

DİJİTAL ORTODONTİK MODELLER

DIGITAL ORTHODONTIC MODELS

Çağrı TÜRKÖZ¹

ÖZET

Tanı ve planlama araçlarından biri olan ortodontik modeller, ark boyu tesbiti ve maloklüzyon teşhisi için kullanılmakta olup teşhis ve tedavi planlaması bulmacasının ilk ve en önemli parçasını teşkil etmektedir. Bu modeller tedavi süresinde de klinisyenler için çok değerli bilgi kaynaklarıdır. Ortodontik alçı modeller bir ofiste çok fazla yer işgal etmektedirler ve dijital radyograflar, dijital fotoğraflar ve dijital klinik kayıtların rutin olarak kullanılmaya başlamasıyla kalan son fiziksel kayıt olma özelliğini de taşımaktadırlar. Dijital ortama geçişin son derece hızlı olduğu çağımızda, dijital ortodontik modeller de kullanıma girmeye başlamıştır. Bu makalede, dijital ortodontik modellerin avantajları, elde edilme şekilleri ve güvenilirlikleri konuyla ilgili yapılmış çalışmalar ile açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dijital ortodontik modeller, üç boyutlu görüntüleme

SUMMARY

Orthodontic models are one of the instruments for diagnosis and treatment planning. They are the primary and most important piece of diagnosis and treatment planning puzzle and used for the identification of malocclusion and arch length analysis. Orthodontic models also play a major role during treatment. Orthodontic plaster models require a significant space in a clinic and while the clinicians now prefer digital photographs, digital radiographs and digital clinical records due to the progress in digital media these models became the last physical records stored. In this article, advantages, acquisition procedure and reliability of digital models are discussed with the related literature.

Key Words: Digital orthodontic models, 3D imaging

Makale Gönderiliş Tarihi : 02.03.2009

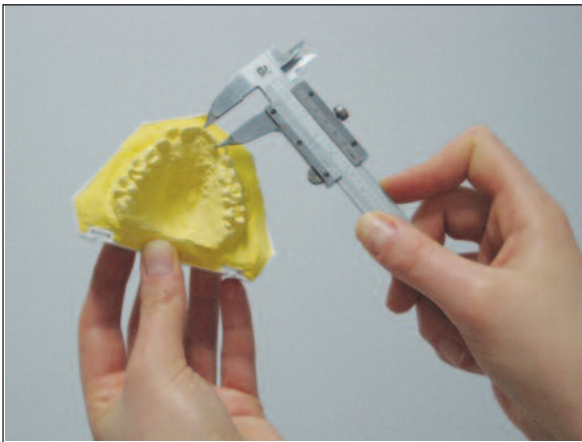
Yayına Kabul Tarihi : 13.07.2009

¹Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, Arş. Gör.

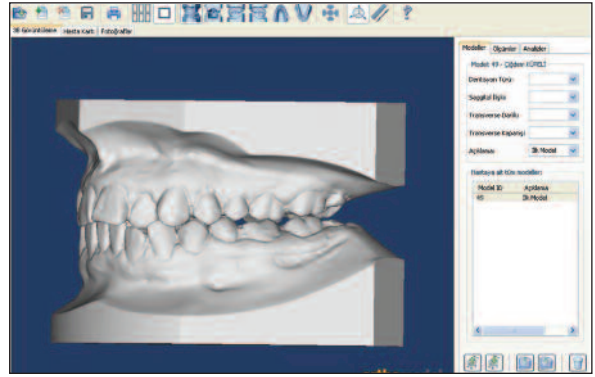
Neden Dijital Modeller?

Bir maloklüzyonun teşhisi ve ortodontik tedavi planının yapılmasında çalışma modelleri, fotoğraflar, radyograflar ve klinik muayene gerekli bilgiyi sağlar⁸. Çalışma modelleri oklüzyonun üç boyutlu görüntüsünü sağlarken klinisyene maloklüzyonu daha detaylı inceleme olanağı sunar. Modeller üzerinde yapılan ark boyu ölçümleri ise maloklüzyonun analizinde rutin ve gerekli bir basamaktır (Resim 1). Han ve arkadaşları⁸ ortodontik tedavi kararlarının tutarlılığını araştırdıkları çalışmalarında değişik tanı araçlarından alınan bilgilerin artmasının tedavi seçimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar yalnız ortodontik modellerden alınan bilgilerle yapılan tedavi planlarının, fotoğraflar ve radyograflar gibi diğer tanı araçlarından gelen bilgilerin eklenmesiyle % 55 oranında aynı kaldığını bildirmektedirler. Bu demektir ki çoğu vakada çalışma modelleri tek başına tedavi planı için yeterli bilgiyi temin edebilmektedir. İlerleyen teknoloji ile birlikte, alçı modellerin yerine kullanılmak üzere model elde etmek için çeşitli yöntemler ileri sürülmüştür. Holografi ve stereofotometri kullanılarak üç boyutlu modelleme yapılmıştır^{3,4,11}.

Rutin klinik kaydın bir parçası olan elektronik medikal ya da elektronik ortodontik kayıttan elde edilen bilgi, klinik tedaviler veya akademik araştırmalar için bilgi toplanmasına olanak sağlar⁹. Bu, yeni gelişen bir alan olan ortodontik bilişim' in önemli bir yönüdür⁹. Ortodontik bilişim dental bilişimin, dental bilişim ise tıbbi bilişimin bir alt koludur. Ortodontik



RESİM 1. Kumpas ile yapılan diş boyu ölçümü



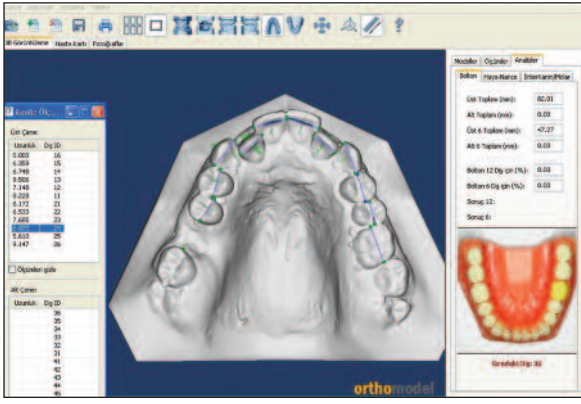
RESİM 2. Oklüzyon tesbiti yapılmış alt ve üst modellerin Ortho-model® yazılımı ile görüntülenmesi

bilişim, problemlerin çözülmesi ve kararların verilebilmesi amacıyla ortodontik, ortognatik ve dentofasiyal ortopedik bilgilerin saklanması, erişilmesi, paylaşılması ve optimum kullanımı konularıyla ilgilendirir⁹.

Bilgisayar tabanlı kayıt tutma işlemi birçok ortodontik klinikte rutin bir uygulamadır. Dijital fotoğrafçılık ve dijital radyografi analog sistemlerin yerini almaktadırlar ve ortodontik kayıtlarda bir norm haline almaya başlamışlardır²⁰. Bu dijital kayıtlar tanı için yeterli veriyi düşük bir maliyetle sağlamaktadırlar. Dijital bir hasta kaydının diğer parçaları bilgisayar tabanlı çizelgeler ve hasta kontrol sistemleridir¹⁹. Bilgisayar vasıtasıyla tutulan bu kayıtlar kayıt saklamak için gerekli fiziksel alan ihtiyacını ortadan kaldırmaktadırlar¹⁹. Artık bilgisayar tabanlı ortodontik modeller elde etmek de mümkündür ve bu modeller son fiziksel kayıt türü olan alçı modellerin yerini alma potansiyeline sahiptirler¹⁹ (Resim 2).

Yeni bir teknoloji kullanılarak sunulan her ürün gibi dijital modeller de alçı modellere kıyasla şu an için maliyetli görünmektedirler. Ölçü alınımı takiben firmalara kargolanan ölçüler belli bir ücret karşılığında dijitalleştirilmektedir. Alçı modellerin ise dijital modellere göre ekstra olan tek maliyeti alçı gideridir ki bu alt ve üst çeneyi kapsayan bir modelde ihmal edilebilecek kadar azdır.

Analiz yapmak (Resim 3), tedavi sonu kazanımlarını incelemek veya tanıya yönelik setup yapmak için dijital modeller son derece avantajlıdır. Firmaların sağladığı ücretsiz yazılımlar ile tedavi simü-



RESİM 3. OrthoModel® yazılımı ile yapılan diş boyu ölçümleri ve Bolton Analizi

lasyonları yapılarak kısa sürede sonuçları sanal olarak görmek mümkündür. Alçı modellerde ise bu bir hayli zordur zira dişlerin kesilmesi, planlanan yerlerine oturtulması ve mumlanması gibi güç laboratuvar işlemleri gerekmektedir. Ortodontistlerin pek azı uğraşı gerektiren bu laboratuvar işlemlerinden dolayı alçı model setup yapmaktadır.

Alçı modellerin saklanması, zaman ve muhafaza alanı gibi problemleri beraberinde getiren diğer bir durumdur. Alçı modeller genellikle kendilerini fiziksel ve kimyasal etkilerden koruyacak, ayrıca kolayca erişilebilecek şekilde kutularda saklanırlar¹⁸. Konvansiyonel depolama yapan bir ortodonti kliniği ele alındığında, ortodontik model ve evrak saklamak için kullanılan 100 adet kutu 0,91 m. uzunluğunda raf yeri işgal etmektedir²². Yoğun bir ortodontik ofis yılda 200- 300 yeni hastanın tedavisine başlayabilir. ABD’ de 6-10 yıldır çalışan bir ortodontist için senelik başlanan ortalama yeni vaka sayısı 256, aktif tedavi gören hasta sayısının ise ortalama 500 olduğu bildirilmiştir¹². Bu veriye göre 30 yıldır mesleğini icra eden bir ortodontist 7680 vakaya ait modelleri saklamalıdır ki bu da ayrıca bir ya da birden fazla oda gereksinimi demektir. Hatta klinik dışında bir depo kiralanmasını gerektirerek yüksek bir maliyeti beraberinde getirmektedir. Hasta kayıtları en az, tıbbi hizmetlerin kötü uygulanması (malpraktis) davasının zaman aşımı süresi kadar muhafaza edilmelidir. Bu ABD’ de çeşitli eyaletlerde değişmekle beraber 5 ila 15 yıldır¹. İngiltere’ de ise modeller de dahil olmak üzere bütün klinik kayıtlar en az 11 yıl veya hasta 18

yaşına geldikten sonra en az 11 yıl saklanmalıdır¹³. Türkiye Cumhuriyeti’ nde ise böyle bir dava için zaman aşımı süresi 5 yıldır². Bu durumda uzun süreli muhafaza sadece klinik veya akademik gereklilik değil, aynı zamanda yasal bir zorunluluktur. Dijital modeller ise tozlu raflara gerek duymadıkları gibi, hemen hemen hiç yer kaplamaksızın daha düzenli bir tasnif de sağlarlar. Bütün vakaların dijital kayıtları klinik bilgisayarın sabit sürücüsünde, CD gibi taşıyabilir sürücülerde veya ana sunucu görevi gören bir bilgisayarda saklanabilir.

Bir dijital model dosyasının büyüklüğü tarama hassasiyetine ve modeli oluşturan firmaya göre değişmekle birlikte 1-14 mb arasındadır. Bu dosyaları çalıştırmak için gerekli yazılım ise 3-12 mb arasındadır. Tanesi yaklaşık 0.2 TL ye alınabilen 700 mb kapasiteli bir yazılabilir CD 50-700 vakanın model kayıtlarını saklayabilir. 75 TL ye temin edilebilen 80 gb lik bir sabit sürücü ise ortalama 10 000 vakanın kayıtlarını depolayabilir. Alçı modellerin bir büyük dezavantajı da kolayca kırılılabilmeleridir. Ayrıca model üzerinde yapılan çalışmalar, ölçümler ve modellerin sergilenmesi, alçının aşınmasına ve yıpranmasına neden olur. Bu durum ise ölçümlerin doğruluğunu etkiler ve modelde kırılmaya eğilimi artırır. Dijital modeller ise yapılan rutin yedeklemeler ile veya alınacak önlemler ile hiçbir bozulmaya veya kaybolmaya maruz kalmadan zaman sınırı olmaksızın saklanabilir. Diğer bir konu da alçı modellerin taşınma sorunudur. Vaka sunumu, tedavinin seansları veya meslektaşlarla fikir alışverişi gibi durumlar söz konusu olduğunda, modellerin arşivden çıkıp taşınması gerekmektedir ki kırılğan alçı malzemeden yapılan modeller düşünüldüğünde bu hem zordur hem de risklidir. Alçı modeller ancak hekimin yakınında oldukları sürece hızlı bir şekilde erişilip değerlendirilebilirler. Dijital modeller ise çok daha rahatlıkla erişilebilirler, zira hasta adı soyadına veya arşiv numarasına göre bilgisayardan hemen çağrılabilirler. Diğer bir avantajları ise kliniğin ana sunucusunda kayıtlı olan dosyaya klinik içerisindeki diğer bilgisayarlardan kolayca erişim olanağı sağlanabilmesidir. Hasta kliniğin hangi bölümünde tedavi edilirse edilsin kayıtlarına bilgisayar vasıtasıyla hemen ulaşılabilir.

Kimi zaman ortodontik modellerin meslektaşlara, hastalara veya sigorta şirketlerine transferleri gerekmektedir¹⁸. Ortodontist alçı modeli duplike etmek zorunda kalabilir. Bu hem zaman gerektiren hem maliyeti artıran bir işlemdir. Modellerin laboratuvar işlemi ile dublike edilmesi ve uygun muhafaza ile kargoya verilmesi gerekmektedir ki kargo sırasında modelin kırılması çok olası bir durumdur. Elektronik dosyalar ise anlık olarak internet ile transfer edilebilirler. Bu şekilde konsültasyon ve hasta eğitimi son derece hızlıdır.

Dijital modeller klinik yazılımlarla kolayca entegre olabilirler. Birçok yazılım dijital model dosyalarını görüntüleyip barındırabilmektedir.

Dijital modeller aynı zamanda hasta eğitimi için yararlı birer araçlardır. Dijital modeller hasta velileri ve hastalara tedavi öncesinde, sırasında ve sonrasında gösterilebilmekte böylelikle dentisyonlarındaki iyileşmeler açıklanabilmektedir. Ayrıca güvenli bir web sitesine hasta kayıtları yüklenerek hastanın evden erişim sağlaması da mümkün olabilmektedir. Kısaca dijital modeller hasta ve hekim arasındaki iletişimi güçlendirirken, aydınlatılmış onamı da kolaylaştırmaktadır¹⁸.

Bütün bu avantajlara ek olarak dijital modeller mükemmel bir sunum aracıdır. Gerek kalabalık bir topluluğa yapılan sunumlarda, gerekse masabaşı kurslarda kullanılan alçı modeller kolayca yıpranabilmekte veya kırılabilmektedirler. Oysa dijital modeller dinleyici kitlesinin büyüklüğünden veya sunum sayısından bağımsız olarak deforme olmadan kullanılabilirler ve büyük salonlarda dahi rahatça izlenebilirler.

Dijital ortodontik modellerin avantajları şöyle özetlenebilir^{5,16};

Muhafaza: Bilgiler, günün her anında ulaşılabilir şekilde ofiste yer işgal etmeden saklanabilirler.

Erişim kolaylığı ve çoklu erişim: Dosyalara internet yolu ile hem kolaylıkla erişilebilmekte hem de farklı ortamlardan ulaşılabilirler.

Yedekleme: Bilgilerin ayrı data depolarına aktarılmasıyla yapılan yedeklemeler ofis bilgisayarında oluşabilecek herhangi bir sorunda bilgi kaybını önlemektedir.

İletişim: 3 boyutlu modeller basılabilir, fakslandır ve elektronik posta olarak yollanabilir. Böylelikle disiplinler arası tedavi planlamasına olanak tanır.

Kolaylık: Alçı modeller için kullanılan konvansiyonel ölçü metodları ve ısırma kaydı, dijital model oluşturmak için yeterlidir.

Tanı ve planlama: Firmaların sağladığı ücretsiz yazılımlar ile çekim, seviyeleme, setup vb. gibi simülasyonlar yapılarak tedavi öngörüsü yapılabilir.

Artan verimlilik: Dijital modeller ve bilgisayar yazılımları ile tanı, tedavi planı ve hasta eğitimi işlemleri süreleri kısaltılarak hekimin verimliliği artar.

Tasarruf: Dijital modeller, alçı modeller için gerekli saklama maliyetlerinin önüne geçerek, ofis çalışanlarının alçı model elde edilmesi ve saklanması için harcadıkları zamandan kazanarak tasarruf sağlarlar

Dijital Modele Giden Yol

Dijital model elde etmek için gerekli 2 temel unsur vardır; internet bağlantısına sahip bir bilgisayar ve modelleri indirmek, görüntülemek ve analizlerini yapmak için gerekli bir yazılım. İnternet bağlantısı DSL, kablo veya dial-up olabilir. DSL ve kablo internet dijital modelleri oluşturan firmadan gelecek elektronik bilgilerin indirilmesini hızlandırır.

Ülkemizde şu an için bu servisi veren tek firma¹⁷ mevcuttur. Daha önce bahsedilen yazılımı indirmek için firmanın web sitesini ziyaret ederek kayıt oluşturmak, daha sonra e-posta adresinize gelecek kullanıcı adınız ve şifreniz ile siteye tekrar giriş yaparak ilgili alandan yazılımı indirmeniz gerekmektedir. 3.1 mb büyüklüğündeki bu yazılımın inmesi 1024 kb/sn hızındaki bir DSL bağlantısı ile yaklaşık 30 sn sürmektedir. Dijital bir model elde etmek için ise hasta açısından değişik hiç bir uygulama yoktur. Rutin kullanılan aljinat ölçü maddesi ile ölçü alınır. Bu ölçüleri alçı dökülmesi için laboratuvara yollamak yerine firma tarafından size gönderilen kilitli özel ambalajlarla firmaya kargolamak gerekmektedir.

Ülkemizde kargo firmaları ülke içi gönderileri genellikle 24 saat içinde teslim etmektedirler. Firma ölçülere alçı döktükten sonra, modelleri yüksek hassasiyete sahip üç boyutlu lazer tarama işleminden ge-

çirmektedir. Bu işlem sırasında modellere zarar verilmemektedir ve eğer hekim isterse alçı modeller geri kargolanmaktadır. Ortalama 4 gün içerisinde dijital model indirmeye hazır şekilde kullanıcının hesabına yüklenmektedir. Programın içine entegre kullanıcı arabirimi ile hekim kendi hesabına bağlanarak model dosyasını bilgisayarına indirebilir. Bir orthomodel dosyası ortalama 14 mb tutmaktadır. Bu dosyanın inmesi de 1024 kb/sn hıza sahip DSL bağlantısı ile 3-4 dk sürmektedir.

Nasıl Dijital Model? Üç Boyutlu (3D) Görüntü Elde Etme Teknikleri

Kompüterize yüzey taraması çeşitli şekillerde olmaktadır. Bunların en çok kullanılanları⁷;

- A. Stereo analiz (Stereo Analysis)
- B. Gölgeleme ile şekilleme (Shape from shading) (SFS)
- C. Fotometrik stereo (Photometric Stereo)
- D. Yapısal aydınlatma (Structural Lighting)

A. Stereo Analiz

Anlaşılması en kolay metottur. İnsan gözünün algılama prensibi olan *stereopsis* baz alınarak meydana getirilen bu sistem, üç boyutlu görme denilen insanın iki gözüyle cismin farklı kısımlarını farklı yerlerde görerek görüntü derinliği oluşturması mantığı üzerine kurulmuştur. Buna paralaks adı verilir. Bu yaklaşım diş hekimliğinde gömülü dişlerin pozisyonlarının tesbiti için kullanılan Clark Kuralı¹⁰ veya benzeri radyografi tekniklerinin de temelini oluşturur. Farklı açılı 2 kamera yardımı ile 3 boyutlu (3D) görüntü oluşturulur

B. Gölgeleme ile Şekilleme

Üç boyutlu algılama yapabilmek için insan beyni, stereopsis yöntemi dışında gölgeleme ile şekilleme yöntemini de kullanır. Çevredeki nesnelere gözümüze ulaşan ışık değişik yoğunluktadır. Bu yoğunluk ışık kaynağının şiddetine, objenin aklık derecesine yani albedosuna ve objenin eğimine bağlıdır. Gerçek şu ki bu yöntem objelerin albedosundan ve renginden etkilenmektedir.

C. Fotometrik Stereo

Gölgeleme ile şekillenmenin bir varyasyonu olan bu yöntem stereo analizinin tam zıttı bir pren-

sibe dayanır. Bir ışık kaynağı ve 2 kamera kullanmak yerine, 1 kamera ve 2 ışık kaynağı kullanır. Kamera sabittir ve bilgisayar değişik parlaklıktaki görüntüleri birleştirerek üç boyutlu görüntü elde eder. Albedo ve renk farklarından bağımsız olarak görüntüleme yapar.

D. Yapısal Aydınlatma

Bu yöntemde objenin üzerine ya noktasal bir ışık hüzmeleri ya da bir ışık çizgisi düşürülerek tarama yapılır ki bu ışık kaynağı genellikle lazerdir. Kamera sabittir ve ya lazer obje etrafında dönmektedir ya da obje bir platformda dönerken lazer ışığı gönderilmektedir. Dijital model oluşturan firmalar genellikle bu tekniği kullanırlar.

Dijital Modeller Güvenilir ve Hassas mı? Araştırma Verileri

Rheude ve arkadaşları²⁰ 30 rastgele seçilmiş ve ortodontik tedavi görmemiş bireyden alçı model ve dijital model elde etmek için 2 ayrı ölçü almışlar ve dijital modeller yazılım firması tarafından oluşturulmuştur. Araştırmacıların vardıkları sonuçlar şu şekildedir;

■ Birçok parametre dijital modeller ve alçı modeller arasında istatistik olarak önemli farklılıklar gösterse de klinik olarak önemsiz bulunmuştur.

■ Araştırma ilerledikçe ve araştırmacılar daha çok dijital model gördükçe alçı ve dijital modeller arasındaki varyasyonlar azalmıştır.

■ Dijital model kullanmak isteyen klinisyenlere başlangıç vakalarında hem alçı hem dijital model kullanmaları tavsiye edilmektedir. Buna ek olarak overjetin, overbitein ve dental sınıflamanın klinik olarak kayıt edilmesi faydalı olacaktır. Cerrahi gereken hastalarda ve sıra dışı çekim ihtiyacı olan hastalarda alçı modeller daha hassas sonuç verebilirler.

■ Araştırma ortaya koymuştur ki nadir durumlar dışında dijital modeller başarılı birer klinik kayıdır.

Santoro ve arkadaşları²¹ alçı ve dijital modeller üzerinde diş boyu, overjet ve overbite ölçümü yaptıkları çalışmalarında iki modelleme metodu arasında, diş boyu ve overbite ölçümlerinde istatistik olarak önemli düzeyde fark saptamışlardır. Bu parametrelerin dijital model ölçümleri daha küçük bulunmuştur. Fakat araştırmacılar bu farkın 0.16 mm ile 0.49

mm arasında değişkenlik gösterdiğinden dolayı klinik olarak anlamsız olduğunu belirtmişler ve bunun nakliye süresindeki aljinat büzülmesinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Quimby ve arkadaşları¹⁹ dijital model ölçümlerinin hassasiyet, güvenilirlik ve tekrar edilebilirliğini inceledikleri araştırmalarında dijital modellerde yapılan ölçümlerin alçı modeller kadar hassas ve güvenilir olduğunu, yarar ve etkinlik açısından alçı modellere eş olduklarını, bütün bunların ışığında dijital modellerin alçı modellere klinik olarak kabul edilebilir alternatif olduklarını belirtmişlerdir.

Mullen ve arkadaşları¹⁴ dijital modellerde yapılan Bolton analizinin doğruluğunu değerlendirdikleri çalışmalarında, dijital modellerde yapılan analiz alçı modeller kadar doğru olduğunu ve klinik olarak önemli düzeyde hızlı olduğunu bildirmektedirler. Araştırmacılar emodel kullanmaya başlayan klinisyenlerin teşhislerine güvenebileceklerini belirtmektedirler.

Stevens ve arkadaşları²³ Bolton analizi ve PAR indeksi kullanarak alçı ve dijital modelleri karşılaştırmışlar ve dijital model kullanan bir hekimin maloklüzyon teşhisinde alçı modellere göre farklı bir sonuç elde etmeyeceğini dolayısıyla dijital modellerin teşhis ve tedavi planında kullanılacaklarını bildirmişlerdir.

Garino ve Garino⁶'nın çalışmalarında, 16 farklı ölçüm farklı zamanlarda aynı araştırmacı tarafından hem dijital modeller hem de alçı modeller üzerinde yapılmıştır. Bütün ölçümler için dijital modeller daha hassas bulunmuştur.

Okunami ve arkadaşları¹⁵ ise American Board of Orthodontics objektif sınıflama sisteminin (ABO OGS) OrthoCAD firmasının programı ile dijital modeller üzerinde güvenilir bir şekilde değerlendirilip değerlendirilemeyeceğini incelemişlerdir. Araştırmacılar mevcut programın bu değerlendirme için yeterli olmadığını belirtmektedirler.

Genel olarak literatürde hakim olan kanı dijital ortodontik modellerin güvenilir bir klinik araç olduğu yönündedir. İlerleyen teknoloji ile birlikte dijital model elde etmenin daha ucuzlayacağı ve kolaylaşacağı açıktır. Aynı şekilde daha hassas modelleme ve ölçümler yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Articles: Destroying patient records. <http://www.caortho.org/practice/records.cfm>, 2008.
- Aşçıoğlu Ç. Tıbbi Yardım ve El Atmalardan Doğan Sorumluluklar. Ankara: Tekışık Ofset Tesisleri, 1993, 47,143.
- Bell A, Ayoub AF, Siebert P. Assessment of the accuracy of a three dimensional imaging system for archiving dental study models. *Journal of Orthodontics* 30:219-223, 2003.
- Buschang PH, Ceen RF, Schroeder JN. Holographic storage of dental casts. *Journal of Clin Orthod* 24:308-311, 1990.
- emodel®, Geodigm Corp. <http://www.dentalemodels.com>
- Garino F, Garino GB. Comparison of dental arch measurements between stone and digital casts. *World Journal of Orthodontics* 3:250-254, 2002.
- Halazonetis DJ. Acquisition of 3-dimensional shapes from images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 119: 556-560, 2001.
- Han KU, Vig KWL, Weintraub JA, Vig PS, Kowalski CJ. Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 100: 212-219, 1991.
- Harrell WE, Hatcher DC, Bolt RL. In search of anatomic truth: 3-Dimensional digital modelling and the future of orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 3: 325-330, 2002.
- Jacobs SG. Radiographic localization of unerupted maxillary anterior teeth using the vertical tube shift technique: the history and application of the method with some case reports. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 116: 415-423, 1999.
- Keating PJ, Parker RA, Keane D, Wright L. The holographic storage of study models. *Br J Orthodontics* 11: 119-125, 1984.
- Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS. 2003 JCO Orthodontic Practice Study, Part 2: Practice success. *J Clin Orthod* 37: 607-615, 2003.
- Machen DE. Legal aspects of orthodontic practice: risk management concepts. *British Ass of Orthodontics Newsletter*, September, p.4 alınmıştır Asquith J, Gillgrass T, Mossy P. Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *European J of Orthod* 29:517-522, 2007.
- Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 132: 346-352, 2007.
- Okunami TR, Kusnoto B, Begole E, Evans CA, Sadowsky C. Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: Digital vs plaster dental cast. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 131: 51-56, 2007.
- OrthoCAD®, Cadent Inc, NJ. <http://www.orthocad.com>
- Orthomodel® <http://www.orthomodel.com>
- Peluso MJ, Josell SD, Levine SW, Lorei BJ. Digital models: An introduction. *Semin Orthod* 10: 226-238, 2004.
- Quimby ML, Katherine WL, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod* 74: 298-303, 2004.
- Rheude B, Sadowsky PL, Ferreira A, Jacobson A. An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod* 75: 300-304, 2005.
- Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 124: 101-105, 2003.

22. Scholz RP. Indefinite storage of orthodontic records. J Clin Orthod 22: 734-735, 1998.
23. Steven DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproductibility of plaster vs digital study models: Comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. Am J Orthod Dentofacial Orthop 129: 794-803, 2006.

Yazışma Adresi

Dr. Çağrı TÜRKÖZ

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
ortodonti Anabilim Dalı, 06510, Emek Ankara
cturkoz@hotmail.com