

Üniversitesi	: İstanbul Teknik Üniversitesi
Enstitüsü	: Bilişim Enstitüsü
Anabilim Dalı	: Hesaplamalı Bilim ve Mühendislik
Programı	: Hesaplamalı Bilim ve Mühendislik
Tez Danışmanı	: Prof. Dr. M. Serdar ÇELEBİ
Tez Türü ve Tarihi	: Doktora – Mayıs 2016

## ÖZET

### YUMUŞAK BİYOLOJİK DOKULARDA BÜYÜME VE YENİDEN-MODELLEME SÜREÇLERİNİN BİYOMEKANİK OLARAK MODELLENMESİ

Gürsan ÇOBAN

Bu çalışmada, biz, mikroskopik fiber dağılımının karmaşık doğasını tanımlayan özgün bir kolajen fiber yeniden-modelleme algoritması önermekteyiz. Burada önerilen form varolan algoritmalarından farklı olarak, mikroskopik ölçekteki rastgele etkiler sonucu ortaya çıkan açılmalı tipteki Brownian hareketin, sadece kendisinin, damar yeniden-modellemesinin asli bir unsuru olduğu şeklindeki bir yaklaşımı savunmaktadır. Yerel saçılım dinamiklerinin sürekli ortamlar mekaniği çatısına dayalı evrimsel yapısına ait bir model, kan basıncına maruz kalarak iki yönlü aksel kuvvetler altında gerilen damarın, yarıçap değişimini modellemek için hangi şekillerde kullanılacağı belirtilmiştir. Fiberlerin istatistiksel dağılımını modellemek için doğrusal bir yaklaşımla kullanılmıştır. Değişim denklemlerinin germe (stres) uyarısına bağlı rastgele kısmının modellenmesi için tek parametreden yararlanılmıştır. Modelin matematiksel formu basit olsa da, mekanik değişkenler analizi, hücresel düzeyde mikroskopik kolajen fiber dağılımını ile makroskopik düzeydeki fiber değişimi arasında güçlü bir bağ olduğunu düşündürmektedir. Modelin basit tasarımının altında yatan neden yalnızca hesaplamı etkinliğin artırılması değil, doğrusal olmayan yeniden modelleme süreçlerinde sıkça karşılaşılan çözümün varlığı ve tekliği ile ilgili teknik kısıtlamaların parametere hassasiyetine etkisini sınırlandırmaktır. Önerilen algoritmanın fiber saçılım dinamiklerini ve ortalama fiber yönünün evrimini aydınlatan bir şekilde, daha iyi bir modelleme aracı olduğunu savunuyoruz. Modelin tahmin ediciliği deneysel veriler üzerinde, modelin nümerik kararlılığı ve sonuçları ise tek tabakalı damar modelinin zamana bağlı şekil değişimi üzerinde gösterilmiştir. Modelin zamana bağlı sonuçları ve ulaştığı son parametrik değerler, ortalama fiber yönü ve dağılım istatistikleri, gerilme tabanlı uyarı için deneysel gözlemlerle uyumludur.

**Anahtar Kelimeler:** Büyüme, Yeniden-Modelleme, Doku Biyomekaniği

**Bilim Dalı Sayısal Kodu:** 624.03.01

**University** : İstanbul Technical University  
**Institute** : Institute of Informatics  
**Science Programme** : Computational Science and Engineering  
**Programme** : Computational Science and Engineering  
**Supervisor** : Prof. Dr. M. Serdar ÇELEBİ  
**Degree Awarded and Date** : PhD – May 2016

**ABSTRACT**

**BIOMECHANICAL MODELING OF GROWTH AND REMODELING PROCESS IN  
SOFT BIOLOGICAL TISSUE**

**Gürsan ÇOBAN**

**In this work, we constructed a novel collagen fiber remodeling algorithm that incorporates the complex nature of random evolution acting on single fibers causing macroscopic fiber dispersion. The proposed framework is different from the existing remodeling algorithms, in a way that the microscopic random force on cellular scales causing a rotational-type Brownian motion alone is considered as an aspect of vascular tissue remodeling. A continuum mechanical framework for the evolution of local dispersion and how it could be used for modeling the evolution of internal radius of biaxially strained artery structures under constant internal blood pressure are presented. A linear evolution form for the statistical fiber dispersion is employed in the model. The random force component of the evolution, which depends on the mechanical stress stimuli, is described by a single parameter. Although the mathematical form of the proposed model is simple, it has been considered that there is a strong link between microscopic evolution of collagen dispersion on the cellular level and its effects on macroscopic visible world through mechanical variables. The underlying reason of the model's simple design is not only to increase the computational efficiency of the algorithm, but also to limit the impacts of parameter sensitivity, which is supposed to be due to the technical the restrictions on the existence and uniqueness of solutions encountered in the nonlinear remodeling processes. We believe that proposed algorithm utilizes a better understanding of the relationship between the evolution rates of mean fiber direction and fiber dispersion. Predictive capability of the algorithm is presented using experimental data. The model has been simulated by solving a single layered axysymmetric artery (adventitia) deformation problem. The algorithm performed well for estimating the quantitative features of experimental anisotropy, the mean fiber direction vector and dispersion measurements under strain dependent evolution assumptions.**

**Keywords: Growth, Remodeling, Tissue Biomechanics**

**Science Code: 624.03.01**