



Özgün Araştırma/Research Article

Maksiller gömülü kanin dişin minivida destekli ve konvansiyonel yöntemle sürdürülmesinin sonlu elemanlar analizi ile incelenmesi

Investigation of eruption of maxillary impacted canine with miniscrew supported and conventional method via finite element analysis

Sümeyye GÜLER¹, Mehmet Ali YAVAN¹, Nihal HAMAMCI¹

¹Adıyaman Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, 02040, Adıyaman-Türkiye

Atıf gösterme/Cite this article as: Güler S, Yavan MA, Hamamcı N. Maksiller gömülü kanin dişin minivida destekli ve konvansiyonel yöntemle sürdürülmesinin sonlu elemanlar analizi ile incelenmesi. *ADYÜ Sağlık Bilimleri Derg.* 2024;10(1):60-68. doi:10.30569.adiyamansaglik.1424725

Öz

Amaç: Gömülü kanin dişin iki farklı ankraj mekaniği yardımıyla sürdürülmesinin değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: İki farklı modelde gömülü kanin diş, maksiller palatinal sol bölgede modellenmiştir. Minivida destekli modelde (MD) bir minividadan; transpalatal ark (TPA) destekli modelde (TPAD) ise TPA'dan destek alınmıştır. Her iki modelde gömülü kanin dişe sarmal yaylar kullanılarak 100 gram kuvvet uygulanmıştır.

Bulgular: MD modelde dişlerde oluşan streslerin neredeyse sıfır olduğu, TPAD modelde ise sol birinci molar ve premolar dişlerde yoğunlaştığı görülmektedir. TPAD modelde en fazla yer değiştirme maksiller sol kadran dişlerinde gözlenirken, MD modelde maksiller dişlerde yer değiştirme miktarı neredeyse sıfırdır.

Sonuç: İlk anda her iki modelde de kanin dişlerde distalizasyon hareketi görülmüştür. MD modelde posterior dişlere herhangi bir kuvvet iletimi görülmezken, TPAD modelde sol posterior bölgede mezyopalatal hareket gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gömülü kanin; Minivida; Sonlu elemanlar analizi.

Abstract

Aim: To examine the eruption of impacted canine via two different anchor mechanics.

Materials and Methods: In the two different models, impacted canines were modeled in the left maxillary palatal region. The anchor was a mini screw in the miniscrew supported model (MD); and a transpalatal arch (TPA) in the TPA assisted model (TPAD). 100 gram of force was applied to the impacted canine via spiral springs in both models.

Results: The stresses were almost zero in the MD model and concentrated in the first molars and the premolars on the left side in the TPAD model. The greatest displacement was observed in the maxillary left quadrant teeth in the TPAD model and while the displacements in the maxillary teeth in the MD model was almost zero.

Conclusions: At the first moment, distalization movement was observed in the canine teeth in both models. While no force transmission to the posterior teeth was observed in the MD model, mesiopalatal movement was observed in the left posterior region in the TPAD model.

Keywords: Impacted canine; Miniscrew; Finite element analysis.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Mehmet Ali YAVAN, Adıyaman Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, 02040, Adıyaman-Türkiye, E-mail: yavanmehmetali@gmail.com

Geliş Tarihi/Received:25.01.2024 **Kabul Tarihi/Accepted:**29.02.2024

Yayın Tarihi/Published online:23.04.2024



Bu eser, Creative Commons Atıf-GayriTicari-AynıLisanslaPaylaş 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır. Telif Hakkı © 2024 Adıyaman Üniversitesi Rektörlüğü



Bu makale araştırma ve yayın etiğine uygun hazırlanmıştır.



intihal incelemesinden geçirilmiştir.



Giriş

Maksiller kanin dişler, sürme yolunun uzun olması ve arkta en son yerini alan dişler olması sebebiyle üçüncü molarlardan sonra en sık gömülü kalan dişlerdir.¹ Bu dişler labialden çok palatinal bölgede gömülü kalma eğilimindedir.² Özellikle palatinal bölgede gömülü kalan dişlerde, kalın kortikal kemik ve sıkı mukoza nedeniyle cerrahi girişim ile birlikte ortodontik olarak sürdürmeye ihtiyaç duyulmaktadır.³ Gömülü kanin dişlerin sürdürülmesi ile birlikte en sık görülen komplikasyonlardan biri gömülü dişe komşu lateral ve birinci premolar dişlerdeki kök rezorpsiyonudur.^{4,5} Maksiller kanin dişin dental folikülünün tek başına komşu keser dişlerde rezorpsiyon oluşturmayacağı, rezorpsiyon riskini arttıran etkenlerin, kanin dişin mezyal eğimi ve orta hatta olan mesafesi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir.^{6,7}

Ortodontik tedavide ankraj mekaniklerinin belirlenmesi ve kontrolünün yapılması büyük önem taşımaktadır. Dişler, ortodontide ankraj amaçlı en sık tercih edilen yapılardır. Ankraj amaçlı dişlerin kullanılması, dişlerde istenmeyen yan etkilerin oluşmasına, bu durum çoğu zaman tedavinin daha kompleks bir hale gelmesine ve tedavi hedeflerine ulaşmada güçlüğüne neden olabilmektedir.⁸ Gömülü bir dişi sürdürmek için uygulanan kuvvet, genellikle komşu dişlerin intrüzyonu veya oklüzal düzlemin eğilmesi gibi yan etkilere neden olabilir. Bu gibi etkileri en aza indirmek için stabil ankraj gereklidir. Son yıllarda iskeletsel ankraj için minividalar çok sık tercih edilmektedir.⁹⁻¹² Kocsis ve Seres¹³ gömülü kanin dişte ankiloz tanısı ekarte etmek ve gömülü dişin başlangıç angulasyonunu düzeltmek için alveolar kemiğe minividalar yerleştirmişler ve minividaların gömülü kaninlerin sürdürülmesinde güvenilir ve kullanışlı iskeletsel ankraj üniteleri olduğunu bildirmişlerdir.

Sonlu elemanlar analizi, farklı karakteristik özelliğe ve düzensiz şekle sahip yapılara uygulanan, bu yapılarda meydana gelen yer değiştirme ve gerilmeleri ölçebilen bir gerilme analiz yöntemidir. Mühendislik alanında kullanılan kompleks problemlerin çözülebilmesi amacıyla geliştirilen bu

simülasyon metodu, ortodontide diş hareketlerinin incelenmesi ve ortodontik apareylerin biyomekanik etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan etkili bir yöntemdir.^{14,15}

Bu bilgiler göz önünde bulundurulduğunda özellikle orta hatta doğru açılı şekilde gömülü kanin dişin önce distal yönde kuvvet uygulayıp angulasyonunun düzeltilmesi ve sürdürülebilmesi için minivida ve transpalatal ark ankrajlı iki ayrı model tasarlanmış ve gömülü kanine uygulanan distal yönde sürdürme kuvvetlerinin etkileri sonlu elemanlar analizi ile karşılaştırılmıştır.

Gereç ve Yöntem

Araştırmanın tipi

Bu çalışma bir bilgisayarlı simülasyon tekniği olan sonlu elemanlar analizi çalışmasıdır.

Veri toplama araçları

Sonlu elemanlar analizinin yapılabilmesi için Intel Pentium® D CPU 3.00 GHz işlemci, 2 TB Hard disk, 48 GB RAM donanımlı ve Windows 7 işletim sistemi olan bilgisayardan, NextEngine (NextEngine Inc, California, USA) lazer tarayıcısı ile makro çözünürlükte yapılan üç boyutlu taramadan, CATIA (McNeel Inc, Seattle, WA, USA) ve Rhinoceros 4.0 (McNeel Inc., Seattle, WA, ABD) üç boyutlu modelleme yazılımından ve ADINA (Autodesk Inc, Pittsburgh, PA, USA) analiz programından yararlanıldı.

Maksillanın modelinin oluşturulması için, herhangi bir kraniyofasiyal bozukluğu olmayan, yetişkin bir hastaya ait konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntüleri kullanıldı. KIBT görüntüleri ILUMA (3M Imtec, Oklahoma, ABD) 3 boyutlu (3B) örüntüleme cihazı ile 3,8 mA, 120 kvp' de, 40 saniyelik taramanın sonucunda elde edildi. Daha sonra hacimsel veri 0,2 mm kesit kalınlığı ile yeniden yapılandırıldı. Yeniden yapılandırma sonucunda elde edilen kesitler, DICOM 3,0 formatında dışa aktarıldı ve MIMICS (Able Software Corp, Massachusetts, USA) yazılım programına alındı.

Radyografik görüntüler MIMICS yazılım programına aktarıldı. Daha sonra burada

"Interactive Segmentation" yöntemi ile Hounsfield Ünitesi değerleri dikkate alınarak üst çene kemik dokusu ayrıştırıldı. Bu işlemten sonra "Complex Surface Rendering" yöntemi ile 3B kemik modeli elde edildi. Elde edilen 3B modelin MIMICS yazılımındaki sadeleştirme yöntemleri ile düşük hafıza tüketen ve düzgün oranlara sahip elemanlardan oluşan, pürüzsüz bir yüzey haline getirilmesi ile maksillanın modelleme işlemi tamamlandı. 3B kemik modeli MIMICS yazılımından ".stl" formatında bir dosya halinde dışa aktarılarak CATIA yazılımına gönderildi.

Minivida destekli (MD) modelde kullanılmak üzere 1,5 mm çapında ve 8 mm uzunluğundaki palatal minivida (American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, USA) CATIA yazılımında modellendi. Araştırmamızda kullanılan bu minivida titanyum alaşımından yapılmıştır (Ti-6 Al-4V).

Transpalatal ark destekli (TPAD) modelde kullanılmak üzere her iki birinci molar dişin bantlarına lehimlenmiş, U looplu, 0,036 inç (0,9 mm)'lik paslanmaz çelik telden yapılan, TPA üzerine sol tarafta ikinci premolar ile birinci molar dişler arasındaki bölgeye denk gelecek şekilde çengel eklenerek modifiye edilmiş transpalatal ark, Rhinoceros yazılımında manuel olarak modellendi.

Araştırmamızda NextEngine lazer tarayıcısı yardımıyla American Orthodontics (Sheboygan, Wisconsin, USA) firmasına ait

0,022 inç slot boyutuna sahip MBT braketler ve tüpler, üç boyutlu olarak tarandı. American Orthodontics (Sheboygan, Wisconsin, USA) firmasına ait 0,019x0,025 inç paslanmaz çelik ark teli, Ni-Ti kapayıcı sarmal yay, molar bandı ve buton Rhinoceros yazılım programında manuel olarak modellendi.

CATIA yazılımında oluşturulan modeller, üç boyutlu koordinatlar korunarak ADINA (Autodesk Inc, Pittsburgh, PA, USA) programına aktarıldı. CATIA yazılımında yüzey şeklinde yapılan ağ yapının oluşturulması işlemi, ADINA yazılımında katı model şeklinde yapıldı. Burada oluşturulan modeller Tetrahedral elemanlar olarak katı modele çevrildi.

Bu çalışmada oluşturulan her iki modelde de maksilla, apertura priformis ve maksiller tüber seviyesinde sabitlendi. Braketler ile ark teli arasındaki sürtünme kat sayısı 0,2 olacak şekilde tanımlandı.

Modellerin oluşturulması

Analizi yapılacak iki farklı senaryoyu temsil eden iki çalışma modeli oluşturuldu. Her iki modelde de gömülü kanin diş, maksillanın palatinal bölgesinde sol tarafta orta hat ile 45° açı yapacak şekilde, gömülü dişin tüberkül tepesi lateral dişin uzun eksenine ile santral dişin distali arasında olacak şekilde (sektör 3) modellendi. Modellerde kullanılan eleman ve düğüm sayıları Tablo 1'de, anatomik yapılar ve materyallerin mekanik özellikleri ise Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 1. Modellerde kullanılan eleman ve düğüm sayıları.

	Düğüm Sayısı	Eleman Sayısı
Minivida destekli model	282794	1471886
Transpalatal ark destekli model	282893	1445296

Tablo 2. Anatomik yapılar ve materyallerin mekanik özellikleri

	Elastiklik Modülü (MPa)	Poisson Oranı
Dişler	18600	0,31
Kortikal Kemik	13700	0,3
Spongios Kemik	1370	0,3
Periodontal Ligament	0,69	0,45
Titanyum Alaşımı	113000	0,35
Çelik (Braket ve Teller)	208000	0,3

Çalışmamızda oluşturulan MD modelde, maksillanın palatinal bölgesinde sol tarafta kanin dişin gömülü olduğu ve gömülü dişin minivida denilen iskeletsel ankraj ünitesiyle

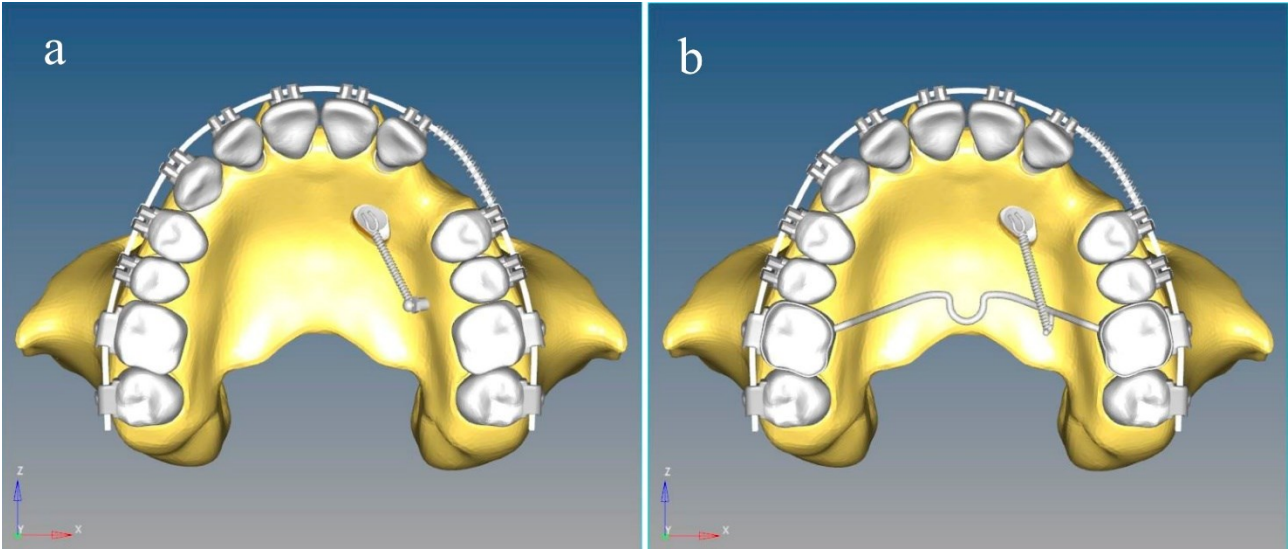
sürdürülmesi temsil edilmektedir. Kullanılan minivida 1,5 mm çapında ve 8 mm uzunluğunda titanyum alaşımından yapılmış olup, üst çene posterior palatinal bölgede

ikinci premolar ve birinci molar dişler arasında alveol kretten 6 mm uzaklıkta interradiküler bölgeye yerleştirildi (Şekil 1. A).

TPAD modelde, maksillanın palatinal bölgesinde sol tarafta kanin dişin gömülü olduğu ve gömülü dişin, TPA yardımıyla sürdürülmesi temsil edilmektedir. TPA; molar dişin bantlarına lehimli, U looplular, 0,036 inç (0,9 mm)'lik paslanmaz çelik telden, sol

tarafta ikinci premolar ile birinci molar dişler arasındaki bölgeye denk gelecek şekilde çengel eklenip modifiye edilerek modellendi (Şekil 1. B).

Her iki modelde de 0,022 inç slotlu MBT braketler ve 0,019 x 0,025 inç paslanmaz çelik ark teli kullanıldı. Her iki modelde de gömülü kanin diş Ni-Ti kapayıcı sarmal yaylar kullanılarak 100 g kuvvet uygulandı.



Şekil 1. MD modelin (A) ve TPAD modelin (B) oklüzalden görüntüsü.

Verilerin analizi

Sonlu elemanlar analizi ile simülasyondan gelen sayısal ve görsel verilerin analizi S.G. ve M.A.Y. tarafından yapılmıştır.

Araştırmanın etik boyutu

Çalışmamız Adıyaman Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 07/04/2021 tarihli, 2021/04-17 protokol numarası ile onaylandı. Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri'nin DHFDUP/2022-0001 nolu proje desteği ile gerçekleştirildi. Çalışmamız Helsinki bildirisine uygun olarak yapıldı.

Bulgular

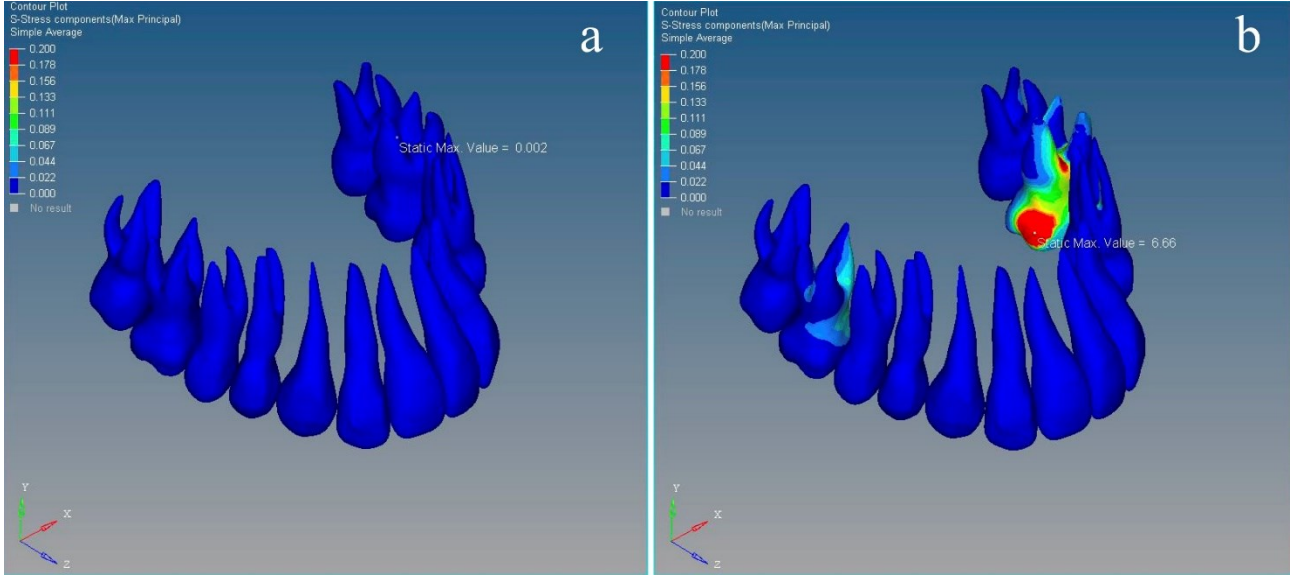
Sonlu elemanlar analizinin yapılması ile oluşan veriler, kuvvet uygulamasının ilk anında meydana gelen değerleri belirtmektedir. Çalışmamızda dişler ve kemik dokusunda oluşan asal gerilmeler, transversal sagittal ve vertikal düzlemdeki yer değiştirmeler ile minivida çevresinde oluşan Von Mises gerilmeleri değerlendirilmiştir. Bu analizde X eksen transversal, Z eksen sagittal ve Y eksen de vertikal yönü göstermektedir.

MD modele ait bulgular

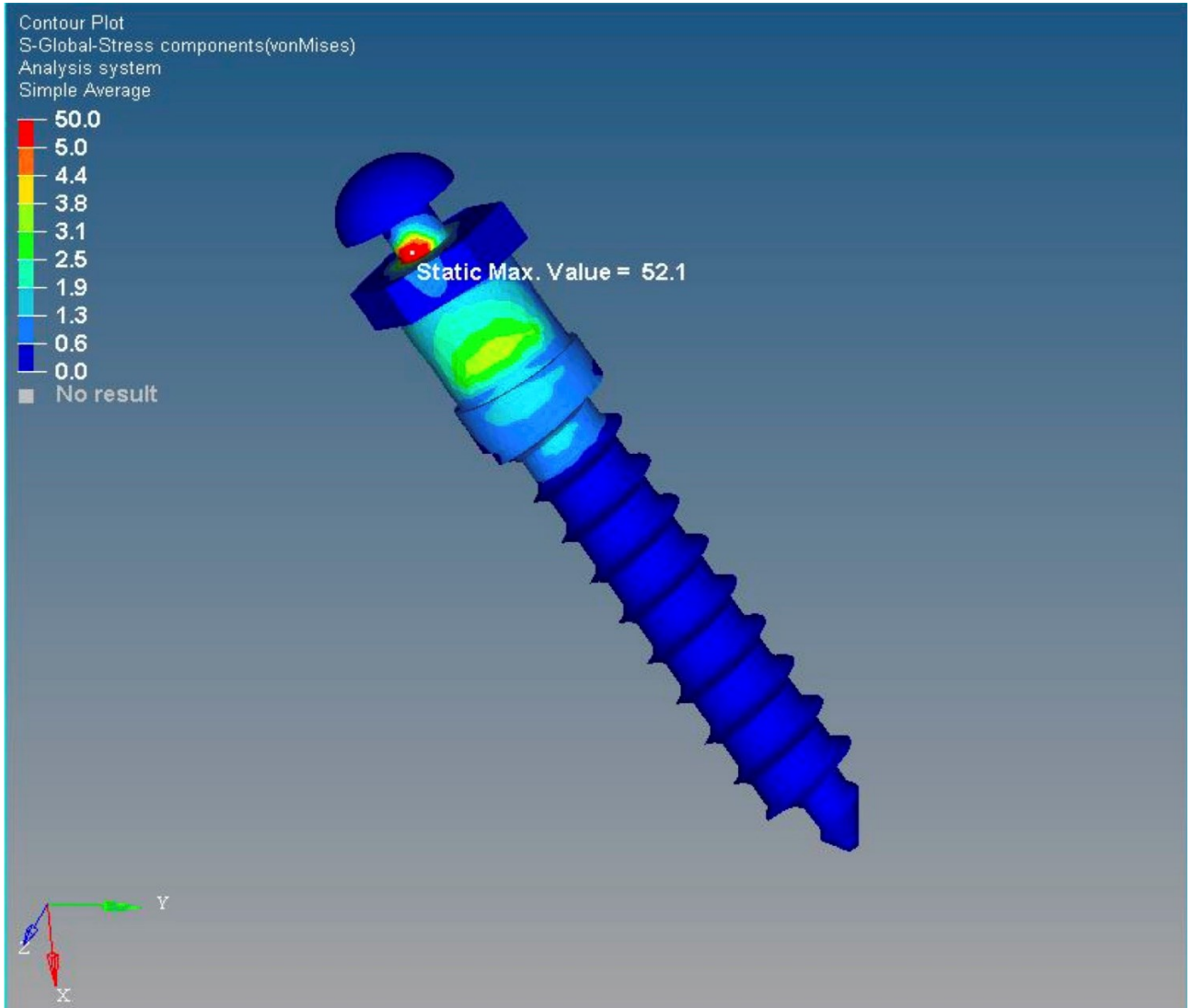
Analiz sonucunda minivida en fazla gerilmenin boyun bölgesinde ve 52,1 MPa olarak ölçüldüğü görülmektedir. Maksimum ve minimum asal gerilme bulguları incelendiğinde dişler üzerinde oluşan gerilmeler minimum düzeydedir (Şekil 2.A). Gömülü kanin diş incelendiğinde, diş kronunun palatinalinde izlenen en yüksek çekme gerilmeleri 0,38 MPa, en yüksek basma gerilmeleri singulum bölgesinde 0,25 MPa olarak ölçülmüştür. En yüksek basma gerilimi minividaya uygulanan kuvvet yönünde 6,34 MPa olarak ölçülmüştür (Şekil 3). Kortikal kemik bulguları incelendiğinde en fazla çekme gerilimi, kuvvetin uygulandığı yönün tersinde, minividanın distalinde 7,94 MPa olarak ölçülmüştür (Şekil 4. A). Spongios kemikte en yüksek çekme gerilim değeri, 0,38 MPa olarak kuvvet uygulama yönünün tersi olan minividanın distalinde izlenmektedir. En yüksek basma gerilim değeri minividanın mezyalinde -0,31 MPa olarak ölçülmüştür. Birinci modelde her üç düzlemde de dişlerde oluşan anlık yer

değiştirme miktarı çok düşük düzeydedir

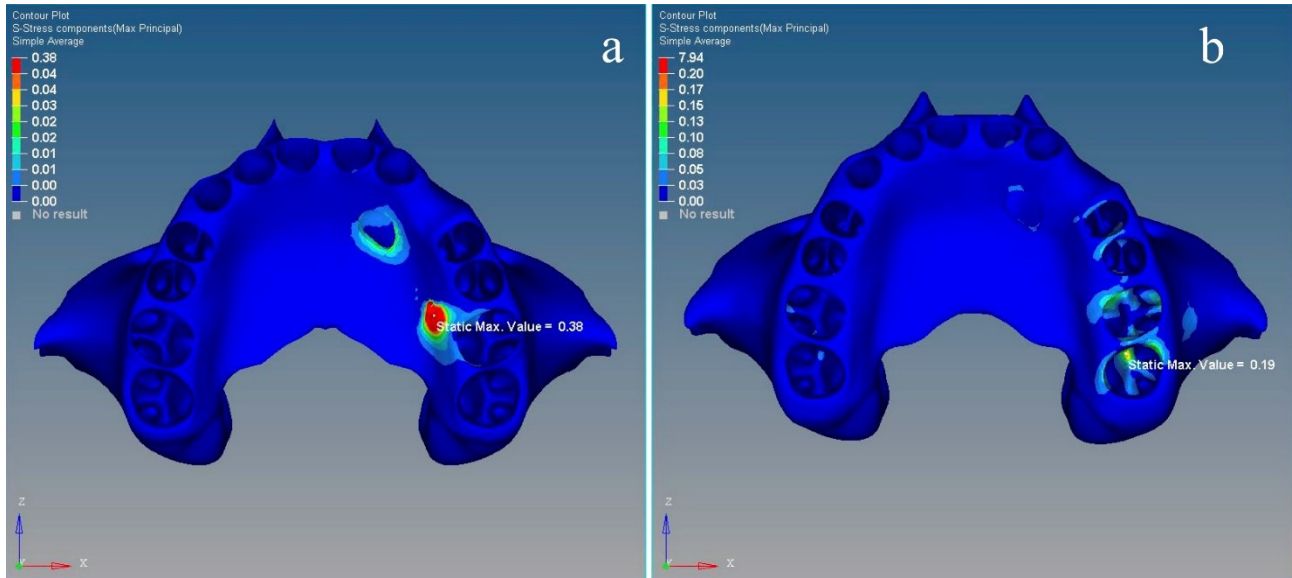
(Şekil 5. A).



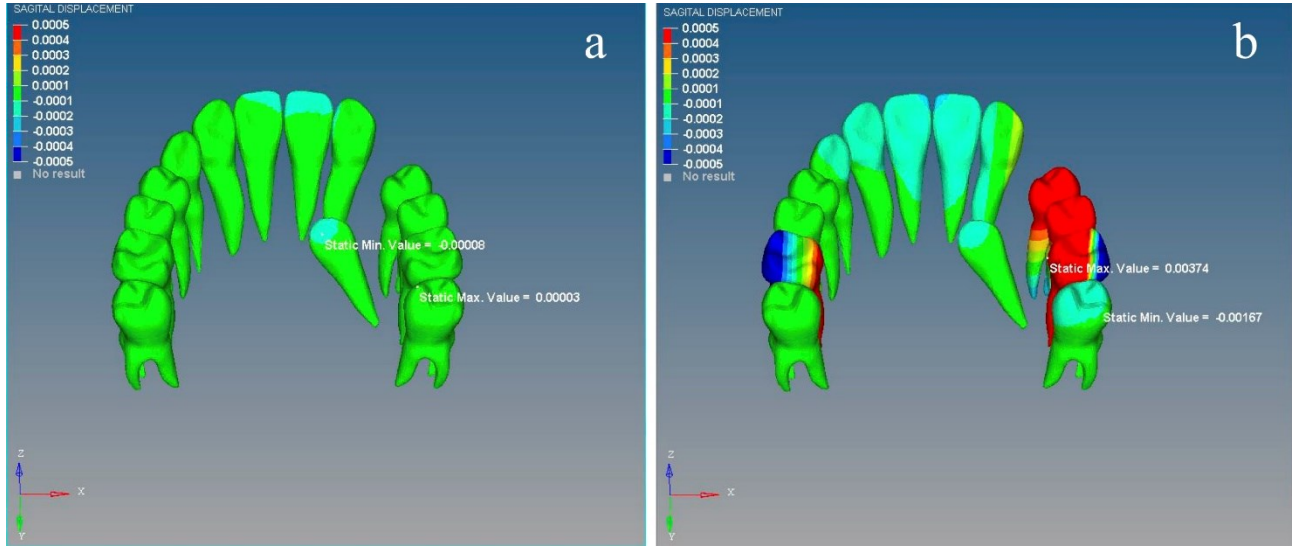
Şekil 2. Dişlerdeki maksimum asal gerilmeler A. MD model. B. TPAD model



Şekil 3. MD modelde minividadada meydana gelen Von Mises gerilmeleri.



Şekil 4. Kortikal kemikte maximum ve minimum asal gerilmeler. A. MD model. B. TPAD model.



Şekil 5. Dişlerde sagittal yönde meydana gelen yer değiştirmeler A. MD model. B. TPAD model

TPAD modele ait bulgular

TPAD modelde dişlerde en fazla çekme gerilimi sol birinci molar dişin meziopalatinal tüberkülünde 6,66 MPa olarak ölçülmüştür. En fazla basma gerilimi, 5,48 MPa olarak sol birinci molar dişin kronunda ölçülmüş ve bu değer molar dişin kökü ile komşu premolar dişlerin köklerine doğru gittikçe azalmıştır. Kanin dişte birinci modelle benzer olarak kuvvet uygulama noktasında yoğun çekme gerilmeleri izlenirken bu noktanın hemen altında sıkışma gerilmeleri izlenmektedir (Şekil 2. B). Kortikal kemikte ölçülen en yüksek çekme gerilimi 0,19 MPa olarak sol ikinci molar dişin mezyalinde ölçülmüştür. Maksiller kortikal kemikte oluşan en yüksek basma gerilmeleri sol birinci molar dişin distobukkalinde 0,18 MPa olarak ölçülmüştür. Kortikal kemikte oluşan çekme

gerilmelerinin, basma gerilmeleri ile yakın değerlerde olduğu ancak basma gerilmelerinin daha geniş bir alanda meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4. B). Spongioz kemikte en yüksek çekme gerilim değeri, gömülü kanin diş socketinin labialinde 0,04 MPa olarak ölçülmüştür. spongioz kemikte ölçülen en yüksek basma gerilme değeri ise gömülü diş socketinin palatinalinde 0,07 MPa olarak ölçülmüştür. Analiz sonucunda spongioz kemikte oluşan asal gerilme değerleri kortikal kemikte oluşan asal gerilmelerine göre oldukça düşük değerdedir.

Transversal yönde en fazla yer değiştirmenin sol birinci molar dişin distalinde ve meziopalatinal yönde olduğu görülmektedir. Sagittal yöndeki en fazla yer değiştirmenin sol birinci molar dişin palatinalinde ve mezyal yönde olduğu

görülmeştir. Aynı kadranda bulunan birinci ve ikinci premolar dişlerde ve kontralateral molar dişin palatinalinde de mezyale doğru yer değiştirme görülmektedir. Aynı zamanda anterior dişler, sol ikinci molar diş ve gömülü dişin kronunda da distale hareket gözlenmektedir (Şekil 5. B). Vertikal yönde sol birinci molar dişin meziopalatinalinde minimal bir intrüzyon hareketi görülürken, distobukkalinde ekstrüzyon hareketi görülmektedir.

Tartışma

Gömülü kanin dişler fonksiyon ve estetik açıdan çok büyük bir öneme sahip olup bu dişlerin arkta olması gereken yere sürdürülmesi, ortodontik tedavide en çok tercih ve tavsiye edilen yöntemdir.¹⁶ Gömülü kanin dişlerin sürdürülmesi, uygulanan kuvvet, kullanılan aparey ve teknik gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Yapılan çalışmalarda ve vaka raporlarında gömülü dişlerin sürdürülmesinde yaklaşık 50 g ile 250 g aralığında kuvvet uygulanmıştır.¹⁷⁻¹⁹ Araştırmamızda bu aralıkta olması sebebi ile Han ve ark.²⁰ tarafından da savunulan 100 g'lık bir kuvvet tercih edilmiştir.

Literatür incelendiğinde yapılan araştırmalarda, minividaya uygulanan kuvvetler sonucu boyun bölgesinde gerilmenin yoğunlaşmasının, bu bölgenin minividanın stabilitesinde primer rol oynayan kortikal kemik ile çevrili olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.²¹⁻²³ Araştırmamızda literatür ile uyumlu olacak şekilde minividada meydana gelen en yüksek gerilme, vidanın boyun bölgesinde kortikal kemik içinde kalan kısmında meydana gelmiştir. Bulgumuzla uyumlu şekilde Park ve ark.²⁴ gömülü kanin dişin sürdürülmesi sırasında minivida ankrajından yararlanmışlardır. Kanin dişin sürdürülmesi için ihtiyaç duyulan kuvvet aralığında minividanın stabil olduğunu ve arkta herhangi bir deformasyon olmadan bu yöntem ile kanin dişin arka alınabileceğini bildirmişlerdir.

MD modelinde gömülü kanin diş incelendiğinde, diş kronunun palatinalinde belirgin çekme gerilmeleri izlenmektedir. Kanin dişin singulum bölgesinde yoğun basma gerilmeleri izlenirken bu gerilmeler

kök apeksine doğru giderek azalmaktadır. Kuvvet, gömülü diş botunu üzerinden uygulandığı için bu dişte oluşan yoğun gerilme alanlarını normal kabul etmekteyiz. Yer değiştirme bulguları incelendiğinde gömülü kanin dişin tüberkül tepesinde ve santral dişlerin insizal kenarlarında çok az miktarda distale hareket gözlenmekle birlikte, MD modelde her üç düzlemde de dişlerde oluşan anlık hareket miktarı çok düşük düzeydedir. Kanin dişin kronuna tek noktadan kuvvet uygulamamıza bağlı olarak bu dişte distale doğru bir devrilme hareketi meydana gelmektedir. Anterior dişlerde görülen bu distale hareketi, gömülü dişin çekiş yönüne bağlı olarak PDL vasıtasıyla anterior dişlere iletilmesi sonucu olduğunu düşünmekteyiz. Bulgularımızla uyumlu şekilde Lee ve ark.²⁵ gömülü kanin dişlerin sürdürülmesi sırasında palatinal bölgeye minivida yerleştirerek distal yönlü kuvvet uygulamışlardır. Bu şekilde kuvvetin doğru yönlendirilmesiyle komşu dişler üzerinde oluşan yan etkileri en aza indirerek estetik ve fonksiyonel sonuçlar elde ettiklerini rapor etmişlerdir.

TPAD modelinde analiz sonucunda oluşan veriler değerlendirildiğinde transpalatal arkın yerleştirildiği birinci molar dişlerde yoğun gerilme alanları meydana geldiği görülmektedir. Renk skalasının aralığının düşürülmesi ile elde edilen verilerde anterior dişlerde de gerilme alanları oluştuğu görülmektedir. İkinci modelde kuvvet, transpalatal arkta uygulandığı için molar dişlerde yoğun gerilme alanlarının oluşmasını, bununla birlikte transpalatal arka uygulanan kuvvetin ark teli vasıtasıyla anterior dişlere iletilmesi sonucu anterior dişlerde de gerilme alanları oluşmasını normal kabul etmekteyiz. Gömülü kanin dişler ile birlikte en sık görülen komplikasyonlardan biri keser dişler ve birinci premolar dişte görülen kök rezorpsiyonudur.²⁻⁵ Bazı hastalarda 4 mm ve üzeri olacak şekilde ciddi rezorpsiyonlar görülebilmektedir. Bu durum kök morfolojisi, ağır ortodontik kuvvet uygulanması ve ortodontik tedavi süresinin uzun olması ile ilişkili olabilmektedir.²⁶ TPAD modelde TPA'nın yerleştirildiği molar dişlerde ve sol kadranda bulunan premolar dişlerde yoğun gerilme ve stres alanları klinik olarak ankraj

alınan dişlerde rezorpsiyon, periodontal hasar veya istenmeyen diş hareketleri olarak karşımıza çıkabilmektedir.

TPAD modelde sagittal yönde en fazla yer değiştirmenin sol birinci molar dişin palatinalinde ve mezyal yönde ve sol premolar dişlerde olduğu görülmektedir. Premolar dişlerin köklerinde meydana gelen yer değiştirmenin kronlara kıyasla daha az miktarda olması dişlerde devrilme hareketi meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca molar dişlerde oluşan rotasyon sonucu telde meydana gelen deformasyonun anterior dişlerin palatinal devrilmesine sebep olduğunu düşünmekteyiz. Keser dişlerde ilk anda meydana gelen bu devrilme hareketi minimaldir ve uzun vadede sol bölgedeki mezyale hareket kaynaklı anterior dişlerde protrüzyon ve posterior dişlerde ankraj kaybı görülebilir. Bulgularımızla uyumlu şekilde Thiruvengatchari ve ark.²⁷ kanin retraksiyonu sırasında minivida ankrajı kullanılan ve kullanılmayan birinci molar dişlerde görülen ankraj kaybı miktarını karşılaştırmak ve ölçmek için bir pilot çalışma yürütmüşlerdir. İmplantın yerleştirildiği tarafta ankraj kaybı olmadığını ancak implant olmayan karşı tarafta ortalama 1,6 mm mezyal molar hareketi rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Sharma ve ark.²⁸ TPA ve minivida ankrajı kullanarak yapılan kanin retraksiyonu sırasında üst birinci molar dişte meydana gelen mezyal hareketi karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada yerleştirilen minividaların, transpalatal arkın aksine maksiller kanin retraksiyonu sırasında mutlak ankraj sağlayabildiğini göstermiştir. Bununla birlikte TPAD modelde spongiöz kemikte oluşan asal gerilme değerlerinin kortikal kemikte oluşan asal gerilmelerine göre oldukça düşük değerde olmasını, ilk andaki kuvvetin dişler aracılığıyla maksiller kemiğe dolayısıyla kökleri çevreleyen kortikal kemiğe iletilmesi ile açıklayabiliriz.

Ortodontik tedavi sırasında rutin olarak kullanılan TPA' nın molar dişleri birbirine bağlaması sonucu kök yüzey alanını genişlettiği ve bu sayede istenmeyen hareketlere karşı direnci arttırdığı savunulmuştur.²⁹ Ayrıca TPA' nın molar dişlerde meydana gelen devrilme ve rotasyon

hareketlerini önlediği ve molar dişler arasındaki transversal mesafeyi koruduğu bildirilmiştir.^{8,29,30} Kojima ve Fukui³¹ sonlu elemanlar analizi ile TPA' nın molar dişler üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, bu arkların molar dişlerin mezyal yöndeki hareketini önleyemediği fakat transversal yönde oluşan hareketleri engellediğini belirtmişlerdir. Araştırmamızda da TPAD modelin destek aldığı sol kadrandaki gerilme ve stres alanları ile mezyopalatal rotasyon; direnç olarak TPA seçiminin çok titiz ve dikkatli bir planlama gerektirdiğini göstermiştir. Analiz sonucuna göre transversal yönde en fazla yer değiştirme TPAD modelde sol birinci molar dişin distalinde ve mezyopalatal yönde görülürken MD modelde izlenen yer değiştirme miktarı çok düşük değerlerdedir. Molar dişlerde görülen palatinal devrilme hareketinin önlenmesi amacıyla başlangıç aşamasında TPA hastaya bir miktar genişletilerek yani aktif bir şekilde uygulanabilir.

Limitasyonlar

Araştırmamızda elde edilen sonuçlar, kuvvet uygulamasını takiben sadece ilk anda meydana gelen yer değiştirme ve gerilme değerlerini göstermektedir. Bireylere özgü anatomik farklılıkların ve hastaya bağlı etkenlerin klinik ortamda farklılıklara sebep olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca birçok avantajı bulunmasına rağmen sonlu elemanlar analizinin bir bilgisayarlı simülasyon metodu olduğu unutulmamalıdır.

Sonuç

Bu çalışmada orta hatta doğru açılı şekilde gömülü kaninlerin öncelikle distalize edilerek sürdürülmesinde transpalatal ark veya minividaların destek olarak kullanılmasının ilk anda yarattıkları etkiler sonlu elemanlar analizi ile simüle edilmiştir. Simülasyon sonucu transpalatal arkın ankraj olarak kullanılması posterior bölge dişlerinde ankraj kaybını ve molar diş rotasyonunu önleyemeyeceği görülmüştür. İskeletsel ankraj sağlayan minividaların başlangıçtan itibaren ankraj olarak kullanımı ise olası yan etkileri elimine edebilir.

Araştırmanın Etik Boyutu

Çalışmamız Adıyaman Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 07/04/2021 tarihli, 2021/04-17 protokol numarası ile onaylandı. Çalışmamız Helsinki bildirisine uygun olarak yapıldı.

Bilgilendirilmiş Onam

Çalışma bir laboratuvar çalışmasıdır.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram M.A.Y.; Tasarım M.A.Y.; Veri Toplama ve/veya İşleme M.A.Y., S.G.; Analiz ve/veya Yorum S.G., M.A.Y., N.H.; Literatür Taraması S.G., M.A.Y., N.H.; Makale Yazımı S.G., M.A.Y.; Eleştirel İnceleme S.G., M.A.Y., N.H.

Teşekkürler

Parsim Mühendislik Limited Şirketi'ne sonlu elemanlar analizi için teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların herhangi bir çıkarıya dayalı ilişkisi yoktur.

Araştırma Desteği

Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri'nin DHFDUP/2022-0001 nolu proje desteği ile gerçekleştirildi.

Beyanlar

Çalışma herhangi bir kongrede sunulmamıştır.

Hakem Değerlendirmesi

Dış bağımsız.

Kaynaklar

1. Bishara SE, Ortho D. Impacted maxillary canines: a review. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1992;101(2):159-171.
2. Cooke M, Nute S. Maxillary premolar resorption by canines: three case reports. *Int J Paediatr Dent.* 2005;15(3):210-212.
3. Ericson S, Kurol J. Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: a CT study. *Angle Orthod.* 2000;70(6):415-423.
4. Lai CS, Bornstein MM, Mock L, Heuberger BM, Dietrich T, Katsaros C. Impacted maxillary canines and root resorptions of neighbouring teeth: a radiographic analysis using cone-beam computed tomography. *Eur J Orthod.* 2013;35(4):529-538.
5. Rimes RJ, Mitchell C, Willmot D. Maxillary incisor root resorption in relation to the ectopic canine: a review of 26 patients. *Eur J Orthod.* 1997;19(1):79-84.
6. Ericson S, Bjerklind K, Falahat B. Does the canine dental follicle cause resorption of permanent incisor roots? A computed tomographic study of erupting maxillary canines. *Angle Orthod.* 2002;72(2):95-104.
7. Ericson S, Kurol J. Resorption of maxillary lateral incisors caused by ectopic eruption of the canines: a clinical and radiographic analysis of predisposing factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988;94(6):503-513.

8. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM, Ackerman JL. *Contemporary Orthodontics.* St. Louis. Mosby, Inc; 2000.
9. Costa A, Raffaini M, Melsen B. Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1998;13(3):201-209.
10. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod.* 1997;31:763-767.
11. Ludwig B, Baumgaertel S, Böhm B, et al. Mini-implants in Orthodontics. Innovation. Anchorage. *Concepts. Quintessence International.* 2007.
12. Wilmes B, Drescher D. Vertical periodontal ligament distraction—a new method for aligning ankylosed and displaced canines. *J Orofac Orthop.* 2009;70(3):213-223.
13. Kocsis A, Seres L. Orthodontic screws to extrude impacted maxillary canines. Springer; 2012.
14. Szwedowski TD, Whyne CM, Fialkov JA. Toward characterization of craniofacial biomechanics. *J Craniofac Surg.* 2010;21(1):202-207.
15. Wakabayashi N, Ona M, Suzuki T, Igarashi Y. Nonlinear finite element analyses: advances and challenges in dental applications. *J Dent.* 2008;36(7):463-471.
16. Manfredini D, Lombardo L, Siciliani G. Temporomandibular disorders and dental occlusion. A systematic review of association studies: end of an era? *J Oral Rehabil.* 2017;44(11):908-923.
17. Kornhauser S, Abed Y, Harari D, Becker A. The resolution of palatally impacted canines using palatal-occlusal force from a buccal auxiliary. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1996;110(5):528-534.
18. Reitan K. Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle Orthod.* 1964;34(4):244-255.
19. Yadav S, Chen J, Upadhyay M, Jiang F, Roberts WE. Comparison of the force systems of 3 appliances on palatally impacted canines. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;139(2):206-213.
20. Han G, Huang S, Von den Hoff JW, Zeng X, Kuijpers-Jagtman AM. Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: an intraindividual study. *Angle Orthod.* 2005;75(6):912-918.
21. Ammar HH, Ngan P, Crout RJ, Mucino VH, Mukdadi OM. Three-dimensional modeling and finite element analysis in treatment planning for orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;139(1):e59-e71.
22. Kuroda S, Nishii Y, Okano S, Sueishi K. Stress distribution in the mini-screw and alveolar bone during orthodontic treatment: a finite element study analysis. *J Orthod.* 2014;41(4):275-284.
23. Meher AH, Shrivastav SS, Vibhute PJ, Hazarey PV. Deflection and stress distribution around mini-screw implants: A finite element investigation into the effect of cortical bone thickness, force magnitude and direction. *J Orthod.* 2012;39(4):249-255.
24. Park H-S, Kwon O-W, Sung J-H. Micro-implant anchorage for forced eruption of impacted canines. *J Clin Orthod.* 2004;38:297-302.
25. Lee M-Y, Park JH, Jung J-G, Chae J-M. Forced eruption of a palatally impacted and transposed canine with a temporary skeletal anchorage device. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2017;151(6):1148-1158.
26. Makedonas D, Lund H, Gröndahl K, Hansen K. Root resorption diagnosed with cone beam computed tomography after 6 months of orthodontic treatment with fixed appliance and the relation to risk factors. *Angle Orthod.* 2012;82(2):196-201.
27. Thiruvenkatachari B, Ammayappan P, Kandaswamy R. Comparison of rate of canine retraction with conventional molar anchorage and titanium implant anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008;134(1):30-35.
28. Sharma M, Sharma V, Khanna B. Mini-screw implant or transpalatal arch-mediated anchorage reinforcement during canine retraction: a randomized clinical trial. *J Orthod.* 2012;39(2):102-110.
29. Stivaros, N., Lowe, C., Dandy, N., Doherty, B., Mandall, N. A. A randomized clinical trial to compare the Goshgarian and Nance palatal arch. *Eur J Orthod.* 32(2):171-176.
30. Williams, J., Fixed orthodontic appliances: Principles and practice. 1995: Butterworth-Heinemann.
31. Kojima, Y. and H. Fukui, Effects of transpalatal arch on molar movement produced by mesial force: a finite element simulation. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008. 134(3):335. e1-335. e7.