



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



Kalça protezi stabilitesinin harmonik cevap analizi ile değerlendirilmesi

Evaluation of hip prosthesis stability via harmonic response analysis

Yazar(lar) (Author(s)): Talip ÇELİK¹, Yasin KİŞİOĞLU²

ORCID¹: 0000-0003-0033-2454

ORCID²: 0000-0002-9819-2551

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Çelik T. ve Kışioğlu Y., “Kalça protezi stabilitesinin harmonik cevap analizi ile değerlendirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, 23(1): 81-84, (2020).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.467624

Kalça Protezi Stabilitesinin Harmonik Cevap Analizi ile Değerlendirilmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Talip ÇELİK*, Yasin KIŞIOĞLU

Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 05.10.2018 ; Kabul/Accepted : 26.02.2019)

ÖZ

Ortopedi ve diş hekimliği alanında kullanılan implant ve protezlerde en sık karşılaşılan problem gevşeme problemidir. Bu sorun sebebi ile implantlar ve protezler işlevlerini yerine getiremez hale gelir. Bu gevşeme sorununun ameliyat sonrası takibi ve erken tespiti çok önemlidir. Ortopedi alanında kullanılan yöntemlerin halihazırda gevşemeyi tespit etme başarısı düşük olduğundan alternatif bir yöntem geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada da alternatif kullanılacak yöntem olan titreşim yönteminin ameliyat sonrası gevşemeyi tespiti sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Modellemesi yapılan femur kemiği ve kalça protezinin harmonik cevap analizi ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Ameliyat sonrası femur kemiğinin malzeme özelliklerindeki değişimin etkisi de analize katılmıştır. Sonuç olarak gevşeme derecesi azaldıkça elde edilen frekans ve genlik değerlerinin de azaldığı görülmüştür. Bu sayede titreşim yönteminin ameliyat sonrası takipte kemik yoğunluğundaki değişime rağmen başarılı olabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Titreşim yöntemi, sonlu elemanlar analizi, harmonik cevap analizi, gevşeme.

Evaluation of Hip Prosthesis Stability via Harmonic Response Analysis

ABSTRACT

The most common problem in implants and prosthesis used in the field of orthopedics and dentistry is the loosening. Implants and prosthesis are unable to function due to this problem. Postoperative follow-up and early detection of this loosening problem is very important. Since the methods used in the orthopedics are already having a low success in identifying relaxation, an alternative method has to be developed. In this study, the determination of postoperative loosening using vibration method was evaluated via finite element method. Modeling of femoral bone and hip prosthesis were evaluated by harmonic response analysis. The effect of the changing properties of the material in the femoral bone was also included in the analysis. As a result of this study, the frequency and amplitude values decreased as the degree of loosening decreased. Thus, it was observed that the vibration method could be successful despite the change in bone density in the postoperative follow-up.

Keywords: Vibration method, finite element analysis, harmonic response analysis, loosening.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İmplantlar ve protezler ortopedi ve diş hekimliği alanlarında sıklıkla tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır. Kullanılan implant ve protezler yeterli stabilite ile kemiğe yerleştirilmediğinde zamanla gevşer ve işlevini yerine getiremez hale gelir [1]. Bu sebeple ilk ameliyattan daha zor ve maliyetli olan revizyon ameliyatı yapılması gerekir. Hem hasta için hem de cerrah için zor olan bu durum karşımıza büyük bir sorun olarak çıkmaktadır.

Ortopedi alanında en sık yapılan ameliyatlardan biri olan kalça protezi ameliyatlarında gevşeme oluşma riski çok yüksektir. Dünya genelinde yaklaşık 1.2 milyondan fazla kalça protezi ameliyatları yapılmakta ve bunların yaklaşık %10'u gevşeme sebebi ile tekrar ameliyat edilmektedir [2]. Gelişen teknoloji ve tedavi olanakları ile ortalama yaşam süresi artacağı öngörülürse kalça protezi ameliyatı sayısı daha da artacağı tahmin

edilebilir. Bu sebeple ortopedi ve diş hekimliği alanında önemli bir sorun olan gevşeme sorununun azaltılması, mümkünse ortadan kaldırılması gerekmektedir. Halihazırda ortopedi alanında gevşeme tespiti radyolojik görüntüleme yöntemleri ile yapılmaktadır. Bu yöntemin gevşemeyi tespit etme başarısı oldukça düşük olduğundan alternatif yöntemler geliştirilmesi gerekmektedir [3]. Literatürde titreşim yönteminin gevşeme tespitinde radyolojik görüntüleme yöntemine alternatif olacağı vurgulanmıştır [3]. Titreşim analizi ile sistemin doğal frekansı veya sisteme verilen belirli genlik ve frekanstaki titreşime sistemin verdiği cevap değerlendirilerek gevşeme tespit edilir. Doğal frekansı etkileyen faktörlerden biri kemik yoğunluğu değişimidir. Diğer faktör ise protez ile femur kemiği arasındaki kondağa bağlıdır. Kalça protezi ameliyatları sonrası kemik yoğunluğu ilk 3 aylık süreçte %8.5, 6 aylık süreçte %11.2, bir yıl sonunda yaklaşık %12.4 oranında düşmektedir [4]. Bu durumda ameliyat sonrası gevşeme takibinde bu dikkate alınmalıdır.

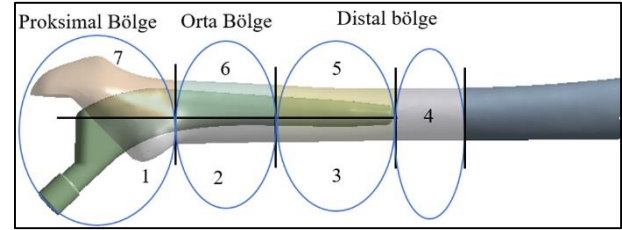
*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : celiktalp@gmail.com

Bu çalışmada da sistemin doğal frekanslarını sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak belirlenmesi ile ameliyat sonrası gevşeme tespit ve takibinde titreşim yönteminin kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Ayrıca, harmonik cevap analizi ile kalça protezi stabilitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu sayede ileriki çalışmalarda titreşim yönteminin kalça protezi gevşemesi ve takibinde uygulanabilirliği belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

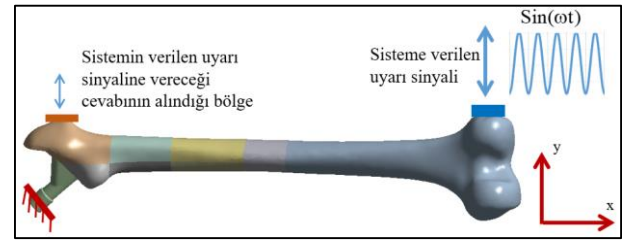
Öncelikle femur ve kalça protezi bileşenleri modellenmiştir. Femurun 3 boyutlu modeli MIMICS (Materialise, Leuven, Belçika) 11.0 programı kullanılarak BT (Bilgisayarlı Tomografi) görüntülerinden elde edilmiştir. MIMICS yazılımından nokta bulutu verisi ile elde edilen femur modeli Geomagic Studio 10 (Raindrop Inc. ABD) tersine mühendislik programında katı model olarak oluşturulmuş ve IGES veri formatında SolidWorks (Dassault Systems, ABD) yazılımına aktarılmıştır. Kalça protezi modeli SolidWorks yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Gerekli protez ölçüleri TIPSAN (TIPSAN A.Ş., Türkiye) firmasına ait katogdan ve protez üzerinden kumpas yardımı ile elde edilmiştir. Modelleme işlemleri tamamlandıktan sonra titreşim analizleri için Ansys Workbench 12.0 yazılımına aktarılmıştır. Genellikle gevşeme sorunu çimentosuz tip kalça protezlerinde olduğundan çimentosuz kalça protezi seçilmiştir. Kalça protezi malzemesi, Ti6Al4V alaşımının mekanik özelliklerine göre alınmıştır ($E=110000$ MPa, $\nu=0.33$). Kemik malzeme özellikleri BT görüntülerine dayandırılarak geliştirilen ampirik formüller sayesinde MIMICS yazılımında her node'un mekanik özellikleri kemik yoğunluğuna bağlı olarak atanmıştır [5]. Titreşim analizlerinde sistemi oluşturan parçaların yoğunluk değişimleri önemli olduğundan bu çalışmada bu değişim de değerlendirilmiştir. Buna göre femur-protez modelinde yoğunluk değişim bölgeleri Şekil 1'deki gibi ayrılmış ve bu değişim oranlarına göre

3, 6 ve 12 aylık periyotlarda analize katılmıştır. Genel olarak oluşturulan modeller ve yapılan analizler Çizelge 1'de tanımlandığı gibi gerçekleştirilmiştir. Stabil femur-protezlerde kontak tipleri bonded (yapışık), stabilite azaldıkça bonded kontaklar debonded (yapışık olmayan) kontakla dönüştüğü için sürtünmeli ve sürtünmesiz kontaklar tanımlanmıştır [6,7]. Element boyutları protez için 1 mm, kemik için 4 mm olarak yakınsama çalışması ile elde edilmiştir. Ayrıca kontak bölgesi 0.5 mm element boyutu ile daha sık ağ örgüsü oluşturulmuştur.



Şekil 1. Femur-protez modeli ve kemik yoğunluğu değişim bölgeleri (Femur-prosthesis model and the regions of bone density changing)

Sonlu elemanlar analizinde uygulanan sınır şartları Şekil 2'deki gibi protez başından x, y ve z yönlerinde sabitlenmiş ve aynı zamanda rotasyona izin verilmiştir. Distal femurdan (diz eklemi) genliği 10 olan 100 Hz ile 1000 Hz arasında harmonik titreşim verilmiştir. Sönüm oranı (ξ) sıfır olarak tanımlanmıştır. Frekansın cevabı femurun büyük trokanter bölgesinden Şekil 2'de gösterildiği bölgeden alınmıştır.



Şekil 2. Sonlu elemanlar modal analizi için kullanılan sınır şartları (The boundary conditions for finite element modal analysis)

Çizelge 1. Sonlu elemanlar analizi için tanımlanan modellerin kontak durumları ve kemik yoğunluk değişimleri (Contact types of the models defined for finite element analysis and changes of bone density)

	Analiz 1		Analiz 2		Analiz 3	
	KT	KYD (%)	KT	KYD (%)	KT	KYD (%)
Ameliyat sonrası	Bonded	-	Debonded (sürtünmesiz kontak, $k=0$)	-	Debonded (sürtünmesiz kontak, $k=0$)	-
Ameliyattan 3 ay sonra	Bonded	-8,5	Proksimal bonded, orta ve distal bölge Sürtünmeli kontak ($k=0.5$)	-	Proksimal bonded, orta ve distal bölge Sürtünmeli kontak ($k=0.5$)	-8,5
Ameliyattan 6 ay sonra	Bonded	-11,2	Proksimal ve orta bonded, distal sürtünmeli ($k=1$)	-	Proksimal ve orta bonded, distal sürtünmeli ($k=1$)	-11,2
Ameliyattan 12 ay sonra	Bonded	-12,4	Bonded	-	Bonded	-12,4

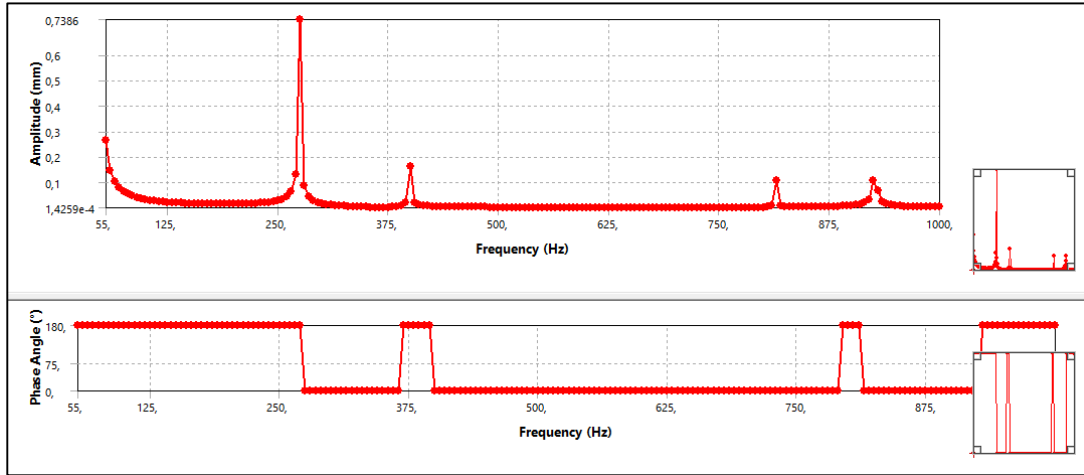
KT: Kontak Türü; KYD: Kemik Yoğunluk Değişimi; k: sürtünme katsayısı

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Şekil 3’de femur-protez modelinden stabil halde elde edilen genlik-frekans ve faz açısı grafiği verilmiştir. Stabil halde proksimal femurdan alınan genlik değeri maksimum 0.7386 mm olarak elde edilmiştir. 275 Hz frekansta alınan bu değer ayrıca sistemin doğal frekansıdır. Stabil femurdan elde edilen bu değerler referans alınarak diğer sonuçlar değerlendirilmiştir.

ve orta bölge gevşemesi protez ile kemik arasında daha çok boşluk oluştuğunu ve bu boşluk sebebi ile genliğin daha yüksek çıktığı söylenebilir. Aynı mantık ile total deformasyon sonuçları değerlendirilebilir.

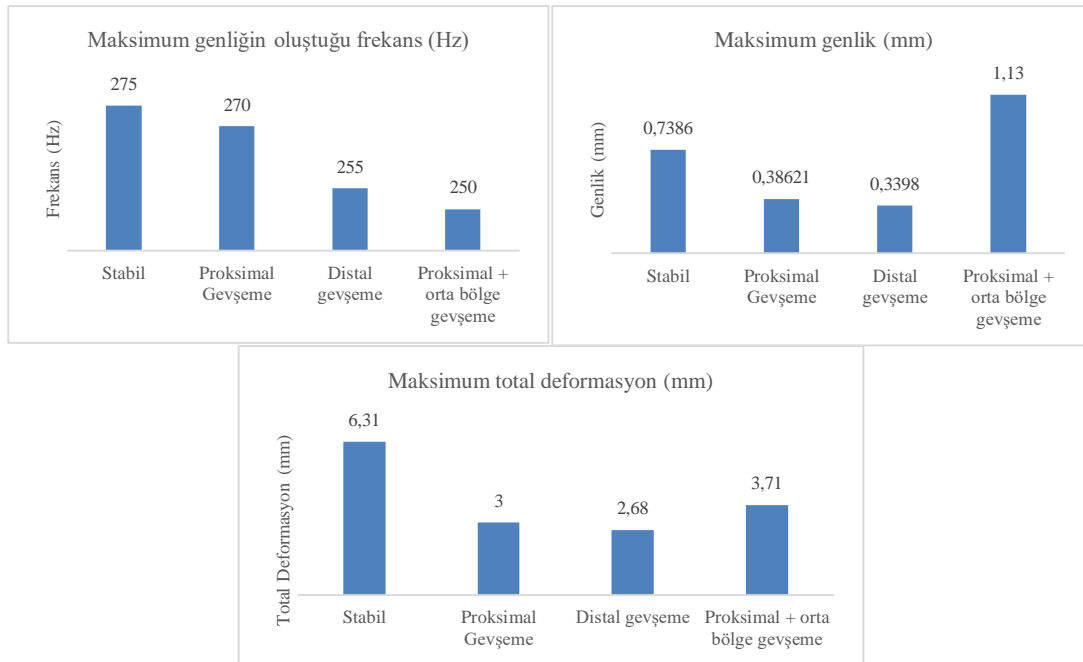
Bu çalışma ile stabil durumdaki femur-protez sisteminin doğal frekansı daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu da stabilite düştükçe doğal frekans değerlerinin de azaldığı göz önüne alınırsa ameliyat sonrası gevşeme takibi için önemli bir sonuç vermektedir. Diğer önemli bir sonuç ise



Şekil 4. Stabil durumda femur-protez modelinden elde edilen frekans cevapları (Frequency responses obtained from stable femur-prosthesis model)

Şekil 4’de frekans, genlik ve maksimum deformasyon değerleri protezin stabilitesine göre nasıl değiştiğini göstermektedir. Buradan stabilite düştükçe maksimum genliğin oluştuğu frekans değeri de azalmaktadır. Yani sistemin doğal frekansları stabilite seviyesine göre azalmaktadır. Ayrıca, genlik değerleri de proksimal ve orta bölge gevşemiş model hariç azalmaktadır. Proksimal

titreşim ile elde edilen genlik değerlerindeki değişimdir. Stabil durumda bu genlik değerleri yüksek çıkmaktadır. Bu da gevşeme takibinde doğal frekans ile birlikte gevşemeyi doğru bir şekilde ve derecede tespit etmede önemli bir gösterge olabilir. Ayrıca, femur ile protez arasındaki kontak yüzeylerindeki temas durumlarına göre de elde edilen genlik değerleri değişmektedir. Stabil



Şekil 3. Frekans, genlik ve total deformasyon grafikleri (The graphs of frequency, amplitude and total deformation)

durumda iken uyarma frekansı ile sistemin doğal frekansı üst üste geldiğinde rezonans oluştuğundan yüksek genlikler elde edilmektedir. Ayrıca kontak temas yüzeyleri azaldıkça da genlik değeri artmaktadır. Bu da değerlendirmede dikkat edilmesi gereken önemli bir değişken olmaktadır.

Kalça protezi ameliyatları sonrası gevşeme tespitini erken ve doğru bir şekilde tespit etmek hem hasta yaşam kalitesi açısından hem de maliyetler noktasında önemli yararlar sağlayacaktır. Bu konu ile alakalı farklı tespit yöntemleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Özellikle diş hekimliği alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiş ve diş implantının stabilitesini belirleyen cihazlar piyasaya sürülmüştür. Bu cihazlar implantı yeterli sağlamlıkta diş yuvasına yerleştirilip yerleştirilmediği hakkında diş hekimine bilgi vermekte ve bu sayede ilerideki implant gevşeme riskini azaltmaktadır. Periotest ve Osstell cihazları bunlara örnek olarak gösterilebilir. Ortopedi alanında da özellikle kalça protezinin yeterli stabilite ile yerleştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır [8,9]. ISAC cihazı ortopedi alanında geliştirilmiş bir cihazdır. Bu cihaz genel olarak uygulanan bir moment değerine karşılık kemik ile protez arasındaki hareket miktarının ölçümüne dayanmaktadır. Kullanımı zor olduğundan alternatif çalışmalar yapılmıştır. Bu alternatif çalışmalar da titreşim yönteminin en uygun yöntem olabileceği belirlenmiştir [10]. Diğer bir çalışmada distal femurdan titreşim verilerle proksimal femurdan ivmeölçer vasıtası ile değerler alınmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir [11,12]. Bu çalışmalarda ileriki dönemde kemik yoğunluğu azalması sebebi ile sonuçlardaki değişim incelenmemiştir. Bu çalışmada ise sonlu elemanlar metodu kullanılarak ameliyat sonrasındaki kemik yoğunluğu değişimi de analize katılmış ve sonuçlar buna göre değerlendirilmiştir.

6. SONUÇ (CONCLUSION)

Sonuç olarak titreşim yöntemi kalça protezi ameliyatlarında ileriki dönemde meydana gelen gevşeme sorununun tespiti için alternatif bir yöntem olduğu gösterilmiş ve değerlendirmede kemik yoğunluğunun sonuçlara etkisi göz ardı edilmemiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma 216M316 proje numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Ayrıca sorumlu yazar, 2211-C öncelikli alanlar burs programı kapsamında yurtiçi doktora bursu verdiği için TÜBİTAK'a teşekkür eder.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Malchau H., Herberts P., Eisler T., Garellick G. and Soderman P., "The Swedish Total Hip Replacement Register" *J. Bone Joint Surg. Am.*, 86A: 2-20, (2002).
- [2] Dreinhofer K.E., "Indications for total hip replacement: comparison of assessments of orthopaedic surgeons and referring physicians", *Ann. Rheum. Dis.*, 65: 1346-1350, (2006).
- [3] Georgiou A.P. and Cunningham J.L., "Accurate diagnosis of hip prosthesis loosening using a vibrational technique", *Clin. Biomech.*, 16: 315-323, (2001).
- [4] Ike H., Inaba Y., Kobayashi N., Hirata Y., Yukizawa Y., Aoki C., Choe H. and Saito T., "Comparison between mechanical stress and bone mineral density in the femur after total hip arthroplasty by using subject-specific finite element analyses", *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 18: 1056-1065, (2014).
- [5] Rho J. Y., Hobatho M. C. and Ashman R. B., "Relations of Mechanical-Properties to Density and Ct Numbers in Human Bone", *Med. Eng. Phys.*, 17: 347-355, (1995).
- [6] Oshkour A. A., Abu Osman N. A., Bayat M., Afshar R. and Berto F., "Three-dimensional finite element analyses of functionally graded femoral prostheses with different geometrical configurations", *Materials & Design*, 56: 998-1008, 2014.
- [7] Goshulak P., Samiezadeh S., Aziz M. S. R., Bougherara H., Zdero R. and Schemitsch E. H., "The biomechanical effect of anteversion and modular neck offset on stress shielding for short-stem versus conventional long-stem hip implants", *Med. Eng. Phys.*, 38: 232-240, (2016).
- [8] Jacques S. V. N., Pastrav C., Zahariuc A. and Perre G. V. D., "Analysis of the fixation quality of cementless hip prostheses using a vibrational technique", *ISMA*, Leuven, Belgium, 20-22 September, (2004).
- [9] Kassi J.-P., Heller M. O., Stoeckle U., Perka C. and Duda G. N., "Stair climbing is more critical than walking in pre-clinical assessment of primary stability in cementless THA in vitro", *J. Biomech.*, 38: 1143-1154, 2005.
- [10] Pastrav L. C., Jacques S. V. N., Jonkers I., Perre G. and Mulier M., "In vivo evaluation of a vibration analysis technique for the per-operative monitoring of the fixation of hip prostheses", *J. Orthop. Surg. Res.*, 4: 10-12, (2009).
- [11] Puers R., Catrysse M., Vandevoorde G., Collier R. J., Louridas E., Burny F., Donkerwolcke M. and Moulart F., "A telemetry system for the detection of hip prosthesis loosening by vibration analysis", *Sensors and Actuators A: Physical*, 85: 42-47, (2000).
- [12] Çelik T., "Ortopedik İmplantlarda Mekanik Kararlılığın Analizi", *Doktora Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2012).