

Allegato premio MIMOS 2013
SOMMARIO TESI DI LAUREA

- **autore:** Vito Cacucciolo.
- **titolo:** Analisi biomeccanica di un ginocchio umano.
- **relatori:** Prof. Carmine Pappalettere, Prof. Nikhil Gupta.

Il lavoro di tesi è stato realizzato in collaborazione con il Prof. Nikhil Gupta presso il Composites Materials & Mechanics Laboratory dell'NYU Polytechnic School of Engineering (New York, NY) durante il Master of science in Mechanical Engineering.

- **inquadramento del tema trattato e del lavoro svolto:** La tesi ha avuto come oggetto la modellazione di un ginocchio umano e la simulazione degli effetti della parziale o totale meniscectomia sulla concentrazione delle tensioni tra tibia e femore, fenomeno che è stato osservato essere alla base dello sviluppo dell'osteoartrite, una diffusa e debilitante malattia articolare. Il modello virtuale dell'articolazione (comprendente tibia, femore, cartilagini tibiali e femorali e menischi) è stato realizzato partendo da dati reali rilevati sperimentalmente su di un paziente tramite risonanza magnetica (MRI), con la successiva aggiunta di elementi simulati in maniera funzionale (in particolare i legamenti). Questi elementi concettuali sono stati ottimizzati utilizzando una tecnica di *data fitting* confrontando i valori simulati con quelli sperimentali. Il modello completo è stato poi utilizzato per realizzare delle simulazioni numeriche agli elementi finiti della distribuzione delle tensioni nella zona di contatto delle cartilagini di tibia e femore durante una camminata standard (ciclo di *gait*). In particolare sono stati confrontati i valori e la distribuzione delle tensioni in presenza e in assenza dei menischi.

- **originalità dei risultati ottenuti:** risultati originali sono stati ottenuti in due parti distinte del lavoro di tesi. La prima è stata la realizzazione di un algoritmo di ottimizzazione per il *data fitting* delle *slack lengths* dei legamenti (differenza tra lunghezze a riposo e lunghezze nella posizione di completa estensione dell'articolazione). In tutti i lavori simili presenti in letteratura, infatti, le *slack lengths*, essenziali per il buon funzionamento dei legamenti nel modello, venivano ottimizzate manualmente, utilizzando una procedura *trial and error*. L'algoritmo realizzato, basato su di un metodo di ottimizzazione *gradient descent*, è invece generale e automatizzato, ed ha prodotto come risultato dell'ottimizzazione una riduzione della funzione obiettivo del 70%, producendo un comportamento dei legamenti molto vicino a quello rilevato sperimentalmente.

La seconda parte riguarda la simulazione della distribuzione delle tensioni al contatto tra tibia e femore per uomini di età superiore ai 60 anni. Per la prima volta, infatti, è stato condotto uno studio su questa categoria di pazienti con un modello ottenuto per risonanza magnetica e che consideri anche il ruolo dell'elasticità delle ossa. I risultati riportano che per questa categoria di pazienti non si osserva un sostanziale cambiamento nella distribuzione delle tensioni a seguito della rimozione dei menischi; questo risultato può essere spiegato considerando il significativo assottigliamento degli stessi causato dall'usura dell'articolazione.

- **applicabilità e rilevanza scientifica degli stessi:** L'algoritmo di ottimizzazione presentato in questo lavoro di tesi apre la strada all'utilizzo di metodi biomeccanici quantitativi (come il metodo numerico degli elementi finiti) per la diagnosi preventiva di malattie articolari. Questo tipo di strumenti presenta enormi vantaggi in quanto è l'unico che permette di simulare quantitativamente le alterazioni del sistema muscolo-scheletrico umano (come ad esempio il ginocchio in presenza dei

menischi danneggiati o con la rimozione degli stessi) e le conseguenze che queste alterazioni comportano, così come gli effetti a lungo termine. Inoltre elabora questi risultati non su base statistica ma considerando la fisionomia specifica del paziente, risultando uno strumento di enorme potenziale nelle mani del medico. Il principale limite all'applicabilità su larga scala è però rappresentato dai lunghi tempi richiesti per la realizzazione di un modello e delle relative simulazioni: per questa ragione procedure di automatizzazione di questo processo, come ad esempio l'algoritmo presentato in questo lavoro di tesi (che permette di automatizzare l'inserimento dei legamenti), sono di importanza strategica per l'applicazione di queste metodologie.

Per quanto riguarda la modifica alla distribuzione delle tensioni, si tratta di un importante risultato che contribuisce nella comprensione del ruolo dei menischi (e della loro eventuale rimozione) sullo sviluppo dell'osteoartrite, le cui cause rappresentano un vivo campo di ricerca in ambito medico, considerati l'ampio sviluppo della malattia e le conseguenze fortemente debilitanti.