tissue characterization. J Am Coll Cardiol 2015; 65(4): 315-23.
- Kociemba A, Pyda M, Katulska K, Łanocha M, Siniawski A, Janus M, et al. Comparison of diffusion-weighted with T2-weighted imaging for detection of edema in acute myocardial infarction. J Cardiovasc Magn Reson 2013; 15(1): 90.
- Moulin K, Viallon M, Romero W, Chazot A, Mewton N, Isaaq K, et al. MRI of reperfused acute myocardial infarction edema: ADC quantification versus T1 and T2 mapping. Radiology 2020; 295(3): 542-9.

## Comparison of Sensitivity and Specificity of T<sub>2</sub> and Apparent Diffusion Coefficient Mapping in the Diagnosis of Cardiac Ischemia

Maryam Kameli<sup>1</sup>, Iraj Abedi<sup>2</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Background:** Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging by using new quantitative mapping techniques such as T<sub>2</sub> and ADC mapping, is a new approach to detect ischemia and myocardial edema. In this study, the sensitivity, specificity and diagnostic utility of ADC maps in diffusion imaging compared to T<sub>2</sub> maps in the diagnosis of cardiac ischemia were investigated and compared.

**Methods:** This is a cross-sectional study that was conducted at Shiraz Peyvand Hospital using 3-Tesla MRI from February 2020 to March 2022 on 60 patients with cardiac ischemia an average of five days after the infarct. For this, images of T<sub>2</sub> and ADC maps of the myocardium were obtained and compared. Cine images were used to check the function of the left ventricle, and the infarcted area of the myocardium was defined based on the Late Gadolinium Enhancement images.

**Findings:** In the analysis that was done with the segmentation of the left ventricle, the sensitivity and specificity of T<sub>2</sub> maps were reported as 84% and 95%, and the sensitivity and specificity of ADC maps were reported as 88% and 97%, respectively.

**Conclusion:** Based on the evaluations, ADC maps showed higher sensitivity and specificity than T<sub>2</sub> maps that are commonly used in the clinic, so their use is recommended to investigate ischemia in cardiac patients.

**Keywords:** Assessment; Diagnosis; Myocardial ischemia; Diffusion magnetic resonance imaging; Cardiac imaging techniques

**Citation:** Kameli M, Abedi I. Comparison of Sensitivity and Specificity of T<sub>2</sub> and Apparent Diffusion Coefficient Mapping in the Diagnosis of Cardiac Ischemia. J Isfahan Med Sch 2022; 40(690): 783-8.

1- MSc Student of Medical Imaging, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

**Corresponding Author:** Iraj Abedi, Assistant Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: iraj\_abedi@yahoo.com