



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107789058 A

(43)申请公布日 2018.03.13

(21)申请号 201710995572.1

(22)申请日 2017.10.23

(71)申请人 南方医科大学南方医院

地址 510515 广东省广州市白云区广州大道北1838号

(72)发明人 陈韬

(74)专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 刘宇峰

(51)Int.Cl.

A61B 34/20(2016.01)

A61B 34/10(2016.01)

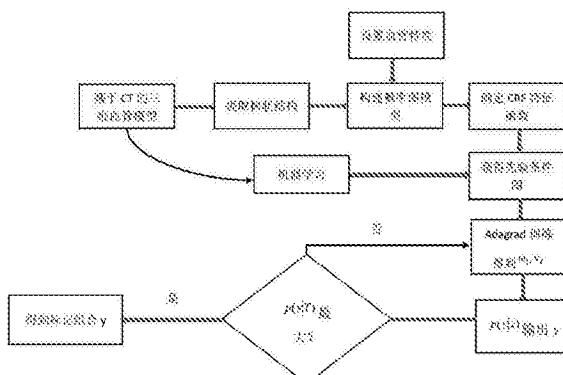
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

用于胃癌腔镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名称自动标识方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于胃癌腔镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名称自动标识方法。所述方法包括以下步骤：数据采集：采集术前腹部增强期薄层CT图像；三维动静脉模型的构建；从三维模型中提取出胃周动脉和静脉的树状结构，构建概率图模型，运用CRF(conditional random fields)、递归算法、后验估计等算法，实现三维动脉和静脉的自动解剖名称标识。从而提高导航的效率，精确地指引血管走行，提高手术成功率，有利于腹腔镜胃癌手术的应用推广。



1. 一种用于胃癌腔镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名称自动标识方法，其特征在于，所述方法包括以下步骤：

- A. 数据采集：采集术前腹部增强期薄层CT图像；
- B. 原始三维模型的构建：将术前CT图像分割、标识、建模得到虚拟血管模型；
- C. 概率图模型建立：从三维模型中提取出胃周动脉和静脉的树状结构，作为概率图模型；
- D. 确定概率图模型中每个分支S的特征 x_s ；
- E. 定义一组特征函数 $\psi_i(x_s, y'_s)$, $\phi_j(y'_s, y'_r)$
- F. 通过梯度下降算法AdaGrad来训练 $\psi_i(x_s, y'_s)$, $\phi_j(y'_s, y'_r)$ 的权重 ω_i, v_i , 使得 $p(y|x)$ 最大时，输出y；
- G. 定义后验概率 $p(y|T)$ ，使得 $p(y|T)$ 最大的y为想要的一个标记组合，从而得到用于腹腔镜胃癌手术导航的血管名称标记结果，实现导航中的胃周三维动静脉名称自动标识。

用于胃癌腔镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名称自动标识方法

技术领域

[0001] 本发明属于有微创外科学、机器学习、影像学等领域,涉及一种用于胃癌腔 镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名称自动标识方法。

背景技术

[0002] 胃癌是我国常见的肿瘤之一,根治性切除是其主要的治疗手段。腹腔镜技术 因其创伤少、且有助于术后恢复等特点,在胃肠外科领域上的应用越来越多。然 而腹腔镜存在管状视野、缺少触觉及纵深感等自身特有的局限性,而且胃周血管 走行复杂,解剖变异较多,术中淋巴结清扫引起的血管损伤是腹腔镜胃癌手术严 重并发症之一,也是导致非计划二次手术的重要原因,使得这项技术的推广受到 了一定的限制。

[0003] 如果能将术前CT获得的解剖信息在术中加以提示,将会给腹腔镜胃癌手术 带来很大的便利。随着计算机辅助技术的发展,CT三维重建技术可作为术中导 航,使术者对腹腔镜下血管解剖信息辨别具有重要的补充意义。对于安全可靠的 腹腔镜手术,确定血管的个体差异,例如位置、形状和分支结构,是非常重要的。特别是,外科医生必须确定病人特有的血管分支模式,并掌握血管与周围的器官 或软组织之间的位置和功能关系。病人的血管分支模式可以通过腹部CT三维重 建效果来确认。然而,对于外科医生来说,从CT卷中提取血管的三维结构是不 容易的。此外,在腹腔镜检查的狭窄视野中,需要较丰富的腹腔镜 经验来发现脂 肪组织层后面的一个特定的血管分支结构,然而对大部分外科医生来说这仍是一 个较大的难题。因此,需要一种通过计算机辅助技术显示带有解剖标签的血管结 构,提高术者在腹腔镜下对解剖的辨识度。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提出一种在腹腔镜胃癌手术过程中确定血管位置,形状, 分支结构等个体差异的算法。利用手术前的CT影像,构造出血管树模型,并用 CRF处理它得到血管的个体差异,提高腹腔镜手术的成功率。

[0005] 本发明所述的用于胃癌腔镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名 称自动标识方法,包括以下步骤:

[0006] A.数据采集:采集术前腹部增强期薄层CT图像;

[0007] B.原始三维模型的构建:将术前CT图像分割、标识、建模得到虚拟血管模型;

[0008] C.概率图模型建立:从三维模型中提取出胃周动脉和静脉的树状结构,构建概 率图模型;

[0009] D.确定概率图模型中每个分支S的特征 x_s ;

[0010] E.定义一组特征函数 $\psi_i(x_s, y'_s)$ 和 $\phi_j(y'_s, y'_r)$;

[0011] F.通过梯度下降算法AdaGrad来训练 $\psi_i(x_s, y'_s)$ 和 $\phi_j(y'_s, y'_r)$ 的权重 ω_i, v_i ,使 得 $p(y|x)$ 最大时,输出y;

[0012] G. 定义后验概率 $p(y|T)$, 使得 $p(y|T)$ 最大的 y 为想要的一个标记组合, 从而得到用于腹腔镜胃癌手术导航的血管名称标记结果, 实现导航中的胃周三维动静脉名称自动标识。

[0013] 本发明所述的用于胃癌腔镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名称自动标识方法, 具有以下有益效果:

[0014] (1) 精确指引血管的走行, 增加手术安全性, 减少术中血管损伤的并发症, 提高手术效率, 减少手术时间。

[0015] (2) 促进患者术后恢复, 降低术后并发症率, 缩短术后住院日, 进而降低患者住院费用, 减少腹腔镜胃癌手术的医疗成本。

[0016] (3) 有利于实现胃癌精准化治疗, 具有较高的科学价值和社会效益。

附图说明

[0017] 图1为条件随机场动静脉自动识别方法流程图。

具体实施方式

[0018] 本发明所述的用于胃癌腔镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名称自动标识方法, 如图1所示:

[0019] 1. 数据采集:

[0020] 制定标准, 如关于病人的 (a) 经病理证实的原发性可完整切除的胃癌患者; (b) 术前临床分期: T1-4aN0-3M0; (c) 少于术前15天的腹部增强CT。

[0021] 排除其他因素对本实验的影响。

[0022] 2. 原始三维模型的构建:

[0023] 将术前CT图像分割、标识、建模得到虚拟血管模型。

[0024] (1) CT扫描:

[0025] 患者空腹6小时以上, 扫描前半小时口服500ml温开水充盈肠道, 临扫描前 5min 在口服500ml温水充盈胃和十二指肠。

[0026] 常规平扫: 采用 0.5×64 排探测器组合, 层厚5mm, 层间距3mm, 滤线栅距0.984, 球管旋转一周时间0.4s, 扫描视野40-50cm, 矩阵 512×512 。

[0027] 增强扫描: 采用小剂量造影剂预注射, 测试剂量 (Test Bolus) ($4\text{ml}/\text{s}, 20\text{ml}$) 获取动脉期小剂量预注射时间密度曲线 (TDC)。再经A管注射大剂量对比剂 ($1.2\text{ml}/\text{KG}$, 上限 100ml), B管生理盐水 20ml , 注射速度均为 $4\text{ml}/\text{s}$, 于动脉期 小剂量预注射峰值时间行动脉期扫描, 门脉期和实质期分别延迟50秒及2分钟。

(2) 图像筛选:

[0028] 通过测量每组CT图像的噪声值即像素标准差对CT图像进行筛选。在每个 图像中, 通过测量前腹壁皮下脂肪均匀区的区域(平均 40mm^2 ; 范围, $5-8\text{mm}^2$) 的像素值的标准差即为图像噪声 (R01)。所以测试均重复三次以保证数据的可靠性。对于不同的图像集, 计算主动脉和门静脉的信噪比 (CNR)。CNR的计算 公式为 $\text{CNR} = (\text{R01}_{\text{目标组织}} - \text{R01}_{\text{参照组织}}) / \text{图像平均噪声值}$ 。通过比较CNR值对CT图 像的质量进行评估。

[0029] (3) 三维分割:

[0030] 首先在mimics17.0软件 (<http://www.materialise.com>) 中运用thresholding工具 进行分割,根据组织性质不同选择联合morphology operation erode工具与smart expand工具或boanboast工具优化分割结果。

[0031] 3.概率图模型建立:

[0032] 为了在解剖学标签上保持一致性,本发明将血管的分支结构视为一个概率图 形模型,并从包含各种分支模式的数据库中学习该结构。在我们的方法中,CRF (conditional random fields,条件随机场) 用于概率图形模型,在结构学习中采 用了一种梯度下降算法来更新模型参数,并利用最大后验概率估计算法对BV分 支的结构进行了分类。

[0033] 从三维模型中提取出胃周动脉和静脉的树状结构,构建概率图模型:

[0034] $T = (V, E)$ 是血管 (Blood Vessel, BV) 分支的树形结构, V 和 E 是一组血 管分支和一组相互关联的分支。每一个分支 $s \in V$ 都有一个解剖学标签 y_s , 及相关 联分支的解剖学标签 y_r , 其中 $y_s \in L = \{l_1, l_2, \dots\}$ 。每一个分支都有若干特征, x_s 即为这些特征的集合, 其中 $x_s \in \mathbb{R}^M$, M 为特征 x_s 的维数, 可为 s 设置了若干 个特性, 从 s 的大小, 半径和长度, 与其他分支的关系, 以及 s 的位置(起始点 和终点的位置、运行方向等等)。

[0035] 4.CRF学习:

[0036] (1) 定义CRF的若干个特征函数的和 $\sum_i \omega_i \psi_i(x_s, y'_s)$ 和 $\sum_i v_i \phi_j(y_s, y'_r)$, 其中 $\psi_i(x_s, y'_s) = 1_{\{x_s=o\}} 1_{\{y_s=a\}}$, $\phi_j(y_s, y_r) = 1_{\{y_s=a\}} 1_{\{y_r=b\}}$, ω_i, v_i 分别为 $\psi_i(x_s, y'_s)$ 和 $\phi_j(y'_s, y'_r)$ 的权重。可通过简单的机器学习来获得主要的分支结构, 定义更加准确的特征函数集合,这一步需要大量的数据和合适学习效率以及一定 的临床知识。

[0037] (2) 定义概率 $p(y|x)$, 其中 $x = \{x_1, x_2, \dots, x_s, \dots\}$, $y = \{y_1, y_2, \dots, y_s, \dots\}$,

[0038]
$$p(y|x) = \frac{1}{Z(x)} \exp \left\{ \sum_{s \in V} \sum_i \omega_i \psi_i(x_s, y_s) + \sum_{s \in V} \sum_{r \in U_s} \sum_i v_i \phi_j(y_s, y_r) \right\}, Z(x)$$
 是一个 标准化的项,

$$Z(x) = \sum_{y'} \exp \left\{ \sum_{s \in V} \sum_i \omega_i \psi_i(x_s, y'_s) + \sum_{s \in V} \sum_{r \in U_s} \sum_i v_i \phi_j(y'_s, y'_r) \right\}.$$

[0039] (3) 我们需要的就是在整个分支 $T = (V, E)$ 条件下的一个标记组合 y , 因 此后验概率定义为 $p(y|T)$, (1) 中已述 x 为所有分支特征的集合,因此 $p(y|T) = p(y|x)$ 。

[0040] (4) 取 $L = \log p(y|T) = \sum_{s \in V} \sum_i \omega_i \psi_i(x_s, y_s) + \sum_{s \in V} \sum_{r \in U_s} \sum_i v_i \phi_j(y_s, y_r) - \log Z(x)$, 通过梯

度下降算法AdaGrad训练 $\psi_i(x_s, y'_s)$ 和 $\phi_j(y'_s, y'_r)$ 的权重 ω_i, v_i

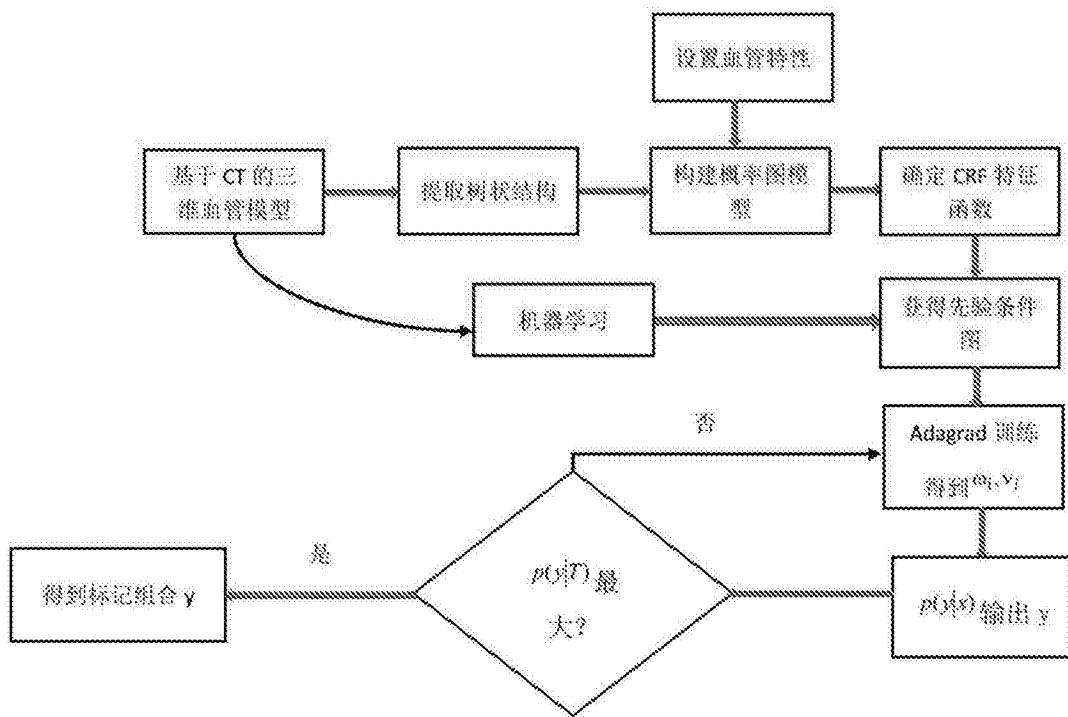
[0041] (5) 当 $\hat{y} = \arg \max_y p(y|T)$ 最大时,得到的 y 即为整个分支 T 的解剖学标签 组合, x 即

为整个血管分支 T 的特征(位置、方向、大小等) 组合,进而用于腹 腔镜胃癌手术导航的血管名称标记结果。

[0042] (6) 当把此技术运用于手术时,输入患者CT图像,根据机器学习的结果可 先粗略确定这幅图像包含的信息,包括血管类型、血管名称、形态走向等,再运 用CRF去选择最优的机器学习结果,最终选择使得 $\hat{y} = \arg \max_y p(y|T)$ 最大时的 结果即为算法最终结果,这 些结果包含血管分支名称、半径、走向等。

[0043] 5. 手术导航指引:

[0044] 将得到的标记结果结合在三维血管模型上,实现胃周动静脉名称的自动标识,用于胃癌腔镜手术导航系统,提高手术者对腹腔镜下胃癌血管解剖辨识度,精确指引血管的走行。



专利名称(译)	用于胃癌腔镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名称自动标识方法		
公开(公告)号	CN107789058A	公开(公告)日	2018-03-13
申请号	CN201710995572.1	申请日	2017-10-23
[标]申请(专利权)人(译)	南方医科大学南方医院		
申请(专利权)人(译)	南方医科大学南方医院		
当前申请(专利权)人(译)	南方医科大学南方医院		
[标]发明人	陈韬		
发明人	陈韬		
IPC分类号	A61B34/20 A61B34/10		
CPC分类号	A61B34/10 A61B34/20 A61B2034/105 A61B2034/107 A61B2034/2046		
代理人(译)	刘宇峰		
外部链接	Espacenet	Sipo	

摘要(译)

本发明涉及一种用于胃癌腔镜手术实时导航系统的基于条件随机场动静脉名称自动标识方法。所述方法包括以下步骤：数据采集：采集术前腹部增强期薄层CT图像；三维动静脉模型的构建；从三维模型中提取出胃周动脉和静脉的树状结构，构建概率图模型，运用CRF(conditional random fields)、递归算法、后验估计等算法，实现三维动脉和静脉的自动解剖名称标识。从而提高导航的效率，精确地指引血管走行，提高手术成功率，有利于腹腔镜胃癌手术的应用推广。

