

PAPER DETAILS

TITLE: Bilgisayarli Oklüzal Analiz Sistemleri

AUTHORS: Aybike Cengiz Dagtekin, Samet Tekin

PAGES: 109-116

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3851240>



Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental_v01i10010



Bilgisayarlı Oklüzal Analiz Sistemleri

Computerized Occlusal Analysis Systems

Aybike Cengiz Dağtekin^{1*}, Samet Tekin²

ÖZET

Diş hekimliğinde oklüzyon; artikülasyon, temaslar ve zamanlama açısından değerlendirilmesi gereken bir faktördür. Doğru belirlenmesi için standart bir yöntem yoktur, çeşitli alternatifler kullanılabilir. Geleneksel yöntemlere ek olarak dijital analiz yöntemleri bunlara örnektir. Dijital oklüzal analizin kullanıldığı çalışmalar, bu sistemlerin daha kısa sürede, daha doğru oklüzal temas tespitinde bulunduğunu göstermiştir. Teknolojinin gelişimiyle de kullanımı yaygınlaşmıştır.

Klinik ortamda dijital olmayan yöntemler hatalı yorumlanabilir. Temasları belirlemek için kullanılan ısırma kağıtları oklüzal yükü ölçemez. Kağıt kalınlığı, kalitesi gibi özellikler bile temas alanları üzerinde etkilidir. Bu sebeple bu yöntemlere ek olarak objektif yorumlamaya dayalı sistemler gereklidir.

Bu makalenin amacı kullanılan güncel dinamik oklüzal analiz sistemlerini, bu sistemlerin avantajlarını ve sınırlamalarını açıklamaktır.

Anahtar Kelimeler: Analiz, Bilgisayarlı Oklüzal Analiz, Dijital, Oklüzyon

ABSTRACT

Occlusion in dentistry; articulation is a factor that needs to be evaluated in terms of contacts and timing. There is no standard method for accurate determination, various alternatives can be used. In addition to traditional methods, digital analysis methods are examples of these. Studies using digital occlusal analysis have shown that these systems detect more accurate occlusal contact in a shorter time. Its use has become widespread with the development of technology.

In the clinical setting, non-digital methods may be misinterpreted. Bite papers used to determine contacts cannot measure occlusal load. Even features such as paper thickness and quality have an impact on the contact areas. For this reason, in addition to these methods, systems based on objective interpretation are required.

The purpose of our study is to touch upon information about traditional methods and digital systems. It aims to examine the studies and systems in this field.

Key words: Analysis, Computerized Occlusal Analysis, Digital, Occlusion

¹ Arş. Gör., Fırat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye.

² Doç. Dr., Fırat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye.

*Sorumlu Yazar: Aybike Cengiz Dağtekin e-posta: aybkecnzg@gmail.com, ORCID: 0009-0009-2623-241X, Fırat Üniversitesi Diş Hastanesi Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Elazığ, Türkiye.

Giriş

Oklüzyon, 2017 yılında yayınlanan Prostodonti Terimleri Sözlüğü'ne göre maksiller ve mandibular dişlerin çiğneme yüzeyleri arasındaki statik ilişki olarak tanımlanmıştır. Dişler oklüzyona geldiğinde kuvvet dengeli olmalıdır.¹ Çiğneme fonksiyonunun düzgün olabilmesi için, oklüzal temasların uygun şekilde oluşturulması gerekmektedir. Oklüzyon, sadece dişler arasındaki karşılıklı temastan ibaret değildir. Çiğneme sistemini oluşturan tüm bileşenlerin birbiriyle uyumlu çalışmasını da içermektedir.² Bu bileşenlere dişler, periodontal dokular, nöromüsküler sistem, kaslar, temporomandibular eklem ve kraniyofasiyal kemikler de dahildir. Oklüzal kuvvetin uygun şekilde dağılması diş hekimliğinin pek çok alanı için kritik bir faktördür.³

Günümüze kadar oklüzyonu belirlemek için birçok farklı kayıt yöntemi kullanılmıştır.⁴ Bunlar; aljinat, şeffaf asetat levhalar, mylar kağıt şeridi, balmumu, artikülasyon kağıtları, polieter, balmumu artikülasyon kağıdı, oklüzal spreyley, silikon, ipek şeritler, fotoğraf karşılaştırma yöntemi, folyolar, oklüzal sonografi, basınca duyarlı filmler, dijital-bilgisayarlı oklüzal analiz sistemleridir (BOA).

Daha önce yapılan tanımlamalara göre ideal oklüzyon kayıt malzemesi bir takım özellikler barındırmalıdır;⁵

- Kemik seviyesi yetersiz olan ve mobilitateye sahip dişlerin teması sırasında doğru oklüzyonu göstermek;
- Kabul edilebilir boyutsal stabilite;
- Polimerizasyondan sonra kuvvetlere karşı yüksek direnç;
- Kullanım ve kontrol kolaylığı;
- Kayıt sırasında bölgedeki dokularda zararlı etkinin olmaması;
- Dişlerin temas bölgelerinin olduğu gibi kaydedilmesi;
- Kayıtların doğru şekilde tekrarlanabilir olmasıdır.

Ancak bu özelliklerin hepsini bir arada bulunduran ideal bir kayıt malzemesi bulunmamaktadır.

Geleneksel Yöntemler ve Bilgisayarlı Oklüzal Analiz Yöntemi

Yeni yöntemlerin arayışı sonrası teknoloji yardımıyla dijital sistemler kullanıma başlanmıştır. Çoğu meslek grubundaki gibi diş hekimliğinde de dijital sistemlerin kullanımı son yıllarda önemli gelişmelere yol açmaktadır. Gelişimlerin avantajlarını değerlendirmek için geleneksel yöntemlerle kıyaslamak gerekmektedir.⁶

Dijitalin dışında geçmişten günümüze kadar artikülasyon kağıtları da kullanılmaktadır. Artikülasyon kağıtları dişler arası temasları belirlemek için en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde hastalar, diş yüzeyinde çeşitli mürekkep izleri bırakan kağıt parçalarını ısırır.⁷ Artikülasyon kağıtlarının sınırlamalarından biri, tükürük tarafından kolayca şeklini kaybedebilir. Kalın (25-350µ)⁸ ve nispeten esnek olmayan bir yapıda olması da dezavantaj sayılabilmektedir. Bundan dolayı artikülasyon kağıtlarının kullanımı daha fazla ve istenmeyen işaretlemeler ile sonuçlanabilmektedir.^{9,10} Ayrıca rengin doymun olması ile işaret, büyüklüğü, kuvvet miktarı veya ortaya çıkan temas zamanlaması arasında bir ilişki olmadığı için kağıtlar oklüzal yükü ölçemez.¹¹ En önemli kısıtlaması ise, oklüzal analiz büyük ölçüde öznel yorumlamaya bağlı kalır. Hekimler arasında yorumlamada farklılıklar gözlenir.^{12,13} Buna karşı bilgisayarlı oklüzal analiz (BOA) ise tekrarlı ölçülebilme, zaman tasarrufu, kuvvet ve doğru kapanış ilişkisini sağlar. Mandibulanın üç boyutlu hareketlerinde oluşan dişsel temasları doğru olarak gösterir ve bu sayede ölçüm hassasiyetini artırır.^{14,15}

Teknolojik cihazlar sayesinde teşhis ve tedavinin doğruluğu artmıştır. Buna ek olarak birçok işlem için harcanan süreyi de kısaltmaktadır.¹⁶ Bu cihazlar daimi restorasyonların daha doğru şekilde yapılmasını sağlar. Restorasyonlar için tasarım süreci daha yakından izlenebilir ve hastanın esas ihtiyacına göre doğru oklüzal ayarlamalar yapılabilir.¹⁷

Dijital Oklüzyon dönemi, 1984 yılında T-Scan (Tekscan Incorporation, Boston, USA) teknolojisinin, subjektif olarak oklüzyonu tespit etmesi ve günlük klinik kullanımda hassasiyet

sağlaması ile gelişmeye başlamıştır.¹⁸ Oklüzal temasların doğru bir şekilde belirtilmesi söz konusu olduğunda, BOA'nın, dijital olmayan yöntemlere göre etkinlik açısından üstün veya benzer olduğu rapor edilmiştir.^{19,20} Oklüzal analiz sisteminin kullanıcıları, bu teknolojinin oklüzal kuvvet ve doğru temas noktalarını belirlemede klinisyenlere birçok yarar sağladığını belirtmektedirler. Gelişmiş bilgiler ve kişisel yorumlamayı gerektiren geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında daha avantajlı ve doğru görünmektedir.²¹⁻²⁴ Geleneksel olarak oklüzyon değerlendiren yöntemler objektif değerlendirme sunamamaktadır.²⁵ Dijital cihazlarda ise temas noktaları hastanın ısırma yoğunluğunu objektif şekilde yansıtmaktadır.²⁶

Accura (Parkell Inc., Farmingdale, NY, ABD), OccluSense (Dr. Jean Bausch GmbH & Co. KG, Köln, Almanya) ve T-Scan Novus (Tekscan, Inc., S. Boston, MA, ABD) gibi cihazlar oklüzal analizi dijitalle dökmek için geliştirilmiştir ve oklüzal temasları belirlemek için en yaygın olarak bilinen dijital sistemlerdir.²⁷⁻²⁹

Accura Sistemi

2017 yılında üretilen, düşük maliyet ve rahat kullanım rahatlığı sağladığı iddiasıyla Accura sistemi oklüzal kuvvet değişimini ölçüm sırasında gösterebilen BOA sistemi olarak piyasaya sunuldu. Accura film 256 farklı seviyede oklüzal kuvveti ölçebilmektedir. 160 mikron kalınlığındaki sensör filmi poliamid esastır. Veri bilgilerini Wireless Fidelity (Wi-Fi) ile bilgisayara aktarır. Film sensörünün teknik özellikleri T-Scan'e benzerdir.³⁰

Sensörlerin teknik özellikleri benzer olsa da T-scan Novus sensöründeki algılama bölgesi sayısı, film boyutuna göre 1122 ile 1370 arasında değişir. Accura sisteminde ise algılama bölgesi sayısı 1172 ile 1390 arasında değişmektedir. Ortak özellikleri ise çiğneme kuvvetini kaydeden 256 seviyesi vardır.³¹ 24 kişi üzerinde yapılan bir çalışmada Accura ve T-scan arasında belirgin bir fark bulunamamıştır.³²

OccluSense Sistemi

OccluSense sistemi, 2019 yılında tanıtılan yeni BOA sistemidir. OccluSense, kablolu bir cihazdır. Analizleri Wi-Fi yoluyla bir bir

yazılıma ileten ekstra kayıt koluna sahiptir. Sensör ile bu bilgiler görüntülenir.³³ OccluSense tarayıcısında iki adet kontrol düğmesi (yeşil ve pembe), şarj olup olmadığını gösteren kırmızı LED ışık, bir LED ekran ve kullanım sırasında sensörler ile ekranı sabit tutmak için mandallar bulunmaktadır. Kullanılmadan önce şarj edilmelidir. Dört dakika kullanılmadığında kapanmaktadır. Occlusense sensörü 60 mikron kalınlığındadır.³⁴

Hasta üzerinde yapılan çalışmada maksimum oklüzal kuvvet ve lateral hareketlere tespit edilmiştir. T-Scan ile karşılaştırılmıştır. Benzer sonuçlar elde edilse de T-Scan noktasal alanlarda daha iyi sonuç vermiştir. Occusense ise belirli yerlerin dışında daha geniş oklüzal kuvvet alanlarını gösterir. Ayrıca bu çalışmada hiçbir T-Scan sensörü delinmemişken Occlusense sensörü üç kullanımdan sonra delinmiştir. Ayrıca çalışma yapan hekim Occlusense'in belirli aralıklarla Wi-Fi bağımlı kopardığı ve bu sebeple kayıt süresinin çok arttığını rapor etmiştir.³⁵

T-Scan Sistemi

T-scan sistemi oklüzal analiz cihazları arasında en sık kullanılan sistemler arasındadır.³⁶ Sistem 1987 yılında William L. Maness tarafından geliştirilmiştir.³⁷ Oklüzal analize özel basınca duyarlı sensör teknolojisinin kullanımı T-Scan ile başlamıştır.³⁸

T-Scan III sistemi, USB ile bilgisayara bağlanan bir el cihazından oluşur; el ile tutulan kısmı ise, çene kavsine uygun U şekilli bir basınç ölçüm sensörlü plakadan oluşur. Sensör 60 µm (0.06 mm) kalınlığında ve iletken mükrekkepli 1500 hassas alıcı noktasına sahiptir. Isırma kuvveti ile sensöre giden elektrik azalır, bu objektif ölçüm kaydedilir.³⁷ Yazılım mevcut verileri işleyerek renkli üç boyutlu ve iki boyutlu grafikler haline getirir. Diş yapısı mezio-distal olarak ikiye bölünerek veya dört parçaya bölünerek analiz edilebilir. Üç boyutlu grafiklerde oklüzal temasların yoğunluğuna göre renkler değişir. Oklüzal temasın maksimum olduğu bölgeler pembe ile gösterilirken, minimum temas alanları mavi ile gösterilir.³⁹

T-scan sistemi sayesinde dişlerin her segmenti için dengesiz kuvvetlerin çoklu düzeltmeleri

gerçekleştirilebilir.⁴⁰ Bu sistemde basınç değişiklikleri elektrik yüküne dönüşerek oklüzal kuvvet ölçümleri yapılabilir. Kuvvetin konumu sensör üzerindeki hassas alıcıların yerleri ile tespit edilebilir.⁴¹ T-scan sistemi sayesinde implant destekli ve diğer protetik restorasyonlardaki kırık oluşma riski azalır. Bunun yanı sıra teşhis ve hasta eğitimi daha olumlu hale gelir ve oklüzyon ile ilgili sonuçlar dijital ortamda belgelenip kayıt altına alınabilir.⁴² T-Scan III sistemi ile yapılan çalışmada oklüzyon bozukluklarının TME rahatsızlıklarına sebep olacağı kanıtlanmıştır. Oklüzyonun düzeltildiği vakalarda baş ağrısı, eklem ağrısı, fonksiyon bozuklukları gibi şikayetlerin azaldığı bildirilmiştir.⁴³

T-Scan Novus Sistemi (T-Scan 10)

T-Scan Novus sistemi ince, daha esnek, basınca duyarlı, yüksek çözünürlüğe sahip sensör ile [38] 256 farklı oklüzal kuvveti ölçer ve aynı anda görüntüleyebilir. Bu sistemde kayıt kolu, iki farklı boyutta sensör ve daha yüksek çözünürlüğe sahip olan iki sensör bulundurur.⁴⁴ Sensörü 100 mikron kalınlıktadır.⁴⁵

Yapılan bir çalışmada bruksizme sahip hastalarda oklüzal splint ile yapılacak tedavilerde oklüzyonu doğru şekilde ayarlamak için T-Scan Novus sistemini önermişlerdir.⁴⁶ Aynı şekilde bruksizme sahip hastalarda yapılan bir diğer çalışmada da T-Scan Novus sisteminin oklüzal splint tasarımı ve dişe uygulanması açısından daha hassas olduğu, optimal ve uyumlu temas oranlarına ulaşmayı sağladığı belirtilmektedir.⁴⁷ T-Scan Novus hekimin belirlediği kadransların oklüzal yüklerini gösterebilir. Yükün nerede daha fazla olduğunu grafiklerle sunar. Ayrıca bu sistemde implantlara fazla oklüzal yük gelmesine karşı alarm sistemi bulunur. T-Scan Novus sistemi sekiz farklı kasın aktivitesini ölçen elektromyografi (EMG) cihazları ile koordine kullanılıp oklüzyon-kas ilişkisinin teşhisine izin vermektedir.³³ T-Scan Novus sensörleri 24 defa değiştirilmeden kullanılabilir ve 60-80 mikrona kadar sıkıştırılabilir.⁴⁸ Occlusense sensörünün ise steril edilemediği için bir defa kullanılması önerilir. Klinik kullanımda Occlusense'in maliyeti daha yüksek olmaktadır. Ayrıca T-Scan kayıt sırasında önizleme yapmayı

ve bunları kaydetmeyi sağlarken Occlusense böyle bir avantaj sağlamaz, verilerin canlı olarak izlenmesine ve kaydına izin vermez.³³

BOA Sistemlerinin Avantajları

BOA, oklüzal sensörün ısırıldığı ilk andan maksimum ısırmaya kadar ölçüm yapabilir. Kuvvet değişimini algılamak, ısırmanın kuvvet miktarını ölçme özelliği bulunmamaktadır. Sensörün kalınlığı 100 mm'dir (0,1 mm), ısırma kuvveti ile bu kalınlık 60mm'ye kadar düşer. Sensörün sıkışabilme özelliğiyle çift taraflı girişim sağlarken artikülasyon kağıtlarının ise tek taraflı girişimi ile karşılaştırıldığında ona göre gelişmiş oklüzal kuvvet verileri sağladığını iddia edilmektedir.³⁰ BOA nispeten maliyet açısından kabul edilebilir, tekrarlı kullanılabilir ve çok sayıda görsel değerlendirmeye imkan sağlayabilir. Sistemin bruksizmlili hastalarda avantajlı olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Dijital sistemlerin rutin olarak klinikte kullanılması oklüzyon sorunlarının ve ağız hastalıklarının daha kesin tedavisini sağlayacaktır. Oklüzyon ile birçok diş hastalığının arasındaki yakın ilişkiyi daha net ispat edecektir.⁴⁹

T-scan sistemi, restorasyonunun tamamlanmasının ardından dinamik oklüzal analiz yapılarak dişsel çatışmaların daha doğru düzeltilmesi için tutarlı, kullanışlı ve tekrarlanabilen bir yöntemdir.⁵⁰ Artikülasyon kağıdı ve mumlar gibi gelecekte oklüzal göstergeler yalnızca temas alanı ve bulunduğu konumu gösterebilirken, T-Scan oklüzal temas zamanı ve basınç oranlarını dijitalize etmek ve kaydetmek gibi ek özelliklere sahiptir.⁵¹

İki farklı teknolojinin birleştirildiği başka bir çalışmada bilgisayarlı EMG, BOA ile birlikte kullanılmıştır. Oklüzyonun doğruluğunu kontrol edebilmesine ek olarak kas aktivitesini de değerlendirilmiştir. Aynı zamanda bu yöntemle analizin kayıt altına alınıp belgelenmesi sağlanmaktadır.⁵²

15'i sağlıklı ve 15'i tedavi gören toplam 30 travma hastasının oklüzal analizinin yapıldığı bir çalışmada T-Scan sisteminin oklüzyon belirleme kağıtları ile uyumlu sonuçlar verdiği gösterilmiştir.⁵³

Bu dijital teşhis yöntemi, oklüzal analiz verilerinin kişiden kişiye farklı yorumlanmasının önüne geçer, dinamik oklüzyonun doğru kaydını sağlar.⁵⁴ T-Scan sistemi kullanılarak gerçekleştirilen BOA, protetik tedavi kalitesini ve doğruluğunu artırır.⁵⁵

BOA Sistemlerinin Dezavantajları

BOA kullanımı bir dizi beceri gerektirdiğinden hekimlerin karşılaştığı zorluk, cihazın prosedürleriyle geçen sürenin artmasıdır. Doğru tespit, uygun ayarlamaları doğru şekilde yapmayı, hastaya gerekli çene hareketleri sırasında sözlü şekilde yol göstermeyi, aynı anda ekranı takip etmeyi ve kayıta neler olup bittiğini anlamayı gerektirir.³⁰ Bundan dolayı, BOA teknolojisinin geleneksel göstergelere kıyasla daha avantajlı olduğunu kanıtlamak için daha fazla çalışma önerilmektedir.⁵⁶

T-Scan sistemi 0.06 mm'yi geçmeyen temasları algılayamamaktadır.⁵⁷ BOA cihazlarının sensörleri ince (0,1 mm) yapılmıştır, ancak artikülasyon kağıtlarına kıyasla daha kalındır. Bu durum sadece oklüzyonu değil aynı zamanda çiğneme kaslarının aktivitesini de değiştirmektedir.⁵⁸ Ayrıca, kuvvetler keskin tüberküllerin olduğu bölgelerde küçük bir alanda yoğunlaştığından dolayı sensörler zarar görebilir. Bu sebeple bazı araştırmacılara göre BOA cihazların kullanımının sınırlı olacağı kabul edilmektedir. BOA cihazlarının sensörlerinin hassasiyetinin, sensörlerin birçok kez kullanılmasıyla azalacağı ve hassasiyetinde kayıp olacağı bildirilmiştir.^{60,61} Maksimum çiğneme gibi yüksek etkili kuvvetler, ince sensörlerin hassas algılama bölgelerine zarar verebilir, bu da kaydedilen toplam kuvvet miktarında ek hatalara neden olabilir. Oklüzyon esnasındaki karşılıklı temas alanları sensördeki katlantılar görüntüde artefakt oluşturabilir.⁶² Geleneksel yöntemlerden daha pahalıdır.⁶³

Sonuç

Dijital oklüzal analiz sistemleri klinisyenlere daha doğru tedavi gerçekleştirmelerini sağlar. Oklüzyon üzerinde yapılan düzeltmelerde zaman kaybının ve yanlış tedavilerin önüne geçilir. Oklüzal temasların objektif bir şekilde grafiksel gösterilmesi gibi avantajları sayesinde geleneksel yöntemlere kıyasla daha doğru

sonuçlar sağlamaktadır. Hasta-hekim ilişkisini iyileştirir ve öngörülebilir bir tedavi akışı sağlar. Dijital sistemlerin amacı geleneksel yöntemlerin olumsuzluklarını ve eksikliklerini gidermektir. Klinik ortamında doğru bir tedavi yaklaşımı için geleneksel ve dijital yöntemlerin birbirini tamamlaması ve birlikte kullanılması daha doğrudur. Sistemlerin eksik yönleri teknolojinin zamanla gelişmesiyle giderilebilecektir.

Etik Kurul Onayı

Makalemiz derleme türünde olduğu için etik kurul onayı gerekmemektedir.

Çıkar Çatışması

Bu makale yazarlarından hiçbirinin makalede bahsi geçen konu veya malzemeyle ilgili herhangi bir ilişkisi, bağlantısı veya parasal çıkar durumu söz konusu değildir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Yazar Katkısı

Fikir: A.C.D, S.T Tasarım: A.C.D, S.T Denetleme
----- Kaynaklar: A.C.D, S.T Malzemeler: ----
Veri Toplama: A.C.D, S.T Analiz: A.C.D, S.T
Literatür: A.C.D, S.T Yazı: A.C.D, S.T Eleştirel
İnceleme: A.C.D, S.T.

Kaynakça

1. Morgano SM, VanBlarcom CW, Ferro KJ, Bartlett DW. The history of The Glossary of Prosthodontic Terms. *J Prosthet Dent* 2018;119(3):311-2.
2. Rues S, Schindler HJ, Türp JC, Schweizerhof K, Lenz J. Motor behavior of the jaw muscles during different clenching levels. *Eur J Oral Sci* 2008;116(3):223-8.
3. Qadeer S, Yang L, Sarinnaphakorn L, Kerstein RB. Comparison of closure occlusal force parameters in post-orthodontic and non-orthodontic subjects using T-Scan® III DMD occlusal analysis. *Cranio* 2016;34(6):395-401.
4. Sharma A, Rahul GR, Poduval ST, Shetty K, Gupta B, Rajora V. History of materials used for recording static and dynamic occlusal contact marks: a literature review. *J Clin Exp Dent*;5(1):e48-53.
5. Tylman, Stanley Daniel, William F, Malone, Koth. Tylman's theory and practice of fixed prosthodontics. No Title. 1978.
6. Van der Zande MM, Gorter RC, Wismeijer D. Dental practitioners and a digital future: an initial exploration of barriers and incentives to adopting digital technologies. *Br Dent J* 2013;215(11):E21.
7. Qadeer S, Kerstein R, Kim RJ, Huh JB, Shin SW. Relationship between articulation paper mark size and percentage of force measured with computerized occlusal analysis. *J Adv Prosthodont*. 2012;4(1):7-12.
8. Barzilay I. Articulation paper and other occlusal marking devices revisited. *Dentist's Guide/CDE*. 1996;23-6.
9. Reiber T, Fuhr K, Hartmann H, Leicher D. [Recording pattern of occlusal indicators. I. Influence of indicator thickness, pressure, and surface morphology]. *Dtsch Zahnarztl Z* 1989;44(2):90-3.
10. Schelb E, Kaiser DA, Brukl CE. Thickness and marking characteristics of occlusal registration strips. *J Prosthet Dent* 1985;54(1):122-6.
11. Carey JP, Craig M, Kerstein RB, Radke J. Determining a relationship between applied occlusal load and articulating paper mark area. *Open Dent J* 2007;1:1-7.
12. Millstein P, Maya A. An evaluation of occlusal contact marking indicators. A descriptive quantitative method. *J Am Dent Assoc* 2001;132(9):1280-6; quiz 1319.
13. Schelb E, Kaiser DA, Brukl CE. Thickness and marking characteristics of occlusal registration strips. *J Prosthet Dent* 1985;54(1):122-6.
14. Afrashtehfar KI, Qadeer S. Computerized occlusal analysis as an alternative occlusal indicator. *Cranio* 2016;34(1):52-7.
15. Qadeer S. The limitations of traditional non-digital occlusal indicators when compared to the t-scan computerized occlusal analysis technology. In: *Medical Imaging: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications IGI Global*; 2016. p. 1528-55.
16. Pieper R. Digital impressions—easier than ever. *Int J Comput Dent* 2009;12(1):47-52.
17. Joda T, Brägger U. Complete digital workflow for the production of implant-supported single-unit monolithic crowns. *Clin Oral Implants Res* 2014;25(11):1304-6.
18. Andrus R, Qian F, Schneider R, Huber L, Kerstein RB. Comparison of results of traditional occlusal adjustment technique with computer-aided occlusal adjustment technique. *Advanced Dental Technologies & Techniques* 2019;43-53.
19. Sigvardsson J, Nilsson S, Ransjö M, Westerlund A. Digital Quantification of Occlusal Contacts: A Methodological Study. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18(10):5297.
20. Afrashtehfar KI, Qadeer S. Computerized occlusal analysis as an alternative occlusal indicator. *Cranio* 2016;34(1):52-7.
21. Kerstein RB and GK. Obtaining measurable bilateral simultaneous occlusal contacts with computer-analyzed and guided occlusal adjustments. *Quintessence Int (Berl)* 2001;32.
22. Qadeer S, Kerstein R, Kim RJ, Huh JB, Shin SW. Relationship between articulation paper mark size and percentage of force measured

- with computerized occlusal analysis. *J Adv Prosthodont* 2012;4(1):7-12.
23. Carey JP, Craig M, Kerstein RB, Radke J. Determining a relationship between applied occlusal load and articulating paper mark area. *Open Dent J* 2007;1:1-7.
 24. Kerstein RB. Articulating paper mark misconceptions and computerized occlusal analysis technology. *Dent Implantol Update* 2008;19(6):41-6.
 25. Bostancıoğlu SE, Toğay A, Tamam E. Comparison of two different digital occlusal analysis methods. *Clin Oral Investig* 2022;26(2):2095-109.
 26. Kerstein RB, Radke J. Clinician accuracy when subjectively interpreting articulating paper markings. *Cranio* 2014;32(1):13-23.
 27. Harvey WL, Osborne JW, Hatch RA. A preliminary test of the replicability of a computerized occlusal analysis system. *J Prosthet Dent* 1992;67(5):697-700.
 28. Olivieri F, Kang KH, Hirayama H, Maness WL. New method for analyzing complete denture occlusion using the center of force concept: a clinical report. *J Prosthet Dent* 1998;80(5):519-23.
 29. Maness WL, Benjamin M, Podoloff R, Bobick A, Golden RF. Computerized occlusal analysis: a new technology. *Quintessence Int* 1987;18(4):287-92.
 30. Neppala G, Venugopalan S, Ganapathy D, Reddy ST. Digital Occlusal Analysis an Alternative Occlusal Indicator-A Review. Vol. 13, *Journal of Pharmaceutical Negative Results*. ResearchTrentz Academy Publishing Education Services; 2022. p. 488-91.
 31. Lee W, Kwon HB, Kim MJ, Lim YJ. Determination of the reliability and repeatability of a quantitative occlusal analyzer by using a piezoelectric film sensor: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 2022;127(2):331-7.
 32. Jeong MY, Lim YJ, Kim MJ, Kwon HB. Comparison of two computerized occlusal analysis systems for indicating occlusal contacts. *Journal of Advanced Prosthodontics* 2020;12(2):49-54.
 33. Sutter B. Digital occlusion analyzers: a product review of T-Scan 10 and OccluSense. *Advanced Dental Technologies & Techniques*. 2019;1-31.
 34. Bozhkova T, Musurlieva N, Slavchev D, Dimitrova M, Rimalovska S. Occlusal Indicators Used in Dental Practice: A Survey Study. *Biomed Res Int* 2021;2021:2177385.
 35. Bozhkova T, Musurlieva N, Slavchev D. Comparative Study Qualitative and Quantitative Techniques in the Study of Occlusion. *Biomed Res Int* 2021;2021:1163874.
 36. Lee W, Kwon HB, Kim MJ, Lim YJ. Determination of the reliability and repeatability of a quantitative occlusal analyzer by using a piezoelectric film sensor: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 2022;127(2):331-7.
 37. Maness WL, Benjamin M, Podoloff R, Bobick A, Golden RF. Computerized occlusal analysis: a new technology. *Quintessence Int* [Internet]. 1987;18(4):287-92.
 38. Dr. Kirti Somkuwar. A descriptive quantitative computerized occlusal analysis system: T-Scan. 2015;508-13.
 39. Kerstein RB. Current applications of computerized occlusal analysis in dental medicine. *Gen Dent* 2001;49(5):521-30.
 40. Bozhkova TP. The T-SCAN System in Evaluating Occlusal Contacts. *Folia Med (Plovdiv)*. 2016;58(2):122-30.
 41. Kerstein RB. Current applications of computerized occlusal analysis in dental medicine. *Gen Dent*. 2001;49(5):521-30.
 42. Jain R, Jabbal R, Bindra S, Aggarwal S, Jain R. T-Scan a digital pathway to occlusal perfection: a review. *Ann Prosthodont Restor Dent* 2015;1(1):32-5.
 43. Kürklüarpacay D, Bayindir F, Dinçkalyanikoğlu N. Evaluation of Premature Contacts Using the T-Scan III. *Open J Stomatol*. 2019;9(5):136-45.
 44. Bozhkova T. Capabilities of the T-Scan 10 Novus System in the Diagnosis of Occlusion. *J Pharm Res Int*. 2022;7-19.

45. Kerstein RB, Lowe M, Harty M, Radke J. A force reproduction analysis of two recording sensors of a computerized occlusal analysis system. *Cranio - Journal of Craniomandibular and Sleep Practice*. 2006;24(1):15-24.
46. Bozhkova T, Shopova D. T-Scan Novus System in the Management of Splints-Pilot Study. *Eur J Dent*. 2022;16(2):454-7.
47. Shopova D, Bozhkova T, Yordanova S, Yordanova M. Case Report: Digital analysis of occlusion with T-Scan Novus in occlusal splint treatment for a patient with bruxism. *F1000 Res*. 2021;10-915.
48. Kerstein RB, Lowe M, Harty M, Radke J. A force reproduction analysis of two recording sensors of a computerized occlusal analysis system. *Journal of Craniomandibular and Sleep Practice* 2006;24(1):15-24.
49. Wang P, Yao Z, Yang X, Zhou X, Li B, Xu Y, et al. Design and implementation of a digital occlusal analysis system. In: 2021 14th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics. 2021;1-5.
50. Garg AK. Analyzing dental occlusion for implants: Tekscan's TScan III. *Dent Implantol Update*. 2007;18(9):65-70.
51. Maness WL. Laboratory comparison of three occlusal registration methods for identification of induced interceptive contacts. *J Prosthet Dent*. 1991;65(4):483-7.
52. Kerstein RB. Combining technologies: A computerized occlusal analysis system synchronized with a computerized electromyography system. *Cranio-Journal of Craniomandibular and Sleep Practice*. 2004;22(2):96-109.
53. Majithia IP, Arora V, Anil Kumar S, Saxena V, Mittal M. Comparison of articulating paper markings and T Scan III recordings to evaluate occlusal force in normal and rehabilitated maxillofacial trauma patients. *Med J Armed Forces India*. 2015 Dec;71(Suppl 2):S382-8.
54. Nalini MS, Sinha M, Yuzbasioglu Ertugrul B, Wajngarten D. Prof. Marcelo Palinkas, Anhanguera Faculty of Ribeirão Preto. *International Journal of Research and Reports in Dentistry*. 2018;1(2):47133.
55. Janosi KM, Albu A, Crăciun A, Cerghizan D. Rehabilitation of the frontal teeth with palatal veneers by using T-Scan occlusal analysis-case report. *Acta Stomatologica Marisiensis Journal*. 2020;3(1):282-8.
56. Jayaraman J, Mallineni SK. Editorial: Integration of evidence-based research and practice in preventive and pediatric dentistry. *Front Oral Health* 2022;3:1017226.
57. Tamam E, Bostancıoğlu SE. Dijital oklüzal analiz yöntemi: T-scan. Özdemir AK, editör. *Protetik Materyaller ve Güncel Uygulamaları*. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2020. p.63-70.
58. Jain R, Jabbar R, Bindra S, Aggarwal S, Jain Professor R. T-Scan a digital pathway to occlusal perfection: a review. Vol. 1, 2015;32-35.
59. Saraçoğlu A, Ozpinar B. In vivo and in vitro evaluation of occlusal indicator sensitivity. *J Prosthet Dent*. 2002;88(5):522-6.
60. Patyk A, Lotzmann U, Scherer C, Kobes LW. Comparative analytic occlusal study of clinical use of T-scan systems. *ZWR [Internet]*. 1989;98(9):752-5.
61. Patyk A, Lotzmann U, Paula JM, Kobes LW. Is the T-scan system a relevant diagnostic method for occlusal control?. *ZWR*. 1989;98(8):686, 688, 693-4.
62. Throckmorton GS, Rasmussen J, Caloss R. Calibration of T-Scan® sensors for recording bite forces in denture patients. *J Oral Rehabil* 2009;36(9):636-43.
63. Tamam E, Bostancıoğlu SE. Dijital oklüzal analiz yöntemi: T-scan. Özdemir AK, editör. *Protetik Materyaller ve Güncel Uygulamaları*. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2020. p.63- 70.