

(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 105147401 A

(43) 申请公布日 2015.12.16

(21) 申请号 201510468738.5

(22) 申请日 2015.08.04

(71) 申请人 北京大学口腔医学院

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街
22号

(72) 发明人 刘怡 侯瑜琳 温馥嘉 王斯维
王勇 赵一姣

(51) Int. Cl.

A61C 7/00(2006, 01)

A61C 19/00(2006.01)

G06F 17/50(2006, 01)

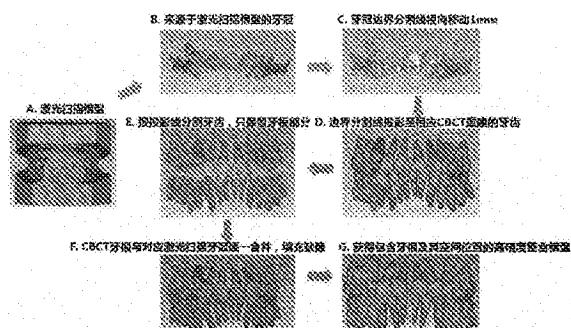
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于牙根信息的数字化排牙方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于口腔正畸领域的数字化排牙方法，其特征是通过数字化技术在排牙过程中显示牙根位置，确保排牙结果在生理限度内，使排牙结果更加准确和合理。其步骤包括：1、包含牙根信息的正畸虚拟牙颌模型的建立；2、定点，进行各牙齿的参数化；3、定义全局坐标系；4、排下颌牙：1) 定位下切牙，2) 构建托槽平面，3) 构建牙弓曲线并排牙，4) 构建牙根平面及根面曲线，5) 调整牙根位置；5、排上颌牙：1) 定位上切牙，2) 调整上颌托槽点，构建托槽平面，3) 构建上颌牙弓曲线并排牙，4) 调整牙根位置；6、基于碰撞检测的微调排牙结果。



1. 一种基于牙根信息的数字化排牙方法,其特征是通过数字化技术在排牙过程中显示牙根位置,其步骤包括:

- 1) 包含牙根信息的正畸虚拟牙颌模型的建立;
- 2) 定点,进行各牙齿的参数化;
- 3) 定义全局坐标系;
- 4) 排下颌牙;
 - a) 定位下切牙,
 - b) 构建托槽平面,
 - c) 构建牙弓曲线并排牙,
 - d) 构建牙根平面及根面曲线,
 - e) 调整牙根位置,
- 5) 排上颌牙;
 - a) 定位上切牙,
 - b) 调整上颌托槽点,构建托槽平面,
 - c) 构建上颌牙弓曲线并排牙,
 - d) 调整牙根位置,
- 6) 基于碰撞检测的微调排牙结果。

2. 如权利要求 1 所示的基于牙根信息的数字化排牙方法,其特征在于:在步骤 1) 中,激光扫描获得治疗前石膏模型牙冠表面三维数据,结合大视野锥形束 CT 数据,采用 Mimics 及 Geomagic 软件重建包含牙根的数字化模型。

3. 如权利要求 1 所示的基于牙根信息的数字化排牙方法,其特征在于:在步骤 2) 中,按照切牙、尖牙、前磨牙、磨牙的形态选取了 6-8 个特征点,通过特征点建立的坐标系,可以使牙齿形成确定的空间位姿。

4. 如权利要求 1 所示的基于牙根信息的数字化排牙方法,其特征在于:在步骤 3) 中,以双侧外耳道上缘点的中点与双侧眶下点形成的平面为准确定头位,使其与地面平行;以腭中缝任意两点作水平面的垂面作为正中矢状面,在该位置下重新确定坐标系。

5. 如权利要求 1 所示的基于牙根信息的数字化排牙方法,其特征在于:在步骤 4) 中,先排下颌牙列,以中切牙近中点、双侧尖牙牙尖点和双侧第二磨牙远中点的投影点为型值点,利用 B 样条曲线拟合牙弓曲线;采用托槽平面根向 15mm 的平面作为牙根平面,以下颌所有牙齿牙根点在该平面的投影点为型值点 $p(t)$,同样利用 B 样条曲线构建根面曲线。

6. 如权利要求 1 所示的基于牙根信息的数字化排牙方法,其特征在于:在步骤 5) 中,定位上切牙是,显示正中矢状面,根据覆牙合覆盖关系将下颌中切牙位置信息传递给上颌中切牙,利用下颌中切牙切缘近中点、上颌中切牙牙窝点和上颌中切牙切缘近中点在中位面上的投影,确定上颌中切牙的最终位置,其余同上颌,但是构建上颌牙弓曲线时需要考虑咬合问题,采用将下颌牙弓曲线沿其法向扩大 2mm,并投影至上颌托槽平面。

7. 如权利要求 1 所示的基于牙根信息的数字化排牙方法,其特征在于:在步骤 4) 中,对于检测中的干涉部分,以红线标出,通过能沿三个轴平移与绕三个轴旋转的虚拟旋转球功能,对牙齿进行微调。

一种基于牙根信息的数字化排牙方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于口腔正畸领域的数字化排牙方法，其特征是通过数字化技术在排牙过程中显示牙根位置的方法。

背景技术

[0002] 目前，无论是人工排牙，还是已商业化的计算机虚拟排牙，仅考虑牙冠的排列和咬合接触，而缺少对牙根信息、牙槽骨限度及牙根与颌面骨骼关系的参照，难以保证其生物学的合理性。临幊上牙根排列是否平行是评价治疗效果的重要标准。绝大多数正畸医师通过治疗中和治疗完成阶段的曲面体层 X 线片观察牙根位置，但是已有大量研究证实，曲面体层 X 线片并不能准确反映牙根的真实位置。

发明内容

[0003] 为了克服现有数字化排牙均为牙冠排牙无法准确排牙牙根的不足，本发明提供一种方法建立能显示牙根的数字化模型，不仅可以实时显示排牙过程中牙根的位置，而且可以通过骨边界的设定在排牙过程中将牙根排列于更合理的位置。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案如下：

[0005] 一种基于牙根信息的数字化排牙方法，其步骤包括：

[0006] 1、包含牙根信息的正畸虚拟牙颌模型的建立：激光扫描获得治疗前石膏模型牙冠表面三维数据，结合大视野锥形束 CT 数据，采用 Mimics 及 Geomagic 软件重建包含牙根的数字化模型。

[0007] 2、定点，进行各牙齿的参数化：按照牙位选取了 6-8 个点对每个牙齿进行约束。

[0008] 3、定义全局坐标系：

[0009] 4、排下颌牙：

[0010] 1) 定位下切牙

[0011] 2) 构建托槽平面

[0012] 3) 构建牙弓曲线并排牙

[0013] 4) 构建牙根平面及根面曲线

[0014] 5) 调整牙根位置

[0015] 5、排上颌牙

[0016] 1) 定位上切牙

[0017] 2) 调整上颌托槽点，构建托槽平面

[0018] 3) 构建上颌牙弓曲线并排牙

[0019] 4) 调整牙根位置

[0020] 6、基于碰撞检测的微调排牙结果

[0021] 本发明的有益效果是：1) 提升排牙效率。相对于手动排牙，虚拟排牙无需对石膏模型进行切分处理，相对于现有大部分软件分别对每个牙位进行操作，本研究尝试排牙过

程为基于特征约束驱动,无需对每颗牙齿进行单独操作,自动化程度高,排牙效率也会得到提高。2) 提升排牙准确性。目前隐形矫治、舌侧正畸等计算机排牙均是基于牙冠的排牙,这无疑增加了牙根不平行、牙根外露或者实际治疗中牙齿未按预期移动等的风险。因此,在计算机排牙越来越多应用于临床的今天,将牙根信息纳入诊断性排牙非常必要。本发明充分考虑牙根与牙槽骨的位置关系,确保排牙结果在生理限度内。

附图说明

[0022] 图 1 为包含牙根信息的正畸虚拟牙颌模型的建立。

[0023] 图中 A :激光扫描模型 ;B :沿牙冠边缘分割激光三维扫描模型,获得牙冠数据 ;C :将牙冠边缘分割线根向移动 1mm ;D :将牙冠边缘分割线投影至锥形束 CT 牙齿重建数据 ;E :按投影线分割牙齿重建数据,删除牙冠数据,保留锥形束 CT 牙根数据 ;F :将锥形束 CT 牙根数据与石膏模型激光三维扫描的牙冠数据逐一合并,填充缺隙 ;G :获得包含牙根的治疗前数字化模型。

[0024] 图 2 为特征点的选取。

[0025] 图中 A 和 B :切牙,依次为切缘近、远中点,切牙近中点,切牙唇侧点,切牙远中点,牙根点 ;C :尖牙,依次为尖牙牙尖点,尖牙近中点,尖牙唇侧点,尖牙远中点,牙根点 ;D :前磨牙,依次为前磨牙颊侧尖点、舌侧尖点,前磨牙近、远中点,颊侧点,牙根点 ;E :磨牙,依次为颊侧近远中尖点、舌侧尖点,磨牙近、远中点,颊侧点,牙根点。

[0026] 图 3 为定位下切牙。

[0027] 图 4 为牙弓曲线的绘制。

[0028] 图 5 为调整牙根位置。

[0029] 图 6 为定位上切牙。

[0030] 图 7 为上颌牙弓曲线的构建及排牙。

[0031] 图 8 为碰撞检测及排牙结果的微调。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图对本发明进行说明 :

[0033] 目前排牙顺序主要分为两大类 :参考 X 线头影测量定位下切牙位置的下颌排牙法和参考原始牙弓形态及牙合曲线定位上切牙的上颌排牙法。由于下切牙的目标位置比上牙容易确定,较上颌来讲下前牙更易超出骨边界,且有研究表明下颌排牙法更加合理且利于口颌系统的健康,本发明的排牙方法,即基于牙根信息的数字化排牙方法采用上颌排牙法。步骤如下 :

[0034] 1、包含牙根信息的正畸虚拟牙颌模型的建立 :获取患者治疗前模型和大视野锥形束 CT 扫描数据,模型经激光三维扫描数字化,锥形束 CT 数据利用 Mimics 软件分离出全部牙齿和颌骨,之后如图 1 所示,使用 Geomagic 软件以牙冠形态为重叠基准,将激光三维扫描数据与锥形束 CT 分离得到的牙齿进行配准。然后沿牙冠边缘分离激光三维扫描模型,仅保留牙冠数据,将边缘分割线根向移动 1mm 投影至锥形束 CT 牙齿重建数据,分割并去掉牙冠部分,将锥形束 CT 牙根与激光三维扫描模型牙冠填充达到良好的冠根衔接,得到包含牙根信息的正畸虚拟牙颌模型。

[0035] 2、定点,进行各牙齿的参数化:如图 2 所示,按照牙位选取了 6-8 个点对每个牙齿进行约束。切牙特征点定义为:切缘近远中点,切牙近远中点,切牙唇侧点,牙根点。切缘近远中点及切牙唇侧点定义切牙坐标系,切牙近远中点,切牙唇侧点和牙根点为排牙约束点。尖牙特征点定义为:尖牙近远中点,尖牙牙尖点,尖牙唇侧点,牙根点。尖牙近远中点及尖牙牙尖点定义尖牙坐标系,尖牙所有点皆作为排牙约束点。

[0036] 前磨牙特征点定义为:前磨牙近远中点,颊侧尖点,舌侧尖点,颊侧点,牙根点。前磨牙近远中点,颊侧尖点和舌侧尖点定义前磨牙坐标系,前磨牙近远中点,颊侧点和牙根点为排牙约束点。磨牙特征点定义为:磨牙近远中点,颊侧近远中尖点,舌侧尖点,颊侧点,牙根点。颊侧近远中尖点和舌侧尖点定义磨牙坐标系,磨牙近远中点,颊侧点和牙根点为排牙约束点。其中,唇 / 颊侧点即为托槽点,是指临床冠的中点。

[0037] 3、定义全局坐标系:以双侧外耳道上缘点的中点与双侧眶下点形成的平面为准确定头位,使其与地面平行;以腭中缝任意两点作水平面的垂面作为正中矢状面。在该位置下重新确定坐标系。

[0038] 4、排下颌牙:

[0039] 1) 定位下切牙:如图 3 所示,根据头影测量及诊断设计确定下切牙位置,开发能沿三个轴平移与绕三个轴旋转的虚拟旋转球功能,结合上颌骨与下颌骨模型,在六个自由度上交互式调整下颌中切牙位置。

[0040] 2) 构建托槽平面:利用两颗下颌中切牙托槽点的中点,下颌左右第一磨牙的托槽点三点建立托槽平面。以托槽平面为参考,定义其法向 N_p 。调整下颌牙齿位置与姿态,令其以最短距离使所有牙齿的托槽点落在托槽平面上,并使牙长轴与 N_p 重合。

[0041] 3) 构建牙弓曲线并排牙:如图 4 所示,以中切牙近中点、双侧尖牙牙尖点和双侧第二磨牙远中点的投影点为型值点,利用 B 样条曲线拟合牙弓曲线:

[0042]

$$p(t) = \sum_{i=0}^n Q_i N_{i,k}(t), t \in [0,1] \quad (1)$$

[0043] 其中 $p(t)$ 型值点, Q_i 为控制点, t 为节点值, n 为控制点个数减 1, $N_{i,k}(t)$ 称为 k 次 B 样条基函数,其表达式如下:

[0044]

$$N_{i,k}(t) = \begin{cases} 1, & t_i \leq t \leq t_{i+1} \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

[0045]

$$N_{i,k}(t) = \frac{(t - t_i)N_{i,k-1}(t)}{t_{i+k-1} - t_i} + \frac{(t_{i+k} - t)N_{i+1,k-1}(t)}{t_{i+k} - t_{i+1}} \quad (3)$$

[0046] 通过五个型值点反求曲线控制点,最终绘制 B 样条曲线。然后根据牙宽迭代计算出牙齿在牙弓曲线上对应弦的位置进行排牙。

[0047] 4) 构建牙根平面及根面曲线:以上排牙过程仅仅利用了牙冠信息,并不能保证齿根位于齿槽骨内。因此,需构建牙根调节参考。本研究采用托槽平面根向 15mm 的平面作为牙根平面,以下颌所有牙齿牙根点在该平面的投影点为型值点 $p(t)$,同样利用 B 样条曲线构建根面曲线。

[0048] 5) 调整牙根位置:如图 5 所示,为了能保证牙根位于齿槽骨内,同时维持以上约束条件不受干扰。以 T_{mesial} , T_{distal} 连线为轴线,通过移动点 $p(t)$,牙齿可绕轴线转动

以保证牙根位于齿槽骨内，并实时编辑根面曲线。编辑完成后，下颌牙齿即排列完成。

[0049] 5、排上颌牙

[0050] 1) 定位上切牙：如图 6 所示，显示正中矢状面，根据覆牙合覆盖关系将下颌中切牙位置信息传递给上颌中切牙，利用下颌中切牙切缘近中点、上颌中切牙牙窝点和上颌中切牙切缘近中点在中位面上的投影，确定上颌中切牙的最终位置。

[0051] 2) 调整上颌托槽点，构建托槽平面：与下颌排牙一样，构建上颌托槽平面，并相应调整上颌牙齿位置与姿态，使牙齿的托槽点落在上颌平面上，并使牙长轴与其法向重合。

[0052] 3) 构建上颌牙弓曲线并排牙：如图 7 所示，构建上颌牙弓曲线时需要考虑咬合问题。采用将下颌牙弓曲线沿其法向扩大 2mm，并投影至上颌托槽平面。

[0053] 4) 调整牙根位置：与下颌排牙一样，构建牙根平面，并利用 B 样条曲线拟合根面曲线。在平面内通过移动控制点，实时编辑牙齿姿态与根面曲线，上颌牙齿排列完成。

[0054] 6、基于碰撞检测的微调排牙结果：为了维持牙齿间正确的接触并且避免干涉，在牙齿移动步骤中碰撞检测是必须的。对于检测中的干涉部分，以红线标出。如图 8 所示，通过能沿三个轴平移与绕三个轴旋转的虚拟旋转球功能，对牙齿进行微调。

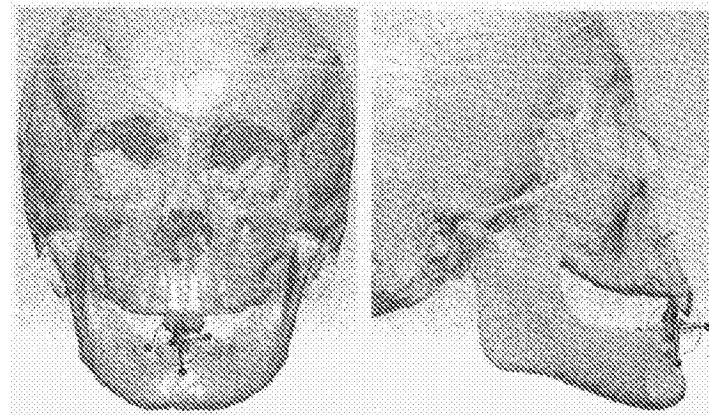


图 3

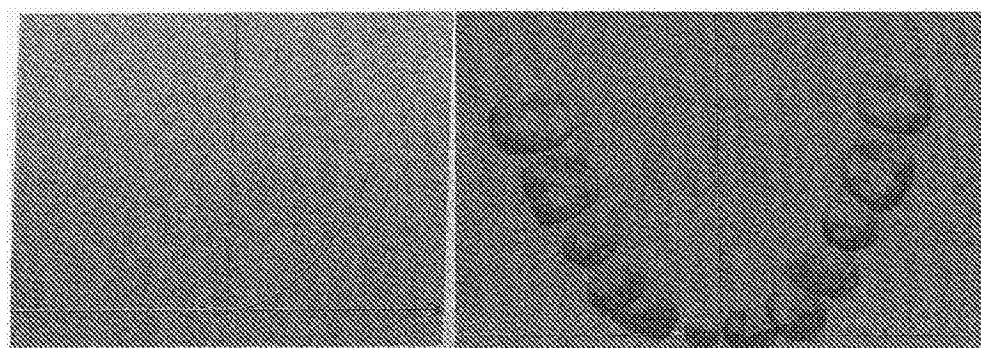


图 4

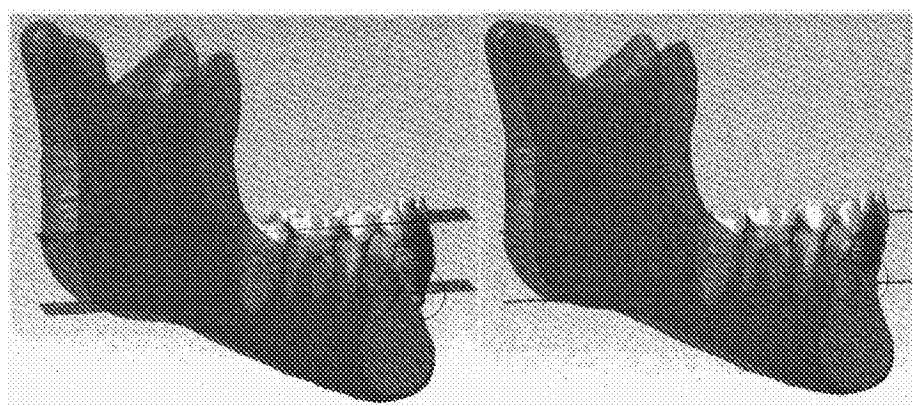


图 5

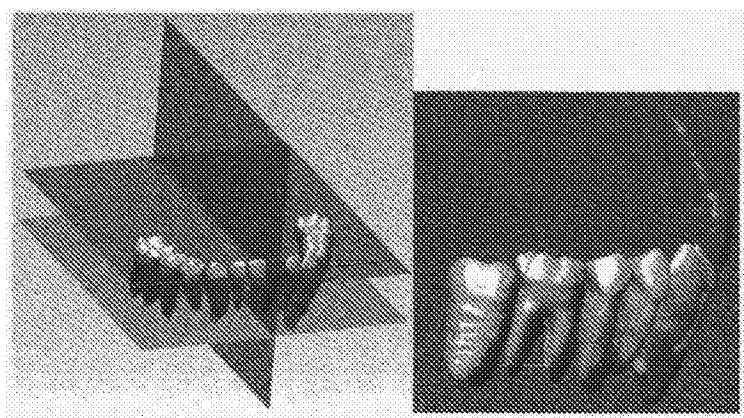


图 6

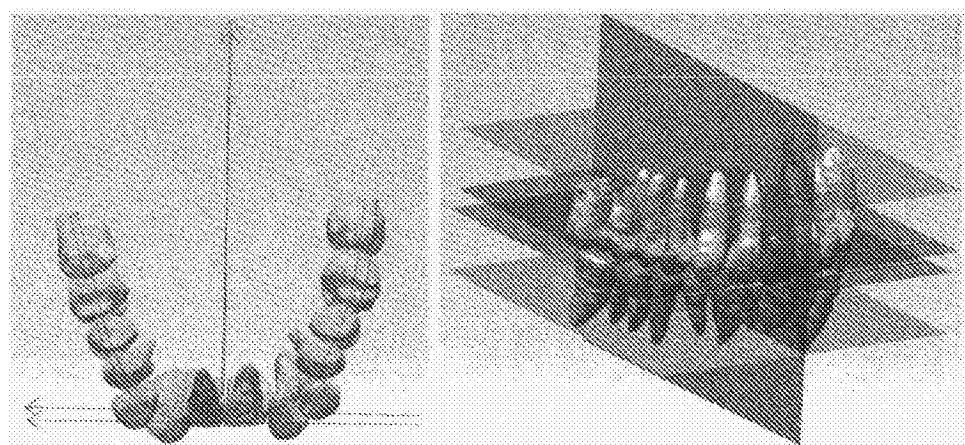


图 7

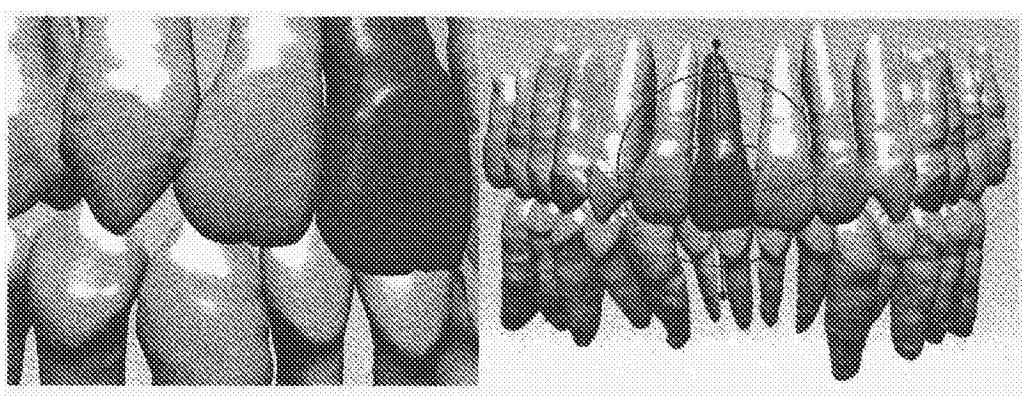


图 8

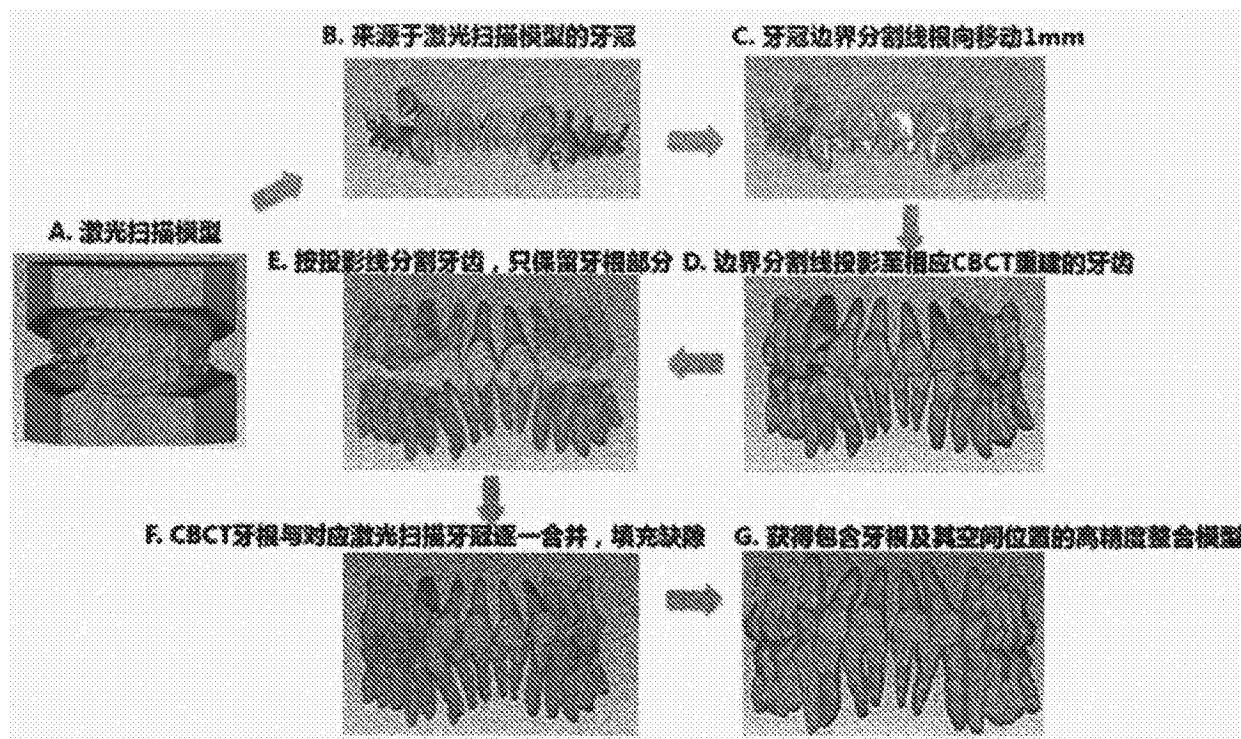


图 1

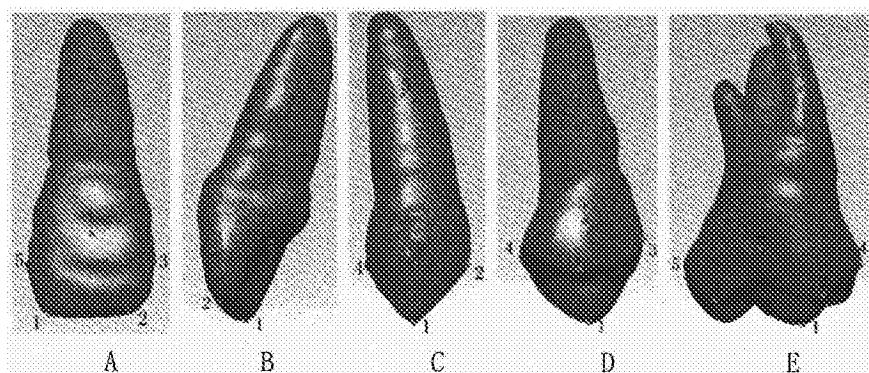


图 2