



(21) 申请号 202510614600.5

(22) 申请日 2025.05.14

(71) 申请人 西安交通大学医学院第一附属医院
地址 710061 陕西省西安市雁塔区雁塔西路277号(72) 发明人 卞益同 金萍 贾真 严潇 杨健
李贤军(74) 专利代理机构 西安铭泽知识产权代理事务
所(普通合伙) 61223

专利代理师 罗松林

(51) Int. Cl.

G16H 50/70 (2018.01)

G06V 10/26 (2022.01)

G06V 10/80 (2022.01)

G06V 10/82 (2022.01)

G16H 30/20 (2018.01)

G06T 5/70 (2024.01)

G06T 7/33 (2017.01)

A61B 5/055 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

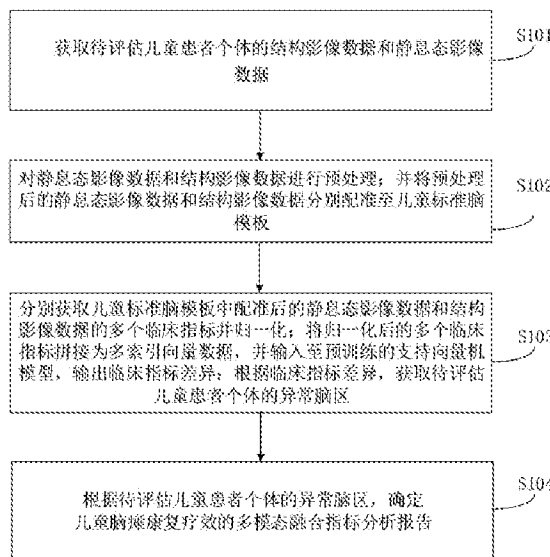
权利要求书2页 说明书7页 附图10页

(54) 发明名称

一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法

(57) 摘要

本发明公开了一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,涉及医学图像处理技术领域。该方法包括:获取每个儿童患者的结构影像数据和静息态影像数据;利用3D-Unet分割模型从T1加权成像中提取大脑及组织边界。对静息态和结构影像数据进行预处理,并对齐至大脑边界,随后将这些数据配准至儿童标准脑模板;基于儿童标准脑模板,获取并归一化多种临床指标,拼接成多索引向量数据,输入预训练的支持向量机模型,输出临床指标差异;根据差异确定每个儿童的异常脑区,最终出具多模态融合指标分析报告,观察康复前后大脑功能和白质完整性的变化。



1. 一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,其特征在于,包括:
 - 获取待评估儿童患者个体的结构影像数据和静息态影像数据;
 - 对静息态影像数据和结构影像数据进行预处理;并将预处理后的静息态影像数据和结构影像数据分别配准至儿童标准脑模板;
 - 分别获取儿童标准脑模板中配准后的静息态影像数据和结构影像数据的多个临床指标并归一化;将归一化后的多个临床指标拼接为多索引向量数据,并输入至预训练的支持向量机模型,输出临床指标差异;根据临床指标差异,获取待评估儿童患者个体的异常脑区;
 - 根据待评估儿童患者个体的异常脑区,确定儿童脑瘫康复疗效的多模态融合指标分析报告。
2. 如权利要求1所述的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,其特征在于,对静息态影像数据进行预处理,具体包括:
 - 将静息态影像数据从DICOM格式转换为NIFTI格式;
 - 对NIFTI格式的静息态影像数据进行时间层校正;并将校正后的静息态影像数据进行头动校正;
 - 利用高斯平滑核对齐后的静息态影像数据进行平滑处理;
 - 去除平滑后的静息态影像数据中与头部运动相关的伪影;
 - 采用时间滤波过滤掉去除伪影后的静息态影像数据的生理信号噪声,获得预处理后的静息态影像数据。
3. 如权利要求1所述的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,其特征在于,所述结构影像数据包括:扩散成像数据和T1加权成像数据;
 - 对扩散成像数据进行预处理,具体包括:
 - 将静息态影像数据从DICOM格式转换为NIFTI格式;
 - 对扩散成像数据进行切片异常值检测,并去除扩散成像数据的Gibbs-ringing伪影和噪声,得到去噪后的扩散成像数据;
 - 从去噪后的扩散成像数据中合成未失真的非扩散加权图像与原始非扩散加权图像组合,再对扩散成像数据进行校正;
 - 对校正后的扩散成像数据进行偏置场校正;
 - 采用自监督学习算法对偏置场校正后的扩散成像数据进行滤波,获得预处理后的扩散成像数据;
 - 对T1加权成像数据进行预处理,包括:
 - 将T1加权成像数据重采样至指定大小的空间;
 - 利用训练好的3DUnet分割模型,从空间中提取待评估儿童患者个体的大脑组织;
 - 将所述大脑组织再次重采样至另一指定大小的空间。
4. 如权利要求1所述的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,其特征在于,临床指标包括功能指标和结构指标;所述分别获取儿童标准脑模板中配准后的静息态影像数据和结构影像数据的多个临床指标,具体包括:
 - 基于儿童标准脑模板中配准后的静息态影像数据,计算功能指标,功能指标包括全脑功能连接矩阵、区域同质性及其平均值和低频信号振幅及其平均值;

基于儿童标准脑模板中配准后的结构影像数据,计算结构指标,结构指标包括全脑结构连接矩阵、各向异性分数及其平均值与平均扩散率及其平均值。

5.如权利要求4所述的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,其特征在于,

所述全脑功能连接矩阵是通过将儿童标准脑模板划分为多个感兴趣区域,计算每个感兴趣区域之间的功能连接强度,根据感兴趣区域之间的功能连接强度所构建;

所述区域同质性通过计算儿童标准脑模板中每个体素与其相邻体素之间的协调系数获得;

所述低频信号振幅通过傅里叶变换将配准后的静息态影像数据转换为频域信号,计算儿童标准脑模板中频域信号为低频段的每个体素的功率谱密度获得。

6.如权利要求4所述的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,其特征在于,所述全脑结构连接矩阵是通过纤维追踪技术重建配准后的结构影像数据的白质纤维束,并计算每个纤维束的连接强度,根据每个纤维束的连接强度所构建的。

7.如权利要求1所述的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,其特征在于,所述确定儿童脑瘫康复疗效的多模态融合指标分析报告,具体包括:

提取待评估患者儿童个体的异常脑区的多模态融合指标;所述多模态融合指标包括异常脑区功能连接、异常脑区平均区域同质性、异常脑区平均低频信号振幅、异常脑区结构连接、异常脑区平均各向异性分数和异常脑区平均扩散率;

根据多模态融合指标,通过自动化软件得到多模态融合指标分析报告。

一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法

技术领域

[0001] 本申请涉及医学图像处理技术领域,特别涉及一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法。

背景技术

[0002] 脑瘫是高发的出生缺陷疾病,居儿童致残性疾病首位,给患儿家庭和社会带来沉重负担。儿童脑瘫康复一直以改善运动功能为主,通过康复治疗重塑患儿脑内运动功能所对应的神经环路是康复的核心。目前,儿童脑瘫的康复疗效评估主要依赖临床观察和神经心理测试,这些方法虽然能提供一定的康复效果信息,但通常需要较长时间才能观察到明显改变,且结果易受患儿状态及评估者经验影响,具有一定的主观性。

[0003] 在现有技术中,研究者们一直在探索更为精确和敏感的方法来评估脑瘫康复效果,随着影像技术的发展,静息态功能磁共振成像和扩散成像等先进技术的应用有助于评估神经元活动和白质完整性的动态变化,已广泛应用于其他神经系统疾病的研究中。静息态功能磁共振成像技术通过测量神经元活动所引发血液动力的改变,反映大脑激活模式的变化;扩散成像技术通过测量水分子扩散运动,有效评估白质路径的完整性变化,能够为康复治疗提供证据。

[0004] 但是,现有的关于静息态功能磁共振和扩散成像的研究大部分都是常规技术方法的群组研究,未充分考虑儿童患者个体的真实水平,导致对儿童大脑发育和病理变化的理解不够全面。

发明内容

[0005] 基于此,有必要针对上述技术问题,提供一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,以解决现有技术未充分考虑儿童患者个体的真实水平,而导致对儿童大脑发育和病理变化的理解不够全面的问题。

[0006] 本发明采用下述技术方案:

本发明提供了一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法,包括:

获取待评估儿童患者个体的结构影像数据和静息态影像数据;

对静息态影像数据和结构影像数据进行预处理;并将预处理后的静息态影像数据和结构影像数据分别配准至儿童标准脑模板;

分别获取儿童标准脑模板中配准后的静息态影像数据、结构影像数据的多个临床指标并归一化;将归一化后的多个临床指标拼接为多索引向量数据,并输入至预训练的支持向量机模型,输出临床指标差异;根据临床指标差异,获取待评估儿童患者个体的异常脑区;

根据待评估儿童患者个体的异常脑区,确定儿童脑瘫康复疗效的多模态融合指标分析报告。

[0007] 优选地,对静息态影像数据进行预处理,具体包括:

将静息态影像数据从DICOM格式转换为NIFTI格式；

对NIFTI格式的静息态影像数据进行时间层校正；并将校正后的静息态影像数据进行头动校正；

利用高斯平滑核对对齐后的静息态影像数据进行平滑处理；

去除平滑后的静息态影像数据中与头部运动相关的伪影；

采用时间滤波过滤掉去除伪影后的静息态影像数据的生理信号噪声,获得预处理后的静息态影像数据。

[0008] 优选地,结构影像数据包括:扩散成像数据和T1加权成像数据；

对扩散成像数据进行预处理,具体包括：

将静息态影像数据从DICOM格式转换为NIFTI格式；

对扩散成像数据进行切片异常值检测,并去除扩散成像数据的Gibbs-ringing伪影和噪声,得到去噪后的扩散成像数据；

从去噪后的扩散成像数据中合成未失真的非扩散加权图像与原始非扩散加权图像组合,再对扩散成像数据进行校正；

对校正后的扩散成像数据进行偏置场校正；

采用自监督学习算法对偏置场校正后的扩散成像数据进行滤波,获得预处理后的扩散成像数据；

对T1加权成像数据进行预处理,包括：

将T1加权成像数据重采样至指定大小的空间；

利用训练好的3DUnet分割模型,从空间中提取待评估儿童患者个体的大脑组织；

将所述大脑组织再次重采样至另一指定大小的空间。

[0009] 优选地,临床指标包括功能指标和结构指标；分别获取儿童标准脑模板中配准后的静息态影像数据和结构影像数据的多个临床指标,具体包括：

基于儿童标准脑模板中配准后的静息态影像数据,计算功能指标,功能指标包括全脑功能连接矩阵、区域同质性及其平均值和低频信号振幅及其平均值；

基于儿童标准脑模板中配准后的结构影像数据,计算结构指标,结构指标包括全脑结构连接矩阵、各向异性分数及其平均值与平均扩散率及其平均值。

[0010] 优选地,全脑功能连接矩阵是通过将儿童标准脑模板划分为多个感兴趣区域,计算每个感兴趣区域之间的功能连接强度,根据感兴趣区域之间的功能连接强度所构建；

区域同质性通过计算儿童标准脑模板中每个体素与其相邻体素之间的协调系数获得；

低频信号振幅通过傅里叶变换将配准后的静息态影像数据转换为频域信号,计算儿童标准脑模板中频域信号为低频段的每个体素的功率谱密度获得。

[0011] 优选地,全脑结构连接矩阵是通过纤维追踪技术重建配准后的结构影像数据的白质纤维束,并计算每个纤维束的连接强度,根据每个纤维束的连接强度所构建的。

[0012] 优选地,确定儿童脑瘫康复疗效的多模态融合指标分析报告,具体包括：

提取待评估患者儿童个体的异常脑区的多模态融合指标；所述多模态融合指标包括异常脑区功能连接、异常脑区平均区域同质性、异常脑区平均低频信号振幅、异常脑区结构连接、异常脑区平均各向异性分数和异常脑区平均扩散率；

根据多模态融合指标,通过自动化软件得到多模态融合指标分析报告。

[0013] 本发明采用的上述至少一个技术方案能够达到以下有益效果:

在本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法中,对静息态影像数据和扩散成像数据进行图像预处理,并对齐至儿童结构影像的大脑边界;将预处理后的磁共振影像数据与儿童大脑T1加权成像数据采用黎曼流形配准法配准至儿童标准脑模板;基于儿童标准脑模板,计算配准后磁共振影像数据的临床指标;基于模板的不同解剖区域,使用FSL等工具计算配准后的临床指标;通过典型相关分析处理结构指标和功能指标,进而输出结构和功能指标的相关成分并进行归一化,将归一化后的指标拼接为多索引向量数据,并输入至预训练的支持向量机模型进行指标分析,依据指标差异获取每个儿童患者个体的异常脑区;根据每个儿童个体的异常脑区,出具儿童脑瘫康复疗效的多模态融合指标分析报告,以观察每个儿童患者个体康复前后大脑功能和白质完整性的变化。

[0014] 本发明通过对每个儿童个体的静息态影像数据和扩散成像数据的预处理并利用黎曼流形脑部配准算法实现了儿童个体磁共振影像数据与儿童标准脑模板的配准,通过临床指标的计算与典型相关分析,并采用支持向量机模型进行数据分析,考虑了患者大脑结构的个体差异,使得磁共振影像数据的后处理过程更加简洁,能够根据患者个体的具体情况进行数据分析,提高了诊断的准确性和康复疗效评估的针对性,实现了针对每个儿童患者个体的精确影像分析,避免了群组研究中个体差异被平均化的问题,确保了评估结果更贴近每个儿童脑瘫患者的真实状况,从而帮助临床医生优化治疗方案,实现精准、个性化康复治疗,提升脑瘫儿童症状缓解率,有效地减轻患儿家庭及社会经济负担。

附图说明

[0015] 此处所说明的附图用来提供对本申请的进一步理解,构成本申请的一部分,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。在附图中:

图1为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的流程示意图;

图2为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的T1加权成像、扩散张量成像和静息态功能影像数据;

图3为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的分割和重采样效果图;

图4为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的静息态影像数据配准至儿童标准脑模板效果展示;

图5为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的T1WI配准至儿童标准脑模板效果展示图;

图6为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的T1WI配准至儿童标准脑模板效果展示图;

图7为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的功能MRI指标计算流程图;

图8为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的全脑功能连接矩阵图;

图9为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的扩散成像数据计

算FA参数图与MD参数图；

图10为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的结构指标计算流程图；

图11为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的全脑结构连接矩阵图；

图12为本发明提供的一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法的自动化软件出具儿童脑瘫康复疗效的分析报告图。

具体实施方式

[0016] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明具体实施例及相应的附图对本申请技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于说明书中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

[0017] 以下结合附图，详细说明本申请各实施例提供的技术方案。

[0018] 图1为本发明中一种评估儿童脑瘫康复疗效的磁共振方法流程示意图，具体包括以下步骤：

S101：获取待评估儿童患者个体的结构影像数据和静息态影像数据。

[0019] 具体地，在至少3T的磁共振上进行扫描，获取儿童高质量结构影像数据，包含T1加权成像数据(T1 Weighted Imaging, T1WI)、扩散张量成像(Diffusion Tensor Imaging, DTI)，及扫描时间至少大于8min的静息态功能磁共振序列。T1WI层厚 $\leq 1\text{mm}$ ，扩散成像序列评估白质完整性，静息态功能磁共振序列评估脑功能活动和连接性的变化。扫描参数及扫描后得到的部分图像，参见图2和表1，T1加权成像、扩散张量成像和静息态功能影像数据以及扫描参数列表。

[0020] 表1 扫描参数列表

序列名称	(ms)	(ms)	层厚 (mm)	(mm ²)	矩阵大小	方向数	时间点
3D-T1	10.42 ms	4.74 ms	1mm	240×240	320×320		
DTI	11000 ms	91~126 ms	2.5mm	240×240	172×172	30	
BOLD	2000mm	30mm	4mm	240×240	64×64		210

[0021] 具体地，本发明遵循放射科资深医生的诊断建议，所有数据均由2位具有10年脑MRI诊断资历的医生进行判别。其中，实施例为一名6岁男童，临床诊断为痉挛性双瘫。表2为本发明中脑瘫患儿MRI数据集的临床资料，第一列代表序号，第二列代表年龄，第三列代表性别，第四列代表临床诊断，第五列代表粗大运动评分，第六列代表手功能评分。

[0022] 表2 脑瘫患儿MRI数据集的临床资料

序号	年龄	性别	临床诊断	粗大运动评分	手功能评分
Sub001	6	男	痉挛性双瘫	I	I

[0023] S102：对静息态影像数据和结构影像数据进行预处理；并将预处理后的静息态影像数据和结构影像数据分别配准至儿童标准脑模板。

[0024] 可选地，对静息态影像数据进行预处理，具体包括：将静息态影像数据从DICOM格式转换为NIFTI格式；对NIFTI格式的静息态影像数据进行时间层校正；并将校正后的静息态影像数据进行头动校正；利用高斯平滑核对齐后的静息态影像数据进行平滑处理；去除平滑后的静息态影像数据中与头部运动相关的伪影；采用时间滤波过滤掉去除伪影后的

静息态影像数据的生理信号噪声,获得预处理后的静息态影像数据。

[0025] 具体地,使用dcm2niix软件(version v1.0.20241211)将静息态影像数据从DICOM格式转换为NIFTI格式;对NIFTI格式的静息态影像数据使用fmrip软件nipy.algorithms.slicetiming.timefuncs函数进行时间层校正,校正参数根据个体静息态影像slice timing与TR确定;利用fmrip软件的高斯平滑核[6*6*6]mm对静息态影像数据进行平滑处理;采用ICA-AROMA算法去除平滑后的静息态功能磁共振序列数据中与头部运动相关的伪影;采用时间滤波去除生理信号噪声,获得预处理后的静息态影像数据;将预处理后的静息态影像数据采用黎曼流形脑部配准算法对齐至儿童大脑边界。

[0026] 可选地,对扩散成像数据进行预处理,具体包括:对扩散成像数据进行切片异常值检测,去除Gibbs-ringing伪影;去除扩散成像数据的噪声;对于去除噪声后的扩散成像数据,从结构图像合成未失真的非扩散加权图像与原始非扩散加权图像组合,再对扩散成像数据进行校正;对校正后的扩散成像数据进行偏置场校正;采用自监督学习算法对偏置场校正后的扩散成像数据进行滤波,获得预处理后的扩散成像数据。

[0027] 具体地,将扩散成像序列的数据格式从DICOM转换为NIFTI格式;对NIFTI格式的扩散成像数据进行切片异常值检测,并使用mrtrix3工具包中的mrdegibbs去除Gibbs-ringing伪影;以及dwidenoise去除扩散成像数据的噪声;对于扩散成像数据,使用Synb0-DisCo算法从结构图像合成未失真的非扩散加权图像与原始b0像组合,再通过mrtrix3软件的dwifslpreproc对扩散成像数据进行校正,以去除头动、涡流校正以及去除磁化率引起的畸变伪影;对校正后的扩散成像数据进行偏置场校正;采用自监督学习算法patch2self对偏置场校正后的扩散成像数据进行滤波,以去除噪声,获得预处理后的扩散成像数据;

使用黎曼流形脑部配准算法将预处理后的儿童大脑结构数据(T1WI)和静息态功能MRI数据配准至儿童标准脑模板,静息态影像数据配准至儿童标准脑模板的效果参见图4。

[0028] 可选地,对T1加权成像数据进行预处理,包括:将T1加权成像数据重采样至指定大小的空间;利用训练好的3DUnet分割模型,从空间中提取待评估儿童患者个体的大脑组织;将所述大脑组织再次重采样至另一指定大小的空间。

[0029] 具体地,参见图3,为T1加权成像数据的分割和重采样效果图,对T1加权成像数据进行预处理包括:将T1加权成像数据重采样到 $1\text{mm} \times 1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 且 $256 \times 256 \times 256$ 层的空间,再使用基于儿童结构影像训练的3D-Unet分割模型从T1WI影像中提取儿童大脑组织,并重采样至 $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的空间。

[0030] 将预处理后的扩散成像数据和T1加权成像数据采用黎曼流形脑部配准算法配准至儿童标准脑模板,效果图参见图5和图6。

[0031] S103:分别获取儿童标准脑模板中配准后的静息态影像数据和结构影像数据的多个临床指标并归一化;将归一化后的多个临床指标拼接为多索引向量数据,并输入至预训练的支持向量机模型,输出临床指标差异;根据临床指标差异,获取待评估儿童患者个体的异常脑区。

[0032] 可选地,临床指标包括功能指标和结构指标;所述分别获取儿童标准脑模板中配准后的静息态影像数据和扩散成像数据的多个临床指标,具体包括:基于儿童标准脑模板中配准后的静息态影像数据,计算功能指标,功能指标包括全脑功能连接矩阵、区域同质性

及其平均值和低频信号振幅及其平均值;基于儿童标准脑模板中配准后的扩散成像数据,计算结构指标,结构指标包括全脑结构连接矩阵、各向异性分数及其平均值与平均扩散率及其平均值。

[0033] 可选地,全脑功能连接矩阵是通过将儿童标准脑模板划分为多个感兴趣区域,计算每个感兴趣区域之间的功能连接强度,根据感兴趣区域之间的功能连接强度所构建;区域同质性通过计算儿童标准脑模板中每个体素与其相邻体素之间的协调系数获得;低频信号振幅通过傅里叶变换将配准后的静息态影像数据转换为频域信号,计算儿童标准脑模板中频域信号为低频段的每个体素的功率谱密度获得。

[0034] 其中,基于配准后的静息态影像数据计算全脑功能连接矩阵、区域同质性、低频信号振幅,计算流程参见图7,其中,功能MRI连接矩阵图参见图8。

[0035] 具体地,通过配准后的静息态磁共振序列数据,基于典型相关分析,计算得到的静息态磁共振指标(低频信号振幅和区域同质性),分别进行标准归一化后基于脑模板计算区域同质性与低频信号振幅的脑区平均值,未归一化处理的静息态MRI指标融合分析结果参见表3;

表3 未归一化处理的静息态MRI指标融合分析结果

名称	SFG_L_7_1	SFG_R_7_1	SFG_L_7_2	SFG_R_7_2	SFG_L_7_3	SFG_R_7_3	...
低频信号振幅	0.059198	-0.36229	-0.51171	0.053752	-0.09671	-0.01634	...
区域同质性	0.24758	-0.02524	-0.12138	0.484098	-0.10658	0.096931	...

[0036] 通过预处理后的扩散成像数据,基于典型相关分析,计算扩散张量成像数据临床指标FA与MD,分别进行标准归一化后基于脑模板计算FA与MD的脑区平均,参见表4。

[0037] 表4 未归一化处理的扩散张量序列指标融合分析结果

名称	SFG_L_7_1	SFG_R_7_1	SFG_L_7_2	SFG_R_7_2	SFG_L_7_3	SFG_R_7_3	...
FA	0.169938	0.207698	0.205277	0.238411	0.240443	0.293883	...
MD	1.42574	1.29315	1.2275	1.19871	1.2293	1.16541	...

[0038] 将静息态指标区域同质性、低频信号振幅、FA、MD的脑区平均值,与全脑功能连接矩阵、全脑结构连接矩阵组合为多索引向量,使用预训练的支持向量机识别异常脑区。

[0039] 使用经过以上同样预处理流程的儿童脑瘫数据集与正常儿童数据集,计算静息态指标与DTI指标后建立的多索引向量数据集进行训练后的支持向量机模型对数据进行处理。将患者的多模态影像指标融合的多索引向量作为原始输入矩阵,选择算法输出中具有统计显著性的特征作为异常脑区。

[0040] 具体地,从预处理后的扩散成像数据计算FA参数图与MD参数图,参见图9;通过CSD(球面反卷积)方法计算纤维取向密度(FOD),基于3D-Unet分割模型提取的灰质与白质组织,确定性追踪全脑纤维束并计算全脑连接矩阵。结构MRI的指标计算流程参见图10,其中,全脑结构连接矩阵图参见图11。

[0041] S104:根据待评估儿童患者个体的异常脑区,确定儿童脑瘫康复疗效的多模态融合指标分析报告。

[0042] 可选地,确定儿童脑瘫康复疗效的多模态融合指标分析报告,具体包括:

提取待评估患者儿童个体的异常脑区的多模态融合指标;所述多模态融合指标包括异常脑区功能连接、异常脑区平均区域同质性、异常脑区平均低频信号振幅、异常脑区结构连接、异常脑区平均各向异性分数和异常脑区平均扩散率;根据多模态融合指标,通过自动化软件得到多模态融合指标分析报告,参见图12,为多模态融合指标分析报告示意图。

[0043] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本发明记载的范围。

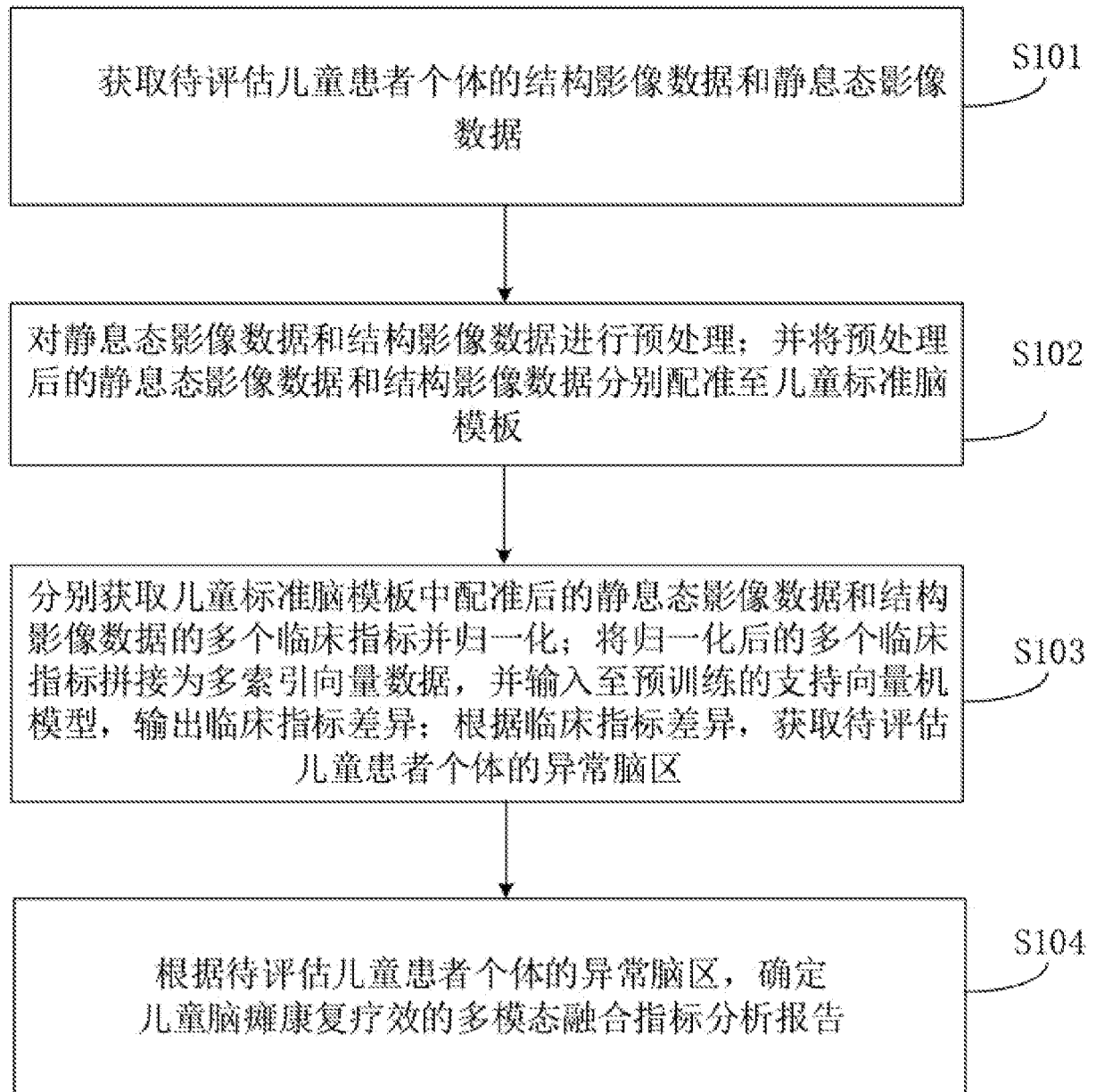


图 1

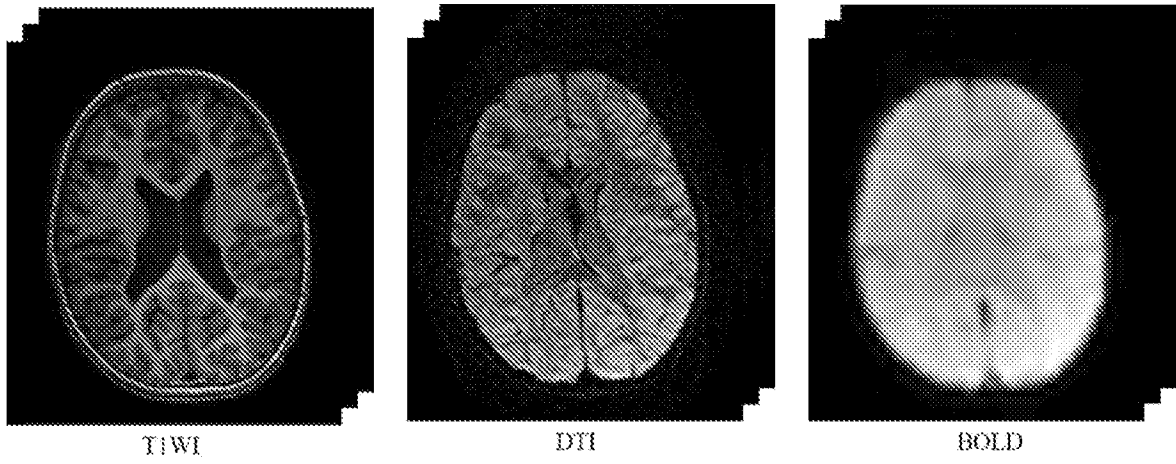


图 2

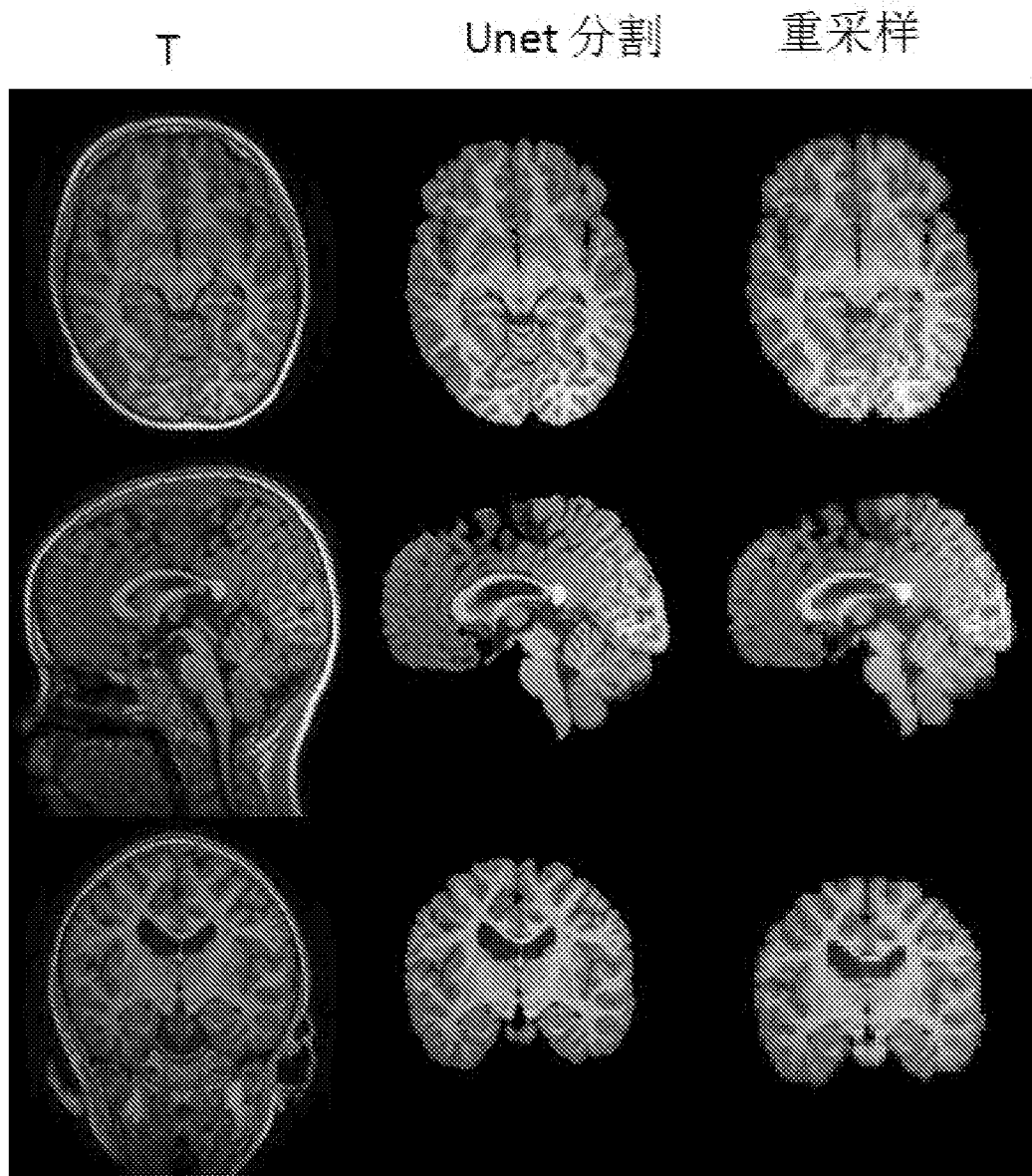


图 3

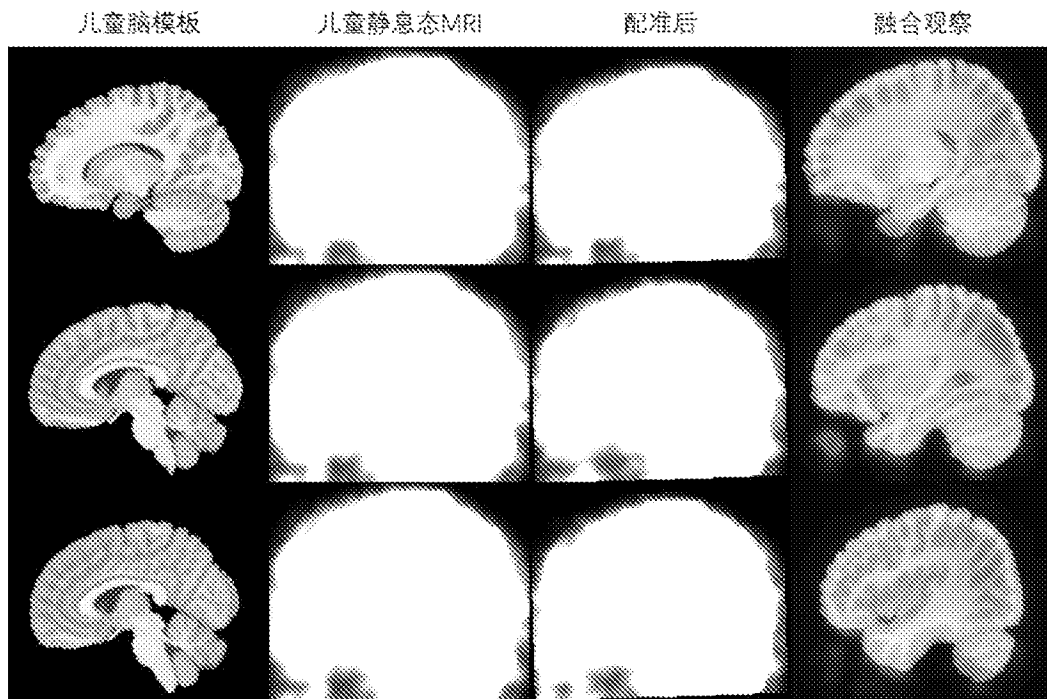


图 4

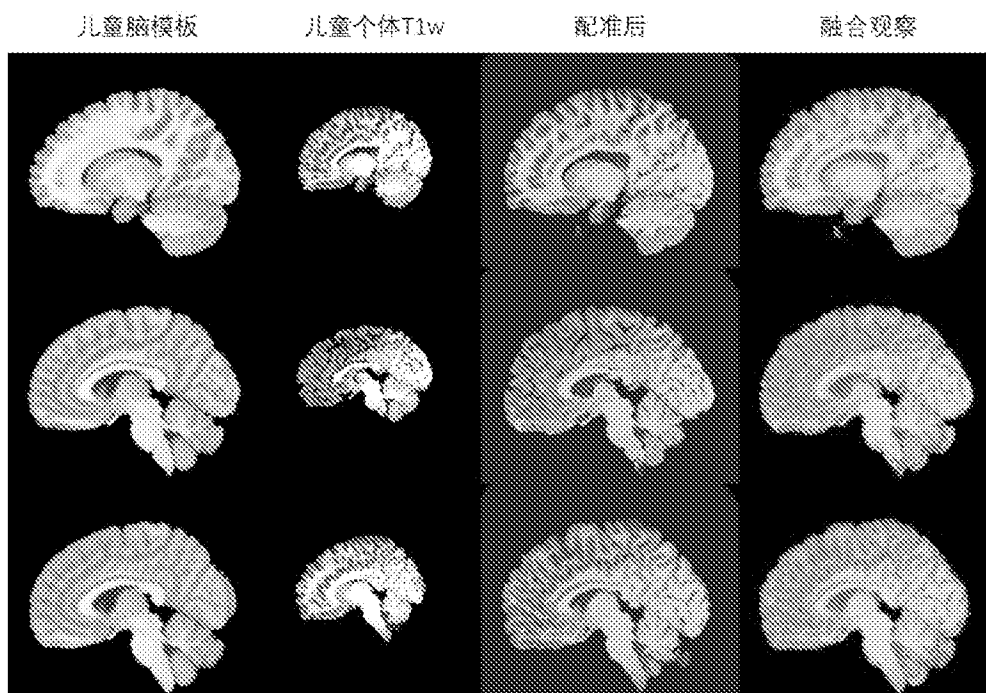


图 5

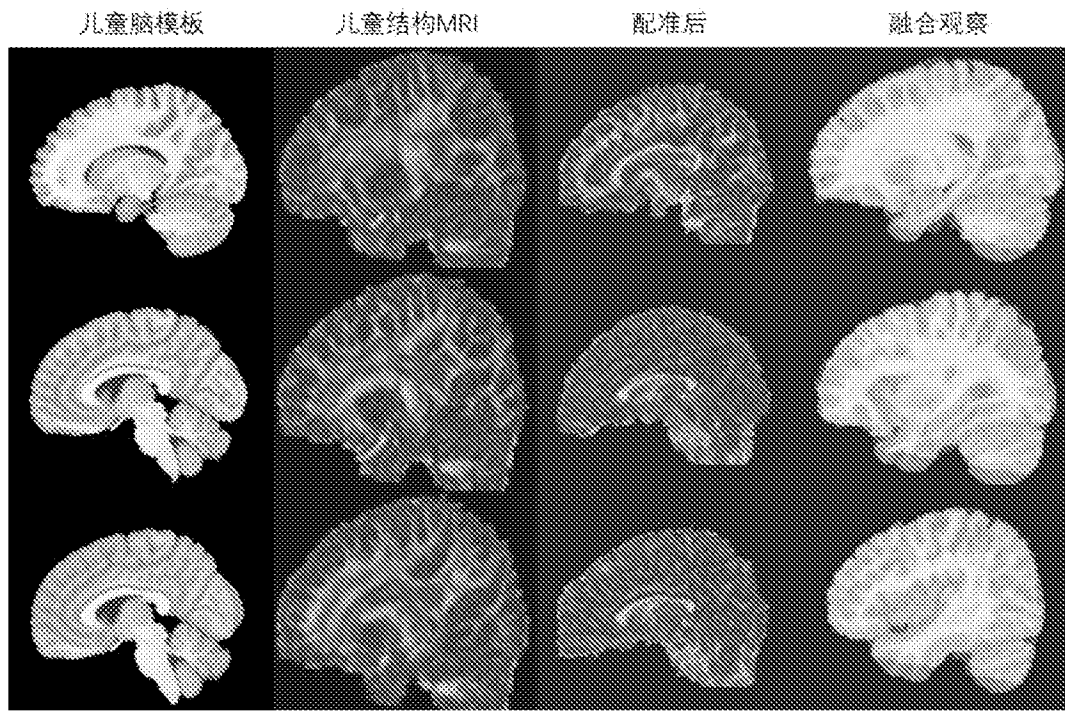


图 6

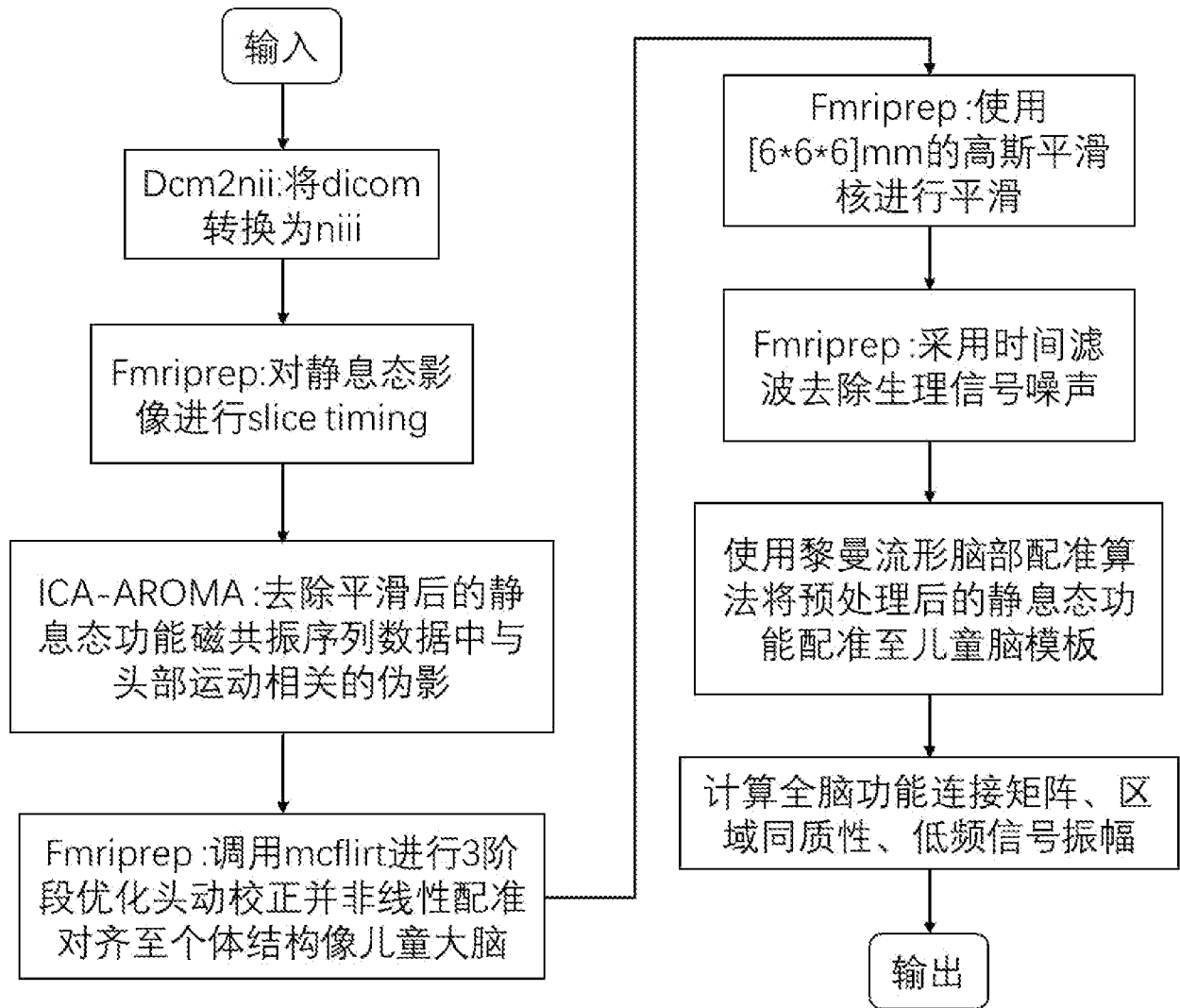


图 7

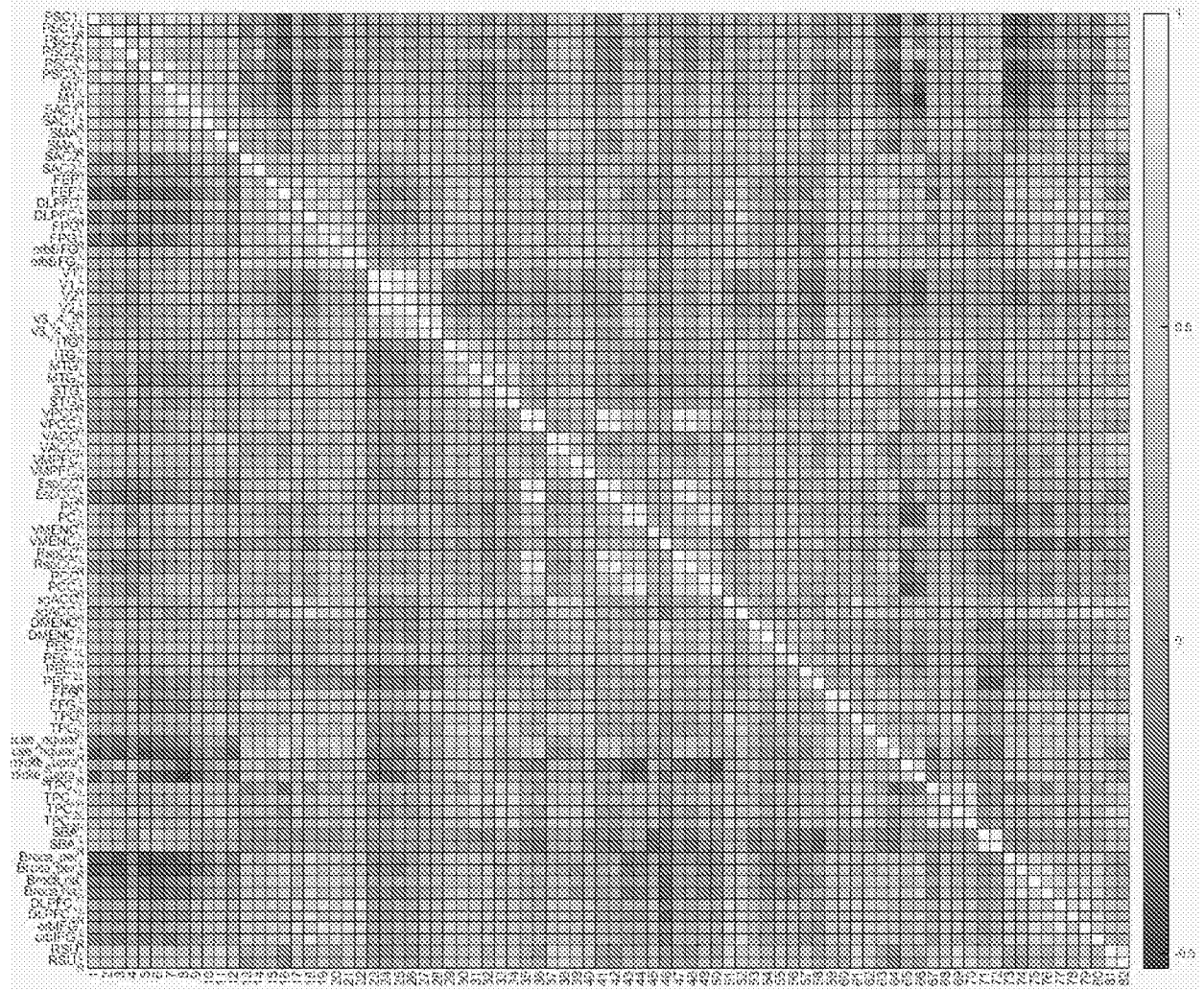


图 8

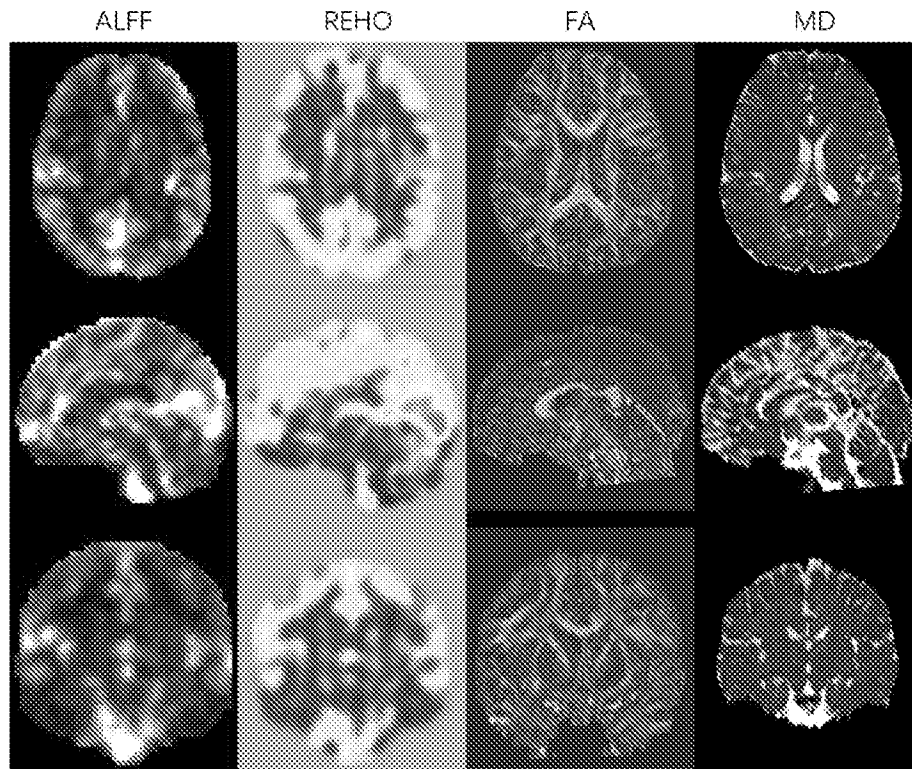


图 9

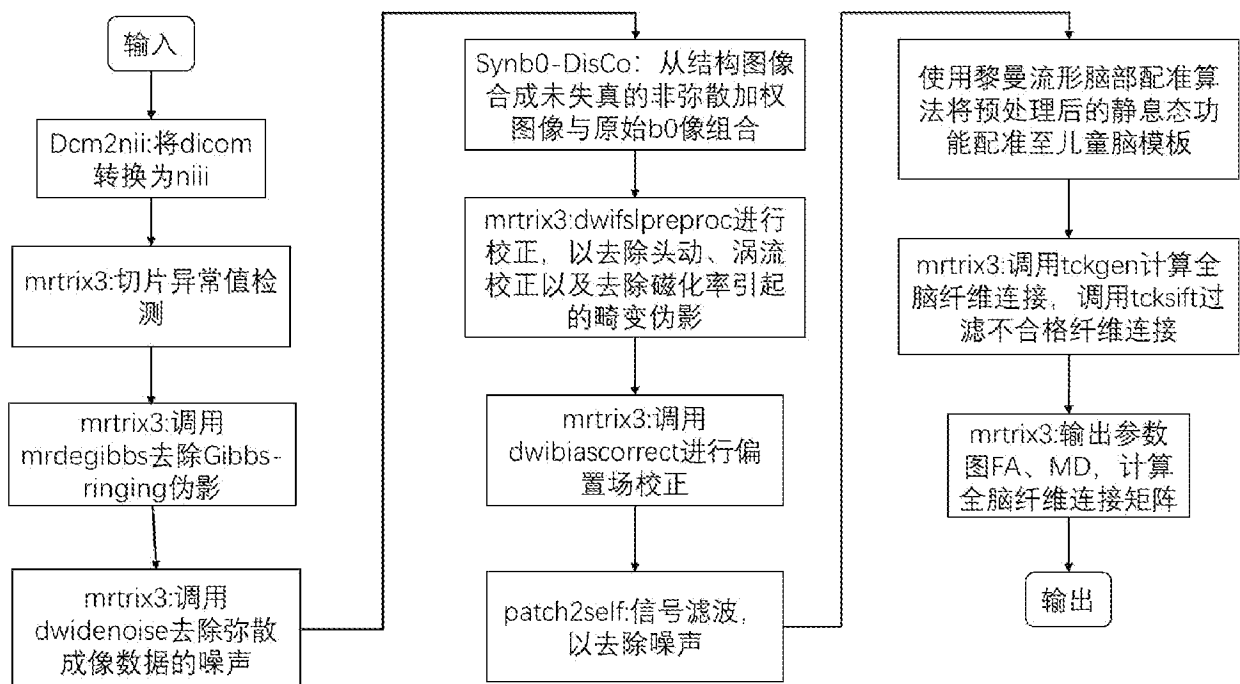


图 10

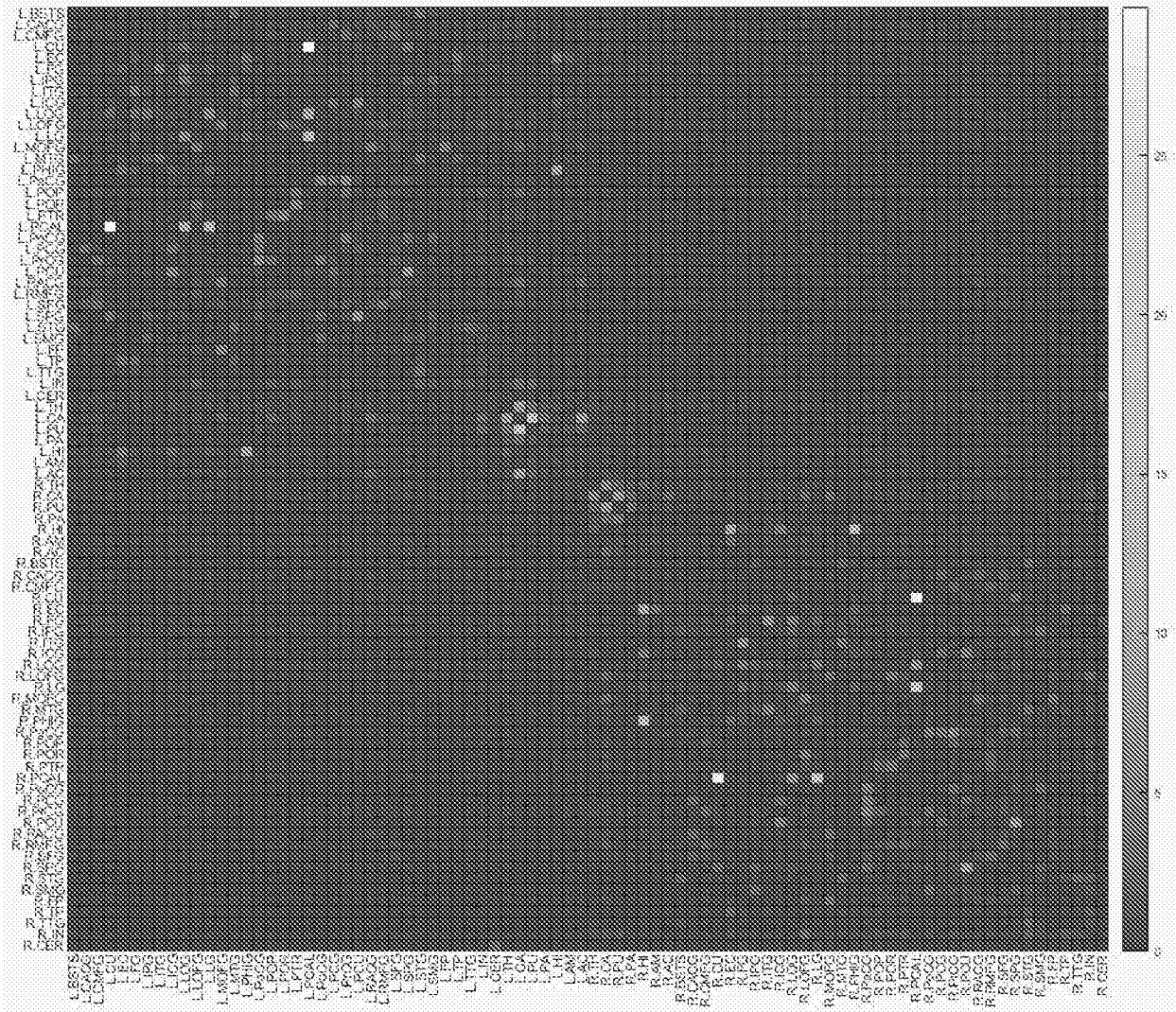


图 11

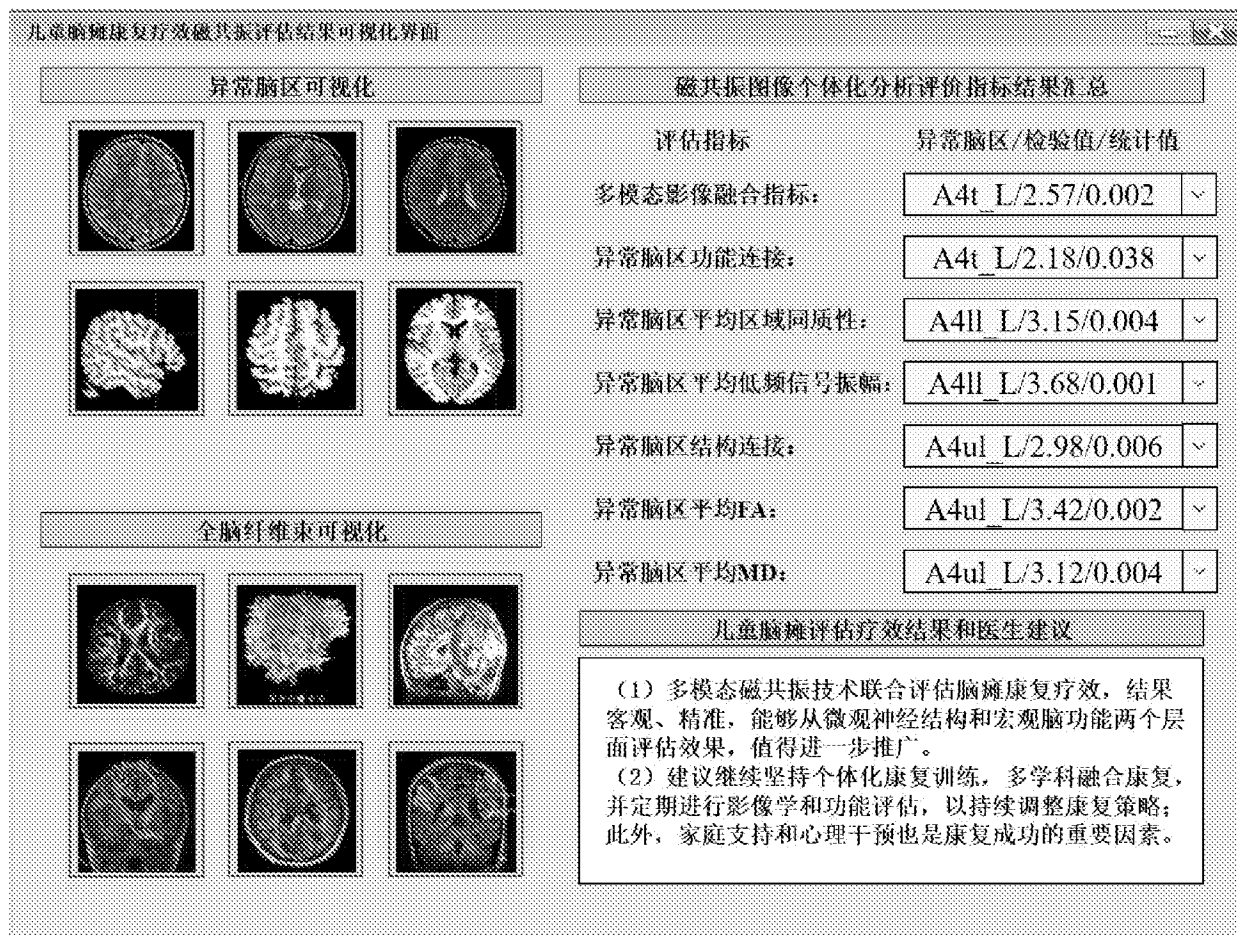


图 12