

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200510109337.7

[51] Int. Cl.

A61B 5/055 (2006.01)

G06T 1/00 (2006.01)

G06T 17/00 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 4 月 18 日

[11] 公开号 CN 1947655A

[22] 申请日 2005.10.13

[21] 申请号 200510109337.7

[71] 申请人 中国科学院自动化研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村东路 95 号

[72] 发明人 蒋田仔 李晓波 朱万琳

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 段成云

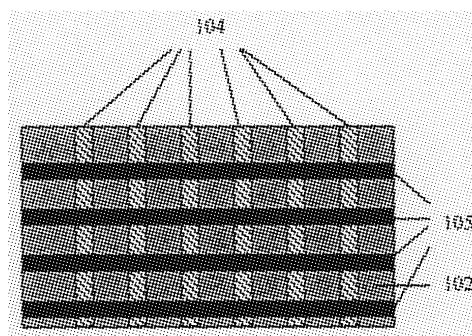
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

三维脑磁共振数据处理中的皮层复杂性定量分析方法

[57] 摘要

本发明涉及三维结构核磁共振成像技术领域，一种利用离散体素的分形信息维数分析离散数据在三维空间中的分布的方法，对脑皮层形状的复杂性进行定量分析。在采集到三维结构核磁共振数据并经过必要的预处理后，提取全部或局部脑皮层灰质与脑脊液交接处的体素，形成离散的脑灰质外表面。计算离散数据在三维空间的分形信息维，因而获得全脑或局部灰质外皮层的形状复杂性定量描述。这种方法也完全适用于测量灰质内皮层以及白质皮层的形状复杂性。该发明主要用于分析精神与神经疾病所引起的脑皮层形状异常。该方法计算精确，快速，在普通的微机上即可完成。该方法可广泛应用于脑结构核磁共振的临床与基础研究中。



1、一种对脑的结构核磁共振数据进行处理的方法，其特征是，利用计算机设备，采用三维分形信息维对脑皮层表面的散乱体素集合的分布进行分析，以达到检测脑皮层形状复杂性的目的，三维散乱点云的分形信息维，利用重正化群的理论，对脑皮层体素点云所描述的几何形状进行定量分析，以此对脑皮层复杂性进行研究。

2、根据权利要求1所述的对脑的结构核磁共振数据进行处理的方法，其特征在于，对全脑或脑局部灰质，白质皮层，以及子结构表面几何形状复杂性进行测量。

3、根据权利要求1所述的对脑的结构核磁共振数据进行处理的方法，其特征在于，将三维脑结构核磁共振图像进行组织分割后，对全脑或者感兴趣的脑区，提取位于灰质和脑脊液边界处的体素，将这些体素看成三维空间中的一个离散点集，计算该点集的信息维数，从而对脑区的皮层形状复杂性进行定量分析。

4、根据权利要求1所述的对脑的结构核磁共振数据进行处理的方法，其特征在于，在采集到三维结构核磁共振数据并经过必要的预处理后，提取全部或局部脑皮层灰质与脑脊液交接处的体素，形成离散的脑灰质外表面，计算离散数据在三维空间的分形信息维，因而获得全脑或局部灰质外皮层的形状复杂性定量描述。

5、根据权利要求1所述的对脑的结构核磁共振数据进行处理的方法，其特征在于，步骤S1、脑结构核磁共振数据的获取：脑功能结构核磁共振数据的采集在具备能够成T1或T2加权结构像的磁共振扫描仪上完成；

步骤S2、预处理：数据采集完毕后一般需要进行常规预处理，包括头动矫正、空间标准化；

步骤S3、提取脑皮层体素：预处理完成后，对感兴趣的皮层提取表面的体素，计算每个体素质心在三维空间中的位置，将这些位置看成一个空间离散点集；

步骤S4、计算分形信息维数：对步骤S3所得到的空间离散点集进行

空间归一化，然后计算其分形信息维数。

三维脑磁共振数据处理中的皮层复杂性定量分析方法

技术领域

本发明涉及磁共振成像技术领域，特别是一种利用计算几何分形维数的三维脑磁共振数据处理中的皮层复杂性定量分析方法，对脑结构磁共振数据进行处理。

背景技术

核磁共振成像技术（Magnetic Resonance Imaging, MRI）主要利用氢原子核的核磁共振显像进行成像。图像内核磁共振信号的大小主要由组织的质子密度，纵向和横向弛豫时间，磁场不均匀性等因素决定。脑组织中，白质，灰质和脑脊液这三种组织的纵向弛豫时间差别比较大，因而形成清晰的结构像，使对脑结构的定量分析成为可能。

长期的尸解研究证明，脑皮层的形状复杂性与人脑的发育，病变，及认知功能有密切的联系。在绝大多数的脑结构影像研究中，通过计算脑皮层白质和灰质的体素个数来统计脑皮层实质的体积是唯一的度量皮层复杂性的方法。

Thompson 等人，（1998）提出一个度量来精细分析皮层复杂性。他们首先对脑皮层的脑沟进行人工标定，然后用参数化曲面拟合每一个脑沟，再对每个参数化曲面求其退化分形维数，用退化分形维数的大小来度量皮层脑沟复杂性。这个方法有一些重大的缺陷。首先，人工标定脑沟没有严格统一的标准，受人为因素影响大，而且手工工作量大，不利于普遍推广。其次，参数化曲面是一种二阶光顺的曲面，无法表达数据点所描述的细小形状变化，因而精确度低。为此，我们提出了一种直接基于影像数据，计算皮层体素点集的分形信息维数的方法，以定量描述脑皮层形状的复杂性。

参考文献:

Thompson, P., Moussai, J., Zohoori, S., Goldkorn, A., Khan, A., Mega, M., Small, G., Cummings, J., Toga, A.. Cortical variability and asymmetry in normal aging and Alzheimer's disease. Cerebral Cortex, 1998: Vol. 8, pp 492 – 509.

发明内容

一种对脑的结构核磁共振数据进行处理的方法, 利用计算机设备, 采用三维分形信息维对脑皮层表面的散乱体素集合的分布进行分析, 以达到检测脑皮层形状复杂性的目的, 三维散乱点云的分形信息维, 利用重正化群的理论, 对脑皮层体素点云所描述的几何形状进行定量分析, 以此对脑皮层复杂性进行研究。

所述的对脑的结构核磁共振数据进行处理的方法, 对全脑或脑局部灰质, 白质皮层, 以及子结构表面几何形状复杂性进行测量。

一种利用离散体素的分形信息维数分析离散数据在三维空间中的分布的方法, 对脑皮层形状的复杂性进行定量分析。在采集到三维结构核磁共振数据并经过必要的预处理后, 提取全部或局部脑皮层灰质与脑脊液交接处的体素, 形成离散的脑灰质外表面。计算离散数据在三维空间的分形信息维, 因而获得全脑或局部灰质外皮层的形状复杂性定量描述。这种方法也完全适用于测量灰质内皮层以及白质皮层的形状复杂性。该发明主要用于分析精神与神经疾病所引起的脑皮层形状异常。该方法计算精确, 快速, 在普通的微机上即可完成。该方法可广泛应用于脑结构核磁共振的临床与基础研究中。

本发明的核心部分在于, 将三维脑结构核磁共振图像进行组织分割后, 对全脑或者感兴趣的脑区, 提取位于灰质和脑脊液边界处的体素, 将这些体素看成三维空间中的一个离散点集。计算该点集的信息维数, 从而对脑区的皮层形状复杂性进行定量分析。这种方法也适用于分析白质皮层的形状复杂性。该方法计算过程快速, 稳定, 在普通的微机上即可完成。其实现过程可分为 4 个步骤, 如图 1 所示。

附图说明

图 1 是本发明实现过程的流程图。

图 2 是前额叶的定义图。

图 3 是左侧前额叶灰质皮层的提取图。

具体实施方式

图 1 所示，

步骤一(S1)、脑结构核磁共振数据的获取：脑功能结构核磁共振数据的采集在具备能够成 T1 或 T2 加权结构像的磁共振扫描仪上完成。成像的具体参数无特殊要求，空间分辨率一般为数毫米，如 $1 \times 1 \text{mm}^2$ 。对受试者的配合无特殊要求，只需要告诉受试者安静闭目，尽量保持头部不动。

步骤二(S2)、预处理：数据采集完毕后一般需要进行常规预处理，包括头动矫正、空间标准化等，但这些过程要根据使用目的来决定，并非必需的过程。这些基本过程完成后，去除颅脑部分，以及小脑，脑干等，对大脑进行组织分割。然后对感兴趣的脑区进行划分。

步骤三(S3)、提取脑皮层体素：预处理完成后，对感兴趣的皮层提取表面的体素，计算每个体素质心在三维空间中的位置，将这些位置看成一个空间离散点集。

步骤四(S4)、计算分形信息维数：对步骤三所得到的空间离散点集进行空间归一化，然后计算其分形信息维数。对大脑皮层而言，这个信息维数是一个 1 和 3 之间的数值。这个值越靠近 3，说明皮层形状的复杂性越大，反之，如果它越靠近 1，说明皮层形状的复杂性越小。

图 2 是前额叶的定义(竖直线左侧为前额叶部位)，一个左侧前额叶灰质皮层的提取示例，其中(a)为所提取的皮层体素，(b)为这些体素质心在三维空间中形成的离散点集。

图 3 是左侧前额叶灰质皮层的提取。a:皮层体素，b:体素质心在三维空间中形成的离散点集。

下面举例说明本发明的实现过程：

步骤一(S1)、数据获取：病例组为 12 名符合美国精神障碍诊断与统计手册（第四版）(DSM-IV) ADHD 诊断标准的男孩，年龄 11.67—14.83 岁。对照组为来自邻近中学的 11 名男孩，年龄 12.67-13.92 岁。所有被试均为右利手，智商>80 分，排除广泛性发育障碍，儿童精神分裂症，情绪障碍等其他儿童期常见的精神障碍及神经系统发育障碍，排除器质性疾病所致的注意力缺陷者，排除早产儿(<34 周)及有严重脑外伤史(致昏迷)者。本研究的目的是比较正常儿童与患有 ADHD 的儿童大脑的左右两边前额叶灰质皮层的形状复杂性的差异，以了解该病变对前额叶灰质皮层发育的影响。所有影像学数据均在 Siemens Trio3.0T 机器上采集，使用标准头部线圈作为发射和接收线圈。在定位扫描后进行常规头部扫描，以排除脑部病变。三维结构像采用 SPGR 序列进行矢状位全脑扫描，TR=1770ms，TE=3.92ms，IT（反转时间）=1100ms，反转角=12°，扫描范围(FOV)=256mm×256mm，矩阵 512×512，层厚=1mm，层间隔=0.5mm，共 192 层，扫描时间 15 分钟；扫描时嘱受试者头部尽量保持不动。

步骤二(S2)、预处理：首先，使用 MRIcro (<http://www.psychology.nottingham.ac.uk/staff/crl/mricro.html>) 软件自动去除非脑组织。然后，手动去除脑干，小脑，以及残留的非脑组织。选一个正常人作为模版，使用 SPM5b (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>) 进行刚体配准，这一步骤是为了通过旋转和平移交正头的位置，以便使用统一的标准进行前额叶分割。前额叶的定义如图 1 所示，竖直线左侧的脑组织为前额叶。最后，对前额叶进行组织分割。

步骤三(S3)、提取脑皮层体素：预处理完成后，提取前额叶灰质于脑脊液交接表面的所有体素，计算每个体素质心在三维空间中的位置，将这些位置看成一个空间离散点集。图 2 是一个左侧前额叶灰质皮层的提取示例，其中(a)为所提取的皮层体素，(b)为这些体素质心在三维空间中形成的离散点集。

步骤四(S4)、计算分形信息维数：对步骤三所得到的空间离散点集进行空间归一化，然后计算其分形信息维数。对病人组和对照组的前额

叶左右两侧分别进行 t 统计检验后，发现病人和正常人都有前额叶皮层形状复杂性左大于右的模式。但是，病人的左侧前额叶皮层形状复杂性显著低于正常人，其右侧也低于正常人，但是没有达到显著性水平。这些变化反映了 ADHD 疾病的确与前额叶皮层形状复杂性的发育不良有密切关系。

总之，用离散点集的分形维数对脑皮层形状复杂性进行精确测量有非常广泛的应用前景。与传统的方法相比较，本方法有如下主要优点：

（1）避免了繁重的手工标定脑沟的工作，以及因没有统一标准而造成的主观误差；（2）无需对离散体素点集进行参数化拟合，因而保证一些皮层形状的细小变化被考察到，有效地提高了测量精确度；（3）整个处理过程速度快，消耗内存少，有利于普遍推广，有非常重要的生理及临床意义。

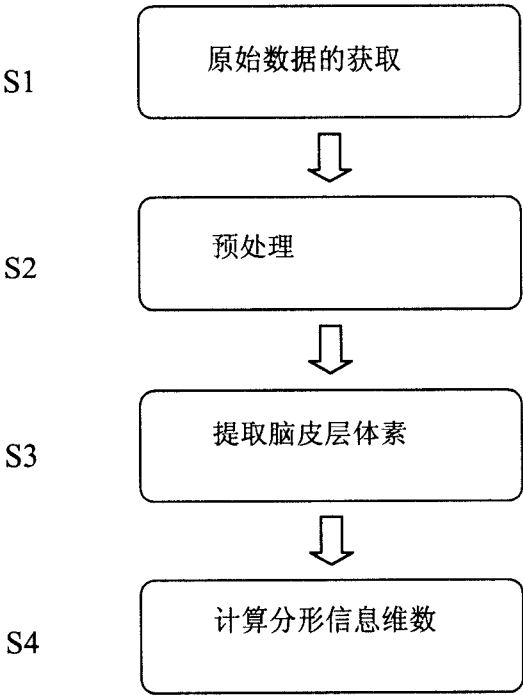
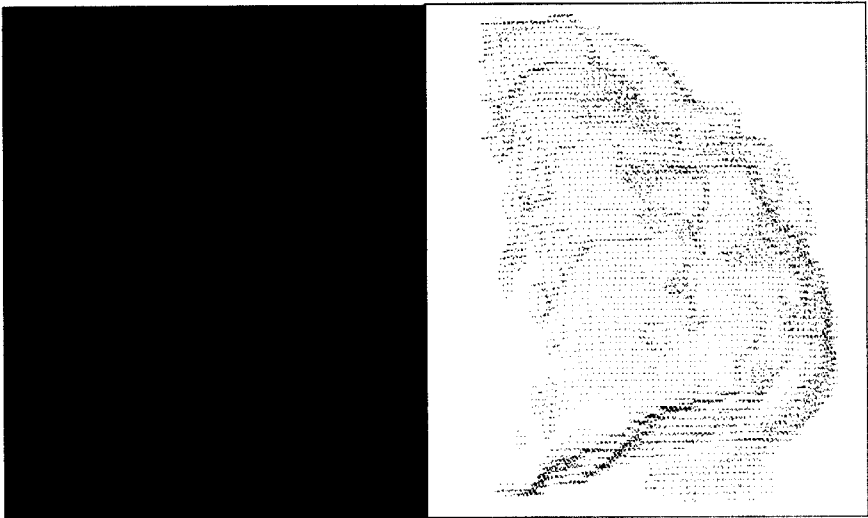


图 1



图 2



(a)

(b)

图 3