

当前制作数字化模型可能性一览 (II)

制作数字化牙科模型是数字化工作流程的一个关键部分。只有当数字模型满足了牙科治疗对精度、长期稳定性和尺寸精度的要求时，这种技术才能够得到使用。此外，还要看到数字化加工模型的未来附加值。本文对于制作数字化模型的多种可能性做了全面的概述。本文分为两部分分别刊登在第 9 期和第 10 期。

关键词: 数字化工作流程, 3D 打印, 增材制造, 减材制造, 硅胶 3D 打印, Modelbuilder, Slicing

CAD Modelbuilder 软件

数字模型制作的一个基本组成部分是，扫描数据在 CAD 软件内生成模型的几何形状。这些所谓的 Modelbuilder 程序为用户提供了各种模型设计可能。除颜色模型外，大多数程序都可以形成上述模型类型。

Modelbuilder 软件执行的基本功能和步骤如下:

- 导入口内 3D 扫描数据,
- 导入的三维数据集边缘定位,
- 代型几何形状的设计,
- 模型体的设计,
- 可选的义龈设计,
- 用于安装在颌架中的连接几何形状的设计。

下面介绍最常见的 Modelbuilder 模型构建软件作为示例:

- SHERA Modelbuilder: SHERA 建模软件为上述的大多数模型类型提供了各种 CAD 设计工具。第一步对口内扫描仪的 3D 扫描数据在边缘区域进行定位和去伪影, 以便设计一个非磨损的模型底座。在下一步, 确定模型类型或者代型类型。SHERA Modelbuilder 提供了许多预定义的代型形状。在将牙齿编号分配给对应的代型后, 确定预备体边缘和代型就位道。然后对位模型, 使生成的模型底座尽可能地垂直于颌面。还有一个可选择的选项: 可逐点标记代型边缘来创建一个义龈。用户可以非常快速而直观地执行该步骤。通过最终的计算, 工作模型、牙齿代型和牙龈以开放的 STL 文件被存储, 并且可以直接用于 3D 打印 (图 25 至 27)。
- 3Shape Modelbuilder: 3Shape 建模软件可以导入 3Shape TRIOS 或者外部 3D 口内扫描系统的数据。为了能够设计出一个干净的模型底座, 在第一步中需对边缘区域的扫描数据进行修剪, 因为边缘通常是锯齿状的。下一步将扫描与咬合平面对齐。同样这一步也很重要, 因为模型底座需要垂直于颌面。随后, 通过标记预备体边缘确定牙齿代型, 以及它们在模型底座内的就位道, 最后在模型底座内生成代型几何形状。如果需要, 可以在模型制作之前就设计修复体。通过颌架 - 接口的定义完成模型设计。3Shape 为牙科技师提供了各种连接几何形状。模型和各个代型的数据以 STL 格式被传递, 以用于最终的制作 (图 28 至 32)。
- exocad Modelbuilder: 这个建模软件的结构被设计得对用户非常友好。它可以从口内扫描系统导入各种文件格式, 如 STL 或 PLY 文件。操作时先修剪 3D 数据集不光滑的边缘, 然后关闭数据集内存在的孔。如果需要, 该软件还可以在最终咬合位置剪切模型穿透部分。

Josef Schweiger, 牙科技师
慕尼黑大学附属医院修复科
Goethestraße 70
80336 München / 德国
Josef.Schweiger@med.
uni-muenchen.de

Daniel Edelhoff 教授
Oliver Schubert 博士
Kurt-Juergen Erdelt 博士
Johannes Trimpl, 牙科技师
Jan-Frederik Güth 博士
(地址均同上)

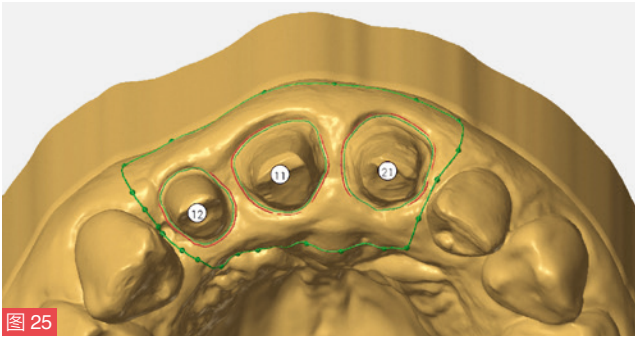


图 25

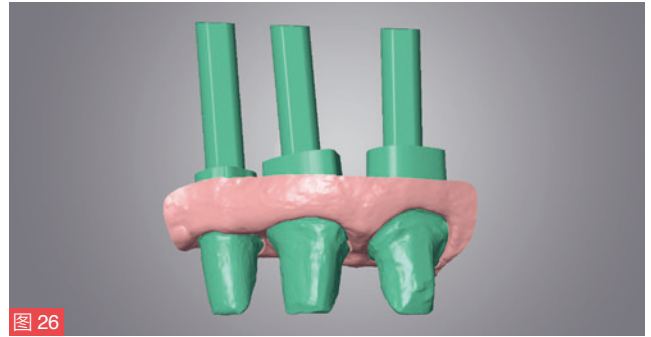


图 26

图 25 至 27: 使用 SHERA Modelbuilder 软件 (SHERA, 德国) 设计一个带有义齿的代型模型。

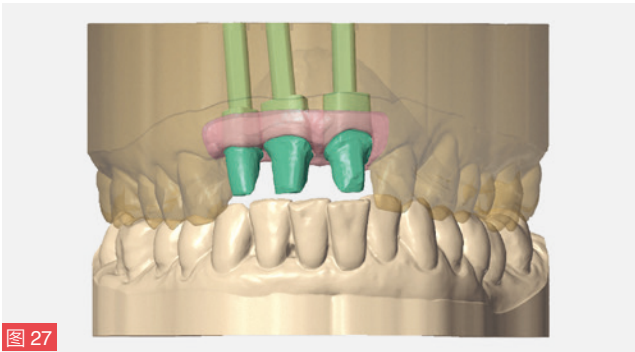


图 27



图 28

图 28 至 32: 由 3Shape Modelbuilder 软件设计的一个无义齿的代型模型。模型边缘修剪后对齐扫描数据, 设计可摘取的代型及模型底座的几何连接形状。

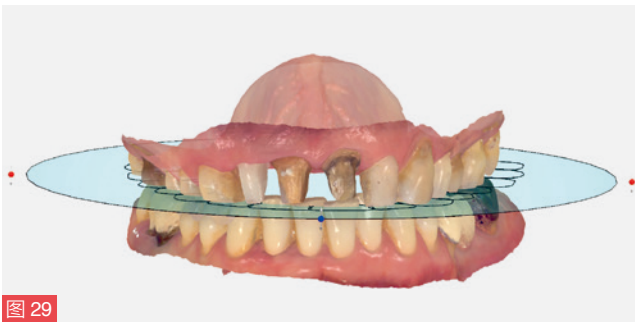


图 29



图 30

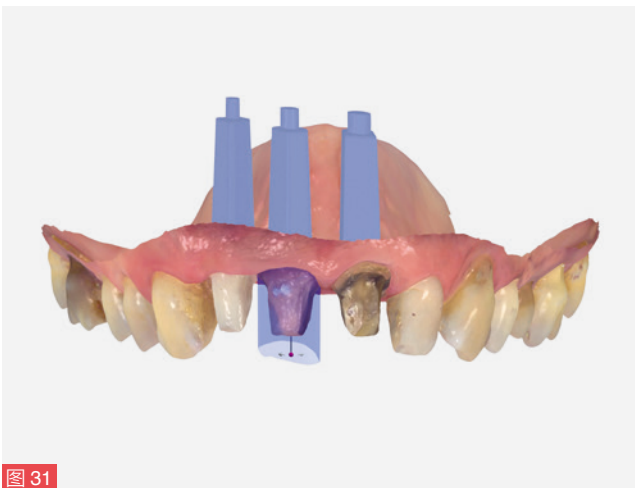


图 31



图 32



图 33

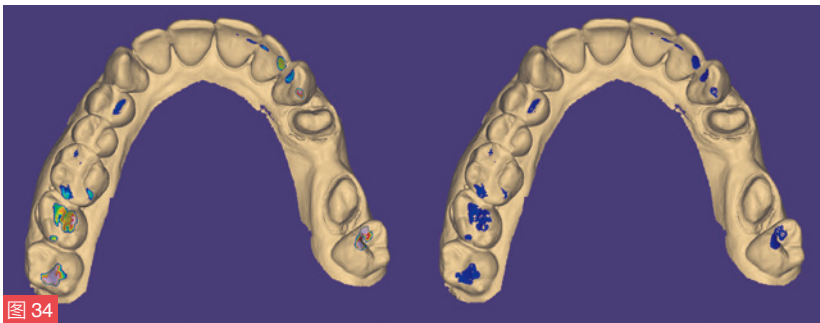


图 34

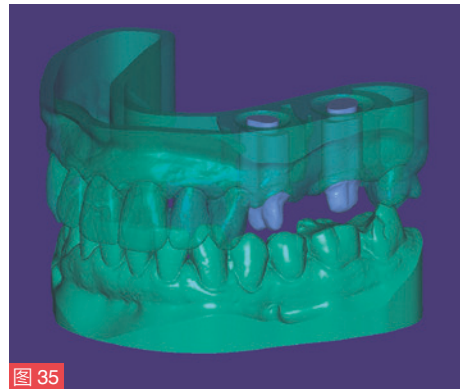


图 35

图 33 至 35: 用 exocad Modelbuilder 软件 (exocad, 德国) 制作一个代型模型。软件可以选择性地研磨模型穿透部分。

之后, 确定修复体的预备 (体) 边缘, 从而定义可分离的牙齿代型边界。然后, 用户可以个性化地修整软件自动给出的初始建议。最后, 计算可摘除的牙齿代型和整个模型并输出相关数据 (图 33 至 35)。

- 3M 边缘标记软件 (3M Margin Marking Software): 3M True Definition 扫描仪的扫描数据由临床医生上传到 3M Connection Center (3M, 德国)。通过该门户网站平台, 牙科技师可以下载数据并将其加载到边缘标记软件内。在那里, 数据被进一步处理。首先, 牙列被定位在一个数字简易架中。然后设定切割面和预备体边缘。这些可以在一维、二维或三维中确定。不过, 预备体的 3D 观察提供了有价值的附加信息, 便于准确地确定边缘线。经过这些操作步骤后, 可以导出数据做进一步的处理。除了特定的 3M ULDC 格式外, 数据还可以作为 3Shape-ready-Format 格式 (.3OXZ) 或 ExoCAD-ready-File 文件格式 (.exo) 被输出。在这些格式中, 不仅包含了预备体边缘, 还关闭了存在的数据孔。在 3M 工作流程中, 接下来可使用这些数据制作模型。除了在 Innovation Meditech 制作模型外, 该数据还可用于其他 3D 打印机的模型制作。系统在此输出中是开放的 (图 36 至 38)。

CAM Slicing 软件

用于增材制造方法的 CAM 软件 / Slicing 软件的基本任务是, 将 CAD 设计数据为 3D 打印做准备。也就是不仅要数据集放在打印平台上, 还要生成相应的支撑结构。在 Slicing 软件内还定义了材料特定的光照参数和各构造层的厚度。数据分解在单个层内完成切片 (Slicing) 过程, 以便使切片数据能够分层传输到打印机上。

对 Slicing 软件的要求:

- 打印对象应能够快速自动放置在打印空间内。
- 切片时的计算应花费很少的时间。
- 能够以视觉方式显示局部最小值。