

SWITCHİNG PLATFORMA SAHİP BİR İMLANT SİSTEMİNİN BOYUN BÖLGESİNDE MEYDANA GELEN GERİLİM DAĞILIMLARININ ÜÇ BOYUTLU SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF TENSION DISTRIBUTION OF BONE IN THE NECK OF THE IMPLANT WITH SWITCHING PLATFORM BY USING 3-D FINITE ELEMENT ANALYSIS

Adalet Çelebi*¹, Prof.Dr.Belgin Gülsün²

¹Dr. Dt. Dicle Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, DİYARBAKIR

²Prof. Dr. Dicle Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, DİYARBAKIR

Özet

Dental implantlar eksik dişlerin yerine kullanılan başarılı bir protez olarak kabul edilmektedir. İmplantın başarısızlığına neden olan en önemli faktör ise, implantın boyun bölgesindeki kemiğin rezorbe olmasıdır. Bu rezorbsiyonu minimize etmek amacıyla switching platform protokolüne sahip implant sistemleri geliştirilmiştir. Sonlu Elemanlar Analiz (SEA) yöntemi, bir nesne içindeki gerilmeleri tahmin etmek için mekanik sistem simülasyonlarında kullanılan teorik bir teknik olarak kabul edilir. Dental implantlar sürekli dinamik ve statik yüklemelere maruz kalmaktadır. Bu implantlar etrafında stres konsantrasyonlarının bilinmesi çok önemlidir.

Switching platformlu implant sistemine sahip iki farklı çapta implant modeli oluşturulup, sanal ortamda mandibula 1. molar diş bölgesine vertikal pozisyonda yerleştirilip, vertikal ve 30° açılı 300 N'lük (Newton) kuvvet uygulanmıştır. İmplantın boyun çevresindeki kemikte meydana gelen maksimum Von Mises stres değerleri incelenmiştir. Uygulanan kuvvet açısının değişmesi ile çevre kemikte oluşan maksimum Von Mises stres değerinin arttığı ve bu durumun kemik rezorbsiyonunu artırıcı etki yaptığı saptanmıştır. Ayrıca implant çapının artırılması ile maksimum Von Mises stres değerinin azaldığı yönünde ters bir orantı olduğu da görülmüştür.

Platform switching protokolünün gerek biyolojik gerekse mekanik avantajlarının net olarak anlaşılabilmesi için, daha fazla invivo ve invitro çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dental İmplantlar, Sonlu Eleman Analizi, Switching Platform, Alveolar Kemik Kaybı.

Abstract

Dental implants are accepted as successful prosthesis instead of missing teeth. The most important reason of implant failure is resorption of the bone in the neck of the implant. Switching platform protocol implants are developed to minimize the resorption in this area. Finite element analysis method is a theoretic technic which is used in mechanic system simulations to predict the tension in the objects. Dental implants are always exposed to dynamic and static loadings, so it is important to know stress concentrations around implant.

Two different diameter implant models with switching platform implant system created and placed into mandibular first molar area in vertical position in virtual environment, then 30° angled 300 N (Newton) force applied vertically. Von Mises stress values around the bone in the neck of the implant are investigated. Von Mises stress values are increased by changing the angle of the force and that situation increased the resorption. In addition, it is observed that Von Mises stress values were decreased by increasing the diameter of implant.

It is need to be done more in vivo and in vitro studies to clearly understand of both biological and mechanical advantages of platform switching protocol.

Keywords: Dental Implants, Finite Element Analysis, Switching platform, Alveolar Bone Loss.

Giriş

İletişim Adresi

Dr. Dt. Adalet ÇELEBİ
Dicle Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi
Ağız Diş Çene Cerrahisi A.D. 12180
DİYARBAKIR

e-mail: adalet_celebi@hotmail.com

Oral ve maksillofasiyal cerrahide 1970'li yıllardan itibaren, dental implantlarla ilgili giderek artan birçok çalışma yapılmıştır. Kullanımı yaygın hale gelen dental implantların uzun ve kısa dönem başarısı için birçok biyomekanik faktör tanımlanmıştır. Her ne

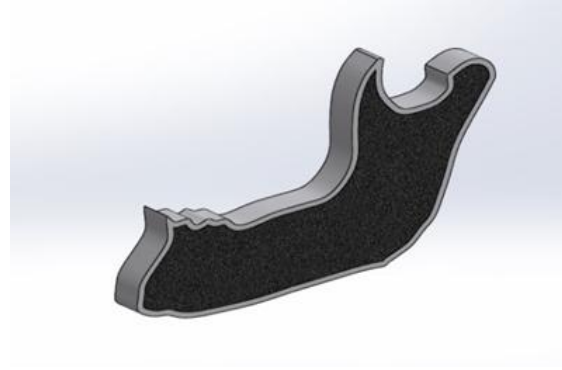
kadar bu implantların başarı oranı, çene kemiğinin yoğunluğuna ve kalitesine, implant tasarımına, yüzey yapısına ve cerrahi prosedürlere bağlı olduğu bilinse de, uzun dönem başarısında biyomekanik faktörlerin etkisi tartışılmazdır (1). İmplantın başarısızlığına neden olan en önemli faktör, implantın boyun bölgesindeki kemiğin rezorbe olmasıdır. Bu rezorbsiyonu en aza indirmek için, son yıllarda implant üreten firmalar tarafından "switch platformlu boyuna" sahip implantlar piyasaya sunulmuştur (2).

Sonlu elemanlar analizi (SEA) mekanik sistemleri taklit ederek bir nesne içerisindeki gerilmeleri tahmin etmek için kullanılan teorik bir tekniktir. Bu bilgisayarlı matematiksel yöntem, dental implantların biyomekanik özelliklerini ve gerilmeleri değerlendirmek için önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (3).

Bu çalışmadaki amacımız; D2 kemik (spongioz kemik içeren kalın kortikal kemik) yoğunluğuna sahip posterior mandibula 1. molar diş bölgesine yerleştirilecek farklı çaplardaki implantın uygulanan kuvvetler sonucu boyun bölgesindeki kemikte meydana gelen gerilme dağılımının sonlu elemanlar analiziyle değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem

İncelenen literatürler rehber alınarak dişli bir hastanın bilgisayarlı tomografi görüntüsünden alt çene modeli oluşturuldu. Oluşturulan kemik modelinin ebatları 30x20x10 mm olarak belirlendi. Elde ettiğimiz modelde 2 mm kortikal kemik oluşturuldu. Kortikal kemik iç yüzeyi, spongioz kemik olarak tanımlandı (Şekil-1). Mandibula 1. molar diş bölgesine uygulanacak switching platforma sahip implant sisteminin (Biohorizons® (USA)) çapları belirlenip modeller oluşturuldu. Elde edilen 1. model 3.8X10.5 mm, 2. model ise 4.6X10.5 mm ebadlarında iki farklı implant modelinden oluşmaktaydı (Şekil-2A,B). Oluşturulan kemik modeli ve implantlar NextEngine 3 boyutlu lazer tarayıcısında (Next Engine, Inc. USA), 3 boyutlu olarak tarandı.



Şekil-1: Mandibulanın 3 boyutlu kemik modeli



Şekil-2: A. 3.8mm çapında ve 10.5mm uzunluğunda,



Şekil-2: B. 4.6 mm çapında 10.5 mm uzunluğunda.

Modellerde kullanılan implantlar ve kemik, izotropik, homojen ve lineer elastik olarak kabul edildi. Çalışmadaki materyallerin elastisite modülü ve poisson oranları Tablo 1'de gösterilmiştir.

MATERYAL	ELASTİSİTE MODÜLÜ (MPa)	POİSSON ORANI
KORTİKAL KEMİK	13.7	0.3
SPONGİÖZ KEMİK	1.3	0.3
TİTANYUM	115 (Biohorizons® (USA))	0.35 (Biohorizons® (USA))

Tablo-1: Çalışmadaki materyallerin elastisite modülü ve poisson oranları (4).

İmplantlar kemik modellerine simetrik olarak yerleştirildi ve uygulandıkları kemik modellerinde % 100 osseointegre olarak kabul edildi. Aynı şekilde kron ile uyumlu olarak abutment ve kopingler oluşturuldu. Üst protetik yapının elemanları (koping, kron, abutment) arasındaki uyum, Rhinoceros 4.0 yazılımı ile sağlandı. İmplant üst yapısı olarak, metal destekli porselenler kullanıldı. Metal alt yapı olarak, krom-kobalt alaşım (Wiron 99; Bego, Bremen, Almanya) ve feldspatik porselen (Ceramco II; Dentsply, Burlington, ABD) tercih edilmiştir. Feldspatik porselenin kalınlığı en az 2 mm ve koping kalınlığı da (krom-kobalt alaşımdan oluşan metal kalınlığı) 0.8 mm olarak hazırlanmış ve üst yapıda kullanılmıştır. Protetik üst yapı olarak Wheeler Diş Anatomi Atlası'ndaki mandibular 1. molar dişin kron boyutlarından faydalanılmıştır (5). İmplant ve üst yapıları kemik modeline sanal ortamda yerleştirildikten sonra, ANSYS 14.0 programıyla stres analizleri gerçekleştirilmiştir.

Sentrik oklüzyon taklit edilerek; mandibular 1. molar dişin bukkal tüberkülüne, mesial ve distal fossasına 100'er N (Newton) olmak üzere 300 N'luk kuvvet, vertikal ve oblik (30° açılı) yönde uygulandı.

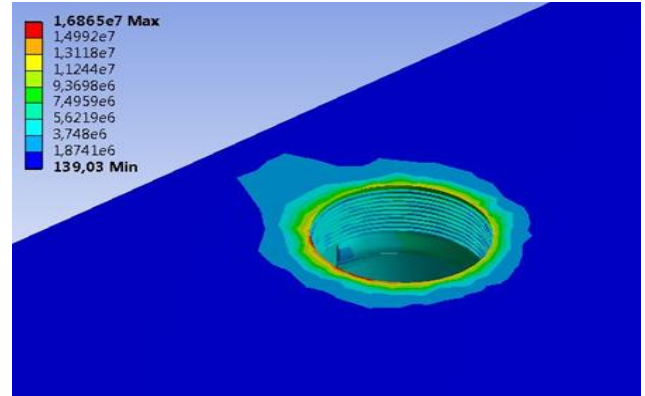
Model-1a: 3.8 mm çapındaki implantın mandibulaya dik yerleştirilip, kuvvetin vertikal uygulanması sonucu, implantın boyun çevresindeki kemikte ortaya çıkan Von Mises stres dağılımı ve değerleri incelendi. Maksimum ve minimum Von Mises değerleri 16.8 MPa ve 3.74 MPa olarak saptandı (Şekil-3A).

Model-1b: 3.8 mm çapındaki implantın mandibulaya dik yerleştirilip, kuvvetin 30° açılı uygulanması sonucu, implantın boyun çevresindeki kemikte ortaya çıkan Von Mises stres dağılımı ve değerleri incelendi. Maksimum ve minimum Von Mises değerleri 110.49 MPa ve 36.83 MPa olarak saptandı (Şekil-3B).

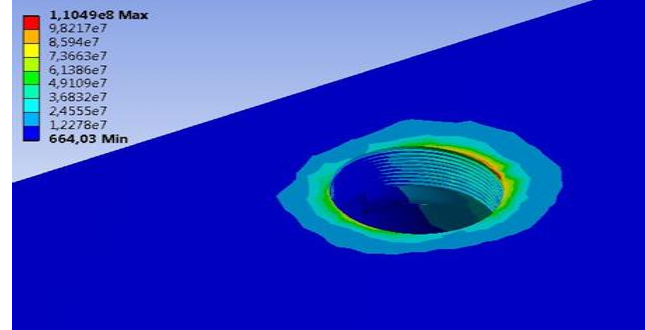
Model-2a: 4.6 mm çapındaki implantın mandibulaya dik yerleştirilip, kuvvetin vertikal uygulanması sonucu, implantın boyun çevresindeki ortaya çıkan Von Mises stres

dağılımı ve değerleri incelendi. Maksimum ve minimum Von Mises değerleri 11.90 MPa ve 3.96 MPa olarak saptandı (Şekil-3C).

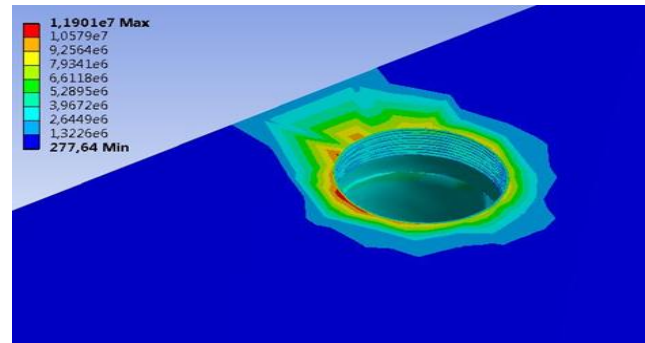
Model-2b: 4.6 mm çapındaki implantın mandibulaya dik yerleştirilip, kuvvetin 30° açılı uygulanması sonucu, implantın boyun çevresindeki kemikte ortaya çıkan Von Mises stres dağılımı ve değerleri incelendi. Maksimum ve minimum Von Mises değerleri 67.40 MPa ve 22.13 MPa olarak saptandı (Şekil-3D).



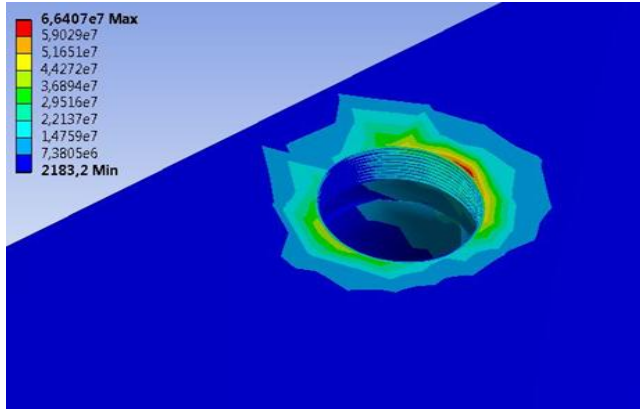
Şekil 3A: Model-1a'ya uygulanan kuvvetler sonucu ortaya çıkan Von Mises stres değerleri



Şekil 3B: Model-1b'ye uygulanan kuvvetler sonucu ortaya çıkan Von Mises stres değerleri



Şekil 3C: Model-2a'ya uygulanan kuvvetler sonucu ortaya çıkan Von Mises stres değerleri



Şekil 3D: Model-2b'ye uygulanan kuvvetler sonucu ortaya çıkan Von Misses stres değerleri

Bulgular

Elde edilen değerler, Von-Misses stres değerleri olarak elde edilip yorumlanmıştır. Von Misses stres gerilmeleri tüm yönlerde oluşan normal ve kayma gerilmelerinin bileşkesidir. Bu gerilme, implantın boyun bölgesindeki kemik dokusunda meydana gelebilecek hasarı incelemek açısından önemlidir. Analiz sonuçlarını daha anlaşılır kılmak amacı ile renk skalası kullanılmıştır. Bu değerler maksimum ve minimum Von Misses stres değerleri olarak yorumlandı.

Switching platforma sahip olan implantların dişeti estetiği sağladığı ve bakteriyel enfeksiyonun ise önüne geçtiği literatürlerle desteklenmiştir. Elde edilen sonuçlarda switching platformlu implant sisteminin boyun bölgesindeki kemikte oluşan stres değerini azalttığını, bunun sonucunda da klinik olarak kemik rezorbsiyonunu azaltacağını bize göstermiştir.

Her iki modelde boyun çevresindeki kemikte meydana gelen stres dağılımının maksimum Von Misses stres değerleri yakın değerlerde kaydedilmiştir. İmplantın yerleştirilme pozisyonu ve kuvvetin uygulanma açısı ne kadar paralelse oluşan stres değeri de o derecede az olmaktadır. Model-1a'da maksimum Von Misses stres değeri 16.86 MPa iken, Model-2a'da 11.90 MPa'dır. İmplantın yerleştirilme pozisyonu ve kuvvetin uygulanma açısının paralellikten uzaklaşması, implantın boyun çevresindeki kemikte meydana gelen maksimum Von Misses stres değerini arttırmaktadır. İmplantın vertikal pozisyonda yerleştirilip kuvvetin 30° açılı uygulanması ile elde edilen değerler; Model-1b'de 110.49 MPa, Model-2b'de 67.40 MPa olarak kaydedilmiştir (Tablo-2). Artan maksimum Von Misses stres

değeri aynı oranda implantın boyun bölgesindeki kemik kaybı ile ilişkilidir.

Kullandığımız implant modellerinin çapının farklı olması, uygulanan kuvvet açısına verdikleri cevabın da farklı olmasına neden olmuştur. 3.8 mm çapa (model-1) sahip ve 30° açılı kuvvet uygulanması sonucu boyun çevresindeki kemikte oluşan maksimum Von Misses stres değeri 110.49 MPa olurken, 4.6 mm çapında implant (Model-2) kullanıldığında boyun bölgesindeki kemikte meydana gelen maksimum Von Misses stres değeri 67.40 MPa'a gerilemiştir (Tablo-2). Bu değerlerde bize implant çapının artmasının, implantın boyun bölgesindeki kemikte oluşan Von Misses stres değerini azalttığını, sonuç olarak kemik kaybının azaltılması açısından pozitif etki sağlayacağı görülmüştür.

İmplantların kompakt kemik modeline yerleştirilmesi ve uygulanan kuvvet açısının değişmesi ile ortaya çıkan maksimum Von Misses stres değerinin aşırı artış göstermemesi uygulanan kemiğin elastisite modülünün yüksek olmasına bağlı olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Tablo-2).

Model	Vertikal Yerleşim	Vertikal Yerleşim
	Vertikal Kuvvet	30° Açılı Kuvvet
Model-1a	Max: 16.86 MPa Min: 3.74 MPa	
Model-1b		Max: 110.49 MPa Min: 36.83 MPa
Model-2a	Max: 11.90 MPa Min: 3.96 MPa	
Model-2b		Max: 67.40 MPa Min: 22.13 MPa

Tablo-2: Elde edilen modellerde uygulanan kuvvetler sonucu implantların boyun bölgesinde meydana gelen maksimum ve minimum Von Misses stres değerleri.

Tartışma

Kemik rezorbsiyonu başlangıçta implantın boyun bölgesindeki kemikte meydana gelmektedir. O yüzden implant abutment birleşiminde oluşan stres değeri azaltılması gerektiği rapor edilmiştir (7). Boyun bölgesindeki kemik kaybını azaltmanın bir yöntemi de switching platforma sahip implant sistemi kullanılması olmuştur (8).

Vigolo ve Givani isimli araştırmacılar yaptıkları çalışmada ve beş yıllık takip sonunda switching platformlu implantların boyun çevresindeki kemikte meydana gelen

rezorbsiyonun daha az olduğunu kaydetmişlerdir (9).

Çalışmamızın sınırları dahilinde görülmektedir ki; platform switching protokolünün gerilim yoğunluğunu kemik-implant arayüzünden uzaklaştırması gibi bir biyomekanik avantajı vardır. Switching platformlu implant sistemi implantın boyun bölgesindeki kemik rezorbsiyonunu azaltıcı yönde etki etmiştir.

Duyck ve arkadaşları (2001) ile Pilliar ve arkadaşları (1991) yaptıkları çalışmalarda, implant üzerine gelen yüklerin oluşturduğu stresin implantın boyun çevresinde biriktiğini ve bunun neticesi olarak fonksiyonel yüklemes sonrasında krestal kemik seviyesinin, yerleştirilen implantın ilk yivinin seviyesindeki kemiğe kadar ilerlediğini bildirmişlerdir (10-11).

Birçok çalışmada, implantın uygulandığı kemikte en büyük gerilmelerin, implantın boyun çevresindeki kemikte ortaya çıktığını kaydetmişlerdir (10-12). Bu durum araştırmamızda yaptığımız stres dağılımını belirleme analiz yöntemimizde elde ettiğimiz sonuçlarımızla paralellik göstermiştir.

Sahabi ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada (2013), mandibula birinci molar diş bölgesine iki farklı implant modeline ait switch platform tasarımına sahip değişik çaplarda implantlar yerleştirmişlerdir. Bu implantlara açılı ve vertikal olmak üzere kuvvet uygulamışlardır. Çapı dar olan ve açılı kuvvetlere maruz kalan implant modellerinin çevresindeki kemikte gerilim değerlerinin arttığını kaydetmişlerdir. Bizim çalışmamıza yakın sonuçlar kaydetmişlerdir (13).

Chang ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (2012), özellikle oblik kuvvetlerin kemikte daha fazla gerilime neden olduğunu ve ilaveten, düşük densiteli kemikte bu gerilimin % 58.8 arttığını saptamışlardır (14). Çalışmamızda her iki modele uygulanan kuvvetler ve implantların yerleştirme pozisyonları sonucunda en az stres dağılımı, implant ve kuvvetin aynı doğrultuda uygulanması ile elde edilmiştir. Ancak kuvvetin açılı uygulanma yönü maksimum Von Misses stres değerinin implantın boyun çevresindeki kemikte rezorbsiyonu arttırıcı yönde değiştirmiştir.

Himmlova ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (2004), sonlu elemanlar analizi yöntemi ile farklı çap ve uzunluklardaki implantların çevresinde oluşan Von Misses

stres değerinin dağılımını incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda, Von Misses stres değerinin azalmasına, implant çapının implant uzunluğundan daha fazla etki ettiğini rapor etmişlerdir. Biz de çalışmamızda bu çalışmayı destekler sonuçlar saptanmıştır (15).

İmplant çapının artması, implantın boyun çevresindeki maksimum Von Misses stres değerini azaltmıştır. Bu da kemik kaybını azaltıcı yönde pozitif etki göstermiştir. Pelizzer ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (2013), farklı çaplardaki implantları standart kuvvet altında SEA ile değerlendirmişler ve implant çapı arttıkça stres dağılımının daha elverişli olduğunu rapor etmişlerdir (16).

Sonlu eleman analizi yöntemi kullanarak yaptığımız çalışmamızın klinik çalışmalarla desteklenmesi gerekmekte ve platform switching protokolünün gerek biyolojik gerekse mekanik avantajlarının net olarak anlaşılabilmesi için, daha fazla in vivo ve in vitro çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuçlar

Platform switching protokolünün, gerilim yoğunluğunu kemik-implant arayüzünden uzaklaştırması gibi bir biyomekanik avantajı vardır. Kemik üzerinde meydana gelen gerilimlerinin azalmasının, krestal kemik rezorbsiyonunu azaltıcı etki gösterdiği düşünülmektedir.

Elde edilen modellere uygulanan oblik ve vertikal yüklemeler karşılaştırıldığında, implantın boyun çevresindeki kortikal kemikteki Von Misses stres değerleri, oblik yönde uygulanan kuvvetlerde anlamlı bir artış göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından DİŞ.15.015 proje numarası ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Neldam CA, Pinholt EM. State of the Art of Short Dental Implants: A Systematic Review of the Literature. Clinical Implant Dentistry and Related Research. 2012;14(4):622-32.
2. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry. 2006;26(1):9-17.

3. Choi AH, Conway RC, Ben-Nissan B. Finite-element modeling and analysis in nanomedicine and dentistry. *Nanomedicine (Lond)*. 2014;9(11):1681-95.
4. Sevimay M, Turhan F, Kiliçarslan MA, Eskitascioğlu G. Three-dimensional finite element analysis of the effect of different bone quality on stress distribution in an implant-supported crown. *J Prosthet Dent*. 2005 Mar;93(3):227-34.
5. Nelson SJ, Ash MM. The permanent mandibular premolars, Wheeler's Dental Anatomy, Physiology, and Occlusion, Ninth Edition, St. Louis, Elsevier. 2010:157-171.
6. Nelson SJ, Ash MM. The permanent mandibular premolars, Wheeler's Dental Anatomy, Physiology, and Occlusion, Ninth Edition, St. Louis, Elsevier. 2010:157-171.
7. Cardaropoli G, Lekholm U, Wennstrom JL. Tissue alterations at implant-supported single tooth replacements: A 1-year prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res*. 2006 Apr;17(2):165-71.
8. Fickl S, Zuhr O, Stein JM, Hurzeler MB. Peri-implant bone level around implants with platform-switched abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010 May-Jun;25(3):577-81.
9. Vigolo P, Givani A. Platform-switched restorations on wide-diameter implants: A 5-year clinical prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24(1):103-109.
10. Duyck J, Ronold HJ, Van Oosterwyck H, Naert I, Vander Sloten J, Ellingsen JE. The influence of static and dynamic loading on marginal bone reactions around osseointegrated implants: An animal experimental study. *Clin Oral Implants Res*. 2001;12(3):207-18.
11. Pilliar RM, Deporter DA, Watson PA, Valiquette N. Dental implant design effect on bone remodeling. *J Biomed Mater Res*. 1991;25(4):467-483.
12. Tabata LF, Rocha EP, Barão VA, Assunção WG. Platform switching: biomechanical evaluation using three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2011;26(3):482-91.
13. Sahabi M, Adibrad M, Mirhashemi FS, Habibzadeh S. Biomechanical effects of platform switching in two different implant systems: a three-dimensional finite element analysis. *J Dent*. 2013;10(4): 338-350.
14. Chang SH, Lin CL, Hsue SS, Lin YS, Huang SR. Biomechanical analysis of the effects of implant diameter and bone quality in short implants placed in the atrophic posterior maxilla. *Med Eng Phys*. 2012;34(2):153-60.
15. Himmlová L, Dostálová T, Káčovský A, Konvicková S. Influence of implant length and diameter on stress distribution: a finite element analysis. *J Prosthet Dent*. 2004;91(1):20-5.
16. Pellizzer EP, Verri FR, de Moraes SL, Falcón-Antenucci RM, de Carvalho PS, Noritomi PY. Influence of the implant diameter with different sizes of hexagon. Analysis by FEM-3D. *J Oral Implantol*. 2013;39(4):425-31.