(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112426143 B
(45)授权公告日 2021.07.23

(21)申请号 202011281171.8
(22)申请日 2020.11.16
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112426143 A
(43)申请公布日 2021.03.02
(73)专利权人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园1号
(72)发明人 宁梓涵 陈硕 乔会昱 韩华璐 赵锡海
(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙) 11201
代理人 廖元秋
(51)Int.Cl.
A61B 5/055(2006.01) (续)

(56)对比文件
CN 111856363 A,2020.10.30
CN 109712208 A,2019.05.03
CN 109077728 A,2018.12.25
CN 110988764 A,2020.04.10
CN 1635855 A,2005.07.06
CN 102090890 A,2011.06.15
CN 101138498 A,2008.03.12
CN 102749603 A,2012.10.24
CN 108377641 A,2018.08.07
CN 107773233 A,2018.03.09
US 2015332015 A1,2015.11.19
US 2015065864 A1,2015.03.05
WO 2009117211 A2,2009.09.24
CN 111631713 A,2020.09.08
EI-sayed H.IBRAHIM等.Stimulated-echo acquisition mode (STEAM) MRI for black-blood delayed hyperenhanced myocardial imaging.《Journal of Magneitc Resonance imaging》.2008,(第27期),229-238.
jinnan wang 等.Timeefficient black blood RCA wall imaging at 3T using improved motion sensitized driven equilibrium (iMSDE) feasibility and reproducibility.《PLOS ONE》.2011,第6卷(第10期),1-10. (续)

审查员 胡琴明

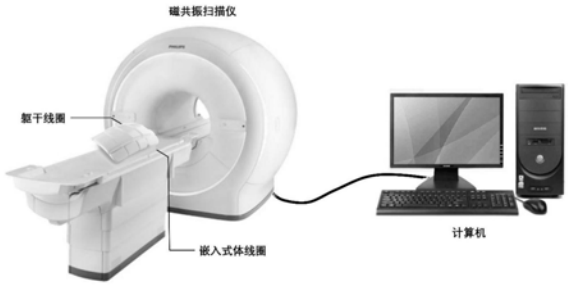
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种肾动脉及腹主动脉一站式无创磁共振血管壁成像系统

(57)摘要

本发明提出一种肾动脉及腹主动脉一站式无创磁共振血管壁成像系统,属于磁共振成像领域。该系统包括躯干线圈、嵌入式体线圈、磁共振扫描仪和安装有磁共振成像平台的计算机;工作时,首先在磁共振成像平台上设置肾动脉及腹主动脉一站式血管壁成像iMSDE-SPGR序列;当受试者进行磁共振扫描时,受试者佩戴呼吸监测绑带;首先对受试者腹部进行定位扫描确定成像框位置和序列扫描时饱和带的激发位置,根据受试者呼吸频率确定呼吸触发延迟时间;设置完毕后,对受试者进行序列扫描得到受试者双侧肾动脉及腹主动脉的三维图像。本发明可针对肾动脉及邻近的腹主动脉进行无创的一站式血管壁成像,填补了肾动脉无创管壁成像技术的空白。



CN 112426143 B

[转续页]

[接上页]

(51)Int.Cl.

A61B 5/02(2006.01)

(56)对比文件

Makoto Obara等.Assessment of improved motion-sensitized driven equilibrium (iMSDE) for multi-contrast vessel wall screening.《Japansese Society for Magnetic resonance in Medicine》.2014,第13卷(第2期),139-144.

jiaming yuan等.The development and optimisation of 3D blackblood R2 mapping of the carotid artery wall.《Magnetic resonance imaging》.2017,(第44期),104-110.

Vasily L等.Multislice double inversion-recovery black-blood imaging with simultaneous slice reinversion.《Journal of Magnetic resonance Imaging》.2003,(第17期),478-483.

1.一种肾动脉及腹主动脉一站式无创磁共振血管壁成像系统,包括躯干线圈、嵌入式体线圈、磁共振扫描仪和计算机;所述躯干线圈连接磁共振扫描仪,嵌入式体线圈嵌于磁共振扫描仪,磁共振扫描仪连接计算机,所述计算机中安装有磁共振成像平台;其特征在于,该系统工作方法如下:

1)在计算机的磁共振成像平台上设置肾动脉及腹主动脉一站式血管壁成像iMSDE-SPGR序列;

其中,一个iMSDE-SPGR序列由多次采集组成,每次采集依次由饱和带激发环节、iMSDE血流抑制预脉冲激发环节和数据采集环节三个环节组成;

其中,所述饱和带激发环节包括两次饱和带激发,用于对由呼吸运动造成的前腹部运动伪影和由肠胃蠕动造成的左肾脏处运动伪影进行抑制;

所述iMSDE血流抑制预脉冲激发环节依次包括第一梯度脉冲、第二梯度脉冲、第一90°射频激发脉冲、第三梯度脉冲、第一复合式180°射频激发脉冲、第四梯度脉冲、第五梯度脉冲、第二复合式180°射频激发脉冲、第六梯度脉冲和第二90°射频激发脉冲;其中,第一梯度脉冲和第二梯度脉冲均为双极梯度脉冲,第三至第六梯度脉冲的一阶梯度矩为$391.43mTms^2$;

所述数据采集环节采用三维SPGR采集方法,并将此采集方法结合水激发1-1模式对成像范围内的脂肪信号进行抑制;

设置iMSDE-SPGR序列的成像覆盖范围、图像分辨率及单次采集的K空间数据量;

2)引导受试者进入已经连接躯干线圈的磁共振扫描仪,使受试者面朝上方、头部指向磁共振扫描仪的磁体并平躺于磁共振扫描仪的床体上;将呼吸监测绑带置于受试者吸气时腹部的顶端并固定;将躯干线圈压于受试者前胸腹部上方,完全覆盖受试者腹部;移动磁共振扫描仪的床体,使磁共振扫描仪中的红外定位中心定位于受试者膈肌中心处;最后按下磁共振机器的移床按钮,将定位中心移动至磁共振扫描仪磁体的扫描中心;

3)利用磁共振扫描仪对受试者腹部进行定位扫描得到定位图像,其中,在定位图像的冠状位视图及轴位视图上分别确定对应视图上成像框位置,使得成像框覆盖受试者双侧肾动脉和腹主动脉;在定位图像的轴位视图上确定两个饱和带的激发位置,使得其中一个饱和带激发范围为受试者前腹部脂肪处,另一个饱和带激发范围为受试者左前方肠胃处,两个饱和激发带设置无先后顺序;在定位图像的矢状位视图上确定对应成像框位置,使得成像框长边缘平行于受试者脊柱并覆盖肾脏;

根据呼吸监测绑带采集的受试者的呼吸频率,设置呼吸触发延迟时间,使得iMSDE-SPGR序列扫描中每次采集时的数据采集环节位于受试者呼气末期;设置完毕后,对受试者进行iMSDE-SPGR序列扫描;

4)当iMSDE-SPGR序列扫描完成后,磁共振成像平台对扫描采集的数据进行重建得到受试者双侧肾动脉及腹主动脉的三维图像,成像完成。

一种肾动脉及腹主动脉一站式无创磁共振血管壁成像系统

技术领域

[0001] 本发明属于磁共振成像技术领域，特别提出一种肾动脉及腹主动脉一站式无创磁共振血管壁成像系统。

背景技术

[0002] 肾动脉狭窄是继发性高血压的主要成因，且可进一步导致肾功能不全及心肌梗塞、脑卒中等一系列严重的心脑血管并发症，甚至危及生命。导致肾动脉狭窄的病因多样，包括动脉粥样硬化、大动脉炎、肌纤维发育不良等。通常，上述疾病不仅累及肾动脉，还会累及腹主动脉等邻近的血管床。正确评估肾动脉及邻近血管狭窄并根据其病因进行精准干预可延缓肾功能不全进展并显著降低相关并发症风险，明显提高患者生存率。

[0003] 目前血管造影类成像是针对肾动脉及邻近血管狭窄的常用临床影像学方法，主要包括数字减影血管造影术(DSA)、计算机断层血管造影术(CTA)和磁共振血管造影术(MRA)。然而，上述血管造影类成像方法仅能识别并评估血管管腔狭窄程度，无法揭露血管管壁特征。然而，管壁特征信息对于评估肾动脉狭窄的病因至关重要，由于缺乏管壁信息造成的病因误诊可能造成治疗效果不佳，甚至导致患者病情的进一步恶化。此外，动脉粥样硬化性肾动脉狭窄中常出现正性重构斑块，而传统的血管造影类成像方法会严重低估此类斑块的体积。另一方面，利用血管内超声(IVUS)和光学相干断层成像(OCT)方法可对血管管壁进行成像，然而此类有创的血管内成像方法的临床应用范围非常局限，难以针对血管进行无创、即时、多次成像。

[0004] 基于磁共振的血管管壁成像方法是一种无创成像技术，其可直接对血管管壁的特征进行评估，如血管壁病变的位置、形态、信号模式、重构和造影增强等。目前，磁共振血管壁成像技术以应用于颈动脉、颅内动脉等多个血管床相关疾病的病因及疾病进展研究。目前，针对腹主动脉的磁共振血管壁成像技术皆有分辨率低、非各向同性成像及成像范围小的缺陷，这使其无法同时对纤细迂曲的肾动脉进行成像，而目前尚未开发出有效的磁共振肾动脉管壁成像技术。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为填补已有技术空白之处，提出一种肾动脉及腹主动脉一站式无创磁共振血管壁成像系统。本发明可针对肾动脉及邻近的腹主动脉进行无创的一站式血管壁成像，能够为肾动脉及邻近血管狭窄的病因判定、精确诊断和病情随访提供技术支撑，填补了肾动脉无创管壁成像技术的空白。

[0006] 本发明提出一种肾动脉及腹主动脉一站式无创磁共振血管壁成像系统，包括躯干线圈、嵌入式体线圈、磁共振扫描仪和计算机；所述躯干线圈连接磁共振扫描仪，嵌入式体线圈嵌于磁共振扫描仪，磁共振扫描仪连接计算机，所述计算机中安装有磁共振成像平台；其特征在于，该系统工作方法如下：

[0007] 1)在计算机的磁共振成像平台上设置肾动脉及腹主动脉一站式血管壁成像

iMSDE-SPGR序列；

[0008] 其中，一个iMSDE-SPGR序列由多次采集组成，每次采集依次由饱和带激发环节、iMSDE血流抑制预脉冲激发环节和数据采集环节三个环节组成；

[0009] 其中，所述饱和带激发环节包括两次饱和带激发，用于对由呼吸运动造成的前腹部运动伪影和由肠胃蠕动造成的左肾脏处运动伪影进行抑制；

[0010] 所述iMSDE血流抑制预脉冲激发环节依次包括第一梯度脉冲、第二梯度脉冲、第一90°射频激发脉冲、第三梯度脉冲、第一复合式180°射频激发脉冲、第四梯度脉冲、第五梯度脉冲、第二复合式180°射频激发脉冲、第六梯度脉冲和第二90°射频激发脉冲；其中，第一梯度脉冲和第二梯度脉冲均为双极梯度脉冲，第三至第六梯度脉冲的一阶梯度矩为$391.43mTms^2$；

[0011] 所述数据采集环节采用三维SPGR采集方法，并将此采集方法结合水激发1-1模式对成像范围内的脂肪信号进行抑制；

[0012] 设置iMSDE-SPGR序列的成像覆盖范围、图像分辨率及单次采集的K空间数据量；

[0013] 2)引导受试者进入已经连接躯干线圈的磁共振扫描仪，使受试者面朝上方、头部指向磁共振扫描仪的磁体并平躺于磁共振扫描仪的床体上；将呼吸监测绑带置于受试者吸气时腹部的顶端并固定；将躯干线圈压于受试者前胸腹部上方，完全覆盖受试者腹部；移动磁共振扫描仪的床体，使磁共振扫描仪中的红外定位中心定位于受试者膈肌中心处；最后按下磁共振机器的移床按钮，将定位中心移动至磁共振扫描仪磁体的扫描中心；

[0014] 3)利用磁共振扫描仪对受试者腹部进行定位扫描得到定位图像，其中，在定位图像的冠状位视图及轴位视图上分别确定对应视图上成像框位置，使得成像框覆盖受试者双侧肾动脉和腹主动脉；在定位图像的轴位视图上确定两个饱和带的激发位置，使得其中一个饱和带激发范围为受试者前腹部脂肪处，另一个饱和带激发范围为受试者左前方肠胃处，两个饱和激发带设置无先后顺序；在定位图像的矢状位视图上确定对应成像框位置，使得成像框长边缘平行于受试者脊柱并覆盖肾脏；

[0015] 根据呼吸监测绑带采集的受试者的呼吸频率，设置呼吸触发延迟时间，使得iMSDE-SPGR序列扫描中每次采集时的数据采集环节位于受试者呼气末期；设置完毕后，对受试者进行iMSDE-SPGR序列扫描；

[0016] 4)当iMSDE-SPGR序列扫描完成后，磁共振成像平台对扫描采集的数据进行重建得到受试者双侧肾动脉及腹主动脉的三维图像，成像完成。

[0017] 本发明的特点及有益效果：

[0018] 相较于传统的血管造影成像方法与有创的血管内成像方法，本发明能够实现针对肾动脉及腹主动脉的一站式无创磁共振血管壁成像，使得医生可以直接获取管壁信息且无需对病人造成创伤，能够为肾动脉及邻近血管狭窄的病因判定、精确诊断和病情随访提供技术支撑，填补了肾动脉无创管壁成像技术的空白。

附图说明

[0019] 图1是本发明的系统结构示意图。

[0020] 图2是本发明中肾动脉及腹主动脉一站式血管壁成像序列(iMSDE-SPGR)设计图。

[0021] 图3是本发明实施例中定位扫描图像冠状位示意图。

[0022] 图4是本发明实施例中定位扫描图像轴位示意图。

[0023] 图5是本发明实施例中定位扫描图像矢状位示意图。

[0024] 图6是本发明实施例中iMSDE-SPGR序列扫描完成后获得的健康人肾动脉及腹主动脉图像冠状位和横轴位示意图。

[0025] 图7是本发明实施例中iMSDE-SPGR序列扫描完成后获得的健康人肾动脉及腹主动脉血管轴位重建示意图。

[0026] 图8是本发明实施例中iMSDE-SPGR序列扫描完成后获得的大动脉炎患者(C)的主动脉和肾动脉示意图。

[0027] 图9是本发明实施例中iMSDE-SPGR序列扫描完成后获得的动脉粥样硬化患者(D)的主动脉和肾动脉示意图。

具体实施方式

[0028] 本发明提出一种肾动脉及腹主动脉一站式无创磁共振血管壁成像系统,下面结合附图及具体实施例进一步详细说明如下:

[0029] 本发明提出一种肾动脉及腹主动脉一站式无创磁共振血管壁成像系统,结构如图1所示,包括躯干线圈、嵌入式体线圈、磁共振扫描仪和计算机。所述躯干线圈通过转接线连接到磁共振扫描仪,嵌入式体线圈嵌于磁共振扫描仪,无需额外连接,磁共振扫描仪通过局域网连接计算机,所述计算机中安装有磁共振成像平台,此平台由磁共振扫描仪生产厂商提供。本发明的各硬件组成部件皆可采用常规型号。

[0030] 该系统工作流程包括以下步骤:

[0031] 1)在计算机的磁共振成像平台上设置肾动脉及腹主动脉一站式血管壁成像(iMSDE-SPGR)序列。

[0032] 该序列的设计图如图2所示。一个iMSDE-SPGR序列由多次采集组成,每次采集包含三个环节,分别是饱和带激发环节、iMSDE血流抑制预脉冲激发环节和数据采集环节。

[0033] 其中,饱和带激发环节由两次饱和带激发组成,其作用是对由呼吸运动造成的前腹部运动伪影和由肠胃蠕动造成的左肾脏处运动伪影进行抑制。两个饱和带激发之间以及饱和带激发环节和其他环节之间的间隔时长均为系统默认最短值,即设置为“无延迟”。其中,每个饱和带激发范围及方向设置为“自由”,以便后续在成像定位时自定义其激发范围和方向。设置两个饱和带激发强度为1。

[0034] 所述iMSDE血流抑制预脉冲激发环节由6个梯度脉冲、4个射频激发脉冲(90°-180°-180°-90°)以及散相梯度脉冲(spoiler)组成,排列方式如图2所示,该环节依次包括第一梯度脉冲、第二梯度脉冲、第一90°射频激发脉冲、第三梯度脉冲、第一复合式180°射频激发脉冲、第四梯度脉冲、第五梯度脉冲、第二复合式180°射频激发脉冲、第六梯度脉冲和第二90°射频激发脉冲。较于传统iMSDE血流抑制预脉冲,本发明对预脉冲进行了以下优化:a)在90°射频激发脉冲之前加入2个双极梯度脉冲(第一和第二梯度脉冲),此双极梯度脉冲能够有效抑制腹部成像可能造成的涡流效应;b)将传统iMSDE预脉冲中的两个普通180°射频脉冲改为复合式180°射频脉冲(composite 180°pulse)以抑制腹部成像中常出现的场不均匀性;c)针对肾动脉及腹主动脉内的血流速度,权衡血流抑制效果和信号降低现象,将射频脉冲中夹杂的第三至第六梯度脉冲的一阶梯度矩设置为391.43mTms^2/m。优化后的iMSDE

血流抑制预脉冲激发环节与后续数据采集环节间的时长设定为系统默认最短值，即“无延迟”。

[0035] 数据采集环节采用三维SPGR(SPoiled GRadient echo，扰动梯度回波)采集方法，且为了增强血管外管壁与管壁外组织的对比度，需将此采集方法结合水激发”1-1”模式对成像范围内的脂肪信号进行抑制。

[0036] 由于腹部成像会受到呼吸运动的影响，因此每次采集执行上述三个环节时均需由呼吸信号触发，以保证数据采集环节位于呼气末期(此时脏器、血管的呼吸运动幅度较小)。

[0037] 由于本方法用于肾动脉及腹主动脉一站式成像，成像覆盖范围较大，推荐设置视野范围为160×160×50mm^3，建议将视野范围设置得足够大，可以保证绝大多数受试者的双侧肾动脉及腹主动脉覆盖完全。推荐成像图像分辨率为0.8×0.8×0.8mm^3，可根据期望进行调整，但需注意分辨率越高，扫描时间越长。为保证成像质量分辨率不应低于1×1×1mm^3且不应高于0.6×0.6×0.6mm^3；为保证对于迂曲血管的准确成像，推荐采用各向同性分辨率。随着成像覆盖范围和扫描分辨率不同，采集数据量亦会发生变化：成像覆盖范围越大、扫描分辨率越高，采集数据量越大。单次上述三环节采集可获取90-120条k空间数据，单次采集数据量可根据受试者的呼吸状况进行调整，针对呼吸较慢的受试者可设置使得单次三环节中采集较多的数据。为采集完整的图像数据(即k空间数据)，需多次循环重复上述三环节，重复次数将由磁共振成像平台自动计算得出并执行。按照推荐参数成像覆盖范围0.8×0.8×0.8mm^3，分辨率0.8×0.8×0.8mm^3，单次三环节采集90条k空间数据计算，采集所有图像数据需循环三环节118次，单次三环节时长为973.4ms，在呼吸效率100％的情况下(即假设受试者完全不呼吸)扫描时间为3分钟52秒，依据受试者呼吸频率序列总扫描时间约为10分钟。其他推荐序列参数如表1，该版本参数可实现肾动脉及腹主动脉的一站式血管壁成像，但专利保护范围不仅限于该版本参数。

[0038] 表1.肾动脉及腹主动脉一站式血管壁在体成像参数表

[0039]

参数	iMSDE-SPGR
数据采集方法	SPGR（也称 TFE）
视野范围 (mm^3)	160×160×50
分辨率 (mm^3)	0.8×0.8×0.8
TFE 因子（单次三环节采集 k 空间线条数）	90
单次三环节时长 (ms)	973.4
单次三环节循环次数	118
iMSDE 模块一阶梯度矩 ($mTms^2/m$)	391.43
重复/回波时间 (ms)	10-4.9
翻转角 (degree)	10
激发平均数	2
加速因子	1.3
扫描时间 (分钟)	~10

[0040] 2)引导受试者进入已经连接好躯干线圈的磁共振扫描仪，使受试者面朝上方、头部指向磁体平躺于磁共振扫描仪的床体上。将呼吸监测绑带置于受试者吸气时腹部的顶端并固定实现呼吸触发采集，此监测绑带通过蓝牙与磁共振机器连接，可实时读出受试者的呼吸曲线。将躯干线圈压于受试者前胸腹部上方，完全覆盖受试者腹部。移动磁共振扫描仪的床体，使磁共振扫描仪中的红外定位中心定位于受试者膈肌中心处。最后按下磁共振扫描仪上的移床按钮，将定位中心移动至磁共振机器磁体的扫描中心。

[0041] 3)利用磁共振扫描仪对进入磁共振扫描仪的受试者腹部进行定位扫描，定位扫描序列可采用常规定位序列，确定受试者双侧肾脏和腹主动脉位置。之后在磁共振成像平台的交互界面上对iMSDE-SPGR序列进行定位，本实施例定位示意图如图3-5所示。依据定位扫描得到的定位图像，分别包括：冠状位视图、轴位视图和矢状位视图；其中，在定位图像的冠状位视图(图3)及轴位视图(图4)上分别确定对应视图上成像框的位置，使成像框覆盖受试者双侧肾动脉和腹主动脉，在定位图像的轴位视图上确定两个饱和带的激发位置，在定位图像的矢状位视图(图5)上确定该视图上成像框位置，使成像框长边缘平行于脊柱并覆盖肾脏。同时，在交互界面上对两个饱和带的激发范围进行定义，将其中一个饱和带激发范围设定为受试者前腹部脂肪处(图4)，另一个设定为受试者左前方肠胃处(图4)，两个饱和激发带设置无先后顺序。需要注意的是，设定位于左前方肠胃处的饱和带激发范围时需避开左侧肾动脉，并尽量扩大左侧肠胃的覆盖面积(图4)。

[0042] 根据呼吸监测绑带采集的受试者的呼吸频率，设置呼吸触发延迟时间，使得iMSDE-SPGR序列扫描中每次采集时的数据采集环节位于受试者呼气末期(受试者每呼吸一次，完成一次三环节采集)；设置完毕后，对受试者进行iMSDE-SPGR序列扫描。

[0043] 4)当iMSDE-SPGR序列扫描完成全部数据采集后，iMSDE-SPGR序列扫描完成；磁共

振成像平台对扫描采集的数据进行重建得到受试者双侧肾动脉及腹主动脉的三维图像。

[0044] 本实施例在表1推荐参数条件下可得到冠状位图像200层，矢状位图像200层和轴位图像125层。上述三维图像可直接在磁共振成像平台进行查看，并进行其他任意方向重建。

[0045] 本实施例通过iMSDE-SPGR序列扫描得到的健康人肾动脉及邻近腹主动脉示意图如图6所示，其中，图6A为冠状位示意图，图6B为横轴位示意图，该受试者双侧肾动脉和腹主动脉血管壁清晰。

[0046] 图7为iMSDE-SPGR序列扫描完成后获得的健康人肾动脉及腹主动脉血管轴位重建示意图。其中1-8图分别指代图6中所标注位置的血管截面图，可见血管内外管壁清晰，未见管腔狭窄与管壁增厚，图像信噪比高。

[0047] 通过iMSDE-SPGR序列扫描得到大动脉炎患者和动脉粥样硬化患者的成像结果分别如图8与图9所示。两位患者的肾动脉及邻近主动脉均见多处狭窄样病变，其中大动脉炎患者的管壁呈现均匀增厚而动脉粥样硬化患者的管壁呈现偏心样增厚，提示两位患者血管狭窄的不同病因。

[0048] 图8.为iMSDE-SPGR序列扫描完成后获得的大动脉炎患者(C)的主动脉(中列)和肾动脉(右列)示意图，其中左列的增强磁共振血管造影术图片可作为参考观察到血管狭窄样病变。C1-C7分别指代本图中所标注位置的血管截面图，可见血管内外管壁清晰，主动脉与肾动脉中均可见明显管腔狭窄与管壁增厚。其中管壁增厚为均匀非偏心性增厚，具有明显的大动脉炎特征。

[0049] 图9为iMSDE-SPGR序列扫描完成后获得的动脉粥样硬化患者(D)的主动脉(中列)和肾动脉(右列)示意图，其中左列的增强磁共振血管造影术图片可作为参考观察到血管狭窄样病变，。D1-D7分别指代本图中所标注位置的血管截面图，可见血管内外管壁清晰，主动脉与肾动脉中均可见明显管腔狭窄与管壁增厚。其中管壁增厚为偏心性增厚，具有明显的动脉粥样硬化特征，且主动脉末端可见血管壁不均匀信号(D4)提示钙化样动脉粥样硬化斑块。


磁共振扫描仪
躯干线圈
嵌入式体线圈
计算机

图1

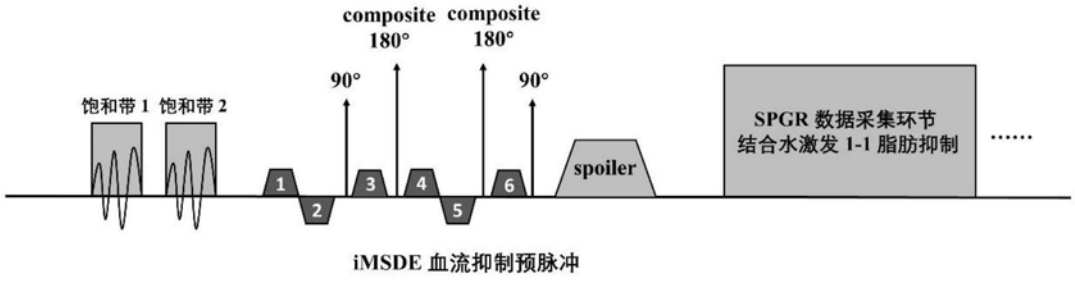

composite 180°
composite 180°
90°
90°
饱和带 1
饱和带 2
1
2
3
4
5
6
spoiler
SPGR 数据采集环节
结合水激发 1-1 脂肪抑制
.....
iMSDE 血流抑制预脉冲

图2

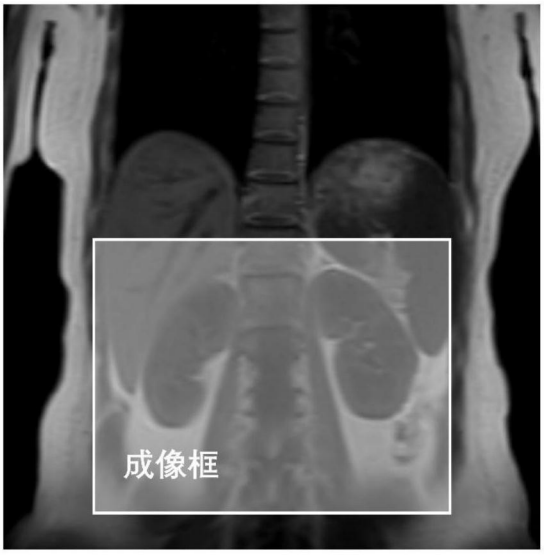

成像框

图3

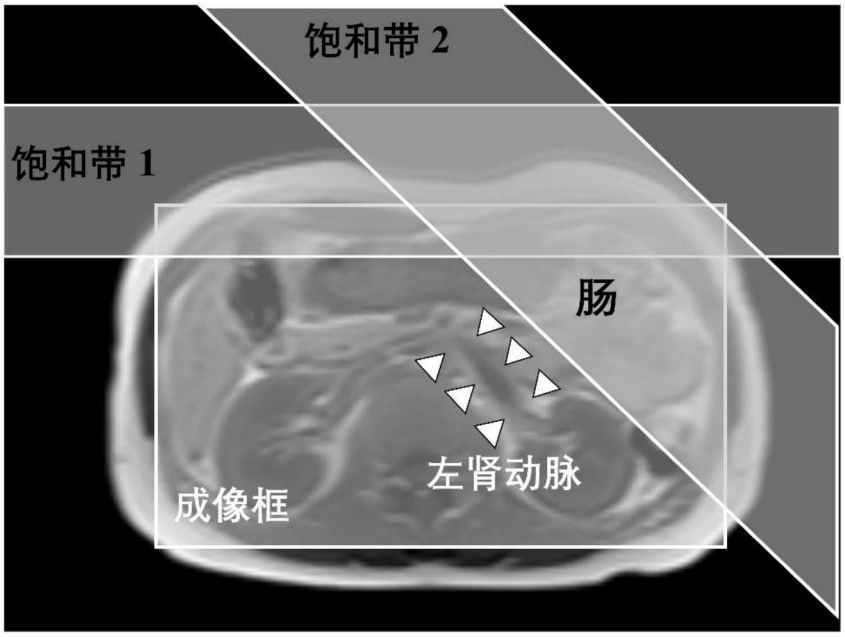


图4

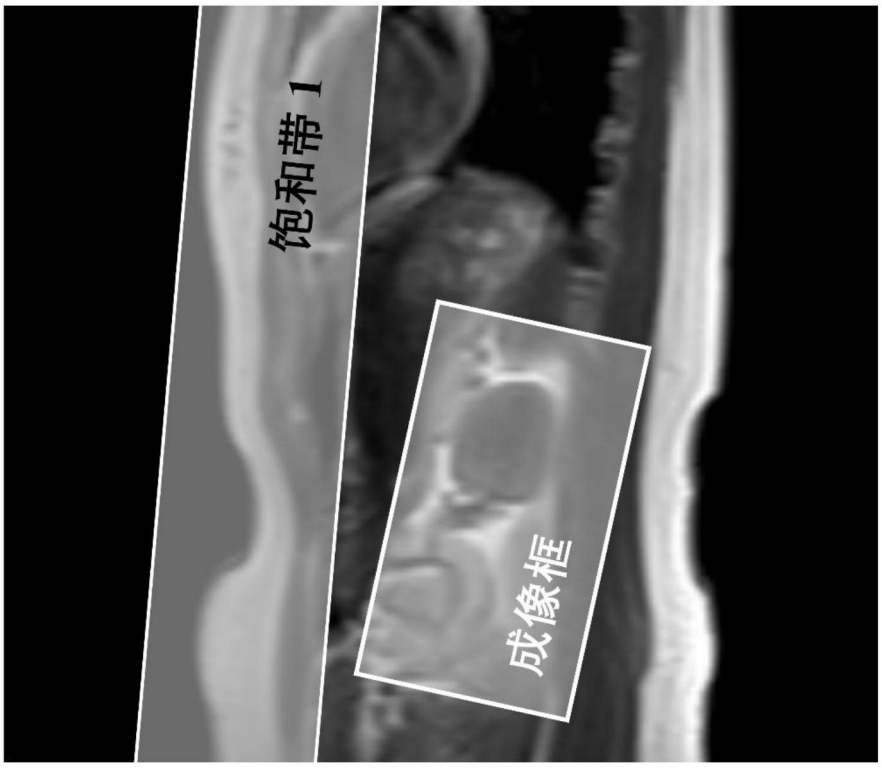


图5

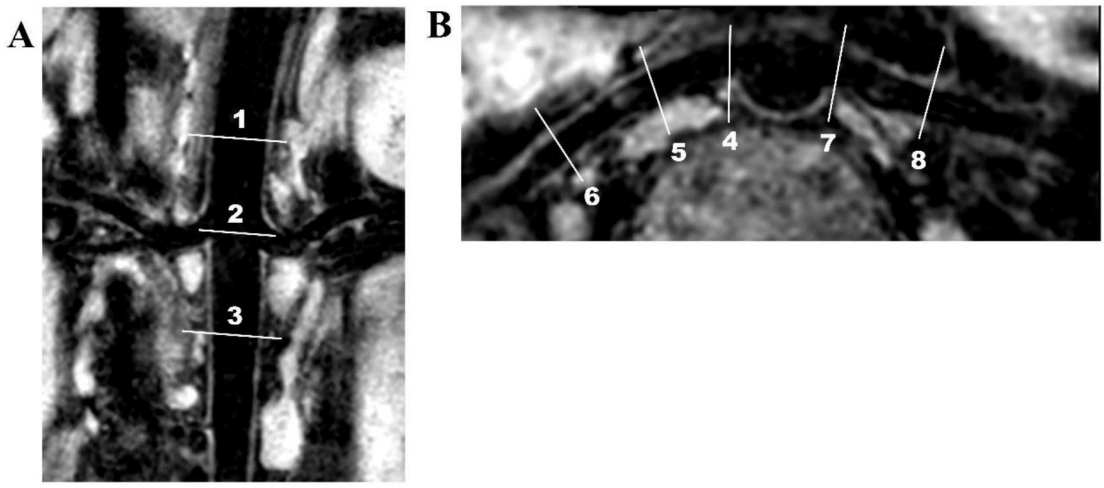


图6

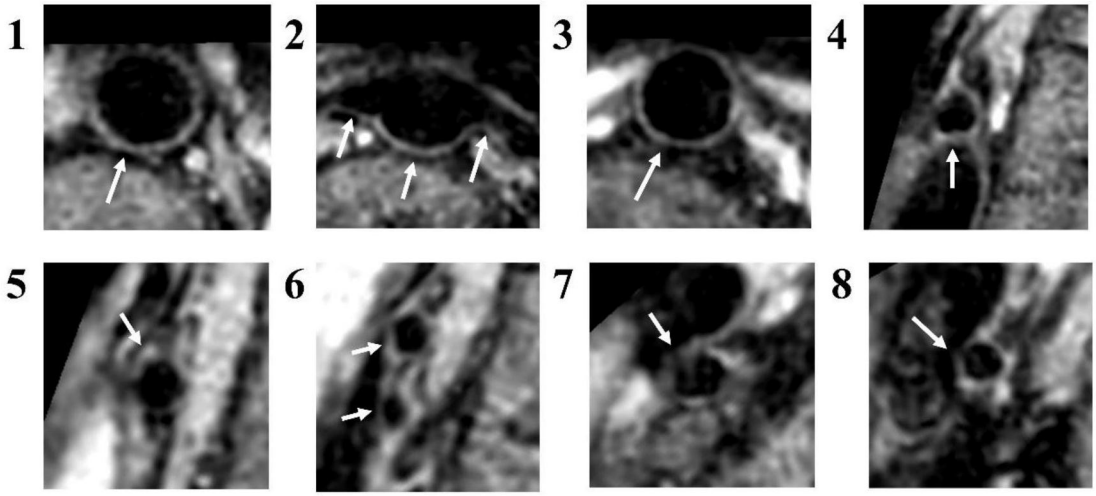


图7

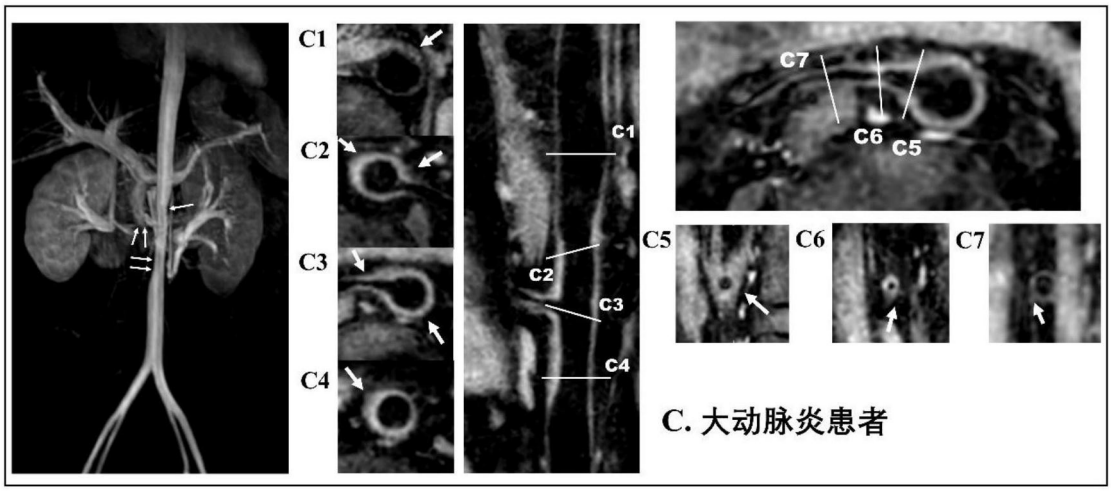

C1
C2
C3
C4
C1
C2
C3
C4
C7
C6
C5
C5
C6
C7
C. 大动脉炎患者

图8

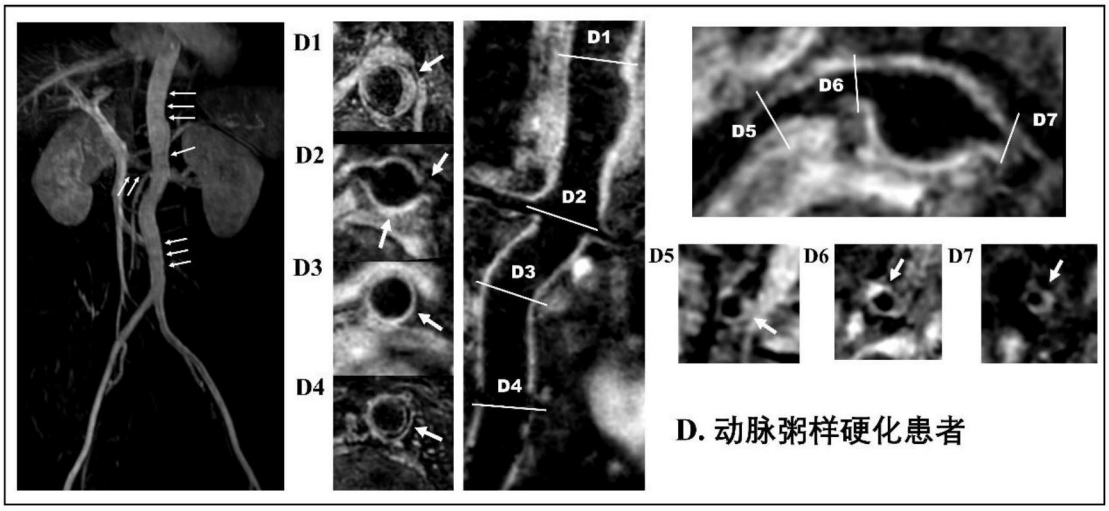

D1
D2
D3
D4
D1
D2
D3
D4
D6
D5
D7
D5
D6
D7
D. 动脉粥样硬化患者

图9