

基于生物医学图像植入建模设计

应用额外层制造技术来解决传统的限制

Simpleware, MSC 技术合作者 | Rebecca Bryan

植入设计的限制

关节置换（人工关节）已成为一种较为常见的产品。随着人口老龄化的发展，人的寿命已经超过了天然关节的寿命。虽然现在正在接受治疗的关节也越来越多，如肩，肘，踝关节，但这些经常用到人工关节的地方是髋关节和膝关节。不管关节的位置如何，该过程通常涉及病人病变或受损的关节的移除，取而代之的是将金属、塑料或陶瓷轴承表面连接到一个固定在周围骨上的金属支撑结构。

骨骼是一个复杂的复合材料，由于复杂的底层结构，它是各向异性的坚硬致密的壳封装的蜂窝结构。“块状”金属的引入，因为较硬的金属传递载荷对关节的载荷传递路径有较大的影响。由于这种卸载骨的生物响应是被再吸收的，因此这个区域减小了密度。这就联系到观察的最常见的失效机制，减小植入固定、疼痛甚至骨折的可能性。

解决方案

该问题的解决方案是降低植入物的刚度，从而缩小金属和骨之间的区别。要做到这一点，可通过改变构件材料；但是植入人体的材料有极其严格的规定与限制。针对优化植入物的外形轮廓，已经做了很多工作，比如将构件做成半实心或空心的方法来降低刚度。传统的制造工艺已经不适合建立这样一个空心或

内部微架构的结构，但最近发展的金属额外层制造技术或三维打印开辟了解决的可能性。

使用SimpleWare和Marc来建模和分析新植体结构

英国南安普敦大学的Mark Taylor教授和 Simpleware 已经合作研究通过降低股骨假体刚度来影响股骨髌关节置换手术中的载荷传递。

SimpleWare提供了世界领先的解决方案，将3D影像数据转换成高品质的3D打印、CAD，FEA和CFD的表面和体积网格。该软件被用来建立与外部相同植入设计的股骨模型，但结构或是实体或是空心或是包含微观结构组织。

SimpleWare中的ScanIPTM模块被用来生成健康男性的临床CT扫描的股骨模型。一旦生成3D股骨，可以通过使用3D编辑工具来修改从而模拟外科手术，比如除去股骨头。Simpleware的+CAD模块被用来导入和定位基本的CAD植入图像(图1)。

一旦定位成功，植入的CAD模型可用于创建初步检查的三个实例：模型A是一个实心的杆状结构，模型B是空心的杆状结构，模型C具备特殊的内部结构。模型B和C的内部细节通过SimpleWare的 Internal Structures Wizard来创建。该工具允许用户以交互选择的方式从已有数据库中选择一个单

元细胞的形状，以便完成任意体积的建模，定义单位尺寸的细胞、体积分数和外部壳状结构的厚度。

SimpleWare强大而灵活的网格化算法用于几何模型网格划分。SimpleWare已经发展到将通过CT， μ CT和MRI体积成像捕捉到的任意复杂结构进行重建和网格划分。因此，创建内部结构复杂的微结构是可能的(图2)。在骨骼和植入物之间的接触界面，每个网格产生了匹配的节点和单元，具有较高的网格质量，可以用MSC软件公司的Marc非线性模拟软件进行直接求解。

SimpleWare输出一个输入文件，不仅仅包含网格数据，还有直接从图像得到的股骨材料特性。图像中灰色区域的数据与结构的骨质密度之间存在线性的关系，同时研究表明密度与弹性模量之间也存在联系。

可通过SimpleWare进行简便设置的这些因素允许股骨不均匀材料材料特性的影响，从而包含到后续分析中(图3)。

结果

将模型直接的导入到Marc中进行分析，设置相同的边界条件和载荷，模拟股骨在正常行走时的峰值力。结果通过选择von Mises等效应力图来对比植入体和骨骼之间的三种配置的不同效果。

“ Simpleware和 Marc的组合，可以测试新的制造技术以解决长期存在的问题，提高假肢设计。”

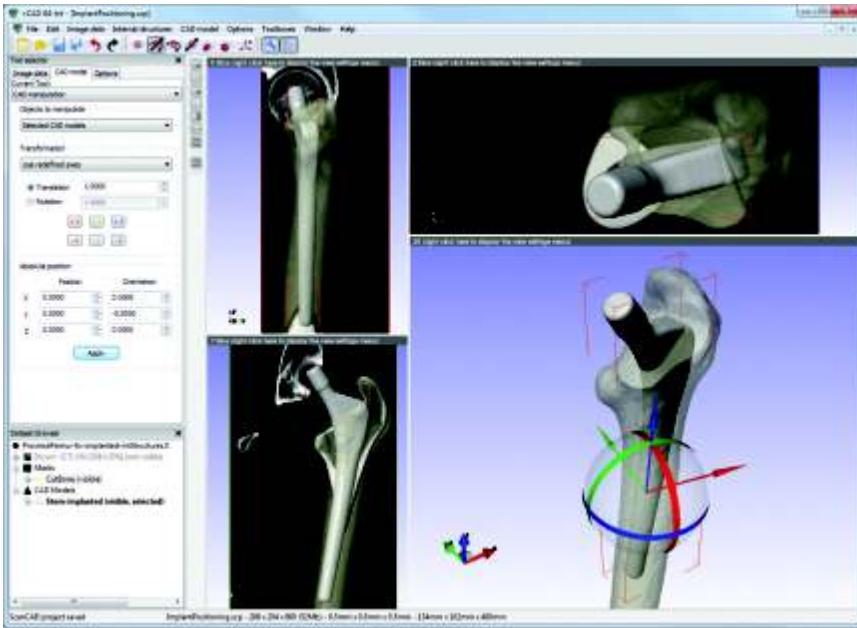


图1 Simpleware +CAD模块，显示定的位股骨植入到分段和编辑股骨模型中

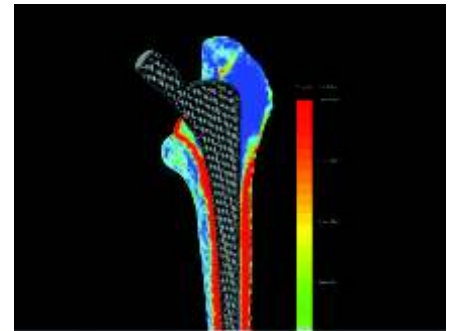


图3 通过从图像灰色自动分配的股骨模块分布

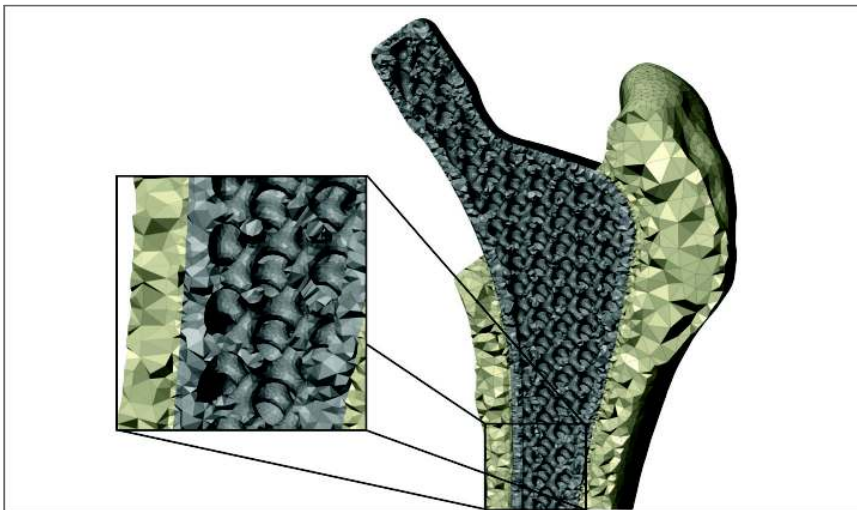


图2 引入内部结构的网格植入股骨的图像突出的区域显示了匹配的节点和单元

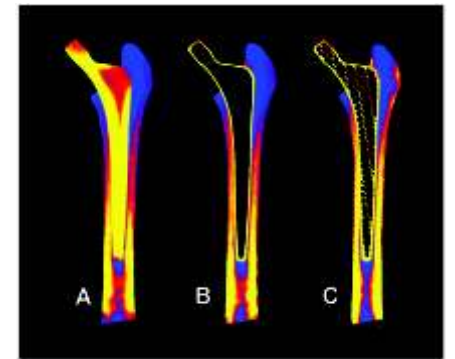


图4 三种模型的等效 von Mises应力的分布：模型A-实体，模型B-空心，模型C-微结构

结果表明，模型A这种常用的实心体结构传递主要的载荷到围绕下端的骨头。骨头上的应力减小到很低，尤其是内侧（图像的左边）。这可能会导致这个区域的骨头损失。

模型B空心杆和模型C结构性杆，显示出改善的应力分布，沿着植入体的长度载荷传递更均匀。这将有望使骨溶解的可能性变得更小，并减少相关并发症。

然而，空心杆是一个极端的例子，由于其存在屈曲的可能性导致其不能进行实际运用。SimpleWare可以对内部

观结构进行简单的设计，并在分析中使用模型可以直接传送到3D打印机。与空心结构相比，该结构降低了构件的重量和刚度。传统的方法是不能够制造这样的结构的，但是金属激光烧结机可以建立这样的层状结构。

初步研究表明，新的制造技术将可能解决那些长期以来无法解决的难题。SimpleWare和Marc相结合已经能够进行改善植入设计的理论方法的测试。建立的工作流程将使未来的研究可以进一步探寻这个概念，因为将图像到CAD模型集成到内部结构来求解的流程是简单和

稳健的。进一步的工作是能够扩展研究范围，例如比较不同内部结构设计和密度，并推进进一步地分析，包括植入体健康状况的预测，如它与周围骨之间的微运动。

欲了解更多信息，请登录

www.simpleware.com

SimpleWare有限公司的Rebecca Bryan博士
英国南安普敦大学的Mark Taylor教授