

全膝关节置换术后通过对股四头肌肌力进行计算分析来改善患者的膝关节屈曲度



主要看点

行业

医疗/生物力学

挑战

如何使用计算分析来量化评估膝关节屈曲/伸展过程中髌骨扣状物厚度对股四头肌肌力变化所造成的影响。

Altair 解决方案

利用Altair HyperMesh构建出极为精细的膝关节3D模型后进行有限元分析。

优点

能够构建代表人体真实膝关节结构的基本3D模型。



项目介绍

膝前疼痛是全膝关节置换术(TKA)的主要术后并发症。患者膝关节无法自由伸展/屈曲，对其行走、抬腿或从座位站起等日常活动造成显著影响。这种膝关节活动严重受限的情况是需要进行 TKA 翻修术最常见的适应症之一。导致这一状况的原因是手术过程中膝关节髌骨组件尺寸欠佳——这一“纽扣状”组件的作用是改善股四头肌伸展力的机械性能。克莱姆森大学生物工程系生物力学研究组通过应用基于 HyperWorks 的有限元分析，评估了髌骨扣状物厚度对股四头肌肌力变化程度造成的影响。

50 多年来，克莱姆森大学生物工程系始终注重对学生、教师和研究人员进行培养，为他们在理论知识、专业技能和个人发展上提供了诸多宝贵机遇。所有教师均拥有丰富的本科生和研究生科研指导经验，在他们的带领下，生物工程系的学生能够有效利用工程原理来了解和治疗疾病。此外，该系还与多名医师和企业家展开合作，确保其研究课题始终着眼于高优先级的医疗挑战。在系主任 Martine La Berge 博士的领导下，克莱姆森大学和南卡罗来纳医科大学还在南卡罗来纳州的查尔斯顿共同启动了生物工程项目，这使双方的合作关系进一步加强。

挑战

此项研究所面临的挑战是，如何使用计算分析来量化评估膝关节屈曲/伸展过程中髌骨扣状物厚度对股四头肌肌力变化所造成的影响。股四头肌肌力变化的减小与全膝关节置换术(TKA)术后膝前疼痛的减轻直接相关。

“在研究 TKA 假体旋转对线不良对股四头肌肌力造成影响的研究过程中，Altair 为 Xin Xie 博士提供了巨大的支持。”

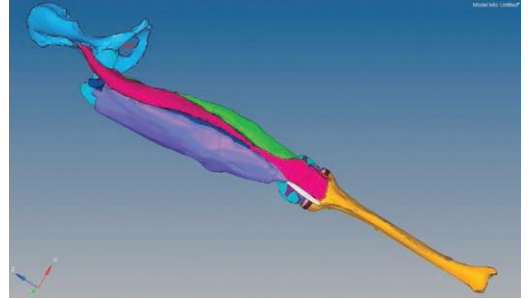
克莱姆森大学生物工程系系主任 Martine La Berge 博士



HyperMesh 构建的自然膝关节模型



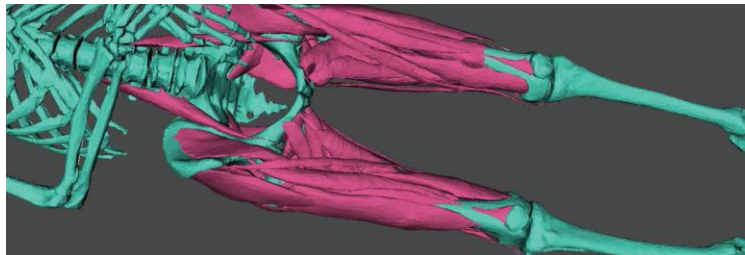
股骨屈曲角度为 60° 时的股四头肌变形情况



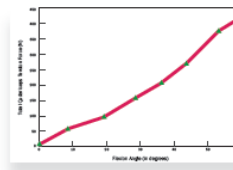
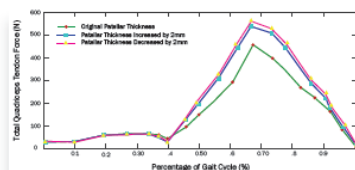
用于进行有限元仿真的整体几何模型

解决方案

由 Altair 员工、博士生 Xin Xie 完成的三维(3D)显式有限元分析可评估髌骨扣状物厚度对股四头肌肌力大小和变化造成的影响。在研究过程中，Xin Xie 利用 Altair HyperMesh 构建出极为精细的膝关节 3D 模型。通过对中等体型尸体的下肢进行 MRI 重建，可构建能够代表人体真实膝关节结构的基本 3D 模型。采用供方指定的全膝关节置换手术特定程序，切除尸体的胫骨、股骨和髌骨扣状物。然后，将指定 TKA 装置的几何结构插入自然膝关节模型，并使用 HyperMesh 进行校正。通过实验测试数据量化得到的各向同性、超弹性材料用于构建肌肉和韧带膝关节连接件模型。然后，采用运动跟踪系统定义膝关节屈曲/伸展过程中胫骨和股骨的位移边界条件。最后，借助 HyperMesh 的几何变形功能额外创建两个厚度变化范围在 2 毫米之间的髌骨扣状物，从而得到三个有限元模型。对这三个模型进行准静态有限元分析，利用分析结果即可计算出每个厚度情况下的肌腱力大小。



使用大腿肌肉群重建的人体骨骼系统



股骨屈曲角度在 0° 到 60° 时股四头肌肌力的整体变化情况

结论

针对完整行走步态下膝关节屈曲/伸展过程中的全部股四头肌肌腱进行 Von Mises 应力分布计算。对于全部三种厚度情况，应力在股骨的屈曲角度为最大值 (60°) 时达到峰值。三种情况下，步态周期内的 TF 变化结果均相似。但是，与由髌骨扣状物基准厚度得出的 TF 峰值相比，髌骨较薄的模型在这三种模型中的 TF 力最大。总体而言，此研究表明髌骨组件厚度对步态周期中迈步期的股四头肌肌力产生显著影响。

更具体地说：

- 接受 TKA 手术后，较厚的髌骨会导致股四头肌肌腱绷紧
- 较薄的髌骨可能会造成力矩臂失效，使膝关节伸肌装置发生功能障碍，进而导致 TF 大小发生异常。为了得出最佳厚度值，在进一步计算研究过程中，应考虑各种厚度的髌骨扣状物对膝关节反作用力造成的影响。



关于Altair公司

Altair公司是世界领先的工程设计技术的开发者之一，也是一家具有全球深厚工程技术底蕴的优秀CAE工程公司。Altair 公司拥有多元化的业务主线，其技术涵盖高端CAE仿真和优化技术、数据管理及流程自动化、高性能计算与网络计算技术，同时具备一流的产品设计、流程定制、二次开发等咨询服务能力。Altair目前为私人所有，总部设在美国底特律，在全球拥有2000多位员工，分支机构遍及美洲、欧洲及亚太地区。凭借其在产品设计、先进CAE工程软件开发和网格计算技术等方面拥有30年的经验，Altair不断为各个行业的客户创造竞争优势。

www.altair.com.cn



企业级CAE仿真平台

构建于设计优化、性能数据管理和流程自动化的基础理念之上，HyperWorks是一个企业级的仿真解决方案，用于加快企业设计开发和决策过程。作为业界最全面的开放构架的CAE解决方案，HyperWorks包括第一流的建模、分析、可视化和数据管理解决方案，适用于线性、非线性、结构优化、流固耦合和多刚体动力学等多个领域。

www.altairhyperworks.com.cn



产品创新咨询服务

Altair产品设计咨询团队(ProductDesign)是一个提供创新的、端对端解决方案的、全球性的多学科产品研发和工程咨询团队，向全球客户提供全面的工程咨询服务，其设计方案能够综合产品可用性、适用性、高性能、多需求、低成本等多个方面的因素。通过领先的研发流程和丰富的行业经验，帮助客户产品以更快的速度投向市场。

www.altairproductdesign.com



网格计算和资源管理平台

Altair PBS Works 帮助制造业、资源勘探、地球科学、天气预报、计算化学、制药、金融和娱乐行业的企业、学校和研究机构最大化其计算机软硬件资源的投资回报。PBS Works系统作为Altair HyperWorks家族中的成员，帮助制造业用户在实现大规模CAE仿真的同时按照需求有效地利用企业的计算资源，包括网格、集群和其他计算系统。

www.pbsworks.com.cn