

Bruksizm Tedavisinde Kullanılan Oklüzal Splintlerdeki Gerilme Dağılımının Fotoelastik Yöntemle İncelenmesi

Ayşe ÖNDÜRÜCÜ*¹, Mehmet KILINÇ¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

(Alınış / Received: 29.04.2017, Kabul / Accepted: 25.10.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 30.11.2017)

Anahtar Kelimeler

Bruksizm,
Oklüzal splint,
Fotoelastisite,
Artık gerilme

Özet: Bruksizm gün içerisinde ve uyku sırasında diş gıcırdatma veya sıkma biçiminde gerçekleşen ağız sert ve yumuşak dokularında çeşitli olumsuzluklara yol açan istem dışı ve parafonksiyonel bir çiğneme sistemi rahatsızlığıdır. Bruksizm neticesinde dişlerde, eklemlerde ve dokularda değişik mekanizmalar dahilinde kuvvetler; bununla birlikte gerilmeler meydana gelmektedir. Bu çalışmada, laboratuvar ortamında oluşturulması zor olan ağız içi kuvvetler; bruksizmin tedavisinde kullanılan oklüzal splintlere ait artık gerilme dağılımı kullanılarak fotoelastik yöntemle gözlemlenmiş ve biyomekanik yönden değerlendirilmiştir. Bruksizm geçmişi bulunan ve rahatsızlığı devam eden bir hasta için, maksilla üzerindeki dişleri tamamen kaplayacak birer adet akrilik içerikli yumuşak ve sert splint üretilmiştir. Bu splintler birer saat kullanılmış ve gerilme dağılımları incelenerek karşılaştırma yapılmıştır. Sonuç olarak, sert splintin dişler üzerinde oluşan gerilmeler ve mekanizmalarına ait daha ayrıntılı veriler sağladığı; yumuşak splintin ise yumuşak dokulara iletilen gerilmeler ve mekanizmalarına ait daha ayrıntılı veriler sağladığı görülmüştür.

An Investigation of the Stress Distribution of Occlusal Splints Used in the Treatment of Bruxism by Photoelastic Method

Keywords

Bruxism,
Occlusal splint,
Photoelasticity,
Residual stress

Abstract: Bruxism is an involuntary and a parafunctional disorder of the masticatory system that is characterized by teeth grinding or clenching during sleep and wakefulness which causes various negativities on hard and soft tissues of mouth. Due to bruxism, forces act as well as stresses occur within different mechanisms on teeth, joints and tissues. In this paper, in-mouth forces that are hard to be created in laboratory have been observed by photoelastic method and evaluated biomechanically by using residual stress distribution of occlusal splints which is used in the treatment of bruxism. For a patient with bruxism a soft and hard splint were fabricated from acrylic material covering the maxillary teeth completely. Both splints were used one hour and stress distribution was examined and compared. As a consequence, it has been shown that hard splint provide more descriptive data about stresses and mechanisms of teeth and soft splint provides more data about stresses and mechanisms of soft tissues.

1. Giriş

Bruksizm gün içerisinde ve uyku sırasında diş gıcırdatma veya sıkma biçiminde gerçekleşen, ağız içi sert ve yumuşak dokularında çeşitli olumsuzluklara yol açan istem dışı ve parafonksiyonel bir çiğneme sistemi rahatsızlığıdır [1, 2]. Bruksizm nedeniyle dişlerde ve dental restorasyonlarda aşınma ve kırıklar, periodontal hastalık oluşumu, periodontal destek kaybı, çiğneme kaslarında hipertrofi, konforsuzluk ve miyofasyal ağrı sendromu, baş ağrısı hatta geri dönüşümsüz temporomandibular eklem hasarı oluşabilir [3-5]. Bu rahatsızlığın meydana

getirdiği hasarları ve ağrıları azaltmak amacıyla, yumuşak ve sert materyallerden üretilen oklüzal splintler sıklıkla etkin bir tedavi yöntemi olarak kullanılırlar [6].

Bruksizm neticesinde dişlerde, eklemlerde ve dokularda değişik mekanizmalar (olgular) dahilinde kuvvetler; bununla birlikte gerilmeler meydana gelmektedir. Fakat bu kuvvetlerin oluşturduğu gerilmeler, etki ettikleri geometrilere (diş, çene vs.) bağlı olarak değişmektedir. Normal bir bireyde çiğneme sırasında kullanılan ısırma kuvveti yaklaşık 27 kg, maksimum istemli ısırma kuvveti ise 70 kg'dır.

Bruksizm esnasında ise 440 kg'a kadar çıkan yüklemeler olabilir [7]. Kılıçcıoğlu, ısırma kuvvetinin yaş, kilo, cinsiyet, boy ve vücut tipine bağlı olarak değişebileceğini belirtmiştir [8]. Dolayısıyla intraoral (ağız içi) yüklemelerde her bir kuvvetin ayrı ayrı tespiti, uygulama süreleri ve etki doğrultuları gibi parametrelerin tespiti oldukça zorlaşır. Dişler gibi karmaşık geometriler üzerinde oluşan bu etkileri gözlemlemenin zorlaştığı durumlarda, basit ve efektif bir deneysel yöntem olan fotoelastisite pratik çözümler sağlamaktadır [9]. Bu tarz durumlarda kuvvet, kesit alanı, alan atalet momenti gibi girdi parametrelerinin tespiti zor olduğundan ve gerilmeye ait çıktılar elde edilemeyeceğinden, bunun yanısıra gerilmeler sadece statik değil dinamik karakterli olduğundan sayısal verilerin tespiti çalışma kapsamına dahil edilmemiştir.

Fotoelastisite; bir cisme ait gerilmenin dağılımı ve şiddetinin tespitinde kullanılan, ışığın çift kırınımı ve polarizasyonu temeline dayanan optik bir yöntemdir. Düz ışık cisim içerisinde, cismin gerilme ile izotrop durumdan anizotrop duruma geçmesine bağlı olarak farklı hızlarda kırılmaktadır [10]. Bundan dolayı bağıl gecikme oluşmaktadır. Farklı fazda bileşenler, analizlerde birleşerek cisme ait karakteristik girişim çizgilerini (fringe) göstermektedir. Test edilen kısımdaki her bir girişim çizgisi, gerilme ile ilişkili olarak farklı derecelerde çift kırınım göstermektedir. Bu girişim çizgileri, kullanılan polariskop cinsine bağlı olarak esas kuvvetin yönünü, yani asal gerilmeleri gösteren izoklinik çizgiler ve gerilim farkından dolayı oluşan izokromatik çizgilerdir. İzoklinik çizgiler asal gerilme doğrultularının x, y eksenlerinden biri ile çakışması halinde ortaya çıkar [11]. Kuvvetlerin doğrultuları sabit kalmak üzere şiddetleri artırılırsa, izoklinikler sabit kaldığı halde izokromatlar artacaktır. Analiz için cisim çift kırınım özelliğine sahip olmalıdır. Cisim çift kırınım özelliğine sahip değilse cismin iki ya da üç boyutlu modeli çift kırınım özelliğine sahip materyallerden üretilir ya da cisim bu özelliğe sahip bir materyal ile kaplanır [12]. Yumuşak ve sert splintlerin çift kırınım özelliğine sahip olması bu çalışma için başlangıç noktasını oluşturmuştur.

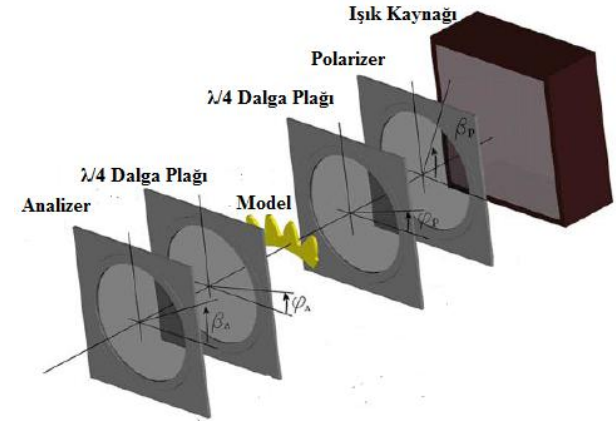
Ülkemizde fotoelastisite, diş hekimliğinde dişler ve çeşitli dokular üzerinde yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmıştır. Üç boyutlu model yardımıyla fringe yoğunluğunun yorumlandığı [13-15] ve analitik metotlar ile fotoelastik analizin karşılaştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır [16]. Fakat literatürde bruksizm ve fotoelastik metodun birlikte işlendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla çalışma, bruksizm tedavisinde kullanılan bu splintlerden fotoelastik görüntü analizi ile veri elde edilebildiğini gösteren ilk çalışma niteliğini taşımaktadır.

Bu çalışmada, yumuşak ve sert splintler 1 saat süreyle kullanıldıktan sonra bu splintler üzerinde oluşan artık gerilme dağılımı fotoelastik yöntemle

belirlenmeye çalışılmıştır. Bu artık gerilme dağılımı, ağız içi yüklenme durumlarına ait analiz için kullanılmıştır. Analiz sonucunda, sert splintin yumuşak splinte göre dişler üzerinde oluşan gerilmeler ve mekanizmalarına ait daha ayrıntılı veriler sağladığı; yumuşak splintin ise sert splinte göre yumuşak dokulara iletilen gerilmeler ve mekanizmalarına ait daha ayrıntılı veriler sağladığı görülmüştür. Gerilme mekanizmaları; kuvvetin diş üzerinde yoğunlaşması ile birlikte dişin de geometrisine bağlı olarak aşınmalar, aşınmaların tetiklediği oklüzal dengesizlikler, diş eti problemleri ve kas rahatsızlıkları olarak tanımlanabilir.

2. Materyal ve Metot

Fotoelastik analiz, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Mekanik Laboratuvarındaki, 3M marka 4400 serisi sarı ışık veren bir projektör üzerine monte edilmiş dairesel polariskop (Sharples Stress Eng. Ltd.) kullanılarak yapılmıştır. Şekil 1'de şematik olarak gösterilen dairesel polariskop, iki adet $\lambda/4$ dalga plağı, bir adet polarizer ve bir adet analizden oluşmaktadır [17]. Bu plaklar izoklinikleri yok ederek daha açık bir görüntü sağlar. Ayrıca tam dalga plağı gibi davrandıkları için modelin yönelimine göre görüntü değişmediğinden, modeli kalibre etmek gerekmez. Bundan dolayı bu çalışmada, dairesel polariskop kullanılmıştır. Projeksiyon ünitesi görüntüleme alanında bulunan geniş açılı fresnel buzlu lens, homojen ve yumuşak bir ışık oluşturmuştur.



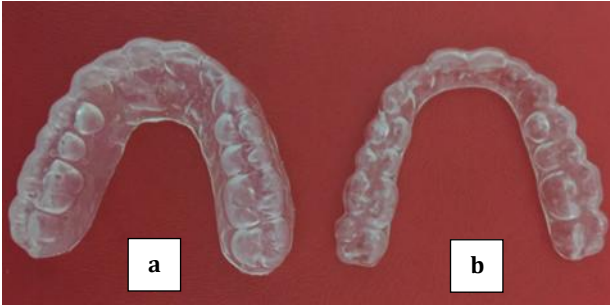
Şekil 1. Dairesel polariskop [17]

Analizde ışık kaynağı olarak, beyaz veya monokromatik ışık kullanılmaktadır. Beyaz ışık değişik frekanslı dalgalardan oluşur ve kırılma ile renklere ayrılarak bir spektrum oluşturur. Dolayısıyla her girişim çizgisi rengi bir gerilim derecesini tanımlar [18]. Renk geçişleri önem arz ettiğinden monokromatik ışık uygulaması bu çalışma için uygun görülmemiştir. Monokromatik ışık daha çok fringe gradyen yönlerinin tespitinde kullanılmaktadır.

Şekil 2'de gösterilen fotoelastik gerilme analizinde kullanılan splintler için, bruksizm geçmişi olan ve

rahatsızlığı devam eden class 1 kapanışa sahip bir hastaya (Kılınç) ait veriler kullanılmıştır. Hastadan aljinat yardımıyla 2 defa ölçü alınmış ve bu ölçüler kullanılarak dental alçıdan üst çene modeli hazırlanmıştır. 1 mm kalınlığında ve 127mmx127mm ölçülerinde akrilik içerikli sert ve yumuşak termoplastik plaklardan, vakumlu ısıl şekillendirme cihazı (DENTSPLY International) yardımıyla üst çene modelleri kullanılarak maxilla üzerindeki dişleri tamamen kaplayacak birer adet yumuşak splint ve sert splint üretilmiştir. Isıl şekillendirme sonrasında malzeme kalıp (alçı model) üzerinde oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır.

Akrilik içerikli malzemeler termoplastiklere dahil olan düz ya da dallanmış polimerlerdir [19]. Termoplastikler viskoelastik davranış gösterirler. Ağız içi gibi düşük sıcaklık değerlerine sahip ortamlarda yüksek elastisite modülü nedeniyle deformasyon hızına karşı hassastırlar. Ağız içerisinde splintler farklı deformasyon hızlarına sahip olmakla birlikte, artan deformasyon hızlarında malzeme daha az viskoelastik davranış göstermektedir. Bu tür malzemelerde pekleşmeden bahsedilemez. Ancak bu tür malzemelerde çok yüksek deformasyon hızlarında dayanım ve sertlik artışı beklenir; fakat deformasyon hızı değerleri yüksek olamayacaktır.



Şekil 2. Yumuşak splint (a), Sert splint (b)

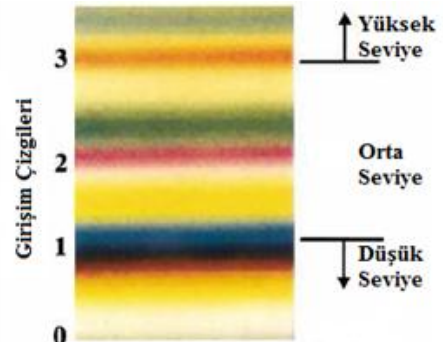
Bu çalışmada kullanılan üretim yöntemi, splint model kalıp yardımıyla şekillendirildiğinden dolayı fotoelastik kaplama tekniğine benzemektedir. Sert splint yüzeyinde deformasyonu önlemek için, splint uyumlama işlemi yapılmamıştır. Ramesh [20], materyallerde nem ve soğuktan dolayı suni girişim çizgileri oluşabileceğini belirtmiştir. Bu durumu ve üretim safhası dışında meydana gelebilecek artık gerilmeleri önlemek amacıyla splintler kullanıma kadar plastik bir kutu içerisinde, kilitli poşetlerde saklanmış ve herhangi bir dış etkiye maruz bırakılmamıştır.

Hasta splintleri gündüz normal aktiviteleri esnasında kullanmıştır. Kullanım süresi yüzey deformasyonlarını asgari düzeyde tutmak için kısa tutulmuştur. Karakış vd. [21]'in çalışmalarında belirttiği üzere, splint kullanımından önce ya da kullanım esnasında kas gevşetici, uyku ilacı ve türevi kas aktivitesini etkileyebilecek ilaçlar hasta tarafından kullanılmamıştır. Kullanımı takiben en geç 8 saat içerisinde splintler polariskop üzerinde

fotoğraflanmıştır (Canon EOS 450D DSLR). Alt çenedeki dişlerin sert splint üzerindeki temas noktalarının tespitinde artikülasyon kağıdı kullanılmıştır. Yumuşak splintte ise oklüzal yüzey kısımlarından deformasyon nedeniyle anlamlı veri elde edilemeyeceğinden artikülasyon kağıdı ile işaretleme yapılmamıştır. İşaretlemenin amacı, girişim çizgilerinin temasa bağlı oluştuğunu göstermektir.

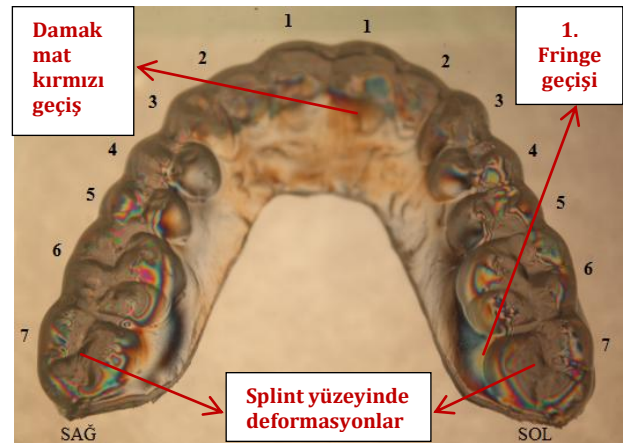
3. Bulgular ve Tartışma

Splint numunelerine ait bulgular, üç ayrı kısımda incelenmiştir. Gerilme seviyelerinin değerlendirilmesinde bağlı gecikmeye bağlı karakteristik girişim çizgilerini gösteren Şekil 3'teki renk skalası kullanılmıştır [22].



Şekil 3. Girişim çizgileri (fringe) renk skalası [22]

Şekil 4'te verilen, yükleme sonucu incelenen yumuşak splintte: ruga palatinaların olduğu damak kısmındaki mat kırmızı renk geçişi, dişlerin damağa etkisi olan düşük seviyedeki gerilmeyi göstermektedir. 7 numaralı dişlerin servikal bölgesindeki mat kırmızı geçiş ise, o kısımlardaki gerilme seviyesinin düşük olduğunu belirtir.



Şekil 4. Yumuşak oklüzal splinte ait gerilme dağılımı

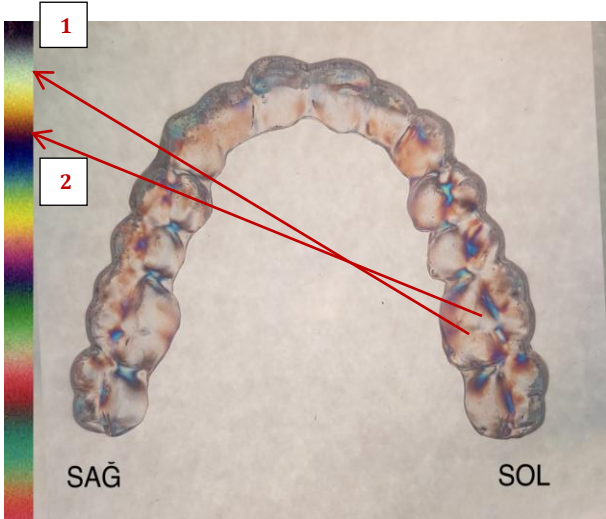
Şekil 4'ten görüldüğü üzere 6 ve 7 numaralı dişlerin, diş eti bölgesindeki siyah, gri ve sarı 1. fringe renkleri arasındaki düzenli geçiş, gerilmenin düzenli bir şekilde dağıldığını göstermiştir. Sağ 7 numaralı dişin sol 7 numaralı dişe göre biraz daha gömülü durumda olması, bu düşük seviyeli gerilmenin diş-diş eti geçiş bölgesinde yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Sol 7

numaralı dişte ise bu geçişin daha stabil olduğu görülmüştür. Bu kısımlar en küçük gecikme seviyelerine sahip olup, 1. fringe üzerinde gerilme seviyesinin en az olduğu bölgelerdir.

Splintin deforme olmadan kaldığı bazı dişlerin uç kısımlarındaki yeşil ve pembe renk geçişleri 3. fringe bölgesine ait gecikme değerlerini temsil etmekte olan, yüksek gerilim değerine sahip noktalar. Splintin yüzey kısımlarında materyal şeffaf görüntüsünü kaybederek deformasyona uğradığı için, ayrıntılı analiz yapılamamıştır.

Hasta kullanım kolaylığı açısından yumuşak splintin damak kısmı kesilmeden üretilmiştir. Sert splintte ise damak kısmı kesilerek alınmıştır. Gerilme dağılımı karşılaştırması hastanın kullanımına uygun olan splintler üzerinden yapılmıştır. Yumuşak splinte ait bulgular, çalışmaya diş yüzeyleri üzerinden fotoelastik analiz ile tutarlı veri elde edilemediğini (deformasyon nedeniyle) göstermek amacıyla eklenmiştir.

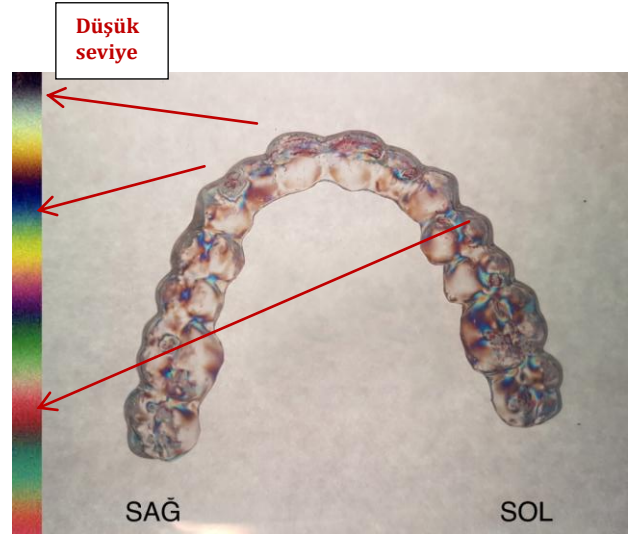
Üretimden sonra, ağızda kullanılmadan önce incelenen sert splintte: diş yüzeylerindeki donuk kırmızı ve mor renkten, mavi renge geçiş; 1. fringe bölgesinden 2. fringe bölgesine geçişi yani düşük gerilme seviyesinden orta gerilme seviyesine geçişi temsil eder (Şekil 5).



Şekil 5. Üretimden sonra incelenen sert splintte ait gerilme dağılımı

Bu geçiş, ısıllı şekillendirmeden sonra soğuma gerçekleşirken, materyalin hareketinin sınırlandırıldığı ve geometrik geçişlerin keskin olduğu bölgelerde gerilme yığılmalarının meydana geldiğinin bir göstergesidir. Diş yüzeylerinde girişim çizgilerinin kalınlıkları, dişler arasındaki girişim çizgilerinin kalınlıklarına göre daha fazladır. Benzer durum ile açıklanabilecek bu ani renk geçişi, dişler arasındaki geometrik geçişin diş yüzeylerindeki geometrik geçişe göre daha keskin olduğunu göstermektedir.

Şekil 6'da yüklemmeden sonra diş temas noktaları artikülasyon kağıdıyla işaretlenen sert splinte ait gerilme dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 6. Yüklemmeden sonra diş temas noktaları artikülasyon kağıdıyla işaretlenmiş sert splinte ait gerilme dağılımı

Şekil 5'teki görüntü ile karşılaştırıldığında, Şekil 6'da verilen yüklemme sonucu incelenen sert splintte: sol premolar ve molar bölgedeki dişlerde gözlemlenen fringe yoğunluğunun, sağ premolar ve molar bölgedeki dişlere göre daha fazla olması ilk dikkat çeken unsurdur. Fringe yoğunluğunun ve kapladığı alanın artışı gerilmenin arttığını göstermektedir. Bu durum dengesiz oklüzona bağlı alt ve üst sol premolar ve molar dişlerdeki temasın, alt ve üst sağ premolar ve molar dişlerdeki temasa göre daha fazla olduğunu gösterir. Bu fark, artikülasyon kağıdı ile diş temas bölgeleri splint üzerinde işaretlenen Şekil 7'de açık bir şekilde gözlemlenmiştir. Bu yoğunluk farkı, sol posterior dişlerin, sağ posterior dişlere göre daha önce aşınacağı ayrıca o bölgede kas rahatsızlıklarının daha önce başlayacağı şeklinde yorumlanabilir.

Ersoy [23], izokromatik çizgilerin bir noktada birleşmesi halinde bu sahanın yüksek bir gerilim altında olduğunu ifade etmiştir. Bu durum, 6 numaralı alt sağ ve sol dişlerin; 6 numaralı üst sağ ve sol dişlerin santral fossalarına temasında gözlemlenmiştir.

Sağ lateral ve kanin dişler arasındaki donuk kırmızı rengin, sol lateral ve kanin dişler arasındaki donuk kırmızı renge göre daha yoğun olduğu görülmüştür. Şekil 5'deki gerilme dağılımında bu bölgelerde fark olmadığı; fakat Şekil 6'da fringe yoğunluğunda artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum sağ alt kanin dişin sol alt kanin dişe göre splinte; dolayısıyla dengeleyen taraftaki dişlere daha fazla temas etmesi ile açıklanabilir [24].

Splint imalatında kullanılan akrilik içerikli malzemenin kalıp model üzerinde vakum etkisiyle

şekil alması sağlanmaktadır. Dental alçı malzeme üzerinde soğuma esnasında i) soğuma hızının çok yüksek ve bölgesel değişim göstermesi, ii) kalıp model üzerinde soğuma esnasında boyut değişimi (hacimsel küçülmeye neden olan büzümeye bağlı olarak) oluşurken kalıp tarafından engel oluşup oluşmamasına bağlı olarak artık gerilme söz konusu olacaktır. Ancak $\alpha_{alçı}=20.10^{-6} 1/°C$ ve $\alpha_{akrilik}=130.10^{-6} 1/°C$ olduğu dikkate alındığında kalıbın splintin boyut değişimini engellemesi söz konusu olmayacaktır [25]. Yukarıda bahsedildiği üzere, soğuma hızı büyüklüğünün ve/veya bölgesel soğuma hızı farklılığının yüksek olması halinde artık gerilme oluşumu yüksek değerlere erişecektir. Dental alçı malzemesinin ve splint malzemesinin ısı iletim katsayıları oldukça düşük olduğu için ($k_{akrilik}=0.20$ W/m.K, $k_{alçı}=0.25$ W/m.K) soğuma hız farklarının yüksek olması beklenmez [26]. Tüm bunlara rağmen, splint şeklinden kaynaklanan ani kesit değişim bölgelerinde artık gerilme oluşumu beklenir. Bu durum Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 7. Sert splint üzerinde diş temas noktalarının artikülasyon kağıdı ile tespiti

Kullanılan splintlere uygulanan kuvvetin hangi süre ile uygulandığından ziyade kuvvetin büyüklüğü, yönü ve oluşturduğu gerilmenin büyüklüğü daha anlamlıdır. Bir malzeme veya parçada plastik deformasyon oluşturmayacak büyüklükteki bir kuvvetin uzun süreli uygulanması bile, elastik bölgede kalındığı için, plastik deformasyonun oluşumuna neden olamayacaktır. Bu açıdan bakıldığında, yük/kuvvetin uygulanmasına sürenin bir etkisi yoktur.

Yoshio [27], yüksek elastisite modülüne sahip materyaller aşırı yüklemeler altında bile deforme olmadan şeklini koruyacağından, bu tarz materyallerin fotoelastik analiz için tercih edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Dolayısıyla bu materyallerde fringe geçişleri daha geniş bir gerilme skalasına yayılacak ve daha geniş bir gözlem aralığı sunacaktır. Sert splintin, yumuşak splinte göre deforme olmadan

daha fazla veri sunuyor oluşu bu açıklamaları doğrular niteliktedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, bruksizm geçmişi olan ve rahatsızlığı devam eden bir hasta (Kılınc) tarafından kullanılan yumuşak ve sert akrilik içerikli oklüzal splintlere ait gerilme dağılımları fotoelastik yöntemle incelenmiştir. Temas noktalarının diş geometrisine bağlı olarak gerilmeleri nasıl etkilediğine dair veriler Şekil 6'daki fotoğrafta ayrıntılı bir şekilde gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, sert splintin yüzeyi yumuşak splinte göre daha az deforme olduğundan dolayı temas noktalarında ve dişler üzerinde oluşan gerilmeler ile mekanizmalar (olgular) daha ayrıntılı bir şekilde analiz edilebilmiştir. Yumuşak splint, yüzeyi deformasyona uğrasa da yumuşak dokulara (diş eti ve damak gibi) iletilen gerilmeler ve mekanizmalarına ait analizde kullanılabileceği görülmüştür.

Fotoelastisite yöntemi; bruksizm tedavi sürecinde dişlerde oluşan gerilme dağılımının, oklüzal kuvvet dengesinin, dişlerin birbirleri ile temas durumunun ve temas lokasyonlarının tespitinde ve oluşan değişimlerin gözlemlenmesinde hekimler tarafından kullanılabilir. Oklüzal kuvvetlerin nasıl yönlendiği ve dişlerin hangi bölgelerinde ne tarz hasarlar oluşturacağı da öngörülebilir. Ayrıca tedavi süresince ve sonunda tüm değişimler tek tek fotoğraflarırsa bu splintlerin tedavi mekanizmalarının nasıl olduğu ve ne tarz bağlantılar ile çalıştığı daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilir. Bu incelemeler ile birlikte hekimler, tedavi süreleri ile süreçlerinin belirlenmesi ve bu süreçlerde hangi ekstra tedavi yöntemlerinin kullanılması gerektiğine yönelik tedavi planlaması ile ilgili öngörülerde bulunabilirler.

Bu çalışmada karşılaşılan aksaklıklardan biri, çok ince renk geçişlerine sahip olan küçük boyutlardaki numunelerin fotoğraflanmasıdır. Mercek yakınlığına bağlı olarak görüntü netliğindeki kayıpları ve ışık yansımalarını önlemek amacıyla düşük ISO değerlerinde fotoğrafların çekilmesi ve fotoğraf makinesini sabitleyecek aparatların kullanılması önerilmektedir.

İlerleyen zaman diliminde bu araştırmanın, hasta grupları üzerinde tekrarlanarak daha geniş kapsamlı olarak yapılması hedeflenmektedir.

Kaynakça

- [1] Koç, D., Doğan, A., Bek, B. 2012. The Aetiology of Nocturnal Bruxism: Review. Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi, 70,18-1.
- [2] Bulut, A. C., Atsü, S. 2012. Bruksizm Tanı ve Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar. Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 14(1), 20-25.

- [3] Özcan, B. 2005. Bruksizme eşlik eden miyofasyal ağrı sendromlu ve temporomandibular rahatsızlığı olan hastalarda oklüzal splint ve tens tedavilerinin klinik ve ağrı eşiği üzerine olan etkilerinin karşılaştırılması. Şişli Etfal Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kliniği, Uzmanlık Tezi, 109s, İstanbul.
- [4] Biçer, I., Güler, A. U., Yenisey, M. 2005. Bruksizm (Biyoloji, Fizyopatoloji, Teşhis ve Tedavi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 6(2), 129-136.
- [5] Akarsu, B., Cığer, S. 2007. Oklüzal Splintler ve Elektromiyografik Değerlendirmeleri. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 28, 1-8.
- [6] Harada, T., Ichiki, R., Tsukiyama, Y., Koyano, K. 2006. The Effect of Oral Splint Devices on Sleep Bruxism: A 6-Week Observation with an Ambulatory Electromyographi Recording Device. Journal of Oral Rehabilitation, 33, 482-8.
- [7] Bourbon B. 1995. Craniomandibular Examination and Treatment, W.B. Saunders Co.
- [8] Kılıçcıoğlu, Ö. 1998. Fasiyal morfoloji ile ısırma kuvveti arasındaki ilişkinin incelenmesi, Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, Bitirme Tezi, 35s, İzmir.
- [9] Heywood, R. B. 1969. Photoelasticity For Designers. Pergamon Press, Hungary, 435s.
- [10] Azeloğlu, O., Keskin, İ., Bayraktar, M. 2008. Zincir Baklasında Yük Altında Oluşan Gerilmelerin Sonluelemanlar Yöntemi ve Fotoelastisite Yöntemiyle İncelenmesi. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4, 41-48.
- [11] Aköz, Y. 1974. Fotoelastisite. İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye İnşaat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi, İstanbul, 1-14.
- [12] Taj, W. 2015. Experimental Determination of the Stress Intensity Factor Using Photoelasticity. Matter, 2 (1), 2110-2116.
- [13] Dindar, S., Özbaş, H., Aköz, Y. 1992. Lateral Kondenzasyon Tekniği Sırasında Meydana Gelen Gerilme Dağılımlarının Fotoelastik Yöntemle İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 26, 51-55.
- [14] Aydın, C., Yaluğ, S., Yılmaz, C., Demirel, E. 1995. Metal Destekli ve Desteksiz Porselen Köprülerde Fotoelastik Yöntem İle Kuvvet Dağılımın İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 5, 62-64.
- [15] Alnıaçık, G. 2011. Farklı seviyelerde uygulanmış implantlar üzerinde yapılan mandibular overdenture protezlerin oluşturduğu streslerin incelenmesi. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 102s, Konya.
- [16] Aköz, Y., Poyrazoğlu, E., Sevük, Ç. 1976. Masif Gövdeli Köprü Protezlerinde Gövde Kalınlıklarının Fotoelastik Yöntemle İncelenmesi. İstanbul III. Uluslararası Diş Hekimliği Haftası, 2 Haziran, İstanbul, 132-144.
- [17] Forte, P., Paoli, A., Razonale, A. V. 2015. A CAE Approach for the Stress Analysis of Gear Models by 3D Digital Photoelasticity. International Journal for Interactive Design and Manufacturing, 9, 31-43.
- [18] Poyrazoğlu, E. 1975. Normal ve Parçalı Köprü Sistemlerinin Direnç Yönünden Fiziksel ve Yapısal Karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 9, 378-408.
- [19] Kıralp, S., Özkoç, G., Erdoğan, S., Çamuroğlu, P., Baydemir, T., Doğan, M. 2006. Modern Çağın Malzemesi Plastikler. ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 125s.
- [20] Ramesh, K. 2000. Digital Photoelasticity. Springer-Verlag, Berlin, 410s.
- [21] Karakış, D., Doğan, A., Bek, B. 2014. Evaluation of the Effect of Two Different Occlusal Splints on Maximum Occlusal Force in Patients with Sleep Bruxism: A Pilot Study. J Adv Prosthodont, 6, 103-108.
- [22] Fanuscu, M.I. Caputo, A.A. 2004. Influence of Attachment Systems on Load Transfer of an Implant-Assisted Maxillary Overdenture. J. Prosthodontic, 13(4), 214-220.
- [23] Ersoy, M. 1975. Fotoelastik Metodla Yapılan Araştırmalarda Üç Boyutlu Diş Modellerinin Hazırlanması ve Meydana Gelen Kuvvet Çizgilerinin Analizi. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 9, 331-339.
- [24] Kılınç, M. 2017. Bruksizm tedavisinde kullanılan oklüzal splintlerdeki gerilme dağılımının fotoelastik yöntemle incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bitirme Ödevi, 47s, Isparta.
- [25] Callister, W., Rethwisch D. 1940. Materials Science and Engineering: An Introduction. 8th edition, Wiley & Sons Inc, USA, 992s.
- [26] Physico-Chemical Characteristics, Linear Thermal Expansion. Institut De Promocio Ceramica. <http://www.ipc.org.es>. (Erişim Tarihi: 24.08.2017).
- [27] Yoshio, T. 1953. Mechanical and stress-optical properties of photoelastic materials. Oregon State College, M. Sc. Thesis, 106s, Oregon.