

İNSAN UYLUK KEMİĞİ VE KALÇA PROTEZİNİN GERİLME VE DEPLASMAN DAVRANIŞININ KIYASLANMASI

Fatih ATİK¹, Arif ÖZKAN², İlyas UYGUR³

¹ Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konuralp Kampüsü Düzce Türkiye fatihatik1985@gmail.com

² Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Konuralp Kampüsü Düzce Türkiye arifozkan@duzce.edu.tr

³ Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konuralp Kampüsü Düzce Türkiye ilyasuygur@duzce.edu.tr

ÖZET:

Amaç: Son yıllarda biyo-malzeme alanında kayda değer çalışmalar olmuş, önemli mesafeler kat edilmiştir. Biyo-malzemelerden kullanılacağı doku veya yere uyum sağlayıp istenilen en yüksek özelliklerde performans göstermesi beklenir. Bu amaca yönelik olarak sıklıkla kullanılan kalça protezi femoral komponenti için farklı malzemelerin göstermiş olduğu yük taşıma kapasitesinin belirlenmesi, yer değişim miktarının tayini ve kıyaslanması amaçlanmıştır.

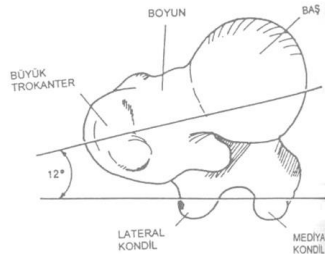
Materyal ve Metod: Bu çalışmada, total kalça protezi ve femur arayüzü bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri yardımıyla modellenmiştir. Farklı malzemelerden oluşturulmuş ve femur üst bölgesine cerrahi prosedürler uygulanarak konumlandırılan kalça protezinin gerilme ve deplasman değerleri sonlu elemanlar yazılımı ANSYS Workbench yardımıyla incelenmiştir.

Bulgular ve Sonuç: Gerçeğe yakınlığı ve uygulanabilirliği ile diğer yöntemlerin önüne geçen sonlu elemanlar metodu ile yapılan bu çalışmada, biyomedikal uygulamalarda sıklıkla kullanılan metallerin, malzeme özelliklerine bağlı kalarak yük altındaki tepkileri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Modeller üzerinde ortaya çıkan gerilme dağılımları ve deformasyon davranışları incelenmiş ve sonuçlar femur-kalça protezi ara yüzü üzerinde kıyaslanmıştır. Elde edilen değerlere göre karşılaştırmalı olarak bakıldığında, gerilmenin en az olduğu malzemenin titanyum alaşım olduğu görülmektedir.

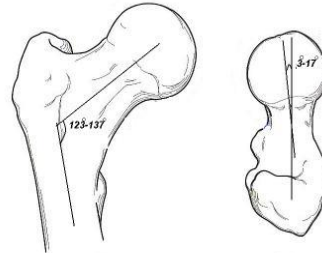
Anahtar Kelimeler : Femur, Kalça protezi, Sonlu elemanlar metodu, Biyomalzeme

1. GİRİŞ

Femur; insan vücudunun en uzun ve en kuvvetli kemiğidir. Uzunluğu kişiden kişiye değişmekle birlikte vücut uzunluğunun yaklaşık olarak % 25'ini oluşturmaktadır. Ayakta duran bir kişide femur doğrultusu yukarıdan aşağıya ve dıştan içe doğrudur. Femur başlıca kendine ait bir geometrisi olan yapı olarak; eğriliği öne bakan hafif bir eğrilik gösterir ve alt ucu üst uca nazaran daha arkada bulunur [1-4]. İnsan vücudunda bulunan tipik bir femur ve ana bölümleri Şekil 1 de ve boyun açıları Şekil 2 de gösterilmiştir.

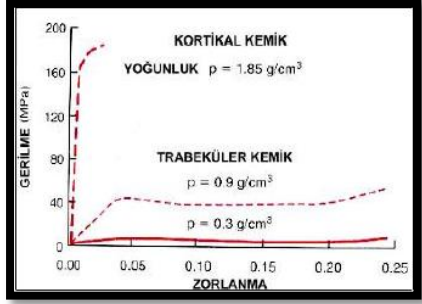


Şekil 1 : Femur üst uç anatomik bölgeleri [5]



Şekil 2 : Femur baş-boyun ve anteversiyon açıları

Femur boynu, başı cisme bağlayan kısımdır. Femur boynu ile cisim arasında yetişkinlerde 123°-137 °'lik bir açı vardır. Buna femur boyun açısı denir. Femur boyununun aksı ile femur cisminin aksı arasında 3°-17° 'lik (Şekil 2) öne açılanması mevcuttur. Mekanik bir yapı olarak çeşitli çalışmalarda femur isotropik malzeme olarak tanımlandığı gibi ortotropik malzeme özelliği ile tanımlanmaktadır. Yapı olarak diğer kemikler gibi kortikal ve trabeküler kemik olarak bütünlük halindedir. Kortikal ve trabeküler kesitlerinin gerilme-zorlanma eğrileri Şekil 3 te verilmiştir.



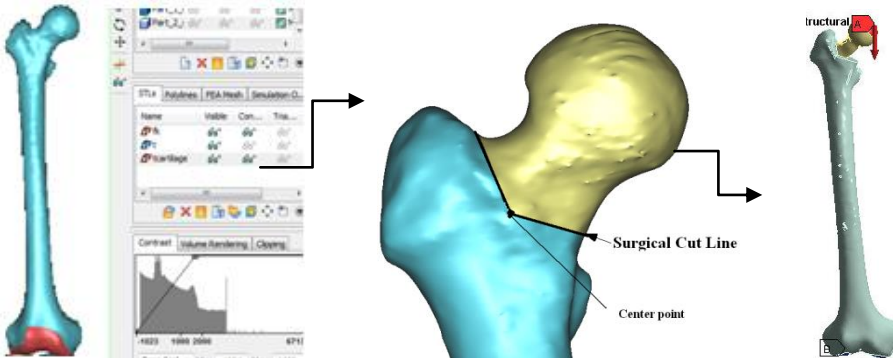
Şekil 3. Kortikal ve trabeküler kemik için gerilme-zorlanma eğrisi.

Şekil 3'de görüldüğü gibi kemiğin dış kısmında kalan kortikal yapı dinamik ve statik yükleri taşıma görevini yerine getirmektedir. Kemik yapının iç kısmında yer alan trabeküler kemik sünekliliği artırmakta ve yapısal tokluğu sağlamaktadır.

Biyomalzemeler, insan vücudundaki organ ya da dokuların işlevlerini yerine getirmek veya desteklemek amacıyla kullanılan malzemeler olup, metal, seramik, polimer veya kompozitlerden yapılabilirler. Biyomalzemeler kullanılacağı yere uyum sağlayıp, optimum özelliklerde performans göstermesi beklenir. Total kalça protezi, ileri derecede hasar görmüş femur başının, femur boynu dahil olmak üzere yapay bir eklem ile değiştirilmesi operasyonudur. Bu çalışmada da kalça protezi femur arayüzü birebir modellenerek farklı malzemelerin gösterdiği mekanik davranışlar karşılaştırılmıştır. Bu amaçla çalışmada farklı biyoyumlu malzemelerin (1-Paslanmaz Çelik, 2-CromKobalt, 3-Titanyum Alaşımı) femura montajı yapılarak, insan ağırlığına paralel kuvvet uygulanıp, ortaya çıkan sonuçlar sonlu elemanlar metodu ile değerlendirilmiştir.

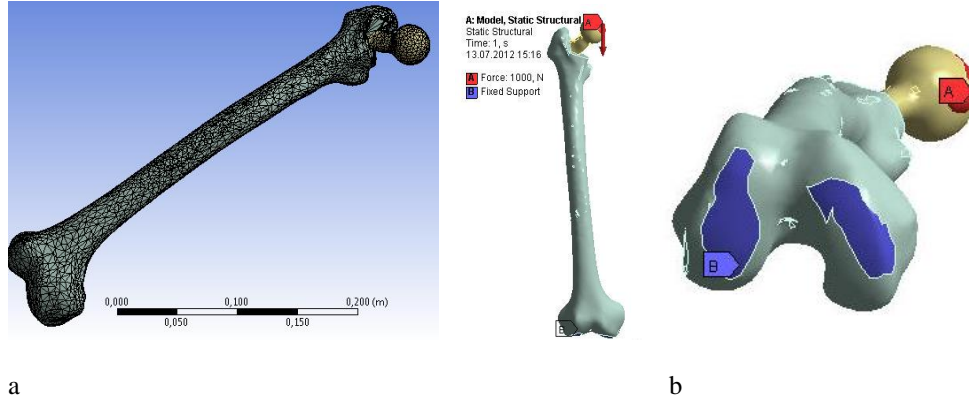
2. MATERYAL METOD

Referans femur modelini dijital olarak modellemek için, ortalama ağırlık ve boyda sağlıklı, bir insanın Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntülerinden faydalanılmıştır. BT görüntüleri Toshiba Aquilion BT tarayıcı aygıtıyla elde edilmiştir. Birebir referans olabilecek modelleme için mümkün olduğunca sık katmanlı bir BT taraması yapılması uygun olduğundan, kesit aralığı 0.75 mm olan 1000 paralel katmanlı 512 X 512 piksel çözünürlüğünde BT taraması yapılmıştır. Görüntüler BT cihazından DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatında kaydedilmektedir. DICOM katmanları bir bütün halinde kemik yapının modellenmesi için kullanılmaktadır. Bu görüntüler, MIMICS (Materialise's Interactive Medical Image Control System) yazılımı ile femur geometrisi Şekil 3'de gösterildiği gibi 3B birebir olarak modellenmiştir.



Şekil 4- BT Görüntülerinden modellemeye geçiş

Femur ve kalça protezinin femoral kısmının üzerindeki gerilme ve deformasyon dağılımlarını değerlendirmek için 3B birebir model kullanılmıştır. Bu model üzerine insan vücudundaki yüklem ve sınır şartları uygulanarak gerilme ve deformasyon dağılımları sonlu elemanlar destekli yazılım olan ANSYS ile belirlenmiştir. Bunun için literatürde tanımlanan yük değerlerini kullanılmıştır. Femur baş küresine kalça ekleminden aktarılan yük ise mekanik eksen doğrultusunda uygulanmıştır. Abdüktör yükü göz önüne alınmamış mekanik eksen doğrultusunda birkaç kas yükünün bileşkesi olarak 1000 N uygulanmıştır. Modele ait sonlu elemanlar matematiksel ifadesi (ağ örgüsü) Şekil 5 a'da gösterilmiştir. Model üzerinde 112541 eleman ve 45874 node bulunmaktadır. Femur üzerine etkiyen kuvvet ve sabitleme yüzeyleri Şekil 5 b'de gösterilmiştir. Malzeme özellikleri ise Tablo 1'de gösterilmiştir.

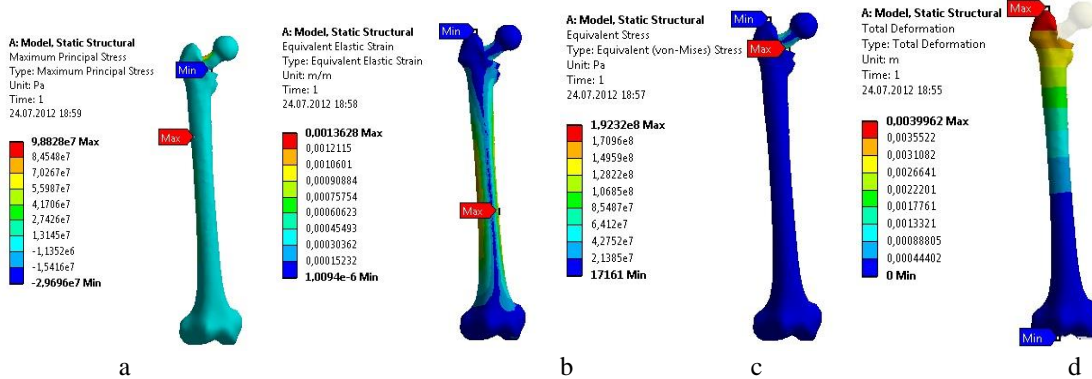


Şekil 5. Yük ve sabitlerin konumu

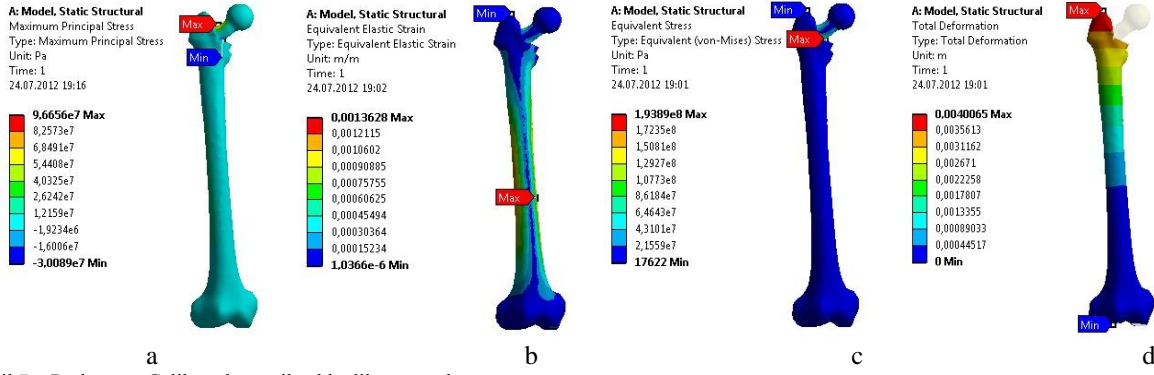
Tablo 1: Kullanılan malzeme özellikleri

	Poisson oranı (ν)	Elastikiyet modülü (E) GPa
Ti-6Al-4V	0.342	113.8
Paslanmaz Çelik	0.3	200
Krom Kobalt	0.226	189.6
Femur	0.3	17

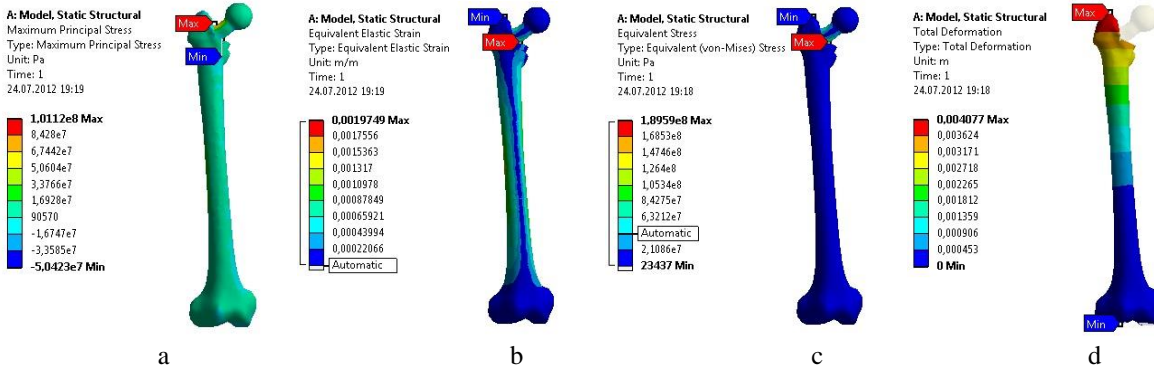
Modelleme tamamlandıktan sonra kuvveti ve sabitleri atanmış olan femur-protez ikilisinin sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Bu amaçla, femur üzerine montajlanan protez Tablo 1'de gösterilen Ti-6Al-4V, Paslanmaz Çelik ve Krom Kobalt olan 3 farklı malzeme çeşidi ile sonuçları değerlendirilmiştir. Paslanmaz Çelik, Krom Kobalt, Titanyum Alaşımı için ayrı ayrı, *Eşdeğer Elastik Gerinim*, *Eşdeğer Gerilme*, *Toplam Deformasyon ve Maksimum Gerilme* değerleri sırasıyla Şekil 6, 7 ve 8'de gösterildiği gibi elde edilerek karşılaştırılmıştır.



Şekil 6 – Krom Kobalt malzeme ile elde edilen sonuçlar



Şekil 7 – Paslanmaz Çelik malzeme ile elde edilen sonuçlar



Şekil 8 – Titanyum Alaşımı malzeme ile elde edilen sonuçlar

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, femur-kalça protezi ara yüzü bilgisayarlı tomografi görüntülerinden elde edilen birebir alt eksterimite modeli üzerinden modellenmiştir. Gerçeğe yakınlığı ve uygulanabilirliği ile diğer yöntemlerin önüne geçen sonlu elemanlar metodu [6-7] ile yapılan bu çalışmada, biyomedikal uygulamalarda sıklıkla kullanılan metallerin, malzeme özelliklerine bağlı olarak yük altındaki tepkileri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Modeller üzerinde ortaya çıkan gerilme dağılımları ve deformasyon davranışları incelenmiş ve sonuçlar femur-kalça protezi ara yüzü üzerinde kıyaslanmıştır.

Tablo 2’de gösterilen değerlere göre karşılaştırmalı olarak bakıldığında, gerilmenin en az olduğu malzemenin titanyum alaşım olduğu görülmektedir. Gerilmenin azalması kuvvet dağılımı açısından istenen bir durumdur. Buna karşılık toplam yer değiştirme titanyum alaşım üzerinde daha fazla çıkmaktadır. Bu durum malzemenin elastikiyet modülü ile açıklanabilir ve kalça protezi için bazı şartlarda bütünlük kaybetmeden ve plastik deformasyona uğramadan oluşan şekil değişiklikleri kabul edilebilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre cerrahi öncesi bir planlamanın sonlu elemanlar yöntemi yardımıyla farklı şartlar ve malzemeler için yapılabilirliği açıklanmıştır. Çalışmanın devamında, farklı geometrilerin kıyaslanması ile yeni bir geometride ve malzeme özelliğinde kalça protezi tasarımı yapılacaktır.

Tablo 2: Sonuçların karşılaştırılması

		<i>Krom Kobalt</i>	<i>Paslanmaz Çelik</i>	<i>Titanyum Alaşım</i>
Gerinim (mm/mm)	<i>Max.</i>	0.0014	0.0013	0.0019
	<i>Avr.</i>	0.0009	0.0011	0.0007
Eşdeğer Gerilme (Pa) (von mises)	<i>Max.</i>	1.92 e8	1.94 e8	1.89 e8
	<i>Avr.</i>	1.068 e8	1.077 e8	1.053 e8
Toplam Deformasyon (mm)	<i>Max.</i>	0.0039	0.0041	0.0041
	<i>Min</i>	0.00016	0.00012	0.00014

REFERANSLAR

- [1] GÖKÇEK E. Ortopedik implant ve Protez Tasarımı için Biyomalzemelerin Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [2] PASİNLİ A. Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Sayı 4, Sayfa 25-34, 2004
- [3] TOPRAK Y. İnsan Bacağının Sonlu Elemanlar Modelinin Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Tasarım ve İmalat Mühendisliği A.B.D, 2008
- [4] Mutlu B., Kurt M. Kırık Kemik Tedavilerinde Kullanılan Fiksatorlerin Mekanik Özellikleri Ve Üç Değişik Malzemeden Yapılmış Halka Tipi Fiksatorlerin Mekanik Testleri, Mühendis ve Makina - Cilt: 46 Sayı: 543
- [5] http://www.docschnaggo.de/pfpop4_e.html
- [6] Sipahi E. : Dip Klepsinin Ansys İle Optimizasyonu, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2004
- [7] Akıllı Y.E. Farklı Materyallerden Yapılmış İmplant Ve Üst Yapılarının Kuvvet Dağılımının Sonlu Elemanlar Gerilme Analizi İle İncelenmesi, İstanbul üniversitesi, Sağlık bilimleri enstitüsü, Doktora tezi, 2010