

Maksiller Santral Bir Dişe Gelen Travma Kuvvetlerinin Yarattığı Stres Dağılımlarının İncelenmesi

EVALUATION OF STRESS DISTRIBUTION CAUSED BY TRAUMATIC FORCES APPLIED ON A MAXILLARY CENTRAL INCISOR

Feridun ŞAKLAR*, Cengiz TOPBAŞ**

* Doç.Dr., Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti BD,

** Dr.Dt., Serbest Diş Hekimi, ANKARA

Özet

Amaç: Çalışmamızın amacı en çok travmaya maruz kalan maksiller santral bir dişe gelen travma kuvvetinin dişin hangi bölgelerinde stres yoğunluğu oluşturduğu ve böylece kırılma bölgelerinin nereler olabileceğinin belirlenmesidir.

Materyal ve Metod: Bu çalışmada stres analizinin yapılmasında sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır (Finite-Element Method, FEM). Sonlu elemanlar yöntemi çeşitli özelliklere sahip yapıların sayısal analizi için uygulanan bir yöntemdir. Çalışmamızda diş 338 eleman ve 572 düğüm noktası (node) kullanılarak modellenmiştir. Ayrıca ANSYS programı 3 boyutlu modelin stres dağılımlarını çözümlenmek amacıyla kullanılmıştır. Modellenen dişin vestibül yüzünün orta bölgesinde;1- Uzun aksına dik 2- Uzun aksına 45° mesial 3- Uzun aksına 45° distal 4- Uzun aksına 45° insizal 5-Uzun aksına 45° apikal yönden olmak üzere 10 Newton'luk kuvvet uygulanmıştır. Sonuçta stres konsantrasyonlarının yoğun olduğu bölgeler belirlenmiştir.

Bulgular: Çalışmamızda en yoğun stres konsantrasyonu insizal yönden uygulanan kuvvetle kole bölgesinde 67.2 MPa değerinde bulunmuştur. Tüm uygulanan kuvvetler içinde en az stres yoğunluğu dişin uzun aksına 45° apikal yönden uygulanan kuvvette 3.5 MPa değeri ile apikal 1/3 bölgede tespit edilmiştir.

Sonuç: Bu çalışmanın sonucunda travma kuvveti hangi yönden gelirse gelsin en fazla stres yoğunluğu dişin kole bölgesinde en az stres yoğunluğu ise kökün apikal 1/3 bölgesinde oluşmuştur.

Anahtar Kelimeler: Travma, Stres analizi,
Sonlu elemanlar yöntemi

T Klin Diş Hek Bil 2000, 6:115-119

Geliş Tarihi: 02.07.1999

Yazışma Adresi: Dr.Feridun ŞAKLAR
Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
06500, Beşevler, ANKARA

Summary

Purpose: The aim of our study was to evaluate in which areas of tooth stress was most dense and where the fracture areas were in a maxillary central incisor that was subjected to most of the traumatic forces.

Material and Method: In this study, to make the stress analysis, finite element method was used. Finite element method was a method that was used in the numeric analysis of structures having different properties. In our study, tooth was modelled using 338 elements and 572 nodes. Besides, to analyse the stress distribution, of the 3 dimensioned model, ANSYS program was used. To the middle of the vestibul face of the modelled tooth, a force of 10 Newton was applied from these directions;1- Perpendicular to long axis 2-45° to long axis from mesial direction 3-45° to long axis from distal direction 4-45° to long axis from incisal direction 5-45° to long axis from apical direction. As a result, areas which stress concentrations were dense were determined.

Results: In our study, the most dense stress concentration was found in the cervical area with a value of 67.2 MPa when force were applied from incisal direction. Among the applied forces, least dense stress was determined in the 1/3 apical region with a value of 3.5 MPa when force was applied from 45° apical directions.

Conclusion: As a result of this study, without considering the direction of the force, the most dense stress was determined in the cervical region and the least dense stress was determined in the 1/3 apical region.

Key Words: Trauma, Stress analysis,
Finite element method

T Klin J Dental Sci 2000, 6:115-119

Dişlerde oluşan yaralanmalar, diş hekimliği kliniklerinde en çok karşılaşılan ve tedavileri komplike olabilen durumlardır. Özellikle 6-14 yaşları arasındaki genç bireylerde dental yaralanmalara sık rastlanmaktadır (1). Dental travma sonucu dişin kron ve köklerinin değişik bölgelerinde çatlak veya kırıklar meydana gelebilmektedir. Bazen de herhangi bir kırık oluşmasa bile apikal foramen den giren damarların kopması sonucu pulpa dokusu canlılığını yitirmektedir (2,3). Kırıkların kron veya kökte oluşması diş üzerine gelen travma kuvvetinin şiddeti, yönü ve süresi ile bağlantılı olarak değişiklikler göstermektedir. Ayrıca daha önce herhangi bir probleme sahip diş veya restoratif işlemler uygulanmış diş yapılarının gelen travmalar sonucu kırılmaya karşı daha eğilimli oldukları deneysel ve klinik gözlemler ile ortaya konmuştur (4,5).

Günümüze kadar dişler üzerinde oluşan stres dağılımları bir çok çalışma ile analiz edilmiştir. Genellikle bu çalışmalarda gerginlik ölçerler (6), instron cihazı kullanılarak yapılan testler (7,8), fotoelastik teknik (9,10) gibi yöntemlerden yararlanılmıştır. Ancak diş dokularında oluşan streslerin analizi için çok az sayıda numerik analiz yöntemi kullanılmıştır. Dişlerin kırılma direnci ve meydana gelen stresleri belirlemek üzere 3 boyutlu çalışmalarda genellikle lateral ve vertikal kondenzasyon uygulamaları sonrası kök üzerinde oluşan stresleri belirlemek amacıyla yararlanılmıştır (11,12).

Bu çalışmamızın amacını ise; özellikle travmaya sıkça maruz kalan santral dişin vestibül yüzeyine değişik yönlerden uygulanan bir kuvvetin 3 boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen model üzerinde stres dağılımlarını belirlemek oluşturmıştır.

Materyal ve Metod

Bu çalışmada maksiller bir keser dişin stres analizinin gösterilmesinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi (Finite Element Method - FEM) çeşitli özelliklere sahip yapıların sayısal analizi için uygulanan bir stres analiz yöntemidir. Yöntemin özelliği analiz edilecek materyalin belli sayıda elemanlara bölünmesidir. Bu elemanların yapılacak analizin türüne göre nicelik ve nitelik özellikleri olmaktadır. Örneğin kullanılacak elemanların sayısı yapılacak analiz ve elde edilecek sonuçların duyarlılığı açısından

Tablo 1. Çalışmada kullanılan diş dokularının materyal özellikleri

	Young Modülü E[N/mm ²]	Poisson Oranı
Mine	48,000	0,30
Dentin	13,000	0,31

önemlidir. Ayrıca incelenecek yapının geometrisine (2 veya 3 boyutlu yapılar) göre de farklı elemanlar kullanılması gerekebilir. Sonlu sayıdaki elemanlara ayrılan bir yapıdaki elemanların köşe noktaları düğüm (node) olarak adlandırılır. Düğümler yapı uzayında bir noktayı ifade ederler ve bir düğüm noktasının farklı bir çok eleman tarafından kullanılması olasıdır. Düğümler deplasmanlar cinsinden ifade edilebilen belli serbestlik derecelerine sahip olup, elastik bir yapının yük altında hareketini belirlemek üzere yapı uzayında belli koordinatlara sahip noktalarlardır.

Yöntemde ikinci önemli kısım ise elemanların malzeme özelliklerinin tanımlanmasıdır. Lineer elastik davranış gösteren izotropik bir malzemenin tanımlanması için özelliğinin bilinmesi gereklidir. Bunlar Young Modülü (Elastik modülü) ve Poisson oranıdır. Young modülü cisimlerin şekil değiştirmeye direncinin bir ölçüsüdür. Poisson oranı ise ; boyuna uzayan bir malzeme doğal olarak enine bir daralma gösterir. Oran bu daralmayı ifade eder. Enin gerilim büyüklüğünün boyuna gerinime olan oranıdır. Tablo 1'de çalışmamızda kullanılan diş yapılarının materyal özellikleri gösterilmiştir.

Gerilmeler normal ve kayma olarak iki şekilde ifade edilirler. Normal ve kayma gerilmelerinin toplam bileşkesi ise Von Mises gerilmeleri olarak bilinir (5).

Çalışmamızda maksiller dişin modellenmesinde gerçek dişlerden alınan kesitlerle, Yaman ve arkadaşlarının (12) kesitleri, temel olarak Wheeler (13) ile Çalışkan ve arkadaşlarının (14) belirttiği değerlerin harmonisi kullanıldı. Daha sonra elde edilen değerler kartezyen koordinat sistemine aktarıldı. Bu çalışmada diş 338 eleman ve 572 düğüm noktası kullanılarak modele aktarılmıştır. Dişin mine ve dentin olarak malzemeden oluştuğu

ve bu malzemelerin homojen, izotropik ve lineer olarak elastik olduğu varsayılmıştır. Sement kalınlığının çok az olmasından dolayı ihmal edilmiştir. Ayrıca dişin alveol kemiği içindeki bölümü hareketsiz kabul edilmiştir. Bu bölgedeki düğüm noktalarına uygulanan kuvvetlerle dişin hareket etmediği varsayılmıştır. Malzeme özellikleri Yaman ve arkadaşları (12) ile Williamson ve arkadaşlarının (5) çalışmalarından alınmıştır. Çalışmada ANSYS programı 3 boyutlu ağ modelindeki stres dağılımlarını çözümlmek amacıyla kullanılmıştır. Bu çalışmada kuvvetler dişin vestibül yüzüne yaklaşık olarak orta bölgesine, uzun aksına dik, 45 derece mesial yönden, 45 derece distal yönden, uzun aksına 45 derece apikal yönden ve 45 derece insizal yönden olmak üzere her biri 10 Newtonluk 5 değişik yönde uygulanmıştır. Sonuçta stresler değerlendirilmiş ve stres konsantrasyonlarının yüksek olduğu bölgelerde kırılmaların oluşabileceği olası yerler olduğuna karar verilmiştir.

Bulgular

Çalışmamızda dişe vestibül yönde uzun aksına dik olarak vestibül yüzün orta noktasına 10 Newtonluk bir kuvvet geldiğinde stres konsantrasyonlarının vestibül yüzde kole bölgesinde 63.8 MPa, palatinal yüzde kole bölgesinde 49.6 MPa değerinde oluşmuştur. Ayrıca bu bölgede dentin üzerinde 21.3 MPa değerinde bir stres konsantrasyonu oluşmuştur. Minimum stres konsantrasyonu ise 7.1 MPa ile kökün 1/3 apikalinde izlenmiştir (Resim 1).



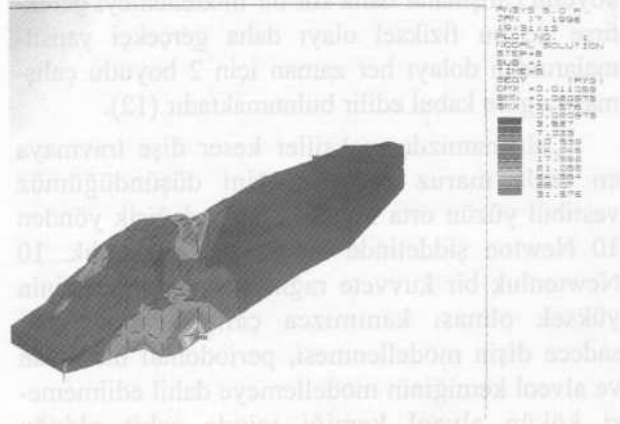
Resim 1. Vestibül yüzün orta noktasında dişin uzun aksına dik gelen kuvvet sonucu oluşan stres dağılımları.

Dişin uzun aksına 45 derece apikal yönden aynı şiddette gelen kuvvette vestibül yüzde kole bölgesinde 24.5 MPa, palatinal yüzde kole bölgesinde ise 31.5 MPa'lık bir stres konsantrasyonu oluşmuştur. Minimum stres konsantrasyonu ise 3.5 MPa ile kökün 1/3 apikalinde izlenmektedir (Resim 2).

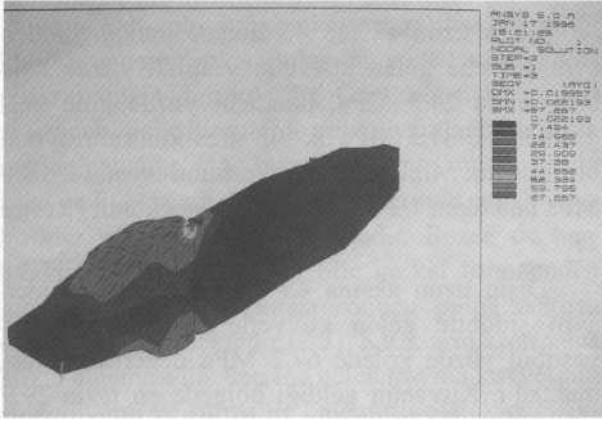
Dişin uzun aksına 45 derece insizal yönden aynı şiddette gelen kuvvetle maksimum stres vestibül yüzde kolede 67.2 MPa değerinde oluşmaktadır. Kuvvetin geldiği bölgede en fazla 29.9 MPa'lık bir stres konsantrasyonu oluşurken, palatinal yüzde singulumun hemen apikalinde 37.3 MPa'lık bir stres konsantrasyonu oluşmaktadır. Minimum stres konsantrasyonu ise 7.4 MPa değeri ile kökün 1/3 apikalinde izlenmektedir (Resim 3).

Dişin uzun aksına dik 45 derece mesialden gelen aynı şiddetteki kuvvetler dişin distalinde kronun 1/3 ortasında başlayıp koleye kadar hatta bir miktarda kökü de içine alan bir etkilenim alanı oluşturmaktadır. Maksimum stres distal tarafta 48.7 MPa değerinde oluşmaktadır. Kuvvete maruz kalan vestibül yüzde 37.9 MPa en az stres ise 5.4 MPa ile apikal bölgede izlenmektedir (Resim 4).

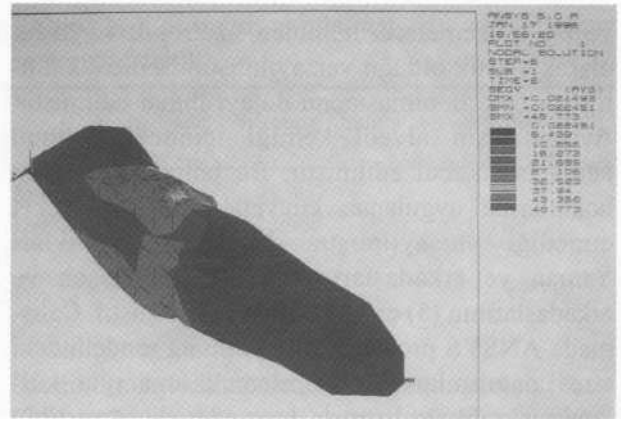
Dişin uzun aksına dik 45 derece distalden gelen aynı şiddetteki kuvvetler dişin mesialinde stresin yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Distal yönde kolenin biraz apikalinde stres değerleri 32.5 MPa civarında görülürken, maksimum stres mesial yönde kole bölgesinde mesio-labial köşede 48.7 MPa değerinde oluşmaktadır. Minimum stres konsantrasyonu ise 5.4 MPa ile apikal bölgede izlenmektedir (Resim 5).



Resim 2. Dişin uzun aksına 45 derece apikal yönden gelen kuvvet sonucu oluşan stres dağılımları.



Resim 3. Dişin uzun aksına 45 derece insizal yönden gelen kuvvet sonucu oluşan stres dağılımları.

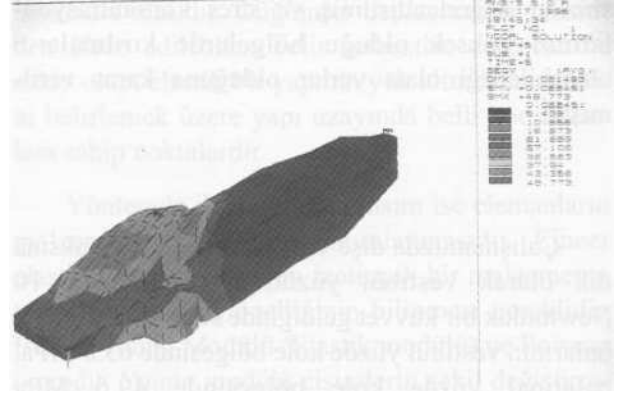


Resim 4. Dişin uzun aksına 45 derece mesial yönden gelen kuvvet sonucu oluşan stres dağılımları.

Tartışma

Çalışmamızda bir keser dişin sonlu elemanlar yöntemiyle 3 boyutlu bir modeli oluşturulmuştur. Dişin modellenmesinde; dişlerden alınan kesitler, resin bloğa gömülen bir dişten alınan değerler ve maksiller dişin ortalama değerleri harmonize edilerek kullanılmıştır. Williamson ve arkadaşları (5), Berutti (15), Lyroudia ve arkadaşları (16) çalışmalarında parafin bloğa gömülen dişlerden alınan kesitlerin incelenmesi sonucu elde ettikleri değerlerin yardımıyla modelleme yapmışlardır. Yine Lyroudia ve arkadaşları (16) dişlerin modellenmesinde bilgisayarlı tomografiden yararlanmışlardır. Kanımızca bu tür çalışmaların en önemli aşamasını oluşturan, modelin gerçek boyutlara uygun olması, bir dişi temsil etmesi ve dişe ait standart değerlere mümkün olduğunca sahip olmasıdır. Bu bakımdan yapılan çalışmaların gerçeğe yakınlığı açısından 3 boyutlu çalışmalar daha zor bir modellemeyi gerektirse de bu fiziksel olayı daha gerçekçi yansıtılmalarından dolayı her zaman için 2 boyutlu çalışmalara göre kabul edilir bulunmaktadır (12).

Çalışmamızda maksiller keser dişe travmaya en fazla maruz kalabileceğini düşündüğümüz vestibül yüzün orta noktasından 5 değişik yönden 10 Newton şiddetinde bir kuvvet uyguladık. 10 Newtonluk bir kuvvete rağmen stres değerlerinin yüksek olması kanımızca çalışma modelinde sadece dişin modellenmesi, periodontal membran ve alveol kemiğinin modellemeye dahil edilmemesi kökün alveol kemiği içinde sabit olduğu varsayımından kaynaklanabilir. Dişe gelen kuvvet miktarının değişimi stres konsantrasyon böl-



Resim 5. Dişin uzun aksına 45 derece distal yönden gelen kuvvet sonucu oluşan stres dağılımları.

gelerinin yerini değiştirmeyecektir. Ancak periodontal membran ve alveol kemiği desteğinin de modelleme içinde çalışmaya katılması ile daha gerçeğe yakın sonuçların elde edilebileceğini düşünmekteyiz.

Bu çalışmamızın bulgularına dayanarak travma neticesinde oluşan stresin genellikle en fazla kole bölgesinde yoğunlaştığı, en az ise kökün apikal 1/3 bölgesinde oluştuğu gözlenmiştir.

Teşekkür

Çalışmamızda yardımlarını esirgemeyen ODTÜ Metalurji Mühendisliği Araştırma Görevlisi Yük.Met.Müh. Ozan ERCAN'a teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

1. Andreassen JO: Etiology and pathogenesis of traumatic dental injuries. Scand J Dent Res 78: 329, 1970
2. Bayırlı G: Pulpa patolojisi ve tedavileri. İÜ Basımevi 105, 1991
3. Fountain JB, Camp JH. Traumatic injuries. Cohen S, Burns RC (ed) Pathways of the pulp. 4th ed. St.Louis. CV Mosby Co. 462, 1987
4. Walton RE, Nichelich RJ, Smith GN: Etiologies of vertical root fracture. J Endodon 10: 48, 1984
5. Williamson LJR, Fotos PG, Goel VK, Spivey JD, Rivera EM, Khera SC: A three-dimensional finite-element stress analysis of an endodontically prepared maxillary central incisor. J Endodon 21: 362, 1995
6. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH: Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. J Endodon 15: 512, 1989
7. Dang DA, Walton RE: Vertical root fracture and root distortion: effect of spreader desing. J Endodon 7: 151, 1981
8. Holcomb Q, Pitts DL, Nicholis JI: Further investigation of spreader loads required to cause vertical root fracture during lateral condensation. J Endodon 13: 277, 1987
9. Reinhardt RA, Krejci RF, Pao YC, Stannard JG: Dentin stresses in post-reconstructed teeth with diminishing bone support. J Dent Res 62. 1002, 1983
10. Martin H, Fischer E: Photoelastic stress comparison of warm (Endotec) versus cold lateral condensation technique. Oral Surg Oral Med Oral Patho 70: 325, 1990
11. Telli C, Gülkan P, Günel H: A critical reevaluation of stresses generated during vertical and lateral condensation of gutta-percha in the root canal. Endod Dent Traumatol 10: 1, 1994
12. Yaman SD, Alaçam T, Yaman Y: Analysis of stress distribution in a vertically condensed maxillary central incisor root canal. J Endodon 21: 321, 1995
13. Wheeler RC: An atlas of tooth forms. 4th ed. London: WB Saunder Co. 1969
14. Çalışkan MK, Pehlivan Y, Sepetçioğlu F, Türkün M, Tuncer SŞ: Root canal morphology of human permanent teeth in a turkish population. J Endodon 21: 200, 1995
15. Berutti E: Computarized analysis of the instrumentation of the root canal system. J Endodon 19: 236, 1993
16. Lyroudia K, Nikolaidis N, Pitas I, Palakidis K: Three computer methods to reconstruct pulpal blood vessels and nerves. J Endodon 21: 501, 1995