(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113632144 A
(43)申请公布日 2021.11.09

(21)申请号 202080023789.6
(22)申请日 2020.03.24
(30)优先权数据
10-2019-0033332 2019.03.25 KR
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.09.23
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2020/003981 2020.03.24
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/197233 KO 2020.10.01
(71)申请人 加图立大学校产学协力团
地址 韩国首尔市
申请人 建国大学校全球产学协力团
(72)发明人 郭珍泰 纳托·明阮 金炫贞 卢弘基
(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205
代理人 延美花 臧建明
(51)Int.Cl.
G06T 11/00(2006.01)
G06T 5/50(2006.01)
G06N 3/04(2006.01)
G06N 3/08(2006.01)

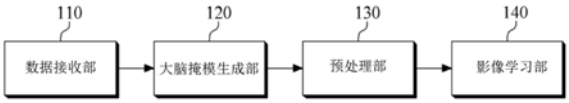
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

用于生成多相侧支血流影像的学习方法及利用机器学习的多相侧支血流影像生成方法

(57)摘要

公开一种能够用于脑中风等各种脑血管疾病的诊断及预后判断的用于生成多相侧支血流影像的学习方法及利用机器学习生成多相侧支血流影像的方法。公开的用于生成多相侧支血流影像的学习方法包括:接收关于头部的MRI影像及基于所述MRI影像生成的多相侧支血流影像的步骤;利用所述MRI影像生成大脑掩模的步骤;生成被所述大脑掩模掩蔽的MRI影像及多相侧支血流影像的步骤;以及,利用学习网络学习关于所述掩蔽的MRI影像的掩蔽的所述多相侧支血流影像的步骤。



CN 113632144 A

1.一种用于生成多相侧支血流影像的学习方法,其中,包括:

接收关于头部的MRI影像及基于所述MRI影像生成的多相侧支血流影像的步骤;

利用所述MRI影像生成大脑掩模的步骤;

生成被所述大脑掩模掩蔽的MRI影像及多相侧支血流影像的步骤;以及

利用学习网络学习关于所述掩蔽的MRI影像的所述掩蔽的多相侧支血流影像的步骤。

2.根据权利要求1所述的用于生成多相侧支血流影像的学习方法,其中,生成所述大脑掩模的步骤包括:

对于所述头部的预设位置,相加随时间流动生成的多个MRI影像的步骤;

将相加的所述MRI影像的像素值正则化到预设范围的步骤;以及

利用正则化的所述像素值中临界值以上的像素值生成所述大脑掩模的步骤。

3.根据权利要求1所述的用于生成多相侧支血流影像的学习方法,其中,在学习所述掩蔽的多相侧支血流影像的步骤中,

根据所述多相侧支血流影像的各像素值的频度数调节用于学习的过滤器的加权值以学习所述掩蔽的多相侧支血流影像。

4.根据权利要求1所述的用于生成多相侧支血流影像的学习方法,其中,所述MRI影像为对于所述头部的预设位置随时间流动生成的多个MRI影像。

5.根据权利要求1所述的用于生成多相侧支血流影像的学习方法,其中,所述MRI影像为动态磁化率对比磁共振灌注(DSC-MRP)影像或4D磁共振血管造影(MRA)影像。

6.一种利用机器学习的多相侧支血流影像生成方法,其中,包括:

接收关于被检者的头部的MRI影像的步骤;以及

利用学习网络生成关于所述MRI影像的多相侧支血流影像的步骤,

其中,所述学习网络为学习了关于参考MRI影像的参考多相侧支血流影像的网络。

7.根据权利要求6所述的利用机器学习的多相侧支血流影像生成方法,其中,所述学习网络包括:

编码层,通过卷积生成关于所述MRI影像的特征图;以及

解码层,通过去卷积放大所述特征图的大小生成所述多相侧支血流影像。

8.根据权利要求6所述的利用机器学习的多相侧支血流影像生成方法,其中,还包括:

利用所述MRI影像生成关于所述被检者的大脑掩模的步骤;以及

将所述大脑掩模适用于所述多相侧支血流影像的步骤。

9.根据权利要求6所述的用于生成多相侧支血流影像的学习方法,其中,所述MRI影像为动态磁化率对比磁共振灌注(DSC-MRP)影像或4D磁共振血管造影(MRA)影像。

用于生成多相侧支血流影像的学习方法及利用机器学习的多相侧支血流影像生成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及能够用于脑中风等各种脑血管疾病的诊断及预后判断的用于生成多相侧支血流影像的学习方法、利用机器学习生成多相侧支血流影像的方法。

背景技术

[0002] 急性缺血脑中风是全世界威胁众多人们生命及健康的主要疾病之一，最初发病时快速准确地诊断及治疗尤为重要。近来，去血栓治疗等神经介入治疗的技术发展对于改善脑中风引起的死亡率做出了很多贡献，但仍然有相当多的患者最终死亡或未恢复正常功能。

[0003] 临床专业医生为了脑中风诊断及治疗而需要综合各种影像、临床信息以决定最佳方案。尤其，在诊断脑中风方面影像信息所占的重要性非常大且起到决定性作用，随着医疗影像设备与影像层面的发展，医疗影像利用率在逐渐增加，因此医疗影像的获取、重构、影像检查解释的复杂性及读取数量在不断增加。从而导致临床专业医生需要承担的业务量增加、诊断准确性及效率性下降。

[0004] 已知在脑中风的多种预后因素中，侧支血流(collateral)为通过保持脑梗塞部位周边缺血组织的血液供应的生物反应机理对闭塞的脑血管的远端脑灌注起到决定性影响的独立因子。与侧支血流相关的现有研究大部分为利用多相CT血管造影术与磁共振灌注影像的研究，多相CT血管造影术无法准确获知梗塞范围，具有放射线暴露缺点。并且，基于磁共振灌注影像的多相影像方法由于无法知道血管信息，因此增加血管影像的情况下具有检查时间及造影剂使用量增加的缺点。

[0005] 并且，现有侧支血流量测量与评价通常采用基于经验技法的多相影像重构方式与对重构影像的定性评价。因此，能够造成结果解释的客观性下降，具有无法反映每个患者的血流动力学差异的局限性。

发明内容

[0006] 技术问题

[0007] 本发明旨在提供能够较快、准确地生成多相侧支血流影像的学习方法。

[0008] 并且，本发明旨在提供利用机器学习的多相侧支血流影像生成方法。

[0009] 技术方案

[0010] 根据用于达成上述目的的本发明的一个实施例，提供一种用于生成多相侧支血流影像的学习方法，包括：接收关于头部的MRI影像及基于所述MRI影像生成的多相侧支血流影像的步骤；利用所述MRI影像生成大脑掩模(brain mask)的步骤；生成被所述大脑掩模掩蔽的MRI影像及多相侧支血流影像的步骤；以及，利用学习网络学习关于所述掩蔽的MRI影像的所述掩蔽的多相侧支血流影像的步骤。

[0011] 并且，根据用于达成上述目的的本发明的另一实施例，提供一种利用机器学习的

多相侧支血流影像生成方法,包括:接收关于被检者的头部的MRI影像的步骤;以及,利用学习网络生成关于所述MRI影像的多相侧支血流影像的步骤,所述学习网络为学习了关于参考MRI影像的参考多相侧支血流影像的网络。

[0012] 技术效果

[0013] 根据本发明的一个实施例,通过机器学习预测多相侧支血流影像,因此能够较快地生成多相侧支血流影像,而且能够加快脑中风等脑血管疾病的诊断速度。

[0014] 并且,根据本发明的一个实施例,在生成多相侧支血流影像方面无需每个专家可能各不相同的主观判断,从而能够更客观地生成多相侧支血流影像及诊断脑血管疾病。

[0015] 并且,根据本发明的一个实施例,利用大脑掩模仅对关于脑的MRI影像进行学习,因此能够提高学习速度。

附图说明

[0016] 图1为本发明的一个实施例的用于生成多相侧支血流影像的学习装置的框图;

[0017] 图2为用于说明本发明的一个实施例的用于生成多相侧支血流影像的学习方法的附图;

[0018] 图3为用于说明4D-MRA影像的附图;

[0019] 图4为说明本发明的一个实施例的生成大脑掩模的方法的附图;

[0020] 图5为示出MRI影像与大脑掩模的附图;

[0021] 图6为示出本发明的一个实施例的学习网络的附图;

[0022] 图7为用于说明卷积及去卷积的附图;

[0023] 图8为用于说明本发明的一个实施例的利用机器学习的多相侧支血流影像生成装置的附图;

[0024] 图9为用于说明本发明的一个实施例的利用机器学习的多相侧支血流影像生成方法的附图。

具体实施方式

[0025] 本发明可施加多种变更,可具有多种实施例,在附图例示特定实施例并在具体说明中进行具体说明。但应理解:这不是为了将本发明限定于特定的实施方式,而是包括包含于本发明的思想及技术范围的所有变更、均等物乃至代替物。在说明各附图时对相似的构成要素使用相似的附图标记。

[0026] 多相侧支血流影像是指关于动脉相(artery phase)、毛细血管相(capillary phase)、初期及后期静脉相(early and late venous phase)、延迟相(delayed phase)这五种血流相的影像。

[0027] 可通过关于脑的多相侧支血流影像对脑中风之类的脑血管疾病进行诊断或判断手术后的预后,多相侧支血流影像可通过对通过磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging,MRI)装置得到的关于患者头部的影像进行后处理得到。然而,这种后处理通常以临床专业医生根据经验操作MRI影像的方式实现。即,临床专家直接操作计算机,从已生成的MRI影像生成多相侧支血流影像。

[0028] 因此,生成多相侧支血流影像方面需要大量时间,解释多相侧支血流影像方面客

观性下降。尤其发生急性脑血管疾病的紧急情况下,生成多相侧支血流影像所需的时间可能是极为致命性的。

[0029] 为此,本发明提供一种利用机器学习生成多相侧支血流影像的方法和用于生成多相侧支血流影像的学习方法。本发明的一个实施例能够基于机器学习,利用关于人的头部,即头部的MRI影像预测关于脑的多相侧支血流影像,从而能够较快地生成多相侧支血流影像。

[0030] 本发明的一个实施例的影像生成方法与学习方法可在包括处理器的计算装置执行,根据实施例,可在另外的影像生成装置与学习装置执行。当然,还可以在同一计算装置执行影像生成方法与学习方法,还可以在MRI装置生成多相侧支血流影像生成方法。

[0031] 以下参见附图对本发明的实施例进行详细说明。

[0032] 图1为本发明的一个实施例的用于生成多相侧支血流影像的学习装置的框图。

[0033] 参见图1,本发明的学习装置包括数据接收部110、大脑掩模生成部120、预处理部130及影像学习部140。

[0034] 数据接收部110接收关于头部的MRI影像及基于MRI影像生成的多相侧支血流影像,接收的MRI影像及关于接收的MRI影像的多相侧支血流影像是用于学习的训练数据。用于学习的MRI影像不仅包括关于患有脑血管疾病的患者的MRI影像,还包括关于正常人的MRI影像。

[0035] MRI影像可由MRI装置提供,作为一个实施例,可以是动态磁化率对比磁共振灌注(Dynamic Susceptibility Contrast-Magnetic Resonance Perfu sion,DSC-MRP)影像或磁共振血管造影(Magnetic Resonance Angiograph y,4D MRA)影像。并且用于学习的多相侧支血流影像可以由临床专业医生之类的专家生成。

[0036] 大脑掩模生成部120利用接收的MRI影像生成大脑掩模(brain mask)。关于头部的MRI影像是关于脑及头盖骨(skull)、脑脊液等构成头部的各种组织的影像,在诊断脑血管疾病方面不需要脑以外的组织的MRI影像,因此为了从MRI影像提取关于脑的影像而生成大脑掩模。

[0037] 预处理部130生成被大脑掩模掩蔽的MRI影像及多相侧支血流影像。掩蔽的MRI影像及掩蔽的多相侧支血流影像是从接收到的MRI影像及多相侧支血流影像中过滤脑区域以外的部分的影像。

[0038] 影像学习部140利用学习网络学习关于掩蔽的MRI影像的掩蔽的多相侧支血流影像。

[0039] 图2为用于说明本发明的一个实施例的用于生成多相侧支血流影像的学习方法的附图,图3为用于说明4D-MRA影像的附图。图2作为一个实施例说明在图1的学习装置中执行的学习方法。

[0040] 本发明的一个实施例的学习装置接收作为训练数据的关于头部的MR I影像及基于MRI影像生成的多相侧支血流影像(S210),利用接收到的MRI影像生成大脑掩模(S220)。并且生成被大脑掩模掩蔽的MRI影像及多相侧支血流影像(S230),利用学习网络学习关于掩蔽的MRI影像的掩蔽的多相侧支血流影像(S240)。

[0041] 图2中利用的MRI影像MRI影像是针对头部的预设位置随时间流动生成的多个MRI影像,是四维影像。DSC-MRP影像、4D-MRA影像由按照头部,即脑的预设位置(slice)随时间

流动生成的多个影像构成。

[0042] 参见图3,例如,在脑的特定位置310随时间拍摄的影像为包括第一影像311在内共60张的情况下,可根据60张影像制成五张多相侧支血流影像。并且学习装置学习关于60张掩蔽的MRI影像的五张掩蔽的多相侧支血流影像。60张掩蔽的MRI影像成为学习网络的输入影像,掩蔽的五张多相侧支血流影像被给定为关于学习网络的标签(lable)。

[0043] 本发明的一个实施例的学习网络为三维深度回归神经网络(3D Deep Regression Neural Network),包括通过卷积(convolution)生成关于掩蔽的MRI影像的特征图的编码层及通过去卷积(deconvolution)扩大特征图的大小的解码层。编码层在学习过程中起到提取掩蔽的MRI影像的特征值的作用,解码层在下述影像生成过程,即多相侧支血流影像的预测过程中起到生成多相侧支血流影像的作用。

[0044] 根据对学习网络的输入影像与标签之间的关系,可学习用于卷积及去卷积的过滤器的加权值,因此,可预测输入学习网络的关于目标影像的多相侧支血流影像。

[0045] 另外,虽然在图2中说明了利用大脑掩模的实施例,而根据实施例,可在不利用大脑掩模的情况下进行学习。即,在步骤S240中学习装置可利用学习网络学习关于输入的MRI影像的输入的多相侧支血流影像。

[0046] 图4为说明本发明的一个实施例的生成大脑掩模的方法的附图,图5为示出MRI影像与大脑掩模的附图。

[0047] 本发明的一个实施例的学习装置对于头部的预设位置,相加随时间流动生成的多个MRI影像(S410)。例如,如图3生成60张MRI影像的情况下,学习装置将60张MRI影像全部相加。其中相加是指相加关于不同MRI影像的同一位置的像素的像素值。

[0048] 并且将相加的MRI影像的像素值正则化到预设范围(S420)。作为一例,学习装置可将像素值正则化到0至1之间。

[0049] 并且,学习装置利用正则化的像素值中临界值以上的像素值生成大脑掩模(S430)。大脑掩模的大小与MRI影像大小相同,是提取MRI影像的正则化的像素值中临界值以上的像素值所在的区域作为脑所在区域的掩模。

[0050] 另外,取临界值以上的像素值的过程中,可能会因为伪影(artifact)等导致大脑掩模的形状与实际脑形状不同,因此学习装置可通过closing、er osion、dilation等各种形态学运算生成大脑掩模。

[0051] 图5(b)示出对于图5(a)所示的MRI影像的大脑掩模,图5(c)示出掩蔽的MRI影像。与图5(a)的MRI影像相比可知图5(c)的影像仅包含脑部分。

[0052] 根据本发明的一个实施例,利用大脑掩模仅对关于脑的MRI影像进行学习,因此能够提高学习速度。

[0053] 图6为示出本发明的一个实施例的学习网络的附图,图6中作为一例示出学习关于60张MRI影像611的五张多相侧支血流影像621的网络。

[0054] 编码层610对作为输入影像的60张MRI影像执行卷积生成特征图。编码层610可以构成为将一个层连接到后续的所有层以促进特征信息的再利用及特征信息与梯度(gradient)的顺畅流动的Dense Net(Densely Connec ted Convolutional Networks)结构。

[0055] 解码层620通过去卷积将特征图的大小放大至输入影像的大小。通过解码层620可

预测对应于训练数据的大小的多相侧支血流影像。

[0056] 用于卷积及去卷积的过滤器的大小、各层的具体构成可随实施例而异，激活函数除了Tanh以外还可以利用其他激活函数。

[0057] 本发明的一个实施例的学习装置可利用用于机器学习的优化算法中的ADAM，可利用吴育昕与何恺明最近公开的群组归一化(group normaliz ation)在小batch大小也仍可诱导高效率学习。

[0058] 另外，本发明的一个实施例的学习装置为了提高学习效率而可根据多相侧支血流影像的各像素值的频度数调节用于学习的过滤器的加权值以学习掩蔽的多相侧支血流影像。根据实施例，学习装置可以以五张多相侧支血流影像全部为对象计算各像素值频度数后进行学习，或者计算五张多相侧支血流影像每一个的各像素值的频度数后进行学习。

[0059] 通过标签给出的多相侧支血流影像可以是像素值正则化到一定范围，例如-0.9到0.9之间的影像，多相侧支血流影像的各像素的像素值集中于特定像素值的情况下，即，各像素的像素值中特定像素值相对多的情况下，关于特定像素值的加权值增大，因此学习效率可能会下降。对此，本发明的一个实施例的学习装置根据多相侧支血流影像的像素值大小的分布图案生成加权值向量进行正则化(Regularization)，能够以此提高学习效率。作为正则化方法，可利用用于机器学习的L2正则化或L1正则化。

[0060] 为了生成加权值向量，学习装置将多相侧支血流影像的像素值区分为预设个数的容器(bin)生成直方图，正则化到预设范围。直方图的容器对应于特定像素值，包括多相侧支血流影像的特定像素值的频度数信息。学习装置利用直方图，对对应于各容器的像素值的频度数的倒数取对数生成关于多相侧支血流影像的像素值的加权值向量。

[0061] 由于利用频度数的倒数生成加权值向量，因此通过正则化，能够防止关于频度数高的像素值的加权值增高的现象，能够提高学习效率。

[0062] 图7为用于说明卷积及去卷积的附图。

[0063] 参见图7，图7(a)为用于说明通过卷积生成特征图的过程的附图，图7(b)为用于说明通过去卷积放大特征图的大小的过程的附图。

[0064] 在图7(a)中，对学习网络的输入影像710的大小为3x3，用于卷积的过滤器720的大小为2x2。输入影像710中记载的数字表示像素值，过滤器720中记载的数字表示加权值。过滤器720相对于参考影像710上下左右移动，像素值与加权值相乘后相加生成特征图730。

[0065] 在图7(b)中用于去卷积的过滤器740的大小为2x2。随着向通过卷积生成的特征图730的各特征值乘以过滤器740的四个加权值，一个特征值扩张成四个特征值750。例如，特征图730的特征值5分别与过滤器的加权值4、3、2、1相乘以扩张成20、15、10、5。如上扩张的特征值相加生成3x3大小的特征图760。表示扩张的特征值的块750中斜线部分表示相互重叠相加的区域。例如，通过去卷积生成的特征图760中中间的特征值35为表示扩张的特征值的块750中5、2、12及16相加得到的值。根据实施例，去卷积除了上述方法以外还可以通过填充(padding)等各种方法实现。

[0066] 图8为用于说明本发明的一个实施例的利用机器学习的多相侧支血流影像生成装置的附图。

[0067] 本发明的一个实施例的多相侧支血流影像生成装置包括影像接收部810、学习数据存储部820及影像预测部830。

[0068] 影像接收部810接收关于被检者的头部的MRI影像，这种MIR影像可以由MRI装置提供。

[0069] 学习数据存储部820存储通过机器学习得到的学习数据，作为一例，可以是学习网络之类的人工神经网络。学习网络如在图2所述说明，是学习了关于参考MRI影像的参考多相侧支血流影像的网络。其中，参考表示用于学习的训练数据。

[0070] 影像预测部830利用存储于学习数据存储部820的学习网络生成关于接收的MRI影像的多相侧支血流影像。

[0071] 图9为用于说明本发明的一个实施例的利用机器学习的多相侧支血流影像生成方法的附图。

[0072] 本发明的一个实施例的多相侧支血流影像生成装置接收关于被检者的头部的MRI影像(S910)，利用学习网络生成关于输入的MRI影像的多相侧支血流影像(S920)。

[0073] 学习网络包括通过卷积生成关于输入的MRI影像的特征图的编码层及通过去卷积放大特征图的大小生成多相侧支血流影像的解码层。

[0074] 另外，根据实施例，本发明的一个实施例的多相侧支血流影像生成装置利用输入的MRI影像生成关于被检者的大脑掩模，可以将大脑掩模适用于在步骤S920生成的多相侧支血流影像。大脑掩模可以如图4所述说明生成。

[0075] 根据本发明的一个实施例，通过机器学习预测多相侧支血流影像，因此能够较快地生成多相侧支血流影像，而且能够加快脑中风等脑血管疾病的诊断速度。

[0076] 并且根据本发明的一个实施例，在生成多相侧支血流影像方面无需每个专家可能各不相同的主观判断，从而能够更客观地生成多相侧支血流影像及诊断脑血管疾病。

[0077] 以上说明的技术内容可以实现为能够通过各种计算机设备运行的程序指令形态存储在计算机可读介质中。所述计算机可读介质可包括程序指令、数据文件、数据结构或其组合。存储在所述介质的程序指令可以是为实施例而特别设计和构建的，或者是计算机软件技术人员公知使用的。计算机可读介质例如可以是硬盘、软盘及磁盘等磁介质(magnetic media)、CD-ROM、DVD之类的光存储介质(optical media)、软光盘(floptical disk)之类的磁-光介质(magneto-optical media)、及ROM、RAM、闪存盘等为了存储和运行程序指令而专门构成的硬件装置。作为程序指令的例子不仅包括通过编译器得到的机器代码，还包括能够使用解释器通过计算机运行的高级语言代码。可以将硬件装置构建成用于执行实施例的动作的一个以上软件模块，反之相同。

[0078] 如上所述，本发明通过具体的构成要素等特定事项与限定的实施例及附图进行了说明，但是其目的仅在于帮助理解，本发明并非限定于上述的实施例，本发明所属领域的普通技术人员可根据以上记载做多种修改及变更。因此，本发明的思想不得限定在说明的实施例，而是包括技术方案范围及与该技术方案范围等同或有等价变换的全部。

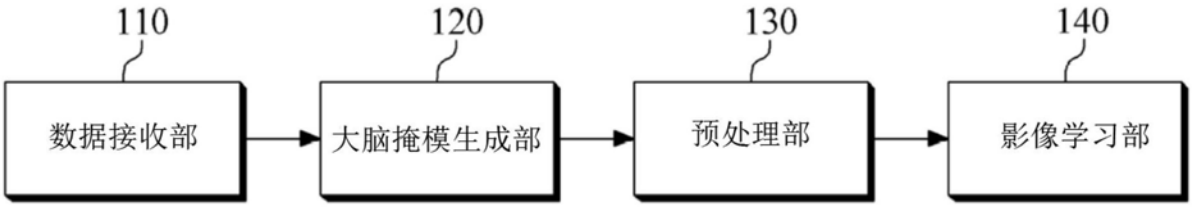

110
120
130
140
数据接收部
大脑掩模生成部
预处理部
影像学习部

图1

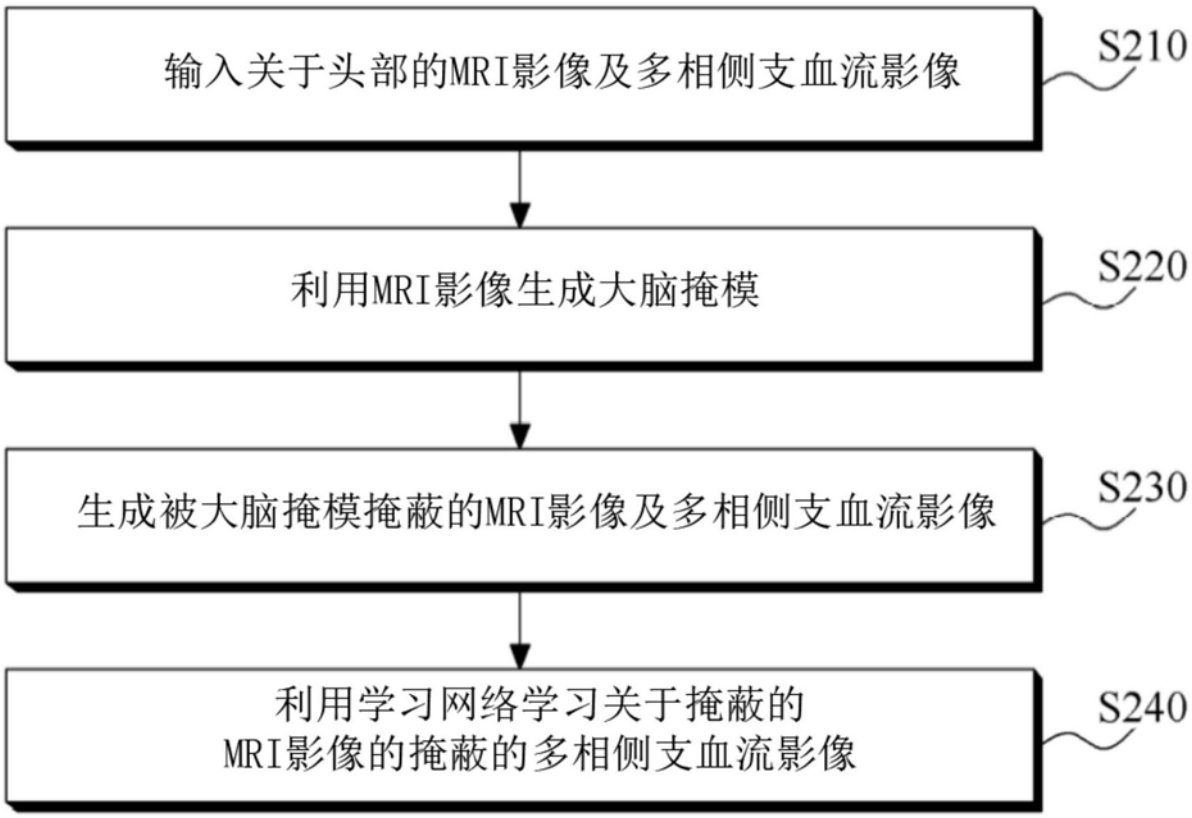

输入关于头部的MRI影像及多相侧支血流影像
S210
利用MRI影像生成大脑掩模
S220
生成被大脑掩模掩蔽的MRI影像及多相侧支血流影像
S230
利用学习网络学习关于掩蔽的
MRI影像的掩蔽的多相侧支血流影像
S240

图2

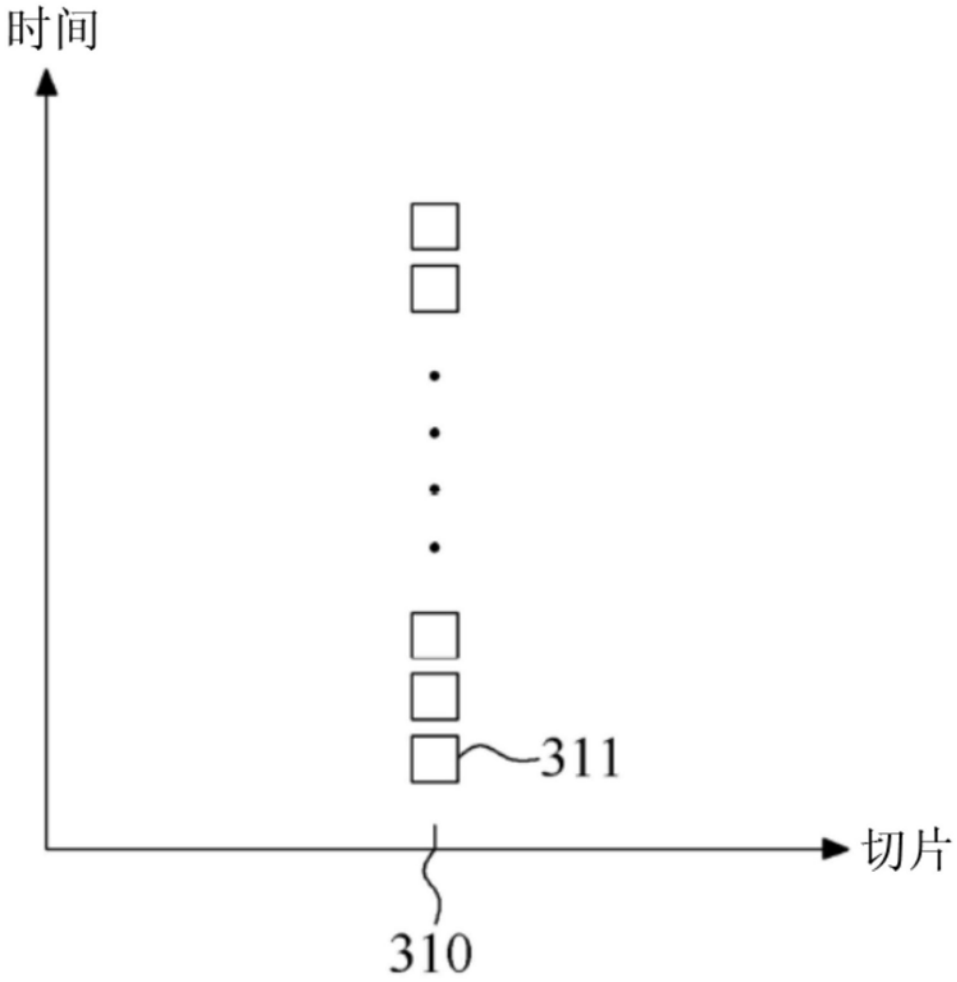

时间
311
切片
310

图3

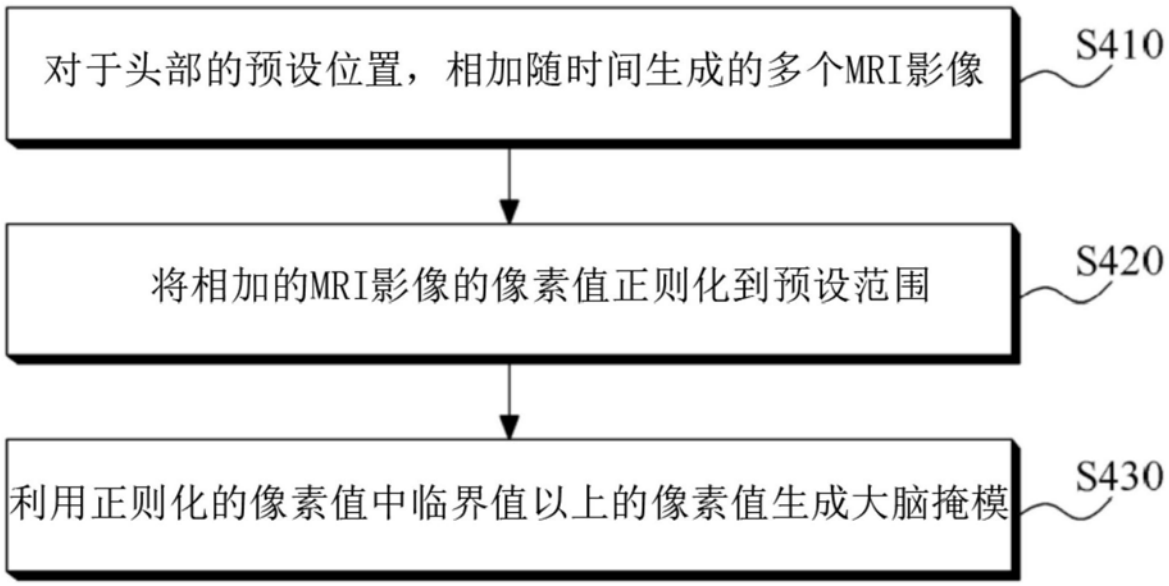
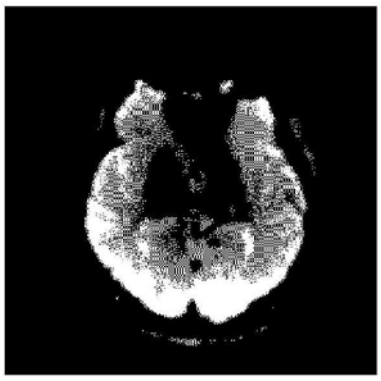

对于头部的预设位置，相加随时间生成的多个MRI影像
S410
将相加的MRI影像的像素值正则化到预设范围
S420
利用正则化的像素值中临界值以上的像素值生成大脑掩模
S430

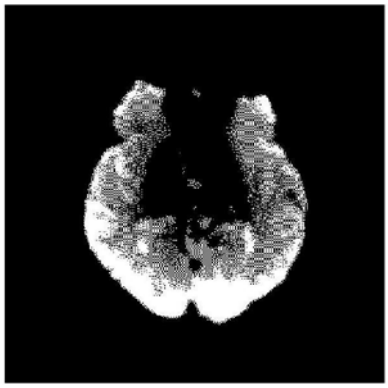
图4



(a)



(b)



(c)

图5

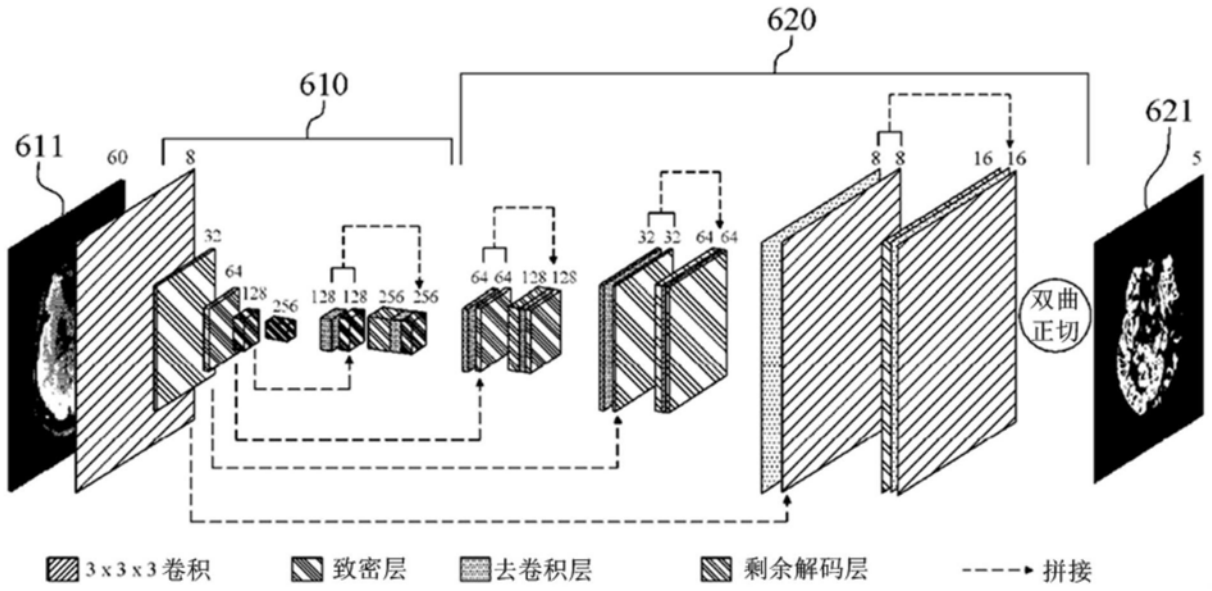
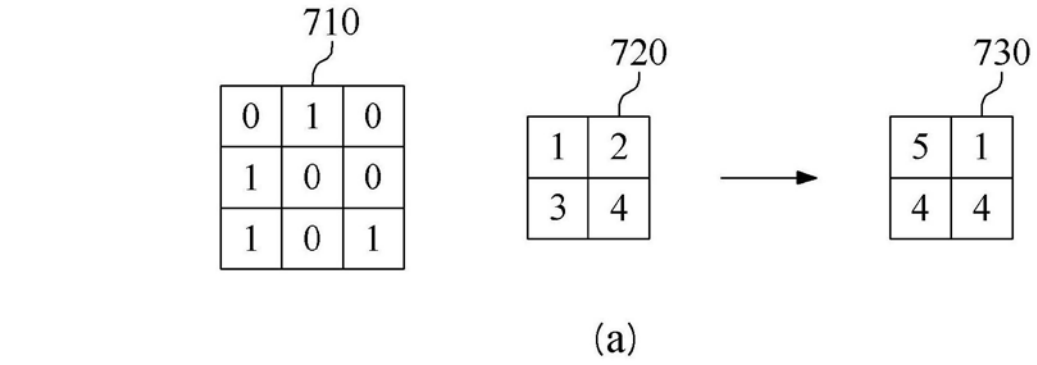

620
610
611
621
60
8
32
64
128
256
128 128
256 256
64 64
128 128
32 32
64 64
8 8
16 16
5
双曲
正切
3x3x3卷积
致密层
去卷积层
剩余解码层
拼接

图6


710
0 1 0
1 0 0
1 0 1
720
1 2
3 4
730
5 1
4 4
(a)

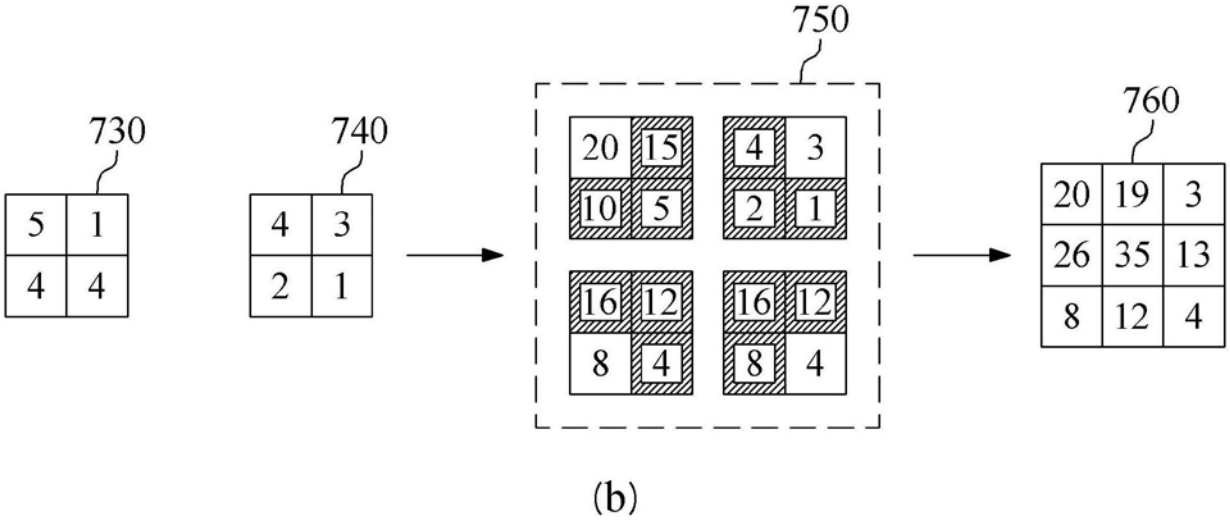

730
5 1
4 4
740
4 3
2 1
750
20 15
10 5
4 3
2 1
16 12
8 4
16 12
8 4
760
20 19 3
26 35 13
8 12 4
(b)

图7

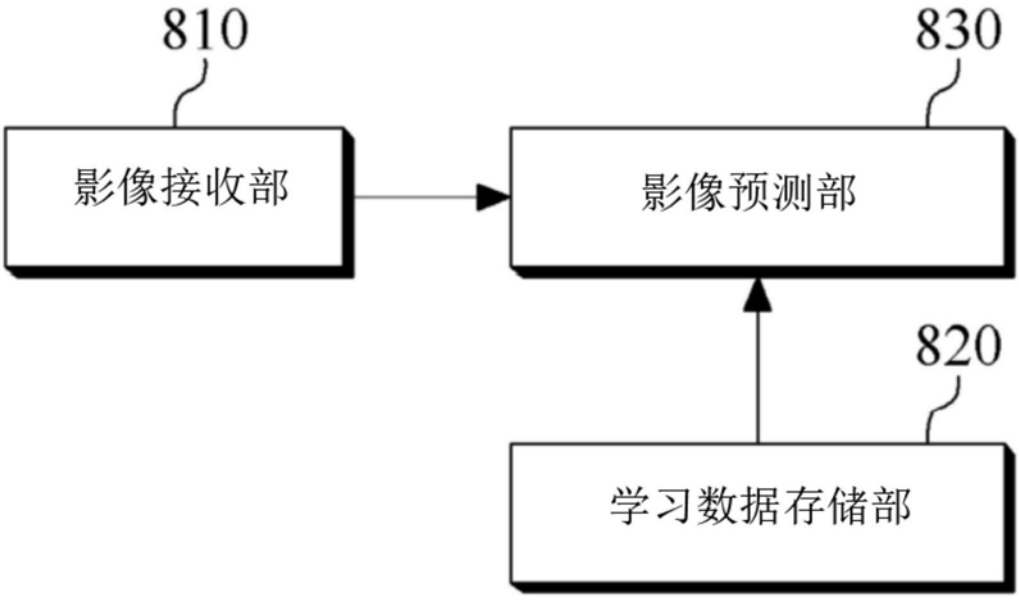

810
830
影像接收部
影像预测部
820
学习数据存储部

图8

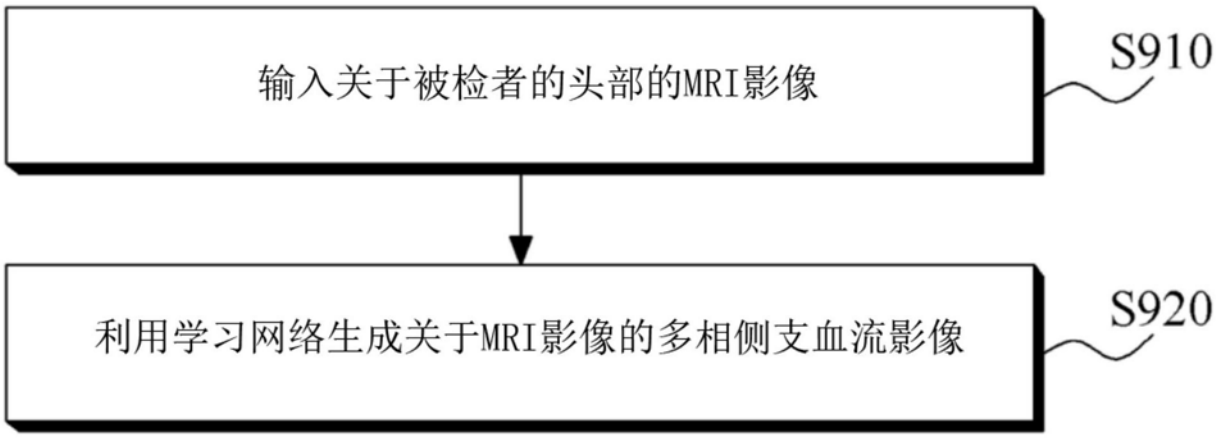

输入关于被检者的头部的MRI影像
S910
利用学习网络生成关于MRI影像的多相侧支血流影像
S920

图9