

پروتکل استاندارد ام آر آی قلبی عروقی (CMR) باز بینی 2013

نکته مهم: در صورت هر گونه استفاده از این مطلب با توجه به قانون حق چاپ و تاثیر بر امتیاز مجله باید از متن اصلی استفاده شود.

Christopher M Kramer^{1*}, Jörg Barkhausen², Scott D Flamm³, Raymond J Kim⁴, Eike Nagel⁵,
Society for Cardiovascular Magnetic Resonance Board of Trustees Task Force on
Standardized Protocols

چکیده

مطلب پیش رو باز بینی شده ی پروتکل منتشر شده در سال 2008 انجمن

(society for cardiovascular magnetic resonance (SCMR

است که مسئول استاندارد سازی پروتکل می باشد. از زمان انتشار پروتکل اولیه، سه کارگروه در قالب (گزارش، پردازش نهایی و بیماریهای قلبی مادر زادی) جدا گانه مطالبی را منتشر کرده اند که در پروتکل پیش رو به آنها اشاره خواهد شد. با توجه به اینکه تکنیکهای بیشتری در CMR به صورت استاندارد در آمده اند مبحث اصول کلی و تکنیکها به طور گسترده تر توضیح داده شده است. همگام با پیشرفت روز افزون حوزه tissue characterization/mapping قواعد این حوزه به صورت اختیاری، optional، مطرح شده است. نویسندگان این پروتکل امیدوارند با استاندارد سازی و ساده سازی رویکرد بیمار محور (CMR patient-base) به یک رویکرد بالینی (clinical) تعبیر پیدا کند. این پروتکل با بازه های منظم همگام با پیشرفت های حوزه CMR باز بینی خواهد شد.

معرفی:

مطلب پیش رو باز بینی شده ی پروتکل 2008 انجمن

(society for cardiovascular magnetic resonance (SCMR

است که مسئول استاندارد سازی پروتکل می باشد [1]. از زمان انتشار پروتکل اولیه، 3 کار گروه دیگر در 3 قالب (گزارش، پردازش نهایی و بیماریهای قلبی مادرزادی) جداگانه مطالبی را منتشر کرده اند که در پروتکل پیش رو به آنها اشاره خواهد شد. اولین آنها در زمینه نحوه گزارش است که توسط کارگروه SCMR در سال 2010 چاپ شد [2]. با توجه بیان رفرنسها در چاپهای اخیر کار گروههای فوق تمامی آنها از قسمت منابع پروتکل پیش رو حذف شدهاند [3,4].

با استاندارد سازی گستردهتر تکنیکهای CMR مبحث اصول کلی و تکنیکها به صورت مبسوط توضیح داده شده است. همگام با پیشرفت های روز افزون حوزه Tissue characterization/mapping قواعد این حوزه به صورت optional مطرح شده است. نویسندگان این پروتکل امیدوارند با استاندارد و ساده سازی رویکرد بیمار محور (CMR patient-base)، به رویکرد بالینی (clinical) تغییر پیدا کند. این پروتکل با بازه های منظم همگام با پیشرفت حوزه CMR بازبینی خواهد شد.

تکنیک های کلی

درست در نظر گرفتن قدرت

1- CMR رادر قدرت های متفاوت می توان انجام داد هر چند امروزه جهت اکثریت آزمایشات از سیستم های 1.5T استفاده میشود.

2- CMR با 3T نیازمند تنظیمات دقیق و shimming امواج رادیوفرکونسی جهت جلوگیری از بروز آرتیفکت می باشد.

3- با توجه به افزایش (نسبت سیگنال مفید) (SNR signal-to-noise)، سیستم های 3T جهت تصویربرداری first pass contrast-enhanced perfusion مناسبند به علاوه جهت برداشت tagging sequence و 4D flow techniques از این سیستمهای 3T سود می برند.

4- steady state free precession sequence به عنوان روش غالب در تصویر برداری cine در 1.5T چالشهایی چون آرتیفکت نوار سیاه (dark banding) آرتیفکت جریان flow و کاهش زاویه چرخش به خاطر محدودیت های (SAR specific absorption rate) در سیستم 3T ایجاد خواهد کرد.

5- وسائلی که در 1.5T مورد آزمایش قرار گرفته اند ممکن است در 3T ایمن نباشند. جهت حفظ امنیت اصول ایمنی (MRI safety) با قدرت بالاتر را بررسی نمایید.

Stress Agent

1- دوبوتامین با دوز ماکزیم 40ug/kg/min

2- آتروپین: دوز منقسم 0.25mg (تا ماکزیم دوز 2mg)

3- آدنوزین 140ug/kg bodyweight/min

(اگر پس از 2-3min ضربان قلب 10bpm افزایش نیافت و یا فشار خون بیش از 10mmHg افت نداشت) با توجه به نرمالهای محلی و موسسه ای (دوز دارو را تا 210ug/kg body weight/min میتوان افزایش داد).

4- ریگادنوزین 0.4mg به صورت تزریق منفرد.

مواد منع مصرف

دوبوتامین

* فشار خون سیتمیک شدید ($BP \geq 220/120\text{mmHg}$)

* آنژین صدری ناپایدار

* تنگی قابل توجه دریچه ای (سطح دریچه ائورت $> 1\text{cm}^2$ یا حداکثر گراد پان در بجه ائورت $> 50\text{mmHg}$)

* آرتیمی قلبی کمپلکس شامل فیبریلاسیون دهلیزی کنترل نشده

* کار دیومیوپاتی هایپر تروفیک انسدادی

* میوکار دیت- اندوکار دیت - پریکار دیت

* نارسایی کنترل نشده ی احتقانی قلب

آتروپین

* گلوکوم زاویه بسته

* میاستنی گراویس

* اوروپاتی انسدادی

* اختلالات انسدادی گوارشی

آدنوزین یا ریگادنوزین

* بلوک درجه 2 یا 3 دهلیزی بطنی یا اختلال عملکرد گره سینوسی

* فشارخون سیستولی کمتر از 90mmHg

* برادی کاردی سینوسی (ضربان قلب کمتر از 40bpm)

* بیماری فعال انسدادی یا اسپاسمودیک برونشها همراه با مصرف منظم داروی استنشاقی

* مورد افزایش حساسیت شناخته شده به آدنوزین یا ریگادنوزین

* عوارض جانبی کمتری برای ریگادنوزین در مقایسه با آدنوزین بیان شده است هر چند که نیمه عمر ریگادنوزین طولانی تر است

آماده سازی بیمار

1- اخذ رضایت آگاهانه جهت استرس تست (stress test) .

2- جهت ایجاد بیشترین تاثیر بیمار باید 12-24 ساعت پیش از آزمایش از داروهای زیر پرهیز کند

چرا که این ترکیبات پتانسیل تداخل اثر با stress agent را دارند.

دوبوتامین: بتابلوکرها و نیتراتها

آدنوزین / ریگادنوزین: کافئین (قهوه، چای، نوشیدنی های کافئین دار و یا خوراکی های کافئین دار مثل شکلات، داروهای حاوی کافئین)، تنوفلین، دی پیرامول

توجه: مطالعات زیادی در تایید این نکته وجود دارد که اثرات کافئین و نیکونین را بادوز بالاتر آدنوزین و همه چنین ریگادنوزین می توان برطرف ساخت.

1- ناشتا بودن اجباری نیست اما غالبا توصیه میشود چرا که از اثرات نامطلوب stress agents تهوع و استفراغ است که به ویژه در هنگام دراز کشیدن به پشت در فضای محدود مگنت می تواند تولید اشکال کند.

2- دومیسیر داخل وریدی یکی جهت گادولینیوم و دیگری جهت آدنوزین نیاز است که باید هر مسیر در یکی از دستها تعبیه گردد. محل ترجیحی جهت تزریق کنتراست ناحیه جلو آرنج (آنته کوبیتال می باشد. کاف فشار سنج با رعایت نکات لازم جهت جلوگیری اختلال در تزریق گادولینیوم و آدنوزین باید استفاده گردد. جهت ریگادنوزین تنها یک مسیر وریدی لازم است.

اثرات نامطلوب محتمل

دوبوتامین در دوزهای بالا ممکن است درد قفسه سینه و یا تپش قلب ایجاد کند. سایر عوارض شدید نادرند که شامل:

* سکنه قلبی

* فیبریلاسیون بطنی

* تاکی کاردی پایدار بطنی

* آدنوزین و ریگادنوزین ممکن است موجب گرگرفتگی، درد قفسه سینه، تپش قلب و تنگی نفس شوند سایر عوارض شدید شامل:

* بلوک قلبی گذرا

* افت فشارخون گذرا

* تاکی کاردی سینوسی گذرا

* برونکواسپاسم

تجهیزات و نکات ایمنی جهت stress test

1- تجهیزات مانیتورینگ (فشارخون و نوار قلب جهت بررسی ریتم قلبی، سیستم ارتباط بابیمار)

2- آمادگی و تمرین مکرر جهت خروج سریع بیمار از مگنت

3- اصول احیاء اورژانس در محل

4- دفیبریلاتور

5- داروها جهت درمان اورژانس

a. سریعاً در دسترس: بتابلوکرها (مثل اسمولول یا متوپرولول)، نیتروگلیسرین، آمینوفیلین

b. در ترالی اورژانس: داروهای کامل اورژانس (شامل: اپی نفرین، بتابلوکرها، آتروپین، برونکودیلاتورها، داروهای آنتی آریتمیک)

6- برای دوبوتامین-بررسی در لحظه (on-line) حرکات دیواره را در طول انجام بازسازی تصویر که بلافاصله پس از گرفتن تصاویر انجام میشود را باید مد نظر داشت.

Module تنظیم تزریق گادولینیوم / ایمنی

جدول شماره 1 را مشاهده کنید.

Table 1 Contrast and chasing bolus doses and injection rates

Indication	Contrast dose (mmol/kg body weight)	Injection rate	Saline chasing bolus	Injection rate
Perfusion	0.05-0.1	3-7 mL/s	30 mL	3-7 mL/s
Late gadolinium enhancement	0.1-0.2		20 mL	
Angiography (carotids, renals, aorta)	0.1-0.2	2-3 mL/s	20 mL	2-3 mL/s
Time-resolved angiography	0.05	3-5 mL/s	30 mL	3-5 mL/s
Peripheral angiography	0.2	First 10 mL @ 1.5 mL/s, rest @ 0.4-0.8 mL/s	20 mL	0.4-0.8 mL/s

نکات:

1- حجم و سرعت تزریق به مدت اسکن بستگی دارد. مقادیر داده شده در جدول توصیه هایی جهت یک اسکن تیپیک می باشد.

2- سرعت تزریق برای مواد حاجب 1 مولار متفاوتند. به صورت قاعده کلی سرعت های تزریق داده شده را بر 2 تقسیم کنید.

3- کنتراست با relaxivity بالاتر به طور مثال (gadobenate dimeglumin) به دوزهای پایین تر نیاز دارند.

4- در طی این پروتکل کلمه گادولینیوم به gadolinium chelates اشاره دارد.

ملاحظات ایمنی

1- باید استفاده از کنتراست گادولینیوم در افراد با مرحله 4 یا 5 بیماری های مزمن کلیوی ($GFR < 30 \text{ ml/min}$) (1.73 m^2) به خصوص آنها که تحت دیالیز هستند پرهیز شود. هم چنین با توجه به احتمال

NSF (nephrogenic systemic fibrosis) در نارسایی حاد کلیوی و بیماری های مزمن کبدی نباید از کنتراست گادولینیوم استفاده کرد.

2- میزان کنتراست گادولینیوم باید تا حد ممکن پایین باشد تا عکس های با کیفیت حاصل شود.

3- ریسک NSF وابسته به نوع gadolinium chelate استفاده شده است. از گایدلاین های محلی، منطقه ای یا ملی جهت راهنمایی برای انتخاب بهترین دارو در بیماران با نارسایی کلیوی استفاده کنید.

4- اگر چاره ای جز استفاده از کنتراست گادولینیوم در افراد دیالیزی وجود نداشته باشد باید دیالیز پس از انجام تصویر برداری بر اساس گایدلاین های محلی، منطقه ای یا ملی انجام شود.

Module ساختار و عملکرد بطن چپ

1- تصویر برداری اولیه (scout) - ترانس آگز یال. کرونال. ساژیتال

2- تصاویر ترانس آگز یال (8-10mm) از ناحیه قفسه سینه به 2 روش SSFP یا fast spin echo.

3- تصویر برداری اولیه (scout) جهت مرز بندی short axis- هنگامی که نمایش حرکات long axis و جریان ورودی مطرح است، تصویر برداری cine نسبت به تصویر برداری single shot ارجح است.

a. Vertical long axis به صورت عمود بر تصاویر ترانس آگز یال و در امتداد اپکس و مرکز دریچه میترال توصیف میشود.

b. Horizontal long axis به صورت عمود بر vertical long axis به طوری که از میان اپکس و مرکز دریچه میترال عبور کند توصیف میشود.

4- SSFP به عنوان شیوه ی انتخابی جهت تصویر برداری cine مطرح است چراکه تصاویری با SNR بالا و کنتراست عالی بین میوکارد و حوضچه خونی ایجاد میکند.

a. در سیستم 3T با توجه به امکان بی کیفیت شدن تصاویر Cine به روش SSFP توسط آرتیفکت می توان توالی های Spoiled gradient-echo را به عنوان جایگزین در نظر داشت.

b. راهکار های کاهش و یا حذف banding artifact شامل، shimming، کاهش TR و تنظیم فرکانس RF می باشد (توالی های اولیه (scout) فرکانس جهت این منظور مفید خواهد بود).

5- تصاویر steady state free precession short axis از سطح دریچه میترال تا ناحیه اپکس گرفته میشوند. گرفتن اولین مقطع بازال در نمای short axis بایستی از سمت میوکارد محل طلاق دیلیزی بطنی در زمان انتهای دیاستول و از روی تصاویر بدست آمده در نمای Long axis cine که قبلاً توصیف شد شروع شود.

a. ضخامت مقاطع 6-8mm با فاصله بین مقاطع 2-4mm تا جمعاً معادل 10mm در هر مقطع باشد.

b. رزولوشن زمانی (temporal resolution $\leq 45\text{ms}$) بین فازها

c. از تصویر برداری موازی (parallel) در صورت در دسترس بودن استفاده شود.

6- steady state free precession long axis images

a. نمای long axis چهار حفره ای از روی تصویر vertical long axis ساخته می‌شود که به صورت خط عمود بلندی که از میان اپکس و مرکز میترال و تریکوسپید توصیف می‌شود. این محور را هم چنین با استفاده از زاویه کوستورنیک که مطابق لبه دیواره آزاد RV است و بر اساس تصویر basal short axis cine میتوان چک مجدد کرد.

b. vertical long axis vertical بر اساس تصاویر اولیه (scout) که قبلاً گرفته شده تهیه میشود.

c. نمای محور بلند ناحیه خروجی بطن چپ (LVOT long axis) از میان اپکس و مرکز دریچه میترال عبور کرده و در امتداد مرکز LVOT به سمت دریچه انورت که در basal short axis cine دیده می‌شود، قرار دارد.

d. Optional : حداقل 3 نمای rotational long axis می‌تواند گرفته شود.

ساختار و عملکرد بطن راست

1- نمای محور کوتاه (short axis) بطن راست همانند module ساختار و عملکرد بطن چپ می‌تواند گرفته شود. اگر از short axis جهت محاسبه کمی استفاده شود قرارگیری دقیق مقطع basal short axis بر سمت میوکاردی بطن راست اهمیت دارد همچنین باید دقت نمود تا در حداقل در یک مقطع basal در انتهای سیستول، مقادیر متناسب با حجم دهلیز راست را حذف کرد.

2- سری تصاویر cines ترانس آگزیتال که RV را پوشش کامل دهد، می‌تواند جهت سنجش حجم RV مورد استفاده قرار گیرد.

3- تصاویر long axis بایستی شامل یک نمای RV vertical long axis در امتداد با جریان ورودی تریکوسپید و یک نمای تونل خروجی RV باشد) سطوح ساژیتال یا ساژیتال مایل از میان دریچه ی پولمونر جهت این منظور مناسبند)

Module پرفیوژن اولیه (First pass perfusion)

1- تصاویر اولیه (scout) همانند module ساختار و عملکرد بطن چپ

2-

saturation-recovery imaging with gradient echo-echo planar (GRE-EPI) hybrid, GRE, or SSFP readout

3- تصویر برداری نمای axis short (حداقل 3 مقطع در هر ضربان)

a. جهت بررسی ایسکیمی تصویر برداری در تک تک ضربان ها بایستی انجام شود.

b. ضخامت مقاطع 8mm

c. در صورت دسترسی تصویر برداری موازی (parallel) انجام شود.

d. $3\text{mm} > \sim$ in-plane resolution

e. رزولوشن زمانی (Read out temporal resolution) تقریباً 100-125 ms و یا در صورت امکان کوتاه تر

f. کنتراست با دوز (0.1mmol/kg, 3-7 ml/s-0.05) و به دنبال آن حداقل 30ml سالین یکجا (3-7ml/s) تزریق شود.

g. حبس نفس از فازهای اولیه تزریق کنتراست و قبل از رسیدن آن به حفره LV انجام شود.

h. تصویر برداری به مدت 40-50 ضربان قلب ادامه خواهد یافت که در طی این مدت کنتراست از میان میو کارد LV عبور کرده است.

Module جذب تاخیری گادولینیوم

1-توالی پالسی

a. در افراد با توانایی مناسب حبس تنفس و همچنین در صورت مناسب بودن signal-to-noise ، توالیهای

(2D segmented inversion recovery GRE or SSFP ، Phase-sensitive Inversion-Recovery (PSIR

و توالی 3D توصیه می شود.

b. تصویر برداری یک مرحله ای، (SSFP readout ، single shot) به عنوان پشتوانه جهت بیماران با اختلال ریتم

و یا مشکل در حبس نفس گرفته می شود.

2- به حداقل زمان 10min بعد از تزریق گادولینیوم نیاز است (جهت تنظیم دوز گادولینیوم جدول 1 را ببینید).

نکته: زمان تاخیری گرفتن تصویر در موقعی که دوزهای کمتر گادولینیوم استفاده می‌شود ممکن است کمتر از 10 دقیقه باشد و در این مدت سطح سیگنال حوضچه خونی به زیر مقادیر سیگنال late enhancement میوکارد می‌افتد. تصاویر بایستی در طی فاز بی‌حرکتی قلب در زمان دیاستول گرفته شود.

3- به نماهای مشابه همانند آنچه در تصویر برداری cine لازم است نیاز داریم (short- and long-axis)

4- ضخامت تصاویر مشابه تصویر برداری cine

5- in-plane resolution تقریباً معادل 1.4-1.8mm

6- زمان تصویر برداری در بازه R-R و کمتر از 200ms باید باشد و در موارد تا کی کاردی در زمانی کوتاه‌تر باید انجام شود تا از مخدوش شدن تصاویر جلوگیری شود.

7- زمان مناسب اینورژن (inversion time) جهت خنثی کردن سیگنال میوکارد طبیعی باید تعیین گردد. به صورت جایگزین از توالی PSIR می‌توان استفاده کرد که به تنظیم دوباره (TI) کمتری نیاز دارد.

8- Read out به طور معمول یک ضربان در میان می‌باشد اما در صورت برداری کاردی به هر ضربان و در تاکی کاردی یا آریتمی به هر 3 ضربان در میان می‌تواند تغییر یابد.

Adenosine/Regadenoson stress perfusion CMR

1- Module ساختار و عملکرد بطن چپ (به صورت جایگزین این تصویر برداری را می‌توان در بین دو مرحله پرفیوژن در طی استرس و استراحت انجام داد. اگرچه که باید توجه داشت انجام تصاویر بلافاصله بعد از تزریق گادولینیوم ممکن است کنتراست بین خون و اندو کارد را کاهش دهد).

2- adenosine perfusion imaging (حداقل 3 دقیقه تزریق $140\mu\text{g}/\text{kg body weight}/\text{min}$ با امکان افزایش تا

$210\mu\text{g}/\text{kg body weight}/\text{min}$)

-option دوز اولیه آدنوزین می‌تواند قبل از ورود بیمار به هسته مگنت تزریق شود.

a. Module پرفیوژن اولیه

b. در طول آخرین دقیقه تزریق آدنوزین، گادولینیوم باید تزریق شود.

c. بعد از تصویر برداری برای مدت حدود 40-50 ضربان که طی این مدت گادولینیوم از میوکارد LV عبور کرده است آدنوزین قطع میشود.

d. مانیتورینگ مداوم ECG و اندازه گیری فشار خون در ابتدا و در طول تزریق و برای حداقل 2min بعد از تزریق آدنوزین انجام شود.

3- جایگزین: تصویربرداری استرس پرفیوژن با ریگادنوزین (regadnoson perfusion stress imaging) بادوز بولوس 0.4mg

a. first pass perfusion module

b. تقریباً 2min پس از تزریق ریگادنوزین، گادولینیوم را باید تزریق کرد.

c. تصویر برداری برای حداقل 40-50 ضربان که در طی این مدت گادولینیوم از میوکارد LV عبور کرده است، باید انجام شود.

d. ECG مانیتورینگ مداوم و اندازه گیری BP ، در حالت پایه و یک دقیقه در میان برای حداقل 6min بعد از تزریق ریگاد نوزین باید انجام شود.

4- پرفیوژن در وضعیت استراحت (rest perfusion)

a. به حداقل 10 min زمان جهت خروج گادولینیوم استفاده شده در مرحله تصویر برداری تحت استرس نیاز است. در طی این مدت تصاویر تحت استرس (stress image) را می توان مورد باز بینی قرار داد و یا تصویر برداری Cine را تکمیل نمود. (به طور مثال نمای long axis) و یا بررسی درجه ای و سایر موارد را انجام داد .

b. تصویر برداری پرفیوژن بدون آدنوزین/ریگادنوزین با دوز مشابه گادولینیوم تکرار می شود(نکته: جریان خون ممکن است تا 10min پس از تزریق ریگادنوزین به حالت پایه باز نگردد).

c. چنانچه تصاویر تحت استرس نرمال و بدون آرتیفکت باشد نیاز به تصاویر پرفیوژن در حالت استراحت (rest perfusion) نخواهد بود. در صورت نیاز به گادولینیوم جهت تصویر برداری جذب تاخیری (late gadolinium enhancement)، مجدداً تزریق خواهد شد. (دوز کلی

(mmol/kg 0.1-0.2

5- Module جذب تاخیری گادولینیوم

a. در صورت انجام تصویربرداری فوق به حد اقل 5min زمان پس از تصویربرداری rest perfusion نیاز است.

6- Optional: بررسی کمی کامل.

a. روش تزریق بولوس دو گانه جهت حذف اثر غیر خطی شدت سیگنال و غلظت ماده کنتراست به کار می رود. این روش نیازمند تزریق یک دوز رقیق شده استاندارد پیش بولوس می باشد.

b. استفاده از توالی کنتراست دوگانه را در نظر داشته باشید. همانند روش تزریق بولوس دو گانه این توالی جهت حذف اثر غیرخطی غلظت ماده حاجب و شدت سیگنال, بدون نیاز به ترفیق کنتراست و تزریق اضافی به کار می‌رود ولی نیازمند نرم افزار خاص بر روی سیستم می‌باشد که ممکن است بر روی همه اسکنرها در دسترس نباشد.

c. اضافه کردن تصاویر proton density را قبل از تزریق کنتراست در نظر داشته باشید این تصاویر به عنوان پایه تصحیح برای بررسی کامل کمی به کار می‌رود, اما نیازمند نرم افزار خاصی بر روی سیستم می‌باشد که ممکن است روی همه اسکنرها نباشد.

Dobutamin stress CMR

Module 1 ساختار و عملکرد بطن چپ

2- تحریک با دوبوتامین

a. دوبوتامین را به صورت افزایشی از $10\mu\text{g}/\text{kg body weight}/\text{min}$ در هر 3 دقیقه یا شروع از

$10\mu\text{g}/\text{kg body weight}/\text{min}$ تا رسیدن به $(\text{HR}=85\% \times [220-\text{age}])$ ادامه می‌دهیم.

b. در صورت عدم پاسخ مناسب HR آتروبین را در دوز های کوچک افزایشی اضافه کنید) جدول 1.2 در مورد

Stress agent را مشاهده کنید)

3. c نمای محور کوتاه (short axis cine) و 3 نمای محور بلند (long axis cine) را در طول هر افزایش دوز تکرار کنید.

d. ECG مانیتورینگ و اندازه گیری فشار خون مداوم در هر مرحله باید انجام شود.

e. تصاویر cine را در لحظه (online) به محض گرفتن بررسی کنید.

f. توالی SSFP cine تنظیم شده جهت حفظ رزولوشن زمانی (temporal resolution) مناسب همراه با افزایش ضربان قلب باید گرفته شود.

g. در صورت ایجاد حرکت غیرعادی دیواره, عارضه جانبی جدی و یا رسیدن به حد اکثر ضربان قلب از مودن را متوقف کنید.

Module جریان

1- به طور معمول به عنوان بخشی از سایر پروتکل های قلبی عروقی انجام می شود. تصاویر اولیه (scout) میتوانند کمک کننده باشند. بهتر است عروق مورد نظر از 2 جهت بررسی شوند و یا اسکنر جهت انجام MRA برنامه ریزی مجدد گردد) به طور مثال additional bSSFP و CE-MRA یا تصاویر اولیه black blood scout در حالت T2 کمک کننده خواهد بود.

2- توالی: توالیهای cine گرادیان اکو که motion-encoded بوده و در یک بُعد ("through-plan") گرفته می شود معمولاً می تواند استفاده شود.

3- جهت رسیدن به نتایج مورد نظر، سطح تصویر برداری باید:

a. در مرکز رگ مورد نظر قرار داده شود.

b. در امتداد عمود بر جریان اصلی رگ در 2 جهت فضایی باشد.

c. در مرکز iso-center مگنت قرار داده شود.

4- پارامترهای تصویر برداری: ضخامت مقاطع 5-8mm با وضوح (in plane resolution) حداقل یک دهم قطر رگ.

حساسیت (Venc velocity encoding) باید بر اساس ولوسیت و سرعت جریان پیش بینی شده تنظیم گردد. اگر آرتیفکت aliasing در تصاویری که بر اساس اختلاف فاز بافتی گرفته می شود وجود داشت باید Venc مناسب انتخاب شود. اگر توالی نمونه برداری اولیه Scout برای تعیین ولوسیت در دسترس است ممکن است با استفاده از آن بتوان Venc اپتیمال را بدست آورد.

5- تعداد تصاویر در زمان با سرعت 20-30 عکس برای هدفهای روتین کلینیکی کافی است. جهت بازخوانی (k-space segmentation) ، Read-out) در محدوده ی قدرت حبس تنفس و در طول ضربانهای مکرر قلب قابل استفاده است. تکنیک Navigator based non-breathhold جهت بهبود رزولوشن زمانی و یا فضایی در صورت لزوم قابل استفاده است.

6- (TE) Echo time) باید در حداقل تنظیم گردد، بخصوص در مواقع تصویر برداری از تنگی عروق.

module ویژگی شناسی پیشرفته بافتی

با توجه به پیشرفت روزافزون حوزه ویژگی شناسی بافتی و تنوع زیاد توالیهای پالسی در مراکز مختلف، modules عنوان شده در زیر تنها به عنوان کلیات (general guidelines) می باشد چرا که هیچ گونه استانداردسازی در این حوزه صورت نگرفته است. مقادیر نرمال باید در مراکز به صورت منحصر به فرد و یا در صورت تشابه ساختار مراکز و توالی پالس به صورت مشترک مورد استفاده قرار گیرد.

1- (T2-W imaging (optional

Black blood T2 -W STIR (short tau inversion Recovery) .a

i. اختلالات محتمل: سیگنال روشن در منطقه با جریان خون کند، بیرون زدگی سیگنال به علت حرکت بافت

Bright blood T2-W sequence .b

i. T2 -prepared single- shot SSPF Sequence

ii. به عنوان یک توالی جایگزین: turbo spin echo –steady state free precession hybrid

iii. اختلالات محتمل: سیگنال روشن ممکن است حاشیه اندوکاردا را بپوشاند.

(optional)T2 mapping .c)

i. T2- prepared single-shot SSFP sequence acquired with different T2 prep time

ii. در صورت نیاز تصحیح حرکت صورت گیرد.

(T1 mapping(optional-2

look locker imaging (MOLLI Or SH MOLLI on equivalent) .a

i. قبل و 2-4 مرتبه پس از تزریق کنتراست بولوس انجام شود.

ii. به صورت جایگزین ، تزریق مداوم کنتراست میتواند به جای تزریق بولوس استفاده شود.

T2* Module

1- جهت بررسی رسوب آهن در قلب در دسته ای از بیماریها هم چون تالاسمی ماژور کاربرد دارد. تصاویر معمولاً در ارتباط با عملکرد بطن چپ گرفته می شوند. اگر تصاویر T2* به عنوان بخشی از ارزیابی

Contrast-enhanced برای کاردیومیوپاتی باشند، این تصاویر باید قبل تزریق کنتراست گرفته شوند.

2-توالی پالس: در طی یک نوبت حبس نفس با استفاده از اسکن gradient-echo و multi-echo به صورت یک سری 6-9 زمان اکو متفاوت (TE) که با زمان تقریبی 2ms شروع و تا حدود 18ms ادامه داشته و با زمان حدود 2ms بین هر اکو انجام می شود. هیچ زمان تاخیری (delay time) بعد از موج R وجود ندارد.

optional: در بیماران با رسوب شدید آهن یک سگانس پالسی با echo spacing کوتاهتر جهت مشخص نمودن دقیق ویژگی های T2* مفید خواهد بود: یک سری 6-9 زمان (TE) اکو که از حدود 1ms شروع و تا 12ms ادامه پیدا می کند با فاصله بینابینی تقریبی 1ms بین هر زمان اکو.

3- یک تصویر از مقطع میان بطنی (mid-ventricular) و در نمای محور کوتاه (short-axis) مورد نیاز است.

4- ضخامت مقاطع 8-10mm, In-plan resolution ~ 1.6-3.0mm

5- (optional) یک توالی تصویربرداری مشابه بالا اما (non-ECG gated) در محور axial از قسمت میانی کبد جهت بررسی رسوب آهن در کبد گرفته شود. نبود ECG-gating اجازه کاهش فاصله زمانی تکرار اکو را فراهم می آورد در نتیجه تعداد اکوهای بیشتری گرفته خواهد شد.

پروتکل های اختصاصی بیماریها

بیماریهای ایسکمیک قلبی

MI حاد یا سندرم حاد کرونری

1- Module ساختار و عملکرد بطن چپ

2- optional: module ویژگی شناسی پیشرفته بافتی

3- optional: Module 3- پرفیوژن اولیه (تنها در استراحت). در صورت ریواسکولاریزاسیون قلبی در مسیر عروق مسدود شده می توان تست استرس را نیز انجام داد.

4- جهت بررسی انسداد عروق ریز (micro vascular) می توان توالی پرفیوژن اولیه (first pass perfusion) یا جذب سریع گادولنیوم (early enhancement) را تکرار کرد, به طور مثال 1-3min پس از تزریق کنتراست.

5- Module جذب تأخیری گادولنیوم

بیماریهای ایسکمیک مزمن قلب و قابلیت حیات بافتی (ویابیلیتی)

1- Module ساختار و عملکرد بطن چپ

2- Optional: module ویژگی شناسی پیشرفته بافتی

3- Optional : جهت بررسی رزرو انقباضی (contractile reserve) همراه با افزایش ضخامت دیواره از تزریق دوزهای پایین دوبوتامین $10\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ در طی 5-10min استفاده می شود.

4- Optional : جهت مشخص نمودن پتانسیل القاء اختلال خونرسانی و یا اختلالات حرکت دیواره از adenosine stress-rest perfusion و یا تصویر برداری فانکشنال بادوز بالای دوبوتامین میتوان بهره برد. (جهت جزئیات پروتکل استرس را مشاهده کنید.)

5- Module جذب تأخیری گادولینیوم

آنژیوگرافی

MRA عروق محیطی

1- از کویل عروق محیطی یا ترکیبی از کویل ها (coil) در صورت در دسترس بودن، استفاده می شود. کاف فشار وریدی) در محل رانها قرار داده و تا حد زیر فشار دیاستولی باد می شود. (در صورت در دسترس بودن مفید است.

2- Trans axial, low-resolution, vessel scouting with time-of-flight MRA on SSFP

3- زمان بندی گادولینیوم

a. انتخاب اول: تست ترانس اگزیمال با تزریق بولوس در سطح دیستال آنورت شکمی. به صورت تزریق 2ml گادولینیوم و به دنبال آن 20ml سالین. جهت مشخص نمودن زمان رسیدن به حداکثر سیگنال جذبی بدنبال تزریق و با استفاده از توالی (single-shot) که بولوس راهنما را دنبال می کند.

b. انتخاب دوم: تکنیک Bolus trigger در زمان شروع اسکن

4- MRA جذب گادولینیوم (gadolinium-enhanced MRA) همزمان با حرکت تخت در نمای کرونال از سطح میانی آنورت شکمی تا پاها انجام می شود.

2. a تصویربرداری حجمی انجام می شود که یکی قبل از کنتراست، جهت حذف (subtraction) و دیگری در طول تزریق کنتراست است.

b. جهت آلودگی کمتر وریدی گادولینیوم در 2 فاز، همراه با بولوس سالین تزریق می شود. (جدول شماره 1 مشاهده شود).

c. ضخامت مقاطع $0.8-1.5\text{ mm}; 1-1.5\text{ mm}$ acquired spatial resolution in-plan

d. تعداد مقاطع- معمولاً 60-100 عدد بر حسب نیاز تا عروق مورد نظر را ببوشاند.

e. حجم‌های بدست آمده از عروق بزرگتر شکمی و لگنی و رانها، رزولوشن فضایی بیشتری خواهند داشت درحالی که عروق پاها رزولوشن فضایی زیر یک میلی خواهند داشت. تصویر برداری از عروق بزرگ 15-20 ثانیه زمان لازم دارد، در حالی که عروق پا جهت افزایش رزولوشن فضایی به 60-90 ثانیه زمان نیاز دارد. جهت پاها تصویر برداری elliptical centeric k-space مفید خواهد بود. در صورت در دسترس بودن تصویر برداری time-resolved جهت پاها ارجح است.

f. تصویر برداری موازی (parallel) توصیه می شود. (جهت این تصویر برداری کوئل سطحی چند کاناله نیاز است.)

جایگزین: پروتکل تزریق دوگانه

1- تک دوز گادولینیوم: time – resolved MRA (foot) پا و عروق پا

2- تک دوز گادولینیوم MRA: ران و عروق شکمی

جایگزین: تکنیک MRA بدون کنتراست

1- دو دسته کلی از روش ها مورد استفاده قرار گرفت) سایر روش ها نیز موجود است):

1. "Fresh blood imaging" که در آن 2 توالی 3D fast-spin-echo وابسته به ECG که یکی در سیستول و دیگری در زمان دیاستول گرفته می شود. حذف تصویر سیستول از دیاستول منجر به یک تصویر منحصر ا شریانی خواهد شد. این تصویر برداری در حجم های بالاتر و محور z بزرگتر تصاویر بهتری به دست خواهد افتاد.

a. ضخامت مقاطع ~2mm; acquired spatial resolution in-plane 0.6 – 0.8 mm

b. تعداد مقاطع: معمولا 40 بر حسب نیاز تا عروق مورد نظر را بپوشاند می توان تعداد مقاطع را افزایش داد.

c. تصویر برداری موازی توصیه می شود (کوئل سطحی چند کاناله مورد نیاز است.)

2- 3D SSFP with an inversion preparation pulse, که موجب محو شدن بافت پس زمینه شده و همچنین با یک T1 مناسب موجب تقویت سیگنال های شریانی در منطقه مورد نظر از طریق اجازه ورود جریان خون از بیرون حجم IR prepared و ورود به محل مورد نظر می شود. این روش جهت تصویرگیری عروق با حجم پایین مناسب تر می باشد.

a. Volume acquired:~340×300×70; acquired spatial resolution ~1.3 × 1.3 × 1.4

b. تصویر برداری موازی (Parallel) توصیه می شود. (کوئل (Coil) سطحی چند کاناله مورد نیاز است.)

MRA آنورت سینه ای

1. Localizer در سه جهت آناتومیکی گرفته شود
- 2- توالی Half-fourier single shot fast spin echo or SSFP در نمای ترانس آگزیکال که کل قفسه سینه را بپوشاند و با یک مرحله حبس تنفس انجام شود.
- 3- T₁-weighted fast spin echo ترانس آگزیکال از آنورت (جهت هماتوم جداری و دایسکشن)
- 4- تصویر برداری SSFP cine در سطح پاراساژیتال و موازی و در امتداد با خط وسط آنورت بعنوان انتخاب دیگر از روش سه نقطه‌ای استفاده کنید.
- 5- بررسی دریچه آنورت را بر اساس پروتکل دریچه ها انجام دهید.
- 6- زمانبندی کنتراست
- a. انتخاب اول: روش تست تزریق بولوس در سطح دیستال آنورت شکمی و در نمای آگزیکال، تزریق 2ml گادولینیوم و به دنبال آن 25ml سالین. زمان رسیدن به حداکثر جذب را به دنبال تزریق اندازه گیری کنید.
- b. انتخاب دوم: تکنیک bolus triggering در زمان شروع اسکن
- c. انتخاب سوم: تصویر برداری سریع 3D multi phase بدون زمانبندی
- 7- MRA جذب 3D گادولینیوم (0.1-0.2 mmol/kg)
- optional: تصویر برداری وابسته به ECG
- a. از spatial resolution حداقل 1.5mm استفاده کنید.
- b. در صورت در دسترس بودن، از تصویر برداری موازی (parallel) استفاده کنید.
- c. حداقل دو مرحله تصویر برداری پس از تزریق کنتراست انجام می شود.
- 8- optional: جهت التهاب آنورت (aortitis)
- Trans axial T₂-weighted gradient echo or T₁-weighted gradient-echo post-contrast
- 9- optional: بخش MRA عروق محیطی که قبلاً توضیح داده شده را جهت تکنیک MRA بدون کنتراست بررسی کنید.

بررسی آنرمالی های عروق کرونر

1- module ساختار و عملکرد بطن چپ جهت بررسی اختلال حرکت دیواره

a. تصویربرداری در جهت محور بلند افقی (Horizontal long axis) را به صورت

(High temporal resolution) $\leq 20\text{ms per phase}$ تکرار کنید تا به طور دقیق زمان سکون RCA مشخص شود.

2- Navigation-gated, 3D, free-breathing, MRA sequence:

d. تصویر برداری موازی توصیه می شود.

e navigator. در بالا نیمه ی راست دیافراگم تعبیه می شود.

f: optional. از گادولینیوم جهت بهتر نمایان شدن عروق استفاده شود.

3- optional:

a. در صورت کیفیت پایین تصاویر و عدم وجود راهنما (Navigator) از تکنیک حبس تنفس استفاده شود.

b. توالی های T_2 -prepared مفید خواهند بود.

a. مقاطع ترانس آگزیمال از سطح پروگزیمال شریان اصلی ریوی تا قسمت میانی دهلیز راست ادامه پیدا می کند (در

صورت تمایل پوشش کامل) قلب داده شود، ضخامت مقاطع تقریبی 1-1.5mm

Acquired spatial resolution in-plane of 1.0mm or less

b. تعداد مقاطع: به طور معمول 50-80 عدد بر حسب نیاز تا عروق مورد نظر را بپوشاند.

c. تأخیر شروع (trigger delay) و بازه تصویر برداری (acquisition window) را بر حسب زمان سکون

کرونی بدست آمده تنظیم کنید.

بررسی ورید ریوی- پیش و پس از ابلیشن (ablation)

1- Module ساختاری و عملکرد بطن چپ

2-MRA جذب کنتراست به صورت جذب کنتراست به صورت 3D در وضعیت حبس تنفس از زاویه کروئال جهت پوشش کامل وریدهای پولمونری و دهلیز چپ (در صورت همکاری بیشتر برای حبس نفس سطح قدامی بیشتری را می‌توان پوشش داد)

optional. a: محور مایل با مرکزیت ورید پولمونری، ضخامت مقاطع و در نتیجه زمان حبس نفس مورد نیاز را کاهش خواهد داد اما موجب کاهش پوشش تصاویر از دهلیز چپ خواهد شد.

optional. b: تصویربرداری وابسته به ECG-gating. (ECG) در زمانی که بیمار اختلال ریتم دارد، شروع تصویر برداری باید با ابتدای سیلول همزمان گردد. (برای مثال بدون تأخیر شروع (trigger delay))

2-3 c: نوبت تصویر برداری حجمی -یکی قبل از کنتراست جهت حذف (subtraction)، یکی در طول عبور اول کنتراست و دیگری انتخابی) بعد از تزریق کنتراست)

d. گادولینیوم با دوز 0.1-0.2mmol/kg و با سرعت 2-3ml/s تزریق شود.

e. ضخامت مقاطع: 1-1.5mm-1 acquired spatial resolution in-plane ، 2mm

f. تعداد مقاطع- به طور معمول 60-80 برحسب نیاز تا ناحیه مورد نظر را بپوشاند.

g. تصویربرداری موازی (parallel) در صورت در دسترس بودن استفاده شود.

3- optional: آنالیز فلو هر ورید ریوی با روش through plane phase contrast انجام شود.

ونوگرافی کروئری

1- Navigator-gated, 3D, free-breathing, inversion prepared MRA sequence

a. مقاطع ترانس آگزیمال از سطح پروگزیمال شریان اصلی پولمونری تا میانه ی دهلیز راست (در صورت تمایل پوشش کامل قلب می‌تواند داده شود) ضخامت مقاطع 1-1.5mm

Acquired spatial resolution in-plane of 1.0mm or less

b. تعداد مقاطع- به صورت معمول 110-130 برحسب نیاز تا عروق مورد نظر را بپوشاند .

c. بر اساس پایان سیستول (=) بیشترین قطر ورید) تاخیر شروع (trigger delay) و بازه ی تصویر برداری

(acquisition window) را تنظیم کنید و یا به طور جایگزین از دوره سکون بطنی در زمان میددیاستولی استفاده کنید. معمولاً دوره تصویربرداری در هر ضربان 60-90ms می باشد .

d. تصویربرداری موازی (parallel) توصیه می شود.

e. حذف چربی ها از تصاویر (fat suppression)

f Navigator. در بالای نیمه راست دیافراگم قرار داده شود.

g. inversion prepulse استفاده شود و نه T2 preparation prepulse

(زمان اینورژن سیکل قلبی را قبل از اسکن به کمک T1-scout و یا look locker به دست آورید.)

f. این تصویر برداری بعد از به کار بردن ماده کنتراست انجام شود.

سایر کاردیومیوپاتی‌های قلبی غیراسیکمیک LV شامل میوکاردیت

1- Module ساختار و عملکرد LV

2- optional: روش تصویر برداری ویژگی شناسی پیشرفته بافتی (tissue characterization)

3- optional: فقط برای میوکاردیت

نسبت جذب اولیه گادولینیوم - به کمک تصویر برداری به روش T1-weighted قبل و بعد از تزریق گادولینیوم با بررسی تغییرات شدت سیگنال در میوکارد در مقایسه با عضلات اسکلتی می توان به نتایج مورد نظر دست پیدا کرد.

4- Module جذب تأخیری گادولینیوم

5- optional:

Adenosin stress- rest perfusion imaging or high dose Dobutamin stress functional imaging

(در بخش روش ها و ممنوعیت ها پروتکل های استرس را مشاهده کنید.) جهت تعیین ایسکیمی به کار می‌روند چرا که یک کاردیومیوپاتی مرکب (mixed) می تواند مطرح باشد.

کاردیومیوپاتی هیپرتروفیک

1- Module ساختاری عملکردی بطن چپ

2- مسیر خروجی LV با تصویربرداری flow phase شامل SSFP cine در نمای 3 حفره‌ای، تلاطم (turbulence) و حرکات قدامی درجه میترال و کوردا را در طی سیستم بررسی می کند از این تصاویری توان درجهت اندازه گیری phase velocity و تعیین اختلاف فشار در صورت وجود استفاده کرد.

3- optional Module: ویژگی شناسی پیشرفته بافتی را در نظر داشته باشید.

4- optional vasodilator stress perfusion module را در نظر داشته باشید.

5- Module جذب تأخیری گادولینیوم

کاردیومیوپاتی آریتموژنیک بطن راست

1- Module عملکرد و ساختار LV- ضخامت مقاطع را 5-6 mm در نظر بگیرید.

2- تصویر برداری SSFP cine ترانس آگزیا یا ترانس آگزیا مایل با پوشش RV و همچنین RVOT انجام می شود. یک نمای محور بلند عمودی (RV (RV vertical long axis در امتداد جریان ورودی تریکوسپید توصیه می شود.

3- توالی های optional

a. تصاویر منتخب خون سیاه (black blood) با محور ترانس آگزیا و یا ترانس آگزیا مایل

(double inversion recovery T1-weighted fast spin echo)

b. تصاویر در محور فوق را با حذف چربی (fat suppression) تکرار کنید.

c. جذب تأخیری با گادولینیوم را در محور فوق تکرار کنید. از T1 جهت خنثی کردن سیگنال میوکارد RV استفاده کنید.

بیماریهای درجه ای

بیماران با درجه ای مصنوعی را بدون مخاطره می توان تحت CMR با 1.5T و 3T قرارداد چرا که نیروی وارده با هر ضربان قلب به مراتب بیشتر از نیروی ایست که از جهت میدان مغناطیسی به این درجه ها وارد خواهد شد.

1- Module ساختار و عملکرد LV

a. از محور بلند افقی جهت بررسی آناتومی و تلاطم (turbulence) درجه ای میترال و تریکوسپید استفاده کنید.

b. جهت مشاهده درجه میترال و آئورت از نمای LVOT استفاده کنید.

c. از محور بلند عمودی جهت مشاهده دریچه میترال استفاده کنید.

d. جهت مشاهده دریچه آئورت از مقطع کروئال استفاده کنید.

e. نماهای اضافه (RV long axis, RV- outflow tract) : بر حسب نیاز

2- مطالب اختصاصی

a. بررسی ساختار دریچه ای با SSFPcine و در سطح دریچه مورد بررسی انجام می شود. جهت این تصاویر باید دقت کافی در تعیین سطح و زاویه تصویر برداری داشت.

b. نکته: در صورت مقصود انجام مساحت سنجی یک دریچه ی تنگ است باید یک SSFP cine با رزولوشن بالا و یکپارچه و یا با اندکی همپوشانی که از مسیر جت خون از تنگی دریچه به سمت پایین جریان عبور می کند، توصیه می شود. مساحت سنجی دریچه، زمانی بیشترین ارزش را خواهد داشت که مقطع تنگی و یا جت خون کاملاً حدود مشخص داشته باشد. در حالی که شرایط فوق در زمانی که جت خون به صورت مایل و یا چند پاره است همیشه فراهم نیست.

c. تصویر برداری به روش Gradient echo or hybrid gradient echo/echo planar رگورژیتاسیون را با حساسیت بیشتری نشان خواهد داد (جهت اهداف کیفی)

d. برای بررسی رگورژیتاسیون دریچه میترال و تریکوسپید به تصویر برداری توسط دستهای ممتد cine به طول 5mm در جهت جریان ورودی و به صورتی که خط اصلی محل تلاقی آلت های دریچه راقطع کند از سمت بالاترین کمیشور (commissure) به سمت پایینترین کمیشور حرکت کند، نیاز داریم. جهت گیری (orientation) برای دریچه میترال می تواند در صفحه LVOT و برای دریچه تریکوسپید به صورت ترانس آگزایل باشد. چنین تصویر برداری امکان تشخیص تترینگ (tethering) و پرولاپس و البته رگورژیتاسیون از میان اسکالوپهای هر دو لت دریچه میترال را فراهم می آورد.

e. سرعت (encoding velocity) را بر اساس سرعت عملی (actual velocity) تنظیم کنید. (بدین منظور از پایینترین سرعت بدون (aliasing) استفاده کنید.

f. جهت جت های پر سرعت جریان خون از پایین ترین TE ممکن استفاده کنید.

بیماریهای پریکارد

1- module ساختار و عملکرد بطن چپ

2- تصویر برداری به صورت T1 or T2-weighted fast spin echo

2-3 a تصویربرداری با محور بلند (long axis) و 3-4 تصویربرداری با محور کوتاه (short axis) که جهت تعیین ضخامت بریکارد به کار می رود ($\text{normal} \leq 3\text{mm}$)

b. در صورت شک به وجود کیست پریکارد از پروتکل توده (mass) پیروی کنید.

3-Optional: در صورتی که مناطقی از افزایش ضخامت در پریکارد دیده شد، توالی

را نشان خواهد داد (2-3) تصویربرداری long axis و 1-2 تصویربرداری short axis انجام شود.

4- تصویربرداری Real-time در هنگام مانور دینامیک تنفس جهت بررسی وابستگی ارتباط بطنی مفید خواهد بود.

a. تصویربرداری در صفحه محور کوتاه میان بطنی ارجح است. (mid-ventricular short-axis plane)

b. رزولوشن زمانی (temporal) در تصویربرداری cine زیر 60ms ترجیح داده می شود.

c. بیمار جهت دم و بازدم عمیق باید آموزش داده شود و کل زمان تصویربرداری باید حداقل 2 سیکل کامل تنفسی باشد.

d. حرکات غیر عادی سپتوم (حرک معکوس یا صاف سپتوم در فاز ابتدای دیاستول) در هنگام شروع دم بیانگر یک ساختار فیزیولوژیک کونستریکتیو و فشارنده می باشد.

5- Module جذب تأخیری گادولینیوم

a. تصویربرداری با و بدون اشباع چربی جهت تشخیص التهاب پریکارد از چربی اپی کارد و پریکارد کمک کننده خواهد بود.

تومورهای قلبی و اطراف قلبی و بررسی ترومبوس

1- Module ساختار عملکرد بطن چپ

2- تصویربرداری T₁ weighted fast spin echo با مقاطع از میان توده و ساختارهای اطراف انجام می شود. (تعداد مقاطع بر حسب نیاز متناسب سایز توده خواهد بود.)

3- تصویربرداری T₂ weighted fast spin echo با حذف چربی (optional) و یا بدون حذف چربی) - از میان توده و ساختارهای اطراف همانند فوق جهت جزئیات توالی ها به بخش بیماریهای غیراسکمیک قلبی رجوع کنید.

4- module انتشار اولیه (first pass perfusion) با مقاطع از میان توده

5- تکرار تصویربرداری به صورت T₁-W turbo spin echo با حذف چربی ها

6- (optional) بعد از کنتراست (post-contrast) عکس های منتخب SSFP cine را تکرار کنید.

7- module جذب تأخیری گادولینیوم

a. TI را تنظیم کنید تا سیگنال ترومبوس خنثی شود. (در 1.5T تقریباً 500-550 ms و در 3T تقریباً 850-900 ms) که در افتراق ترومبوس از تومور کمک کننده خواهد بود و هم چنین ترومبوس را از بافت های اطراف جدا و یا ارتباط آن را با تومور مشخص خواهد کرد.

b. تصویر برداری سریالی در افتراق تومور حاوی یک مرکز نکروتیک و با جذب اندک از ترومبوس کمک کننده خواهد بود.

Terms(in order to appearance in text)	انگلیسی	فارسی
Shimming	Shimming	واژه انگلیسی
SNR	Signal to noise ratio	نسبت سیگنال مفید
SSFP	Steady state free precession	واژه انگلیسی
SAR	Specific absorption rate	واژه انگلیسی
MRI safety	Magnetic resonance imaging safety	ایمنی MRI
NSF	Nephrogenic systemic fibrosis	فیروز سیستمیک کلیوی
FSE	Fast spin echo	واژه انگلیسی
Single-shot	Single-shot	واژه انگلیسی
Spoiled gradient –echo	Spoiled gradient-echo	واژه انگلیسی
TR	Time to repetition	واژه انگلیسی

LVOT	Left ventricle outflow tract	خروجی بطن چپ
GRE	Gradient recalled echo	واژه انگلیسی
Phase sensitive(PSIR)	Phase sensitive(phase sensitive inversion recovery)	واژه انگلیسی
Hybrid gradient echo-echo planar(GRE-EPI)	Hybrid gradient echo-echo planar(gradient recalled echo-echo planar imaging)	واژه انگلیسی
MRA	Magnetic resonance angiography	واژه انگلیسی
bSSFP	Balanced steady state free precession	واژه انگلیسی
CE-MRA	Contrast enhanced MRA	واژه انگلیسی
T2	Relaxation time T2	واژه انگلیسی
One-direction("through-plane")motion encoded cine gradient echo	One-direction("through-plane")motion encoded cine gradient echo	واژه انگلیسی
V _{enc}	Velocity encoded	واژه انگلیسی
Aliasing	Aliasing	واژه انگلیسی
TE	Time to echo	واژه انگلیسی
T2-W	T2-weighted	واژه انگلیسی
T2-W STIR(short tau inversion recovery)	T2-W STIR(short tau inversion recovery)	واژه انگلیسی
T2 prepared single-shot SSFP	T2 prepared single-shot SSFP	واژه انگلیسی
Hybrid turbo spin echo-steady state free precession	Hybrid turbo spin echo-steady state free precession	واژه انگلیسی
T2mapping	T2 mapping	واژه انگلیسی
T2 prep time	T2 preparation time	واژه انگلیسی
Look locker imaging(MOLLI or SHMOLLI)	Look locker imaging(MOLLI or SHMOLLI)	واژه انگلیسی
T2*	T2*	واژه انگلیسی
Time-of-flight MRA	Time-of-flight MRA	واژه انگلیسی

Single-shot bolus tracking	Single-shot bolus tracking	واژه انگلیسی
Bolus trigger	Bolus trigger	واژه انگلیسی
Stepping-table gadolinium enhanced MRA	Stepping-table gadolinium enhanced MRA	واژه انگلیسی
Elliptical centeric k-space	Elliptical centeric k-space	واژه انگلیسی
Time-resolved	Time-resolved	واژه انگلیسی
Time resolved MRA	Time resolved MRA	واژه انگلیسی
3D fast-spin-echo	3D fast-spin-echo	واژه انگلیسی
3D SSFP	3D SSFP	واژه انگلیسی
IR	Inversion recuperation	واژه انگلیسی
Fast spin echo T1-W	Fast spin echo T1-W	واژه انگلیسی
3-point piloting	3-point piloting	واژه انگلیسی
T2-Wgradient echo	T2-Wgradient echo	واژه انگلیسی
T1-Wgradient echo	T1-Wgradient echo	واژه انگلیسی
Look-locker	Look-locker	واژه انگلیسی
Double inversion recovery T1-weighted fast spin echo	Double inversion recovery T1-weighted fast spin echo	واژه انگلیسی
Gradient echo	Gradient echo	واژه انگلیسی
Hybrid gradient echo/echo planar imaging	Hybrid gradient echo/echo planar imaging	واژه انگلیسی
T1-W gradient echo myocardial tagged	T1-W gradient echo myocardial tagged	واژه انگلیسی

Competing interests

.Christopher Kramer MD - Research support from Siemens Healthcare

.Novartis. Consultant for Synarc, St. Jude Medical

.Jorg Barkhausen MD - none

Scott Flamm MD - Institutional research support from Siemens Healthcare and Philips Healthcare. Advisory Board for Bayer Healthcare, TeraRecon and Circle Cardiovascular

Raymond Kim MD - Inventor on a US patent owned by Northwestern University concerning delayed contrast-enhanced MRI to diagnose myocardial viability and infarction, Co-founder, HeartIT, LLC, Educational grant, Siemens Medical Solutions
Consultant: Bayer, Velomedix, St. Jude Medical

Eike Nagel MD - Research support from Philips Healthcare and Bayer Healthcare

Authors' contributions

CMK: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript, corresponding author. JB: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript. SDF: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript. RJK: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript. EN: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript. All authors read and approved the final manuscript

Author details

¹Departments of Medicine and Radiology, University of Virginia Health System, Lee Street, Box 800170, Charlottesville, VA 22908, USA. ²Department for Radiology, University Hospital Schleswig-Holstein, Lübeck, Germany
³Imaging Institute, and Heart and Vascular Institute, Cleveland Clinic

Kramer et al. Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance 2013, 15:91 Page 9 of 10

<http://jcmr-online.com/content/15/1/91>

Cleveland, OH, USA. ⁴Duke Cardiovascular Magnetic Resonance Center, Duke University Medical Center, Durham, NC, USA. ⁵Division of Imaging Sciences
King's College, London, United Kingdom

Received: 19 September 2013 Accepted: 19 September 2013

Published: 8 October 2013

References

1. Kramer CM, Barkhausen J, Flamm SD, Kim RJ, Nagel E. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols, society for cardiovascular magnetic resonance: board of trustees task force on standardized protocols. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2008; 10:35.

Kramer et al. Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance 2013, 15:91
<http://jcmr-online.com/content/15/1/91>

2. Hundley WG, Bluemke D, Bogaert JG, Friedrich MG, Higgins CB, Lawson MA, et al. Society for cardiovascular magnetic resonance guidelines for reporting cardiovascular magnetic resonance examinations. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2009; 11:5.
3. Schulz-Menger J, von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Bluemke DA, Bremerich J, Flamm SD, Fogel MA, et al. Standardized post processing in cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013; 15:35.
4. Fratz S, Chung T, Greil GF, Samyn MM, Taylor AM, Buechel ERV, et al. Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SCMR expert consensus group on congenital heart disease. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013; 15:51.

doi:10.1186/1532-429X-15-91
Cite this article as: Kramer et al.: Standardized cardiovascular magnetic resonance (CMR) protocols 2013 update. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 2013 15:91