

全膝關節置換術後通過對股四頭肌肌力進行計算分析來改善患者的膝關節屈曲度



主要看點	
行業	醫療/生物力學
挑戰	如何使用計算分析來量化評估膝關節屈曲/伸展過程中髌骨扣狀物厚度對股四頭肌肌力變化所造成的影響。
Altair 解決方案	利用 Altair HyperMesh 構建出極為精細的膝關節 3D 模型後進行有限元分析。
優點	能夠構建代表人體真實膝關節結構的基本 3D 模型。
	

項目介紹

膝前疼痛是全膝關節置換術(TKA)的主要術後併發症。患者膝關節無法自由伸展/屈曲，對其行走、抬腿或從座位站起等日常活動造成顯著影響。這種膝關節活動嚴重受限的情況是需要進 TKA 翻修術最常見的適應症之一。導致這一狀況的原因是手術過程中膝關節髌骨組件尺寸欠佳——這一“鈕扣狀”元件的作用是改善股四頭肌伸展力的機械性能。克萊姆森大學生物工程系生物力學研究組通過應用基於 HyperWorks 的有限元分析，評估了髌骨扣狀物厚度對股四頭肌肌力變化程度造成的影響。

50 多年來，克萊姆森大學生物工程系始終注重對學生、教師和研究人員進行培養，為他們在理論知識、專業技能和個人發展上提供了諸多寶貴機遇。所有教師均擁有豐富的本科生和研究生科研指導經驗，在他們的帶領下，生物工程系的學生能夠有效利用工程原理來瞭解和治療疾病。此外，該系還與多名醫師和企業家展開合作，確保其研究課題始終著眼于高優先順序的醫療挑戰。在系主任 Martine La Berge 博士的領導下，克萊姆森大學和南卡羅來納醫科大學還 在南卡羅來納州的查爾斯頓共同啟動了生物工程項目，這使雙方的合作關係進一步加強。

挑戰

此項研究所面臨的挑戰是，如何使用計算分析來量化評估膝關節屈曲/伸展過程中髌骨扣狀物厚度對股四頭肌肌力變化所造成的影響。股四頭肌肌力變化的減小與全膝關節置換術(TKA)術後膝前疼痛的減輕直接相關。

“在研究 TKA 假體旋轉對線不良對股四頭肌肌力造成影響的研究過程中，Altair 為 Xin Xie 博士提供了巨大的支持。”

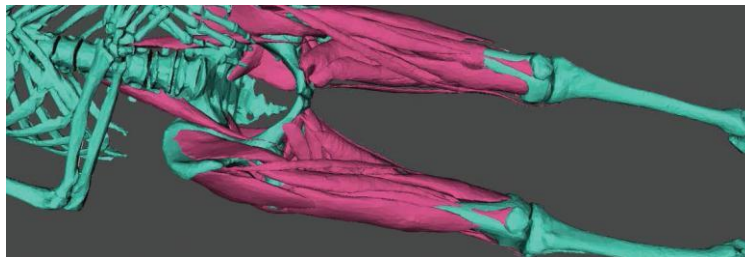
克萊姆森大學生物工程系系主任 Martine La Berge 博士



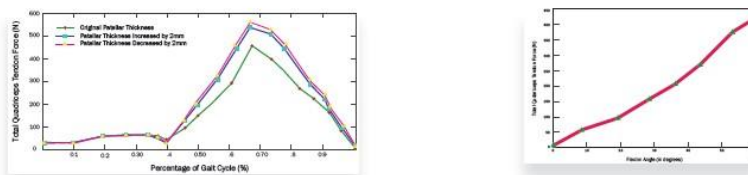
HyperMesh 構建的自然膝關節模型 股骨屈曲角度為 60° 時的股四頭肌變形情況 用於進行有限元模擬的整體幾何模型

解決方案

由 Altair 員工、博士生 Xin Xie 完成的三維(3D)顯式有限元分析可評估髌骨扣狀物厚度對股四頭肌肌力大小和變化造成的影響。在研究過程中，Xin Xie 利用 Altair HyperMesh 構建出極為精細的膝關節 3D 模型。通過對中等體型屍體的下肢進行 MRI 重建，可構建能夠代表人體真實膝關節結構的基本 3D 模型。採用供方指定的全膝關節置換手術特定程式，切除屍體的脛骨、股骨和髌骨扣狀物。然後，將指定 TKA 裝置的幾何結構插入自然膝關節模型，並使用 HyperMesh 進行校正。通過實驗測試資料量化得到的各向同性、超彈性材料用於構建肌肉和韌帶膝關節連接件模型。然後，採用運動跟蹤系統定義膝關節屈曲/伸展過程中脛骨和股骨的位移邊界條件。最後，借助 HyperMesh 的幾何變形功能額外創建兩個厚度變化範圍在 2 毫米之間的髌骨扣狀物，從而得到三個有限元模型。對這三個模型進行准靜態有限元分析，利用分析結果即可計算出每個厚度情況下的肌腱力大小。



使用大腿肌肉群重建的人體骨骼系統



股骨屈曲角度在 0° 到 60° 時股四頭肌肌力的整體變化情況

結論

針對完整行走步態下膝關節屈曲/伸展過程中的全部股四頭肌肌腱進行 Von Mises 應力分佈計算。對於全部三種厚度情況，應力在股骨的屈曲角度為最大值 (60°) 時達到峰值。三種情況下，步態週期內的 TF 變化結果均相似。但是，與由髌骨扣狀物基準厚度得出的 TF 峰值相比，髌骨較薄的模型在這三種模型中的 TF 力最大。總體而言，此研究表明髌骨元件厚度對步態週期中邁步期的股四頭肌肌力產生顯著影響。

更具體地說：

- 接受 TKA 手術後，較厚的髌骨會導致股四頭肌肌腱繃緊
- 較薄的髌骨可能會造成力矩臂失效，使膝關節伸肌裝置發生功能障礙，進而導致 TF 大小發生異常。為了得出最佳厚度值，在進一步計算研究過程中，應考慮各種厚度的髌骨扣狀物對膝關節反作用力造成的影響。



關於 Altair 公司

Altair 公司是世界領先的工程設計技術的開發者之一，也是一家具有全球深厚工程技術底蘊的優秀 CAE 工程公司。Altair 公司擁有多元化的業務主線，其技術涵蓋高端 CAE 模擬和優化技術、資料管理及流程自動化、高性能計算與網路計算技術，同時具備一流的產品設計、流程定制、二次開發等諮詢服務能力。Altair 目前為私人所有，總部設在美國底特律，在全球擁有 2000 多位員工，分支機構遍及美洲、歐洲及亞太地區。憑藉其在產品設計、先進 CAE 工程軟體發展和網格計算技術等方面擁有 30 年的經驗，Altair 不斷為各個行業的客戶創造競爭優勢。

www.altair.com.cn



企業級 CAE 模擬平臺

構建於設計優化、性能資料管理和流程自動化的基礎理念之上，HyperWorks 是一個企業級的模擬解決方案，用於加快企業設計開發和決策過程。作為業界最全面的開放構架的 CAE 解決方案，HyperWorks 包括第一流的建模、分析、視覺化和資料管理解決方案，適用於線性、非線性、結構優化、流固耦合和多剛體動力學等多個領域。

www.altairhyperworks.com.cn



產品創新諮詢服務

Altair 產品設計諮詢團隊(ProductDesign)是一個提供創新的、端對端解決方案的、全球性的多學科產品研發和工程諮詢團隊，向全球客戶提供全面的工程諮詢服務，其設計方案能夠綜合產品可用性、適用性、高性能、多需求、低成本等多個方面的因素。通過領先的研發流程和豐富的行業經驗，說明客戶產品以更快的速度投向市場。

www.altairproductdesign.com



安捷新科技股份有限公司
AgileSim Technology Corp.

關於安捷新

安捷新為美國 Altair Engineering, Inc 及美國 Livermore Software Technology Corporation (LSTC) 台灣地區代理商, 銷售 Hyperworks 及 LS-DYNA 軟體, 並且提供完整的教育訓練課程與技術服務。

安捷新的目標為持續地尋求商業和技術的創新，藉由創新的技術而徹底地改變產品設計和決策的方式，我們專注於 CAE 電腦模擬技術的推廣應用，從而運用綜合全功能耦合和優化設計，為我們的客戶改善產品設計流程, 進而提高業務績效。

www.agilesim.com.tw