



(12) 发明专利

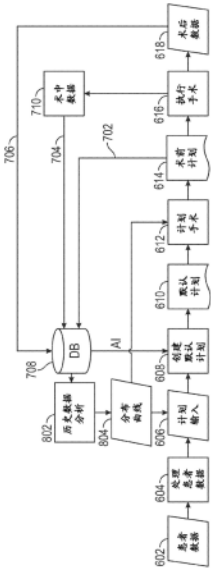
(10) 授权公告号 CN 114072088 B

(45) 授权公告日 2025. 03. 28

(21) 申请号 202080049948.X	(72) 发明人 K·普莱瑟斯 F·琼克格乌 M·赞德贝根 N·达门 J·施洛特
(22) 申请日 2020.05.08	
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 114072088 A	(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256 专利代理师 鄧迅
(43) 申请公布日 2022.02.18	
(30) 优先权数据 62/845,676 2019.05.09 US	(51) Int.Cl. A61B 34/10 (2006.01) G16H 50/20 (2006.01) G16H 50/70 (2006.01) G16H 50/50 (2006.01)
(85) PCT国际申请进入国家阶段日 2022.01.07	
(86) PCT国际申请的申请数据 PCT/US2020/032165 2020.05.08	(56) 对比文件 CN 105228548 A, 2016.01.06 US 2008235052 A1, 2008.09.25
(87) PCT国际申请的公布数据 W02020/227661 EN 2020.11.12	
(73) 专利权人 物化股份有限公司 地址 比利时鲁汶	审查员 张慧 权利要求书8页 说明书31页 附图29页

(54) 发明名称
具有自动化缺损定量的手术计划系统

(57) 摘要
本公开的某些方面提供了用于准备医学治疗计划的技术,包括:获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;基于医学图像数据来创建三维解剖模型;将统计形状模型拟合到三维解剖模型;基于经拟合的统计形状模型来确定一个或多个定量测量;以及基于一个或多个定量测量来对与患者的解剖结构相关联的缺损进行分类。



1. 一种用于对解剖缺损进行分类的方法,包括:
从电子设备获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;
基于所述医学图像数据来创建三维解剖模型;
将统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;
基于经拟合的所述统计形状模型来确定一个或多个定量测量;以及
基于所述一个或多个定量测量来对与所述患者的所述解剖结构相关联的缺损进行分类,
其中所述统计形状模型和所述三维解剖模型被叠加,并且所述统计形状模型和所述三维解剖模型中的至少一者以半透明的方式示出给用户,
其中将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:
将所述统计形状模型细分为多个拓扑区域;以及
从所述多个拓扑区域确定拓扑区域子集,以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型,
其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:
从所述多个拓扑区域选择第一拓扑区域;
仅基于所述第一拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;
基于所述统计形状模型的第一拟合来计算第一拟合误差,所述第一拟合基于所述第一拓扑区域,
确定所述第一拟合误差低于阈值;
从所述多个拓扑区域选择第二拓扑区域;
基于所述第二拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;以及
基于所述统计形状模型的第二拟合来计算第二拟合误差,所述第二拟合基于所述第二拓扑区域。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:在所述多个拓扑区域中的相应拓扑区域被包括在所述拓扑区域子集中时,如果拟合误差超过阈值,则排除所述相应拓扑区域。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一拟合误差被计算为所述统计形状模型上的多个点与所述三维解剖模型上的多个对应点之间的均方根误差(RMSE)。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述阈值为1.7mm。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述阈值在0.5mm到3mm的范围内。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:从所述拓扑区域子集中排除所述多个拓扑区域中已知的损坏的或变形的拓扑区域。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中基于所述一个或多个定量测量对所述缺损进行分类还包括:
组合两个或更多个分类系统,以便生成三维分类,
其中所述两个或更多个分类系统中的每个分类系统都基于所述患者的所述解剖结构

的不同视角。

8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:基于与所述患者的所述解剖结构相关联的经分类的所述缺损,创建默认治疗计划。

9. 根据权利要求8所述的方法,还包括:

获取与具有经分类的所述缺损的多个患者相关联的患者数据;

基于与所述患者相关联的特性来选择患者群体数据;以及

基于所述患者群体数据,显示比较多个治疗选项的治疗选项分析。

10. 根据权利要求9所述的方法,还包括:基于与所述患者相关联的所述特性,在所述治疗选项分析上显示患者参考。

11. 根据权利要求10所述的方法,还包括:基于所述治疗选项分析来修改所述默认治疗计划。

12. 根据权利要求9所述的方法,其中所述多个治疗选项涉及肩部缺损的治疗。

13. 根据权利要求9所述的方法,其中所述多个治疗选项涉及关节缺损的治疗。

14. 根据权利要求9所述的方法,其中所述多个治疗选项涉及所述解剖结构的病变部位的治疗。

15. 根据权利要求9所述的方法,其中所述多个治疗选项涉及所述解剖结构的缺损部位的治疗。

16. 一种用于确定解剖缺损的治疗的方法,包括:

获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;

基于所述医学图像数据来创建三维解剖模型;

将统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;

基于所述三维解剖模型和所述统计形状模型来标识缺损;

基于所标识的所述缺损来确定默认治疗;

接收与具有所标识的所述缺损的多个其他患者相关联的患者群体数据,其中所述患者群体数据包括与所标识的所述缺损的不同治疗相关联的多个患者群体数据子集;

生成可视化,包括:

基于至少一个患者特性对每个患者群体数据子集的表示;以及

基于所述至少一个患者特性对所述患者的表示;以及

选择针对所述患者的最终治疗,

其中所述统计形状模型和所述三维解剖模型被叠加,并且所述统计形状模型和所述三维解剖模型中的至少一者以半透明的方式示出给用户,

其中将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:

将所述统计形状模型细分为多个拓扑区域;以及

从所述多个拓扑区域确定拓扑区域子集,以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型,

其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:

从所述多个拓扑区域选择第一拓扑区域;

仅基于所述第一拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;

基于所述统计形状模型的第一拟合来计算第一拟合误差,所述第一拟合基于所述第一拓扑区域,

确定所述第一拟合误差低于阈值;

从所述多个拓扑区域选择第二拓扑区域;

基于所述第二拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;以及

基于所述统计形状模型的第二拟合来计算第二拟合误差,所述第二拟合基于所述第二拓扑区域。

17.根据权利要求16所述的方法,其中所述最终治疗包括经修改的默认治疗。

18.根据权利要求16所述的方法,其中所述最终治疗包括所述默认治疗。

19.根据权利要求16所述的方法,还包括:基于与所述患者相关联的治疗结果和所选择的所述治疗,生成新的患者群体数据条目。

20.根据权利要求16所述的方法,其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:在所述多个拓扑区域中的相应拓扑区域被包括在所述拓扑区域子集中时,如果拟合误差超过阈值,则排除所述相应拓扑区域。

21.根据权利要求16所述的方法,其中所述第一拟合误差被计算为所述统计形状模型上的多个点与所述三维解剖模型上的多个对应点之间的均方根误差(RMSE)。

22.根据权利要求16所述的方法,其中所述阈值为1.7mm。

23.根据权利要求16所述的方法,其中所述阈值在0.5mm到3mm的范围内。

24.根据权利要求16所述的方法,其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:从所述拓扑区域子集中排除所述多个拓扑区域中已知的损坏的或变形的拓扑区域。

25.根据权利要求16所述的方法,其中所述最终治疗涉及肩部缺损的治疗。

26.根据权利要求16所述的方法,其中所述最终治疗涉及关节缺损的治疗。

27.根据权利要求16所述的方法,其中所述最终治疗涉及所述解剖结构的病变部位的治疗。

28.根据权利要求16所述的方法,其中所述最终治疗涉及所述解剖结构的缺损部位的治疗。

29.一种电子系统,包括:

至少一个存储器;以及

至少一个处理器,所述至少一个处理器被配置为:

获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;

基于所述医学图像数据来创建三维解剖模型;

将统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;

基于经拟合的所述统计形状模型来确定一个或多个定量测量;以及

基于所述一个或多个定量测量来对与所述患者的所述解剖结构相关联的缺损进行分类,

其中所述统计形状模型和所述三维解剖模型被叠加,并且所述统计形状模型和所述三维解剖模型中的至少一者以半透明的方式示出给用户,

其中将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：

将所述统计形状模型细分为多个拓扑区域；以及

从所述多个拓扑区域确定拓扑区域子集，以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型，

其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：

从所述多个拓扑区域选择第一拓扑区域；

仅基于所述第一拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型；

基于所述统计形状模型的第一拟合来计算第一拟合误差，所述第一拟合基于所述第一拓扑区域，

确定所述第一拟合误差低于阈值；

从所述多个拓扑区域选择第二拓扑区域；

基于所述第二拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型；以及

基于所述统计形状模型的第二拟合来计算第二拟合误差，所述第二拟合基于所述第二拓扑区域。

30. 一种包括指令的非瞬态计算机可读介质，所述指令在由系统执行时使所述系统：

获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据；

基于所述医学图像数据来创建三维解剖模型；

将统计形状模型拟合到所述三维解剖模型；

基于经拟合的所述统计形状模型来确定一个或多个定量测量；以及

基于所述一个或多个定量测量来对与所述患者的所述解剖结构相关联的缺损进行分类，

其中所述统计形状模型和所述三维解剖模型被叠加，并且所述统计形状模型和所述三维解剖模型中的至少一者以半透明的方式示出给用户，

其中将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：

将所述统计形状模型细分为多个拓扑区域；以及

从所述多个拓扑区域确定拓扑区域子集，以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型，

其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：

从所述多个拓扑区域选择第一拓扑区域；

仅基于所述第一拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型；

基于所述统计形状模型的第一拟合来计算第一拟合误差，所述第一拟合基于所述第一拓扑区域，

确定所述第一拟合误差低于阈值；

从所述多个拓扑区域选择第二拓扑区域；

基于所述第二拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型；以及

基于所述统计形状模型的第二拟合来计算第二拟合误差，所述第二拟合基于所述第二拓扑区域。

31.一种用于对解剖缺损进行分类的方法,包括:
从电子设备获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;
基于所述医学图像数据来创建三维解剖模型;
将统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;
基于经拟合的所述统计形状模型来确定一个或多个定量测量;以及
基于所述一个或多个定量测量来对与所述患者的所述解剖结构相关联的缺损进行分类,

其中所述统计形状模型和所述三维解剖模型被叠加,并且所述统计形状模型和所述三维解剖模型中的至少一者以半透明的方式示出给用户,

其中将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:

将所述统计形状模型细分为多个拓扑区域;以及

从所述多个拓扑区域确定拓扑区域子集,以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型,

其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:在所述多个拓扑区域中的相应拓扑区域被包括在所述拓扑区域子集中时,如果拟合误差超过阈值,则排除所述相应拓扑区域。

32.根据权利要求31所述的方法,其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:

从所述多个拓扑区域选择第一拓扑区域;

仅基于所述第一拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;以及

基于所述统计形状模型的第一拟合来计算第一拟合误差,所述第一拟合基于所述第一拓扑区域。

33.根据权利要求32所述的方法,其中所述第一拟合误差被计算为所述统计形状模型上的多个点与所述三维解剖模型上的多个对应点之间的均方根误差(RMSE)。

34.根据权利要求32所述的方法,其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:

确定所述第一拟合误差低于阈值;

从所述多个拓扑区域选择第二拓扑区域;

基于所述第二拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;以及

基于所述统计形状模型的第二拟合来计算第二拟合误差,所述第二拟合基于所述第二拓扑区域。

35.根据权利要求32所述的方法,其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:

确定所述第一拟合误差高于阈值;以及

基于所述第一拟合误差高于所述阈值,从所述拓扑区域子集中排除所述多个拓扑区域中的第二拓扑区域。

36.根据权利要求35所述的方法,还包括:基于排除所述第二拓扑区域,从所述拓扑区域子集中排除所述多个拓扑区域中的第三拓扑区域。

37.根据权利要求34所述的方法,其中所述阈值为1.7mm。

38. 根据权利要求34所述的方法, 其中所述阈值在0.5mm到3mm的范围内。

39. 根据权利要求31所述的方法, 其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括: 从所述拓扑区域子集中排除所述多个拓扑区域中已知的损坏的或变形的拓扑区域。

40. 根据权利要求31所述的方法, 其中基于所述一个或多个定量测量对所述缺损进行分类还包括:

组合两个或更多个分类系统, 以便生成三维分类,

其中所述两个或更多个分类系统中的每个分类系统都基于所述患者的所述解剖结构的不同视角。

41. 根据权利要求31所述的方法, 还包括: 基于与所述患者的所述解剖结构相关联的经分类的所述缺损, 创建默认治疗计划。

42. 根据权利要求41所述的方法, 还包括:

获取与具有经分类的所述缺损的多个患者相关联的患者数据;

基于与所述患者相关联的特性来选择患者群体数据; 以及

基于所述患者群体数据, 显示比较多个治疗选项的治疗选项分析。

43. 根据权利要求42所述的方法, 还包括: 基于与所述患者相关联的所述特性, 在所述治疗选项分析上显示患者参考。

44. 根据权利要求43所述的方法, 还包括: 基于所述治疗选项分析来修改所述默认治疗计划。

45. 根据权利要求42所述的方法, 其中所述多个治疗选项涉及肩部缺损的治疗。

46. 根据权利要求42所述的方法, 其中所述多个治疗选项涉及关节缺损的治疗。

47. 根据权利要求42所述的方法, 其中所述多个治疗选项涉及所述解剖结构的病变部位的治疗。

48. 根据权利要求42所述的方法, 其中所述多个治疗选项涉及所述解剖结构的缺损部位的治疗。

49. 一种用于确定解剖缺损的治疗的方法, 包括:

获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;

基于所述医学图像数据来创建三维解剖模型;

将统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;

基于所述三维解剖模型和所述统计形状模型来标识缺损;

基于所标识的所述缺损来确定默认治疗;

接收与具有所标识的所述缺损的多个其他患者相关联的患者群体数据, 其中所述患者群体数据包括与所标识的所述缺损的不同治疗相关联的多个患者群体数据子集;

生成可视化, 包括:

基于至少一个患者特性对每个患者群体数据子集的表示; 以及

基于所述至少一个患者特性对所述患者的表示; 以及

选择针对所述患者的最终治疗,

其中所述统计形状模型和所述三维解剖模型被叠加, 并且所述统计形状模型和所述三维解剖模型中的至少一者以半透明的方式示出给用户,

其中将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：

将所述统计形状模型细分为多个拓扑区域；以及

从所述多个拓扑区域确定拓扑区域子集，以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型，

其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：在所述多个拓扑区域中的相应拓扑区域被包括在所述拓扑区域子集中时，如果拟合误差超过阈值，则排除所述相应拓扑区域。

50. 根据权利要求49所述的方法，其中所述最终治疗包括经修改的默认治疗。

51. 根据权利要求49所述的方法，其中所述最终治疗包括所述默认治疗。

52. 根据权利要求49所述的方法，还包括：基于与所述患者相关联的治疗结果和所选择的所述治疗，生成新的患者群体数据条目。

53. 根据权利要求49所述的方法，其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：

从所述多个拓扑区域选择第一拓扑区域；

仅基于所述第一拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型；以及

基于所述统计形状模型的第一拟合来计算第一拟合误差，所述第一拟合基于所述第一拓扑区域。

54. 根据权利要求53所述的方法，其中所述第一拟合误差被计算为所述统计形状模型上的多个点与所述三维解剖模型上的多个对应点之间的均方根误差 (RMSE)。

55. 根据权利要求53所述的方法，其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：

确定所述第一拟合误差低于阈值；

从所述多个拓扑区域选择第二拓扑区域；

基于所述第二拓扑区域来将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型；以及

基于所述统计形状模型的第二拟合来计算第二拟合误差，所述第二拟合基于所述第二拓扑区域。

56. 根据权利要求53所述的方法，其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：

确定所述第一拟合误差高于阈值；以及

基于所述第一拟合误差高于所述阈值，从所述拓扑区域子集中排除所述多个拓扑区域中的第二拓扑区域。

57. 根据权利要求56所述的方法，还包括：基于排除所述第二拓扑区域，从所述拓扑区域子集中排除所述多个拓扑区域中的第三拓扑区域。

58. 根据权利要求55所述的方法，其中所述阈值为1.7mm。

59. 根据权利要求55所述的方法，其中所述阈值在0.5mm到3mm的范围内。

60. 根据权利要求49所述的方法，其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括：从所述拓扑区域子集中排除所述多个拓扑区域中已知的损坏的或变形的拓扑区域。

61. 根据权利要求49所述的方法，其中所述最终治疗涉及肩部缺损的治疗。

62. 根据权利要求49所述的方法, 其中所述最终治疗涉及关节缺损的治疗。

63. 根据权利要求49所述的方法, 其中所述最终治疗涉及所述解剖结构的病变部位的治疗。

64. 根据权利要求49所述的方法, 其中所述最终治疗涉及所述解剖结构的缺损部位的治疗。

65. 一种电子系统, 包括:

至少一个存储器; 以及

至少一个处理器, 所述至少一个处理器被配置为:

获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;

基于所述医学图像数据来创建三维解剖模型;

将统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;

基于经拟合的所述统计形状模型来确定一个或多个定量测量; 以及

基于所述一个或多个定量测量来对与所述患者的所述解剖结构相关联的缺损进行分类,

其中所述统计形状模型和所述三维解剖模型被叠加, 并且所述统计形状模型和所述三维解剖模型中的至少一者以半透明的方式示出给用户,

其中将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:

将所述统计形状模型细分为多个拓扑区域; 以及

从所述多个拓扑区域确定拓扑区域子集, 以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型,

其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括: 在所述多个拓扑区域中的相应拓扑区域被包括在所述拓扑区域子集中时, 如果拟合误差超过阈值, 则排除所述相应拓扑区域。

66. 一种包括指令的非瞬态计算机可读介质, 所述指令在由系统执行时使所述系统:

获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;

基于所述医学图像数据来创建三维解剖模型;

将统计形状模型拟合到所述三维解剖模型;

基于经拟合的所述统计形状模型来确定一个或多个定量测量; 以及

基于所述一个或多个定量测量来对与所述患者的所述解剖结构相关联的缺损进行分类,

其中所述统计形状模型和所述三维解剖模型被叠加, 并且所述统计形状模型和所述三维解剖模型中的至少一者以半透明的方式示出给用户,

其中将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括:

将所述统计形状模型细分为多个拓扑区域; 以及

从所述多个拓扑区域确定拓扑区域子集, 以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型,

其中从所述多个拓扑区域确定所述拓扑区域子集以用于将所述统计形状模型拟合到所述三维解剖模型还包括: 在所述多个拓扑区域中的相应拓扑区域被包括在所述拓扑区域子集中时, 如果拟合误差超过阈值, 则排除所述相应拓扑区域。

具有自动化缺损定量的手术计划系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年5月9日提交的美国临时专利申请号62/845,676的权益和优先权,该申请的全部内容通过引用并入本文。

[0003] 介绍

[0004] 本公开的各个方面涉及手术计划系统,包括具有自动化缺损定量和基于群体的决策支持能力的手术计划系统。

[0005] 常规的手术计划工具处理术前计划程序。它们解决了与具体手术相关联的常规问题,诸如各种组件的大小和设计,包括手术仪器和植入物、植入物和固定设备的地点和定向。它们通常将患者的医学图像作为输入,因此允许用户(医学专业人员或非医学专业人员,诸如技术人员或工程师)仅基于这些图像中可用的信息来做出决策。

发明内容

[0006] 某些方面提供了一种用于准备医学治疗计划的方法,包括:获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;基于医学图像数据来创建三维解剖模型;将统计形状模型拟合到三维解剖模型;基于经拟合的统计形状模型来确定一个或多个定量测量;以及基于一个或多个定量测量来对与患者的解剖结构相关联的缺损进行分类。

[0007] 其他一些方面提供了一种用于确定解剖缺损的治疗的方法,包括:获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据;基于医学图像数据来创建三维解剖模型;将统计形状模型拟合到三维解剖模型;基于三维解剖模型和统计形状模型来标识缺损;基于所标识的缺损来确定默认治疗;接收与具有所标识的缺损的多个其他患者相关联的患者群体数据,其中患者群体数据包括与所标识的缺损的不同治疗相关联的多个患者群体数据子集;生成可视化,包括:基于至少一个患者特性对每个患者群体数据子集的表示;以及基于至少一个患者特性对患者的表示;以及选择针对患者的最终治疗。

[0008] 其他一些方面提供了:处理系统,被配置为执行前述方法以及本文描述的那些方法;非瞬态计算机可读介质,包括指令,指令在由处理系统的一个或多个处理器执行时,使处理系统执行前述方法以及本文描述的那些方法;在计算机可读存储介质上实施的计算机程序产品,包括用于执行前述方法以及本文进一步描述的那些方法的代码;以及处理系统,包括用于执行前述方法以及本文进一步描述的那些方法的部件。

[0009] 以下描述和相关附图详细陈述了一个或多个实施例的某些说明性特征。

附图说明

[0010] 所附附图描绘了一个或多个实施例的某些方面,因此不被认为是对本公开的范围的限制。

[0011] 图1描绘了拟合到患者解剖结构的3D图像的统计形状模型的一个示例。

[0012] 图2描绘了被划分为六个区域的统计形状模型的一个示例。

[0013] 图3描绘了解剖测量技术的一个示例。

- [0014] 图4描绘了解剖测量技术的一个示例。
- [0015] 图5描绘了用于测量与骨丢失相关联的参数的一個示例。
- [0016] 图6描绘了手术计划工作流程的一个示例。
- [0017] 图7描绘了手术计划工作流程的另一示例。
- [0018] 图8描绘了手术计划工作流程的另一示例。
- [0019] 图9描绘了对患者群体的基于历史数据的分析用于评估治疗选项的一个示例。
- [0020] 图10描绘了对患者群体的基于历史数据的分析用于评估治疗选项的一个示例。
- [0021] 图11描绘了对患者群体的基于历史数据的分析用于评估参数值的一个示例。
- [0022] 图12描绘了对患者群体的基于历史数据的分析用于评估设备大小的一个示例。
- [0023] 图13描绘了对患者群体的基于历史数据的分析用于评估参数值的一个示例。
- [0024] 图14描绘了缺损定量的一个示例。
- [0025] 图15描绘了对患者群体的基于历史数据的分析用于评估治疗选项的一个示例。
- [0026] 图16描绘了对患者群体的基于历史数据的分析用于评估植入物选项的一个示例。
- [0027] 图17描绘了对患者群体的基于历史数据的分析用于评估植入物选项的一个示例。
- [0028] 图18描绘了交互式手术计划系统的一个示例。
- [0029] 图19描绘了使用患者成像数据和SSM的缺损定量的表示的一个示例。
- [0030] 图20描绘了三维患者解剖模型中的治疗选项的一个示例表示。
- [0031] 图21A至图21D描绘了三维患者解剖模型中的治疗选项的一个示例表示。
- [0032] 图22描绘了三维患者解剖模型中的治疗选项的另一示例表示。
- [0033] 图23描绘了三维患者解剖模型中的治疗选项的另一示例表示。
- [0034] 图24描绘了三维患者解剖模型中的治疗选项的另一示例表示。
- [0035] 图25描绘了三维患者解剖模型中的治疗选项的另一示例表示。
- [0036] 图26描绘了三维患者解剖模型中的治疗选项的另一示例表示。
- [0037] 图27描绘了用于利用统计形状模型对缺损进行分类的一个示例方法。
- [0038] 图28描绘了一个示例决策支持方法。
- [0039] 图29描绘了用于确定针对解剖缺损的治疗的一个示例方法。
- [0040] 图30描绘了可以被配置为执行本文描述的各种方法的示例处理系统。
- [0041] 为了便于理解,在可能的情况下,相同的附图标记被用于指定附图共有的相同元素。要设想的是,一个实施例的元素和特征可以被有益地并入到其他实施例中,而无需进一步叙述。

具体实施方式

- [0042] 本公开的各个方面提供了用于手术计划系统的装置、方法、处理系统和计算机可读介质,包括具有自动化缺损定量和基于群体的决策支持能力的手术计划系统。
- [0043] 本文描述的手术计划系统解决了常规手术计划工具的多个问题。
- [0044] 例如,常规的计划工具不提供关于健康解剖结构的信息,因此不允许用户正确评估损伤的大小和地点。相比之下,本文描述的手术计划工具提供了自动化缺损分类系统,该系统表征健康解剖结构以及损伤解剖结构。因此,本文描述的手术计划系统克服了仅基于损伤的解剖结构(诸如骨骼和软骨等)来设计术前计划的问题。相关地,本文描述的手术计

划系统基于缺损分类提供损伤骨解剖结构的更好、更详细和自动化的视觉表示。

[0045] 作为另一示例,在为具体手术提供计划支持的同时,常规计划工具几乎不支持在这种具体手术之间进行挑选。本文描述的手术计划系统具有不同的起点,允许用户也做出更重要的高级手术决策。因此,本文描述的手术计划系统对于诸如外科医生等用户来说更加透明。具体地,本文描述的手术计划系统提供统计数据,允许外科医生评估患者在患者群体内的位置,使得外科医生能够在创建术前计划的同时做出明智的决策。系统的透明度允许用户通过向用户提供完整的患者档案来追溯每个决策。手术计划系统还旨在减少创建术前手术计划所需的手动交互次数。

[0046] 本发明中公开的系统和方法由互连部分组成。

[0047] 缺损定量和分类

[0048] 缺损定量系统的实施例可以使用医学图像作为起点来实施用于计算患者身体中的缺损或畸形(诸如骨骼、器官、肌肉骨骼区域或任何其他解剖部位)的特性的方法。在一些实施例中,本文描述的缺损定量系统和方法可以是子系统、模块或手术计划系统的整体部分。

[0049] 例如,如果需要,骨缺损的形状和大小保持对外科医生、植入物或手术仪器制造商、植入物定位软件提供方、教育机构和患者有用的信息。许多分类系统被用于描述骨缺损的形状和大小,诸如Paprosky髋关节分类系统、Dorr、Insall和Rand膝关节分类系统、Wallace、Walsch和Antuna肩关节分类系统等。

[0050] 常规方法使用标准射线照相术或二维(2D)计算机断层扫描(CT)扫描的定性测量。它们依赖于用户在视觉上标识解剖标志,并且猜测缺损的开始位置以及常规(即,健康)解剖结构的外观。例如,在骨缺损或软骨缺损的情况下,诸如关节盂、髌臼、胫骨平台、椎骨、颅颌面区域或任何其他骨解剖结构或软骨表面的侵蚀,现有技术将使用户依赖于解剖标志或观察不寻常的骨骼几何形状,以评估解剖结构的哪些部位已被侵蚀。然而,在没有未损伤解剖结构的形状作为参考的情况下,这通常无法超出单纯的评估。同样地,在估计软组织或器官(诸如心脏、肺、肾脏、大脑等)时,发育不足或发育过度的部位、叶、区域、腔室、血管能够通过视觉评估或经验法则来标识,但没有以正常或健康解剖结构的形状作为参考,对这种发育不足或发育过度进行真正有意义的定量是不可能的。

[0051] 另外,常规方法使用基于2D图像的定性测量。这些测量并不准确,因为一些信息在将3D物体转换为其2D表示时会丢失。即,实际的患者解剖结构以3D形式存在,但用于计划手术的图像是以2D形式捕获的。由于其定性性质以及成像协议和环境的变化,这些2D技术的可靠性较差。例如,2D X射线中的物体的比例取决于源和获取平面之间以及对象和获取平面之间的距离。类似地,视差效果也取决于这些距离以及光源是静态的还是移动的。进一步地,患者相对于源和获取平面的定向会影响解剖结构的投影。

[0052] 在本文描述的系统中,缺损或畸形使用健康身体部位的模型作为参考(或作为模板)从患者的医学图像测量。通过测量实际的、损伤的或变形的患者解剖结构的点或表面与参考模型上的这些点或表面的拓扑对应物之间的距离,缺损的大小能够以多种方式计算。例如,距离能够通过从健康解剖结构的虚拟模型投影射线并且计算沿着这些射线从健康身体部位到损伤身体部位的距离来测量。患者解剖结构的虚拟模型能够通过分割实际患者解剖结构的医学图像来获得。对应健康解剖结构的虚拟模型能够通过不同方式获得,如下面

解释的。为了允许用户对损伤或畸形进行视觉评估,损伤或变形的身体部位和健康的身体部位的2D或3D虚拟模型可以被叠加,并且示出给用户。这些模型中的一个或两个可以以半透明的方式示出。

[0053] 正常或健康解剖结构的参考模型能够来自不同源。例如,健康对侧解剖部位的镜像可以被使用。为此,所述对侧解剖部位的医学图像可以被分割,并且所得虚拟模型被镜像。

[0054] 在一些实施例中,本文公开的方法使用3D统计形状模型(SSM)来进行定量测量,并且通过重建健康的身体部位来预测缺陷缺损或畸形的性质。统计形状建模可以被用于预测原生的(即,健康的)解剖形状,而不需要实际健康骨骼(的图像)。在这种实施例中,健康解剖结构的虚拟模型能够通过将健康解剖结构的SSM拟合到患者解剖结构的(医学图像或虚拟模型的)部分来获得。

[0055] 通常,SSM是一种数学模型,它表示群体内的平均形状和形状变化。由SSM生成的每个形状能够由多个形状系数表示,这些系数可以被称为SSM参数。

[0056] 在一些实施例中,方法在例如3D虚拟模型、3D生物力学模型(肌肉骨骼模型)、SSM和/或SSM实例上执行,使得在2D表示和3D世界之间没有测量值的近似或转换。

[0057] 作为示例,全自动化缺损分类系统可以被用于使用肩胛骨和/或肱骨模型的三维测量描述关节孟骨丢失,而不需要健康的对侧参考肩胛骨。在其他实施例中,同样地,自动化缺损分类系统能够被用于测量其他身体部位的缺损或畸形,诸如心脏、膝部、臀部、脊柱、脚、肺、其他关节等。

[0058] 一种示例方法可以包括:(1)获取具有关节孟骨缺损或关节置换的患者的(多个)医学图像;(2)分割肩胛骨以获得虚拟的三维表面模型,例如使用**MATERIALISE®**的Mimics;以及(3)将健康肩胛骨的统计形状模型(SSM)拟合到患者肩胛骨的健康表面区域,如图1所描绘的。

[0059] 与该示例一致,SSM应该描述患者所属群体内的健康的肩胛骨形状。通过将SSM拟合到患者解剖结构的健康部分,肩胛骨的不健康表面(例如该示例中的关节孟)也将被重建。嵌入在SSM中的形状相关性将产生重建的关节孟,在统计上,它最有可能与现在不健康区域的原始、健康或原生形状类似。

[0060] 拟合到健康骨骼区域的示例SSM

[0061] 图1描绘了拟合到肩胛骨(例如104)的健康区域以重建其原始关节孟表面106的SSM 102的示例。

[0062] 不同的技术可以被用于将SSM拟合到部分数据,诸如健康的解剖结构,使得丢失的数据(例如骨侵蚀导致的骨丢失)能够被预测,诸如后验形状建模。然而,这种技术需要先验标识健康和损伤或变形的区域。已知该步骤表现出用户间和用户内的高度可变性。因此,自动化该步骤是有益的。

[0063] 将SSM划分为区域以改进拟合误差

[0064] 在自动化方法的一个实施例中,SSM被细分为拓扑区域,诸如图2的示例中的区域202至212。针对这些区域中的每个区域,测试将区域包括在用于拟合SSM的区域中是否会导致拟合误差减少或增加。当包括某个区域导致不可接受的或增加的拟合误差时,该区域被假设为损伤或变形,并且被排除在拟合之外。SSM随后被拟合到剩余区域的子集以获得SSM

实例,表示患者在健康或非变形情况下的解剖结构。

[0065] 在图2的示例中,表示肩胛骨的SSM的表面被划分为六个区域:基部区域202、肩峰区域204、喙突区域206、颈部区域208、肩峰尖端区域210和关节盂区域212。这只是一个示例,并且其他细分都是可能的,诸如细分为不同的区域,或细分为更多或更少的区域。

[0066] 因此,示例方法可以如下进行。首先,SSM形状仅基于基部区域202中的点拟合到目标形状。在形状系数收敛之后,拟合误差被计算为用于拟合的SSM形状上的点与目标形状上标识的对应点之间的均方根误差(RMSE)。

[0067] 如果拟合误差保持低于所选阈值,则使用肩峰区域204中的点的第二次拟合被执行。如果然后拟合误差超过阈值,则目标形状的肩峰区域204被认为是不健康的,并且肩峰区域204从拓扑区域的子集中排除。在该示例中,相同的选择程序随后针对喙突区域206、肩峰尖端210和颈部区域208中的点重复。在一些情况下,关节盂区域212可能预计会被侵蚀,并因此不被用于拟合。

[0068] 如果肩峰区域204和喙突区域206都被排除以用于拟合,例如基于拟合误差超过阈值,那么在一些情况下,肩峰尖端区域210和颈部区域208未被进一步测试。

[0069] 在各种实施例中,不同的拟合误差阈值可以被使用。例如,灵敏度研究示出1.7mm的拟合误差阈值以产生良好的结果。其他值的拟合误差阈值也能够被挑选,诸如0.5mm、0.6mm、0.7mm、0.8mm、0.9mm、1.0mm、1.1mm、1.2mm、1.3mm、1.4mm、1.5mm、1.6mm、1.8mm、1.9mm、2.0mm、2.5mm、3.0mm,仅举几例。

[0070] 类似的方法能够被应用于其他解剖结构。因此,为了概括该过程,解剖结构能够被细分为多个拓扑区域(例如图2中的202至212)。第一区域(例如图2中的基部区域202)可以被选择以开始拓扑区域子集,其在一些情况下可以是远离缺损或畸形的区域。第一区域然后可以被拟合,并且拟合误差可以被计算并与阈值进行比较,诸如如上所述。随后,附加的拓扑区域能够被添加到子集,然后子集能够被拟合到目标模型。

[0071] 在每个拓扑区域被添加到子集之后,拟合误差能够被重新计算,并且取决于拟合误差是否超过设定的阈值(诸如上面提及的阈值),附加的拓扑区域能够从子集中移除或保留在子集中。为了加快该过程,如果其间的一个或多个区域被分类为损伤或变形,则未被直接连接至基部区域的拓扑区域能够被忽略。为了进一步加快过程并且改进结果,已知被损伤或变形的拓扑区域也能够被忽略。

[0072] 通过将其形状与(例如未损伤的关节盂骨的)预测原生形状进行比较来分析骨缺损(例如关节盂骨缺损)会导致定量测量,诸如在关节盂骨、关节盂穹窿损失、关节盂穹窿损失百分比、关节盂侵蚀面积、关节盂侵蚀面积百分比、最大侵蚀深度等的情况下。

[0073] 用于比较解剖形状的距离测量技术

[0074] 在一个实施例中,为了比较解剖形状(例如预测形状和实际形状之间),每种形状模型上的拓扑等效点之间的距离能够被测量,诸如最近点之间或者沿着从一个模型射出到另一模型的射线的点之间,仅举几个选项。

[0075] 例如,针对基本球形或半球形的解剖部位,诸如图3中的髌臼302,射线304可以以同心方式从球体的中心306向外射出,如图3的示例所描绘的。

[0076] 作为另一示例,针对基本平坦或平面的解剖部位,射线404可以以平行方式垂直于最佳拟合平面402射出,诸如图4所描绘的。

[0077] 作为又一示例,针对细长的解剖部位,射线可以向外射出并且垂直于解剖部位的中心轴。针对其他解剖部位,射线可以垂直于SSM实例的表面射出。值得注意的是,这些只是几个选项,并且其他射线投射策略或策略组合也是可能的。

[0078] 因此,本文描述的方法可以基于SSM自动计算度量,诸如:关节盂穹窿损失(由于骨侵蚀而损失的关节盂穹窿的总体积)、关节盂穹窿损失百分比(由于骨侵蚀而损失的关节盂穹窿的体积百分比)、局部穹窿损失百分比(在上区、下区、前区和后区中)、侵蚀面积(受骨侵蚀影响的关节盂腔的表面积)、最大侵蚀深度(在实际解剖表面和健康参考模型之间测量的最大距离)、侵蚀面积百分比(受骨侵蚀影响的关节盂腔的表面积百分比)、半脱位距离等。值得注意的是,虽然关节盂如本文中的示例那样使用,但类似的度量可以针对其他解剖部位(诸如其他骨骼、关节等)计算。基于该计算,本文描述的系统可以自动对缺损进行分类。

[0079] 测量与骨丢失相关联的度量的示例

[0080] 使用关节盂骨作为示例,关节盂穹窿损失百分比度量指示有多少关节盂穹窿体积已被侵蚀,并且表示关节盂骨缺损的严重程度。上、前、下和后穹窿损失百分比表示在关节盂的每个解剖区域或象限中有多少穹窿被侵蚀,从而更好地理解缺损的形状。最大侵蚀深度描述了侵蚀最深点处的骨侵蚀量。该度量能够帮助外科医生决定他们是否应该在手术期间钻孔或使用骨移植物。侵蚀面积百分比示出了多少原生关节盂表面不再完整,从而指示可能的植入物骨支撑量。最后,半脱位距离和区域描述了肱骨半脱位的数量和方向,从而更好地理解关节盂骨缺损的原因。

[0081] 图5描绘了用于测量与关节盂骨中的骨丢失相关联的度量的示例。

[0082] 为了测量这些度量,射线投射算法(如上所述)能够被使用。例如,首先,平面(例如506)通过经拟合的SSM的关节盂表面而被拟合,并且平行射线从经拟合的SSM形状的关节盂点沿着平面法线的相反方向投射。射线 i 与经拟合的SSM形状相交的距离被称为穹窿深度(d_i^{vault}) (例如502),其中 d^{max} (例如504)作为所选的最大值。

[0083] 然后,骨侵蚀量通过从拟合的SSM形状的关节盂点向骨缺损并且平行于关节盂平面法线射出射线(例如502和506)来评估。射线与骨缺损相交的测量距离被定义为侵蚀深度(d_i^{ero}) (例如506),仅被限于 d^{max} (例如504)。如果侵蚀深度是无限的,则该地点处根本不存在骨骼。接下来,损失深度(d_i^{loss})被定义为损失的穹窿深度。损失深度与侵蚀深度类似,但无法超过穹窿深度。

[0084] 因此,在一个示例中,针对每个射线 i :

[0085] 如果 $d_i^{vault} > d^{max}$:那么 $d_i^{vault} = d^{max}$

[0086] 如果 $d_i^{ero} > d^{max}$ 并且 $d_i^{ero} \neq \inf$:那么 $d_i^{ero} = d^{max}$

[0087] 如果 $d_i^{ero} \leq d_i^{vault}$:那么 $d_i^{loss} = d_i^{ero}$

[0088] 如果 $d_i^{ero} > d_i^{vault}$:那么 $d_i^{loss} = d_i^{vault}$

[0089] 基于深度测量,描述关节盂骨缺损的九个参数能够被计算。

[0090] 例如,穹窿体积被计算为所有穹窿深度的总和乘以对应表面元素(A_i)的大小。类似地,穹窿损失量被计算为损失深度的总和乘以对应的表面积。然后,穹窿损失百分比被计算为穹窿损失量与穹窿体积相比的百分比。

[0091] 针对上(sup)、前(ant)、下(inf)和后(post)穹窿损失百分比,关节盂表面使用关

节盂中心点被划分为四个象限。这些区域中的穹窿损失百分比等于局部穹窿损失量除以局部穹窿体积。

[0092] 接下来,在一个示例中,最大侵蚀深度被计算为所有侵蚀深度值的95百分位值。侵蚀面积被计算为所有表面元素 A_i 的面积,其侵蚀深度超过最大侵蚀深度的三分之一。为了获得侵蚀面积百分比,在一个示例中,侵蚀面积除以关节盂的总面积。在将肱骨头中心点投影到关节盂平面之后,半脱位距离被计算为从肱骨头中心点到关节盂中心点的平面内距离。半脱位区域被定义为肱骨头中心点被投影到关节盂上的区域(sup、ant、inf、post)。

[0093] 因此,在一个示例中:

$$[0094] \quad \text{穹窿体积} = \sum_i (d_i^{\text{vault}} \cdot A_i)$$

$$[0095] \quad \text{穹窿损失体积} = \sum_i (d_i^{\text{loss}} \cdot A_i)$$

$$[0096] \quad \text{穹窿损失百分比} = (\text{穹窿损失体积}) / (\text{穹窿体积})$$

$$[0097] \quad \text{针对区域中的所有} i, \text{局部穹窿体积} = \sum_i (d_i^{\text{vault}} \cdot A_i)$$

$$[0098] \quad \text{针对区域中的所有} i, \text{局部穹窿损失体积} = \sum_i (d_i^{\text{loss}} \cdot A_i)$$

$$[0099] \quad \text{局部穹窿损失百分比} = (\text{局部穹窿损失体积}) / (\text{局部穹窿体积}) \quad \text{最大侵蚀深度} = p_{95}(d_i^{\text{ero}})$$

$$[0100] \quad \text{针对} d_i^{\text{ero}} > 1/3 \text{ 最大侵蚀深度的所有} i, \text{侵蚀面积} = \sum_i A_i$$

$$[0101] \quad \text{侵蚀面积百分比} = (\text{侵蚀面积}) / (\sum_i A_i)$$

[0102] 在一些示例中,多个分类系统可以被组合,诸如轴向视图中的Wallace分类和正面视图中的Antuna分类(如上),与常规的二维分类相比,这有益地为用户(例如外科医生)提供了缺损的三维分类。

[0103] 值得注意的是,类似的定量能够对其他解剖部位执行,诸如其他关节、其他骨骼、器官(心脏、肺、肾脏、大脑等),以估计损伤、畸形或疾病。基于该定量,类似的分类系统能够被定义。该系统和方法基于需要治疗的身体部位使用适当的和/或已知的分类系统或其组合。

[0104] 术前手术计划工具

[0105] 现有的术前计划工具(诸如**MATERIALISE®**的SurgiCase Knee Planner)提供了针对具体类型的手术(通常涉及植入物的具体类型、品牌或产品线)生成术前手术计划的可能性。术前计划通常在外科医生做出重要手术决策后开始,诸如:手术治疗类型、植入物类型和要被使用的手术仪器类型、标准植入物与患者匹配等。

[0106] 进一步地,这些决策基于从患者身上拍摄的医学图像。例如,针对骨科治疗,那些医学图像可能描绘了损伤的骨骼/软骨解剖结构。现有计划人员基于损伤的解剖结构(例如骨骼和/或软骨)生成初始或默认计划,然后由外科医生审查。经审查,外科医生可能会提出某些改变,诸如:植入物的位置或大小,然后由计划人员合并,并且新的术前计划被生成以在实际手术程序期间使用。

[0107] 不幸的是,由于现有的计划人员只将医学图像作为输入,术前计划只考虑了在这些医学图像中可见的信息。术前计划不涉及无法从医学图像中轻易导出的任何方面或外科

医生在手术室遇到的与手术相关联的所有复杂性,这可能会影响手术结果、术中或术后并发症的风险或者患者满意度。

[0108] 手术计划系统可以通过使用基于一个或多个已知术前计划集的聚合预测技术来使用多个一个患者特定医学图像。例如,这种计划系统可以从术前计划、术中采集的数据和术后采集的数据获得历史数据。进一步地,计划系统可以选择术前计划集中的术前计划,然后应用预测技术,诸如机器学习、深度学习、神经网络或其他基于人工智能(AI)的技术,以创建聚合术前计划并且向用户建议改变。然而,这种术前计划生成方法通常对外科医生不透明,即,外科医生无法预先知道计划人员如何或为什么合并所提出的改变,特定患者的哪些特性导致所建议的改变,系统对那些特性有多敏感,或者这些改变对患者的影响。因此,虽然系统本身可以自我学习,但它不允许外科医生做出明智的决策。

[0109] 通过向外科医生提供更多信息并且充当外科医生的指导,本文公开的系统克服了现有手术计划工具的缺点。作为指导,本文描述的系统的实施例提供了及时的建议、意见和警告以及证实这些建议、意见和警告的详细信息,允许外科医生做出明智的决策。该系统的控制在于外科医生,使得外科医生能够有意识地做出每个决策,使其成为透明且用户友好的系统。本文公开的系统有益地减少了在手术室中花费的时间以及外科医生必须在手术室中处理的变化,并且增加了积极手术结果的可能性,从而总体上减少患者可能需要的修正手术的次数。

[0110] 本文描述的系统可以使用多个反馈回路,以通过建议、警告、意见和/或默认术前计划的方式向外科医生提供信息,这些计划还涉及建立一个或多个互连数据库。

[0111] 手术计划工作流程

[0112] 手术计划方法(例如由本文描述的手术计划系统执行)可以包括多个步骤,包括:(1)加载医学图像;(2)处理医学图像,例如以标识解剖标志和/或创建解剖结构的一个或多个虚拟3D模型;(3)自动创建默认手术计划,该计划通常基于许多几何计算,这些几何计算基于所标识的标志,并且该计划通常包括选择一个或多个植入物、所有植入物的植入物大小、地点和定向、对应的切除或钻孔步骤等;(4)允许临床医生更改默认计划以获得批准的术前计划;以及(5)使术前计划可用于在手术中执行。在一些实施例中,术前计划能够例如被用于导航系统、机器人系统中(以设计患者特定的指导)、用于增强和/或虚拟现实系统中以及用于其他目的。

[0113] 例如,图6描绘了包括步骤602至618的常规手术计划方法和工具的工作流程。

[0114] 数据库或其他数据存储库可以被用于将批准的计划与相关的患者数据一起存储在数据库中,诸如医学图像和任何虚拟3D模型以及标志信息。附加地,本文描述的系统向图6中所描绘的工作流程添加一个或多个反馈回路。

[0115] 例如,图7所描绘的第一反馈回路702可以从批准的术前手术计划挖掘信息以在计划步骤之前或之中使用,并且将其存储在数据库708中。第二反馈回路704可以在术中采集信息,将数据存储在数据库708中,并且在计划步骤之前或之中挖掘该信息以供使用。第三反馈回路706可以在术后采集信息,将数据存储在数据库708中,并且在计划步骤之前或之中挖掘该信息以供使用。

[0116] 对图6和图7所描述的数据流程的进一步改进在图8中示出,其中数据库中可用的历史数据被用于执行历史数据分析802,使患者特性与计划决策相关,或者使一个或多个计

划参数与手术结果相关。进一步地,该历史数据分析的结果可以以这种方式呈现给用户(例如外科医生):患者在群体内的地点或计划参数与计划决策或手术结果分别在群体上的分布一起示出(例如在804中)。有益的是,呈现该信息不会迫使用户在接受和拒绝所建议的计划更改之间盲目挑选。相反,它向用户示出了哪些计划决策选项或参数值是适当的以及它们在何种程度上比其他选项或值更适合可能的术后场景。

[0117] 例如,在考虑选项A、B和C时,系统不会简单地建议:“采用选项A”,而是可能示出患者群体如何在选项A、B和C上分布以及患者在群体内位于何处。通过历史数据分析的结果的表示,用户不仅能够看到患者是否正坐在选项A中,或者更确切地说是在选项A和B之间的边界上,还能够看到该边界是清晰定义的边界还是平稳过渡的广泛范围。

[0118] 手术计划数据和数据库

[0119] 本文描述的系统可以利用一个或多个数据库,这些数据库经由一个或多个反馈回路连接至手术计划系统的不同部分。例如,数据可以在工作流程的一个或多个阶段收集,如上面相对于图7描述的,并且存储在数据库中。

[0120] 在一些实施方式中,收集的数据可以(逻辑地或物理地)被划分为子集,诸如患者数据、术前数据(包括收集预先存在的计划(即,用于未来术前计划优化的已经使用的术前计划))、回顾性数据、术中数据和术后数据。不同子集中但与个体患者相关的数据之间的链接被维护;换言之,数据库会追踪哪些患者数据、术前计划、术中数据和术后数据属于同一患者。如上文,数据可以被存储在单个数据库中,或者存储在不同的数据库中。

[0121] 这些类型数据中的哪些被存储在(多个)数据库中取决于哪些反馈回路在系统中实施。一些患者数据子集总是被存储。然而,基础系统可能例如仅实施批准的术前计划的反馈回路。其他系统也可以实施术中数据和/或术后数据的反馈回路。其他组合也是可能的。一个或多个反馈回路可以在某个时间调用。在一些实施例中,在修正手术的情况下,所有反馈回路都可以被调用,以从先前的手术获得整个患者档案。

[0122] 在一些实施例中,本文描述的系统可以在本地或“场内”运行,在这种情况下,(多个)数据库可以仅包含与一个或多个本地用户(诸如外科医生、医师或临床医生或他们的团队)相关的数据。在其他实施例中,系统可以是基于网络的系统,诸如基于web的系统或基于云的系统,在这种情况下,(多个)数据库可以包含与更大用户群相关的数据。

[0123] 患者数据可以以医学图像、个人信息(诸如年龄、性别、体重、身高、种族、生活方式、活动水平、病史)以及术前检查期间采集的任何数据中的一种或多种的形式存储,诸如投诉、疼痛分数、步态测量值、运动范围测量值、退行性或先天性缺损、运动或与年龄相关的伤害、遗传信息、牙模等。在一些实施例中,患者数据可以被匿名化以保护患者隐私或遵守各种患者隐私制度,诸如健康保险流通与责任法案(HIPAA)或通用数据保护条例(GDPR)。

[0124] 术前数据可以例如以术前治疗计划(例如图6至图8中的614)的形式存储,其可以备选地被称为术前计划或术前手术计划。术前数据可以捕获与患者医疗状况的治疗相关的一些或全部医学决策,诸如以下一项或多项:治疗类型(介入性和非介入性治疗);计划植入物的类型、品牌、产品线、大小、植入地点和定向(如果有的话);任何植入物的递送系统和方法;患者特定仪器的设计(如果有的话);任何铰孔步骤的细节;任何缺损填充组件的类型或设计,诸如自体移植物、同种异体移植物、多孔结构和其他方面。

[0125] 术中数据(例如图7至图8中的710)可以以在手术期间捕获的任何数据的形式存

储,诸如测量值、术中标识的解剖标志的地点、观察值或术中并发症的发生。术中数据可能涉及无法容易地从医学图像或术前检查导出的信息,诸如与软组织、肌肉、肌肉附着点、肌肉断裂、肌腱、韧带、韧带张力等相关的信息。术中数据还可以包括手术期间相对于术前计划所做的任何改变。术中数据也可以包括合成数据,在一个示例中,它可能是无法被定量的数据,但由于其对手术结果的影响(诸如在膝关节的情况下的韧带力)而能够记录下来。这可以以生物力学模型的形式存储。

[0126] 术后数据(例如图6至图8中的618)可以以手术后捕获的任何数据的形式存储,诸如任何并发症的发生、术后检查期间捕获的任何数据、疼痛分数、患者满意度、功能分数、修正手术、术后成像、恢复时间、康复时间、康复治疗方法、理疗师的细节和观察值;运动范围测量值(如果有的话)等。

[0127] 数据可以通过手术计划系统、通过手术期间使用的任何设备(诸如导航系统、机器人系统或者增强现实(AR)或虚拟现实(VR)系统)、通过电子访问设备、通过可穿戴设备或者通过嵌入在植入物中的传感器或嵌入患者体内的芯片手动或自动输入系统。值得注意的是,这些只是几个示例。

[0128] 本文描述的示例手术计划系统可以实施上面讨论的自动化缺损定量系统。基于缺损分类和描述,手术计划人员向外科医生提供附加的有价值的信息,以帮助计划和执行手术。

[0129] 患者数据的获取

[0130] 患者数据可以从文件、存储介质或数据库加载,或者被手动输入到系统中。如果患者先前经历过手术,则他的旧文件可以从数据库调出。如果没有,则新的病例文件或记录被生成。

[0131] 针对许多应用,医学图像将是患者数据的有价值的部分。

[0132] 数据处理:患者数据可以被处理。例如,医学图像可以被转换为解剖部位的一个或多个虚拟3D模型,诸如骨解剖结构、软骨、器官、器官壁、血池体积等。解剖标志可以在医学图像或虚拟3D模型中确定或指示。这可以手动或自动完成,例如通过特征识别技术。其他信息可以从医学图像导出,诸如骨密度信息、骨丢失、骨骼与骨骼接触的撞击、缺损在周围解剖结构上的扩散/范围、邻接和附着的软组织特性,诸如肌肉、韧带、软骨、肌腱、半月板、软组织的厚度等。附加地,生物力学模型还可以被生成以展示肌肉骨骼数据,诸如骨解剖结构以及可以进一步模拟的软组织数据。

[0133] 在一些实施例中,缺损或畸形如上所述被定量和/或分类。

[0134] 默认治疗计划创建

[0135] 在一些实施例中,本文描述的手术计划系统可以与具体手术和/或具体类型、品牌或产品线的植入物相关。附加地,与常规系统不同,本文描述的系统可以支持更重要的高级治疗决策,诸如:治疗类型,包括介入性治疗、非介入性治疗或转诊。进一步的治疗决策可以包括植入物的类型,因为许多病理能够用不同类型的植入物治疗,诸如现成的、定制的或自定义的植入物或其组合。例如,针对关节:软骨修复、再塑或更换;部分或全部(例如单髁/全远端股骨植入物、单间室/全近端胫骨植入物);固定策略(胶接/非胶接、有柄/无柄、压配合、螺钉);功能策略(例如后稳定/交叉固位股骨植入物、解剖/反向肩部植入物);可接受的运动范围等可以被考虑。针对心脏应用:瓣膜修复、缝合、更换、环成形术、支架类型和其他

方面可以被考虑。针对颅颌面应用：正颌、重建、外伤、TMJ、牙槽骨类型的手术程序、上颌骨或下颌骨或两者的治疗、眶底或部分颅骨以及其他相关方面都可以被考虑。

[0136] 针对肺部应用：腔内和腔外支架、瓣膜类型和其他方面可以考虑。

[0137] 针对仪器或指导的类型：常规仪器、患者特定指导、导航系统、AR系统、机器人系统等可以被考虑。

[0138] 为了支持这些决策，外科医生可能会被呈现有附加的相关信息以更详细地理解缺损，诸如从医学图像和/或缺损或畸形定量和分类的结果导出的信息或模型，如上所述。例如，外科医生可以被呈现有定量和分类的结果和/或通过叠加实际患者解剖结构的虚拟3D模型和代表健康解剖结构的模型（诸如将SSM拟合到患者解剖结构的部分）的缺损或畸形的视觉表示。一个或多个模型可以以半透明的方式示出，诸如如上所述。生物力学模型模拟也可以与虚拟3D SSM模型一起示出。

[0139] 作为对这些决策的进一步支持，系统可以基于通过一个或多个反馈回路在数据库中采集的历史数据运行一个或多个群体分析。这种分析可以使一个或多个患者特性与一个或多个治疗决策相关。因此，该系统可以利用1)群体的选择，2)要支持的治疗决策的选择，以及3)一个或多个患者特性的选择来表征群体的成员和要被治疗的患者。这些选择可以被留给用户，例如通过用户界面中的下拉框或检查框。备选地，系统可以向用户呈现一个或多个预编程的选择组合，例如在向导式过程中。相关性分析可以揭示哪些患者特性可能与哪些治疗决策相关。备选地，系统可以首先追踪用户行为，随后默认呈现最常见的组合。例如，基于AI的系统可以了解经常挑选的决策影响因素，并且在未来的术前计划阶段期间，在适当的时间将它们显示给外科医生。备选地，基于AI的系统可以学习某些特性（尤其是‘最佳特性’）与其对治疗决策的影响之间的相关性，并且使用它们进行优化，从而基于‘最佳’特性或基于外科医生对‘最佳特性’的偏好提供治疗选项。

[0140] 关于群体的选择，历史数据分析可能基于数据库中的所有记录或记录子集。例如，群体可能仅被限于足够完整的那些记录，即，包含分析所需的适当数据的记录。群体还可以被限于与要被治疗的患者具有一个或多个共同特性（例如性别、年龄、种族等）的患者。群体也可以仅被限于在同一国家、同一医院或由同一临床医生、医师、外科医生、思想流派等治疗过的那些患者。

[0141] 历史数据分析可能会揭示所选群体被如何分布在所选治疗决策的不同选项上。群体成员通过所选的（多个）患者特性来表征。要被治疗的患者可以通过他/她在分析群体内的（多个）具体患者特性进行定位，因此可以揭示根据数据库中的历史数据，哪个决策选项似乎最适合该特定患者。备选地，在相同实例中，如果系统挑选的（多个）“最佳”特性与所选的（多个）患者特性不同，则系统可以示出基于系统挑选的（多个）“最佳”特性的比较分析，从而允许用户重新估计他的决策。

[0142] 在一些实施例中，历史数据分析可以使一个或多个治疗决策与术中或术后事件、观察值或结果的预期发生相关。例如，历史数据分析可以揭示某个事件、观察值或结果发生的机会或风险如何随着某个术前计划参数而增加或减少。

[0143] 例如，历史数据分析可以使所选的心脏瓣膜大小与渗漏风险相关，或者可以使肩部植入物的偏侧化的所选的量与肩峰骨折风险相关。

[0144] 在某些实施例中，历史数据分析可以利用包含从高级外科医生或关键意见领袖

(KOL) 获取的数据的回顾性数据,并且将其提供给新的或低级外科医生以指导他们的决策,诸如骨缺损数据,从而模仿治疗选项或向低级外科医生提供他们使用或优选的治疗计划。在一些实施例中,回顾性数据可以包含由思想流派(例如使用相同计划或治疗选项或其他方面的外科医生)提供和使用的信息。

[0145] 通过将群体限制为示出与要被治疗的患者的相似性的那些患者,例如关于一个或多个患者特性,能够使这种类型的分析与要被治疗的患者更准确或更相关。这种类型的历史数据分析可能需要:1) 选择零个或多个患者特性以限制群体;2) 选择一种或多种类型的事件、观察值或结果;以及3) 一个或多个治疗决策的选择。如前文,这些选择可以被留给用户,例如通过用户界面中的下拉框或检查框。备选地,系统可以向用户呈现一个或多个预编程的选择组合,例如在向导式过程中。相关性分析可以揭示哪些事件、观察值或结果可能与哪些治疗决策相关。备选地,系统可以首先追踪用户行为,随后默认呈现最常见的组合。例如,基于AI的系统可以了解经常挑选的决策影响因素,并且在未来的术前计划阶段期间,在适当的时间将它们显示给外科医生。

[0146] 关于群体的选择标准,群体应该优选地被限于示出与要被治疗的患者的相似性的成员。这种相似性可能与一个或多个患者特性相关。

[0147] 例如,在心脏瓣膜渗漏的情况下,那些患者特性可以是描述瓣膜周围的解剖结构的形状的测量值集合,诸如瓣环的最小和最大直径。

[0148] 作为另一示例,在肩峰骨折的情况下,患者特性可以包括关于骨密度的信息,如从CT扫描或来自上述缺损定量和分类的结果导出的。

[0149] 针对结果被已知或怀疑取决于患者解剖结构的形状的那些分析,患者特性能够包括拟合到患者解剖结构的一部分的SSM的参数或参数子集。这些参数或这种子集形成了n维向量,描述了患者在n维空间中的形状,涵盖所有可能的形状变化。因此,用于历史数据分析的群体可能被限于其对应的n维向量落在距要被治疗的患者的某个预设距离内的所有成员。

[0150] 历史数据分析的结果可以以不同的方式呈现,其中的一些示例在下面描述。群体分析的示例实施例也在下面描述。

[0151] 作为历史数据分析的替代,系统还可以在所选的群体内定位与要被治疗的患者的患者特性最匹配的成员,并且显示为该成员挑选的决策选项。

[0152] 一旦做出了高级治疗决策,无论是否使用上述决策支持过程,本文描述的系统都可以为要被治疗的患者创建默认的术前计划。该计划通常将依赖于一种或多种算法或启发法来计算治疗参数,诸如:基于患者数据和处理过的患者数据的植入物位置和定向。

[0153] 例如,SurgiCase Knee Planner使用基于在患者股骨和胫骨的虚拟3D模型上标识的解剖标志的几何算法,以计算局部解剖坐标系以及相对于股骨植入物和胫骨植入物的患者解剖结构的默认大小、地点和定向。针对这种算法的某些输入参数,一般的群体范围的值可以被使用。备选地,值可以基于来自上述决策支持过程的支持手动或自动挑选。

[0154] 例如,针对全膝关节置换,弓形腿矫正至 3° 弓形腿的默认值可以针对所有患者使用,历史数据分析可能会建议弓形腿矫正的某个值,或群体中最匹配的成员的弓形腿矫正的值可以被使用。因此,本发明的决策支持程序可以被用于高级治疗决策和低级治疗特定决策。

[0155] 通过一个或多个反馈回路采集的历史数据还可以被用于改进自动创建的默认计划或创建新的默认计划。例如,基于AI的技术(诸如机器学习、深度学习、神经网络等)可以被用于将在计划步骤或治疗期间经常或一致进行的改变合并到默认计划中。另外,关于术中或术后并发症的信息可以被用于包括一些变化,并且忽略其他变化。

[0156] 修改治疗计划

[0157] 一旦进行了默认计划,它被呈现给用户以进行进一步的微调。用户可以被呈现有更改一个或多个治疗计划参数的可能性。例如,用户可能有可能改变植入物大小、植入物地点或植入物定向。

[0158] 在计划步骤中,系统可以通过上述决策支持过程来支持用户的决策。

[0159] 计划步骤的结果是批准的术前计划,即,临床医生决定执行的治疗计划。

[0160] 在一些实施例,该系统包括将所有批准的术前计划存储在数据库中的反馈回路。以这种方式采集的信息能够被用作历史数据,以馈送决策支持过程。例如,对用户批准的术前计划运行群体分析将告诉用户在他过去的实践或经验内存在哪些变化或参数值。相比之下,对所有用户批准的术前计划运行群体分析将允许用户从更大的人群的累积经验中学习,或者将他的个人实践与所有用户的平均实践进行比较。其他选项也是可能的,诸如将历史数据限制于同一医院的所有用户或同一国家的所有用户批准的术前计划。

[0161] 根据治疗计划的患者治疗

[0162] 一旦进行了批准的术前计划,临床医生就可以进行其执行,即,治疗患者。在一些(主要是非介入性)治疗中,预先批准的治疗计划可能采用处方的形式,诸如针对药物或锻炼。在其他(主要是介入性)治疗中,预先批准的治疗计划可以采用可以被用于手术指导系统的数据文件的形式。例如,该计划可以被用于设计和制造患者特定仪器,帮助外科医生在手术期间实现计划的手术结果。备选地,该计划可以被加载到手术导航系统或AR系统中,以在手术期间向外科医生显示指导信息。或者,该计划可以加载到机器人系统中,以自动或半自动地执行部分手术。

[0163] 该系统可以包括反馈回路以将术中数据存储在数据库中。这可以包括任何上述术中数据。数据能够通过手术室中的传感器、专门的手术设备、手术指导系统(诸如导航系统、AR系统或机器人系统)自动采集,或者能够通过电子访问设备手动输入。

[0164] 例如,系统可以提示外科医生存储在手术期间遇到的任何术中变化或复杂性。该信息能够关于植入物、周围患者解剖结构、实际使用的植入物和手术仪器、无法测量但至关重要的合成数据等。该系统还可以充当外科医生记下关于患者解剖结构的任何相关信息的笔记本,这可能在稍后阶段有用。出于两个目的,该数据被存储在数据库中:1)完成患者病例文件;以及2)优化未来的术前计划。

[0165] 以这种方式采集的信息能够被用作历史数据,以馈送上述决策支持过程。例如,捕获术中测量值和观察值允许在批准术前计划之前的步骤中向用户呈现关于无法从可用医学图像推断或只能以介入性方式测量的患者特性的统计信息,诸如韧带张力、感染的发生或软组织损伤等。作为另一示例,捕获关于术中并发症的信息允许在批准术前计划之前的步骤中向用户呈现关于这种并发症的可能性的统计信息。最后,捕获对操作计划所做的任何改变或者与批准的术前计划的任何偏离允许更换或扩展“计划步骤”中描述的决策支持过程,从呈现关于在计划步骤期间做出的选择的信息到在手术期间进行的选择。

[0166] 治疗后数据采集

[0167] 在治疗后,更多信息可以通过反馈回路采集和捕获,诸如术后医学图像、基于这种图像的虚拟3D模型、术后测量、功能测量、疼痛分数、功能分数、患者满意度信息、关于术后并发症的信息、活动数据、关于修正手术的信息…数据能够例如通过嵌入在一个或多个植入物或可穿戴设备中的传感器自动采集,或者手动输入到电子访问设备中。

[0168] 以这种方式采集的信息能够被用作历史数据,以馈送上述决策支持过程。例如,它允许在批准术前计划之前的步骤中向用户呈现关于实际手术结果、潜在并发症风险、植入物预期寿命或患者满意度的统计信息。

[0169] 无效治疗计划消除

[0170] 特殊形式的术中或术后反馈回路采集关于并发症的术中和术后信息,并且使用它来分类、标注或标记效果较差的术前计划,例如基于手术的执行与基于特定阈值(可能是用户定义的)的术前计划偏离多少、并发症的严重程度或植入物的寿命。通过从基于AI的技术生成这种默认计划的训练数据消除最无效的治疗计划,该反馈回路允许进一步优化自动创建的默认计划。该反馈回路还允许通过从历史数据分析中使用的数据消除最无效的治疗计划来改进决策支持系统。

[0171] 消除反馈回路的一种非常基础的形式允许用户手动标记不应该被包括在任何训练数据或历史数据分析中的术前计划或治疗计划。

[0172] 呈现历史数据分析的结果

[0173] 作为决策支持过程的一部分生成的信息可以以任何实用的方式呈现给用户。例如,当支持涉及有限数量的离散选项或离散参数值的决策(诸如在多个治疗选项或可用的植入物大小之间的选择时)时,分布曲线图或直方图可以针对具有一个患者特性作为自变量的这些选项中的每个选项示出。要被治疗的具体患者的患者特性值可以通过独立轴上的标记在曲线图上指示,从而向用户示出基于历史数据的哪个决策选项似乎最适合患者。

[0174] 例如,图9描绘了以分布曲线902至906的形式表示的历史数据分析的结果的示例。患者群体内要被治疗的患者的地点由竖直线908指示。由此用户可以推导出治疗B似乎最适当。

[0175] 这表示对仅向用户呈现离散治疗选项或离散参数值的建议的常规系统的重要改进。例如,在图9中,历史数据分析的结果优选地以直观方式被呈现给用户。具体地,在图9中,用户不只是得到建议“治疗B”。用户还看到患者在患者群体内的位置以及不同选项之间是否存在急剧或平滑的过渡。例如,用户能够从曲线图推导出治疗B似乎最适当,但治疗A可能是可能的竞争者,而治疗C不是。如果外科医生有其他医学或非医学原因更喜欢治疗A而不是治疗B,诸如治疗费用或他自己缺乏治疗B的经验,则本发明的系统不会简单地建议治疗B,而且还教导用户认为治疗A是可行的选项,随后向用户提供治疗A的所有相关信息。

[0176] 替代表示是可能的。例如,以上曲线图的数据也可以被示出为面积图或条形图。备选地,它可以在渐变(例如颜色渐变)图中示出,其中决策选项中的每个决策选项都由特定的颜色、图案或强度(例如灰度)表示,并且群体在决策选项上的分布通过混合相应颜色、图案或强度的成比例量来表示。

[0177] 例如,图10描绘了以颜色图的形式表示的历史数据分析的结果的示例。要被治疗的患者在患者群体内的地点由白点指示。由此,用户可以推导出治疗B似乎最适当。

[0178] 通过图10中的绘图,用户可以从上述分布图导出类似的信息。具体地,用户可以推导出患者在群体内的地点、群体在不同治疗选项或参数值上的分布情况,以及通过查看颜色渐变,在这些选项和值之间是否存在平滑或急剧的过渡。从颜色图导出数值可能更难,但颜色图可能更直观地解释。

[0179] 在其他实施例中,使离散选项与两个患者特性相关的分析可以通过其他视觉方式呈现,诸如3D条形图或其他2D图(例如使用颜色、图案、强度或其他视觉参考)。

[0180] 作为另一示例,支持连续值参数的选择(诸如膝关节植入物的弓形腿矫正、肩部植入物的偏侧化、心脏瓣膜的植入深度或患者满意度分数)的历史数据分析的结果能够通过线图呈现。

[0181] 例如,图11描绘了以线图1002的形式表示的历史数据分析的结果的示例。患者群体内要被治疗的患者的地点由竖直线1004指示。由此用户可以推导出参数A的值在0.1与0.2之间似乎最适当。

[0182] 示例(诸如图11)表示对仅向用户呈现连续参数值的建议的常规系统的改进。例如,基于图11,用户不只是得到建议“0.15”。相反,用户还看到患者在患者群体内所处的位置以及该参数是否在患者的一般地点内对患者特性非常敏感。例如,用户能够从曲线图推导出参数A的值为0.15似乎最适当,但在与要被治疗的患者类似的患者中,参数A的值没有很大的变化。为了给出更多信息,线图还能够示出置信区间,例如通过竖条(所谓的“胡须”)或值曲线周围的阴影区域。

[0183] 作为另一示例,将术中或术后事件、观察值或结果的机会或风险与治疗决策或参数链接在一起的历史数据分析的结果也可以以曲线图、面积图或条形图(可选地具有置信区间)或者颜色图或图案图示出。与患者在其他内的地点在以上示例中显示相同的方式,对决策选项或参数值的当前选择可以被显示。在一些实施例中,曲线图、图表或颜色图可以与患者的解剖结构和/或形成计划治疗的一部分的任何设备、仪器或植入物的描绘一起显示,诸如2D或3D图像、线图、医学图像或虚拟模型。曲线图、图表、颜色图和描绘都可以是交互式的,并且其中一个的改变可能会被自动反映在另一个中。

[0184] 例如,图12描绘了以条形图的形式表示的历史数据分析的结果的示例。此处,两种并发症的风险与所选的设备大小相关。当前挑选的设备大小通过圆圈1202指示,但其他方式也是可能的,诸如通过图表中条的不透明度、饱和度、颜色、图案等。由此,用户可以推断出设备大小3和4似乎最适当。

[0185] 图13描绘了以颜色图的形式表示的历史数据分析的结果的又一示例。此处,两种并发症的风险与所选的参数值相关。当前挑选的参数值由圆圈1302指示。由此用户可以推导出所选值位于安全区内。

[0186] 在本文描述的示例附图中显示决策支持数据的各种方法表示对仅向用户呈现决策选项或参数值的建议的常规系统的重要改进。例如,通过图12和图13所示的表示,用户不仅仅得到建议“设备大小3”或“参数X=x”。相反,用户还看到与建议偏离意味着什么,结果的可能性或并发症的风险有多大,在改变决策选项或参数值时该机会或风险增加或减少的幅度有多大,以及因此用户在不同的决策选项或参数值方面有多大的回旋余地。例如,用户能够从绘图推导出参数X的当前值在安全区内,而且虽然稍微增加该值可能是安全的,但减少它似乎是不可取的。一个或多个这种历史数据分析表示可以在任何给定时刻向用户显

示。

[0187] 示例应用:肩部治疗决策支持

[0188] 不同治疗可用于肩部相关疾病,取决于病理。例如,肩关节炎可以利用休息、药物、皮质类固醇注射、关节镜清创术、半关节成形术、切除关节置换、全(解剖)肩关节更换(TSA)、反向肩关节更换(RSA)等来治疗。取决于病理或治疗的复杂性,一些医师也可能会选择将患者转诊至同事或另一医院,或者遵循已知同行中的一个同行的治疗选项。

[0189] 本发明的系统和方法能够辅助医师决定基于患者特性和历史数据进行治疗。

[0190] 例如,基于患者的骨骼和/或软骨解剖结构的医学图像,诸如CT或MRI图像,患者肩部的解剖结构的虚拟3D模型能够被制作。缺损能够通过上述方式进行定量。定量的结果可以被呈现给用户,例如用图14中的描绘。

[0191] 具体地,图14描绘了关节盂的缺损定量的结果的表示的示例。在左侧,患者肩胛骨的骨解剖结构的虚拟3D模型1402,关节盂在中心。在右侧,解剖结构1404被示出为叠加在表示健康解剖结构的SSM1406上,拟合到患者肩胛骨的部分。缺损定量的不同结果被示出。侵蚀深度(从实际骨骼表面到该表面本来处于健康状态的距离,此处由SSM实例的表面表示)以渐变图1408的形式示出。

[0192] 在图14的示例中,侵蚀深度的计算垂直于通过SSM实例的关节盂腔表面的最佳拟合平面。其他测量方向也是可能的,诸如局部垂直于SSM实例的关节盂腔表面。

[0193] 附加量度被计算并示出,诸如穹窿损失百分比(由于骨侵蚀而损失的关节盂穹窿体积的百分比)、侵蚀面积百分比(受骨侵蚀影响的关节盂腔的表面积百分比)以及最大侵蚀深度。在该示例中,关节盂也被细分为四个象限,并且例如前、后、上或下穹窿损失百分比等定量度量在每个象限中示出。另外,半脱位距离被计算。为此,肱骨头的旋转中心通过将球体最佳拟合到肱骨头的关节面来计算;该球体的中心点通过SSM实例的关节盂腔表面垂直投影到最佳拟合平面上;该投影点与关节盂腔的几何中心之间的距离被测量并显示。而且,半脱位区域被示出,即,肱骨头的旋转中心投影所在的象限。

[0194] 图14展示了对常规系统的重要改进,因为通过该信息和描绘,用户现在具有可再现和客观的信息来评估骨缺损的范围和地点。该信息对于决定最适当的治疗很重要。

[0195] 如上所述,系统还可以通过呈现基于历史数据的统计信息来支持决策。例如,包括用于批准的术前计划的反馈回路的系统可以运行分析,以使上述任何度量与在先前案例中挑选的治疗相关。该历史数据分析的结果可以以上述任何方式呈现给用户。例如,结果可以在图表中呈现,诸如在图15中。

[0196] 具体地,图15描绘了历史数据分析的结果的表示的示例,并且指示了以不同方式治疗的患者的百分比,根据穹窿损失百分比进行排序。要被治疗的患者用竖直线1502指示。

[0197] 数据库中的所有记录均可以被用作历史数据分析的基础。备选地,选择作为历史数据分析基础的群体可能以多种方式受到限制。例如,将群体限制为仅由用户治疗过的病例,用户将深入了解要被治疗的患者与其过去的经历有何关联。包括更多或所有用户的案例将深入了解更大的外科医生社区的实践,诸如特定医院、国家或世界的所有外科医生。

[0198] 群体也可能被限于表现出与要被治疗的患者某种相似性的患者。这种相似性可以基于一个或多个患者特性,诸如性别、年龄、种族、活动水平等。

[0199] 转诊给同事或其他医院可能是选项中的一个选项。基于存储在数据库中的信息,

该系统可以具有建议对转诊持开放态度的临床医生的功能性。基于数据库中的历史数据,系统甚至可以建议对类似患者具有更多经验的临床医生,即,表现出类似病理和/或其他患者特性的患者,或者建议遵循转诊外科医生的治疗计划。

[0200] 历史数据分析现在已经基于通过反馈回路采集和存储的批准的术前计划进行了描述。然而,类似且可能更相关的分析可以对通过其他反馈回路采集的术中或术后数据执行。这种数据可能不表示外科医生旨在给出的治疗,而是表示实际施用的治疗。

[0201] 示例应用:肩部手术植入物类型决策支持

[0202] 与先前示例类似,本文描述的系统可以为在肩关节置换中使用哪种类型的植入物的决策提供支持,包括例如现成的植入物与自定义的植入物等。

[0203] 例如,系统可以以历史数据分析的形式提供决策支持,使标准或现成的植入物和自定义植入物之间的选择与上述骨缺损的定量相关。分析的结果可以以曲线图、图表、颜色图或图案图或者诸如本文描述的其他示例的形式呈现给用户。

[0204] 例如,图16描绘了使标准植入物和自定义植入物之间的选择与患者关节盂的穹窿损失百分比相关的历史数据分析的结果表示的示例。要被治疗的患者用竖直线1602指示。

[0205] 图17描绘了使标准植入物和自定义植入物之间的选择与患者关节盂的穹窿损失百分比相关的历史数据分析的结果表示的示例。要被治疗的患者用圆圈1702指示。

[0206] 作为另一示例,该系统可以被提供有植入物库,并且该分析可以使植入物的选择与通过缺损定量计算的一个或多个缺损特性相关。

[0207] 示例应用:肩部手术、RSA偏侧化

[0208] 在反向肩关节置换中,旋转中心的偏侧化通常被用作改进由肩袖生成的扭矩并且增加内部和外部旋转的方式。然而,过度偏侧化可能会导致肌肉过度拉长,甚至由于负载增加而导致肩峰骨折。由于肌肉负载的减少,不充分的偏侧化可能会导致关节不稳定。

[0209] 因此,本文描述的系统可以通过模拟由于偏侧化引起的肌肉拉长来提供决策支持。

[0210] 例如,系统可以提供患者解剖结构和植入物的2D或3D描绘。该描绘可以包括肩胛骨和肱骨、植入物和一个或多个肩部肌肉的骨解剖结构的虚拟模型。肩部肌肉可以以其实际形状示出,或者更确切地说是示意性的,例如通过直线、曲线、折线或圆柱形状。该描绘可以模拟肌肉轨迹如何随着植入物的偏侧化而变化,并且显示为生物力学模型。为了参考,该描绘可能会以叠加方式显示原生(即,术前或健康)情况下的肌肉轨迹和骨骼模型。术前情况可以从医学图像导出。健康状况可以通过将表示健康肩部解剖结构的SSM拟合到患者解剖结构的部分来近似。

[0211] 该系统可以是交互式的。例如,如18图所示,系统可以允许用户通过例如通过点击和拖动输入设备(诸如计算机鼠标)操纵植入物的模型来手动地将旋转中心从第一位置1802移位到第二位置1804。备选地,系统可以提供用户界面控件,诸如按钮或滑块,以调整偏侧化。描绘会被自动更新以反映所做的调整。例如,肩胛骨、肱骨和植入物组件的相对位置以及对应的肌肉轨迹被更新。

[0212] 该系统可以显示定量单个肌肉的拉长量的数值(诸如百分比),或者根据直线、曲线、折线或圆柱形状的厚度减小,或者一些或所有肌肉的平均值。这些值可以被叠加到解剖结构的描绘上,或者在用户界面中的其他地方列出。

[0213] 根据本发明的系统可以通过对过去案例的历史数据分析来提供附加决策支持。如前文,这种分析的数据可以通过一个或多个反馈回路以批准的术前计划或者术中或术后采集的实际执行的手术计划的形式采集。群体可以基于所有可用记录,或者可以如上所述以不同方式进行限制。在优选实施例中,该群体被限于在一个或多个患者特性上示出与要治疗的患者的某种相似性的患者。例如,骨密度可以从CT扫描导出,并且可能在评估肩峰骨折风险方面发挥重要作用。备选地或附加地,形状特性(诸如肩峰的厚度)可能起重要作用。如上所述,这些形状特性可以通过某些测量值或通过拟合到患者的解剖结构的SSM的参数值来定量。分析的结果可以以曲线图、图表或颜色图的形式显示,针对不同的偏侧化量显示这些量在之前已经计划或实施的频率。当前偏侧化可以通过标记物(诸如线、点、菱形等)在曲线图、图表或颜色图上指示。

[0214] 备选地,分析可以调查的肌肉拉长量在之前已经计划或实施的频率。这能够是单个肌肉的肌肉拉长量以及对所有肩部肌肉的选择的平均值或者对所有肩部肌肉的选择的加权平均值。

[0215] 最后,在系统采集和存储关于术中或术后并发症的信息的实施例中,分析可以附加地包括这种并发症的风险,诸如肩峰骨折或不稳定性。然后,用户可以从曲线图、图表或颜色图中看到不仅所选的偏侧化是否在习惯做法内,而且在安全区内。

[0216] 除了或替代上述交互式特征,曲线图、图表或颜色图可以是交互式的。例如,用户可以通过点击曲线图、图表或颜色图或者通过滑动表示当前偏侧化量的标记物来挑选偏侧化量。解剖结构和(多个)计划植入物的任何描绘都可以被自动更新,以反映偏侧化的变化。

[0217] 本文描述的系统和方法能够由例如计算设备操作和执行,诸如台式计算机、便携式计算机、便携式电子设备、平板计算机、智能电话和其他计算机化设备。在一些实施方式中,本文描述的方法可以由本机软件应用执行,而在其他实施方式中,它们可以在服务器-客户端实施方式中执行。例如,在一些实施方式中,被配置为执行本文描述的方法的软件可以由远程服务器或基于云的系统托管。在一些情况下,本文描述的系统和方法的各个方面可以被分布在不同计算设备上。

[0218] 进一步地,本文描述的系统和方法能够由例如医学专业人员(诸如外科医生、医生或护士)或非医学专业人员(诸如临床技术人员、设计工程师、植入物制造商(例如向他概述特定外科医生使用的植入物类型并且生成向他描绘相同情况的绘图)、住院实习学生或患者(例如在实际手术前初排手术的人))操作和执行。

[0219] 示例应用:CMF治疗决策支持

[0220] 本文描述的缺损定量系统还可以被用于检测颅颌面(CMF)区域中的一个或多个缺损,并且对其进行进一步分类,诸如外伤;眼眶重建;牵张成骨;颞下颌关节;颅顶重建;先天性颅面畸形,诸如颅缝早闭;牙槽骨手术;或包括颅颌面区域的一个或多个部位的任何其他整容或重建手术。

[0221] 作为示例实施例,本文描述的缺损定量系统可以使用患者数据(例如成像数据)和一个或多个反馈回路来检测要被定量的缺损的类型,然后对诸如正颌缺损等缺损进行分类。

[0222] 在方法的一个示例中,需要矫正的患者解剖结构的一个或多个医学图像或扫描(通常为成像数据)可以被获取。例如,成像数据可以与患者的颌骨畸形相关。在该示例中,

成像数据可以包括例如患者的下颌骨、上颌骨或下巴中的一个或多个的图像数据。如上所述,成像数据中的解剖结构可以被分割(例如在下颌骨、上颌骨和/或下巴之间)以获得虚拟三维表面模型。然后,健康解剖结构(例如健康的颌骨)的统计形状模型可以被拟合到三维表面模型,以标识患者解剖结构的健康和损伤部分(例如患者颌骨的损失部分)。

[0223] 图19描绘了使用患者成像数据和SSM的缺损定量的表示的示例。在该示例中,成像数据包括叠加在原始健康下颌骨的SSM 1904上的患者骨骼下颌骨解剖结构1902的三维模型。

[0224] 很明显,在该示例中,该患者只需要治疗下颌骨而不是上颌骨。

[0225] 将患者的实际解剖结构(例如通过从医学成像数据创建的三维模型)与健康解剖模型(例如SSM模型)进行比较的方式允许外科医生可视化可能的手术方法。例如,在这种情况下,外科医生能够在提供健康解剖结构作为参考的同时操纵下颌骨的定位。在该示例中,图19所示的缺损和提出的手术治疗可以被标识,诸如下颌骨重建。

[0226] 在计划阶段期间,系统通过示出可以被切除2002的解剖结构的部分来指导外科医生,如图20所描绘的。具体地,该系统示出清晰的切除边缘,并且如果外科医生决定切除比基于定量缺损所需的更多或更少的骨骼,则可以警告外科医生。

[0227] 进一步地,如上所述,三维患者解剖模型可以伴随有与患者相关联的历史数据,并且可以建议用于计划治疗的患者特定植入物。例如,治疗计划可以包括使用骨移植物,并且基于患者的病史,患者的左腓骨可以针对移植物挑选。系统还可以指示腓骨上的健康部位并且示出术后结果。值得注意的是,这些只是几个示例。

[0228] 在另一示例中,提出的治疗计划可能涉及附加CMF区域的治疗,包括上颌骨、下颌骨和颏成形术。

[0229] 图21A描绘了一个示例,其中缺损被分类为LeFort I,这是涉及水平、锥体或横向方向上的上颌骨和周围结构的颅骨骨折的类型。针对这种分类,治疗计划可能涉及双侧矢状劈开截骨术(BSSO)和颏成形截骨术。如上文,患者解剖结构的模型被分割成各个区域2102至2108,其可以被用于缺损定量并且在术前计划期间考虑。

[0230] 图21B描绘了在图21A中定量的缺损的治疗的各个方面。特别地,图21B描绘了治疗缺损的推荐的上颌骨移动距离。在一些情况下,推荐距离可以基于历史数据,并且系统还可以示出可能的上颌骨移动的范围2110A和2110B(例如以mm为单位)。

[0231] 图21C描绘了近端重叠和切除边缘2112的示例。具体地,图21C在2114中标识骨解剖结构的减少是必要的。

[0232] 图21D描绘了缺损的所提出治疗的另一示例。在该示例中,系统显示间隙需要被填充的警告2116。

[0233] 在一些实施例中,基于定量的缺损和初始治疗计划,系统还可以建议相关的植入物类型和大小以连接不同的骨骼部位,诸如以填充图21D中标识的间隙。例如,系统可以建议使用用于放置下颌骨植入物的指导。该系统还可以允许外科医生在做出选择并且相应地更新治疗计划之前可视化不同的植入物选项。

[0234] 示例应用:正颌手术决策支持

[0235] 本文描述的手术计划系统的另一示例应用是正颌手术决策支持。在一个示例中,术前计划工具(例如MATERIALISE®的Proplan CMF等)可以被用于生成具体颅颌面

手术的术前手术计划。来自术前计划工具的成像数据然后可以由缺损定量系统使用,诸如本文描述的。

[0236] 在一个示例中,缺损可以被分类为需要正颌手术来补救缺损的颌骨畸形。在该示例中,缺损定量系统可以基于外科医生熟悉的各种现有截骨术分类来定量缺损,诸如Limberg的斜髁下截骨术、Moose的下颌骨复位程序、Caldwell和Letterman的竖直支截骨术、Trauner和Obweser的矢状劈开截骨术(SSO)、双侧矢状劈开截骨术(BSSO)、Winstanley的口内竖直支截骨术(IVRO)等。如果缺损在上颌骨中,则缺损定量系统还可以允许用户可视化颅骨的不同骨折,诸如Lefort I、Lefort II、修改的LeFort I等。

[0237] 备选地或附加地,缺损定量系统也可以基于切口或手术的类型对缺损进行分类。例如,基于缺损和生成的SSM模型,用户可以选择执行双最大(上颌骨+下颌骨)、多节上颌骨、仅上颌骨、仅下颌骨或颌成形手术。

[0238] 一旦缺损被定量,默认治疗计划就可以如上所述创建。在一些情况下,三维测颅数据(测量与规范的偏差)、不对称性评估和先前手术的记录以及与患者档案一起存储的其他类型的患者数据可以被考虑在内。

[0239] 在一个示例中,如果缺损在下颌骨中,则双侧矢状劈开截骨术(BSSO)可以由手术计划系统提出。在一些情况下,这种治疗可以在没有对上颌(上颌骨)进行任何治疗的情况下执行。手术计划系统可以允许用户(例如外科医生或其他执业医师)在上颌骨中适当改变的情况下可视化下颌骨手术方法,并且允许用户决定最佳方法。

[0240] 在一些实施例中,该系统还可以辅助外科医生选择要选择的BSSO的确切类型,诸如Dalpont、Obwegeser、短支截骨术、倒L和竖直支。取决于缺损和截骨术的类型,系统可以提供警告,诸如接近或损伤周围神经,并且提出合适的截骨术。当在计划的治疗中切除的骨头太多或太少时,手术计划系统还可以警告用户。手术计划系统还可以提示用户适当的切除边缘,并且在与所选患者群体(例如手术被计划的患者作为其一部分的群体)的历史数据相比边缘被超过时发出警告。

[0241] 基于截骨术的类型,手术计划系统还可以帮助用户决定合适的固定方法(诸如患者特定的或标准的)以及固定方法将被放置的区域。用户可用的一些选项可能包括选择一个或多个骨板、骨板类型(患者专用骨板或标准骨板)、指导的使用和/或方头螺钉的使用等。

[0242] 在一些实施例中,如果治疗计划涉及对上颌骨的治疗,则用户可以基于患者历史在两个或更多个骨板之间进行挑选,并且可能能够比较使用历史数据分析和/或患者群体图为类似患者挑选的多个骨板的类型和选择。

[0243] 在一些实施例中,如果治疗计划涉及下颌骨的治疗,则手术计划系统可以允许用户可视化骨板或方头螺钉的定位和定向、上或下固定区域等。手术计划系统还可以允许对骨板的厚度和宽度的选择、基于可用骨量的固定材料(例如CPTi、TAIV、生物可吸收的)、截骨术的每侧的固定螺钉的数量和地点、结合患者特定骨板或标准骨板使用指导等。所有上述选择和配置都可以成为由手术计划系统生成的治疗计划的一部分。

[0244] 在示例实施例中,缺损定量系统可以将患者分类为具有需要治疗下颌骨前移和上颌骨嵌塞的2类狭窄上颌骨的缺损的患者。默认治疗计划可能包括上颌骨的治疗,诸如多节Lefort I截骨术和下颌骨的BSSO。默认治疗计划还可以推荐对上颌骨使用患者特定骨板,

并且对下颌骨在每侧使用三个方头螺钉。手术计划系统的用户(例如外科医生)可以批准默认治疗计划,或可以通过手术计划系统使治疗计划可视化的能力来探索对计划的修改。

[0245] 然后,用户可以批准治疗计划并且在手术期间(例如在手术室中)使用它。当在手术室中时,与治疗计划的改变或偏差可能会被输入到手术计划系统中,诸如执行手术步骤所需的时间、吻合术、骨移植收获缺血时间、手术开始前所需的手术设备检查、失血、定时检查病理组织以确定准确的切除边缘等。

[0246] 在手术完成后,患者档案可以被更新,并且关于治疗的某些数据可以被生成,用于未来的术前手术计划以及历史数据分析,这些数据可以如上所述使用。同样地,其他术后数据也可能被包括在患者档案中,诸如感染率、稳定性和复发率、疼痛分数、出院和相关注意事项、口孔扫描和注意事项、肿瘤病例的复发和复发率、重建手术的皮瓣存活率、功能结果和美学结果等。

[0247] 示例应用:重建手术决策支持

[0248] 本文描述的手术计划系统的另一示例应用是重建手术决策支持。在一个示例中,术前计划工具(例如**MATERIALISE®**的Proplan CMF等)可以被用于生成具体颅颌面手术的术前手术计划。来自术前计划工具的成像数据然后可以由缺损定量系统使用,诸如本文描述的。

[0249] 在一个示例中,缺损可以被分类为涉及下颌骨或中面部的畸形,包括重建手术。基于患者档案数据,诸如患者历史和患者成像数据,患者的三维SSM模型可以被生成。成像数据(示出缺损)和SSM然后可以被比较以生成缺损分类。基于缺损分类,默认治疗计划可以由手术计划系统生成,诸如本文描述的。

[0250] 在癌症患者的情况下,缺损定量系统可以基于癌症和/或病变的类型(良性或恶性)、手术期间要切除和治疗的病变区域、所需的手术次数以及其他因素来定量缺损。任何其他患者信息(诸如其他治疗,如化学疗法、放射疗法等)也被包括在患者档案中。

[0251] 在矫正手术的情况下,患者历史可以在治疗计划期间考虑在内。例如,基于患者成像数据,用户(例如外科医生)能够评估不对称性及其与正常原始解剖结构的偏差。使用基于患者数据的三维模型,缺损与健康解剖结构进行比较来模拟。

[0252] 在外伤的情况下,手术计划系统的可视化功能可以与患者群体和历史数据分析一起使用,以便有效地创建适当的治疗计划。在一些实施例中,手术计划系统可以基于在外伤患者中标识的特性推荐默认计划。

[0253] 进一步地,由手术计划系统执行的历史数据分析可以允许用户比较针对具体指示的各种手术方法的成功率,诸如血管化移植与骨非血管化移植、自体与骨替代物等。

[0254] 在一些实施例中,系统还可以存储将供体与接受者相匹配所需的相关信息,并且手术计划系统还可以提供关于要联系的其他用户(例如其他外科医生)或要与潜在供体联系的其他设施(例如其他医院)的信息。在组织已经被收获的情况下,手术计划系统可以在例如收获的骨移植物的情况下显示关于供体位点发病率的信息。在涉及较大骨缺损的外伤的情况下,手术计划系统可能会提示用户使用更大、更坚固的骨板,并且在一些情况下甚至使用患者特定骨板。值得注意的是,这些只是一些示例,并且其他示例也是可能的。

[0255] 示例应用:心脏治疗

[0256] 本文描述的手术计划系统的另一示例应用是心脏治疗。在一个示例中,术前计划

工具(例如**MATERIALISE®**的MIMICS和MIMICS Enlight等)可以被用于生成结构化心脏和其他血管性介入的术前手术计划。来自术前计划工具的成像数据然后可以由缺损定量系统使用,诸如本文描述的。

[0257] 例如,包括图像、扫描、患者历史等的患者数据由手术计划系统存储。如上所述,成像数据可以被转换为患者解剖结构的三维模型。然后SSM模型可以由缺损定量系统使用,以基于先天性或获得性疾病对心脏缺损进行分类。在一些示例中,缺损可以被分类为间隔缺损、瓣膜性心脏病(诸如主动脉或二尖瓣的心脏病)、血管阻塞、瘘管和其他病症。每个类别可以基于严重程度被进一步划分为几类。一旦缺损被定量,默认治疗计划就可以诸如如上所述生成。

[0258] 在一个示例中,患者可能被标识为主动脉瓣有缺损,指示进行了经导管主动脉瓣更换(TAVR)程序。几个因素能够从三维解剖模型和SSM模型中确定作为缺损分类系统的一部分,这有助于用户(例如外科医生)生成治疗计划,诸如主动脉瓣形态、主动脉根部的评估、瓣环评估(大小和高度)、LVOT钙化、窦管交界处高度、冠状动脉口评估(高度)、外鼻窦评估(直径和高度)、冠状动脉阻塞风险评估、用于设备部署的最优透视投影角度的预测、TAVR设备的经股进入路线评估、经股不可行时的替代路线评估、颈动脉保护设备可行性的评估等。这些因素可能会影响治疗计划决策,诸如导管计划、设备选择、在无法进入传统经股路线的情况下的路线计划、切口大小、设备类型等。

[0259] 在一个示例中,患者可能被标识为二尖瓣有缺损,指示进行了经导管二尖瓣更换(TMVR)程序。作为缺损分类系统的一部分,多个因素可以从三维解剖模型和SSM模型中确定,这有助于外科医生生成治疗计划,诸如评估着陆区,包括评估二尖瓣环的大小(直径、高度、APML、传单)、钙化、估计左心室流出道(LVOT)阻塞的风险、评估与其他心间设备(新的或最近植入的或将要植入的)交互的风险、与这种设备的距离、确定最优经中隔穿刺地点或经心尖路线、评估最优透视角度、乳头肌的高度、左心室的体积和大小、评估递送设备和路线、二尖瓣的成角、进入地点、经中隔交叉(例如卵圆窝)的范围等。这些因素可能会影响例如进入点、切口大小、手术设备的类型和大小等。例如,用户(例如外科医生)可以确定进入点,使得心尖/心尖穿刺垂直于二尖瓣环以放置设备。使用缺损定量系统以及历史数据,外科医生可能能够通过使用一种或多种可视化方法将患者置于所选的患者群体中来预测neoLVOT手术的结果。

[0260] 在一个示例中,患者可以被标识为左心耳(LAA)有缺损,指示LAA已闭合。多个因素能够从三维解剖模型和SSM模型中确定作为缺损分类系统的一部分,这有助于外科医生生成治疗计划,诸如评估用于设备放置的着陆区、确定最优的经中隔穿刺地点、确定和评估用于设备递送的最优透视投影角度、选择和计划递送设备、导管的选择以及与LAA的成角。基于LAA的直径、高度、深度和形状,适当的设备及其大小可以针对治疗计划选择。

[0261] 使用历史数据和患者群体,手术计划系统可以向用户提示设备的类型和大小、导管选择和递送路线作为少数示例。基于疾病的严重程度、患者的年龄、所涉及的健康风险以及设备的可用性和可行性,手术计划系统可以提示用户进行替代治疗。例如,开心手术可以最后被考虑。基于历史数据,系统还可以存储关于导管递送和使用的路径的相关信息,诸如导管变形百分比,并且警告用户考虑更合适的导管(如果可用的话)。

[0262] 其他结构性心脏介入(诸如瓣周漏、房间隔缺损(ASD)、卵圆孔未闭(PFO))也可以

使用本文描述的手术计划系统进行计划。

[0263] 进一步地,术中测量还可以被建议,诸如透视的最佳查看角度或C臂角度以在手术期间正确定位患者,并且适当的警告可以在术前计划期间并且经由在计划的治疗(例如手术)期间的一个或多个导航系统提供。

[0264] 例如,基于患者的解剖结构的成像数据(例如CT或MRI图像),患者心脏的解剖结构的虚拟三维模型能够被制作。缺损能够以上述方式定量。

[0265] 在图22所描绘的示例中,患者被标识为二尖瓣有缺损。

[0266] 结构性心脏介入(诸如TMVR)涉及放置二尖瓣设备2202,如图22所描绘的。基于患者心脏的三维模型,如图22所描绘的,用户(例如外科医生)可以确定植入物的大小、类型、位置和地点。诸如成角、对应于流体通道的可用横截面面积等患者度量可以被考虑在内。进一步地,使用手术计划系统的一个或多个可视化工具,渗漏风险可以在考虑植入物类型的同时确定。更进一步地,一种递送方法和进入点也可能会影响植入物的选择。

[0267] 在另一示例中,要被递送的植入物的当前递送路线可能需要为需要LAA程序的患者确定。在这种情况下,基于患者的解剖结构以及其进入点和递送轨迹来选择导管需要被计划,使得在手术期间,植入物被安全地递送给患者。

[0268] 图23描绘了用于递送植入物的目标轨迹2302。手术计划系统的用户可以在制定最终治疗计划之前用不同的导管实验。进一步地,如果为患者选择的递送路径会导致进一步的并发症,手术计划系统可以警告用户重新考虑递送路径。

[0269] 示例应用:膝关节治疗决策支持

[0270] 本文描述的手术计划系统的另一示例应用是用于关节缺损(例如踝关节、髋关节),诸如膝关节治疗决策支持。在一个示例中,术前计划工具(例如**MATERIALISE®**的SurgiCase Knee Planner)可以被用于生成关节置换(诸如膝关节)的术前手术计划。患者数据可以由手术计划系统使用,包括医学成像数据(例如MRI和CT扫描)、患者历史、手术前的PROM分数、新的或修订的手术信息、髌骨高度、轴、畸形类型等,以生成治疗计划。

[0271] 例如,缺损定量系统可以被用于将缺损的严重程度分类为需要全膝关节置换或部分膝关节置换。如上文,缺损定量系统可以将患者解剖结构的三维模型与SSM模型进行比较,以帮助定量缺损。在计划之前或期间,诸如植入物的类型(标准的或患者特定的)和大小等信息以及关于弓形腿/外翻角度、软骨磨损和其他软组织数据的信息可以被呈现给用户,使得术前计划可以被确定。

[0272] 在一些情况下,用户可以将生成的默认术前计划与所选的患者群体进行比较,并且使用历史数据分析,如上所述。具体地,手术计划系统可以向用户呈现关于为什么建议某种类型的植入物、植入物的位置和地点、要被考虑的弓形腿/外翻角度的信息,并且该系统可以使用户能够可视化如何改变植入物特性会影响患者的预期术后效果。

[0273] 例如,如果患者年轻且活跃,则手术计划系统可能会提取关于年轻患者的治疗选项的数据,并且建议用户考虑部分膝关节置换(PKA)而不是全膝关节置换(TKA)。手术计划系统还可以建议用户使用指导以及患者特定的植入物,同时示出具有最小软骨磨损和撕裂的最适合的治疗选项。

[0274] 手术计划系统还可以使用户能够在生物力学模型上查看治疗计划,该模型包括骨骼和软骨信息以及软组织数据,诸如韧带和肌肉附着。进一步地,手术计划系统还可以被配

置为通过旋转和平移来模拟生物力学模型,并且呈现诸如韧带伸长率和膝关节负载等数据,因此由于治疗而对膝关节周围的软组织造成的损伤最小。

[0275] 在一些情况下,生物力学模型可以使用上述反馈回路中的一个反馈回路存储,并且可以在手术期间(实时)用作参考(与导航系统一起),因此它可以提示用户(例如外科医生)并且在实际治疗偏离治疗计划或遇到其他并发症时发出警告。

[0276] 在一些实施例中,术中测量值可以被存储,诸如与术前计划的偏差、软组织信息等,以完成患者档案并且还创建未来的术前计划和历史治疗数据。

[0277] 在一些实施例中,包括与计划的偏差的术中测量值可以由手术计划系统记录,诸如:需要胶接(胫骨/股骨)、髌骨、方法、对准技术、股骨旋转、股骨外翻、髌骨松解、内侧和外侧松解、手术后达到的平衡满意度水平(例如不开心、开心、非常开心)、失血、手术时间、闭合时的运动范围、机器人或其他导航系统的使用、骨质、诊断、PCL切口和大小、肢体对准(弓形腿/中性/外翻)、切口前的关节间隔开口(内侧/外侧)、植入物放置后的关节间隔开口(内侧/外侧)、松弛度分数(例如高/良好/低)、屈曲挛缩、韧带松解、髌骨再塑、使用胫骨和/或股骨指导和指导拟合、胫骨斜度、胫骨近端切口、胫骨植入物、确认计划的植入物是否被使用或其他大小和类型、胫骨的插入类型和厚度、股骨远端切口、股骨后切口、AP股骨移位、股骨前切口、股骨植入物旋转、ROM:最大屈曲、屈曲平衡、伸展平衡等。

[0278] 进一步地,术后数据(诸如由外科医生当前使用的PROM分数,诸如KSS、KOOS、OKS、EQ5D、FJS)等以及由患者或其治疗师在随访期间提供的其他输入也可以由手术计划系统记录。

[0279] 在一个示例中,患者的骨骼和/或软骨解剖结构的医学图像(诸如CT或MRI图像)可以被用于生成患者膝关节的三维模型2402。缺损能够通过上述方式进行定量。

[0280] 例如,图24描绘了膝关节(胫骨和股骨)的骨解剖结构上的软骨厚度的表示。某些标识的区域(例如2404)被认为是健康的,诸如发现足够数量的软骨的地方。其他区域(例如2406)指示有缺损,诸如较弱的软骨区域。该信息可以由用户(例如外科医生)在决定为治疗计划选择哪个治疗选项时使用。

[0281] 例如,用户可以决定用部分膝关节置换治疗患者,而不是基于图24中的图像进行全膝关节置换,因此在健康区域发现的软骨可以被保存。基于该决策,手术计划系统可能会从各种植入物中为该患者建议植入物、大小、品牌和类型。

[0282] 进一步地,手术计划系统可以被配置为允许用户在对治疗计划做出最终决策之前针对软骨磨损可视化植入物的类型和大小。在一些实施例中,用户还可以使用历史数据和患者群体分析来比较植入物的类型,诸如如上所述。

[0283] 进一步地,手术计划系统还可以被配置为显示用于肢体对准的弓形腿/外翻角度2502,诸如图25所描绘的。

[0284] 类似地,手术计划系统可以被配置为经由三维模型显示其他患者度量,诸如胫骨斜率、植入物的位置和地点、切除值等。

[0285] 曾经,植入物针对患者的解剖结构选择,诸如图26所示的植入物,针对患者的胫骨,用户(例如外科医生)还可以细化植入物在三维模型内的位置。例如,如果植入物悬垂(如2602中所描绘的),手术计划系统可以警告用户,并且可以建议用户重新估计植入物的位置。在一些情况下,如果合适的位置未被建立,则手术计划系统可能会建议不同的植入

物。

[0286] 示例方法

[0287] 图27描绘了用于用统计形状模型对缺损进行分类的示例方法2700。

[0288] 方法2700开始于步骤2702,获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据。

[0289] 方法2700然后进行到步骤2704,基于医学图像数据来创建三维解剖模型。

[0290] 方法2700然后进行到步骤2706,将统计形状模型拟合到三维解剖模型。

[0291] 方法2700然后进行到步骤2708,基于经拟合的统计形状模型来确定一个或多个定量测量。

[0292] 方法2700然后进行到步骤2710,基于一个或多个定量测量来对与患者的解剖结构相关联的缺损进行分类。

[0293] 在方法2700的一些实施例中,将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:将统计形状模型细分为多个拓扑区域;以及从多个拓扑区域确定拓扑区域子集,以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型。

[0294] 在方法2700的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:在多个拓扑区域中的相应拓扑区域被包括在拓扑区域子集中时,如果拟合误差超过阈值,则排除相应拓扑区域。

[0295] 在方法2700的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:从多个拓扑区域选择第一拓扑区域;仅基于第一拓扑区域来将统计形状模型拟合到三维解剖模型;以及基于统计形状模型的第一拟合来计算第一拟合误差,第一拟合基于第一拓扑区域。

[0296] 在方法2700的一些实施例中,第一拟合误差被计算为统计形状模型上的多个点与三维解剖模型上的多个对应点之间的均方根误差(RMSE)。

[0297] 在方法2700的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:确定第一拟合误差低于阈值;从多个拓扑区域选择第二拓扑区域;基于第二拓扑区域来将统计形状模型拟合到三维解剖模型;以及基于统计形状模型的第二拟合来计算第二拟合误差,第二拟合基于第二拓扑区域。

[0298] 在方法2700的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:确定第一拟合误差高于阈值;以及基于第一拟合误差高于阈值,从拓扑区域子集中排除多个拓扑区域中的第二拓扑区域。

[0299] 在一些实施例中,方法2700还包括:基于排除第二拓扑区域,从拓扑区域子集中排除多个拓扑区域中的第三拓扑区域。

[0300] 在方法2700的一些实施例中,阈值为约1.7mm。在方法2700的一些实施例中,阈值在0.5mm到3mm的范围内。

[0301] 在方法2700的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:从拓扑区域子集中排除多个拓扑区域中已知的损坏的或变形的拓扑区域。

[0302] 在方法2700的一些实施例中,基于一个或多个定量测量对缺损进行分类还包括:组合两个或更多个分类系统,以便生成三维分类,其中两个或更多个分类系统中的每个分类系统基于患者的解剖结构的不同视角。

[0303] 在一些实施例中,方法2700还包括:基于与患者的解剖结构相关联的经分类的缺损,创建默认治疗计划。

[0304] 在一些实施例中,方法2700还包括:获取与具有经分类的缺损的多个患者相关联的患者数据;基于与患者相关联的特性来选择患者群体数据;以及基于患者群体数据来显示比较多个治疗选项的治疗选项分析。

[0305] 在一些实施例中,方法2700还包括:基于与患者相关联的特性,在治疗选项分析上显示患者参考。

[0306] 在一些实施例中,方法2700还包括:基于治疗选项分析来修改默认治疗计划。

[0307] 在方法2700的一些实施例中,多个治疗选项涉及肩部缺损的治疗。

[0308] 在方法2700的一些实施例中,多个治疗选项涉及关节缺损的治疗。

[0309] 在方法2700的一些实施例中,多个治疗选项涉及解剖结构的病变部位的治疗。

[0310] 在方法2700的一些实施例中,多个治疗选项涉及解剖结构的缺损部位的治疗。

[0311] 图28描绘了用于确定解剖缺损的治疗的示例方法2800。

[0312] 方法2800开始于步骤2802,获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据。

[0313] 方法2800然后进行到步骤2804,基于医学图像数据来创建三维解剖模型。

[0314] 方法2800然后进行到步骤2806,将统计形状模型拟合到三维解剖模型。

[0315] 方法2800然后进行到步骤2808,基于三维解剖模型和统计形状模型来标识缺损。

[0316] 方法2800然后进行到步骤2810,基于所标识的缺损来确定默认治疗。

[0317] 方法2800然后进行到步骤2812,接收与具有所标识的缺损的多个其他患者相关联的患者群体数据,其中患者群体数据包括与所标识的缺损的不同治疗相关联的多个患者群体数据子集。

[0318] 方法2800然后进行到步骤2814,生成可视化,包括:基于至少一个患者特性对每个患者群体数据子集表示;以及基于至少一个患者特性对患者的表示。

[0319] 方法2800然后进行到步骤2816,选择针对患者的最终治疗。

[0320] 在方法2800的一些实施例中,最终治疗包括经修改的默认治疗。

[0321] 在方法2800的一些实施例中,最终治疗包括默认治疗。

[0322] 在一些实施例中,方法2800还包括:基于与患者相关联的治疗结果和所选择的治疗,生成新的患者群体数据条目。

[0323] 在方法2800的一些实施例中,将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:将统计形状模型细分为多个拓扑区域;以及从多个拓扑区域确定拓扑区域子集,以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型。

[0324] 在方法2800的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:在多个拓扑区域中的相应拓扑区域被包括在拓扑区域子集中时,如果拟合误差超过阈值,则排除相应拓扑区域。

[0325] 在方法2800的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:从多个拓扑区域选择第一拓扑区域;仅基于第一拓扑区域来将统计形状模型拟合到三维解剖模型;以及基于统计形状模型的第一拟合来计算第一拟合误差,第一拟合基于第一拓扑区域。

[0326] 在方法2800的一些实施例中,第一拟合误差被计算为统计形状模型上的多个点与

三维解剖模型上的多个对应点之间的均方根误差 (RMSE)。

[0327] 在方法2800的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:确定第一拟合误差低于阈值;从多个拓扑区域选择第二拓扑区域;基于第二拓扑区域来将统计形状模型拟合到三维解剖模型;以及基于统计形状模型的第二拟合来计算第二拟合误差,第二拟合基于第二拓扑区域。

[0328] 在方法2800的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:确定第一拟合误差高于阈值;以及基于第一拟合误差高于阈值,从拓扑区域子集中排除多个拓扑区域中的第二拓扑区域。

[0329] 在一些实施例中,方法2800还包括:基于排除第二拓扑区域,从拓扑区域子集中排除多个拓扑区域中的第三拓扑区域。

[0330] 在方法2800的一些实施例中,阈值为约1.7mm。

[0331] 在方法2800的一些实施例中,阈值在0.5mm到3mm的范围内。

[0332] 在方法2800的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:从拓扑区域子集中排除多个拓扑区域中已知的损坏的或变形的拓扑区域。

[0333] 在方法2800的一些实施例中,最终治疗涉及肩部缺损的治疗。

[0334] 在方法2800的一些实施例中,最终治疗涉及关节缺损的治疗。

[0335] 在方法2800的一些实施例中,最终治疗涉及解剖结构的病变部位的治疗。

[0336] 在方法2800的一些实施例中,最终治疗涉及解剖结构的缺损部位的治疗。

[0337] 图29描绘了用于确定解剖缺损的治疗的示例方法。

[0338] 方法2900开始于步骤2902,获取与患者的解剖结构相关联的医学图像数据。

[0339] 方法2900然后进行到步骤2904,基于医学图像数据来创建三维解剖模型。

[0340] 方法2900然后进行到步骤2906,将统计形状模型拟合到三维解剖模型。

[0341] 方法2900然后进行到步骤2908,基于三维解剖模型和统计形状模型来标识缺损。

[0342] 方法2900然后进行到步骤2910,使用历史数据分析来接收默认治疗计划,其中历史数据包括针对所标识的缺损的先前使用的术前治疗计划。

[0343] 方法2900然后进行到步骤2912,可选地,生成可视化,包括:基于至少一个患者特性对治疗计划的表示;以及基于至少一个患者特性对患者的表示。

[0344] 方法2900然后进行到步骤2914,批准针对患者的最终治疗。

[0345] 在方法2900的一些实施例中,最终治疗包括经修改的默认治疗。

[0346] 在方法2900的一些实施例中,最终治疗包括默认治疗。

[0347] 在一些实施例中,方法2900还包括:基于与患者相关联的治疗结果和所选择的治疗,生成新的患者群体数据条目。

[0348] 在方法2900的一些实施例中,将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:将统计形状模型细分为多个拓扑区域;以及从多个拓扑区域确定拓扑区域子集,以用于将统计形状模型拟合到统计解剖模型。

[0349] 在方法2900的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:在多个拓扑区域中的相应拓扑区域被包括在拓扑区域子集中时,如果拟合误差超过阈值,则排除相应拓扑区域。

[0350] 在方法2900的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:从多个拓扑区域选择第一拓扑区域;仅基于第一拓扑区域来将统计形状模型拟合到三维解剖模型;以及基于统计形状模型的第一拟合来计算第一拟合误差,第一拟合基于第一拓扑区域。

[0351] 在方法2900的一些实施例中,第一拟合误差被计算为统计形状模型上的多个点与三维解剖模型上的多个对应点之间的均方根误差(RMSE)。

[0352] 在方法2900的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:确定第一拟合误差低于阈值;从多个拓扑区域选择第二拓扑区域;基于第二拓扑区域来将统计形状模型拟合到三维解剖模型;以及基于统计形状模型的第二拟合来计算第二拟合误差,第二拟合基于第二拓扑区域。

[0353] 在方法2900的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:确定第一拟合误差高于阈值;以及基于第一拟合误差高于阈值,从拓扑区域子集中排除多个拓扑区域中的第二拓扑区域。

[0354] 在一些实施例中,方法2900还包括:基于排除第二拓扑区域,从拓扑区域子集中排除多个拓扑区域中的第三拓扑区域。

[0355] 在方法2900的一些实施例中,阈值为约1.7mm。

[0356] 在方法2900的一些实施例中,阈值在0.5mm到3mm的范围内。

[0357] 在方法2900的一些实施例中,从多个拓扑区域确定拓扑区域子集以用于将统计形状模型拟合到三维解剖模型还包括:从拓扑区域子集中排除多个拓扑区域中已知的损坏的或变形的拓扑区域。

[0358] 在方法2900的一些实施例中,最终治疗涉及肩部缺损的治疗。

[0359] 在方法2900的一些实施例中,最终治疗涉及关节缺损的治疗。

[0360] 在方法2900的一些实施例中,最终治疗涉及解剖结构的病变部位的治疗。

[0361] 在方法2900的一些实施例中,最终治疗涉及解剖结构的缺损部位的治疗。

[0362] 示例处理系统

[0363] 图30描绘了示例性处理系统3000,被配置为执行用于检测和移除个人可标识信息的方法。

[0364] 处理系统3000包括连接至数据总线3008的CPU 3002。CPU 3002被配置为处理例如存储在存储器3010或存储装置3030中的计算机可执行指令,并且使处理系统3000执行本文例如相对于图27至图29描述的方法。CPU 3002被包括在内,以代表单个CPU、多个CPU、具有多个处理核心的单个CPU以及能够执行计算机可执行指令的其他形式的处理架构。

[0365] 处理系统3000还包括允许处理系统3000与输入/输出设备接口连接的输入/输出设备和接口3004,诸如例如键盘、显示器、鼠标设备、笔输入、触敏输入设备、相机、麦克风、医学成像设备和允许与处理系统3000进行交互的其他设备。要注意的是,尽管未用独立的外部I/O设备描绘,处理系统3000可以通过物理和无线连接与外部I/O设备(例如外部显示设备)连接。

[0366] 处理系统3000还包括网络接口3006,该网络接口3006向处理系统3000提供对外部计算设备的访问,诸如经由网络3009。

[0367] 处理系统3000还包括存储器3010,在该示例中,该存储器3010包括被配置为执行

本文描述的功能的各种组件。在该实施例中,存储器3010包括成像组件3012、建模组件3014、拟合组件3016、定量组件3018、分类组件3020、确定组件3022、选择组件3024、显示3026和标识组件3028。这些各种组件可以例如包括被配置为执行本文描述的各种功能的计算机可执行指令。

[0368] 要注意的是,尽管为了简单起见在图30中被示出为单个存储器3010,存储在存储器3010中的各个方面可以被存储在不同的物理存储器中,但是全部经由内部数据连接(诸如总线3012)由CPU 3002可访问。例如,存储器3010的一些组件可以本地驻留在处理系统3000上,而在其他实施例中,其他组件可以在远程处理系统上或者基于云的处理系统中执行。这仅是一个示例。

[0369] 处理系统3000还包括存储装置3030,在该示例中,该存储装置3030包括患者数据3032、医学成像数据3034、患者群体数据3036、治疗数据3038、手术设备数据3040、默认计划数据3042、术前计划数据3044、术中计划数据3046、术后计划数据3048、历史数据和绘图3050以及SSM模型数据3052。尽管未在图30中描绘,但是其他方面可以被包括在存储装置3030中。

[0370] 与存储器3010一样,单个存储装置3030为了简单起见在图30中描绘,但是存储在存储装置3030中的各个方面可以被存储在不同的物理存储装置中,但全部经由内部数据连接(诸如总线3008)或外部连接(诸如网络接口3006)由CPU 3002可访问。

[0371] 附加考虑

[0372] 先前描述被提供,以使本领域的任何技术人员都能够实践本文描述的各种实施例。本文讨论的示例不限制权利要求中陈述的范围、适用性或实施例。对于本领域技术人员来说,这些实施例的各种修改将是显而易见的,并且本文定义的一般原理可以被应用于其他实施例。例如,在不脱离本公开的范围的情况下,改变可以对所讨论的元件的功能和布置进行。各种示例可以适当地省略、替换或者添加各种程序或组件。例如,所描述的方法可以按照与所描述的不同顺序执行,并且各种步骤可以被添加、省略或组合。而且,相对于一些示例描述的特征可以在一些其他示例中组合。例如,装置可以被实施,或者方法可以使用本文陈述的任何数量的方面来实践。另外,本公开的范围旨在覆盖使用其他结构、功能性或者除本文陈述的本公开的各个方面之外或与其不同的结构和功能性来实践的这种装置或方法。应该理解的是,本文公开的本公开的任何方面可以由权利要求的一个或多个元素实施。

[0373] 如本文使用的,词语“示例性”表示“充当示例、实例或说明”。本文描述为“示例性”的任何方面都不必被解释为比其他方面优选或有利。

[0374] 如本文使用的,引用项目列表中的“至少一个”的短语指的是这些项目的任何组合,包括单个成员。作为示例,“以下至少一个:a、b或c”旨在覆盖a、b、c、a-b、a-c、b-c和a-b-c以及具有多个相同项目的任何组合(例如a-a、a-a-a、a-a-b、a-a-c、a-b-b、a-c-c、b-b、b-b-b、b-b-c、c-c和c-c-c或者a、b和c的任何其他排序)。

[0375] 如本文使用的,术语“确定”涵盖多种动作。例如,“确定”可以包括计算(calculating)、计算(computing)、处理、导出、调查、查找(例如在表格、数据库或另一数据结构中查找)、查明等。而且,“确定”可以包括接收(例如接收信息)、访问(例如访问存储器中的数据)等。而且,“确定”可以包括解析、选择、挑选、建立等。

[0376] 本文公开的方法包括用于实现这些方法的一个或多个步骤或动作。在不脱离权利

要求的范围的情况下,方法步骤和/或动作可以彼此互换。换言之,除非步骤或动作的具体顺序被指定,否则在不脱离权利要求的范围的情况下,具体步骤和/或动作的顺序和/或使用可以被修改。进一步地,上述方法的各种操作可以通过能够执行对应功能的任何合适的部件来执行。该部件可以包括(多个)各种硬件和/或软件组件和/或(多个)模块,包括但不限于电路、专用集成电路(ASIC)或处理器。通常,在存在附图所图示的操作的情况下,这些操作可以具有对应的对应部件加功能组件,其具有类似编号。

[0377] 结合本公开描述的各种说明性逻辑块、模块和电路可以用通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或者其他可编程逻辑设备(PLD)、离散门或晶体管逻辑、离散硬件组件或者被设计为执行本文描述的功能的任何组合来实施或执行。通用处理器可以是微处理器,但是在替代方案中,处理器可以是任何商用处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器也可以被实施为计算设备的组合(例如DSP和微处理器的组合、多个微处理器、结合DSP核心的一个或多个微处理器或者任何其他这种配置)。

[0378] 处理系统可以用总线架构来实施。取决于处理系统的具体应用和总体设计约束,总线可以包括任何数量的互连总线和桥接器。总线可以将包括处理器、机器可读介质和输入/输出设备等的各种电路链接在一起。用户界面(例如小键盘、显示器、鼠标、操纵杆等)也可以被连接至总线。总线还可以链接各种其他电路,诸如定时源、外围设备、电压调节器、电源管理电路和本领域众所周知的其他电路元件,因此将不再进一步描述。处理器可以用一个或多个通用和/或专用处理器来实施。示例包括微处理器、微控制器、DSP处理器和能够执行软件的其他电路系统。本领域技术人员将认识到如何取决于特定应用和强加在整个系统上的整体设计约束来最好地实施处理系统的所描述功能性。

[0379] 如果在软件中实施,则功能可以作为一个或多个指令或代码存储在计算机可读介质上或者通过计算机可读介质发送。软件应该被广义地解释为表示指令、数据或其任何组合,无论是指软件、固件、中间件、微码、硬件描述语言还是其他。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质,诸如便于将计算机程序从一个地方传送到另一个地方的任何介质。处理器可以负责管理总线和一般处理,包括存储在计算机可读存储介质上的软件模块的执行。计算机可读介质可以被耦合至处理器,使得处理器能够从该存储介质读取信息,并且向该存储介质写入信息。在替代方案中,存储介质对于处理器来说可能是必不可少的。通过示例,计算机可读介质可以包括传输线、由数据调制的载波和/或在其上存储有指令的与无线节点分离的计算机可读存储介质,所有这些都可以通过处理器通过总线接口访问。备选地或另外,计算机可读介质或其任何部分可以被集成到处理器中,诸如可以具有缓存和/或通用寄存器文件的情况。通过示例,机器可读存储介质的示例可以包括RAM(随机存取存储器)、闪存、ROM(只读存储器)、PROM(可编程只读存储器)、EPROM(可擦除可编程只读存储器)、EEPROM(电可擦可编程只读存储器)、寄存器、磁盘、光盘、硬盘驱动器或任何其他合适的存储介质或其任何组合。机器可读介质可以在计算机程序产品中实施。

[0380] 软件模块可以包括单个指令或许多指令,并且可以被分布在多个不同的代码分段上、分布在不同的程序之间以及跨多个存储介质分布。计算机可读介质可以包括多个软件模块。软件模块包括在由诸如处理器等装置执行时使处理系统执行各种功能的指令。软件模块可以包括发送模块和接收模块。每个软件模块可以驻留在单个存储设备中,或者被分布在多个存储设备上。通过示例,当触发事件发生时,软件模块可以从硬盘驱动器加载到

RAM中。在执行软件模块期间,处理器可能会将一些指令加载到缓存中,以提高访问速度。然后一个或多个缓存线可以被加载到通用寄存器文件中,以供处理器执行。当引用软件模块的功能性时,要理解的是,这种功能性是在执行来自该软件模块的指令时由处理器实施的。

[0381] 以下权利要求不旨在被限于本文所示的实施例,而是符合与权利要求的语言一致的全部范围。在权利要求内,除非如此明确规定,否则以单数形式引用元素并非旨在表示“一个且只有一个”,而是“一个或多个”。除非具体规定,否则术语“一些”指的是一个或多个。根据35U.S.C. §112(f)的规定,任何权利要求元素均未被解释,除非该元素使用短语“用于…的部件”明确叙述,或者在方法权利要求的情况下,该元素使用短语“用于…的步骤”来叙述。与本领域普通技术人员已知或稍后已知的贯穿本公开描述的各个方面的元素等效的所有结构和功能通过引用明确地并入本文,并且旨在由权利要求涵盖。而且,无论这种公开内容是否在权利要求中明确叙述,本文公开的内容都不旨在专用于公众。

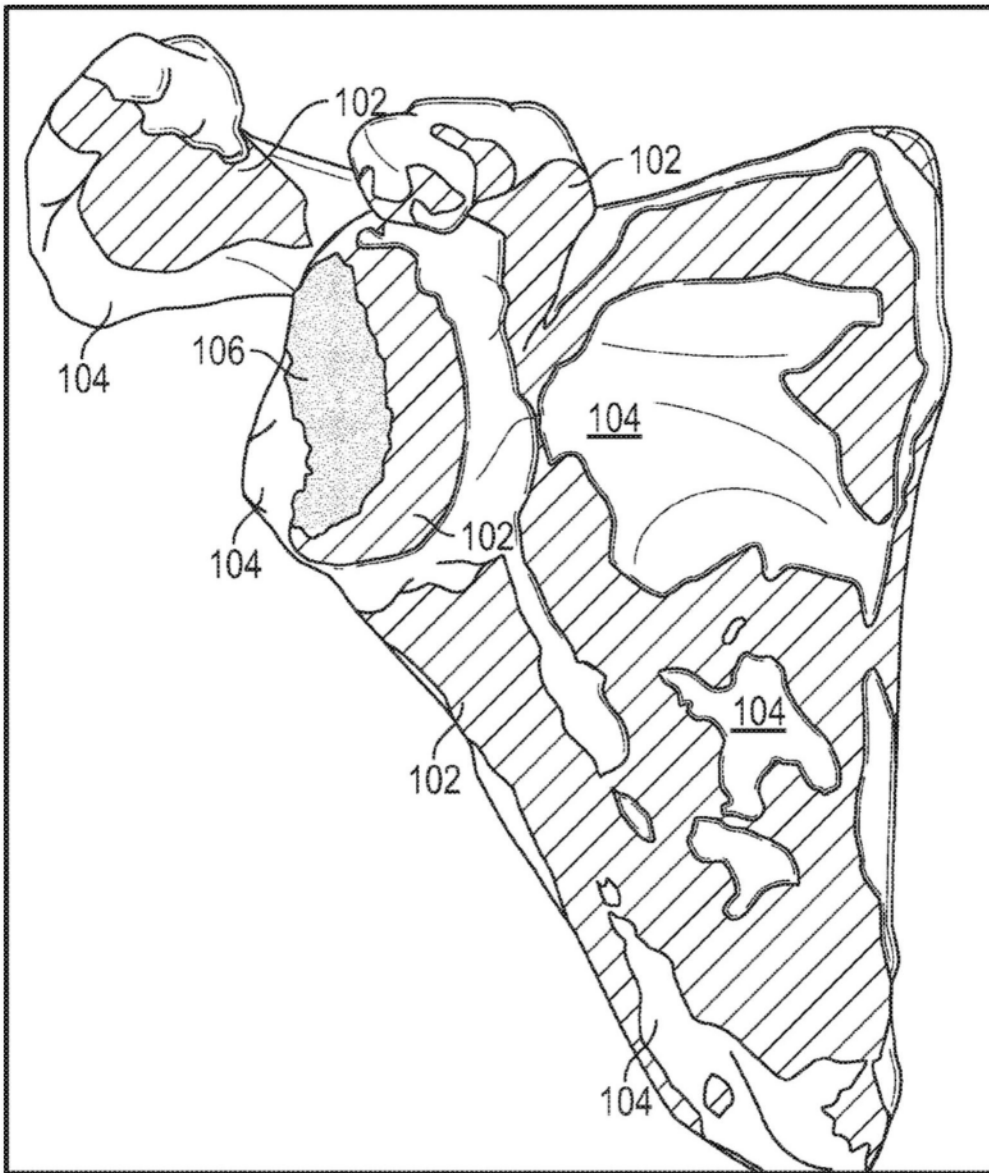


图1

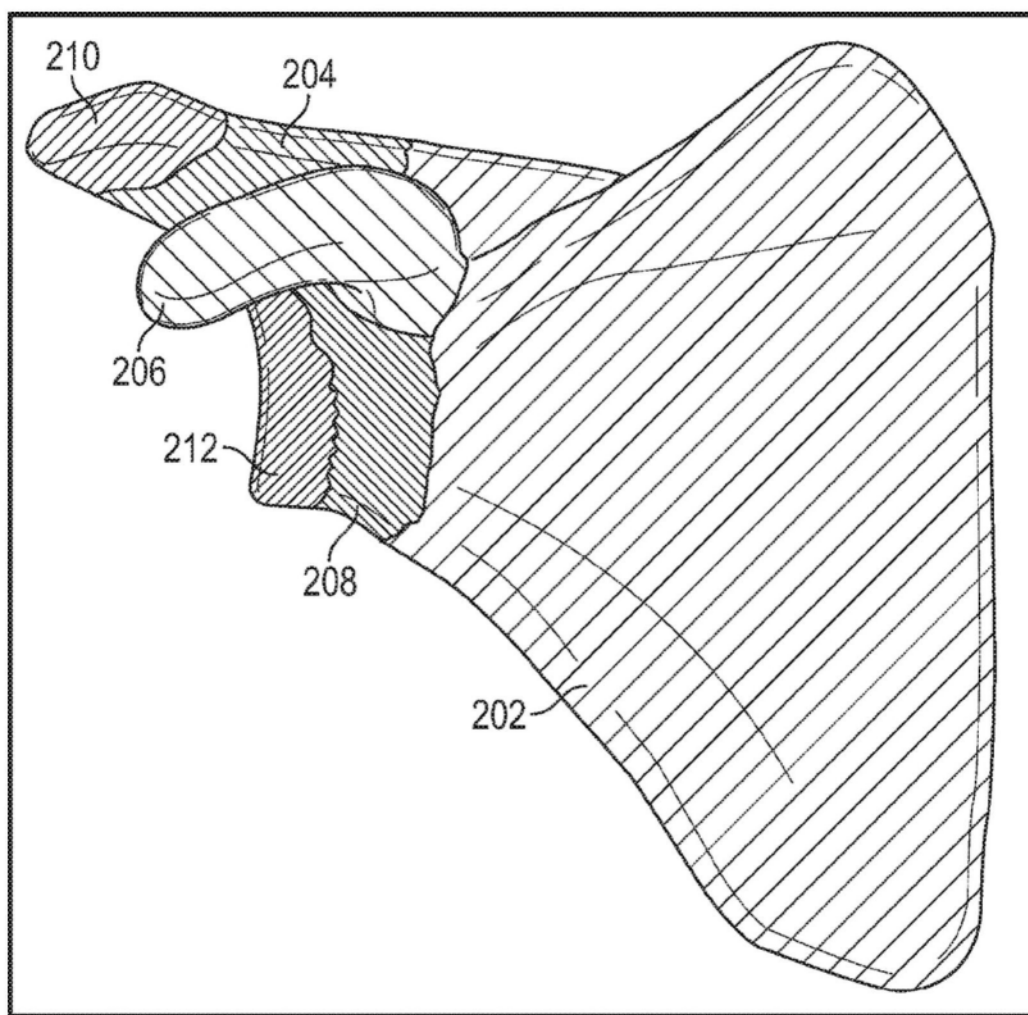


图2

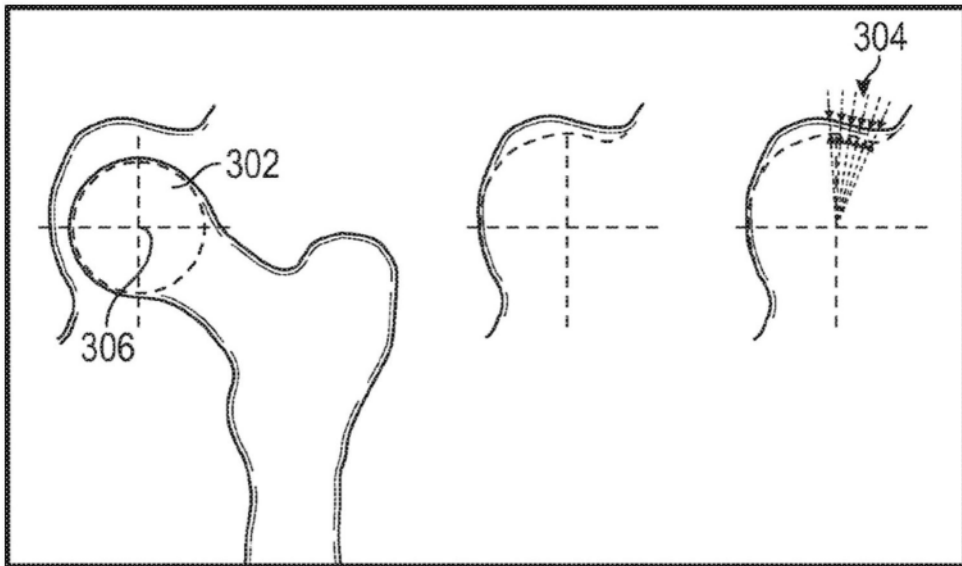


图3

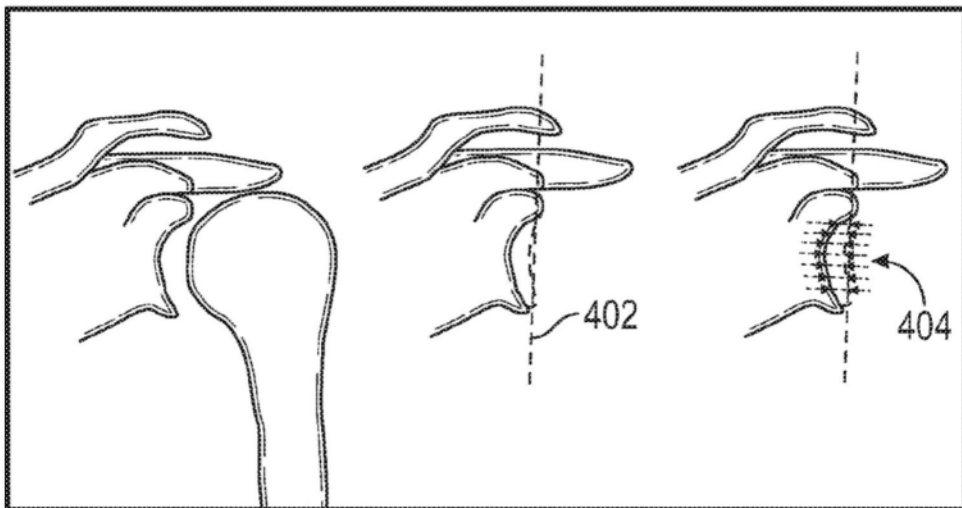


图4

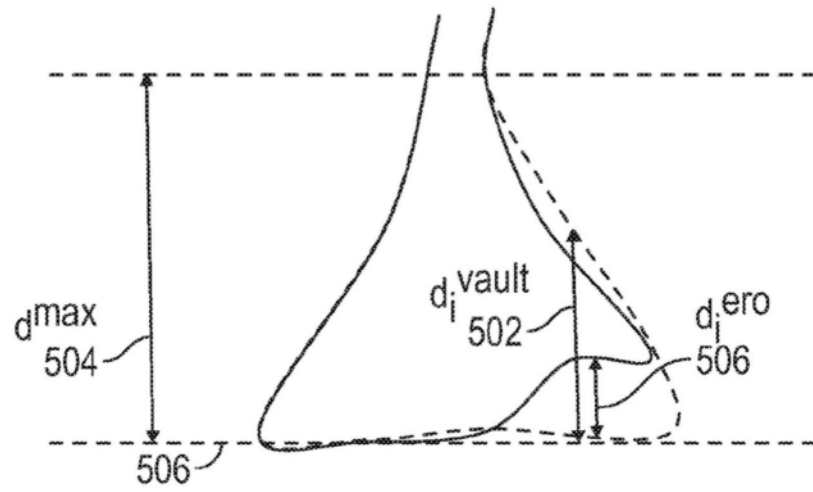


图5



图6

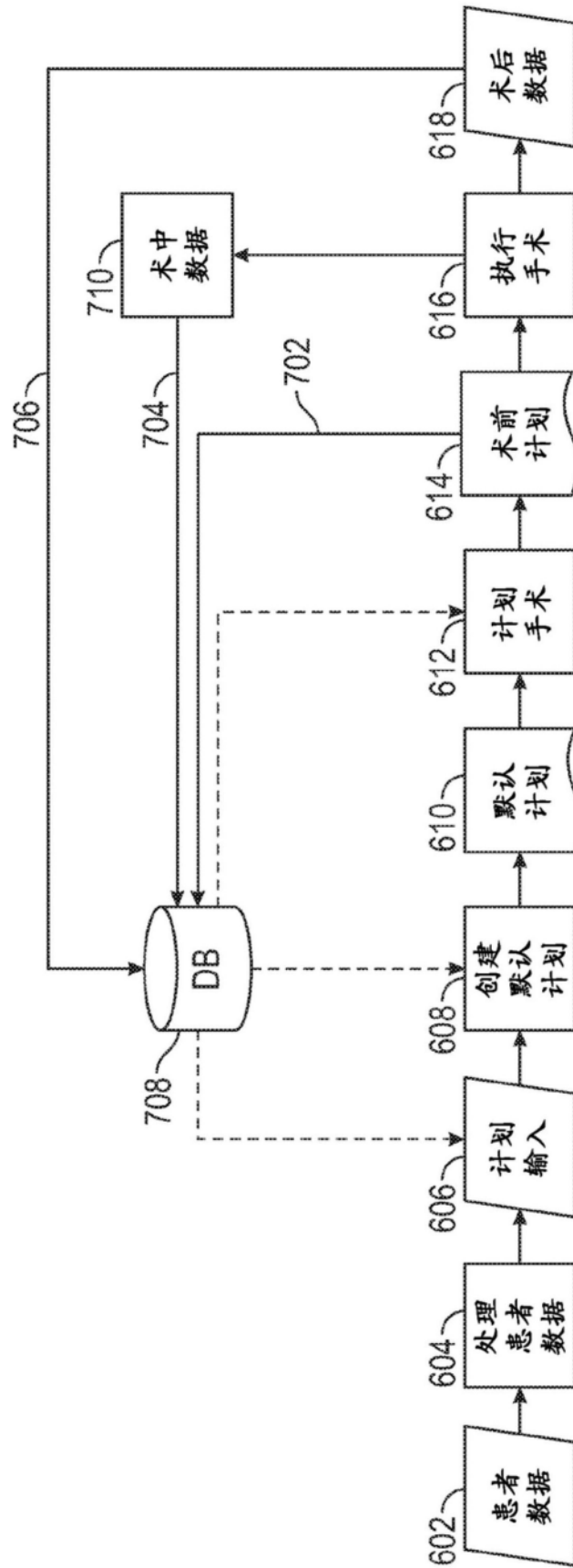


图7

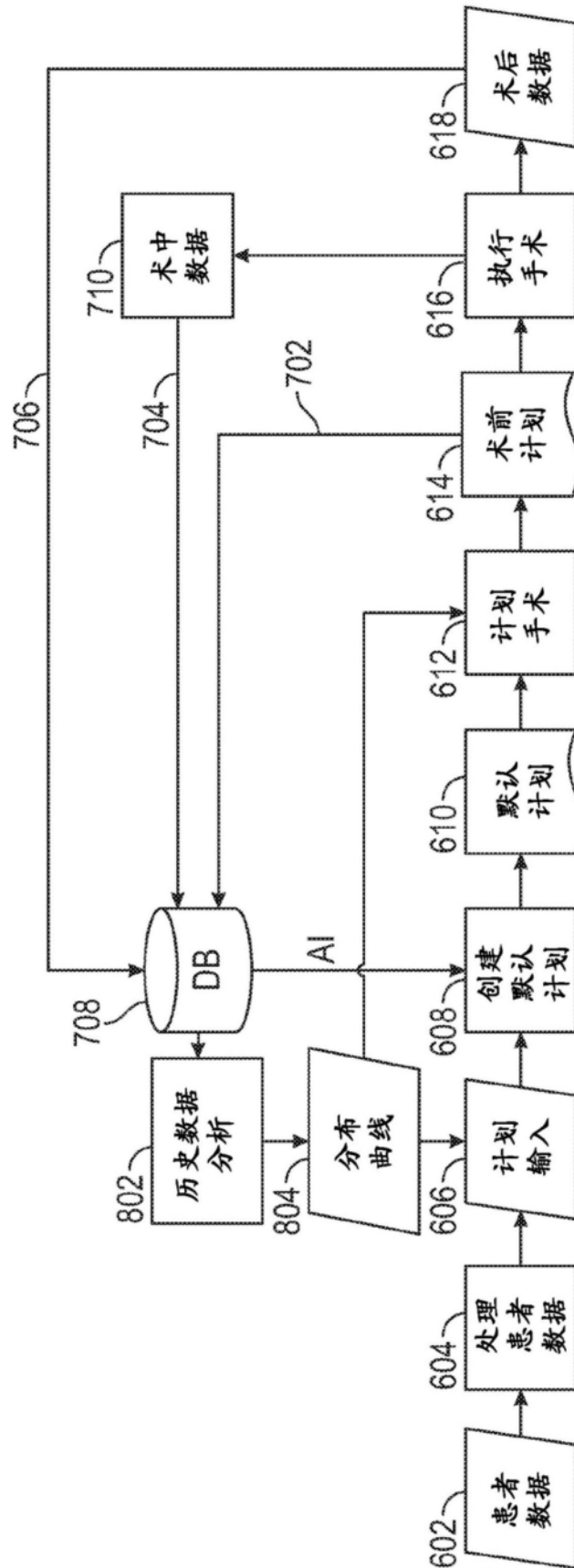


图8

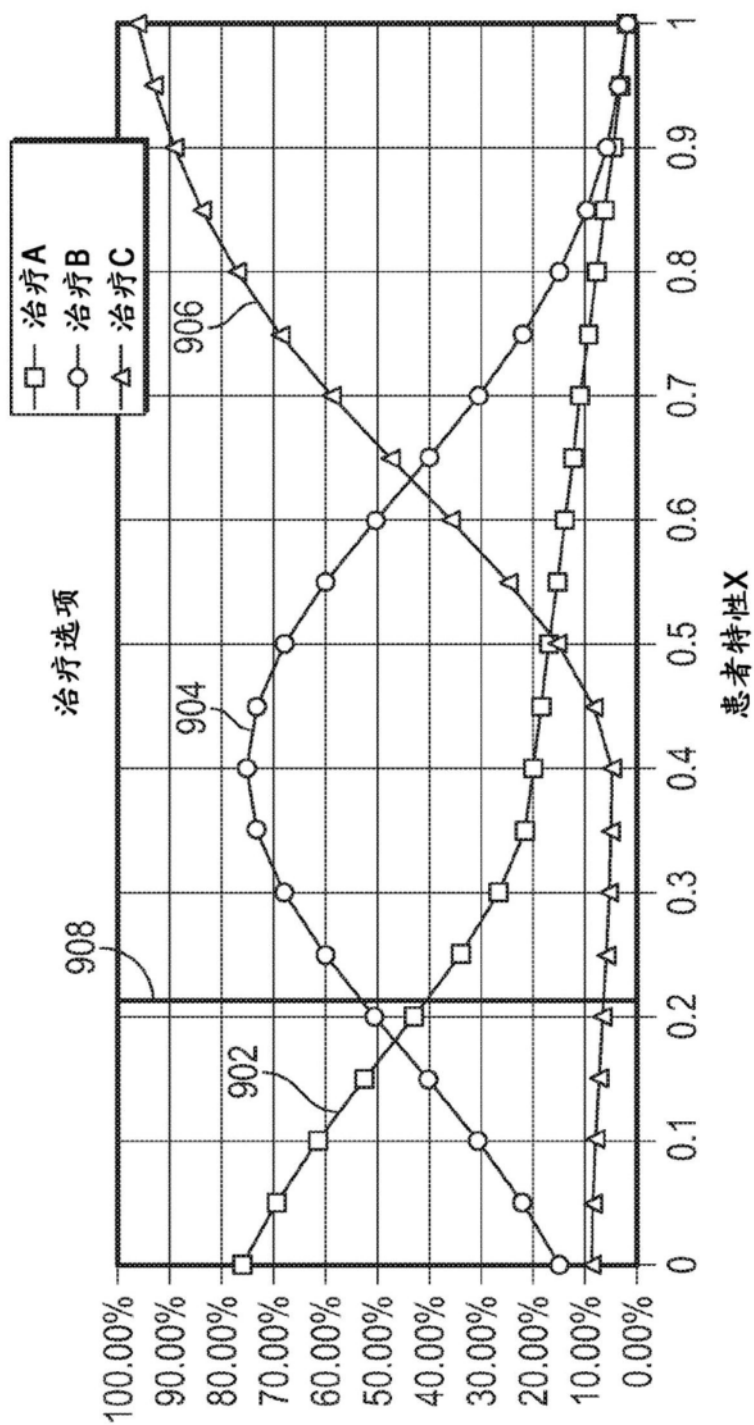


图9

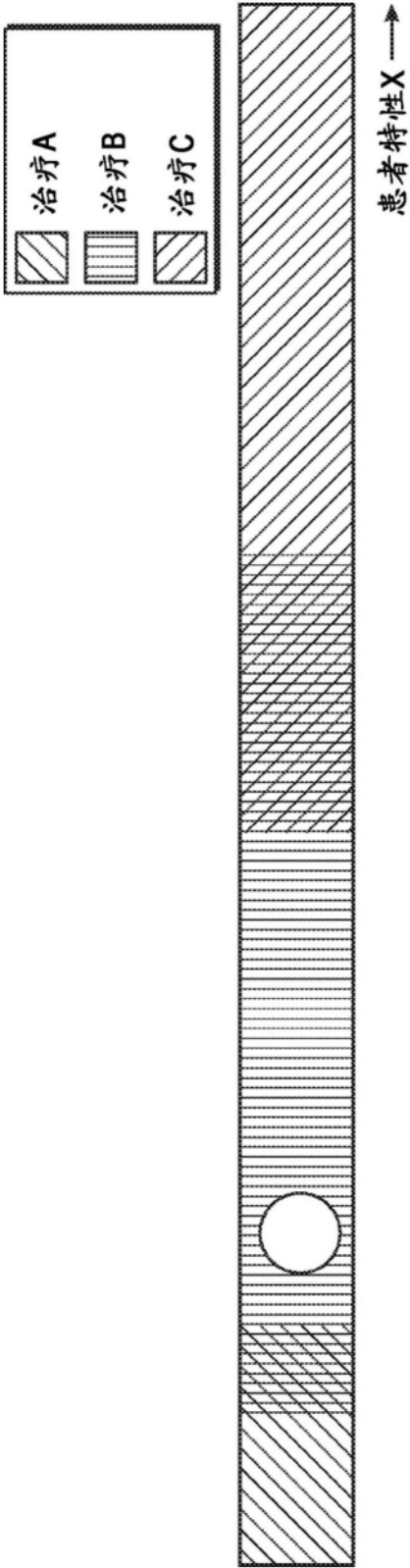


图10

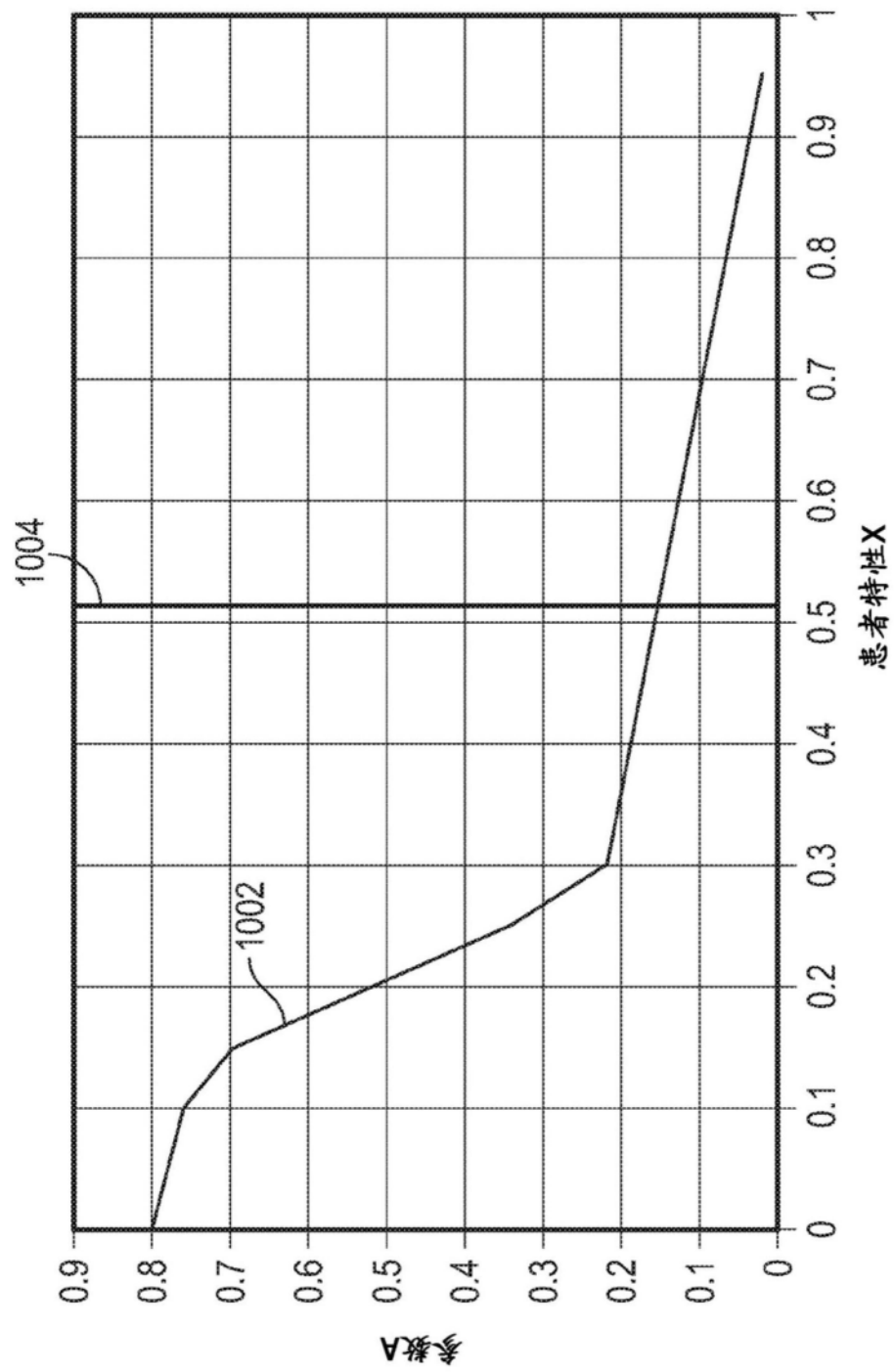


图11

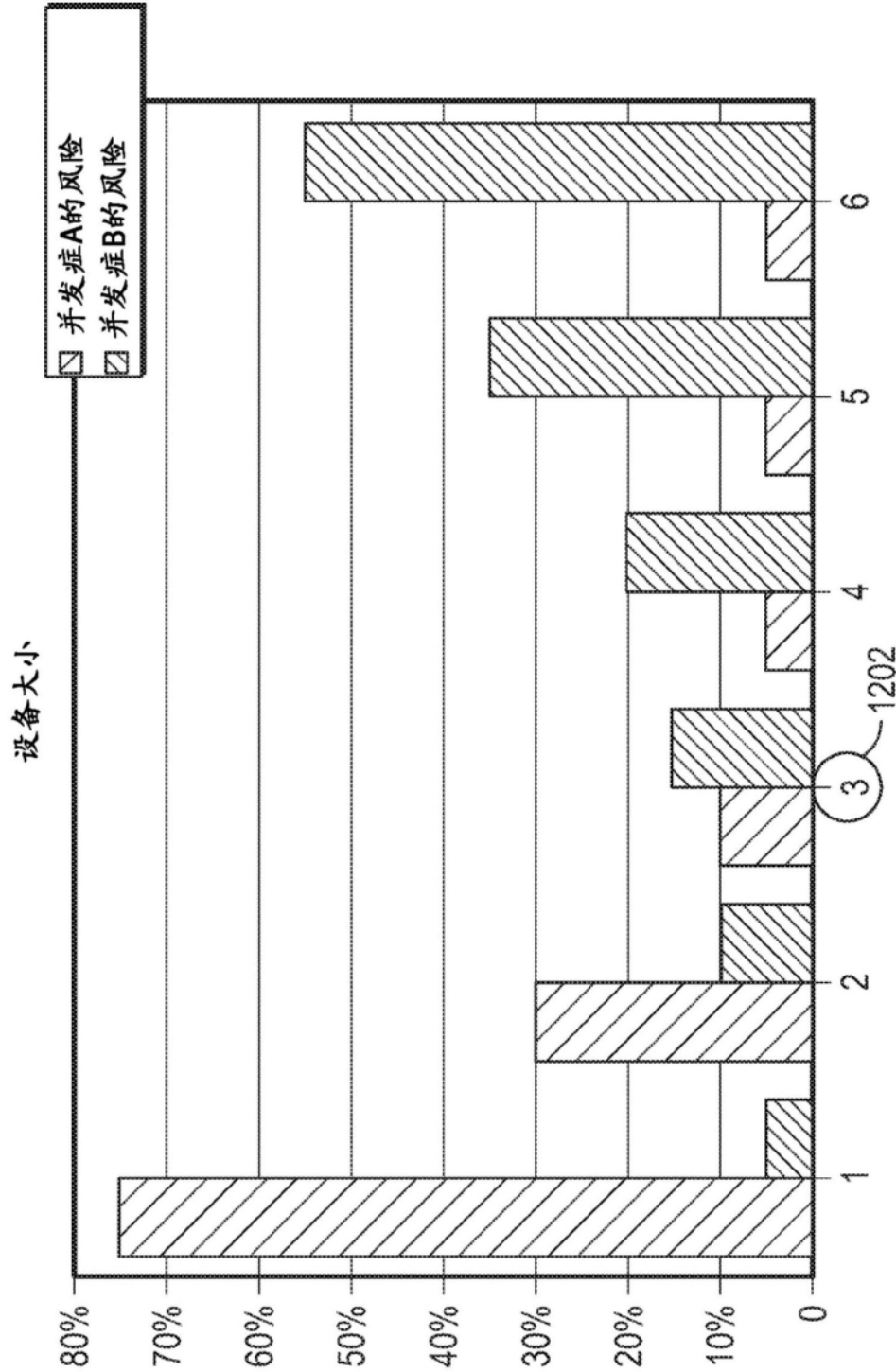


图12

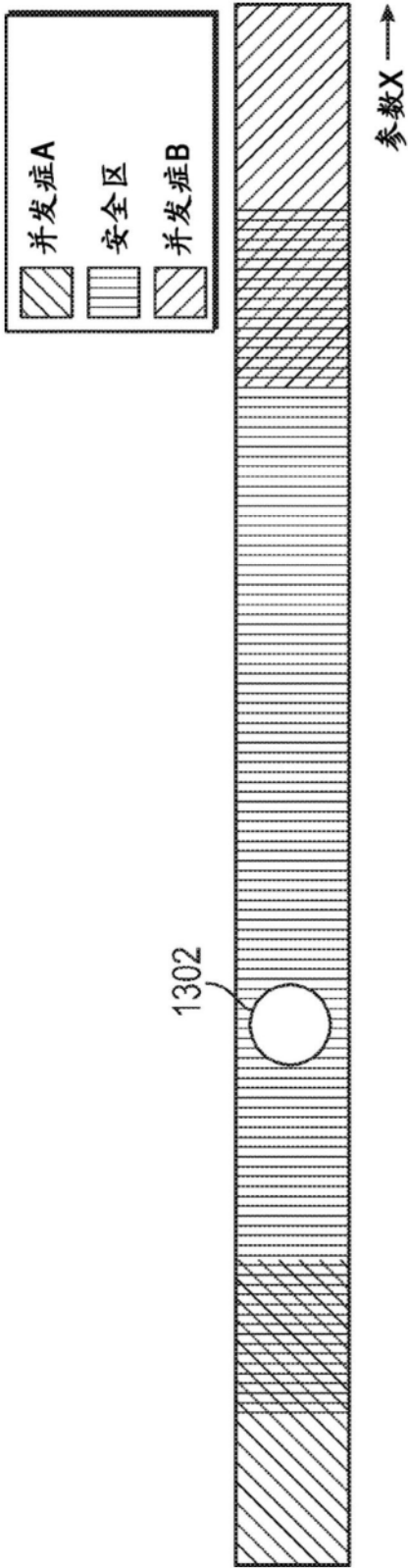


图13

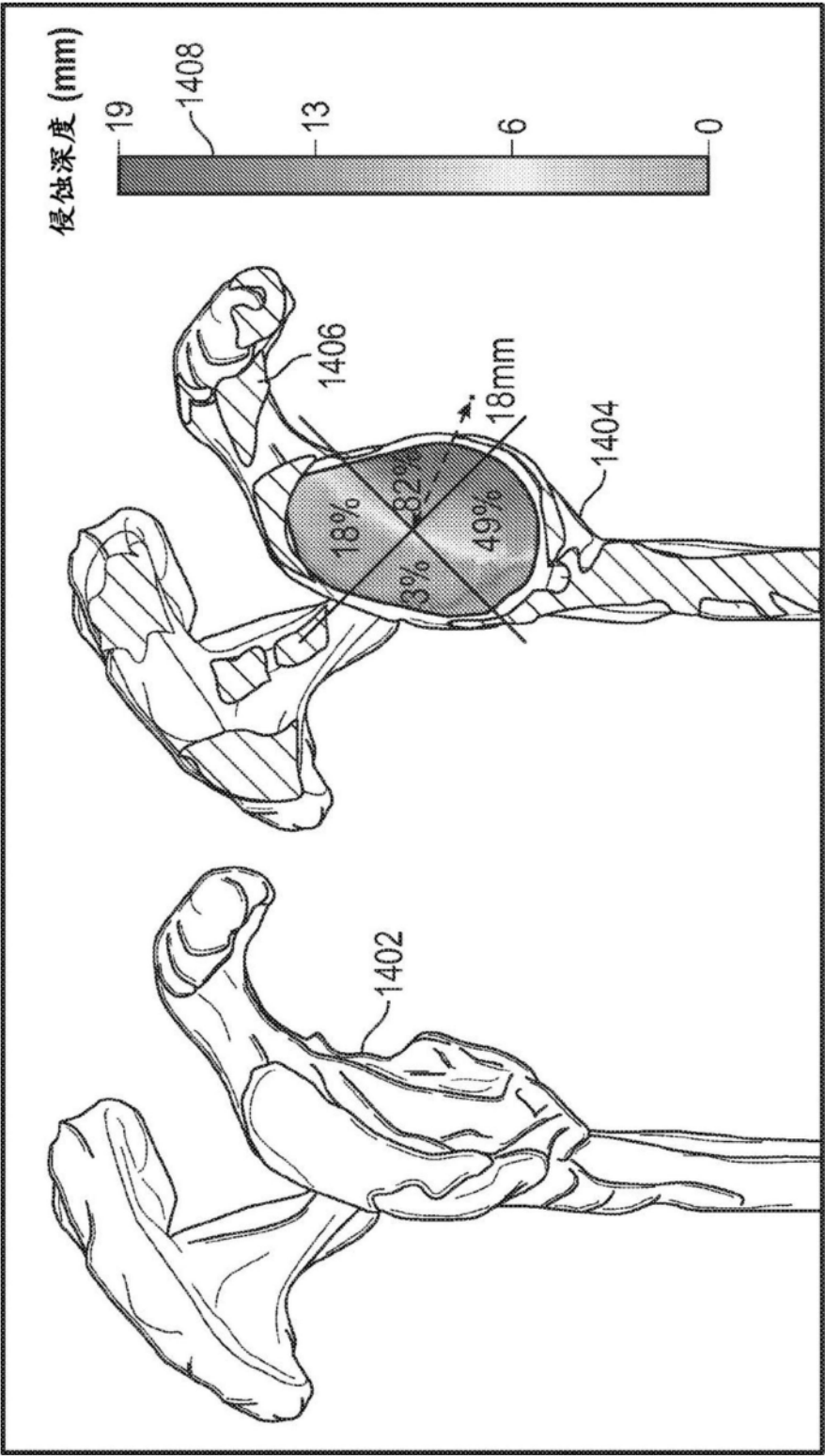


图14

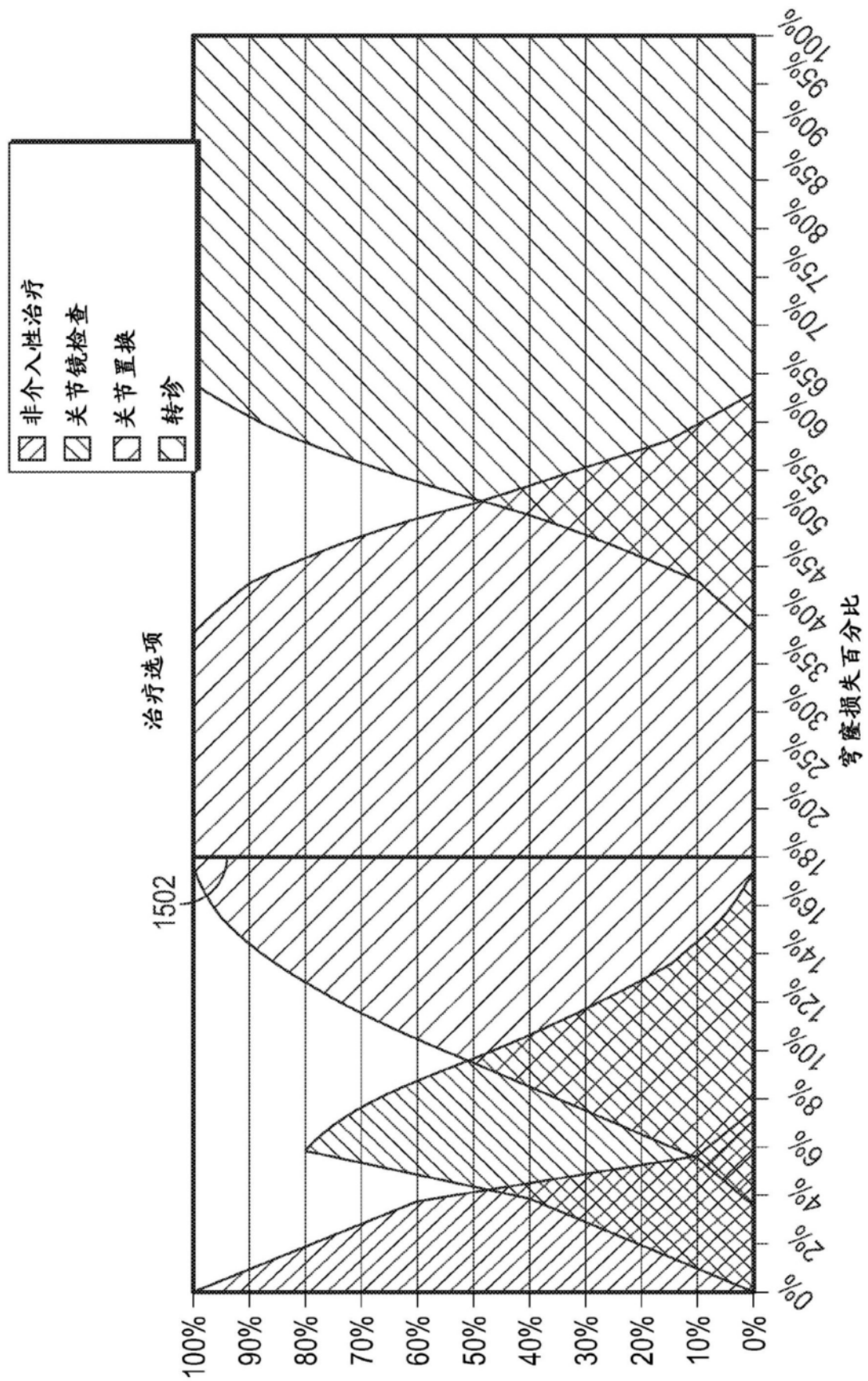


图15

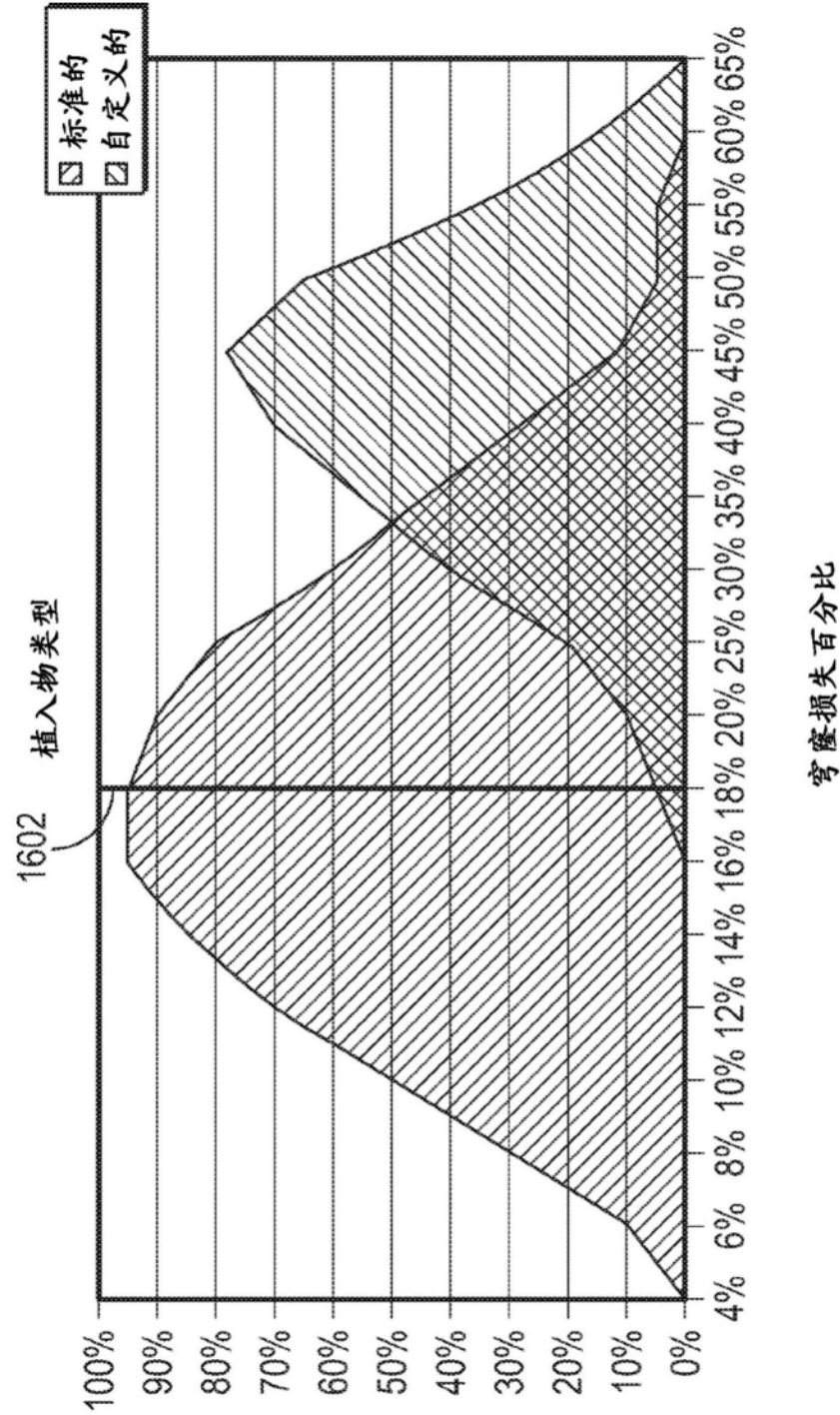


图16

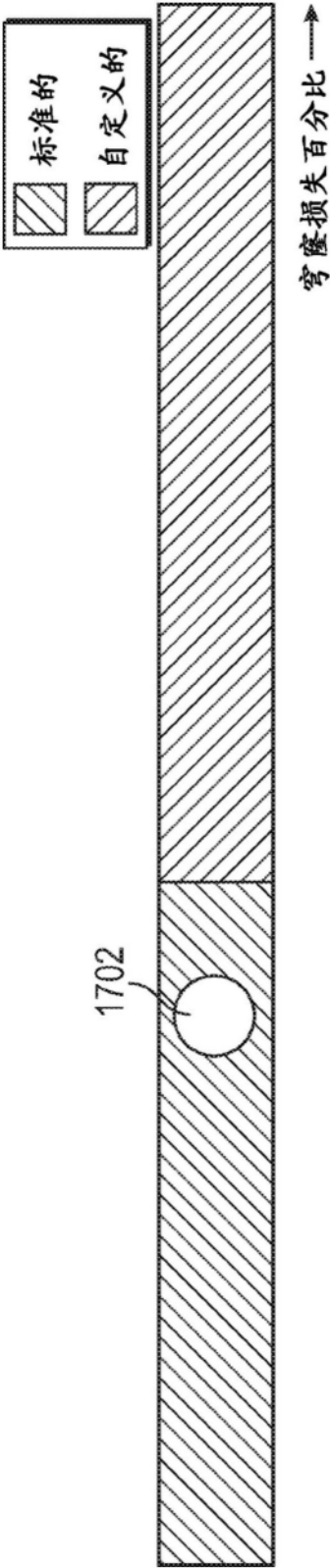


图17

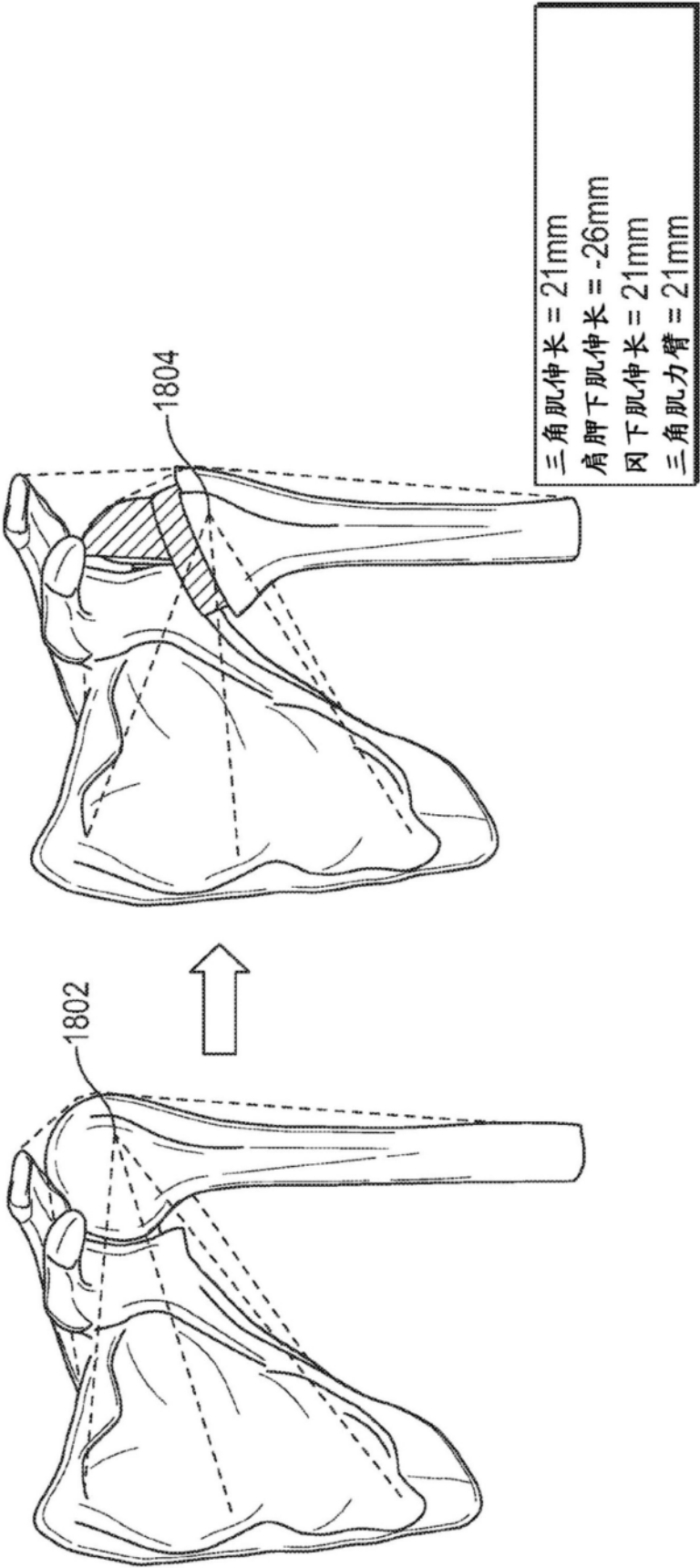


图18

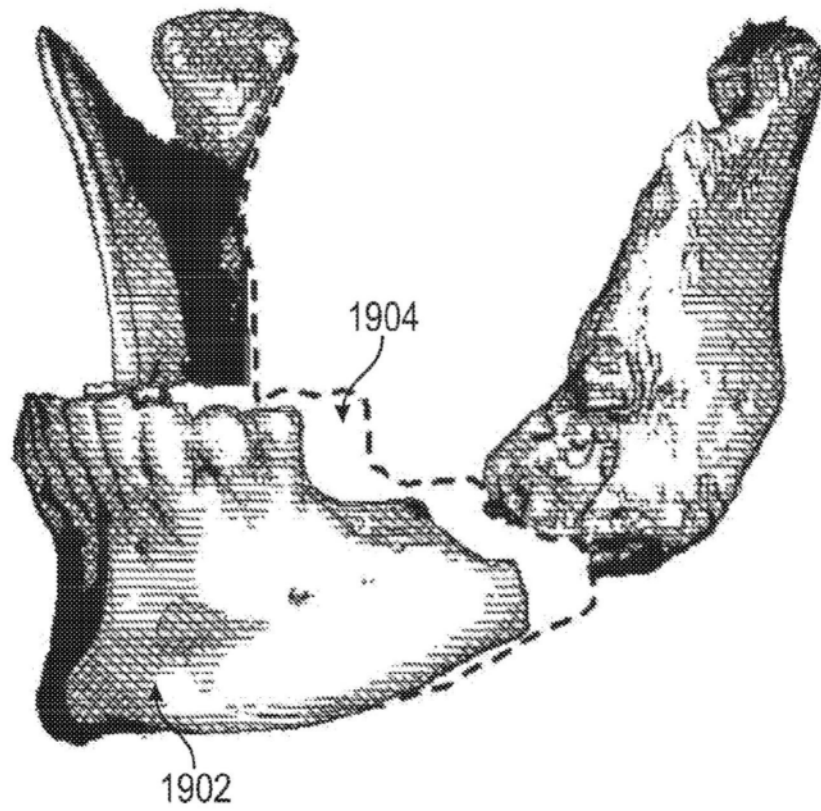


图19

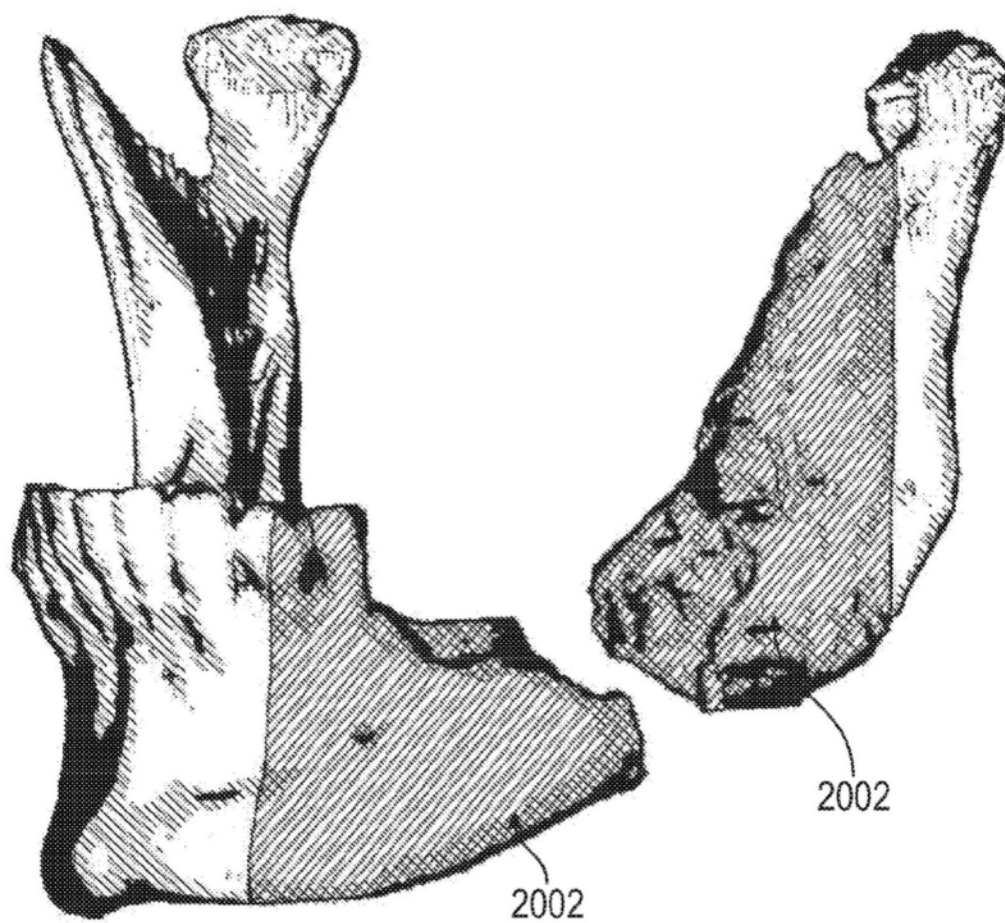


图20

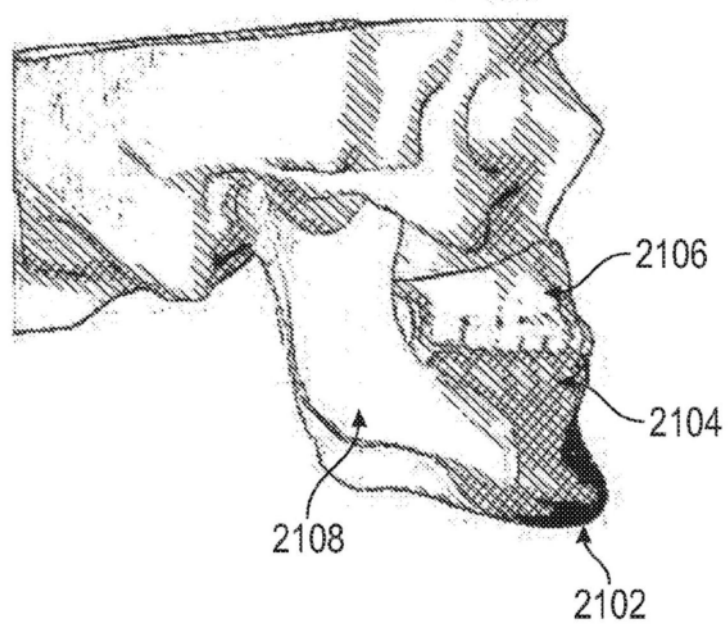


图21A

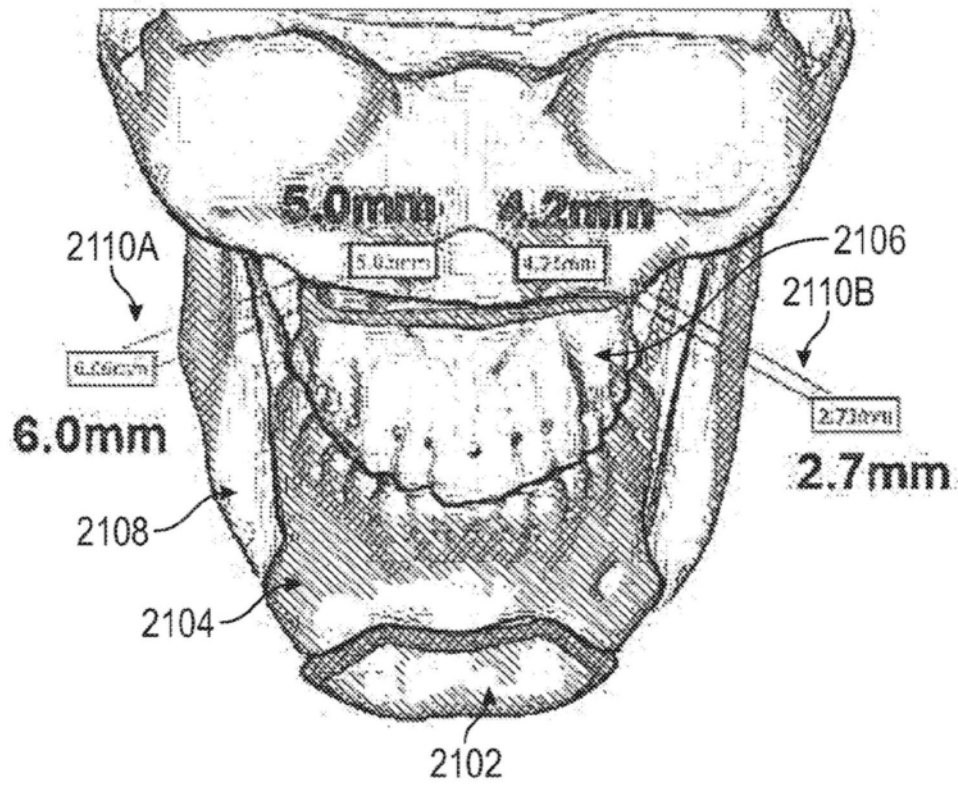


图21B

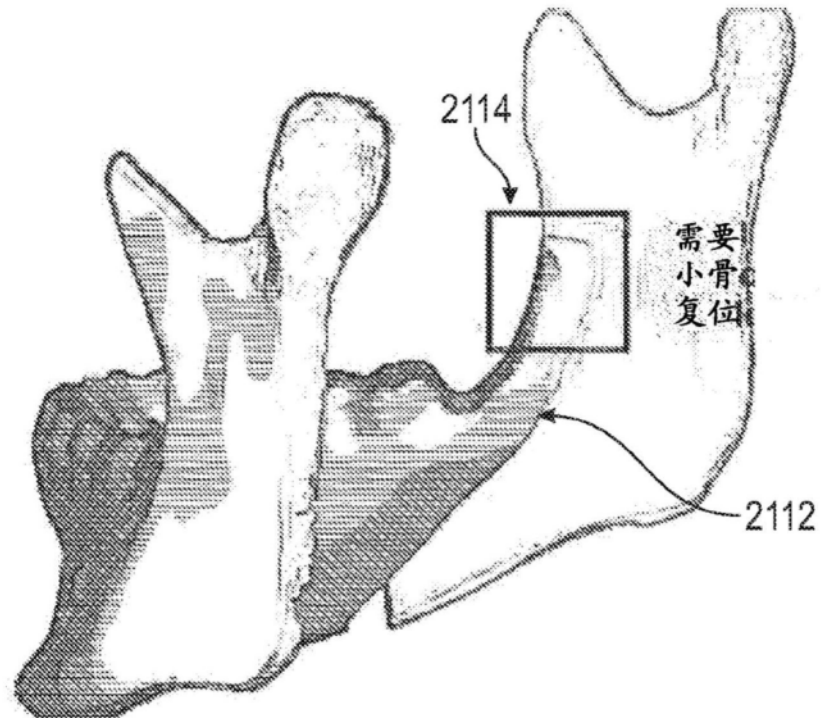


图21C

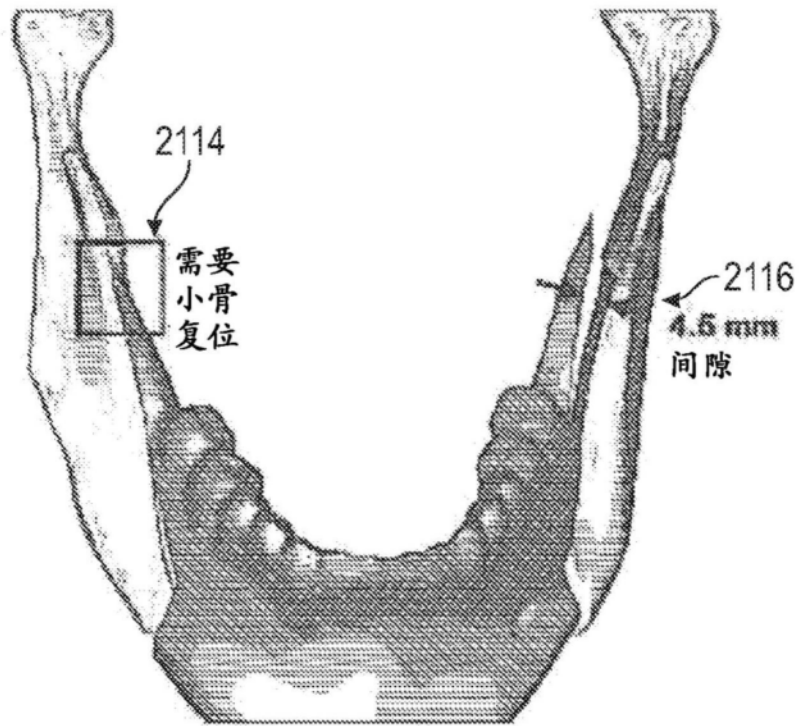


图21D

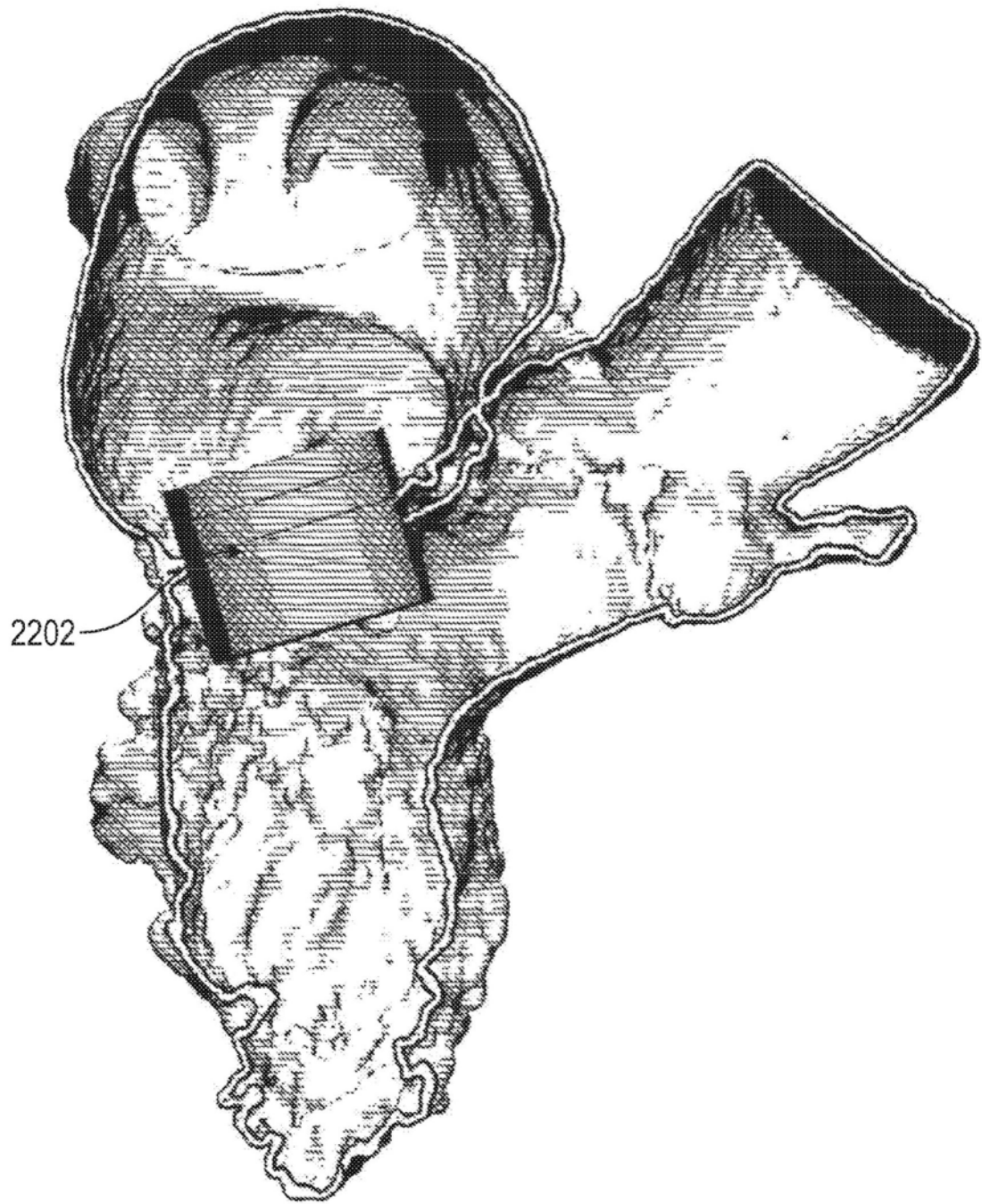


图22

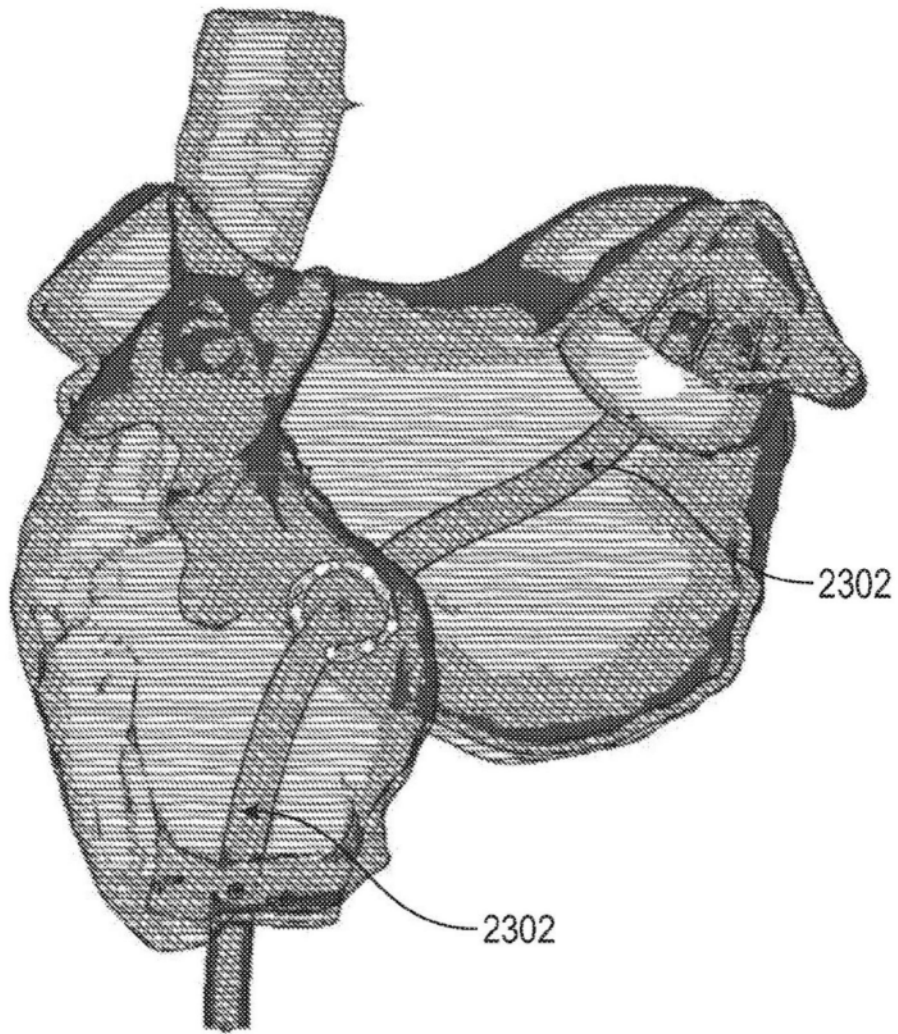


图23

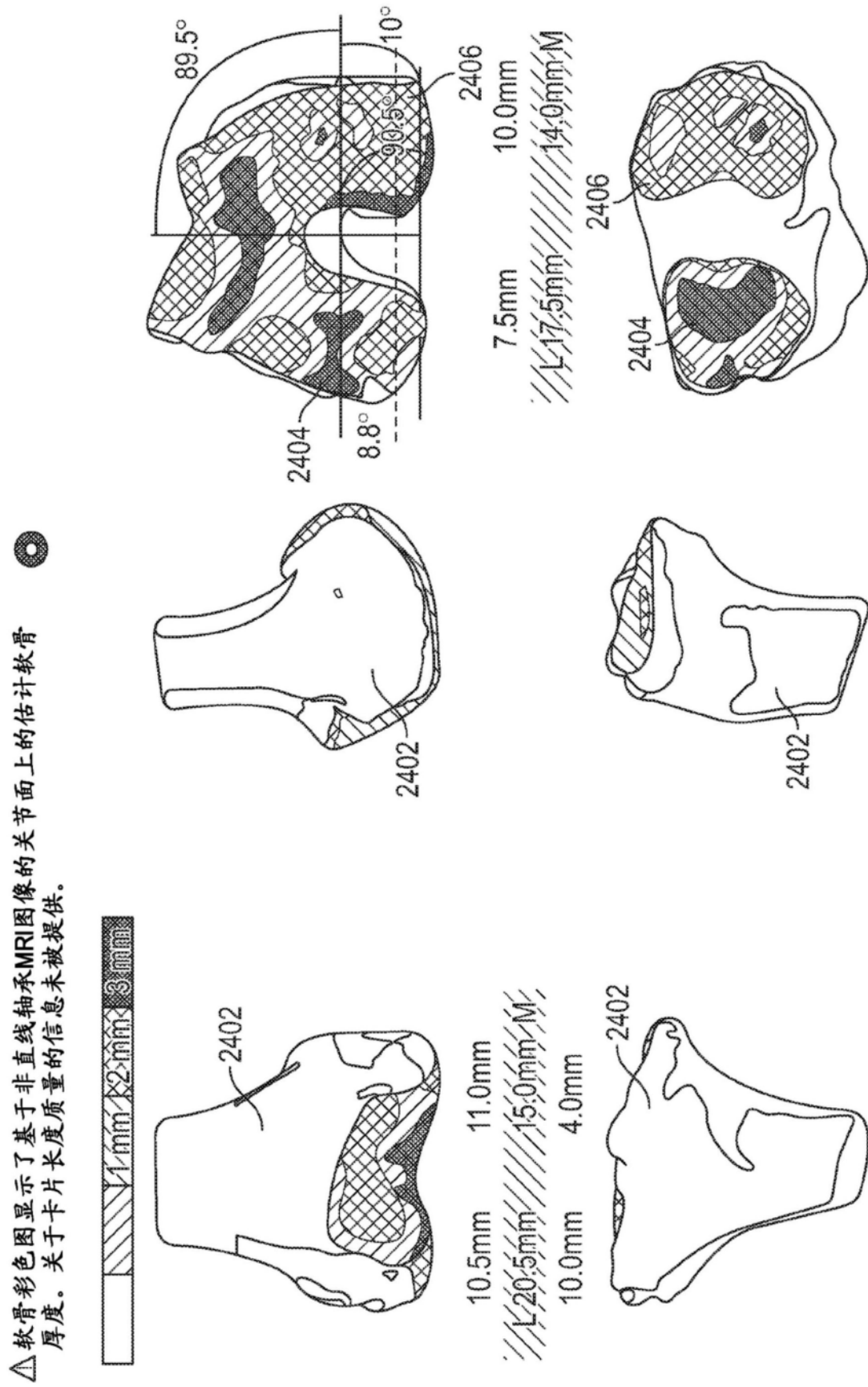
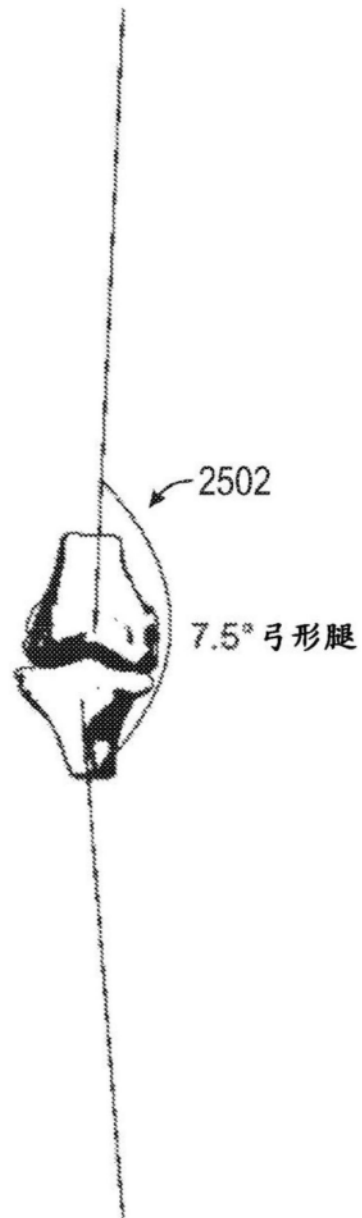


图24



解剖股骨外翻角度: 4.0°

图25

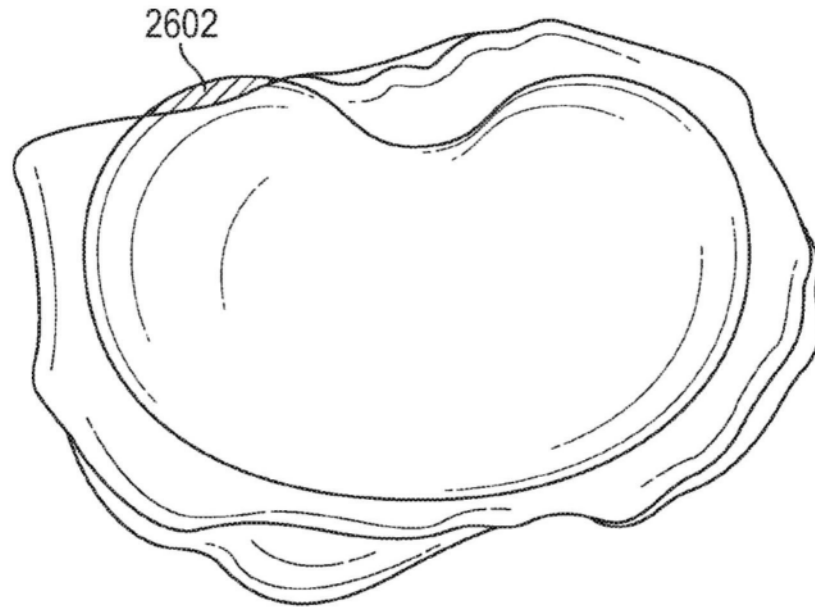


图26

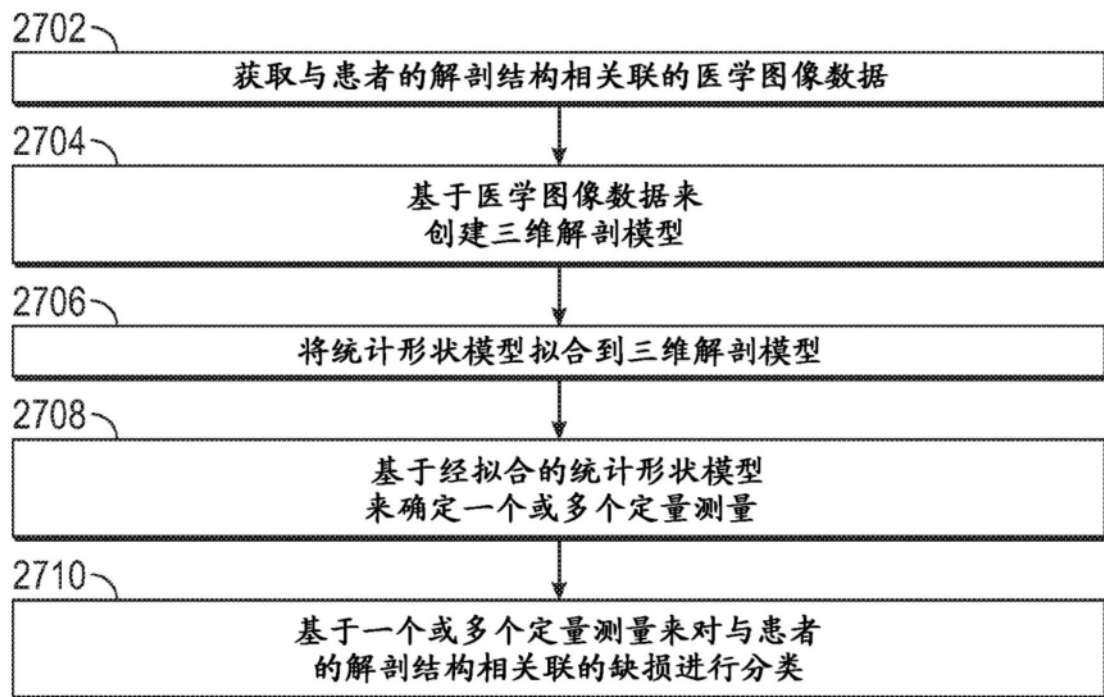


图27

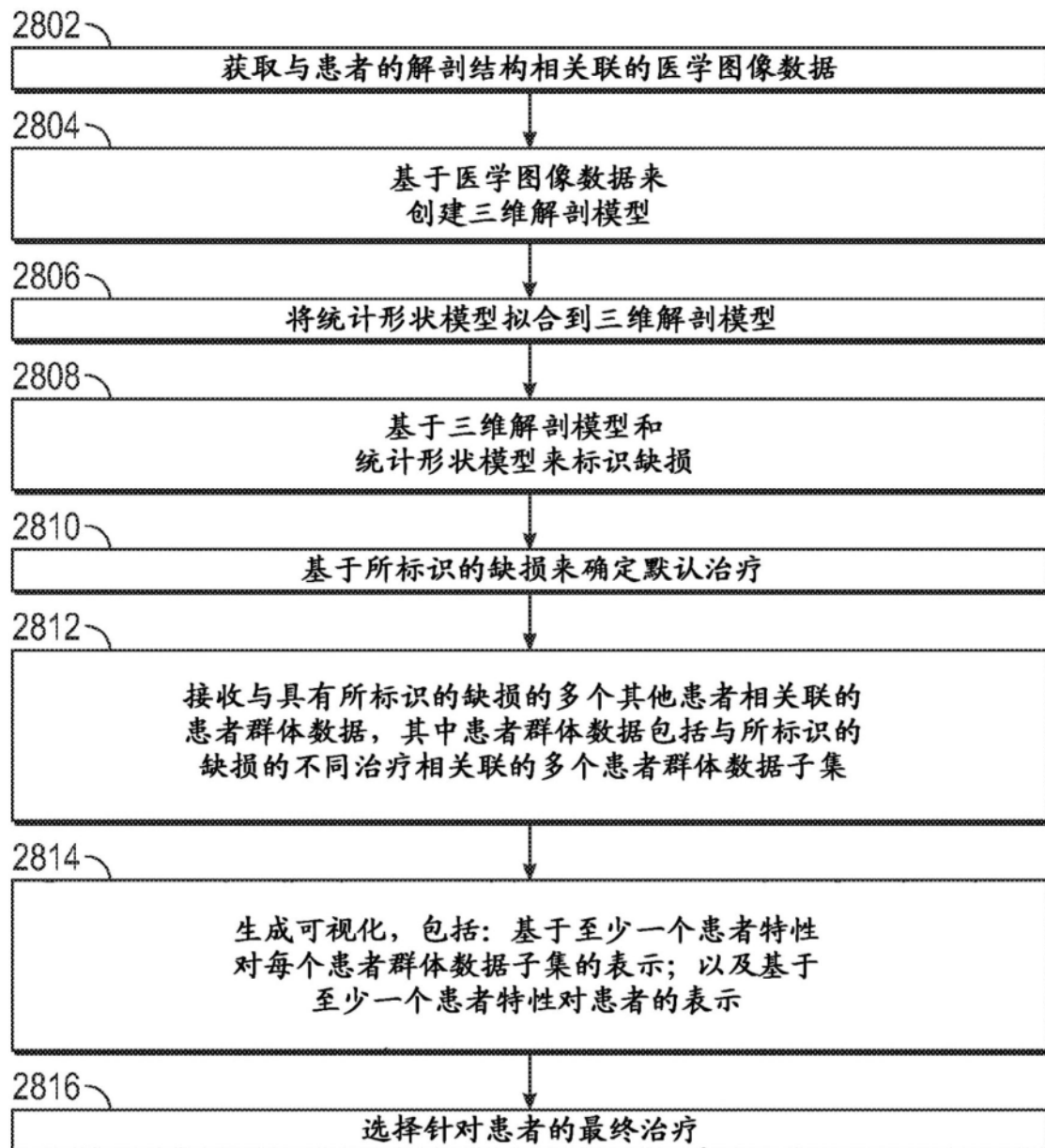


图28

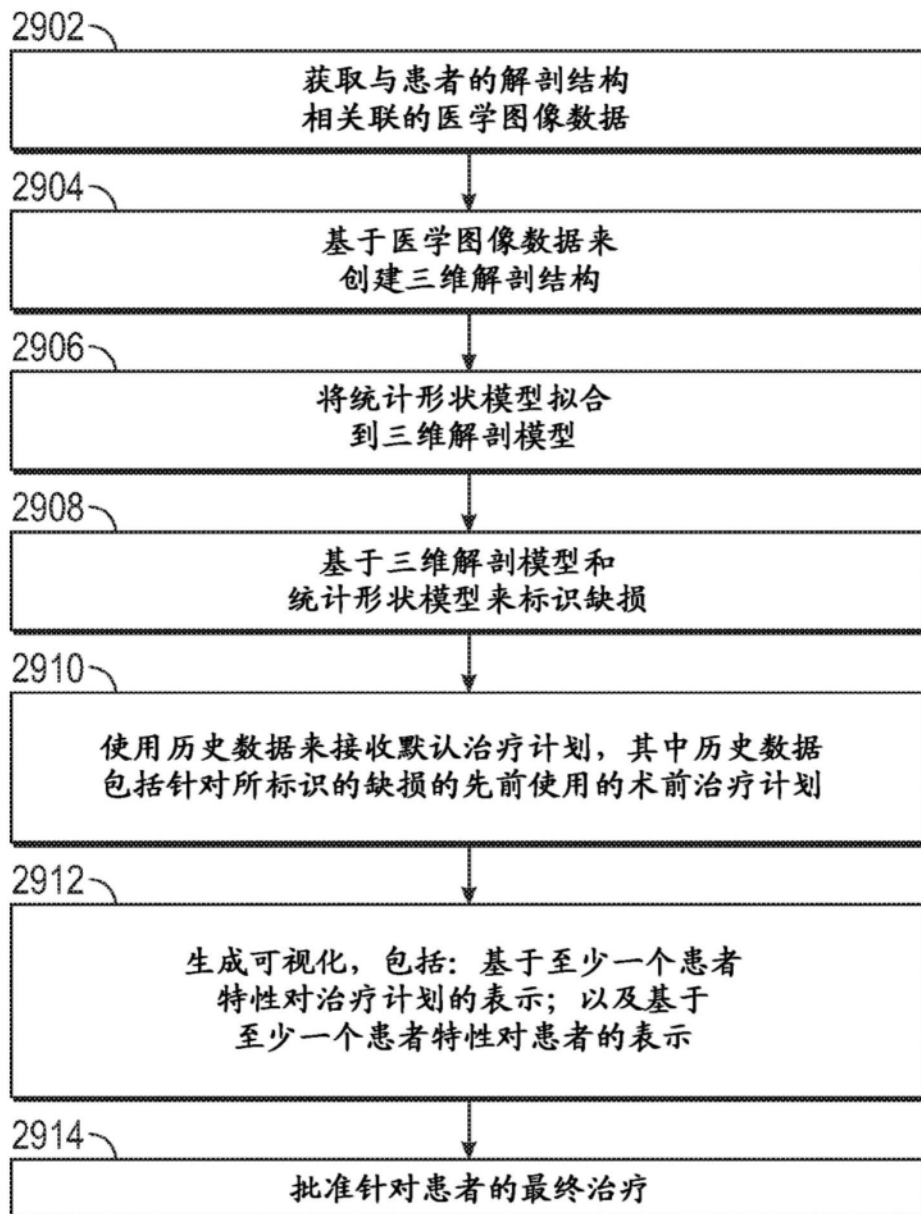


图29

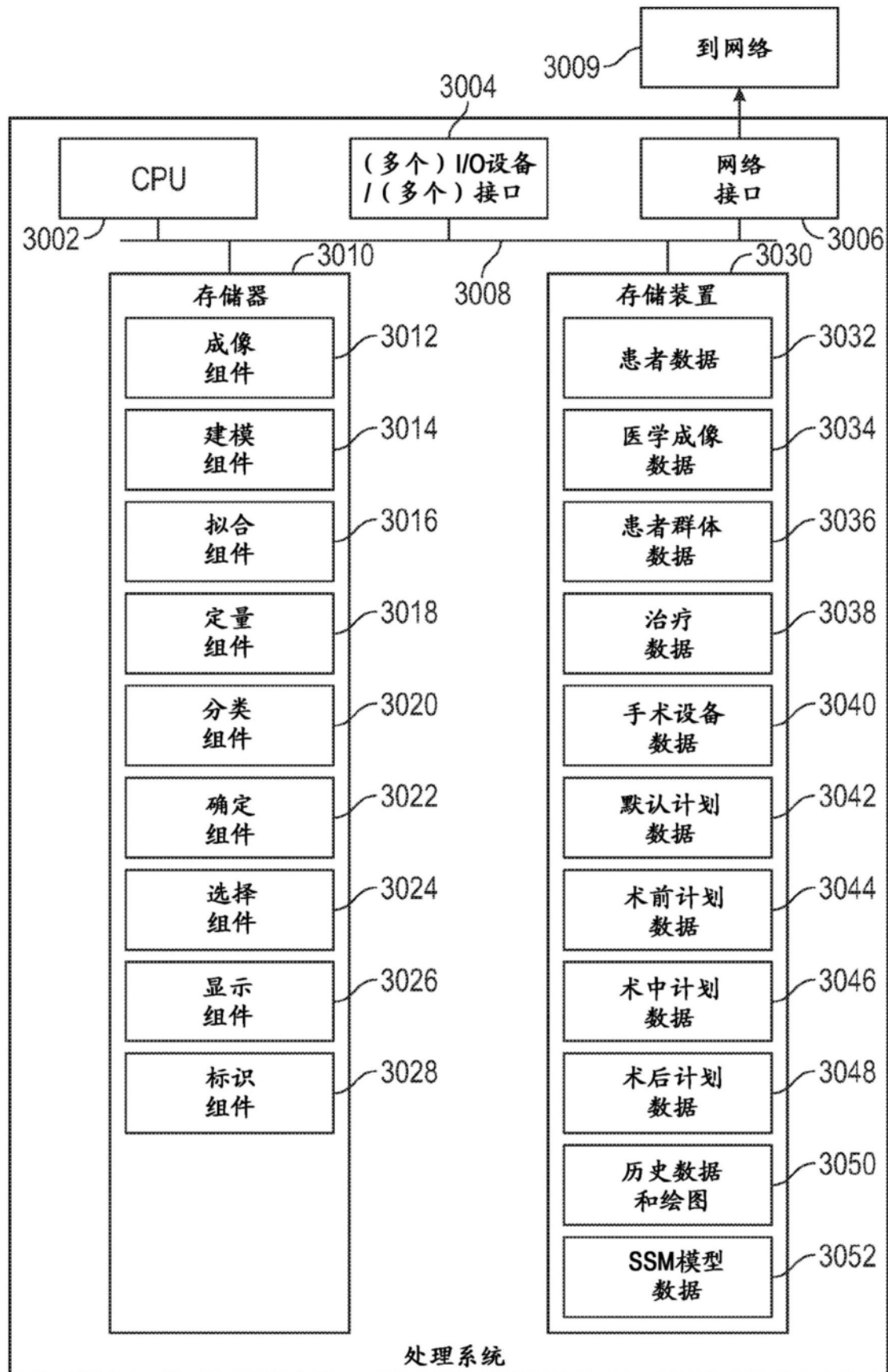


图30