

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI**

**İKİ FARKLI DİJİTAL PROGRAM İLE ÜRETİLEN
REHBERLERİN İMPLANT CERRAHİSİNDEKİ
DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hazırlayan
Beyza KAHRAMAN**

**Danışman
Doç. Dr. Emrah SOYLU**

Doktora Tezi

**Ekim 2025
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI**

**İKİ FARKLI DİJİTAL PROGRAM İLE ÜRETİLEN
REHBERLERİN İMPLANT CERRAHİSİNDEKİ
DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Doktora Tezi

**Hazırlayan
Beyza KAHRAMAN**

**Danışman
Doç. Dr. Emrah SOYLU**

**Bu çalışma; Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında TDK-
2024-13893 numaralı proje kodu ile desteklenmiştir.**

**Ekim 2025
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, tüm bilgilerin akademik ve etik kurullara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda akademik ve etik kurulların gerektirdiği gibi tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve kaynaklar listesinde gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Beyza KAHRAMAN

İmza:

YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

“İki Farklı Dijital Program ile Üretilen Rehberlerin İmplant Cerrahisindeki Doğruluğunun Değerlendirilmesi” adlı **Doktora Tezi**, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Beyza KAHRAMAN

Danışman

Doç. Dr. Emrah SOYLU

Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı Başkanı

Doç. Dr. Ahmet Emin DEMİRBAŞ

Doç. Dr. Emrah SOYLU danışmanlığında, **Beyza KAHRAMAN** tarafından hazırlanan “İki Farklı Dijital Program ile Üretilen Rehberlerin İmplant Cerrahisindeki Doğruluğunun Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı’nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

23/10/2025

JÜRİ:

İMZA

Danışman : Doç. Dr. Emrah SOYLU
(Erciyes Ün. Diş Hek. Fak. Ağız Diş ve Çene Cerrahisi A.D)

Üye : Prof. Dr. Sabri Cemil İŞLER
(İstanbul Üni. Diş Hek. Fak. Ağız Diş ve Çene Cerrahisi A.D)

Üye : Prof. Dr. Ahmet YAĞCI
(Erciyes Ün. Diş Hek. Fak. Ağız Diş ve Ortodonti A.D)

Üye. : Doç. Dr. Murat ULU
(İzmir Katip Çelebi Üni. Diş Hek. Fak. Ağız Diş ve Çene Cerrahisi A.D)

Üye : Doç. Dr. Canay YILMAZ ASAN
(Erciyes Ün. Diş Hek. Fak. Ağız Diş ve Çene Cerrahisi A.D)

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun/...../..... tarih ve
Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Prof. Dr. Aydın ALAN
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Mesleki bilgi ve tecrübesi, cerrahi yeteneği, iş ahlakı ve akademik duruşunun hayranı olduğum, her zaman örnek aldığım ve yolundan gitmeye devam edeceğim, öğrencisi olmaktan onur duyduğum, Saygıdeğer Danışman Hocam Doç. Dr. Emrah SOYLU'ya Doktora eğitim sürecimde birlikte çalışma fırsatı bulduğum için kendimi şanslı saydığım, desteğini her daim gördüğüm, üstün etik, ahlaki, dürüst, adaletli ve babacan yöneticiliğiyle herkesin saygı ve sevgisini kazanmış, benim için yeri her zaman ayrı olan, Saygıdeğer Hocam Prof. Dr. Adnan Öztürk'e

Doktora tez sürecimde, tezime bulundukları katkılardan dolayı; Prof. Dr. Alper ALKAN'a, Prof. Dr. Çağrı URAL'a

Çalışma hayatımda aynı yolda ilerleme şansı elde ettiğim için onur duyduğum, geniş bilgi birikimi ve tecrübeleriyle mesleki yolculuğuma ışık tutan Saygıdeğer Hocalarım; Doç. Dr. Ahmet Emin Demirbaş'a, Doç. Dr. Zeynep Burçin Gönen'e, Doç. Dr. Canay Yılmaz Asan'a , Doç. Dr. Suheyb Bilge'ye, Dr. Öğr. Üyesi Cihan Topan'a

Doktora eğitimim boyunca büyük katkılarda bulunan, hastaya bütüncül yaklaşım kazanmam için bilgi ve tecrübelerini bizlerle paylaşan Sayın Prof. Dr. Dilek Günay Canpolat'a, Sayın Doç. Dr. Seher Orbay Yaşlı 'ya, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatma Doğruel'e

Asistanlık hayatına birlikte başladığımız, çalışma hayatının zorluklarını birlikte sırtladığımız, başarılarımızı mutlulukla paylaştığımız, eğitim hayatımın bana kazandırdığı en güzel dostum Şafak'a

Asistanlığım boyunca birlikte çalışmaktan büyük bir mutluluk duyduğum tüm asistan arkadaşlarıma ve cerrahi personeline

Hayatımı onlarla paylaştığım için çok şanslı olduğum dostlarım; Sevim, Kaan, Sena, Tuğçe, Anıl, Ozan, Şevval ve Bülbül'e

Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, desteklerini her daim arkamda hissettiğim sevgili ailem; babam Alper Baydemir, annem Sema Baydemir, kardeşlerim Zeyno, Bircan ve Kaan'a

Desteklerini bir an olsun benden esirgemeyen sevgili ailem; babam Yılmaz Kahraman, annem Özden Kahraman, kardeşlerim Öykü ve İsmail'e

Hayatımıza kattıkları neşe ve umut için minik yeğenlerim Ada ve Sarp'a

Gördüğüm andan beri aşkla bağlı olduğum, hayatımda olduğuna her gün şükrettiğim, her gün daha çok sevdiğim, sevgili eşim, gençliğim, arkadaşım, ÖMÜR KAHRAMAN'a

Teşekkür ederim.

23.10.2025

Doktora Öğrencisi

Dt.Beyza KAHRAMAN

İKİ FARKLI DİJİTAL PROGRAM İLE ÜRETİLEN REHBERLERİN İMLANT CERRAHİSİNDEKİ DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Beyza KAHRAMAN

Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı

Doktora Tezi, Ekim 2025

Danışman: Doç. Dr. Emrah SOYLU

ÖZET

Dental implantoloji, diş ve fonksiyon eksikliklerinin giderilmesinde günümüzde en yaygın kullanılan tedavi yöntemlerinden biridir. Zaman içerisinde implantların protez temelli olarak daha ideal konumlara yerleştirilmesinin önemi artmıştır. Bu doğrultuda, dijitalleşmenin getirdiği yeniliklerden biri olan bilgisayar destekli implant cerrahisi, implantların daha öngörülebilir ve hassas bir şekilde konumlandırılmasını mümkün kılmaktadır. Bu sistemlerden biri olan statik rehberli cerrahi sistemi, implantların dijital ortamda planlanarak protetik restorasyon temelli yerleştirilmesini sağlar. Statik rehberli sistemlerde kullanılabilecek pek çok dijital yazılım bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, dental implant cerrahisinde kullanılan iki farklı dijital planlama yazılımı olan NemoScan (Nemotec, Madrid, İspanya) ve Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Almanya) programlarıyla üretilen cerrahi rehberlerin doğruluğunu karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.

Bu in vitro çalışmada, hazır kalıplardan üretilen standart poliüretan maksilla modeller (Selbones, Kayseri, Türkiye) kullanıldı. Çalışma, NemoScan (Nemotec, Madrid, İspanya), Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Almanya) ve serbest el yöntemi olarak 3 gruba ayrılmış olup, gruplar kendi içinde, tek üye alt grubu (15 numaralı diş bölgesi), iki üye alt grubu (12-22 numaralı diş bölgesi), dişsiz maksilla (13-14-16-23-24-26 numaralı bölgeler) olmak üzere 3 alt gruba ayrılmıştır. Modellere implantlar yerleştirildikten sonra elde edilen DICOM verileriyle, planlanan sanal implant konumlarının STL verileri karşılaştırılarak sapmalar **Geomagic Control X 2025** (Hexagon AB, Stockholm, İsveç) yazılımı ile ölçülmüştür.

Çalışma kapsamında; tek üye alt grubuna toplam 15, iki üye alt grubuna toplam 30 ve dişsiz maksilla alt grubuna 90 olmak üzere poliüretan modellere toplam 135 dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye) yerleştirilmiştir. Planlanan implant pozisyonları ile operasyon sonrası elde edilen implant pozisyonları arasında oluşan x, y, z, düzlemlerindeki sapmalar(mm) ve açısal sapmalar, KIBT görüntüleri üzerinde karşılaştırma (superimposition) yöntemi kullanılarak üç boyutlu olarak analiz edilmiştir (Mayıs Tasarım, İstanbul, Türkiye). Bu analiz sonucunda, NemoScan (Nemotec, Madrid, İspanya) ve Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Almanya) planlama yazılımlarıyla üretilen cerrahi rehberlerin doğruluk düzeyleri üç boyutlu olarak karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen veriler değerlendirildiğinde, tek üye alt grubunda Exoplan, NemoScan ve serbest el yöntemleri arasında

istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. İki üye alt grubunda ise implantlar arası mesafe sapması açısından NemoScan (Nemotec, Madrid, İspanya) yazılımı daha yüksek doğruluk göstermiştir ($p<0,05$); ancak diğer ölçüm parametrelerinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Bununla birlikte, her iki dijital planlama yazılımı da serbest el tekniğine kıyasla anlamlı derecede daha doğru sonuçlar vermiştir. Dişsiz maksilla alt grubunda yapılan ölçümlerde yalnızca x eksen sapması açısından Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Almanya) yazılımı daha iyi sonuç göstermiş, diğer parametrelerde ise iki dijital planlama yazılımı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, her iki dijital planlama yazılımı da serbest el yöntemine göre implant yerleşim doğruluğu açısından üstün performans sergilemiştir.

Cerrahi rehber kullanımı, özellikle estetik açıdan kritik öneme sahip anterior bölgelerde ve çoklu diş eksikliği bulunan vakalarda implant yerleştirme doğruluğunu anlamlı düzeyde artırmaktadır. Posterior bölge tek diş eksikliklerinin tedavisinde cerrahi rehber kullanımı dental implant açıl sapmalarını azaltmada etkili olsa da çoklu diş eksiklikleri ve anterior estetik bölge uygulamaları kadar dikkat çekici farklılık sunmamaktadır. Daha geniş örneklem ile çalışmalara ihtiyaç vardır. Klinik uygulamalarda cerrahi rehberlerin olası sapma paylarının dikkate alınması ve anatomik yapılardan güvenli mesafelerin korunması, olası komplikasyonların önlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Bilgisayar Destekli İmplant Cerrahisi; Dental İmplant; Nemoscan; Exoplan; Statik Rehberli Cerrahi; Üç Boyutlu Değerlendirme.

EVALUATION OF THE ACCURACY OF SURGICAL GUIDES PRODUCED BY TWO DIFFERENT DIGITAL PROGRAMS IN IMPLANT SURGERY

Beyza KAHRAMAN

Erciyes University, Institute of Health Sciences

Department of Oral and Maxillofacial Surgery

Doktora Tezi, Ekim 2025

Supervisor: Doç. Dr. Emrah SOYLU

ABSTRACT

Dental implantology is one of the most widely used treatment modalities for restoring missing teeth and masticatory function. Over time, the importance of placing implants in more ideal, prosthetically driven positions has become increasingly evident. In this context, computer-assisted implant surgery, one of the innovations brought about by digitalization, enables more predictable and precise positioning of implants. Among these systems, the static guided surgery approach allows prosthetically driven implant placement through preoperative digital planning. Numerous digital software programs can be utilized in static guided systems. The aim of this study was to comparatively evaluate the accuracy of surgical guides produced using two different digital planning software programs employed in dental implant surgery-NemoScan (Nemotec, Madrid, Spain) and Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Germany).

In this in vitro study, standardized polyurethane maxilla models (Selbones, Kayseri, Turkey) fabricated from prefabricated molds were used. The study consisted of three main groups: NemoScan (Nemotec, Madrid, Spain), Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Germany), and a freehand group. Each main group was further divided into three subgroups: single-unit (tooth no. 15 region), two-unit (tooth nos. 12-22 region), and edentulous maxilla (tooth nos. 13-14-16-23-24-26 regions). Following implant placement, DICOM data obtained from the models were superimposed with the STL data of the virtually planned implant positions, and deviations were measured using the Geomagic Control X 2025 software (Hexagon AB, Stockholm, Sweden).

A total of 135 dental implants (Bilimplant, Proimtech AŞ, Istanbul, Turkey) were placed in the polyurethane models: 15 in the single-unit subgroup, 30 in the two-unit subgroup, and 90 in the edentulous maxilla subgroup. The linear deviations (mm) along the x, y, and z axes, as well as the angular deviations between the planned and postoperative implant positions, were analyzed three-dimensionally by superimposing CBCT images (Mayıs Tasarım, Istanbul, Turkey). Based on these analyses, the accuracy levels of the surgical guides generated using the NemoScan and Exoplan planning software were compared in three dimensions.

According to the data obtained, no statistically significant difference was found among Exoplan, NemoScan, and the freehand technique in the single-unit subgroup. In the two-unit subgroup, NemoScan demonstrated higher accuracy in terms of inter-implant distance deviation ($p < 0.05$), although no significant difference was observed for other measurement parameters. However, both digital planning software

programs yielded significantly more accurate results compared to the freehand technique. In the edentulous maxilla subgroup, Exoplan showed better results only for deviation along the x-axis, while no statistically significant difference was found between the two digital software programs for other parameters. Overall, both digital planning software systems demonstrated superior accuracy in implant placement compared to the freehand method.

The use of surgical guides significantly improves the accuracy of implant placement, particularly in esthetically critical anterior regions and cases involving multiple missing teeth. Although the use of surgical guides is effective in reducing angular deviations in posterior single-tooth restorations, the differences are not as pronounced as in multiple or anterior esthetic cases. Further studies with larger sample sizes are needed. In clinical practice, it is important to consider the potential deviations associated with surgical guides and to maintain safe distances from anatomical structures to minimize possible complications.

Keywords: Computer-Assisted Implant Surgery; Static Guided Surgery; Nemoscan; Exoplan; Dental Implant; Three-Dimensional Evaluation.

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	x
KISALTMALAR ve SİMGELER	xiv
TABLO LİSTESİ	xvi
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. İmplantolojinin Tarihçesi	3
2.2. Endikasyonlar, Kontrendikasyonlar ve Risk Faktörleri	6
2.2.1. Endikasyonlar	6
2.2.2. Mutlak Kontrendikasyonlar	7
2.2.3. Risk Faktörleri	7
2.3. Dental İmplantların Başarısı	8
2.4. Osseointegrasyon	9
2.4.1. Osteointegrasyonu Etkileyen Faktörler	11
2.4.1.1. Hasta ile İlgili Faktörler	11
2.4.1.1.1. Lokal Faktörler	11
2.4.1.1.2. Sistemik Faktörler	12
2.4.1.2. İmplant ile İlgili Faktörler	13
2.4.1.2.1. İmplantın Tipi	13
2.4.1.2.2. Dental implantlarda kullanılan materyaller	15
2.4.1.2.3. Dental İmplantların Boyutları	17
2.4.1.2.4. Dental İmplantların Yüzey Özellikleri	17
2.5. Dental İmplantların Komplikasyonları	18
2.5.1. Cerrahi Komplikasyonlar	18
2.5.1.1. Kanama ve Hematom	19

2.5.1.2. Komşu Yapıların Hasarı	20
2.5.1.3. İmplantın Komşu Anatomik Boşluklara Yer Değiştirmesi	20
2.5.1.4. Yutma veya Aspirasyon	20
2.5.1.5. Sinir Yaralanmaları	21
2.5.1.6. İmplantın Yanlış Konumlandırılması	22
2.5.1.7. Kortikal Kemik Perforasyonu.....	23
2.5.1.8. Çene Kırığı	23
2.5.1.9. Şişlik / Ödem	24
2.5.1.10. Enfeksiyon.....	24
2.5.1.11. Amfizem.....	25
2.5.2. Biyolojik Komplikasyonlar	25
2.5.2.1. İnflamasyon ve Proliferasyon.....	25
2.5.2.2. Dehisens ve İmplant Çevresi Yumuşak Doku Çekilmesi	26
2.5.2.3. Peri-implantitis ve Kemik Kaybı.....	26
2.5.2.4. İmplant Kaybı.....	27
2.5.3. Yerleştirme ve Yükleme Protokollerine Bağlı Komplikasyonlar	27
2.5.3.1. İmmediat (Eş zamanlı) İmplant Yerleştirme ile İlgili Komplikasyonlar	27
2.5.3.2. İmplant Yerleşimi Sonrası İmmediat Yükleme ile İlgili Komplikasyonlar	28
2.5.4. Protetik veya Mekanik Komplikasyonlar	28
2.5.4.1. Vida Gevşemesi ve Kırılması.....	29
2.5.4.2. İmplant Kırılması	29
2.5.4.3. Restoratif Materyallerin Kırılması	30
2.5.5. Estetik ve Fonetik Komplikasyonlar	30
2.5.5.1. Estetik Komplikasyonlar	30
2.5.5.2. Fonetik Problemler	30
2.6. İmplant Yerleştirme Protokolleri	31
2.6.1. İdeal İmplant Yerleşimi.....	31
2.6.2. Konvansiyonel Cerrahi ile İmplant Yerleşimi	32
2.6.3. Bilgisayar Destekli İmplant Cerrahisi	33
2.6.3.1. Dinamik Navigasyonlu İmplant Cerrahisi.....	34

2.6.3.2. Statik Rehberli İmplant Cerrahisi (Static Computer-Aided Implant Surgery - s-CAIS)	35
2.6.3.2.1. Kemik Destekli Cerrahi Rehberler	36
2.6.3.2.2. Diş Destekli Cerrahi Rehberler	36
2.6.3.2.3. Mukoza Destekli Cerrahi Rehberler	36
2.6.3.2.4. Kapalı Cerrahi Rehberler.....	37
2.6.3.2.5. Açık Cerrahi Rehberler.....	37
2.6.3.2.6. Tam Cerrahi Rehberler	37
2.6.3.2.7. Frezleme Amaçlı Cerrahi Rehberler.....	38
2.6.3.2.8. Pilot Drilleme Amaçlı Cerrahi Rehberler.....	38
2.7. Statik Rehberli Cerrahide İş Akışı	38
2.7.1. Hastanın Değerlendirilmesi	38
2.7.2. Verilerin Toplanması.....	39
2.7.3. Verilerin İşlenmesi	39
2.7.4. Sanal İmplant Planlaması	40
2.7.5. Cerrahi Rehberin Üretimi	40
2.7.6. Ameliyatın Gerçekleştirilmesi.....	40
2.8. Statik Rehberli Cerrahinin Avantajları	40
2.9. Statik Rehberli Cerrahinin Dezavantajları	41
2.10. Statik Rehberli İmplant Cerrahisinin Doğruluğu.....	42
2.11. Statik Rehberli Cerrahinin Komplikasyonları	43
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	44
3.1. Poliüretan Modellerin Üretimi	45
3.2. Laboratuvar Aşaması.....	47
3.2.1. Verilerin Elde Edilmesi	47
3.2.2. Sanal Dental İmplant Planlanması.....	47
3.2.3. Cerrahi Rehber Üretimi	48
3.2.4. Deneysel Uygulama Protokolü.....	53
3.3. Uygulama sonrası modellerden KIBT çekilmesi ve sanal planlama ile karşılaştırılması.....	55
4. BULGULAR	60
5. TARTIŞMA	73

6. SONUÇLAR	87
7. KAYNAKÇA.....	89
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

KISALTMALAR ve SİMGELER

%	: Yüzde
>	: Büyüktür
≈	: Ortalama
≥	: Büyük eşittir
μm	: Mikrometre
3D	: Üç Boyutlu
AAID	: American Academy of Implant Dentistry
Ark.	: Arkadaşları
Asa	: American Society of Anesthesiologists
BAP	: Bilimsel Araştırma Projesi
BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
BDÜ	: Bilgisayar Destekli Üretim
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CAD	: Computer Aided Design
CAIS	: Bilgisayar Destekli İmplant Cerrahisi
CAM	: Computer Aided Manufacturing
Cr	: Krom
DICOM	: Tıpta dijital görüntüleme ve iletişim (Digital Imaging and Communication in Medicine)
G	: Gram
HA	: Hidroksiapatit
HIV	: Human Immunodeficiency Virus
ITI	: Internation Team for Implantology
KIBT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
M.ö	: Milattan önce
M.s	: Milattan sonra
Maks.	: Maksimum
Min.	: Minimum
Mm.	: Milimetre
Ncm	: Newton santimetre
Ni	: Nikel

Nm	: Nanometre
Ort.	: Ortalama
RMS	: Root Mean Square
Rpm	: Round per minute
S-CAIS	: Statik bilgisayar destekli implant cerrahisi
SLA	: Stereolitografi
SS	: Standart Sapma
STL	: Standard Triangle Language
Vb.	: Ve benzeri
Y-tzo	: Yttrium ile stabilize zirkonya

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1.	Dental implant başarısının klinik ölçütleri.....	9
Tablo 2.2.	İmplant mobilitesi için klinik değerlendirme ölçeği.....	10
Tablo 3.1.	Çalışma grupları, implant planlamaları, kullanılan implant sayıları	45
Tablo 4.1.	Grup 1 ve Grup 3 (tek üye alt grubu) arasında nicel değişkenlerin karşılaştırılması.....	61
Tablo 4.2.	Grup 2 - Grup 3 (tek üye alt grubu) arasında nicel değişkenlerin karşılaştırılması.....	62
Tablo 4.3.	Grup 1 - Grup 2 (tek üye alt grubu) arasında nicel değişkenlerin karşılaştırılması.....	63
Tablo 4.4.	Grup 1- Grup 3 (iki üye alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması...	64
Tablo 4.5.	Grup 2- Grup 3 (iki üye alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması...	65
Tablo 4.6.	Grup 1- Grup 2 (iki üye alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması...	66
Tablo 4.7.	Grup 1- Grup 3 (dişsiz alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması.....	68
Tablo 4.8.	Grup 2- Grup 3 (dişsiz alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması.....	70
Tablo 4.9.	Grup 1- Grup 2 (dişsiz alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması.....	72

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1.	Üç grupta bulunan maksilla poliüretan modeller.....	46
Şekil 3.2a.	NemoScan yazılım programında tek üye alt grubunda sanal implant konumlandırma ve rehber tasarım aşaması.....	47
Şekil 3.2b.	NemoScan yazılım programında iki üye alt grubunda sanal implant konumlandırma ve rehber tasarım aşaması.....	48
Şekil 3.2c.	NemoScan yazılım programında dişsiz alt grubunda sanal implant konumlandırma ve rehber tasarım aşaması.....	48
Şekil 3.3a.	NemoScan yazılımı tek üye alt grubu rehber tasarımı.....	49
Şekil 3.3b.	NemoScan yazılımı iki üye alt grubu rehber tasarımı	49
Şekil 3.3c.	NemoScan yazılımı dişsiz alt grubu rehber tasarımı	50
Şekil 3.3d.	Exoplan yazılımı tek üye alt grubu rehber tasarımı	50
Şekil 3.3e.	Exoplan yazılımı iki üye alt grubu rehber tasarımı.....	50
Şekil 3.3f.	Exoplan yazılımı dişsiz alt grubu rehber tasarımı	51
Şekil 3.4.	NemoScan (solda) ve Exoplan (sağda) yazılımları ile üretilmiş cerrahi rehberler	52
Şekil 3.5.	Fantom kafalara sabitlenmiş poliüretan maksilla modeller ve cerrahi rehberler	53
Şekil 3.6.	Bilimplant, Bguide kiti	54
Şekil 3.7a.	Tek üye alt grubu modellerinin karşılaştırılması	56
Şekil 3.7b.	İki üye alt grubu modellerinin karşılaştırılması	57
Şekil 3.7c.	Dişsiz alt grup modellerinin karşılaştırılması	57
Şekil 3.8.	RMS değeri skalası	58
Şekil 3.9.	Modellerin 3 boyutlu düzlemde konumlandırılması.....	59

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dental implantlar, hastaların diş kaybı sonucu kaybolan sağlık, estetik ve fonasyon vb. fonksiyonlarını geri kazandırmak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Dental implantların güvenilirliği ve yüksek başarısı uzun süreli çalışmalar sonucunda kanıtlanmıştır. Bu tedavilerin yaygınlaşması, endikasyonlarının genişlemesi beraberinde komplikasyonların artışına sebep olmuş, biyolojik ve fiziksel sorunlara da ortam oluşturmıştır. Büyük bölümü protetik rehabilitasyon ve uygulama hatalarından kaynaklanan bu sorunlar, dental implantasyonda dijitalleşme ve yeni yöntemlerin arayışına sebebiyet vermiştir.

Bu amaçla kullanılan bilgisayar destekli implant cerrahisi, implantların operasyon öncesi dijital ortamda prova edilebilmesini, optimal pozisyonda yerleştirilmesini ve cerrahinin daha hızlı, daha hassas ve minimal invaziv bir prosedür ile gerçekleşmesini sağlar. Buna ek olarak, bu yöntemin kullanımı ile daha az postoperatif morbidite ve rahatsızlık bildirilmiştir (Valente ve ark., 2009).

Bilgisayar destekli implant rehberliği, statik ve dinamik olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Statik sistemler, KIBT (konik ışınlı bilgisayarlı tomografi) görüntüleri ve dijital tarayıcılar aracılığıyla elde edilen anatomik veriler temel alınarak, bilgisayar destekli tasarım (computer aided design) (BDT - CAD) bilgisayar destekli üretim (computer aided manufacturing) (BDÜ-CAM) teknolojileriyle hazırlanan stereolitografik cerrahi rehberlerle uygulanmaktadır. Bu şablonlar, implantın önceden planlanan pozisyonuna göre yerleştirilmesini sağlar. Öte yandan statik rehberlik, cerrahi sırasında plan dışı değişiklik yapılmasına izin vermemesi nedeniyle sınırlı esnekliğe sahiptir (Chen ve ark., 2019). Ancak, rijit frez yönlendirme yapıları sayesinde özellikle düzensiz kemik bölgelerinde daha kontrollü ve istenilen yönde osteotomi yapılmasına imkan sunar. Dinamik rehberleme sistemlerinde cerrah, üç boyutlu görseller ve eş zamanlı navigasyon yardımıyla işlemi canlı olarak

yönlendirebilir. Buna karşın, dinamik sistemler daha az invazivlik ve operasyonel esneklik sunsa da, yüksek maliyetleri ve sınırlı kullanım alanları nedeniyle klinik pratikte yaygın olarak tercih edilmemektedir (Vercruyssen ve ark., 2014).

Tam rehberli implant cerrahisinin hem hasta hem de klinisyen açısından; anatomik yapıların üç boyutlu değerlendirilebilmesi, implantların protetik restorasyona uygun yerlerde ve uygun açılarda yerleştirilebilmesi, operasyon süresinin kısalması, postoperatif ödem, ağrı gibi faktörlerin azalması gibi avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar hem öngörülebilir sonuçlar doğurmakta hem de başarıyı artırmaktadır. Aynı zamanda flepsiz cerrahi teknik ile marjinal kemik kaybı en aza indirilmekte, keratinize diş eti korunmakta ve estetik açıdan daha iyi bir yumuşak doku profili elde edilmektedir. Bu yaklaşımla; erken yükleme imkanı, daha kısa operasyon süresi ve azalan postoperatif rahatsızlık gibi avantajlar da literatürde rapor edilmiştir (D'haese ve ark., 2017).

Bu çalışmanın amacı; günümüzde bilgisayar destekli implant rehberliğinde kullanılmakta olan NemoScan ve Exoplan isimli yazılım programları yardımıyla üretilen cerrahi rehberleri farklı diş eksiklikleri içeren gruplarla örneklem sayısı artırılarak etkinliğinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İmplantolojinin Tarihçesi

Dental implantlara dair en eski kayıtlar, Çin’de M.Ö. 3210 yılında Chin-Nong ve M.Ö. 2637’de Hon-Ang-Tu dönemlerinde, sabit diş restorasyonları amacıyla bambu çubukların kullanıldığına ilişkin yazılı belgelerde yer almaktadır (Misch, 2004). Bunun yanı sıra MÖ ~1000 yılında yaşamış bir Mısır firavununun üst çenesine bakır bir çivinin diş implantı olarak yerleştirildiği arkeolojik kayıtlarda rapor edilmiştir; ancak bu çivinin muhtemelen ölümden sonra, kozmetik amaçla takıldığı düşünülmektedir. Diş hekimliğinde implant uygulamasına dair bilinen ilk arkeolojik bulgu ise, erken dönemlere ait bir Honduras iskeletinde, alt kesici dişin yerine yerleştirilmiş taş implanttır (Misch, 2004). Tarihte belgelenen bir diğer erken dönem uygulama da MS ~600 civarında Maya uygarlığına aittir. Mayalar, deniz kabuklarından oyulmuş parçaları alt çenedeki diş boşluklarına yerleştirerek adeta ilkel bir implant uygulaması yapmışlardır. Aynı dönemde Mısır ve Orta Doğu’da da implantlara yönelik girişimlerin yapıldığı bilinmektedir (Hoek ve ark., 2002). 16. yüzyılda Ambroise Paré, 18. yüzyılda ise Pierre Fauchard ve John Hunter diş transplantasyonu tekniklerini geliştirmiş ve uygulamışlardır (Berman, 1989). 1866’da Bugnot, diş germelerini implante etmeyi denemiş, aynı yıl Younger, yapay olarak oluşturulmuş alveol kremlerine diş transplantasyonu gerçekleştirmiştir (Berman, 1989). 18. yüzyıl’da eksik dişlerin yerine insan veya hayvan dişlerinin nakledilmesi (allotransplantasyon) gibi yöntemler denenmişse de, bu girişimler enfeksiyon ve immunolojik sorunlar nedeniyle genellikle başarısız olmuştur (Hobo ve ark., 1989).

Diş hekimliğinde gerçek anlamda ilk implant uygulamaları, 18. yüzyıl başlarında altından yapılmış kök formundaki vidalarla başlamıştır (Ring, 1995). Sonraki yıllarda gümüş, platin, guta-perka, lastik ve porselen gibi farklı materyallerden üretilmiş

implantların da kullanıldığı bildirilmiştir (Ring, 1995). Bu implantlar, diş çekiminin ardından sokete doğrudan yerleştirilmiştir. Yüzyılın sonlarına doğru lokal anestezinin ve yüksek hızlı döner aletlerin kullanıma girmesiyle implantoloji farklı bir boyut kazanmış; bu dönemde implant yuvası hazırlanarak uygulamalar yapılmaya başlanmıştır. Ancak birçok deneme başarısızlıkla sonuçlanmıştır (Ring, 1995).

Literatürde 1809 yılında Maggiolo adlı bir Fransız diş hekiminin, taze bir çekim soketine altın bir implant tüpü yerleştirerek yapay diş kökü oluşturmayı denediği belirtilmektedir (Scacchi, 2000). Bu, modern anlamda ilk endosseöz (kemik içi) implant girişimlerinden biri olarak kabul edilir. 19. yüzyıl boyunca porselen, fildişi, altın alaşımı, platin gibi malzemelerle çeşitli implant prototipleri geliştirilmiş ve çene kemiklerine yerleştirilmeye çalışılmıştır. Ne var ki, bu erken dönem denemelerin çoğu uygun biyomalzeme eksikliği ve yetersiz steril teknikler nedeniyle uzun dönemli başarı sağlayamamıştır (Scacchi, 2000).

1930'lu yıllara kadar implantlarda altın, platin, gümüş ve iridyum gibi değerli metaller tercih edilmiştir. Ancak bu materyaller galvanik reaksiyonlara yol açtığından çoğu vakada başarısız sonuçlar alınmıştır. 1937'de Venable ve arkadaşları, krom-kobalt-molibden alaşımı olan vitilyumun galvanik reaksiyonlara neden olmadığını ortaya koymuşlardır (Hobo ve ark., 1989). Aynı yıllarda Müller (1937) ve Dahl (1941), total protez kullanamayan tam dişsiz hastalarında subperiostal implantları uygulamış; bu yöntem yaklaşık 20 yıl boyunca kabul görmüştür (Ring, 1995). Ancak yüksek kayıp oranları nedeniyle subperiostal implantlara olan ilgi giderek azalmıştır.

1946 yılında Strock, iki aşamalı cerrahi konseptini öngören bir vidalı implant prosedürü tarif etmiştir: İlk ameliyatta implant kemik içine gömülmüş, mukoza iyileştikten sonra ikinci ameliyatla üzeri açılarak abutment ve kron yerleştirilmiştir. Strock'un iki aşamalı yaklaşımı, implant çevresinin iyileşme döneminde ağız ortamından yalıtılarak primer stabilitenin korunduğu bir model sunmuştur. Bu yaklaşım, daha sonra modern implant cerrahisinde standart protokol haline gelecektir.

1947’de Strock’un “implantların doğal diş köküne benzemek zorunda olmadığı” görüşünü temel alan Formigini, paslanmaz çelik ve tantaldan yapılmış heliks biçimindeki kemik içi implantları geliştirmiştir (Hobo ve ark., 1989).

Modern dental implantolojinin dönüm noktası ise Per Ingvar Brånemark’ın 1965 yılında vital mikroskop yöntemiyle yaptığı çalışmalarıdır. Brånemark, titanyumun kemik ile doğrudan bağlandığını gözlemlemiş ve bu biyolojik birlikteliği “osseointegrasyon” olarak tanımlamıştır (Brånemark, 1985). Ancak ilk beş yıllık dönemde başarı oranları yalnızca %50 civarında bildirilmiştir; ağız içinde yabancı materyal kullanımının enfeksiyon riskini artırdığı da belirtilmiştir (Hoek ve ark., 2002).

Linkow, 1967 yılında kemik içine yerleştirilen yassı biçimli bıçak implantları (blade implant) tanıtarak o dönemde büyük ilgi görmüştür. Bıçak implantlar, daha geniş yüzey alanına sahip olmaları sayesinde bazı klinik başarılar yakalamış olsa da, cerrahi yerleştirilmelerinin zorluğu ve kemikle tam birleşme sağlama konusunda tutarsız sonuçlar vermeleri nedeniyle zamanla terk edilmiştir (Linkow, 1967; Spiekermann, 1995). Aynı dönemde implant tasarımlarında çeşitlilik artmış, cerrahi ve protetik teknikler geliştirilmiş, iyileşme süreleri uzatılmıştır (Albrektsson ve Zarb, 1989). Brånemark ve ekibi 1969’da deneysel bir çalışma, 1977’de ise edentül çenelerde 10 yıllık takip sonuçlarını yayımlamıştır (Brånemark, 1985).

1981’de Adell ve arkadaşlarının, Brånemark’ın buluşunu takip eden 16 yıl sonunda, tam dişsiz hastalarda uygulanan implantların 15 yıllık sonuçlarını yayınlaması modern implantolojinin gelişiminde dönüm noktası olmuştur (Norton, 2006). Bu çalışmalar, implantların kısa sürede büyük ilerleme göstermesini sağlamış; osseointegrasyon kavramıyla birlikte implantlar deneysel uygulamalardan rutin klinik tedavi seçeneğine dönüşmüştür. Bilim insanları, yapay materyali biyolojik sistemlere herhangi bir patolojik belirti oluşturmada yerleştirmeyi ve fonksiyonel yüklenme altında kemikle rijit bağlantıyı sağlamayı başarmışlardır (Zarb ve Schmitt, 1990).

Günümüzde implantoloji; farklı cerrahi ve protetik yaklaşımların, çeşitli implant materyal ve tasarımlarının denenmesiyle biyouyumluluğun, doku iyileşmesinin ve fonksiyonel ihtiyaçların en uygun şekilde karşılanmasına dayalı olarak gelişimini

sürdürmektedir. Başlangıçta yalnızca tam dişsizlik vakalarında uygulanırken, günümüzde parsiyel dişsizlik, maksillofasiyal cerrahi ve ortodonti gibi birçok alanda geniş endikasyonlarla kullanılmaktadır.

2.2. Endikasyonlar, Kontrendikasyonlar ve Risk Faktörleri

Hasta seçimi, implant tedavisinin başarısını ya da başarısızlığını belirleyen unsurlardan biridir. Tedavi planlamasına, hastanın tıbbi öyküsünün ayrıntılı değerlendirilmesi ile başlanmalı; olası sorunlar ortaya çıkmadan önce endikasyon ve kontrendikasyonlar belirlenmelidir (Misch ve Wang, 2008). Eksik dişlerin yerine implantların uygulanmasına yönelik çok sayıda endikasyon mevcuttur ve tek diş eksikliğinden tam dişsizliğe uzanan geniş bir yelpazede hastalar implant destekli protezlerle rehabilite edilebilir (Newman ve ark., 2011). Her klinik kararda olduğu gibi, mevcut tedavi seçenekleri; görece üstünlükleri, sınırlılıkları ve riskleri ile birlikte, hastanın ihtiyaç ve beklentileri dikkate alınmalıdır (Scully ve ark., 2007).

Klinikuygulamaya-başlamadan önce risk faktörleri ve kontrendikasyonlar konusunda hastanın bilgilendirilmesi gereklidir.

Dental implantlara ilişkin mutlak kontrendikasyonlar az sayıdadır ve çoğu zaman net sınırlarla tanımlanmamıştır; bazı durumları “kontrendikasyon” yerine “risk faktörü” olarak sınıflandırmak daha uygun olabilir (Newman ve ark., 2011).

2.2.1. Endikasyonlar (Çetiner ve Zor, 2007; Türker ve Yücetaş, 1997)

- Tek ya da çoklu diş eksikliği bulunan hastalar
- Tam dişsiz bireyler
- Mevcut doğal dişlerin konum/sayı açısından sabit protez için yetersiz kaldığı olgular
- Konservatif yaklaşım tercih eden (diş preparasyonu istemeyen) hastalar
- Ortodontik ankraj gereksinimi olan vakalar
- Kusma/bulantı refleksi, parafonksiyonlar veya yetersiz tutuculuk nedeniyle hareketli protez kullanamayan ve sabit tedaviyle rehabilitasyon gerektiren hastalar
- İmplantüstü hareketli protez endikasyonu olan hastalar

- Maksillofasiyal cerrahi sonrası çene-yüz defektlerinin protetik rehabilitasyonunda destek ihtiyacı

2.2.2. Mutlak Kontrendikasyonlar (Çetiner ve Zor, 2007; Guillaume, 2016; Gupta ve ark., 2023)

- Akut sistemik hastalıklar
- Geniş defektler **veya** büyük kraniofasiyal anomaliler
- Kontrolsüz metabolik hastalıklar
- Aktif kemik/yumuşak doku patolojileri ya da enfeksiyonları
- Büyüme çağındaki **genç hastalar**

2.2.3. Risk Faktörleri (D'Ambrosio ve ark., 2023; Misch ve Wang, 2008; Scully ve ark., 2007; Türker ve Yücetaş, 1997)

- **Osseointegrasyonu** olumsuz etkileyebilen ilaçlar (ör. proton pompası inhibitörleri, seçici serotonin geri alım inhibitörleri, siklosporin A vb.)
- Kemoterapi **öyküsü**
- Baş-boyun radyoterapisi
- Yüksek ASA skoru
- Cinsiyet **ve** yaş
- Kemik yoğunluğu/kalitesi yetersizliği
- Yetersiz sert/yumuşak doku hacmi
- Diyabet
- Sigara **ve** alkol kullanımı
- Otoimmün hastalıklar
- Psikiyatrik rahatsızlıklar
- Kanama bozuklukları
- Kemik metabolizma hastalıkları (osteoporoz, osteopetrozis, osteopeni, Paget hastalığı vb.)

- İmmün sistemi baskılayan hastalıklar (HIV, AIDS)
- Alerjik reaksiyon eğilimi
- Bruksizm
- İmplant-kron oranı, oral hijyen ve hasta uyumu

2.3. Dental İmplantların Başarısı

Dental implantların başarısı ve uzun dönem sağkalımı, ayrıntılı klinik değerlendirme, bireysel risk faktörlerinin doğru analiz edilmesi ve ameliyat sonrası yakın hasta takibi ile yakından ilişkilidir. Etkili bir implant tedavisi, hekimin cerrahi, protetik ve biyomateriyal bilgilerini bütünleştiren çok yönlü bir yetkinlik gerektirir (Palmer, 2010). İmplant başarısının temel biyolojik ölçütü osseointegrasyon olarak kabul edilmektedir.

Güncel klinik raporlamada sonuçlar çoğunlukla dört ana kategori altında değerlendirilir: başarı, tatmin edici sağkalım, tehlikeli sağkalım ve başarısızlık. Bu çerçevede en sık bildirilen metrik, implantın hâlen ağızda bulunup bulunmadığını esas alan sağkalım oranıdır. Zaman penceresine göre erken dönem ($\approx 1-3$ yıl), orta dönem (3-7 yıl) ve uzun dönem (≥ 7 yıl) sonuçlar ayrı ayrı raporlanır (Misch ve ark., 2008).

Başarısızlığın tanımlanması çoğu kez daha nettir: ağrı, dikey mobilite ya da kontrolsüz ilerleyici marjinal kemik kaybı gibi klinik bulgular implantın çıkarılmasını gerektirebilir (Misch ve ark., 2008). Maksillanın, mandibulaya kıyasla daha düşük kemik yoğunluğu sergilemesi, bu bölgede başarısızlık oranlarının görece yüksek olmasına yol açabilir. Ayrıca sigara kullanımı ile başarısızlık riskinin arttığı çok sayıda çalışmada gösterilmiştir (Fan ve ark., 2024). Kourtis ve ark., başarısızlığa katkıda bulunabilecek etmenleri; kemik yoğunluğu, metabolik hastalıklar, implant tipi ve yüzeyi, hastanın sistemik durumu, sigara, erken/geç dönem kayıplar, oral hijyen, cerrahi ve protetik komplikasyonlar, hasta seçimi ve uygulanan tedavi protokolleri olarak sıralamaktadır (Kourtis ve ark., 2004). (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Dental implant başarısının klinik ölçütleri

Klinik Durum	Klinik Ölçütler
1) Başarı (optimum sağlık)	Fonksiyon sırasında ağrı/duyarlılık yok Hareketlilik (mobilité) yok İlk cerrahi sonrası kümülatif radyografik marjinal kemik kaybı < 2 mm Eksüda öyküsü yok
2) Yeterli sağkalım	Fonksiyon sırasında ağrı yok Mobilité yok Radyografik kemik kaybı 2-4 mm Eksüda öyküsü yok
3) Tehlikeli (kompromize) sağkalım	Fonksiyon sırasında hassasiyet olabilir Mobilité yok Radyografik kemik kaybı > 4 mm (implant gövdesinin ½'sinden az) Sondalama derinliği > 7 mm Eksüda öyküsü olabilir
4) Başarısızlık (klinik ya da mutlak)	Fonksiyon sırasında ağrı mevcut Mobilité mevcut Radyografik kemik kaybı $\geq$ 4 mm (implant gövdesinin ½'sinden fazla) Kontrol edilemeyen eksüda İmplant artık ağızda değil (çıkarılmış)

2.4. Osseointegrasyon

İmplantasyon, bir materyalin canlı doku içine yerleştirilmesini ifade eder. Brånemark'ın çalışmalarıyla literatüre giren bu kavram, implant yüzeyi ile kemik arasında herhangi bir bağ dokusu veya fibroz doku aracı olmaksızın mikroskopik düzeyde temas ve kenetlenme gerçekleşmesi anlamına gelir (Francischone ve ark., 2000). Osseointegrasyonla eş anlamlı biçimde kullanılan “rijid fiksasyon” ise, implantın kemik içinde klinik mobilité göstermemesi durumunu belirtir [1]. Rijid fiksasyonun değerlendirilmesinde, doğal dişin yatay ve dikey yönlerde 500 g yük altında gösterdiği hareket referans alınır: sağlıklı bir dişin yatay hareketi 56-73 μ m, ön dişlerde toplam hareket yaklaşık 0,1 mm düzeyindedir; osseointegre bir implantın hareketi ise 75 μ m'nin altında olup klinik olarak sıfır mobilité beklenir (Rudd ve ark., 1964; Sekine, 1986). Misch, rijid fiksasyonun klinik kalitesini derecelendiren bir skala önermiştir (Tablo 2.2) (Misch, 1999). Bununla birlikte, mobilitenin yokluğu her zaman kemik-implant temas yüzdesinin tam olduğu anlamına gelmez;

mobilité olmaması doğrudan teması düşündürse de, kemik-implant temasının nicel bir göstergesi olarak yorumlanamaz (Misch, 1999).

Tablo 2.2. İmplant mobilitesi için klinik değerlendirme ölçeği

Derece	Açıklama
0	500 g'lık yük altında dahi herhangi bir yönde gözlenebilir mobilite yok.
1	Hafif düzeyde yatay (horizontal) mobilite saptanır.
2	Belirgin fakat orta şiddette horizontal mobilite; yer değiştirme $\leq 0,5$ mm.
3	İleri düzeyde horizontal mobilite; yer değiştirme $> 0,5$ mm.
4	Orta-yüksek düzeyde horizontal mobiliteye ek olarak herhangi bir düzeyde vertikal hareket mevcut.

Johansson ve Albrektsson'un tavşanlarda vida biçimli implantlarla yürüttükleri deneysel çalışmada, yerleştirmeyi izleyen 1. ayda implant çevresinde fibröz doku varlığı bildirilmiş; 3. ayda yaklaşık %50, 6. ayda %65 ve 12. ayın sonunda %85 düzeyinde kemik-implant teması rapor edilmiştir. İmplantın yerleştirilmesini takiben, implant - kemik ara yüzeyinde başlangıçta kan pıhtısı ile normal kemik dokunun bulunduğu; kemik dokusunun titanyum yüzeye doğrudan adezyonunun ise osseointegrasyonun tamamlanmasıyla gerçekleştiği belirtilmiştir (Sennarby ve ark., 2001).

Amerika İmplant Diş Hekimliği Akademisi (AAID) 1986'da osseointegrasyonu; implant ile kemik arasında kemik dışı bir doku bariyeri olmaksızın, yüklerin implanttan kemiğe ideal aktarımının sağlandığı bir bağlantı olarak tarif etmiştir (Albrektsson ve Wennerberg, 2005) Meffert ve ark. (1987). Kavramı “adapte osseointegrasyon” ve “biyointegrasyon” olmak üzere iki alt başlıkta yeniden ele almıştır: ilki ışık mikroskopunda yumuşak doku olmaksızın gözlenen osseöz temas, ikincisi ise elektron mikroskopunda doğrudan biyokimyasal kemik yüzey bağlanmasıdır (Hobo ve ark., 1989). Zarb ve Albrektsson (1991) ise osseointegrasyonu, fonksiyonel yükleme altında kemikte bulunan alloplastik materyalin klinik olarak asemptomatik rijid fiksasyonu ile ilişkili reaksiyonların tümü şeklinde tanımlamıştır (Lauc ve Kobler, 1998).

Osseointegrasyonun yetersiz kalması veya gerçekleşmemesi halinde, implant ile çevre kemiğin arasına fibröz bağ dokusu yerleşir; bu durum fibrointegrasyon olarak

adlandırılır. Fibröz doku belirli ölçüde organize olabilse de mekanik kapasitesi düşük olduğundan tatmin edici bir destek sağlayamaz (Lauc ve Kobler, 1998). Meffert'e göre, implant yüzeyinde ışık mikroskobu düzeyinde bağ dokusu gelişimini kolaylaştırarak osseointegrasyonu olumsuz etkileyebilecek başlıca etkenler şunlardır (Meffert ve ark., 1992):

- İmplant sisteminin 3-6 aydan önce yüklenmesi,
- Birleşim epitelinin apikal göçü ve bunu bağ dokusu elemanlarının izlemesi,
- Yerleştirme sırasında aşırı basınç uygulanması,
- Alan hazırlığında kemiğin 47 °C'nin üzerine ısıtılması,
- Tam olarak yerleştirilemeyen implant uygulamaları.

2.4.1. Osteointegrasyonu Etkileyen Faktörler

Osseointegrasyon sürecini hem hasta özellikleri hem de implant ile ilgili faktörler doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle implant planlamasında lokal ve sistemik koşulların yanı sıra, implant tasarımı, materyali, boyutu ve yüzey özellikleri de dikkatle değerlendirilmelidir.

2.4.1.1 Hasta ile İlgili Faktörler

2.4.1.1.1. Lokal Faktörler

- **Kemik yoğunluğu:** İmplant stabilitesi, kemiğin miktarı ve yoğunluğuna sıkı sıkıya bağlıdır. Lekholm ve Zarb'ın yaptıkları sınıflamaya göre kemik tipleri 4 ana grupta sınıflandırılır ;
 - *Tip 1:* Homojen kompakt kemik,
 - *Tip 2:* Yoğun trabeküler kemik üzerine kalın kompakt tabaka,
 - *Tip 3:* Yoğun trabeküler kemik üzerine ince kompakt tabaka,
 - *Tip 4:* Düşük yoğunluklu trabeküler kemik ve ince kortikal tabaka. Yüksek yoğunluklu kemikte primer stabilite daha kolay sağlanırken, düşük yoğunluklu bölgelerde başarısızlık riski artmaktadır (Lekholm, 1985).

- **Alveol kret hacmi:** Diş çekiminden sonra alveoler kemikte fizyolojik rezorpsiyon ortaya çıkar. Rezorpsiyon hem horizontal hem de vertikal düzeyde izlenir. Çekimden sonraki ilk yılda kemik yüksekliğinde belirgin azalma görülür, sonraki yıllarda süreç yavaşlayarak devam eder (Atwood, 1979). Alveoler kemik rezorpsiyonunun şiddetine göre beş aşama tanımlanmıştır:

- Hafif rezorpsiyon,
- Orta dereceli rezorpsiyon,
- İleri düzey rezorpsiyon (yalnızca bazal kemik kalır),
- Bazal kemikte kısmi rezorpsiyon,
- İleri derecede bazal rezorpsiyon (Lekholm ve ark., 1986).

2.4.1.1.2. Sistemik Faktörler

- Yaş: ileri yaşlarda kemik rejenerasyon hızı genç bireylere kıyasla azalabilmekle birlikte, araştırmalar tek başına yaşın implant başarısı üzerinde belirleyici olmadığını, sağlıklı bir yaşlı bireyde de yüksek entegrasyon oranları yakalanabildiğini göstermektedir (Moy ve ark., 2005).
- Osteoporozis: Kemik yapısında nitel ve nicel değişimlerle seyreden osteoporozda, kemik kitlesindeki görece artışa karşın hacimde azalma ve doku kalitesinde bozulma söz konusudur. Özellikle menopoz sonrası kadınlarda ve ileri yaşla birlikte daha sık görülür. Literatürde, osteoporozisin osseointegre olmuş implantlar üzerinde ek bir risk oluşturmadığını bildiren çalışmalar mevcuttur (Moy ve ark., 2005). Bu nedenle osteoporoz varlığında olgu bazlı planlama esastır; kemik kalitesi ve primer stabilite koşulları sağlandığında, implant tedavisinin mümkün ve öngörülebilir olabileceği vurgulanmıştır (Moy ve ark., 2005).
- Diabetes mellitus (DM): En çok incelenen sistemik faktörlerin başında diyabetes mellitus gelmektedir. Kontrolsüz diyabet durumunda hiperglisemiye bağlı doku rejenerasyonunun yavaşlaması, vasküler yetersizlik ve enfeksiyonlara yatkınlık gibi nedenlerle dental implantların başarısı olumsuz etkilenebilmektedir (Van Steenberghe ve ark., 2003). Özellikle uzun süreli glisemik kontrolü kötü olan

diyabetik hastalarda, implant çevresi kemik iyileşmesinin yavaş olduğu, erken dönemde marjinal kemik kaybı ve implant kaybı riskinin yükseldiği bildirilmekle birlikte, iyi kontrol altında olan diyabet hastalarında başarı oranlarının sağlıklı bireylere yakın seyrettiğine dair çalışmalar da mevcuttur (Van Steenberghe ve ark., 2003).

- Kalp ve damar hastalıkları: Hipertansiyon, kardiyovasküler hasta grubunun yaklaşık %40'ını oluşturur ve $\geq 140/90$ mmHg eşiğiyle tanı konulabilir. Çoğu olguda asemptomatik seyretmekle birlikte, koroner kalp hastalığı açısından başlıca risk faktörüdür. Hipertansiyonun yönetiminde kullanılan ilaçların dehidratasyon, sedasyon, ağız kuruluğu (kserostomi) ve depresyon gibi yan etkileri, periodontal/peri-implant sağlığı ve implant tedavi sonuçlarını olumsuz etkileyebilir (Bornstein ve ark., 2009). Kserostomiye eşlik eden kandida enfeksiyonları, periodontal ve peri-implant hastalık artışı, karies ve bakteriyel enfeksiyon eğilimi gibi durumlar da bu ilişkiyi güçlendirir (Bornstein ve ark., 2009).
- Sigara kullanımı: Sigaranın içerdiği nikotin ve diğer toksik bileşenler, ağız dokularında vazokonstriksiyona ve oksijenlenmede azalmaya yol açarak yara iyileşmesini olumsuz etkiler (Jones ve Triplett, 1992). Ayrıca sigara dumanındaki kimyasallar osteoblast aktivitesini inhibe edebilir ve bağışıklık yanıtını zayıflatabilir. Bu nedenlerle, sigara içen bireylerde dental implantların erken dönemde kaybedilme oranının içmeyenlere kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu pek çok çalışmada gösterilmiştir (Strietzel ve ark., 2007).
- Hematolojik bozukluklar: Anemi, bu grup içinde en sık karşılaşılan tablodur ve oksijen taşıma kapasitesindeki azalma ile karakterizedir. Nedenleri arasında eritrosit üretiminde duraklama ya da eritrosit yıkımında artış bulunur (Misch, 1999). Uzun süreli anemi olgularında kemik olgunlaşması ve gelişimi bozulabileceğinden, trabeküler kemik kaybı görülebilir; bu da implant yerleştirmesini ve stabilitesini olumsuz etkileyebilir (Misch, 1999).

2.4.1.2. İmplant ile İlgili Faktörler

2.4.1.2.1. İmplantın Tipi

Dental implantlar, çene kemiğiyle ilişkilerine göre sınıflandırılmaktadır.

1. Endosteal İmplantlar:
 - a. Vida (Silindirik - Konik) İmplantlar
 - b. Blade İmplantlar
2. Subperiosteal İmplantlar
3. Transosseoz İmplantlar

Endosteal (kemik içi) implantlar; Güncel uygulamada en sık tercih edilen gruptur. Vida formundaki endosteal implantlar, kök benzeri bir geometriye sahiptir ve yivler arasına kemik dolarak osseointegrasyonu destekleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarım; erken yükleme olanağı, yüksek primer stabilite ve yükün kemiğe kontrollü iletimi gibi üstünlükler sağlar (Randow ve ark., 1999). Bu nedenle Tada ve ark., özellikle düşük yoğunluklu kemik bölgelerinde vida tipi implantların silindirik tasarıma göre belirgin biçimde daha güvenilir olduğunu bildirmiştir (Tada ve ark., 2003). Silindirik implantlarda primer stabilite, implant yuvası-çap uyumu ve yüzey retansiyonuyla yakından ilişkilidir (Smith ve Zarb, 1989). Silindirik tasarımın bir varyantı olan vent tipleri perforasyonlarla kemiğin implant içine büyümesini amaçlar ve bu yolla implant-kemik bütünleşmesini güçlendirmeyi hedefler (Türker ve Yücetaş, 1997). Karousis ve ark.'nın 10 yıllık kohort çalışmasında, vida tipi implantlarda başarı oranı %95,7, silindirik tipte ise %85,7 olarak rapor edilmiş; tasarımın başarı/sağkalım üzerinde anlamlı belirleyici olduğu vurgulanmıştır (Karoussis ve ark., 2004). Ayrıca blade implantlar dar bukkolingual boyutlu mandibulalarda seçenek oluşturur; gövde delikleri kemik dolumunu ve bağlantının sağlamlaşmasını kolaylaştırır. Farklı anatomik bölgelerde ara destek/ayak olarak hem sabit hem hareketli protezlerde kullanılabilmeleri, cerrahi kolaylık, çiğneme kuvvetlerine dayanıklılık ve yükün daha homojen dağılımı gibi avantajları literatürde öne çıkarılmıştır (Türker ve Yücetaş, 1997).

Subperiostal (kemik üzeri) implantlar; Cerrahiyle açığa çıkarılan kemikten ölçü alınarak hazırlanan ince kafes yapılar olup periost altında kemik üzerine yerleştirilir; ağız içine uzanan postlar aracılığıyla proteze bağlanır ve çiğneme kuvvetlerini geniş bir alana yaymayı amaçlar (Türker ve Yücetaş, 1997).

Transosseöz implantlar; Özellikle **atrofik** mandibula ön bölgesinde kemik boyunca uzanan vidalarla gerçekleştirilir; endikasyonları çoğu kez subperiostal implantlarınkine benzerdir (Türker ve Yücetaş, 1997).

2.4.1.2.2. Dental implantlarda kullanılan materyaller

İmplant materyalinin biyouyumluluk, korozyon direnci, mekanik dayanım ve alerjik profil açısından uygunluğu, osseointegrasyonun biyolojik başarısı ile uzun dönem klinik sonuçları belirleyen temel unsur kabul edilir (Anusavice ve Phillips, 2003). Klinik kullanımda tarihsel olarak farklı metal, seramik ve polimer sınıfları denenmiş; her biri için avantajlar ve sınırlılıklar literatürde ayrıntılı biçimde raporlanmıştır (Anusavice ve Phillips, 2003).

Paslanmaz çelik (Fe-Cr-Ni): Yaklaşık %18 Cr ve %8 Ni içeren paslanmaz çelikler, korozyona karşı koruyucu film oluşturan krom oksit sayesinde dayanıklıdır; nikel katkısı kırılma direncine katkıda bulunur. Bununla birlikte nikel duyarlılığı bulunan hastalarda kontrendikasyon söz konusudur. Yüzeye uygulanan hidroksiapatit kaplama ve benzeri yüzey işlemlerinin, korozyon direncini artırarak kemikle biyolojik uyumu desteklediği bildirilmiştir (Fathi ve ark., 2003).

Krom-kobalt-molibden (vitalyum) alaşımı: 20. yüzyılın ilk yarısından itibaren kullanılan bu alaşım, dökülebilirlik ve maliyet avantajı nedeniyle özellikle subperiostal tasarımlarda yaygın yer bulmuştur. Kobalt ve krom içeriği korozyon direncini, molibden ise mekanik stabiliteyi güçlendirmektedir (Anusavice ve Phillips, 2003).

Polimerler: Düşük elastisite modülü ve esnek davranışları nedeniyle polimerler, bazı sistemlerde implant gövdesinin iç bileşeni olarak şok absorpsiyonu sağlamak ve periodontal ligament benzeri bir mikro hareket penceresi oluşturmak amacıyla sınırlı biçimde değerlendirilmiştir. Klinik kullanımı seçilmiş endikasyonlarla ve kısıtlı kalmıştır (Kirsch ve Ackermann, 1989).

Karbon temelli materyaller: Biyouyumluluk yönünden avantajlı olmakla birlikte kırılma direncinin görece düşük olması ve elektrokimyasal etkenler nedeniyle, karbon esaslı malzemeler pratikte daha çok kaplama amaçlı düşünülmüş; kobalt veya

titanyum esaslı gövdeler üzerinde yardımcı katman olarak değerlendirilmiştir (Anusavice ve Phillips, 2003).

Seramikler (Al_2O_3 /Alümina): Seramikler yüksek kimyasal inertlik ve düşük iyon salınımı ile öne çıkar. Bununla birlikte kırılgenlik, yüksek elastik modül ve düşük çekme dayanımı gibi mekanik sınırlılıklar klinik uygulamayı zorlaştırır. Alümina, uzun yıllar “inert referans” materyal olarak görölmüş; plazma sprey/kaplama teknikleriyle biyoaktif yüzey hedeflenmiştir. Klinik takiplerde 5 yıl civarında yüksek, ancak titanyuma kıyasla daha düşük başarı oranları bildirilen seramik implant çalışmaları mevcuttur (Albrektsson ve Sennerby, 1991; Anusavice ve Phillips, 2003; Kirsch ve Ackermann, 1989).

Zirkonyum (Zr) ve zirkonya: Yttrium ile stabilize zirkonya (Y-TZP), yüksek basma dayanımı ve yüzey pürüzlendirme sonrası osteoblast proliferasyonuna elverişli mikrotopografi ile öne çıkar. İnsan ve hayvan çalışmalarında zirkonya implantların, belirli endikasyonlarda titanyuma klinik alternatif olabileceği; ayrıca bazı in vitro/klinik gözlemlerde zirkonya yüzeylerinde bakteri adezyonunun anlamlı biçimde azaldığı rapor edilmiştir. Zirkonyum oksit kaplamalı/türevi yüzeylerde başarılı osseointegrasyon çıktıları yayınlanmıştır (Gahlert ve ark., 2007; Oliva ve ark., 2007; Sollazzo ve ark., 2008).

Titanyum (Ti) ve Ti-Zr alaşımları: Güncel implantolojinin altın standardı titanyumdur. Materyalin yüzeyinde oluşan TiO_x tabakası, korozyon direncini yükseltir ve biyouyumluluğun temelini oluşturur. Titanyum reaktif bir metal olmasına rağmen doku içerisinde inert davranır; kemik, pürüzlendirilmiş titanyum yüzeyin mikro girinti-çıkıntılara doğru büyüme eğilimi gösterir. Yüzey modifikasyonları (kumlama, asitleme, kaplama, nanotopografik düzenlemeler) osseointegrasyon hızını ve mekanik tutunmayı artırmayı hedefler (O'Brien, 2002). Malzemeye bağlı gerilme transferi açısından karşılaştırmalı analizlerde, zirkonyum implantların kemiğe aktardığı streslerin titanyuma göre yaklaşık %20 daha yüksek olabildiği bildirilmiştir (Fuh ve ark., 2013). Ti-Zr alaşımları, titanyuma benzer biyouyumlulukla birlikte daha yüksek mekanik dayanım sunmayı amaçlar; deneysel modellerde bu alaşımlarda geri çıkarma torkunun yükseldiği ve implant çevresi kemik kalitesinin olumlu seyrettiği gösterilmiştir (Wen ve ark., 2014). Uzun dönem

linik serilerde ise, 1980'lerde yerleştirilen titanyum plazma sprej implantların yaklaşık 20 yıllık izleminde %89,5 genel başarı ve olguların %92'sinde marjinal kemik kaybının <1 mm olduğu rapor edilmiştir; bu bulgular titanyum temelli sistemlerin uzun ömürlü güvenilirliğini desteklemektedir (Chappuis ve ark., 2013).

2.4.1.2.3. Dental İmplantların Boyutları

İmplantın çapı ve uzunluğu, hem primer stabilite hem de yük dağılımı açısından kritik parametrelerdir. Planlama aşamasında kretin genişlik ve yüksekliği doğru ölçülmeli; implant çapı, bukkal ve lingual kortikal tabakaya en yakın teması sağlayacak şekilde seçilmelidir (Lee ve ark., 2005).

Maksilla gibi düşük yoğunluklu kemik bölgelerinde, çap artışıyla birlikte implantın primer stabilitesi anlamlı şekilde yükselmektedir(Oded Bahat ve Mark Handelsman, 1996). Bazı çalışmalarda kısa implantların başarı oranlarının daha düşük bulunduğu belirtilmişse de, başarısızlığın esas olarak kemiğin kalitesi ve kortikal temas ile ilişkili olduğu, implant boyunun tek başına belirleyici olmadığı vurgulanmıştır (Lum, 1991; Wyatt ve Zarb, 1996). Özellikle posterior maksillada kısa implant başarısızlığının, çoğu kez düşük kemik yoğunluğundan kaynaklandığı ileri sürölmüştür.

Sonlu eleman analizleri, implant boyutları küçöldükçe hem implant gövdesi hem de çevre kemikte oluşan streslerin arttığını ortaya koymuştur (Qian ve ark., 2009). Bununla birlikte, bazı klinik serilerde implantın boyutları ile uzun dönem başarı arasında doğrudan bir ilişki bulunmadığı bildirilmiştir (Mordenfeld ve ark., 2004).

2.4.1.2.4. Dental İmplantların Yüzey Özellikleri

Brånemark sistemlerine ait pürüzsüz yüzeyli klasik implantlar, uygun hasta seçimi, titiz cerrahi ve uzun iyileşme süreleri sayesinde klinik başarı göstermiştir (Eckert ve ark., 1997). Eckert ve ark., bu tip implantlarda mandibulada %95, maksillada ise %85 başarı oranı bildirmiştir (Eckert ve ark., 1997). Bu bulgular, tamamen düz olmayan fakat düşük düzeyde mikropürüzlü yüzeylerin de osseointegrasyona katkı sağlayabileceğini düşöndürmektedir (Wennerberg ve Albrektsson, 2000).

Günümüzde, implant yüzeylerinde osseointegrasyonu desteklemek amacıyla kumlama, asit etching ve kombine aşındırma yöntemleri yaygın biçimde

uygulanmaktadır. Özellikle kumlama-asit kombinasyonu, yüzeyde osteoblast tutunmasını ve kemik-implant temasını artıran bir mikropürüzlülük oluşturmakta; bu da erken dönemde osseointegrasyonu kolaylaştırmaktadır (Arlin, 2007). Kumlama sonrası sıcak asit banyosu ile ortalama $\approx 1,8$ μm düzeyinde pürüzlülük değerlerine ulaşıldığı rapor edilmiştir (Wennerberg ve Albrektsson, 2000).

Yüzey modifikasyonlarında ayrıca plazma sprej kaplama ve hidroksiapatit (HA) uygulamaları da önemli yer tutar. Bu teknikler, yüzeyin biyoaktivitesini artırarak kemikle daha kuvvetli bir bağlanma sağlamayı hedefler.

Yumuşak kemik bölgelerinde hemen yükleme yaklaşımının riskleri tartışılrsa da, Glauser ve ark., pürüzlü yüzeyli implantlarda yaptıkları 4 yıllık takipte başarı oranını %97 olarak bildirmiştir (Schärer ve ark., 2005).

Plazma sprej ile elde edilen yüzeyler en yüksek pürüzlülüğe sahip olup, bu özelliğin bazı avantajlar getirmesine rağmen Al-Nawas, aşırı pürüzlü yüzeylerin peri-implant enflamasyona ve mukozal çekilmeye zemin hazırlayabileceğini vurgulamıştır (Al-Nawas ve Götz, 2003).

Son yıllarda, nanoteknoloji tabanlı mikro-nano hibrit yüzey modifikasyonları geliştirilmiş; bu yöntemlerle 50-100 nm düzeyinde pürüzlülük elde edilmiştir. Stanford ve ark., bu tip yüzeylerle yapılan ilk klinik çalışmada %98,7 başarı oranı rapor etmiştir (CM, 2006).

2.5. Dental İmplantların Komplikasyonları

Dental implant tedavilerinde görülen komplikasyonların sınıflandırılmasında henüz kesin bir görüş birliği yoktur. Literatürde, komplikasyonlar minör-majör, geri dönüşümlü-geri dönüşümsüz, operasyon öncesi-operasyon sonrası, erken-geç dönem, cerrahi-protetik ve hafif-orta-şiddetli şeklinde farklı kategorilerde tanımlanmıştır (Polat ve Toprak, 2023; Turkyilmaz, 2018). Bu sınıflamalar arasında en kapsamlı olanlardan biri, Newman ve Carranza'nın Klinik Periodontoloji ve İmplantoloji kitabında sunulan sınıflamadır (Newman ve ark., 2024).

2.5.1. Cerrahi Komplikasyonlar

Cerrahi komplikasyonlar operasyon sırasında veya sonrasında ortaya çıkabilir. Ameliyat sırasında görülen komplikasyonlar arasında:

- Tehlikeli kanama,
- Komşu anatomik yapıların zedelenmesi,
- Sinir yaralanmaları,
- İmplantın anatomik boşluklara yer değiştirmesi,
- Yutma ya da aspirasyon,
- İmplantın hatalı konumlandırılması,
- Kortikal kemik perforasyonu,
- İyatrojenik çene kırıkları yer almaktadır.

Ameliyat sonrası komplikasyonlar ise; kanama, hematoma, ödem, enfeksiyon ve amfizem gibi bulgularla karşımıza çıkar. Bu tür komplikasyonların büyük kısmı kontrol altına alınabilir; ancak bazı olgularda ciddi sorunlara yol açarak ek cerrahi veya medikal müdahale gerektirebilir (Misch ve Wang, 2008; Newman ve ark., 2024; Pelayo ve ark., 2008).

2.5.1.1. Kanama ve Hematom

Tüm cerrahi işlemlerde olduğu gibi dental implant uygulamalarında da kanama olağandır. Çoğunlukla insizyon ve flep kaldırılması sırasında yumuşak dokudan, **ya da** implant yuvası hazırlanırken kemik dokudan kaynaklanır. Çoğu vakada kanama kendiliğinden sonlanır veya hemostatik ajanlar ile elektrokoter yardımıyla kolaylıkla kontrol altına alınabilir (Kukreja ve Godhi, 2011; Ogle ve ark., 2011).

İmplant cerrahisinde en sık kanama kaynağı olan arterler arasında fasiyal arter, inferior alveolar arter, lingual arter, majör palatinal arter ve minör palatinal arter bulunur (Kusum ve ark., 2015). Bu arterlerin yaralanması özellikle ağız tabanı ve posterior maksilla gibi ulaşılması güç bölgelerde hayati tehlike oluşturabilir. Bu durumlarda hava yolu obstrüksiyonu riski mevcuttur ve acil müdahale gerekir (Tomljenovic ve ark., 2016). Literatürde, implant operasyonları sırasında lingual arter hasarına bağlı yaşamı tehdit eden kanamalar rapor edilmiştir (Givol ve ark., 2000).

Ameliyat sonrası dönemde de kanama ve hematoma oluşumuna dikkat edilmelidir. Özellikle büyük hematomlar, enfeksiyon açısından risk taşır; bu tür

olgular antibiyotik tedavisi ve hekimin doğrudan müdahalesini gerektirebilir (Greenstein ve ark., 2008).

2.5.1.2. Komşu Yapıların Hasarı

Dental implant planlamasında, implant ile komşu diş arasındaki mesafenin en az 1,5 mm olması önerilmektedir (Buser ve ark., 2004). Bu mesafe daha az olduğunda, implantın dişe doğru eğimli konumlandırılması veya mevcut diş kökündeki dilaserasyonun operasyon öncesi radyografik incelemelerde fark edilmemesi, komşu dişin zarar görmesine neden olabilir. İmplant ile diş arasında doğrudan temas söz konusuysa, daha ciddi komplikasyonların gelişimini engellemek için implant derhal çıkarılmalıdır. Ancak bu durum geç fark edilirse, komşu diş ve implantın birlikte takibi önerilir. Eğer implantın osseointegrasyonu sağlanmışsa, dişe kanal tedavisi uygulanarak her iki yapının da yüksek prognozla korunabileceği bildirilmektedir (Yi ve ark., 2021; Yoon ve ark., 2013).

Mandibulada lingual korteksin implanta yakınlığı, sublingual bezin yaralanmaya karşı hassasiyetini artırır. Operasyon sırasında lingual korteksin perforasyonu, sublingual bezin hasar görmesine ve bunun sonucunda ranula gelişmesine yol açabilir (Loney ve ark., 2006; Nahlieli ve ark., 2008).

2.5.1.3. İmplantın Komşu Anatomik Boşluklara Yer Değiştirmesi

İmplant cerrahisi sırasında, implantın maksiller sinüs, etmoid sinüs, sfenoid sinüs, burun boşluğu, orbita tabanı, ön kranial fossa veya mandibular medüller boşluk gibi komşu anatomik boşluklara kaçma riski bulunmaktadır (Cascone ve ark., 2010; González-García ve ark., 2012; Rosas-Díaz ve ark., 2024). En sık karşılaşılan durum, implantın maksiller sinüse yer değiştirmesidir. Bu komplikasyonda implant, çoğunlukla Cadwell-Luc operasyonu ile güvenle çıkarılabilmektedir (Ridaura-Ruiz ve ark., 2009).

2.5.1.4. Yutma veya Aspirasyon

Orofarinkste kaybolan yabancı cisimler için iki olasılık söz konusudur: cisim yutulabilir ya da aspire edilebilir. Klinik veriler, bu tür vakaların yaklaşık %80’inde cismin gastrointestinal sisteme geçtiğini, %20’sinde ise solunum

yollarına aspire edildiğini göstermektedir (Tiwana ve ark., 2004). Bu durum uygun şekilde yönetilmezse, hayatı tehdit edici komplikasyonlara yol açabilir.

Ağızda bir nesne kaybolduğunda hastanın dik pozisyonunda oturmaması, öksürük refleksiyle cismin çıkarılmasının denenmesi önerilir (Parolia ve ark., 2009). Aspirasyon gerçekleştiğinde yabancı cisim, solunum yolunu tıkayarak öksürük, boğulma, hırıltılı solunum, ses kısıklığı, dispne ve siyanoz gibi belirtilere sebep olur (Newman ve ark., 2024). Bu tablo acil ve tehlikeli bir durumdur; cisim akciğerde kalırsa enfeksiyon riski taşır ve genellikle rijit bronkoskopi ile çıkarılması gerekir (Misch ve Resnik, 2020).

Yutma durumunda yabancı cisim çoğunlukla asemptomatik seyreder; olguların yaklaşık %90'ında 4-6 gün içinde doğal yolla atıldığı bildirilmiştir. Ancak çıkarılamayan cisimler iltihap, tıkanıklık veya perforasyon gibi ciddi sorunlara neden olabilir. Bu nedenle hem aspirasyon hem de yutma olgularında hasta, ayrıntılı radyografik inceleme için hastaneye yönlendirilmelidir. Özellikle yabancı cisim yutma veya aspirasyon riski yüksek olan hastaların önceden belirlenmesi ve uygun tedbirlerin alınması büyük önem taşır (Misch ve Resnik, 2020; Zitzmann ve ark., 2000).

2.5.1.5. Sinir Yaralanmaları

Dental implant cerrahisinde sinir yaralanmaları, ciddi komplikasyonlar arasında yer almakta olup en sık mental sinir, lingual sinir ve inferior alveolar sinirde görülmektedir. Bu hasarlar; implant frezleriyle sinir dokusunun doğrudan zedelenmesi, travmatik flep tasarımları, yanlışlıkla sinire lokal anestezi enjeksiyonu yapılması veya sinire çok yakın konumda implant yerleştirilmesi gibi nedenlerle ortaya çıkabilir (Juodzbaly ve ark., 2011). Bu yaralanmalar sonucunda dil, dudak ve yanak bölgesinde anestezi, hipoestezi, parestezi ya da disestezi şeklinde nörosensör bozukluklar gelişebilir (Misch ve Resnik, 2010).

Bu komplikasyonların önlenmesi için doğru cerrahi planlama büyük önem taşır. Sinir hasarı riskini en aza indirmek amacıyla, implantların mandibular kanaldan en az 2 mm, mental foramen den ise 5 mm uzaklıkta yerleştirilmesi önerilmektedir (Juodzbaly ve ark., 2011). Radyografik inceleme yöntemleri, özellikle KIBT, sinirlerin anatomik konumlarının belirlenmesinde cerrahi planlamaya önemli katkı

sağlar (Gerlach ve ark., 2010). Ayrıca, sinire yakın bölgelerde implant yerleştirilmesi planlanıyorsa, inferior alveolar sinir bloğu yerine lokal infiltrasyon anestezisinin tercih edilmesi, sinir yaralanma riskini azaltabilir (Heller ve Shankland II, 2001).

Sinir yaralanmaları çoğu zaman geçici nörosensoriyel değişikliklere yol açsa da bazı olgularda kalıcı nöropatik bozukluklar gelişebilir (Misch ve Resnik, 2010). Erken dönemde fark edilen sinir hasarlarında implantın çıkarılması, fonksiyonların geri kazanılmasına yardımcı olabilir. Bunun yanı sıra, kortikosteroidler ve non-steroid antiinflatuar ilaçlar (NSAİİ) ile farmakolojik tedavinin de fayda sağladığı bildirilmektedir. Literatürde, implantın yerleştirilmesinden sonraki 36 saat içerisinde çıkarılmasının, nörolojik iyileşmeyi kolaylaştırdığına dair veriler mevcuttur. Bu nedenle sinir yaralanmalarında erken müdahale her zaman tercih edilen tedavi seçeneği olmalıdır (Khawaja ve Renton, 2009; Pelayo ve ark., 2008).

2.5.1.6. İmplantın Yanlış Konumlandırılması

Dental implant cerrahisinde malpozisyon, implantın hatalı ya da istenmeyen bir pozisyona yerleştirilmesiyle ortaya çıkan önemli bir komplikasyondur. Bu tür hataların önlenmesinde en etkili yöntem, tedavi öncesinde ayrıntılı ve titiz bir planlama yapılmasıdır (Tallarico ve ark., 2020). Günümüzde KIBT kullanılarak alveolar kemik detaylı şekilde incelenebilmekte, implantın konumu, çapı ve uzunluğu doğru şekilde planlanabilmektedir (Safi ve ark., 2021; Shelley ve ark., 2015).

İmplant yerleşimi yalnızca kemik yapısına göre değil, aynı zamanda protetik planlama ile uyumlu olacak şekilde yapılmalıdır. İmplantların komşu dişlerden ve birbirlerinden mezio-distal yönde uygun mesafede bulunması gerekir. Ayrıca, implantların bukkal kemik kenarından en az 1-2 mm uzaklığa yerleştirilmesi önerilmektedir (Belser, 2003; Qahash ve ark., 2008). Bu kurallara uyulmaması, restorasyonun zorlaşmasına, kemik kaybına ve peri-implantitis gelişimine yol açabilir. Benzer şekilde, implantın aşırı derine veya yüzeysel konumlandırılması hem estetik sorunlara hem de biyomekanik komplikasyonlara neden olabilir (Forna ve Agop-Forna, 2019).

Yanlış açılanmalar da protez uyumunu ve hijyenin sağlanmasını zorlaştırabilir. Hafif açılanma hataları abutmentlerle düzeltilebilse de, ciddi derecedeki malpozisyonlar çoğu kez implantın çıkarılmasını gerektirir (Sailer ve ark., 2022). Sonuç olarak, implant malpozisyonu genellikle yetersiz planlamadan kaynaklanır ve komplikasyonların önlenmesi için dikkatli planlama, uygun cerrahi teknikler ve doğru açılanma büyük önem taşır (Tallarico ve ark., 2020).

2.5.1.7. Kortikal Kemik Perforasyonu

Alveolar kemikteki kortikal tabakanın kalınlığı bölgeden bölgeye değişiklik gösterebilir (Katrancı ve ark., 2007). Travmatik dış çekimleri bu kemiğin incelmesine yol açabilir. Kortikal kemik perforasyonu, implant cerrahisi sırasında bukkal veya lingual korteksin aşılmasıyla meydana gelen bir komplikasyondur ve kanama, hematoma, ödem ile birlikte çevredeki anatomik yapıların yaralanmasına neden olabilir (Leong ve ark., 2011).

Bu komplikasyonun önlenmesi için titiz cerrahi planlama yapılmalı, KIBT gibi ileri görüntüleme teknikleri kullanılmalı ve mümkünse cerrahi rehberlerden yararlanılmalıdır (Safi ve ark., 2021). Özellikle bukkal kortikal tabakanın ince olduğu bölgelerde implant yerleştirilirken büyük dikkat gösterilmesi gereklidir.

2.5.1.8. Çene Kırığı

Çene kırıkları, dental implant cerrahisinde oldukça nadir görülmekle birlikte (yaklaşık %0,2), ortaya çıktığında ciddi sonuçlara yol açabilen komplikasyonlardır (Raghoobar ve ark., 2000). Özellikle atrofik çenelerde ve düşük kemik yoğunluğuna sahip hastalarda risk daha yüksektir (Raghoobar ve ark., 2000). Yanlış implant seçimi ya da uygun olmayan implant boyutları da kırık ihtimalini artırabilir. Bu nedenle, implant yerleştirilmeden önce hem implantın boyutu hem de yerin uygunluğu dikkatle değerlendirilmelidir. Çene kırıkları; osteomyelit, parestezi, malunion veya nonunion gibi komplikasyonlara neden olarak fonksiyonel kayıplara ve beslenme zorluklarına yol açabilir (Boffano ve ark., 2013).

Tedavide çoğunlukla plaklarla redüksiyon ve immobilizasyon yöntemleri uygulanır (Oh ve ark., 2010). Bu komplikasyonun önlenmesi için cerrahi öncesinde ayrıntılı

planlama yapılmalı ve implantın uygulanacağı bölgedeki kemik kalitesi KIBT gibi ileri görüntüleme yöntemleriyle analiz edilmelidir (Pauwels ve ark., 2015).

2.5.1.9. Şişlik / Ödem

Postoperatif şişlik ve ödem, implant cerrahilerinde en sık rastlanan komplikasyonlardan biridir. Çoğunlukla cerrahi travmanın süresi ve şiddeti ile ilişkili olup, interstisyel boşluklarda sıvı birikmesi sonucu gelişir. Ameliyattan birkaç saat sonra ortaya çıkar, 48-72 saat içinde en yüksek seviyeye ulaşır. Dördüncü günden sonra devam eden veya artan ödem, sıklıkla enfeksiyonun göstergesi kabul edilir (Annibali ve ark., 2008).

Aşırı ödem, hastada fonksiyon kaybına, ağız açıklığının kısıtlanmasına ve oral hijyenin sağlanmasında zorluklaraneden olabilir. Bu komplikasyonu azaltmak için operasyon sırasında mümkün olduğunca minimal travma uygulanmalı, cerrahi süresi kısa tutulmalı ve postoperatif dönemde soğuk uygulama (buz tedavisi) önerilmelidir (Rabelo ve Gomes, 2022). Ayrıca, kortikosteroidler ve NSAİİ inflamasyonu ve ödemi azaltmada etkili görülmektedir (Rabelo ve Gomes, 2022).

2.5.1.10. Enfeksiyon

Dental implant cerrahisinin ardından görülen enfeksiyonun en yaygın nedenleri arasında; yetersiz sterilizasyon, uygun şekilde yerleştirilmemiş kapak vidaları, dikiş materyali kalıntıları ve karşıt dişlerden kaynaklanan travmalar bulunmaktadır. Postoperatif enfeksiyonların prevalansı literatürde %2,4 ile %10 arasında bildirilmiştir (Tabrizi ve ark., 2022). Klinik belirtiler arasında şişlik, ağrı, eritem, eksüda, fistül oluşumu ve bazı durumlarda ateş yer alır. Bu komplikasyonların önlenmesi için steril çalışma ortamı, aseptik protokoller ve uygun cerrahi teknikler kritik önemdedir (Newman ve ark., 2024).

İmplant operasyonu sonrası enfeksiyon, implantın başarı oranını olumsuz etkiler. Sistemik antibiyotikler çoğu olguda tek başına yeterli olmayabilir; bu nedenle cerrahi tedaviye ihtiyaç duyulabilir (Camps-Font ve ark., 2018). Tedavide öncelik, enfeksiyon kaynağının ortadan kaldırılmasıdır. Apse geliştiğinde kesi ve drenaj yöntemi tercih edilmektedir (Misch ve Resnik, 2017).

2.5.1.11. Amfizem

Amfizem, dental implant cerrahisinde nadir görülmekle birlikte potansiyel olarak ciddi sonuçlar doğurabilen bir komplikasyondur. Genellikle açık flep cerrahisi sırasında hava-su spreyi ya da yüksek hızlı el aletlerinin kullanımı ile, deri ve mukozanın altındaki dokulara hava girmesi sonucu ortaya çıkar (Misch ve Resnik, 2017). Fasiyal boşluklara yayılan hava, tek taraflı şişliğe yol açabilir ve bu ödem boyun bölgesine kadar ilerleyebilir. Klinik belirtiler arasında hızla artan şişlik, palpasyonda krepitasyon hissi ve nadiren solunum güçlüğü yer alır. Amfizem genellikle cerrahiden sonraki birkaç saat içerisinde gelişir.

Tedavide çoğu zaman analjezikler, antibiyotik uygulaması, bölgeye buz kompresyonu ve masaj eşliğinde yakın gözlem yeterli olmaktadır (Newman ve ark., 2024). Çoğu olguda semptomlar 3-10 gün **içinde** kaybolurken, nadiren cerrahi müdahale gerekebilir. Bu komplikasyonun önlenmesi için yüksek hızlı aletlerin dikkatli kullanılması önerilir (Greenstein ve ark., 2008). Ayrıca, operasyon sonrası ilk günlerde hastaların burunlarını nazikçe sümkürmeleri ve mümkünse hapşırmaktan kaçınmaları tavsiye edilmektedir (Annibali ve ark., 2008).

2.5.2. Biyolojik Komplikasyonlar

Biyolojik komplikasyonlar, implant çevresindeki sert ve yumuşak dokuları ilgilendiren patolojilerden oluşmaktadır (Newman ve ark., 2024).

2.5.2.1. İnflamasyon ve Proliferasyon

İmplant çevresinde gelişen yumuşak doku inflamasyonu, gingival ve periodontal dokularda görülen inflamatuvar yanıtlarla benzer özellikler taşır. Klinik olarak eritem, sondlamada kanama ve şişlik gibi belirtilerle kendini gösterir. En önemli etken biyofilm birikimidir ve biyofilmin kontrolü, çevre dokuların sağlığı açısından kritik öneme sahiptir (Assery ve ark., 2023).

Buna ek olarak, gevşek implant-abutment bağlantıları veya yumuşak dokuda kalmış fazla siman da implant çevresinde bakteriyel kolonizasyonu kolaylaştırarak mukozal hipertrofi, proliferasyon ve hatta apse oluşumuna neden olabilir. Çoğu vakada bu komplikasyonlar, gevşek bağlantının düzeltilmesi veya

siman artığının temizlenmesiyle çözüme kavuşmaktadır (Miličić-Lazić ve ark., 2019; Scarano ve ark., 2021).

2.5.2.2. Dehisens ve İmplant Çevresi Yumuşak Doku Çekilmesi

Dehisens ve implant çevresindeki yumuşak doku çekilmesi, genellikle implant yüklemesinden sonraki ilk 6 ayda ortaya çıkar ve zamanla ilerleyebilir. Bu durum özellikle estetik bölgelerde ve yüksek gülümseme hattına sahip hastalarda ciddi estetik sorunlara yol açabilir. İmplant malpozisyonu ve çevre dokuların ince fenotipi, bu komplikasyonun gelişiminde temel risk faktörleri olarak kabul edilmektedir (Kaddas ve ark., 2022).

İmplant çevresindeki yumuşak dokular, doğal dişleri çevreleyen dokulardan farklıdır. Dişlerde mevcut olan Sharpey lifleri implantlarda bulunmadığından, peri-implant yumuşak doku yüksekliği genellikle sınırlıdır ve kemik kaybı bu çekilmeyi daha da artırabilir (Kim ve ark., 2019). Birden fazla implantın splintli restorasyonlarla birleştirilmesi, sert ve yumuşak dokuların korunmasına yardımcı olarak hem estetik hem de fonksiyonel açıdan komplikasyonların azalmasına katkı sağlayabilir (Ravidà ve ark., 2018).

2.5.2.3. Peri-implantitis ve Kemik Kaybı

Dental implant çevresindeki inflamatuvar lezyonlar peri-implant hastalıkları olarak tanımlanır. Bu hastalıkların zamanında tedavi edilmemesi, implantın başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilir (Misch ve Resnik, 2017).

Peri-implant mukozit, kemik kaybı olmadan mukozada ortaya çıkan geri dönüşümlü inflamatuvar bir tablodur. Ancak literatürde bu geri dönüşümlülüğün her zaman tam olarak sağlanamayacağı yönünde tartışmalar vardır (Froum ve ark., 2019). Peri-implantitis ise kemik kaybı ile karakterize daha ciddi bir inflamatuvar durumdur ve implantın sağkalımını tehdit eder (Eduardo ve ark., 2023).

Bu hastalıkların gelişimi; bakteri plağı, yetersiz ağız hijyeni, kemik rezorpsiyonu ve biyomekanik aşırı yüklenmegibi birçok faktörle ilişkilidir. Ayrıca, implantların doğal dişlerden farklı anatomik yapıları ve biyolojik bağlanma özellikleri, onları peri-implant hastalıklara karşı daha savunmasız kılmaktadır (Kim ve ark., 2019). Tedavi yaklaşımları arasında mekanik temizlik, antimikrobiyal

tedaviler ve rejeneratif cerrahi protokoller yer alsa da, mevcut çalışmalar peri-implantitis için öngörülebilir bir tedavi yönteminin bulunmadığını göstermektedir (Newman ve ark., 2024).

2.5.2.4. İmplant Kaybı

İmplant kaybı, zamanlamasına göre iki ana grupta incelenir: erken kayıp ve geç kayıp (Budmiger ve ark., 2024).

- Erken implant kaybı, genellikle osseointegrasyonun sağlanamaması, enfeksiyon, implant mobilitesi veya yaraların sağlıklı iyileşmemesi ile ilişkilidir (Grigoras ve ark., 2024).
- Geç implant kaybı ise protez yerleştirildikten sonra ortaya çıkar ve çoğunlukla enfeksiyon veya biyomekanik aşırı yüklenme gibi nedenlerle gelişir. Bu tip kayıplar, yalnızca biyolojik değil, aynı zamanda mekanik komplikasyonlara da yol açabilir (Tonetti ve Schmid, 1994).

İmplant kaybına katkıda bulunabilen diğer faktörler arasında; düşük yerleştirme torku, deneyimsiz cerrahlar, sistemik hastalıklar, düşük kemik kalitesi, sigara kullanımı, bruksizm, yetersiz primer stabilite ve implantın özellikle maksilla posterior bölgesine yerleştirilmesi sayılabilir (Do ve ark., 2020).

2.5.3. Yerleştirme ve Yükleme Protokollerine Bağlı Komplikasyonlar

Konvansiyonel implant yerleştirme protokolünde, diş çekimini takiben alveol kretinin iyileşmesinin tamamlanmasının ardından implantlar yerleştirilmekte ve yeterli osseointegrasyonun sağlanabilmesi için genellikle 3-6 aylık bir bekleme süresi gerekmektedir. Günümüzde ise, çekim sonrası immediat implant yerleştirme, implantın hemen yüklenmesi ve flepsiz cerrahi gibi alternatif yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yöntemler bazı avantajlar sunsa da, belirli komplikasyon risklerini beraberinde getirebilmektedir (Newman ve ark., 2024).

2.5.3.1. İmmediat (Eş zamanlı) İmplant Yerleştirme ile İlgili Komplikasyonlar

İmmediat implant yerleştirme, diş çekimiyle aynı seansta implantın yerleştirilmesi olarak tanımlanır (Strub ve ark., 2012). Bu prosedür, ancak belirli koşullar sağlandığında önerilir: çekim bölgesinde ≥ 1 mm bukkal kemik, kalın gingival fenotip, aktif enfeksiyonun olmaması, yeterli primer stabilite ve implantın üç boyutlu

doğru konumlandırılması için yeterli apikal ve palatal kemik dokusunun bulunması gerekir. Ayrıca bu tekniğin uygulanması deneyimli klinisyenler tarafından yapılmalıdır (Köroğlu ve ark., 2024).

Yöntemin avantajları; daha az cerrahi girişim, tedavi süresinin kısalması, maliyetin düşmesi ve flep kaldırılmadığı için hızlı yumuşak doku iyileşmesidir. Bununla birlikte, implant kaybı, hatalı pozisyon, kemik rezorpsiyonu, peri-implant yumuşak doku çekilmeleri ve estetik sorunlar gibi komplikasyon riskleri de vardır (Newman ve ark., 2024). Bu nedenle, olası başarısızlık ve estetik komplikasyonların önlenmesi için dikkatli vaka seçimi kritik önem taşır. İmmediat implant uygulamalarında risk, fayda ve sınırlılıkların hastaya ayrıntılı olarak açıklanması gereklidir (Koh ve ark., 2010).

2.5.3.2. İmplant Yerleşimi Sonrası İmmediat Yükleme ile İlgili Komplikasyonlar

Uzun yıllar boyunca, implant ve kemik arasında sağlıklı osseointegrasyonun oluşabilmesi için implantların yerleştirildikten sonra 3-6 ay boyunca yüklenmemesi gerektiği savunulmuştur. Ancak, implant tasarımlarındaki gelişmeler, pürüzlü yüzeylerin kullanımı ve kuvvet dağılımına ilişkin ilerlemeler, immediat yükleme tekniğinin uygulanabilirliğini gündeme getirmiştir (Gapski ve ark., 2003).

Bu yöntemin başarısı büyük ölçüde implantın primer stabilitesine bağlıdır. Ayrıca hasta seçimi, kemik kalitesi ve miktarı, implantın tasarımı ve sayısı, oklüzal yükleme koşulları ve klinisyenin deneyimi de sonucu etkileyen faktörlerdir (Tettamanti ve ark., 2017). Özellikle iyi kemik kalitesine sahip bölgelerde ve 10 mm'den uzun implantların kullanıldığı vakalarda daha olumlu klinik sonuçlar bildirilmektedir (Strub ve ark., 2012).

2.5.4. Protetik veya Mekanik Komplikasyonlar

Protetik ve mekanik komplikasyonlar arasında; abutment vida gevşemesi, vida kırıkları, implant kırıkları, implant üstü protezlerin kırılması, karşıt protezlerde kırıklar ve overdenture sistemlerinde mekanik retansiyon sorunları yer almaktadır. Bu komplikasyonlardan en sık bildirilenlerden biri abutment vida gevşemesidir (Goodacre ve ark., 1999).

2.5.4.1. Vida Gevşemesi ve Kırılması

Abutment vidası kırılması oldukça nadir görülen bir problem olsa da, vida gevşemesi, özellikle tek implant destekli kronlarda en sık rastlanan mekanik komplikasyonlardan biridir (Sailer ve ark., 2022). Vida gevşemesinin sebepleri arasında; yetersiz sıkma torku, vida materyali ve tasarımındaki uyumsuzluklar, aşırı mekanik yüklenme, ağız içi sıcaklık değişimleri, fonksiyon sırasında oluşan titreşimler ve implantın yanlış konumlandırılması sayılabilir (Kose ve ark., 2017).

Literatürde, simante sistemlerde vidalı sistemlere kıyasla daha az vida kırığı rapor edilmiştir. Özellikle internal bağlantılı simante sistemlerin en güvenilir seçenek olduğu bildirilmiştir (Freitas Jr ve ark., 2011). Bu tür komplikasyonların önlenmesi için üreticinin önerdiği tork değerlerine eksiksiz uyulması gerektiği vurgulanmaktadır (Kose ve ark., 2017).

2.5.4.2. İmplant Kırılması

İmplant kırıkları, tüm mekanik komplikasyonlar arasında en zorlu ve en stres verici sorunlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Bu komplikasyonlar genellikle uzun dönem kullanım sonrasında ortaya çıkabilmektedir (Goiato ve ark., 2019). Başlıca nedenler arasında; uygunsuz üst yapı tasarımı, bruksizm, aşırı oklüzal kuvvetler, yetersiz implant çapı, peri-implant kemik kaybı ve metal yorgunluğu yer almaktadır (Green ve ark., 2002).

Araştırmalar, geniş çaplı implantların daha yüksek yapısal dayanıklılık sağlayarak kırık riskini azalttığını ortaya koymuştur (Goiato ve ark., 2014; Manfredini ve ark., 2024). İmplant kırıklarının önlenmesi için; peri-implantitisin kontrolü, biyouyumlu restoratif materyallerin kullanımı, galvanik korozyon riskinin azaltılması, uygun oklüzal yük yönetimi ve pasif uyumlu protetik tasarımların uygulanması büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, düzenli klinik kontroller ve profesyonel bakım da komplikasyonların erken tespitinde ve implantların uzun dönem başarısının korunmasında kritik rol oynamaktadır (Green ve ark., 2002).

İmplant kırığı gerçekleştiğinde, en etkili tedavi yöntemi kırık implantın tamamen çıkarılması ve bölgeye yeni implant yerleştirilmesidir (Goiato ve ark., 2014).

2.5.4.3. Restoratif Materyallerin Kırılması

İmplant destekli restorasyonlarda kullanılan materyallerin kırılması veya bozulması, klinik açıdan önemli bir komplikasyon olarak kabul edilmektedir (Newman ve ark., 2024). Restoratif materyal kırıkları, doğal dişlerde görülen benzer problemlere kıyasla implantlarda daha sık rapor edilmiştir. Bu komplikasyonlar genellikle bruksizm, uygun olmayan oklüzal tasarım ve aşırı oklüzal kuvvetler gibi faktörlerle ilişkilidir (Misch ve Resnik, 2017).

2.5.5. Estetik ve Fonetik Komplikasyonlar

Estetik ve fonetik sonuçlar, implant tedavisinde hasta memnuniyetini doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer alır. Ancak bu sonuçların değerlendirilmesi, çoğunlukla subjektiflik ve standart eksikliği nedeniyle zorluk taşır. Klinik uygulamalarda, hastaların estetik ve fonetik beklentilerini iyi anlamak ve buna uygun bireyselleştirilmiş tedavi planları geliştirmek büyük önem arz etmektedir (Ramani ve ark., 2020).

2.5.5.1. Estetik Komplikasyonlar

Estetik bölgelerin implantla rehabilitasyonu, optimum estetik sonuç elde etme gerekliliği nedeniyle oldukça zorlu ve karmaşık bir süreçtir (S Balasubramaniam ve ark., 2012). Elde edilen estetik başarı; implantın konumu ve açısı, üst dudak pozisyonu, diş boyutları, gülümseme çizgisi ve diş eti çekilmesi gibi faktörlerden etkilenmektedir (Ramani ve ark., 2020; S Balasubramaniam ve ark., 2012).

Literatürde, hastaların estetik sonuçlardan genellikle memnun oldukları, ancak klinisyenlerin bu sonuçlara daha eleştirel yaklaştıkları bildirilmiştir (Arunyanak ve ark., 2017). Asimetrik gingival seviyeler, karanlık üçgenler, yumuşak doku renk uyumsuzlukları ve restorasyon formundaki estetik uyumsuzluklar en sık görülen komplikasyonlar arasındadır. Bu sorunların en aza indirilmesi için titiz hasta değerlendirmesi ve kapsamlı tedavi planlaması yapılmalıdır (Newman ve ark., 2024).

2.5.5.2. Fonetik Problemler

Fonetik zorluklar, özellikle şiddetli atrofik maksillaya sahip hastalarda daha sık görülmektedir (Singh, 2021). Dişler ve destek dokulardaki ani değişiklikler, özellikle “s”, “t”, “d” ve “z” gibi sessiz harflerin artikülasyonunda bozukluklara yol açabilir.

Bu nedenle hastaların, tedavi sonrası 3-6 aylık adaptasyon süreci gerekeceği ve bu dönemde fonetik şikâyetlerin ortaya çıkabileceği konusunda bilgilendirilmeleri önemlidir (Manela Shill ve ark., 2021).

2.6. İmplant Yerleştirme Protokolleri

İmplant yerleştirme zamanlamaları ile ilgili olarak literatürde farklı sınıflamalar yapılmıştır. Brånemark ve arkadaşları, diş çekiminden sonra implant uygulaması için bölgenin tam iyileşmesine izin verilmesini öneren standart protokolü tanımlamışlardır (Albrektsson ve ark., 1981). Buna karşılık, Hahn ve arkadaşlarının yürüttüğü öncü bir çalışmada, diş çekimini takiben hemen yerleştirilen implantlarda yüksek başarı oranları rapor edilmiştir (Hahn, 2000). Bu doğrultuda implant yerleştirme protokolleri, çekim sonrası iyileşme süresine bağlı olarak farklı kategorilere ayrılmıştır.

2003, 2008 ve 2013 yıllarında gerçekleştirilen International Team for Implantology (ITI) konferanslarında dört temel implant yerleştirme seçeneği tanımlanmıştır (Gallucci ve ark., 2018):

- Tip 1: Çekim günü immediat implant yerleştirme,
- Tip 2: 4-8 haftalık yumuşak doku iyileşmesinden sonra erken implant yerleştirme,
- Tip 3: 12-16 haftalık kısmi kemik iyileşmesini takiben erken yerleştirme,
- Tip 4: En az 6 aylık tam kemik iyileşmesinden sonra geç implant yerleştirme.

2.6.1. İdeal İmplant Yerleşimi

İmplantların yalnızca sağkalım oranı, artık başarıyı değerlendirmede tek başına yeterli kabul edilmemektedir. Başarı kriterleri, uzun dönem mekanik stabilite ve yumuşak/sert doku sağlığını kapsamanın yanı sıra implant-protez kompleksinin fonksiyonel ve estetik başarısını da içermektedir.

Başarılı bir implant yerleşimi için öncelikle implantın tamamen kemik içine yerleştirilmesi gerekir. İkinci olarak, implantın çevredeki anatomik yapılara zarar vermemesi önemlidir. Bu bağlamda, alt çenede inferior alveolar sinir, üst çenede ise maksiller sinüs membranı kritik anatomik yapılardır. Üçüncü olarak

implantın konumu, planlanan protetik rehabilitasyon ile uyumlu olmalıdır. Aksi halde elde edilecek estetik ve fonksiyonel sonuç optimalin altında kalacaktır (Brief ve ark., 2005).

Günümüzde protetik yönelimli implant cerrahisi, kısa ve uzun vadeli tedavi başarısını artıran bir bakım standardı haline gelmiştir. Doğru implant konumlandırması; estetik ve fonksiyonel açıdan avantajlar, implant çevresi dokularda uzun dönem stabilite, kolay hijyen sağlanması, optimal oklüzal temas ve uygun vakalarda erken yükleme imkânı sunmaktadır. Ayrıca, implantların doğru üç boyutlu yerleşimi, çıkarılabilir vidalı üst yapıların uygulanabilmesine olanak tanır. Böylece geri alınamaz simanlı restorasyonların neden olduğu biyolojik ve mekanik komplikasyonların önüne geçilebilir (Chackartchi ve ark., 2022).

Bunun yanı sıra, ideal implant yerleşimi için implantlar arası mesafe, diş-implant mesafesi, yerleşim derinliği ve diğer parametreler dikkate alınmalıdır. Bu kriterler göz önünde bulundurulduğunda, sanal implant planlaması, optimum tedavi başarısını sağlamak için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir (D'haese ve ark., 2017). Sonuç olarak, bu faktörlerin tamamı, dental implantların uzun vadeli başarısına doğrudan katkı sağlamaktadır.

2.6.2. Konvansiyonel Cerrahi ile İmplant Yerleşimi

Brånemark, implant cerrahisinde cerrahi sahayı daha iyi görselleştirmek amacıyla geniş fleplerin kullanımını önermiştir. Bu protokolde, mukozada tam kalınlıkta bir insizyon yapılır, ardından alttaki kemik açığa çıkarılacak şekilde flep kaldırılır ve implant yerleştirildikten sonra flep süturlarla kapatılır (Branemark, 1977).

Bu yöntemin en önemli avantajı, cerrahın bölgedeki kemik miktarını ve morfolojisini doğrudan gözlemleyebilmesi, böylece implantın daha doğru konumlandırılabilmesi ve fenestrasyon ile dehisens gibi komplikasyonların azaltılabilmesidir (Brodala, 2009). Öte yandan, periosteum kret üzerinden kaldırıldığında, kortikal kemiğin kanlanması ciddi şekilde bozulur. Bu durum, travma ve beslenme eksikliği nedeniyle yüzeyde osteoblast ölümüne yol açarak implant çevresinde erken kemik kaybına sebep olabilir (Misch ve Resnik, 2020).

1970'lerin başında yapılan çalışmalarda, flep kaldırılmasının diş eti çekilmesi ve doğal diş çevresinde kemik kaybı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca flep

elevasyonuna bağlı cerrahi sonrası doku kayıpları rapor edilmiş; bunun özellikle anterior maksilla bölgesinde implantın estetik sonuçlarını olumsuz etkileyebileceği ortaya konmuştur (Brief ve ark., 2005). Bunun yanında, konvansiyonel cerrahi insizyon gereksinimi, flep kaldırılması ve sütün uygulaması, postoperatif morbiditeyi ve hasta rahatsızlığını artırmaktadır.

2.6.3. Bilgisayar Destekli İmplant Cerrahisi

İmplantların ideal konumlarına yerleştirilmesini sağlamak amacıyla yıllar içerisinde birçok sistem geliştirilmiştir. 1990’larda, görüntüleme verileriyle oluşturulan sanal planlar, hastaların taktığı radyoopak tarama protezleriaracılığıyla klinik uygulamaya aktarılıyordu. Daha sonra bu protezler ek prosedürlerle cerrahi şablonlara dönüştürölmekteydi. Ağız içi tarayıcıların geliştirilmesiyle birlikte alçı model ihtiyacı ortadan kalkmış ve ölçülerin doğruluk düzeyi artmıştır (Skjerven ve ark., 2019).

Son yıllarda ise minimal invaziv cerrahi konsepti, öngörölebilir protetik sonuçlara duyulan ihtiyaç ve KIBT’nin yaygınlaşması, rehberli cerrahinin implantoloji pratiğinde giderek daha fazla benimsenmesine yol açmıştır. Özellikle ağız içi tarayıcılar, BDÜ-CAM teknolojisi ve 3 boyutlu (3D) implant planlama yazılımlarının kullanıma girmesiyle, farklı bilgisayar destekli sistemler geliştirilmiştir. Bu yazılımlar; implantın markasını, tipini ve boyutunu seçme, uygun prostetik dayanak belirleme, implantların paralel veya açılı konumlandırılması ve komşu anatomik yapılarla mesafelerinin ayarlanmasına olanak tanır. Böylece cerrahi ve restoratif ekip, ameliyat öncesinde ortak bir sanal platformda planlama yapabilir ve elde edilen verilerden implantların yerleştirilmesine yönelik cerrahi rehberler üretilebilir (Tahmaseb ve ark., 2014).

İmplant cerrahisinde navigasyon, tomografik veriler üzerinde planlanan implant konumlarının hasta ağzına aktarılması sürecini ifade eder. Bu aktarım ya laboratuvarıda hazırlanan stentler yardımıyla statik olarak, ya da bilgisayar destekli navigasyon cihazları ile dinamik olarak geręekleřtirilebilir. 2009 yılında düzenlenen ITI konferansı konsensus raporunda, iki tip rehberli cerrahi sistemi tanımlanmıştır (Hämmerle ve ark., 2009):

- Bilgisayar destekli (statik) cerrahi: Bilgisayarlı tomografi verilerinden elde edilen sanal implant konumunun sabit bir cerrahi rehber aracılığıyla aktarılmasıdır. Bu yöntemde implant pozisyonu ameliyat sırasında değiştirilemez.
- Bilgisayarlı (dinamik) cerrahi: Tomografi verilerinden belirlenen sanal implant konumu, intraoperatif olarak dinamik navigasyon sistemleri yardımıyla aktarılır ve ameliyat sırasında konumda değişiklik yapılabilmesine olanak tanır.

2.6.3.1. Dinamik Navigasyonlu İmplant Cerrahisi

Navigasyon cerrahisi, ilk olarak nöroşirürji alanında daha güvenli beyin operasyonları gerçekleştirmek amacıyla geliştirilmiştir (Gargallo-Albiol ve ark., 2019). Dental implantolojide kullanılan dinamik navigasyon sistemlerinde, cerrahi sırasında kullanılan aletlerin konumu, hastanın üç boyutlu görüntüsüyle birlikte monitörde eş zamanlı olarak gösterilmektedir. Bu sayede ameliyat öncesi planlamanın intraoperatif olarak gerçek zamanlı aktarılması mümkün olmakta ve cerraha görsel geri bildirim sağlanmaktadır.

Günümüzde dental implant yerleştirmede kullanılan dinamik navigasyon sistemleri, optik izleme teknolojilerinden yararlanmaktadır. Bu sistemler hem hastayı hem de cerrahi aletleri takip ederek görüntüleri monitöre aktarır. Optik izleme, pasif veya aktif izleme dizileri aracılığıyla yapılır:

- **Pasif sistemler**, harici bir ışık kaynağından gelen ışığı yansıtan diziler kullanır ve bu yansımalar stereo kameralar tarafından algılanır.
- **Aktif sistemler** ise, ışık yayan dizilerle çalışır ve yayılan ışık yine stereo kameralar tarafından takip edilir.

Dinamik navigasyon yönteminin başlıca avantajları arasında; yüksek doğruluk, zaman ve maliyet etkinliği ile cerrahi sırasında implantın boyut, sistem veya konumunda değişiklik yapabilme imkânı yer almaktadır. Statik yöntemlerle kıyaslandığında en önemli üstünlüğü, intraoperatif esneklik sağlamasıdır. Ayrıca, daha az flep kaldırılması gerektiği için konvansiyonel yaklaşımlara kıyasla daha az invaziv kabul edilmektedir. Özellikle ağız açmada kısıtlılığı olan

hastalarda veya erişimi zor bölgelerde, dinamik navigasyon, doğrudan görselleştirme gereksinimi olmadan implant yerleştirilmesine olanak tanır.

Bununla birlikte, dinamik navigasyon sistemlerinin yüksek maliyetleri ve intraoperatif kurulum gereklilikleri, yaygın kullanımını sınırlayan başlıca faktörlerdir (Block ve Emery, 2016).

2.6.3.2. Statik Rehberli İmplant Cerrahisi (Static Computer-Aided Implant Surgery - s-CAIS)

Statik yaklaşım, bilgisayarlı tomografi verilerinden elde edilen sanal implant konumunun, cerrahi sırasında değiştirilemeyen bir cerrahi şablona aktarılması esasına dayanır (D'haese ve ark., 2017). Bu yöntemin endikasyonları, tek diş eksikliğinden tam dişsiz bimaxiller rehabilitasyona kadar geniş bir yelpazeye uzanmaktadır (Joda ve ark., 2018).

1990'lı yılların ortalarında gelişim göstermesiyle birlikte rehberli implant cerrahisi hızla popülerlik kazanmış ve çeşitli firmalar tarafından farklı sistemler geliştirilmiştir (Vercruyssen, Fortin, ve ark., 2014). Bu rehberlerin bir kısmı stereolitografi (SLA) ile hızlı prototipleme yöntemiyle üretilirken, diğerleri radyografik tarama protezlerinin mekanik konumlandırma cihazları yardımıyla cerrahi rehbera dönüştürülmesiyle elde edilmektedir.

Bazı sistemler, artan çaplarda frez yuvalarına sahip birden fazla cerrahi rehber gerektirirken; diğerlerinde frez etrafında kullanılan bilezik ya da tek çıkarılabilir yuvalar yer alır. Bazı sistemler implant derinliğinin kontrolünü özel frezlerle sağlarken, diğerleri frezler üzerindeki gösterge çizgilerinden yararlanır. Osteotomi hazırlandıktan sonra bazı sistemler implantın tamamen rehberli yerleştirilmesine imkân tanırken, diğerlerinde implantın manuel konumlandırılabilmesi için cerrah rehber çıkarılmaktadır.

Cerrahi rehberler diş, kemik veya mukoza destekli olabilir. Hangi tipin tercih edileceği; kalan diş sayısına ve flepsiz cerrahi ihtiyacına bağlı olarak belirlenir (Tahmaseb ve ark., 2014). Gargallo-Albiol ve ark. (2019) sistematik derlemelerinde rehberleri aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır (Gargallo-Albiol ve ark., 2019):

2.6.3.2.1. Kemik Destekli Cerrahi Rehberler

- Geniş bukkal ve lingual/palatinal flep elevasyonu gerektirir.
- Tam ya da yaygın kısmi dişsizlik vakalarında, ayrıca kapsamlı kemik artırımı veya kemik redüksiyonu gereken durumlarda endikedir.
- Açık flep yaklaşımı sayesinde mental sinir gibi kritik anatomik yapıların doğrudan gözlemlenmesine olanak tanır.
- Yüksek düzeyde stabilizasyon sağlar.
- Ancak flep cerrahisi, postoperatif hasta morbiditesini artırır; daha fazla ağrı, yüksek analjezik ihtiyacı, ödem ve daha uzun operasyon süresi ile ilişkilidir (Parashis ve Diamantopoulos, 2013).

2.6.3.2.2. Diş Destekli Cerrahi Rehberler

- Flepsiz cerrahiye olanak tanır.
- Yumuşak veya sert doku augmentasyonu gerektiğinde modifiye edilebilir.
- Planlama aşamasında belirlenmesi koşuluyla cerrahi sırasında diş çekimine izin verir.
- Aynı anda mukoza veya kemik desteği ile kombine edilebilir.
- Yüksek düzeyde stabilizasyon sunar.
- Doğruluk açısından, diş destekli cerrahi rehberler genellikle kemik veya mukoza desteklilerden daha üstündür (Parashis ve Diamantopoulos, 2013).

2.6.3.2.3. Mukoza Destekli Cerrahi Rehberler

- Radyolüsent silikon ısırma indeksi ile stabilize edilmiş radyoopak rehber kullanılarak tarama yapılması gerekir.
- Tam dişsiz olgularda flepsiz cerrahi için endikedir.
- Özellikle mandibula bölgesinde ek stabilite sağlamak için stabilizasyon pinleri gerekebilir.
- Hasta memnuniyetinin en yüksek düzeyde olduğu yöntemlerden biridir.

- Ayrıca, kemik destekli cerrahi rehberlere kıyasla hasta başına işlem süresini kısaltmaktadır (Parashis ve Diamantopoulos, 2013).

2.6.3.2.4. Kapalı Cerrahi Rehberler

- Cerrahi alanı tamamen kapatarak, osteotomi ve implant yerleştirme sırasında kemik veya mukozanın doğrudan görülmesine izin vermez.
- Frezler ve implantlar, şablon içinde sabit hareket eder; bu da osteotomi sırasında yapılabilecek değişikliklerin önüne geçer.
- Bu sistemlerde olası hatalar ameliyat sırasında fark edilemeyeceği için sonuçların başarısı, büyük ölçüde ameliyat öncesi planlamanın doğruluğuna ve kullanılan sistemin etkinliğine bağlıdır.
- Ayrıca, kemik hazırlığı sırasında soğutma sıvısının frezlere doğrudan temas etmesine izin verilmez; bu durum kemik sıcaklığını artırarak iyileşme sürecini olumsuz etkileyebilir (Gargallo-Albiol ve ark., 2019).

2.6.3.2.5. Açık Cerrahi Rehberler

- Bukkal bölgede açık erişim sağlayan tasarımı sayesinde cerrah, osteotomi sekansı ve implant yerleştirme sırasında kemik ve mukozayı doğrudan gözlemleyebilir.
- Soğutma sıvısının frezlerle daha etkin temas etmesini sağlayarak kemik sıcaklığının yükselmesini engeller.
- Sonuçların başarısı, yine ameliyat öncesi planlama ve sistemin etkinliğine bağlıdır. Bununla birlikte, daha az kısıtlayıcı olmaları nedeniyle konumlandırma hataları kapalı sistemlere göre daha sık görülebilir (Liu ve ark., 2018).

2.6.3.2.6. Tam Cerrahi Rehberler

- Tüm osteotomi ve implant yerleştirme işlemlerini yönlendiren sistemlerdir.
- Flepsiz cerrahiye imkân sağlar. Ancak, yetersiz kemik hacmi veya keratinize mukozanın azlığı durumunda flep kaldırılması önerilir.
- İşlem süresini kısaltır, postoperatif rahatsızlığı azaltır.

- Ameliyat sırasında değişiklik yapılmasına izin vermez (Gargallo-Albiol ve ark., 2019).

2.6.3.2.7. Frezleme Amaçlı Cerrahi Rehberler

- Osteotomi cerrahi rehber yardımıyla hazırlanır, ancak cerrahi rehber daha sonra çıkarılarak implant konvansiyonel yöntemle yerleştirilir.
- İmplant derinliği, yerleştirme sırasında cerrahi rehber tarafından kontrol edilmez (Gargallo-Albiol ve ark., 2019; Younes ve ark., 2018).

2.6.3.2.8. Pilot Drilleme Amaçlı Cerrahi Rehberler

- Bu teknikte yalnızca ilk osteotomi aşamasında cerrahi rehber kullanılır. Pilot frez uygulandıktan sonra cerrahi rehber çıkarılır.
- Bu sayede, ilk osteotomi sonrasında konum değişikliklerine izin verir (Gargallo-Albiol ve ark., 2019; Younes ve ark., 2018).

2.7. Statik Rehberli Cerrahide İş Akışı

Statik rehberli implant cerrahisi genel olarak altı aşamalı bir iş akışı ile gerçekleştirilmektedir:

- Hastanın değerlendirilmesi
- Verilerin toplanması
- Verilerin işlenmesi
- Sanal implant planlaması
- Cerrahi rehberin üretimi
- Ameliyatın gerçekleştirilmesi ve geçici protezin hazırlanması

2.7.1. Hastanın Değerlendirilmesi

İlk aşama, endikasyonun ve uygulanacak yöntemin doğru belirlenmesidir. Bu basamak, ilerleyen süreçte ortaya çıkabilecek komplikasyonların önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Hastanın estetik ve fonksiyonel açıdan kapsamlı bir muayenesi yapılmalı, tedaviden beklentileri net olarak anlaşılmalıdır.

- Dişli hastalarda, kalan dişlerin periodontal ve restoratif durumları değerlendirilerek, mobilite gösteren dişlerin çekimi planlanmalıdır.
- Tam dişsiz hastalarda mevcut protezin uygunluğu incelenmeli, greft ihtiyacı veya kemik redüksiyonu gerekliliği göz önünde bulundurulmalı ve buna göre flepli ya da flepsiz cerrahi seçilmelidir.
- Özellikle posterior bölgelerde cerrahi rehberin ve cerrahi aletlerin rahat manipülasyonu için ağız açıklığı ve interoklüzal mesafe mutlaka değerlendirilmelidir.

2.7.2. Verilerin Toplanması

Bu aşamada bilgisayarlı tomografi (BT) veya KIBT görüntüleri ile ağız içi dijital taramalar elde edilir. Günümüzde KIBT, daha düşük radyasyon dozu ve maliyet avantajı nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir (Lin ve ark., 2020).

Dişsiz hastalarda ideal diş pozisyonu, tarama protezi aracılığıyla görselleştirilir. Böylece implantlar hem anatomik hem de protetik faktörler dikkate alınarak planlanabilir. Standart akrilik protezler, yumuşak dokularla benzer yoğunlukta olduklarından KIBT’de ayırt edilemez; bu nedenle özel tarama protezleri hazırlanmalıdır (Vercruyssen, Fortin, ve ark., 2014).

Başlıca yöntemler:

- **Radyopak akrilik protez kopyası** hazırlanarak tek görüntüleme yapılması,
- **Dual-scan prosedürü:** Hasta protezi ile birlikte ve protez tek başına görüntülenir. Protezin içine gütaperka gibi radyopak belirteçler eklenerek iki görüntü entegre edilir,
- **Yüzey optik taraması:** KIBT ile tam yansıtılamayan dokuların kaydedilmesini sağlar. Tarama indirekt (alçı modeli laboratuvar tarayıcı ile tarama) veya direkt (ağız içi tarayıcı ile doğrudan tarama) yöntemlerle yapılabilir (Vercruyssen, Fortin, ve ark., 2014).

2.7.3. Verilerin İşlenmesi

Elde edilen KIBT verileri DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) formatında, ağız içi optik tarama verileri ise STL (Standard Triangle

Language) formatında kaydedilir. Bu veriler, daha sonra sanal implant planlama yazılımlarına aktarılır (Vercruyssen, Fortin, ve ark., 2014).

2.7.4. Sanal İmplant Planlaması

DICOM ve STL dosyalarının üst üste bindirilmesiyle hastanın sanal modeli oluşturulur. Bu modelde kalan dişler, yumuşak dokular ve kemik yapısı ayrıntılı şekilde görselleştirilir. Yazılımda uygun boy ve çapta implant seçilerek, planlanan restorasyon ve mevcut kemik anatomisine uygun frezleme protokolleri belirlenir (Pyo ve ark., 2019).

Kullanılan yazılımlara örnekler: SurgiGuides (Materialise, Leuven, Belçika), SIM/Plant (Columbia Scientific Inc., MD, ABD), Nobel Guide (Nobel Biocare, Yorba Linda, CA, ABD), I-Dent Imaging Ltd. (İsrail), coDiagnostiX (IVS Solutions AG, Chemnitz, Almanya), ImPlacer (Pacific Coast Software Inc., CA, ABD), Exoplan (exocad GmbH, Darmstadt, Almanya), NemoScan (Nemotec, Madrid, İspanya).

Planlama sırasında implant tipi ve boyutu yazılım kitaplığından seçilir. Ayrıca implantların pozisyonu, açısı, birbirine göre paralellikleri, flepli/flepsiz cerrahi tercihi, kullanılacak cerrahi rehberin tipi ve protez tasarımı belirlenir.

2.7.5. Cerrahi Rehberin Üretimi

Planlama tamamlanıp sorumlu hekim tarafından onaylandıktan sonra cerrahi rehber, ya analog yöntemlerle ya da BDÜ-CAM teknolojileri kullanılarak üretilir.

2.7.6. Ameliyatın Gerçekleştirilmesi

Ameliyat öncesinde cerrahi rehberin çenelere doğru oturup oturmadığı kontrol edilmelidir. İmplant firmaları, rehberli cerrahiye özel kitler sunmaktadır. Cerrahin bu kitlelere hâkim olması ve üretici protokollerine uygun şekilde uygulama yapması gerekmektedir. Operasyon sonrasında geçici protez de bu aşamada hazırlanabilir.

2.8. Statik Rehberli Cerrahinin Avantajları

Konvansiyonel flep kaldırma prosedürleri hastalar tarafından genellikle rahatsız edici bir işlem olarak algılanmaktadır. Ayrıca, iki boyutlu radyografik verilerin üç boyutlu klinik ortama aktarılması da görece zor bir süreçtir. Buna karşın, minimal invaziv

cerrahi yöntemleri, dokuların travmatik yaralanmasını önleyerek hasta konforunu en üst düzeye çıkarmak amacıyla geliştirilmiştir (Lindeboom ve Van Wijk, 2010).

Detaylı teşhis ve hassas implant yerleşimi, maksiller sinüs, sinirler, damarlar ve dişler gibi önemli anatomik yapıların yaralanma olasılığını en aza indirir. Ayrıca, kemik miktarı ve kalitesi cerrahi öncesinde değerlendirilebildiğinden mevcut kemik dokusu çoğunlukla optimum şekilde kullanılabilir (Parashis ve Diamantopoulos, 2013).

Flepsiz implant yerleşimi, sert ve yumuşak dokuların kanlanması korunmasına katkı sağlayarak, flep kaldırılmasına bağlı krestal kemik rezorpsiyonunu azaltabilir. Bunun yanı sıra, komşu dişlerin diş eti seviyeleri ve interdental papillanın korunmasına da yardımcı olur (Brodala, 2009). Statik rehberli cerrahi, operasyon sırasında ve sonrasında kanamayı azaltır; bu nedenle özellikle pıhtılaşma bozukluğu bulunan veya kardiyovasküler risk grubundaki hastalarda tercih edilebilir.

Postoperatif dönemde ağrı ve ödemde de anlamlı azalma sağladığı bildirilmiştir (Arısan ve ark., 2010). Birçok çalışmada, bu yöntemde analjezik kullanımının konvansiyonel cerrahiye kıyasla daha düşük olduğu raporlanmıştır (Arısan ve ark., 2010). Ayrıca, flepsiz implant yerleşiminin bakteriyemi ve yara yeri açılması gibi komplikasyonları da azalttığı gösterilmiştir (Laleman ve ark., 2016).

Bu yöntem aynı zamanda, nihai tedavi için multidisipliner yaklaşım ve sorumlulukların paylaşılmasını gerektirir. Bu yöntemin bir diğer avantajı ise implant yerleştirilmeden önce geçici veya kalıcı protetik restorasyonun hazırlanmasına olanak sağlamasıdır. Böylece, immedat yükleme olasılığı artar, tedavi süresi kısılır ve hasta memnuniyeti yükselir. Bununla birlikte, klinisyen implant konumlandırması ile önceden hazırlanan protez arasında oluşabilecek olası uyumsuzlukları düzeltmeye hazırlıklı olmalıdır (Parashis ve Diamantopoulos, 2013).

2.9. Statik Rehberli Cerrahinin Dezavantajları

Statik cerrahi rehberlerin implant yerleşiminde kullanılmasının en önemli dezavantajlarından biri, kemik anatomisi ve kritik anatomik yapıların doğrudan gözlemlenememesidir. Bu sınırlılık, kemikte dehisens ve fenestrasyon oluşumuna yol açabilir. Böyle bir durumda cerrahın, implant yerini değiştirmesi, ek greftleme

işlemleri uygulaması veya implantın iyileşmeyi takiben yerleştirilmesi gibi plan değişikliklerine gitmesi gerekebilir (Brodala, 2009).

Statik rehberli cerrahi, özellikle interoklüzal mesafenin sınırlı olduğu veya molar bölgeler gibi erişimi zor alanlarda dezavantaj oluşturabilmektedir. Bu sorunu gidermek amacıyla bazı sistemlerde, cerrahi rehber tüplerine yanıl açıklıklar eklenmiştir (Vercruyssen, Fortin, ve ark., 2014). Bununla birlikte, kapalı cerrahi rehber sistemlerinin irrigasyonu kısıtladığı ve frezin apikaline sıvının ulaşmasını engellediği rapor edilmiştir. Bu durumun termal travmaya neden olarak implant kaybına yol açabileceği bildirilmektedir (Liu ve ark., 2018).

Nihai protez uygulamalarında, ameliyat sonrası oluşabilecek doku çekilmeleri estetik sorunlara yol açabilir. Ayrıca, implant başarısızlığı durumunda komplikasyonların çözümü her zaman mümkün olmayabilir. Statik sistemlerin kullanımı için özel bilgisayarlar ve cihazların temini ek başlangıç maliyetine neden olmaktadır (Parashis ve Diamantopoulos, 2013).

Her ne kadar bu sistemlerin hasta başı süresini azalttığı bilinse de, sanal planlama ve teknik süreçlerde cerrahi ekibin harcadığı süre konvansiyonel yöntemlere göre daha uzundur. Bu nedenle, statik rehberli cerrahinin zaman verimliliği ve maliyet açısından etkinliği konusunda literatürde farklı görüşler bulunmakta, ekonomik etkilerin tam olarak netleşmediği ifade edilmektedir (Joda ve ark., 2018).

2.10. Statik Rehberli İmplant Cerrahisinin Doğruluğu

Statik yöntemlerle gerçekleştirilen implant yerleşimleri genel olarak öngörülebilir kabul edilse de, iş akışındaki herhangi bir aşamada meydana gelebilecek hata, planlanan implant konumu ile yerleştirilen implant arasında doğrusal veya açısal sapmalara yol açabilmektedir. Literatürde bu sapmaların değerlendirilmesi için en yaygın yöntem, preoperatif ve postoperatif KIBT görüntülerinin karşılaştırılmasıdır (Cassetta ve ark., 2013; Tahmaseb ve ark., 2018; Vercruyssen ve ark., 2014). Alternatif bir yöntem olarak, cerrahi öncesi ve sonrası alınan modellerin karşılaştırılması da kullanılmaktadır (Vercruyssen, Hultin, ve ark., 2014).

2.11. Statik Rehberli Cerrahinin Komplikasyonları

Bilgisayar destekli rehberli implant cerrahisi sırasında, işlem esnasında, ameliyat sonrası erken dönemde veya geç dönemde çeşitli komplikasyonlar görülebilmektedir.

- Cerrahi sırasında en sık karşılaşılan sorun rehberin kırılmasıdır; bunu implantın yeterli primer stabilite sağlayamaması takip etmektedir. Ayrıca, plan değişiklikleri, silikon indeks uyumsuzluğu ve ek greftleme ihtiyacında işlem sırasında ortaya çıkabilen komplikasyonlar arasında yer almaktadır (Laleman ve ark., 2016; Tahmaseb ve ark., 2018).
- Ameliyat öncesi planlama ile ameliyat sonrası implant pozisyonu arasındaki olası farklılıklar ciddi klinik sonuçlara yol açabileceğinden, bu konu büyük bir dikkat gerektirir. Planlama ile uygulama arasındaki sapmalar, KIBT taraması, planlama aşamaları, verilerin aktarımı, cerrahi rehberin üretim ve konumlandırılması veya implantların yerleştirilmesi gibi sürecin herhangi bir basamağında ortaya çıkabilmektedir (D'haese ve ark., 2012).
- Cerrahi sonrası dönemde karşılaşılabilecek komplikasyonlar arasında ise keratinize peri-implant mukoza eksiklikleri, üst yapı ile bağlantı uyumsuzlukları, vida gevşemesi ve protez kırıkları bulunmaktadır (Tahmaseb ve ark., 2014).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı bünyesinde yapılmış olup, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Biriminden, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) (Proje No: TDK-2024-13893) desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada NemoScan (Nemotec, Madrid, İspanya) ve Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Almanya) isimli iki farklı cerrahi rehber planlama yazılımının doğruluklarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Bu in vitro çalışmada üç grup oluşturulmuş olup, her grup kendi içerisinde üç alt gruba ayrılmıştır (Tablo 3.1). Her bir grup için dental implant planlaması yapılmıştır. Birinci grupta 15 numaralı diş bölgesinde tek diş eksikliğini temsil eden bir adet dental implant planlanmıştır. İkinci grupta, çoklu diş eksikliğini temsil eden 12-22 numaralı bölgelerde iki adet dental implant planlanmıştır. Üçüncü grupta ise dişsiz maksillayı temsil edecek şekilde 13, 14, 16, 23, 24 ve 26 numaralı bölgelerde toplam altı adet dental implant planlanmıştır.

Çalışmamızda NemoScan ve Exoplan yazılım programlarının birbirlerine göre doğruluğunun karşılaştırmasının yanında, serbest el yöntemine göre etkinliklerinin değerlendirilmesi amacıyla , Geomagic Control X 2025 (Hexagon AB, Stockholm, İsveç) yazılımında NemoScan ve Exoplan sanal implant planlamaları ile ilgili grupların serbest el DICOM verileri ile karşılaştırılmış, NemoScan yazılımının cerrahi rehber doğruluğunun değerlendirilmesi amacıyla operasyon sonrası DICOM verilerinin NemoScan sanal planlaması ile karşılaştırılmıştır. Aynı şekilde Exoplan cerrahi rehber doğruluğunun değerlendirilmesi amacıyla operasyon sonrası DICOM verilerinin Exoplan sanal planlaması ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.1.Çalışma grupları, implant planlamaları, kullanılan implant sayıları

Grup Adı	Alt Grup	Eksik Diş Numaraları	Model Sayısı	İmplant Planlaması	Toplam İmplant Sayısı
1. grup (NemoScan)	Tek üye	15	5	15	5
	İki üye	12,11,21,22	5	12,22	10
	Dişsiz	-	5	13,14,16,23,24, 26	30
2. grup (Exoplan)	Tek üye	15	5	15	5
	İki üye	12,11,21,22	5	12,22	10
	Dişsiz	-	5	13,14,16,23,24, 26	30
3. grup (Serbest el yöntemi)	Tek üye	15	5	15	5
	İki üye	12,11,21,22	5	12,22	10
	Dişsiz	-	5	13,14,16,23,24, 26	30

3.1. Poliüretan Modellerin Üretimi

Bu in vitro çalışmada, hazır kalıplardan üretilen standart poliüretan maksilla modeller (Selbones, Kayseri, Türkiye) kullanıldı (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Üç grupta bulunan maksilla poliüretan modeller

3.2. Laboratuvar Aşaması

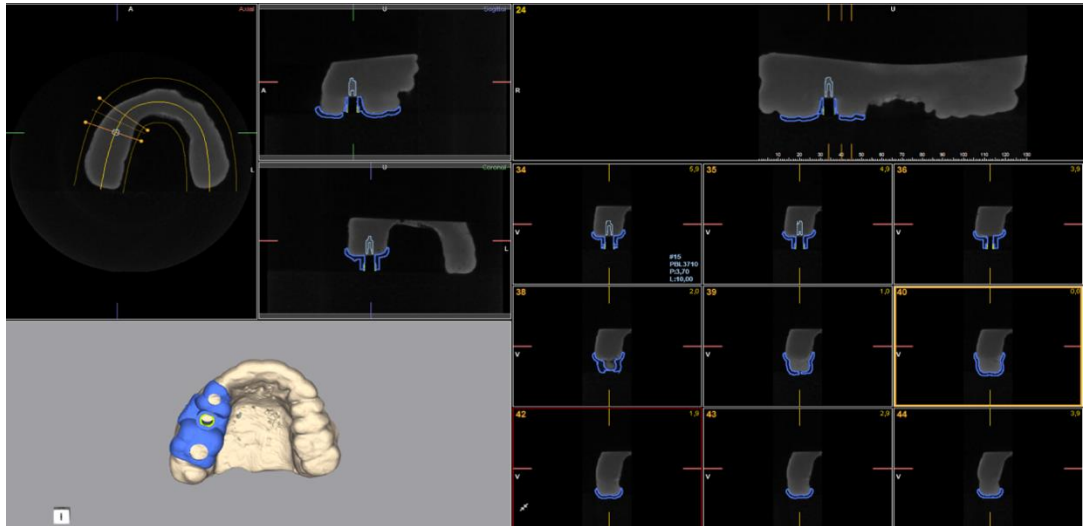
3.2.1. Verilerin Elde Edilmesi

Poliüretan maksilla modellerden KIBT (NewTom , QR s.r.l./Cefla, İtalya) çekilmesi sonucunda elde edilen DICOM verileri sanal planlama ve cerrahi rehber üretimi için NemoScan (Nemotec, Madrid, İspanya) ve Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Almanya) yazılımlarına aktarıldı.

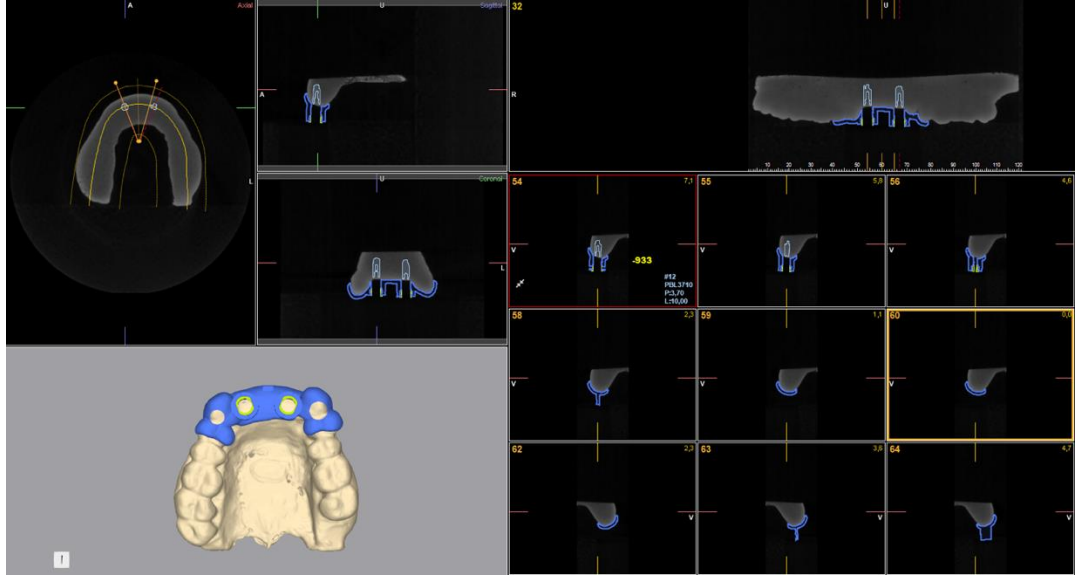
3.2.2. Sanal Dental İmplant Planlanması

Yazılımlara yüklenen görüntüler işlenerek, 15 numaralı bölgede tek üyeli, 12-22 numaralı bölgelerde iki üyeli ve 13, 14, 16, 23, 24 ve 26 numaralı bölgelerde altı üyeli dental implantlar, modeller üzerinde sanal olarak konumlandırılmıştır. Planlama sırasında 15, 12 ve 22 numaralı implantlar ile komşu dişler arasında en az **1,5 mm**'lik güvenli mesafesi korunmuştur. Üçüncü grupta ise 13-14 ve 23-24 numaralı implantlar arasında **3 mm**'lik mesafe bırakılacak şekilde planlama gerçekleştirilmiştir. İmplantlar konumlandırılırken bukkal ve palatinal kemiğe en az 2 mm mesafe bırakılmıştır.

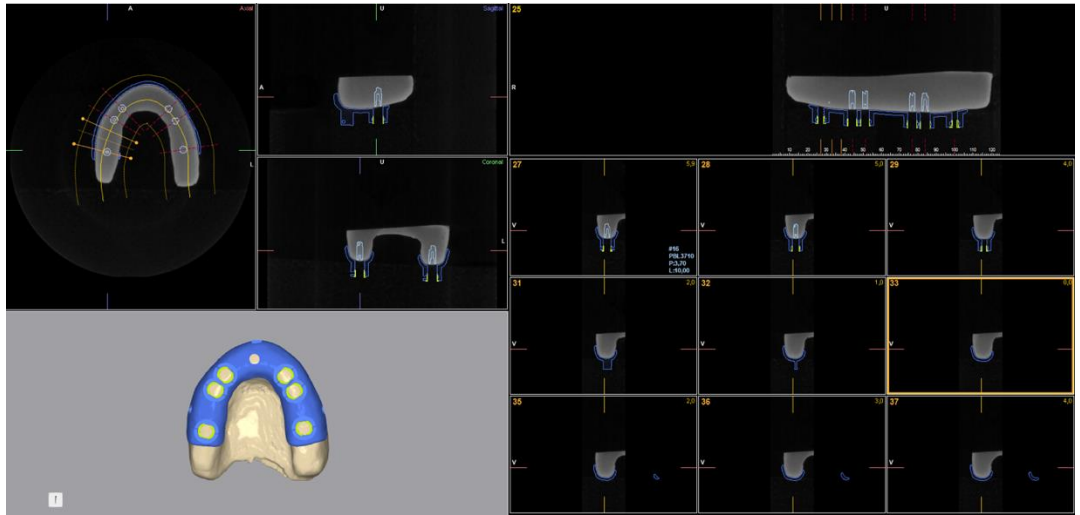
İmplantların konumlandırılması, kemik seviyesindeki farklılıklar dikkate alınarak, yerleştirildikleri bölgede marjinal kemiğin en apikalde bulunduğu noktaya göre kemik seviyesinde gerçekleştirilmiştir. (Şekil 3.2a., 3.2b.,3.2c)



Şekil 3.2a. NemoScan yazılım programında tek üye alt grubunda sanal implant konumlandırma ve rehber tasarım aşaması



Şekil 3.2b. NemoScan yazılım programında iki üye alt grubunda sanal implant konumlandırma ve rehber tasarım aşaması

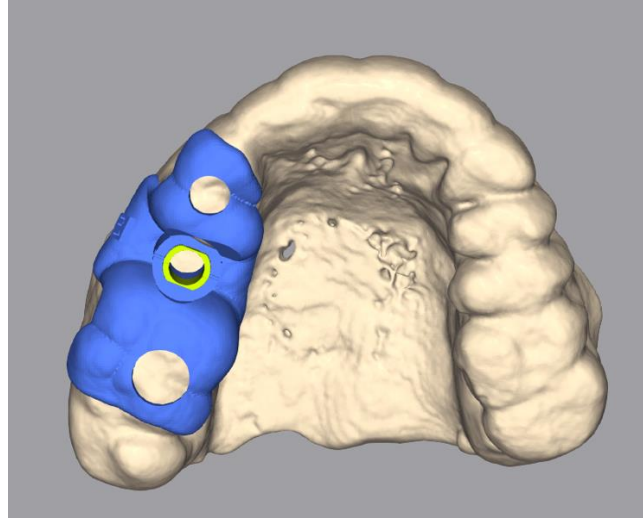


Şekil 3.2c. NemoScan yazılım programında dişsiz alt grubunda sanal implant konumlandırma ve rehber tasarım aşaması

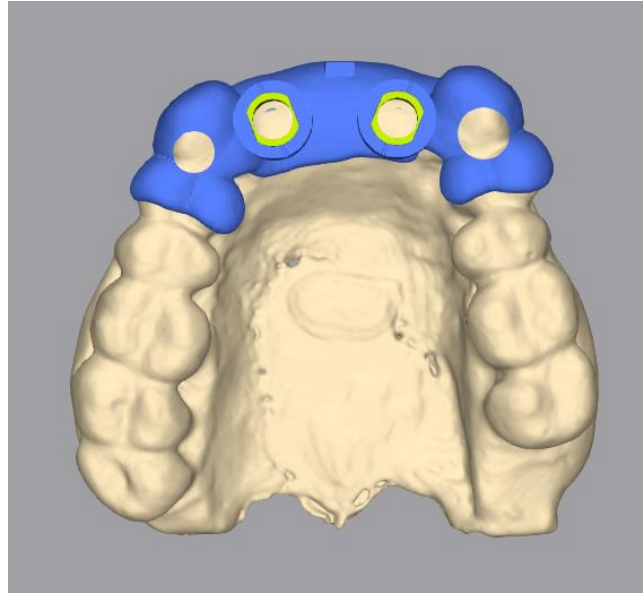
3.2.3. Cerrahi Rehber Üretimi

İlgili yazılımlarda DICOM verileri üzerinde yapılan sanal implant konumlandırmalarını takiben cerrahi rehber tasarımı gerçekleştirilmiştir. 15 numaralı dental implant için tasarlanan cerrahi rehberde 13,14,16,17 numaralı dişlerden destek alınarak diş destekli cerrahi splint tasarımı yapılmıştır. 12-22 numaralı dental implantlar için tasarlanan cerrahi rehberde 13,14,23,24 numaralı dişlerden destek alınarak diş destekli cerrahi rehber tasarlanmıştır. Dişsiz maksilla

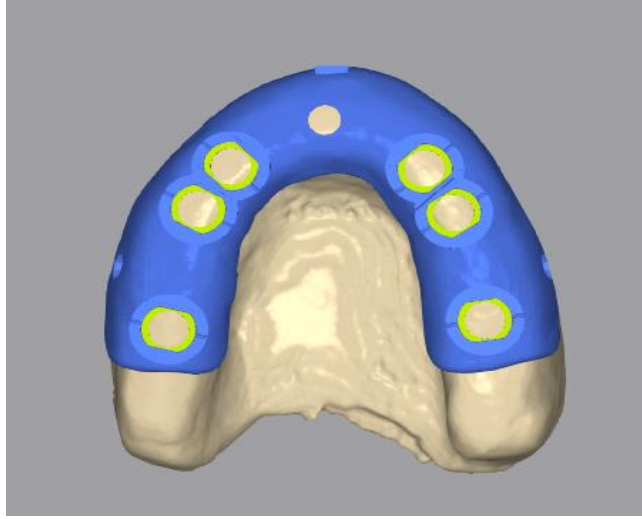
için yapılan tasarım modelin dişsiz olması ve modelde mukoza dokusunu taklit eden bir materyal bulunmaması sebebiyle, kemik destekli cerrahi rehber olarak tasarlanmıştır. (şekil 3.3a., şekil 3.3b., şekil 3.3c., şekil 3.3d., şekil 3.3e., şekil 3.3f)



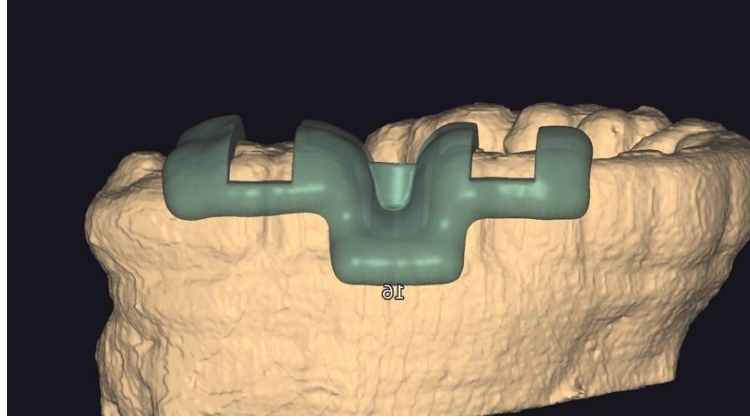
şekil 3.3a. NemoScan yazılımı tek üye alt grubu rehber tasarımı



şekil 3.3b. NemoScan yazılımı iki üye alt grubu rehber tasarımı



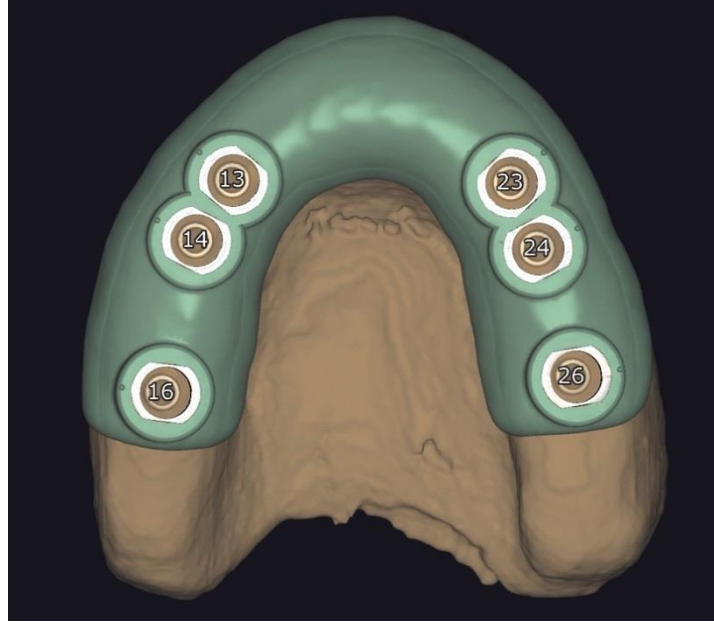
Şekil 3.3c. NemoScan yazılımı dişsiz alt grubu rehber tasarımı



Şekil 3.3d. Exoplan yazılımı tek üye alt grubu rehber tasarımı



Şekil 3.3e. Exoplan yazılımı iki üye alt grubu rehber tasarımı



Şekil 3.3f. Exoplan yazılımı dişsiz alt grubu rehber tasarımı

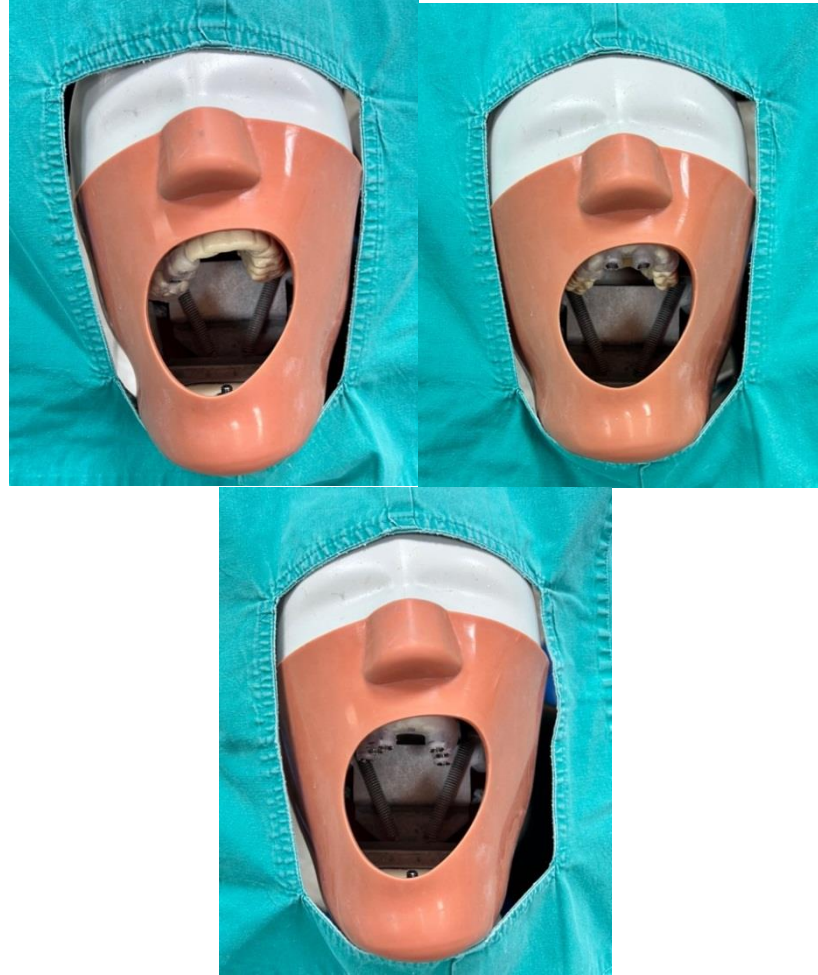
NemoScan (Nemotec, Madrid, İspanya) ve Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Almanya) yazılımları kullanılarak tasarlanan cerrahi rehberler STL formatında 3D yazıcı (Formlabs Inc., Somerville, Massachusetts, ABD) kullanılarak Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında üretimi gerçekleştirilmiştir.(Şekil 3.4)



Şekil 3.4. NemoScan (solda) ve Exoplan (sağda) yazılımları ile üretilmiş cerrahi rehberler

3.2.4. Deneysel Uygulama Protokolü

Deneysel alışmalar Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Fantom Laboratuvarında yürütülmüştür. Standart poliüretan maksilla modeller, hasta simülasyonunu sağlayan fantom kafalara sabitlenmiştir.(şekil 3.5) Deneysel prosedürlerde dental implant osteotomileri, **NSK SurgicPro** fizyodispenser (NSK Nakanishi Inc., Tochigi, Japonya) ve **NSK S-Max SG20** anguldruva (NSK Nakanishi Inc., Tochigi, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İmplant osteotomileri, 800 rpm devir hızında ve 35 Ncm tork değerinde, susuz ortamda uygulanmıştır. İmplant yerleştirme işlemleri ise 50 rpm devir hızında ve 35 Ncm tork değerinde gerçekleştirilmiştir.



şekil 3.5. Fantom kafalara sabitlenmiş poliüretan maksilla modeller ve cerrahi rehberler

Çalışmada kullanılan **BGuide** (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye) kiti (Şekil 3.5), **drill-body guidance** prensibiyle çalışan bir rehberli cerrahi sistemdir. Bu sistemde, yönlendirme frez (drill) gövdesinin doğrudan metal bileziğin iç yüzeyiyle teması aracılığıyla sağlanmakta olup cerrahi sırasında ek bir anahtar (key) veya tutucu aparat (handle) kullanılmamaktadır. Böylece yönlendirme, yalnızca drill ve bilezik arasındaki mekanik uyum üzerinden gerçekleştirilmiştir.

bguide
Guided Surgery Kit

• Ø3.2, Ø3.7, Ø4.1, Ø4.8 fixture



Şekil 3.6. Bilimplant, Bguide kiti

NemoScan ve Exoplan programlarında üretilen cerrahi rehberlerle gerçekleştirilen uygulamalarda fiksasyon pinleri kullanılmamıştır. Uygulamalara, operatörün cerrahi rehber kullanımına bağlı olarak görsel hafıza geliştirmesini önlemek amacıyla serbest el grubu ile başlanmıştır. Tek diş eksikliği içeren 1. alt grup için 5 poliüretan maksilla modele , 5 adet 3.7×10 mm boyutlarında dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye) uygulaması gerçekleştirilmiştir. İki diş eksikliği içeren 2. alt grup için 5 poliüretan maksilla modele 10 adet 3.7×10 mm boyutlarında dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye) uygulaması gerçekleştirilmiştir. Dişsiz maksilla içeren 3. alt grup için dental implantların yerleştirileceği bölgelerin standardizasyonunu sağlamak amacıyla, serbest el grubuna

ait beş poliüretan maksilla model üzerinde cerrahi rehber referans alınarak 13, 14, 16, 23, 24 ve 26 numaralı diş bölgeleri işaretlenmiştir. Bu grupta modellere toplam 30 dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye) uygulaması gerçekleştirilmiştir.

NemoScan (Nemotec, Madrid, İspanya) alt grubunun deneysel uygulaması için üretimi yapılan cerrahi rehberlere bilezik yerleştirilmesi uygulayıcı operatör tarafından yapılmıştır. Erciyes Üniversitesi Araştırma Laboratuvarında üretimi gerçekleştirilen cerrahi rehberlerin modellerle uyumu kontrol edilmiş, 1. alt grup için 5 poliüretan maksilla modele, 5 adet 3.7×10 mm boyutlarında dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye), çoklu diş eksikliği içeren 2. alt grup için 5 poliüretan maksilla modele 10 adet 3.7×10 mm boyutlarında dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye), 3. alt grup için 5 poliüretan maksilla modele 30 dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye) uygulaması gerçekleştirilmiştir.

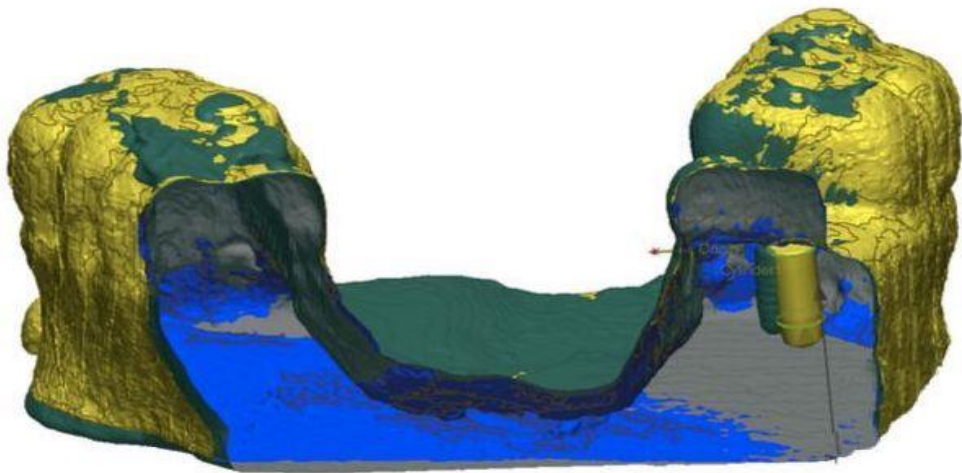
Exoplan (Exocad GmbH, Darmstadt, Almanya) alt grubunun deneysel uygulaması için üretimi yapılan cerrahi rehberlere bilezik (bilezik) yerleştirilmesi uygulayıcı operatör tarafından yapılmıştır. Erciyes Üniversitesi Araştırma Laboratuvarında üretimi gerçekleştirilen cerrahi rehberlerin modellerle uyumu kontrol edilmiş, 1. alt grup için 5 poliüretan maksilla modele , 5 adet 3.7×10 mm boyutlarında dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye), çoklu diş eksikliği içeren 2. alt grup için 5 poliüretan maksilla modele 10 adet 3.7×10 mm boyutlarında dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye), 3. alt grup için 5 poliüretan maksilla modele 30 dental implant (Bilimplant, Proimtech AŞ, İstanbul, Türkiye) uygulaması gerçekleştirilmiştir.

3.3. Uygulama sonrası modellerden KIBT çekilmesi ve sanal planlama ile karşılaştırılması

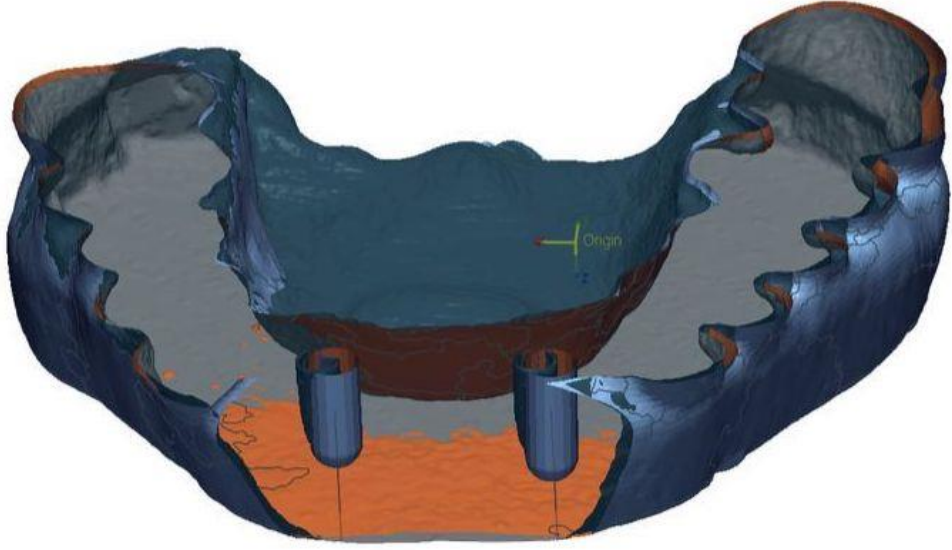
Dental implantların modellere yerleştirilmesini takiben, tüm modellerden KIBT (NewTom , QR s.r.l./Cefla, İtalya) çekildi. Tomografilardan elde edilen DICOM formatında veriler laboratuvara (Mayıs Tasarım, İstanbul, Türkiye) gönderildi. **Geomagic Control X 2025** (Hexagon AB, Stockholm, İsveç) yazılımı kullanılarak programda DICOM verilerinin karşılaştırılması 2 aşamada gerçekleşmektedir. Birinci

aşamada bahsedilen operasyon öncesi DICOM veri referans görüntü olarak sisteme yüklenmektedir. Operasyon sonrası DICOM verilerinin yüklenmesiyle birlikte program bu iki DICOM verisini otomatik olarak karşılaştırmaktadır. Bu yeni model ilk karşılaştırma (first alignment) olarak adlandırılmakta. 2. aşamada ilk karşılaştırma modeli üstünde manuel olarak 30 nokta işaretlenmektedir. İşaret noktaları tek üye ve iki üye alt gruplarında yalnızca dişli bölgelerden seçilmekte, dişsiz alt grupta ise maksiller kret üzerinde seçilmektedir. bu şekilde ortaya çıkan karşılaştırma modelinin son haline iyi karşılaştırma modeli (best alignment) olarak adlandırılmaktadır. tüm ölçümler elde edilen bu son model üzerinden yapılmaktadır. Burada dental implantların her birinin x, y, z koordinatları elde edildi. Bu aşamada dental implantların sanal planlamaları ile operasyon sonrası DICOM verileri karşılaştırılarak x, y, z düzlemlerindeki sapmalar, delta açı değişimleri ve implant arası mesafe sapmaları 3 boyutlu olarak **Geomagic Control X 2025** (Hexagon AB, Stockholm, İsveç) yazılımı kullanılarak ölçüldü. (Şekil 3.6a, Şekil 3.6b, Şekil 3.6c).

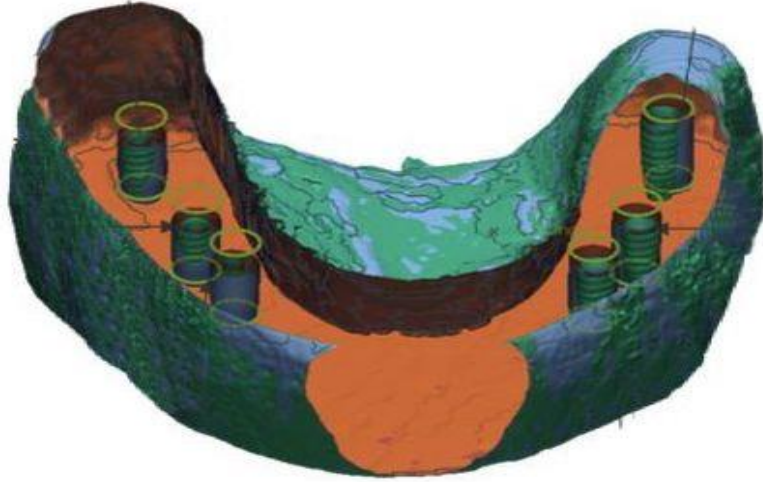
Çakıştırma verilerinin doğruluğu, Geomagic Control X 2025 (Hexagon AB, Stockholm, İsveç) yazılımında elde edilen RMS (Root Mean Square) değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. RMS değeri, taranan model ile referans model arasındaki ortalama sapmayı göstermektedir. (Şekil 3.7)



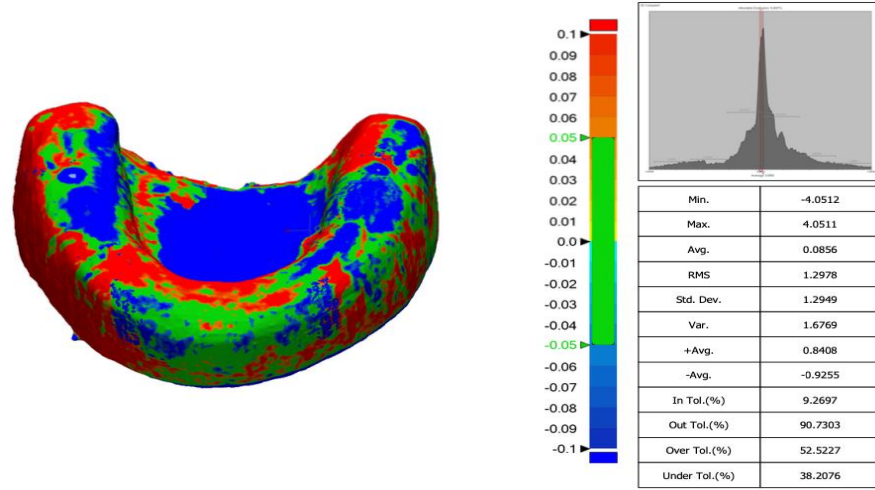
Şekil 3.7a. Tek üye alt grubu modellerinin karşılaştırılması



Şekil 3.7b. İki üye alt grubu modellerinin karşılaştırılması

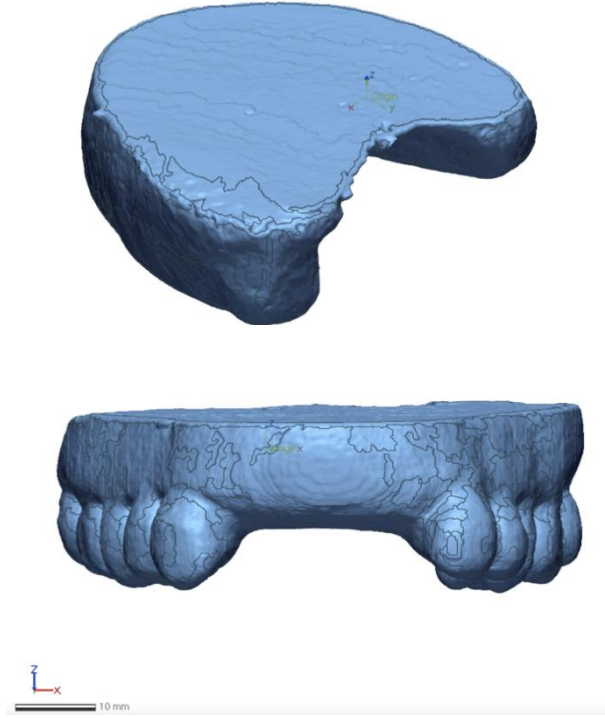


Şekil 3.7c. Dişsiz alt grup modellerinin karşılaştırılması



Şekil 3.8. RMS değeri skalası

Örnek modelde (Şekil 3.8) x, y ve z düzlemlerinin uzamsal yönelimleri gösterilmektedir. Z düzlemi, anterior ve posterior bölgeler arasında fark gözetmeksizin tüm bölgelerde derinlik yönünü temsil etmektedir. Görselde de görüldüğü üzere, x düzlemi posterior bölgede yer alan 15, 16 ve 26 numaralı implantların ölçümlerinde bukkopalatinal doğrultudaki sapmaları; anterior bölgede bulunan 12 ve 22 numaralı implantlar için ise mesiodistal doğrultudaki sapmaları ifade etmektedir. Y düzlemi posterior bölgede (15, 16, 26) mesiodistal yönü, anterior bölgede (12, 22) ise bukkopalatinal yönü temsil etmektedir. 13 ve 23 numaralı implantlar, dental arkın kavisli köşe bölgelerinde konumlandıkları için, bu alanlarda x ve y düzlemleri klasik anlamda yalnızca bukkopalatinal veya mesiodistal yönleri temsil etmemektedir. Arkın doğal eğimi nedeniyle her iki düzlemin yönelimi birbirine açılı olarak karışmakta, bu da sapmaların vektörel bileşenler şeklinde ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, 13 ve 23 numaralı implantlara ait sapma değerleri değerlendirilirken x ve y düzlemleri arasındaki yön farkının tam olarak ayrıştırılamayacağı ve bu ölçümlerin kombine vektörel sapmaları yansıttığı dikkate alınmalıdır.



Şekil 3.9. Modellerin 3 boyutlu düzlemde konumlandırılması

3.4. İstatistiksel Yöntem

Çalışmada kullanılması gereken örneklem sayısı Mello ve ark. çalışmasında bildirilen due cone implantların bukkolingual ve mesiodistal oryantasyonuna ait RFA sonuçlarını bildiren veriler ile G*Power güç analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Mello ve ark., 2023). Her bir grupta bulunması gereken örnek sayısının $d=3,925$, $1-\alpha=0,05$ ve %95 güç özellikleri doğrultusunda en az 4 adet olması gerektiği belirlenmiştir .

Veriler R programı versiyon 4.1.1 (R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Viyana, Avusturya) ile analiz edildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk Testi ile incelendi. İki grupta normal dağılıma uymayan verilerin analizinde Mann Whitney U testi kullanıldı. İkili grupta normal dağılıma uyan verilerin karşılaştırılmasında Bağımsız örnekler T testi kullanıldı. Nicel verilerin gösteriminde ortalama $\pm$ standart sapma / ortanca (minimum - maksimum) kullanıldı. Önem düzeyi $p<0,05$ olarak alındı.

4. BULGULAR

Geomagic Control x 2025 (Hexagon AB, Stockholm, İsveç) programı kullanılarak elde edilen tüm sayısal veriler istatistiksel incelemeye alınmıştır. Grup 1 de 45, grup 2 de 45, grup 3 de 45 olmak üzere toplam 135 implantın incelemesi yapılmıştır. Tüm gruplarda ortak olarak implantların her birinin silindirik merkezden ölçülen 3 boyutlu x, y, z eksenlerindeki mm cinsinden sapması , yz ,zx , delta açı sapmaları derece cinsinden hesaplanmıştır. Aynı zamanda 2 üye ve dişsiz maksilla alt gruplarında implant arası mesafe sapmaları mm cinsinden hesaplanmıştır.

Grup 1 ve Grup 3 tek üye implantlarda X eksenindeki ortalama sapma değerleri (mm) Grup 1 tek üye alt grubunda 0,25 iken Grup 3 tek üye alt grubunda bu değer 0,79 olarak elde edilmiştir. Bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p=0,222$). Grup 1 tek üye alt grubunda Y eksenindeki ortalama sapma değeri (mm) 0,28 iken, Grup 3 tek üye alt grubunda bu değer 0,68 olarak elde edilmiştir. Y eksenindeki ortalama sapma değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir ($p=0,092$). Grup 1 tek üye alt grubunda Z eksenindeki ortalama sapma (mm) değeri 0,07 iken, Grup 3 tek üye alt grubunda bu değer 0,02 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama sapma Z(mm) değerleri arasında Grup 1 ve Grup 3 tek üye alt grupları arasında anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p=0,017$). Grup 1 tek üye alt grubunda ortalama açı YZ (derece) değeri 1,62 iken Grup 3 tek üye alt grubunda 1,99 olarak elde edilmiştir. Değerler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,577$). Grup 1 tek üye alt grubunda ortalama açı ZX (derece) değeri 1,44 iken Grup 3 tek üye alt grubunda 2,02 olarak elde edilmiştir. Elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,369$). Grup 1 tek üye alt grubunda ortalama delta açı (derece) değeri 1,75 iken Grup 3 ün tek üye alt

grubunda bu değer 2,84 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama delta aç (derece) değerleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır (p=0,071). Grupların istatistiksel verileri Tablo 4.1 de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Grup 1 ve Grup 3 (tek üye alt grubu) arasında nicel değişkenlerin karşılaştırılması

Parametre	1. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	3. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	Test İstatistiği	p
Sapma X (mm)	0,45 $\pm$ 0,48 / 0,25 (0,15 - 1,3)	0,76 $\pm$ 0,37 / 0,79 (0,37 - 1,24)	6,000	0,222y
Sapma Y (mm)	0,28 $\pm$ 0,21 / 0,16 (0,08 - 0,6)	0,68 $\pm$ 0,4 / 0,51 (0,28 - 1,2)	-1,998	0,092x
Sapma Z (mm)	0,07 $\pm$ 0,03 / 0,06 (0,04 - 0,11)	0,02 $\pm$ 0,02 / 0,01 (0 - 0,05)	2,993	0,017x
Açı YZ (°)	1,62 $\pm$ 1 / 1,3 (0,44 - 2,96)	1,99 $\pm$ 1,01 / 1,69 (1,12 - 3,55)	-0,582	0,577x
Açı ZX (°)	1,44 $\pm$ 0,68 / 1,06 (0,94 - 2,55)	2,02 $\pm$ 1,18 / 2,36 (0,2 - 3,06)	-0,952	0,369x
Delta aç (°)	1,75 $\pm$ 0,87 / 1,92 (0,56 - 2,62)	2,84 $\pm$ 0,77 / 3,17 (1,7 - 3,63)	-2,086	0,071x

xBağımsız Örnekler t Testi; yMann Whitney U Testi

Grup 2 ve Grup 3 tek üye implantlarda X eksenindeki ortalama sapma değerleri (mm), Grup 2 tek üye alt grubunda 1,13 iken Grup 3 tek üye alt grubunda 1,5 olarak elde edilmiştir. Bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir (p=0,499). Grup 2 tek üye alt grubunda Y eksenindeki ortalama sapma değeri 0,31 iken Grup 3 tek üye alt grubunda 0,67 olarak elde edilmiştir. Y eksenindeki ortalama sapma değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir (p=0,156). Grup 2 tek üye alt grubunda ortanca sapma Z (mm) değeri 0,25 iken Grup 3 tek üye alt grubunda 0,42 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortanca sapma Z (mm) değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir (p=0,421). Grup 2 tek üye alt grubunda ortanca açı YZ (derece) değeri 0,25 iken Grup 3 tek üye alt grubunda 1,77 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortanca açı YZ (derece) değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir (p=0,151). Grup 2 tek üye alt grubunda ortanca açı ZX (derece) değeri 2,43 iken Grup 3 tek üye alt grubunda 7,22 olarak elde edilmiştir. Elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (p=0,151). Grup 2 de tek üye alt grubunda ortanca delta aç (derece)

değeri 2,62 iken Grup 3 de tek üye alt grubunda 7,26 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortanca değerler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,095$). Grupların istatistiksel verileri Tablo 4.2 de gösterilmektedir.

Tablo 4.2. Grup 2 - Grup 3 (tek üye alt grubu) arasında nicel değişkenlerin karşılaştırılması

Parametre	2. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	3. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	Test İstatistiği	p
Sapma X (mm)	1,13 $\pm$ 0,93 / 1,2 (0,05 - 2,45)	1,5 $\pm$ 0,72 / 1,61 (0,36 - 2,21)	-0,708	0,499x
Sapma Y (mm)	0,31 $\pm$ 0,35 / 0,16 (0,04 - 0,9)	0,67 $\pm$ 0,38 / 0,58 (0,19 - 1,15)	-1,568	0,156x
Sapma Z (mm)	0,3 $\pm$ 0,21 / 0,25 (0,08 - 0,57)	0,75 $\pm$ 0,87 / 0,42 (0,11 - 2,28)	8,000	0,421y
Açı YZ (°)	0,94 $\pm$ 1,32 / 0,25 (0,06 - 3,23)	2,48 $\pm$ 1,65 / 1,77 (0,93 - 5,03)	5,000	0,151y
Açı ZX (°)	2,38 $\pm$ 0,72 / 2,43 (1,18 - 3,07)	5,81 $\pm$ 3,24 / 7,22 (0,19 - 8,23)	5,000	0,151y
Delta açı (°)	2,48 $\pm$ 0,78 / 2,62 (1,2 - 3,16)	6,25 $\pm$ 2,7 / 7,26 (1,5 - 8,23)	4,000	0,095y

xBağımsız Örnekler t Testi; yMann Whitney U Testi

Grup 1 ve Grup 2 tek üye implantlarda X eksenindeki ortanca sapma değerleri (mm), Grup 1 tek üye alt grubunda 0,25 iken Grup 2 tek üye alt grubunda 1,2 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortanca sapma X (mm) değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,310$). Grup 1 tek üye alt grubunda ortalama sapma Y (mm) değeri 0,28 iken Grup 2 tek üye alt grubunda 0,31 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama sapma Y (mm) değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,851$). Grup 1 tek üye alt grubunda ortalama sapma Z (mm) değeri 0,07 iken Grup 2 tek üye alt grubunda 0,3 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama sapma Z (mm) değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p=0,066$). Grup 1 tek üye alt grubunda ortanca açı YZ (derece) değeri 1,3 iken Grup 2 tek üye alt grubunda 0,25 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,222$). Grup 1 tek üye alt grubunda ortalama açı ZX (derece) değeri 1,44 iken Grup 2 tek üye alt grubunda 2,38 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama ZX (derece) açı değerleri Grup 1 ve Grup 2 alt grup grupları arasında farklılık göstermemektedir ($p=0,068$). Grup 1 tek üye alt grubunda ortalama delta açı (derece)

değeri 1,75 iken Grup 2 tek üye alt grubunda 2,48 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p=0,197$). Grupların istatistiksel verileri Tablo 4.3 de gösterilmektedir.

Tablo 4.3. Grup 1 - Grup 2 (tek üye alt grubu) arasında nicel değişkenlerin karşılaştırılması

Parametre	1. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	2. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	Test İstatistiği	p
Sapma X (mm)	0,45 $\pm$ 0,48 / 0,25 (0,15 - 1,3)	1,13 $\pm$ 0,93 / 1,2 (0,05 - 2,45)	7,000	0,310x
Sapma Y (mm)	0,28 $\pm$ 0,21 / 0,16 (0,08 - 0,6)	0,31 $\pm$ 0,35 / 0,16 (0,04 - 0,9)	-0,194	0,851y
Sapma Z (mm)	0,07 $\pm$ 0,03 / 0,06 (0,04 - 0,11)	0,3 $\pm$ 0,21 / 0,25 (0,08 - 0,57)	-2,481	0,066y
Açı YZ (°)	1,62 $\pm$ 1 / 1,3 (0,44 - 2,96)	0,94 $\pm$ 1,32 / 0,25 (0,06 - 3,23)	19,000	0,222x
Açı ZX (°)	1,44 $\pm$ 0,68 / 1,06 (0,94 - 2,55)	2,38 $\pm$ 0,73 / 2,43 (1,18 - 3,07)	-2,111	0,068y
Delta açı (°)	1,75 $\pm$ 0,87 / 1,92 (0,56 - 2,62)	2,48 $\pm$ 0,78 / 2,62 (1,2 - 3,16)	-1,408	0,197y

xMann Whitney U Testi; yBağımsız Örnekler t Testi; Ortalama $\pm$ standart sapma / Ortanca (minimum - maksimum)

Grup 1 ve Grup 3 iki üye implantlarda X eksenindeki ortalama sapma değerleri (mm), Grup 1 iki üye alt grubunda 0,26 iken Grup 3 de iki üye alt grubunda 1,13 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama sapma Y (mm) değeri 0,41 iken Grup 3 de iki üye alt grubunda 0,78 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,028$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama sapma Z (mm) değeri 0,32 iken Grup 3 de iki üye alt grubunda 1,36 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,018$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama açı YZ (derece) değeri 1,94 iken Grup 3 de iki üye alt grubunda 11,05 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama YZ (derece) açı değerleri istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($p<0,001$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama ZX (derece) açı değeri 1,68 iken Grup 3 de iki üye alt grubunda 2,34 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p=0,338$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama delta açı (derece) değeri 2,88 iken Grup 3 de iki üye alt grubunda 11,64 olarak elde

edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($p<0,001$).

Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama değer -0,15 iken Grup 3 de iki üye alt grubunda -0,6 olarak elde edilmiştir. Grup 1 ve Grup 3 de iki üye alt grupları ortalama 12-22 arası mesafe değişimi mm değerleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir ($p=0,033$). Grupların istatistiksel verileri Tablo 4.4. de gösterilmektedir .

Tablo 4.4. Grup 1- Grup 3 (iki üye alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması

Parametre	1. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	3. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	Test İstatistiği	px
Sapma X (mm)	0,26 $\pm$ 0,21 / 0,23 (0 - 0,66)	1,13 $\pm$ 0,48 / 1,14 (0,08 - 1,89)	-5,292	<0,001
Sapma Y (mm)	0,41 $\pm$ 0,28 / 0,33 (0,03 - 1,01)	0,78 $\pm$ 0,4 / 0,77 (0,1 - 1,48)	-2,388	0,028
Sapma Z (mm)	0,32 $\pm$ 0,11 / 0,34 (0,13 - 0,54)	1,36 $\pm$ 1,13 / 0,89 (0,05 - 3,34)	-2,870	0,018
Açı YZ (°)	1,94 $\pm$ 1,7 / 1,57 (0,18 - 5,58)	11,05 $\pm$ 3,93 / 12,05 (2,57 - 15,49)	-6,730	<0,001
Açı ZX (°)	1,68 $\pm$ 0,96 / 1,61 (0,24 - 3,17)	2,34 $\pm$ 1,88 / 1,87 (0,2 - 5,98)	-0,993	0,338
Delta açı (°)	2,88 $\pm$ 1,36 / 2,96 (1,14 - 5,9)	11,64 $\pm$ 3,08 / 12,38 (6,49 - 15,5)	-8,221	<0,001
12-22 arası mesafe değişimi (mm)	-0,15 $\pm$ 0,33 / -0,19 (-0,7 - 0,21)	-0,6 $\pm$ 0,5 / -0,54 (-1,43 - -0,08)	2,314	0,033

xBağımsız Örnekler t Testi

Grup 2 ve Grup 3 iki üye implantlarda X eksenindeki ortalama sapma değerleri (mm), Grup 2 de iki üye alt grubunda 0,26 iken Grup 3 iki üye alt grubunda 0,82 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p=0,436$). Grup 2 de iki üye alt grubunda ortalama sapma Y (mm) değeri 0,66 iken Grup 3 iki üye alt grubunda 0,65 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama sapma Y (mm) değerleri Grup 2 ve Grup 3 iki üye alt grupları arasında farklılık göstermemektedir ($p=0,923$). Grup 2 de iki üye alt grubunda ortalama sapma Z (mm) değeri 0,23 iken Grup 3 iki üye alt grubunda 0,69 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama sapma Z (mm) değerleri Grup 2 ve Grup 3 iki üye alt grupları arasında farklılık göstermektedir ($p=0,007$). Grup 2 de iki üye alt grubunda ortalama açı YZ

(derece) değeri 3,01 iken Grup 3 iki üye alt grubunda 7,61 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). Grup 2 de iki üye alt grubunda ortalama açılış (derece) değeri 1,87 iken Grup 3 iki üye alt grubunda 3,72 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama açılış (derece) değerleri Grup 2 ve Grup 3 iki üye alt grupları arasında farklılık göstermektedir ($p=0,043$). Grup 2 de iki üye alt grubunda ortalama delta açılış (derece) değeri 3,78 iken Grup 3 iki üye alt grubunda 8,75 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama delta açılış (derece) değerleri istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($p<0,001$).

Grup 2 de iki üye alt grubunda ortalama 12-22 arası mesafe değişimi mm değeri 0,35 iken Grup 3 iki üye alt grubunda -1,88 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($p<0,001$). Grupların istatistiksel verileri Tablo 4.5. de gösterilmektedir .

Tablo 4.5. Grup 2- Grup 3 (iki üye alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması

Parametre	2. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	3. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	Test İstatistiği	p
Sapma X (mm)	0,38 $\pm$ 0,33 / 0,26 (0,03 - 0,87)	0,89 $\pm$ 0,85 / 0,82 (0,03 - 2,05)	39,000	0,436x
Sapma Y (mm)	0,66 $\pm$ 0,34 / 0,63 (0,08 - 1,2)	0,65 $\pm$ 0,31 / 0,55 (0,3 - 1,27)	0,098	0,923y
Sapma Z (mm)	0,32 $\pm$ 0,2 / 0,23 (0,05 - 0,7)	1,3 $\pm$ 1,49 / 0,69 (0,28 - 4,92)	15,000	0,007x
Açılış YZ (°)	3,01 $\pm$ 2,09 / 2,79 (0,69 - 5,96)	7,61 $\pm$ 2,77 / 7,69 (3,62 - 12,09)	-4,188	<0,001y
Açılış ZX (°)	1,87 $\pm$ 1,22 / 1,65 (0,1 - 3,49)	3,72 $\pm$ 2,4 / 3,38 (0,38 - 8,25)	-2,172	0,043y
Delta açılış (°)	3,78 $\pm$ 1,76 / 3,59 (0,79 - 6,16)	8,75 $\pm$ 2,46 / 9,71 (4,95 - 12,46)	-5,204	<0,001y
12-22 arası mesafe değişimi (mm)	0,3 $\pm$ 0,33 / 0,35 (-0,19 - 0,78)	-1,77 $\pm$ 0,33 / -1,88 (-2,11 - -1,34)	100,000	<0,001x

xMann Whitney U Testi; yBağımsız Örnekler t Testi

Grup 1 ve Grup 2 iki üye implantlarda X eksenindeki ortalama sapma değerleri (mm), Grup 1 iki üye alt grubunda 0,26 iken Grup 2 de iki üye alt grubunda 0,38 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p=0,349$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama sapma Y (mm) değeri 0,41 iken Grup 2 de iki üye alt grubunda 0,66 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama sapma Y (mm) değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık

göstermemektedir ($p=0,084$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama sapma Z (mm) değeri 0,32 iken Grup 2 de iki üye alt grubunda 0,32 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama sapma Z (mm) değerleri Grup 1 ve Grup 2 de iki üye alt grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p=0,940$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama açı YZ (derece) değeri 1,94 iken Grup 2 de iki üye alt grubunda 3,01 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama açı YZ (derece) değerleri Grup 1 ve Grup 2 de iki üye alt grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p=0,223$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama açı ZX (derece) değeri 1,68 iken Grup 2 de iki üye alt grubunda 1,87 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p=0,708$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama delta açı (derece) değeri 2,88 iken Grup 2 de iki üye alt grubunda 3,78 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,222$). Grup 1 iki üye alt grubunda ortalama değer -0,15 iken Grup 2 de iki üye alt grubunda 0,3 olarak elde edilmiştir. Grup 1 ve Grup 2 de iki üye alt grupları arasında ortalama 12-22 arası mesafe değişimi mm değerleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir ($p=0,006$). Grupların istatistiksel verileri Tablo 4.6. de gösterilmektedir .

Tablo 4.6. Grup 1- Grup 2 (iki üye alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması

Parametre	1. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	2. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	Test İstatistiği	px
Sapma X (mm)	0,26 $\pm$ 0,21 / 0,23 (0 - 0,66)	0,38 $\pm$ 0,33 / 0,26 (0,03 - 0,87)	-0,961	0,349
Sapma Y (mm)	0,41 $\pm$ 0,28 / 0,33 (0,03 - 1,01)	0,66 $\pm$ 0,34 / 0,63 (0,08 - 1,2)	-1,828	0,084
Sapma Z (mm)	0,32 $\pm$ 0,11 / 0,34 (0,13 - 0,54)	0,32 $\pm$ 0,2 / 0,23 (0,05 - 0,7)	0,077	0,940
Açı YZ (°)	1,94 $\pm$ 1,7 / 1,57 (0,18 - 5,58)	3,01 $\pm$ 2,09 / 2,79 (0,69 - 5,96)	-1,261	0,223
Açı ZX (°)	1,68 $\pm$ 0,96 / 1,61 (0,24 - 3,17)	1,87 $\pm$ 1,22 / 1,65 (0,1 - 3,49)	-0,381	0,708
Delta açı (°)	2,88 $\pm$ 1,36 / 2,96 (1,14 - 5,9)	3,78 $\pm$ 1,76 / 3,59 (0,79 - 6,16)	-1,266	0,222
12-22 arası mesafe değişimi (mm)	-0,15 $\pm$ 0,33 / -0,19 (-0,7 - 0,21)	0,3 $\pm$ 0,33 / 0,35 (-0,19 - 0,78)	-3,103	0,006

xBağımsız Örnekler t Testi; Ortalama $\pm$ standart sapma / Ortanca (minimum - maksimum)

Grup 1 ve Grup 3 dişsiz alt gruplarda X eksenindeki ortalanca sapma değerleri (mm), Grup 1 dişsiz alt grubunda 0,61 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 0,73 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,061$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalanca sapma Y (mm) değeri 0,28 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 0,54 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalanca sapma Y(mm) değerleri istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($p=0,008$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama Z (mm) değeri 0,47 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 1,2 olarak elde edilmiştir. Grup 1 ve Grup 3 dişsiz alt grubunda ortalama sapma Z (mm) değerleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalanca aç ı YZ (derece) değeri 1,24 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 2,87 olarak elde edilmiştir. Grup 1 ve Grup 3 dişsiz alt grubunda ortalanca aç ı YZ (derece) değerleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir ($p=0,004$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalanca aç ı ZX (derece) değeri 1,69 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 3 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalanca aç ı ZX (derece) değerleri istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($p=0,041$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalanca delta aç ı (derece) değeri 2,99 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 4,79 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,002$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 13-14 mesafe değişimi arası mm değeri 0,11 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda -0,04 olarak elde edilmiştir. Grup 1 ve Grup 3 dişsiz alt grubunda ortalama 13-14 mesafe değişimi arası mm değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmad ığı tespit edilmiştir ($p=0,705$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 14-16 arası mesafe değişimi mm değeri -0,11 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 0,73 olarak elde edilmiştir. Grup 1 ve Grup 3 dişsiz alt grubunda ortalama 14-16 arası mesafe değişimi mm değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmad ığı tespit edilmiştir ($p=0,124$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 13-23 arası mesafe değişimi mm değeri 0,26 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda -0,86 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,328$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 23-24 arası mesafe değişimi mm değeri -0,06 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 0,32 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama 23-24 arası mesafe değişimi mm değerleri istatistiksel farklılık göstermemektedir ($p=0,366$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 24-26 arası mesafe değişimi mm değeri 0,05 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 0,94 olarak elde edilmiştir. Elde edilen

ortalama 24-26 arası mesafe değişimi mm değerleri istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p=0,094$). Grupların istatistiksel verileri Tablo 4.7. de gösterilmektedir .

Tablo 4.7. Grup 1- Grup 3 (dişsiz alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması

Parametre	1. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	3. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	Test İstatistiği	p
Sapma X (mm)	0,6 $\pm$ 0,29 / 0,61 (0,05 - 1,17)	0,91 $\pm$ 0,56 / 0,73 (0,23 - 2,3)	323,000	0,061x
Sapma Y (mm)	0,33 $\pm$ 0,26 / 0,28 (0,04 - 1,03)	0,62 $\pm$ 0,51 / 0,54 (0,06 - 2,51)	272,000	0,008x
Sapma Z (mm)	0,47 $\pm$ 0,3 / 0,45 (0 - 0,97)	1,2 $\pm$ 0,58 / 1,09 (0,37 - 2,54)	-6,115	<0,001y
Açı YZ (°)	1,73 $\pm$ 1,49 / 1,24 (0,22 - 5,77)	3,1 $\pm$ 1,86 / 2,87 (0,07 - 7,65)	255,000	0,004x
Açı ZX (°)	2,35 $\pm$ 1,88 / 1,69 (0,04 - 7,48)	3,77 $\pm$ 2,75 / 3 (0,13 - 12,43)	311,000	0,041x
Delta açı (°)	3,12 $\pm$ 2,08 / 2,99 (0,2 - 7,84)	5,17 $\pm$ 2,54 / 4,79 (0,47 - 12,76)	236,000	0,002x
13-14 mesafe değişimi arası (mm)	0,11 $\pm$ 0,41 / 0,23 (-0,5 - 0,6)	-0,04 $\pm$ 0,8 / 0,14 (-1,38 - 0,74)	0,392	0,705y
14-16 arası mesafe değişimi (mm)	-0,11 $\pm$ 0,37 / -0,28 (-0,45 - 0,3)	0,73 $\pm$ 1,03 / 0,62 (-0,07 - 2,45)	-1,722	0,124y
13-23 arası mesafe değişimi (mm)	0,26 $\pm$ 0,48 / 0,19 (-0,46 - 0,71)	-0,86 $\pm$ 2,24 / -0,01 (-4,41 - 1,25)	1,101	0,328y
23-24 arası mesafe değişimi (mm)	-0,06 $\pm$ 0,17 / -0,06 (-0,32 - 0,11)	0,32 $\pm$ 0,82 / -0,14 (-0,34 - 1,53)	-1,009	0,366y
24-26 arası mesafe değişimi (mm)	0,05 $\pm$ 0,11 / 0,08 (-0,15 - 0,14)	0,94 $\pm$ 0,91 / 0,86 (0,03 - 2,26)	-2,164	0,094y

xMann Whitney U Testi; yBağımsız Örnekler t Testi

Grup 2 ve Grup 3 dişsiz alt gruplarda X eksenindeki ortalama sapma değerleri (mm), Grup 2 dişsiz alt grubunda 0,36 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 0,92 olarak elde edilmiştir. Grup 2 ve Grup 3 dişsiz alt gruplar arasında ortalama sapma X (mm) değerleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$). Grup 2 dişsiz alt grubunda ortalama sapma Y(mm) değeri 0,32 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 1,03 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama sapma Y(mm) değerleri istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($p<0,001$). Grup 2 dişsiz alt grubunda

ortanca sapma Z (mm) değeri 0,53 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 0,53 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,458$). Grup 2 dişsiz alt grubunda ortalama açı YZ (derece) değeri 2,16 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 3,74 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,005$). Grup 2 dişsiz alt grubunda ortanca açı ZX (derece) değeri 1,67 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 3,77 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). Grup 2 dişsiz alt grubunda ortalama delta açı (derece) değeri 2,91 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 6,12 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). Grup 2 dişsiz alt grubunda ortalama 13-14 mesafe değişimi arası mm değeri -0,01 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 0,51 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p=0,116$). Grup 2 dişsiz alt grubunda ortalama 14-16 arası mesafe değişimi mm değeri 0,37 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 1,55 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p=0,115$). Grup 2 dişsiz alt grubunda ortalama 13-23 arası mesafe değişimi mm değeri -0,22 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda -3,12 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama 13-23 arası mesafe değişimi mm değerleri Grup 2 ve Grup 3 dişsiz alt grupları arasında farklılık göstermektedir ($p=0,010$). Grup 2 dişsiz alt grubunda ortalama 23-24 arası mesafe değişimi mm değeri -0,42 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 0,42 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama 23-24 arası mesafe değişimi mm değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p=0,049$). Grup 2 dişsiz alt grubunda ortalama 24-26 arası mesafe değişimi mm değeri 0,48 iken Grup 3 dişsiz alt grubunda 2,3 olarak elde edilmiştir. Grup 2 ve Grup 3 dişsiz alt grupları arasında ortalama 24-26 arası mesafe değişimi mm değerleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir ($p=0,016$). Grupların istatistiksel verileri Tablo 4.8. de gösterilmektedir .

Tablo 4.8. Grup 2- Grup 3 (dişsiz alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması

Parametre	2. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	3. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	Test İstatistiği	p
Sapma X (mm)	0,45 $\pm$ 0,37 / 0,36 (0,04 - 1,34)	1,16 $\pm$ 0,82 / 0,92 (0,14 - 3,46)	169,000	<0,001x
Sapma Y (mm)	0,45 $\pm$ 0,39 / 0,32 (0 - 1,33)	1,05 $\pm$ 0,63 / 1,03 (0,06 - 2,72)	190,000	<0,001x
Sapma Z (mm)	0,76 $\pm$ 0,63 / 0,53 (0,08 - 2,44)	0,6 $\pm$ 0,42 / 0,53 (0,02 - 1,33)	501,000	0,458x
Açı YZ (°)	2,16 $\pm$ 1,38 / 2,28 (0,15 - 4,84)	3,74 $\pm$ 2,55 / 2,95 (0,23 - 9,62)	-2,979	0,005y
Açı ZX (°)	1,72 $\pm$ 1,31 / 1,67 (0,03 - 5,12)	4,32 $\pm$ 2,4 / 3,77 (0,44 - 9,27)	149,000	<0,001x
Delta açı (°)	2,91 $\pm$ 1,2 / 2,69 (0,77 - 5,13)	6,12 $\pm$ 1,8 / 6 (3,21 - 9,28)	-8,138	<0,001y
13-14 mesafe değişimi arası (mm)	-0,01 $\pm$ 0,45 / 0,04 (-0,6 - 0,58)	0,51 $\pm$ 0,5 / 0,66 (-0,18 - 1,01)	-1,764	0,116y
14-16 arası mesafe değişimi (mm)	0,37 $\pm$ 0,34 / 0,24 (0,09 - 0,96)	1,55 $\pm$ 1,46 / 1,76 (-0,65 - 3,42)	-1,766	0,115y
13-23 arası mesafe değişimi (mm)	-0,22 $\pm$ 0,62 / -0,13 (-1,24 - 0,37)	-3,12 $\pm$ 1,84 / -3,43 (-4,69 - -0,21)	3,331	0,010y
23-24 arası mesafe değişimi (mm)	-0,42 $\pm$ 0,7 / -0,32 (-1,45 - 0,5)	0,42 $\pm$ 0,41 / 0,29 (-0,03 - 1,02)	-2,317	0,049y
24-26 arası mesafe değişimi (mm)	0,48 $\pm$ 0,43 / 0,67 (-0,02 - 0,99)	2,3 $\pm$ 1,26 / 2,46 (0,32 - 3,8)	-3,055	0,016y

xMann Whitney U Testi; yBağımsız Örnekler t Testi

Grup 1 ve Grup 2 dişsiz alt gruplarda X eksenindeki ortalanca sapma değerleri (mm), Grup 1 dişsiz alt grubunda 0,61 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda 0,36 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalanca sapma X (mm) değerleri istatistiksel farklılık göstermektedir (p=0,024). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalanca sapma Y(mm) değeri 0,28 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda 0,32 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p=0,358). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalanca sapma Z (mm) değeri 0,45 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda 0,53 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalanca sapma Z(mm) değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p=0,146). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalanca açı YZ (derece) değeri 1,24 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda 2,28 olarak elde edilmiştir

ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,217$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama açılış açısı (derece) değeri 1,69 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda 1,67 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama açılış açısı (derece) değerleri Grup 1 ve Grup 2 dişsiz alt grup grupları arasında farklılık göstermemektedir ($p=0,271$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama delta açısı (derece) değeri 2,99 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda 2,69 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama delta açısı (derece) değerleri istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p=0,994$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 13-14 arası mesafe değişimi değeri 0,11 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda -0,01 olarak elde edilmiştir. Grup faktörüne göre ortalama 13-14 mesafe değişimi arası mm değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir ($p=0,645$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 14-16 arası mesafe değişimi mm değeri -0,11 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda 0,37 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama 14-16 arası mesafe değişimi mm değerleri Grup 1 ve Grup 2 dişsiz alt grupları arasında farklılık göstermemektedir ($p=0,066$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 17-23 arası mesafe değişimi mm değeri 0,26 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda -0,22 olarak elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p=0,207$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 23-24 arası mesafe değişimi mm değeri -0,06 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda -0,42 olarak elde edilmiştir. Grup 1 ve Grup 2 dişsiz alt grupları ortalama 23-24 arası mesafe değişimi mm değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir ($p=0,290$). Grup 1 dişsiz alt grubunda ortalama 24-26 arası mesafe değişimi mm değeri 0,05 iken Grup 2 dişsiz alt grubunda 0,48 olarak elde edilmiştir ve elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,088$). Grupların istatistiksel verileri Tablo 4.9. de gösterilmektedir .

Tablo 4.9. Grup 1- Grup 2 (dişsiz alt grubu) nicel değişkenlerin karşılaştırılması

Parametre	1. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	2. Grup (Ort $\pm$ SS / Ortanca [Min-Maks])	Test İstatistiği	p
Sapma X (mm)	0,6 $\pm$ 0,29 / 0,61 (0,05 - 1,17)	0,45 $\pm$ 0,37 / 0,36 (0,04 - 1,34)	602,000	0,024x
Sapma Y (mm)	0,33 $\pm$ 0,26 / 0,28 (0,04 - 1,03)	0,45 $\pm$ 0,39 / 0,32 (0 - 1,33)	387,000	0,358x
Sapma Z (mm)	0,47 $\pm$ 0,3 / 0,45 (0 - 0,97)	0,76 $\pm$ 0,63 / 0,53 (0,08 - 2,44)	351,000	0,146x
Açı YZ (°)	1,73 $\pm$ 1,49 / 1,24 (0,22 - 5,77)	2,16 $\pm$ 1,38 / 2,28 (0,15 - 4,84)	366,000	0,217x
Açı ZX (°)	2,35 $\pm$ 1,88 / 1,69 (0,04 - 7,48)	1,72 $\pm$ 1,31 / 1,67 (0,03 - 5,12)	525,000	0,271x
Delta açı (°)	3,12 $\pm$ 2,08 / 2,99 (0,2 - 7,84)	2,91 $\pm$ 1,2 / 2,69 (0,77 - 5,13)	449,000	0,994x
13-14 mesafe değişimi arası (mm)	0,11 $\pm$ 0,41 / 0,23 (-0,5 - 0,6)	-0,01 $\pm$ 0,45 / 0,04 (-0,6 - 0,58)	0,478	0,645y
14-16 arası mesafe değişimi (mm)	-0,11 $\pm$ 0,37 / - 0,28 (-0,45 - 0,3)	0,37 $\pm$ 0,34 / 0,24 (0,09 - 0,96)	-2,131	0,066y
13-23 arası mesafe değişimi (mm)	0,26 $\pm$ 0,48 / 0,19 (-0,46 - 0,71)	-0,22 $\pm$ 0,62 / - 0,13 (-1,24 - 0,37)	1,373	0,207y
23-24 arası mesafe değişimi (mm)	-0,06 $\pm$ 0,17 / - 0,06 (-0,32 - 0,11)	-0,42 $\pm$ 0,7 / -0,32 (-1,45 - 0,5)	1,132	0,290y
24-26 arası mesafe değişimi (mm)	0,05 $\pm$ 0,11 / 0,08 (-0,15 - 0,14)	0,48 $\pm$ 0,43 / 0,67 (-0,02 - 0,99)	-2,165	0,088y

xMann Whitney U Testi; yBağımsız Örnekler t Testi; Ortalama $\pm$ standart sapma / Ortanca (minimum - maksimum)

5. TARTIŞMA

Çeşitli nedenlerle diş kaybı yaşayan bireylerde çiğneme, fonksiyon, fonetik ve psikolojik sorunlar sıkça görülmekte; bu sorunlar günümüzde dental implant uygulamalarıyla büyük ölçüde giderilmektedir. Dental implantlar, her yaş grubundaki hastalarda fonksiyon ve estetik görünümün yeniden kazandırılmasını sağlayan güvenilir tedavi seçenekleri sunmaktadır. Geleneksel yöntemlerle yerleştirilen dental implantların uzun yıllar boyunca yüksek başarı oranı göstermesi, bu yöntemin güvenilirliğini kanıtlamıştır. Ancak tıp ve diş hekimliği alanlarında dijital teknolojilerin hızla gelişmesiyle birlikte rehberli cerrahi prosedürler gündeme gelmiş ve bu alandaki çalışmalar giderek artmıştır. Günümüzde artan protetik komplikasyonlar, implant planlamasının protetik temelli ve dijital olarak yönlendirilmesi gerekliliğini açıkça ortaya koymuştur.

Bu çalışmada, farklı cerrahi yaklaşımlar arasında implant yerleştirme doğruluğu incelenmiş ve elde edilen sapma değerleri literatürde bildirilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bulgular, rehberli sistemlerin serbest el tekniğe kıyasla hem lineer hem de açısal doğruluk açısından belirgin üstünlük sağladığını ortaya koymuştur. serbest el yönteminde özellikle bukkopalatinal ve mesiodistal doğrultularda artmış sapmalar gözlenmiş, bu durum cerrahın el kontrolüne dayalı uygulamalarda lateral yönelimlerde mikro deviasyon riskinin yükseldiğini göstermiştir. Rehberli sistemlerde ise sapmaların tüm yönlerde azaldığı, özellikle NemoScan rehberinin lateral ve vertikal stabiliteyi yüksek doğrulukla sağladığı belirlenmiştir. Exoplan rehberinde de serbest el yöntemine kıyasla genel doğruluk artışı gözlenmiş, ancak bukkopalatinal yönde nispeten daha yüksek sapmalar tespit edilmiştir. Bu farklılığın

rehberin geometrik tasarımı ve frez-bilezik arayüz toleranslarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Huang ve ark. (2023) tarafından bildirilen çalışmada, rehberli tek diş vakalarında koronal ve apikal sapmalar sırasıyla ortalama 0,5 mm ve 1,0 mm, açısal sapma ise $2,4^{\circ}$ olarak rapor edilmiştir (Huang ve ark., 2023). Bu değerlerin serbest el tekniğe göre anlamlı biçimde daha düşük olduğu belirtilmiştir . Çalışmamızda elde edilen sapma miktarları da benzer düzeydedir ve özellikle lateral yöndeki deviasyonların sınırlı olması, diş destekli rehberlerin stabilizasyon avantajıyla açıklanabilir. Literatürde, diş destekli rehberlerin 1 mm'nin altında giriş noktası sapması ve apikalde klinik olarak önemsiz açısal farklılıklar oluşturduğu, bu durumun sanal planlamanın ağız ortamına yüksek doğrulukla aktarılmasını sağladığı bildirilmiştir (Huang ve ark., 2023; Marquez Bautista ve ark., 2024). Anterior bölgede iki implantın yer aldığı vakalarda, rehberli sistemlerin doğruluğu koruduğu ve serbest el yöntemine göre hem lineer hem açısal sapmaları anlamlı biçimde azalttığı görülmüştür. Elde edilen X ve Y eksenlerindeki ortalama 0,3-0,6 mm düzeyindeki sapmalar, literatürde bildirilen 0,4-1,6 mm aralığındaki değerlerle uyumludur (Marquez Bautista ve ark., 2024). Çalışmamızda implantlar arası mesafenin planlanan değerlere çok yakın olması, rehberin paralelliği başarılı biçimde koruduğunu göstermekte ve bu sonuç literatürde bildirilen verilerle örtüşmektedir (Marquez Bautista ve ark., 2024).

Çok üyeli implant vakalarında elde edilen sapma miktarları, tek ve iki üyeli gruplara kıyasla artış göstermiştir. Bu bulgu, literatürde tam dişsiz veya çok üyeli vakalarda rehberin destek tipine bağlı olarak doğruluğun azalabileceğini bildiren çalışmalarla paraleldir. Marquez Bautista ve ark. (2024) tarafından yapılan derlemelerde, mukozal destekli rehberlerde açısal sapmaların ortalama $2,7-5,1^{\circ}$, koronal sapmaların 0,87-2,05 mm, apikal sapmaların ise 1,08-2,28 mm arasında değiştiği rapor edilmiştir (Marquez Bautista ve ark., 2024). Çalışmamızdaki çok üyeli modellerde gözlenen sapmalar bu aralığın içinde kalmış ve özellikle derinlik yönünde 0,5-0,8 mm düzeyindeki sapma değerleri rehberin vertikal kontrol açısından yeterli doğruluk sunduğunu göstermiştir. Feng ve ark. (2024) tarafından yapılan tam dişsiz maksilla çalışmasında da platform sapmaları 0,98-1,43 mm, apikal sapmalar 1,26-1,48 mm,

açısal sapmalar ise ortalama 3,4° olarak bildirilmiştir (Feng ve ark., 2024); bu değerler, mevcut çalışmamızdaki çok üyeli vakalarla büyük ölçüde örtüşmektedir.

Dijital diş hekimliğinde implant cerrahisinin başarısı, implantın planlanan konumuna mümkün olan en yüksek doğrulukla yerleştirilmesine bağlıdır. Bu doğruluk, hem fonksiyonel hem de estetik sonuçların güvence altına alınmasında kritik bir rol oynamaktadır. Günümüzde kullanılan implant yerleştirme yöntemleri arasında serbest el, statik rehberli ve dinamik navigasyonlu yaklaşımlar bulunmaktadır; her biri kendine özgü avantajlar ve sınırlılıklar taşır. Literatürde, bilgisayar destekli sistemlerin serbest el tekniğe kıyasla daha yüksek doğruluk ve öngörülebilirlik sağladığı belirtilmektedir (Khaohoen ve ark., 2024; Joscha Gabriel Werny ve ark., 2025; Younis ve ark., 2024).

Serbest el yöntemi, cerrahın deneyimine bağlı olarak kabul edilebilir sonuçlar verebilse de yönelimsel sapmalar ve pozisyonel farklılıklar açısından önemli değişkenlik gösterebilmektedir. Özellikle çoklu implant yerleştirmelerinde veya anatomik olarak karmaşık vakalarda manuel kontrolün sınırlı olması komplikasyon riskini artırmaktadır. Buna karşın statik rehberli sistemler, önceden tasarlanmış cerrahi plaklar aracılığıyla implantın üç boyutlu konumunu sabitleyerek cerrahi sırasında insan hatası payını azaltmakta ve planlama aşamasındaki doğruluğu klinik ortama başarıyla aktarmaktadır (Joscha G Werny ve ark., 2025). Tam rehberli protokoller, hem platform hem de apikal düzeyde düşük sapma değerleriyle literatürde en yüksek doğruluk oranlarını göstermektedir.

Dinamik navigasyon sistemleri, cerraha operasyon sırasında gerçek zamanlı rehberlik sunarak statik sistemlere kıyasla daha fazla esneklik sağlamaktadır. Bu sistemlerde implant açısı ve derinliği anlık olarak izlenebilmekte, böylece intraoperatif düzeltmeler yapılabilir. Ayrıca sınırlı ağız açıklığı veya posterior bölgelerde erişim güçlüğü bulunan vakalarda ergonomik avantaj sağlar. Ancak sistemin doğru kalibrasyonu ve cerrahın ekrana eşzamanlı odaklanabilme becerisi, sonuçların güvenilirliğinde belirleyici faktörlerdir. Bu nedenle dinamik sistemler, öğrenme eğrisi ve ekipman maliyeti açısından serbest el ve statik yöntemlere kıyasla başlangıçta daha fazla yatırım gerektirmektedir (Joscha Gabriel Werny ve ark., 2025; Younis ve ark., 2024)

Karşılaştırmalı çalışmalar, dinamik ve statik sistemlerin serbest el tekniğe göre anlamlı derecede daha doğru sonuçlar sağladığını; aralarındaki farkın ise çoğu çalışmada klinik açıdan minimal düzeyde kaldığını göstermektedir. Ortalama açısal sapmaların serbest el yönteminde 6-7°, statik sistemlerde 2-3° ve dinamik sistemlerde 3-4° aralığında gerçekleştiği bildirilmektedir (Joscha Gabriel Werny ve ark., 2025; Joscha G Werny ve ark., 2025). Bu bulgular, her iki bilgisayar destekli yöntemin klinik güvenilirlik açısından benzer düzeyde olduğunu; dinamik sistemlerin ise intraoperatif esneklik sayesinde cerrahi uygulama kolaylığı sunduğunu göstermektedir. Bizim çalışmamızda kullanılan NemoScan ve Exoplan yazılımlarına ait statik cerrahi rehberlerin , serbest el grubundan daha az sapma göstermesi bu anlamda literatürle uyumlu olmakla birlikte çalışmamızda dinamik navigasyon sistemi değerlendirilmemiştir. Son yıllarda yapılan meta-analizlerde robot destekli implant cerrahisinin doğruluk bakımından en yüksek sonuçları verdiği bildirilmiştir. Ancak bu sistemler henüz yaygın klinik kullanıma ulaşmamış olup, yüksek maliyet ve teknik altyapı gereksinimleri nedeniyle yalnızca sınırlı merkezlerde uygulanabilmektedir (Khaohoen ve ark., 2024). Bu durum, dijital cerrahi teknolojilerinin evriminde dinamik navigasyon sistemlerinin geçici bir ara basamak olarak rol oynadığını; gelecekte robotik destekli sistemlerin standardizasyon potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Bilgisayar destekli sistemlerin implant yerleştirmede kullanımı, cerrahi doğruluk, öngörülebilirlik ve hasta güvenliği açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Serbest el yaklaşımının operatör bağımlı yapısı klinik varyasyonu artırırken, statik ve dinamik rehberli teknikler bu değişkenliği en aza indirmektedir. Statik rehberli cerrahiler planlamaya en yüksek uyumu sağlarken, dinamik sistemler cerraha operasyon sırasında adaptif kontrol olanağı sunar. Yöntem seçimi, vakaya özgü anatomik koşullar, cerrahin deneyimi, ekonomik olanaklar ve dijital altyapı dikkate alınarak yapılmalıdır. Genel olarak mevcut kanıtlar, dinamik navigasyon ve statik rehberli sistemlerin implant yerleştirme doğruluğunda benzer düzeyde üstünlük gösterdiğini; serbest el yaklaşımının ise modern dijital cerrahi anlayışı içinde giderek önemini yitirdiğini göstermektedir (Jaemsuwan ve ark., 2023; Khaohoen ve ark., 2024; Joscha Gabriel Werny ve ark., 2025; Joscha G Werny ve ark., 2025; Younis ve

ark., 2024). Bizim çalışmamızda da serbest el yönteminin diğer çoklu diş eksikliği içeren diğer gruplara göre anlamlı farklar göstermesi literatürü desteklemektedir.

Bilgisayar destekli cerrahi yaklaşımların yaygınlaşmasıyla birlikte, bu sistemlerde cerrahi deneyimin doğruluk üzerindeki etkisi de giderek daha fazla araştırılmaya başlanmıştır. Cerrahi rehber destekli implant uygulamalarında operatör deneyiminin sonuçlar üzerindeki rolü, son yıllarda yapılan birçok çalışmada incelenmiş ve farklı deneyim düzeylerine sahip uygulayıcılar arasında anlamlı fark olup olmadığı sorgulanmıştır. Elde edilen bulgular, statik navigasyon sistemlerinin hem deneyimli hem de deneyimsiz kullanıcılar tarafından yüksek doğrulukla uygulanabildiğini göstermektedir. Özellikle statik rehberlerin, planlanan implant pozisyonunun klinik ortama aktarılmasında öngörülebilirlik ve güvenlik sağladığı; deneyimsiz kullanıcıların da uygun eğitim ve yönlendirmeyle deneyimli cerrahlarla benzer sonuçlara ulaşabildiği bildirilmiştir (Atay ve ark., 2024; Reiff ve ark., 2024)

Reiff ve arkadaşları (2024), yaptıkları in vitro çalışmada deneyimli cerrahlar, diş teknisyenleri ve diş hekimliğiyle ilgisi olmayan bireyler arasında tam rehberli implant yerleştirme doğruluğunu karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonuçları, üç grup arasında anlamlı fark olmadığını ortaya koymuştur. Eksenel sapma, implant tabanında ve uç kısmında üç boyutlu sapmalar ile dikey sapmalar değerlendirildiğinde tüm gruplarda benzer doğruluk değerleri elde edilmiştir. Bu bulgu, statik navigasyon sistemlerinin operatör deneyiminden bağımsız olarak yüksek aktarım doğruluğu sağladığını göstermektedir. Ayrıca çalışmada, deneyimsiz kullanıcıların bile kısa bir video eğitimi sonrasında implant yerleştirme protokolünü güvenli biçimde uygulayabildiği belirtilmiştir. Bu durum, sistemin öğrenme eğrisinin oldukça kısa olduğunu ve kullanıcıya yönlendirme sağlayan teknolojik desteğin hata riskini azalttığını ortaya koymaktadır (Reiff ve ark., 2024).

Benzer şekilde Atay ve arkadaşları (2024), klinik ortamda lisans öğrencileri ile uzmanlık eğitimi alan diş hekimlerinin tam rehberli implant yerleştirme sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çalışmada öğrenciler, planlama, rehber üretimi ve implant yerleştirme aşamalarını deneyimli bir diş hekimi gözetiminde gerçekleştirmiştir. Bulgular, apikal, koronal, açısız ve dikey sapmalar açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını göstermiştir. Öğrencilerin yerleştirdiği

implantlarda apikal sapma 1.17 ± 0.58 mm, koronal sapma 0.80 ± 0.56 mm ve açısall sapma $3.75 \pm 1.86^\circ$ olarak bulunmuş, bu değerlerin deneyimli diş hekimlerinin sonuçlarıyla benzer olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, tam rehberlu protokolün yeni başlayan kullanıcılar için güvenli ve öngörülebilir bir yöntem olduğunu, implant eğitim programlarına entegre edilmesinin cerrahi öğrenme sürecini hızlandırabileceğini vurgulamıştır (Atay ve ark., 2024).

Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, bilgisayar destekli implant uygulamalarının operatör deneyiminden bağımsız olarak güvenilir sonuçlar sunduğu anlaşılmaktadır. Deneyimli cerrahlar için sistemin uygulanabilirliği ve doğruluğu yüksek seviyedeysen, deneyimsiz kullanıcılar için de kısa öğrenme eğrisi uygulamayı erişilebilir kılmaktadır. Rehber destekli sistemlerin, özellikle cerrahi becerisi sınırlı veya eğitim sürecinde olan hekimlerde komplikasyon riskini azaltarak güvenli bir cerrahi deneyim sağladığı bildirilmektedir. Bununla birlikte deneyimli cerrahların anatomik varyasyonlara uyum sağlama, intraoperatif karar verme ve komplikasyon yönetimi konularındaki avantajları sistemin etkinliğini artırmaktadır. Bu tez deneyimli bir cerrah tarafından gerçekleştirilmiş olsa da literatürdeki bulgular, yöntemin yalnızca deneyimli kullanıcılar için değil, sınırlı cerrahi tecrübeye sahip hekimler için de uygulanabilir ve güvenli olduğunu göstermektedir. Bu durum, sistemin öğrenme eğrisinin kolay aşılabildiğini ve teknolojik yönlendirme sayesinde operatör bağımlı değişkenlerin etkisinin azaldığını desteklemektedir (Atay ve ark., 2024; Reiff ve ark., 2024)

Cerrahi deneyimin etkisinin yanında, rehber sistemlerinin doğruluğu ve güvenilirliği de implant cerrahisinde üzerinde durulan önemli bir konudur. Bu çalışmada statik tam rehber sisteminin doğruluğu, farklı destek tiplerinde (diş destekli ve kemik destekli) ve serbest el yöntemiyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, statik tam rehberle yapılan implant yerleştirmeleri hem açısall hem de lineer sapma açısından serbest el yöntemine kıyasla belirgin biçimde daha doğru sonuçlar vermiştir. Bu bulgu, literatürdeki birçok sistematik derleme ve klinik çalışma ile uyumludur (Abad-Coronel ve ark., 2024; Huang ve ark., 2023; Marlière ve ark., 2018; Marquez Bautista ve ark., 2024; Shi ve ark., 2023).

Statik rehber sistemlerinin doğruluğu, planlanan implant pozisyonunun cerrahi ortama birebir aktarılabilmesi sayesinde artmaktadır. Özellikle dişsiz maksilla grubunda, diş desteğinin bulunmaması nedeniyle kemik yüzeyine dayalı rehber kullanımı doğruluğu artırmış; bu durum, kemik destekli rehberlerin stabilitesinin cerrahi sapmaları sınırladığı yönündeki bulgularla paralellik göstermektedir (Marquez Bautista ve ark., 2024; Shi ve ark., 2023). Shi ve arkadaşları (2023), 41 araştırmayı içeren sistematik derlemelerinde diş destekli rehberlerin, özellikle bilateral destekli olanların, en yüksek doğruluk oranına sahip olduğunu belirtmiş; ortalama lineer sapmaların 1 mm'nin altında, açısal sapmaların ise çoğunlukla 5°'nin altında olduğunu bildirmiştir (Shi ve ark., 2023). Bu sonuç, mevcut çalışmada diş destekli gruplarda elde edilen düşük sapma değerleriyle tutarlıdır.

Rehber sistemlerinin doğruluğu yalnızca destek tipiyle değil, aynı zamanda üretim yöntemi ve sabitleme tasarımıyla da ilişkilidir. Shi ve arkadaşları (2023), frezeleme yöntemiyle üretilen rehberlerin 3D baskı yöntemiyle üretilenlere göre daha düşük sapma gösterdiğini, bunun üretim sürecinde malzeme büzülmesi ve polimer deformasyonlarıyla ilişkili olabileceğini belirtmiştir (Shi ve ark., 2023). Ayrıca rehberlerin metal bilezik ve sabitleme vidalarıyla güçlendirilmesinin mikro hareketleri azalttığı, özellikle mukoza veya kemik destekli rehberlerde konumsal doğruluğu artırdığı vurgulanmıştır (Marquez Bautista ve ark., 2024; Shi ve ark., 2023). Huang ve arkadaşları (2023) tarafından yürütülen prospektif klinik çalışmada, implant pozisyonel rehber sisteminin yalnızca ilk frezin yönlendirilmesinde kullanıldığı, ancak buna rağmen serbest el cerrahisine göre belirgin biçimde daha düşük açısal, koronal ve apikal sapmalar sağladığı bildirilmiştir (Huang ve ark., 2023). Bu bulgu, rehberli cerrahide ilk yönlendirmenin tüm operasyon doğruluğu açısından belirleyici olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda kullanılan tam rehber sistemleri, operasyonun tüm aşamalarında yönlendirme sağladığından doğruluk oranlarının daha yüksek çıkması literatürle tutarlıdır.

Shi ve arkadaşları (2023), rehberli cerrahide doğruluğu etkileyen faktörleri veri toplama yöntemi, görüntü çözünürlüğü ve cerrahın deneyimi gibi çoklu etkenlerle açıklamıştır. Özellikle CBCT'nin 0.1-0.5 mm³ çözünürlükte veri sağladığı, ancak tarama hatalarının toplamda 1 mm'ye yaklaşan sapmalara neden olabileceği bildirilmiştir (Shi ve ark., 2023). Bu nedenle dijital planlama ve üretim süreçlerinde

hata birikiminin her aşamada dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Öte yandan serbest el yöntemiyle yapılan implant yerleştirmelerinde operatör deneyimine bağlı varyasyonların yüksek olduğu, özellikle posterior bölgelerde sapmaların belirgin biçimde arttığı bildirilmiştir (Huang ve ark., 2023; Bautista ve ark., 2024). Çalışmamızda da serbest el grubunda açısal ve lineer sapmaların artması bu bulgularla uyumludur. Serbest el yöntemi, görsel tahmine dayalı yönlendirme sağladığından, anatomik referans noktalarındaki küçük farklılıklar dahi implant ekseninde anlamlı sapmalara yol açabilmektedir (Huang ve ark., 2023; Marquez Bautista ve ark., 2024)

Ayrıca literatürde rehberli cerrahi sistemlerin yalnızca doğruluk değil, cerrahi sürenin kısalması, komplikasyon oranlarının azalması ve hasta konforunun artması açısından da avantaj sağladığı ifade edilmiştir (Abad-Coronel ve ark., 2024; Marlière ve ark., 2018). Bununla birlikte, tüm sistemlerde belirli ölçüde sapma görülebilmekte; bu nedenle özellikle vital anatomik yapılara yakın bölgelerde en az 2 mm'lik güvenlik payının korunması gerektiği önerilmektedir

Rehber sistemlerinin doğruluğuna ilişkin bu bulguların ardından, farklı dijital planlama yazılımlarının performanslarının karşılaştırıldığı çalışmalar da önem kazanmıştır. Bu kapsamda yürütülen tez çalışmasında, iki farklı statik tam cerrahi rehber yazılımı olan NemoScan ve Exoplan değerlendirilmiş; genel doğruluk ölçütlerinde iki sistem arasında anlamlı fark saptanmamış, yalnızca X doğrultusunda Exoplan'ın istatistiksel olarak daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Her iki sistemin de serbest el yöntemine göre üstün doğruluk göstermesi, literatürdeki genel eğilimle uyum içindedir. Çeşitli çalışmalarda, farklı statik bilgisayar destekli implant cerrahisi (sCAIS) sistemleri arasında genel doğruluk düzeylerinin yakın olduğu; ancak açısal ya da koronal ve apikal alt parametrelerde sistem tasarımına özgü sınırlı ayrışmaların görülebildiği bildirilmiştir. Bu farklılıkların temel nedenleri arasında rehber konseptleri, üretim yöntemleri, toleranslar ve deneysel koşullar yer almaktadır.

Rehber konsepti ve enstrümantasyon farklılıkları, doğruluk üzerindeki etkileri bakımından belirleyici faktörlerdendir. Yedi farklı sCAIS sisteminin aynı koşullarda değerlendirildiği kontrollü bir in vitro analizde, drill-handle kullanan sistemlerin en

yüksek doğruluğa ulaştığı; drill-body guidance ve key-on-drill yaklaşımlarında ise açısal ve üç boyutlu sapmaların anlamlı biçimde arttığı rapor edilmiştir. Ortalama açısal sapmalar 0.88° ile 3.97° arasında değişmiş; bilezik yüksekliği 4 mm ve altına düştüğünde sapmanın belirgin biçimde arttığı gösterilmiştir. Bu bulgular, sistemler arasındaki tasarımsal toleransların (örneğin frez-bilezik uyumu, bilezik yüksekliği ya da offset değerleri) doğruluk üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada kullanılan BGuide (BGuide, Bilimplant, Proimtech AŞ., İstanbul, Türkiye) sistemi ise drill-body guidance prensibiyle çalışmakta olup, yönlendirme frez gövdesinin metal bilezik ile doğrudan temasıyla sağlanmıştır. Dolayısıyla çalışmanın doğruluk sonuçları, literatürde bildirilen drill-body guidance sistemlerine benzer mekanik koşullar altında elde edilmiştir. Aynı yazılımın farklı rehber kitleriyle veya aynı kitin farklı yazılımlarla kullanılması durumunda oluşabilecek bileşik etki, sonuçlarda önemli değişikliklere yol açabilmektedir. Bu durum, NemoScan ve Exoplan gibi yazılım merkezli karşılaştırmalarda kullanılan rehber kitinin ve bilezik geometrisinin sonuçları doğrudan etkileyebileceğini; dolayısıyla yazılım kaynaklı farkın klinik çıktıda sönmülenebileceğini düşündürmektedir (Guentsch ve ark., 2023).

Yazılımlar arasındaki farkları izole biçimde incelemek de zordur. Üç farklı planlama yazılımının (Implant Studio ((3Shape, Kopenhag, Danimarka), coDiagnostiX (Straumann, Basel, İsviçre), Blue Sky Plan (Blue Sky Bio, LLC, Libertyville, Illinois, ABD)) karşılaştırıldığı bir in vitro çalışmada, platform ve apeks düzeyinde üç boyutlu sapmalarda gruplar arası fark bulunmamış; açısal sapmada ise yalnızca sınırlı düzeyde farklılık saptanmıştır (Program C (Implant Studio) > Program A (Blue Sky Plan)). Tüm yazılımlarda planlanan ve yerleştirilen implantlar arasında belirli ölçüde sapma olduğu, yön sapmalarının çoğunlukla mesiobukkal eğilimli seyrettiği belirtilmiştir. Bu sonuçlar, burada sunulan tez çalışmasında yalnızca X ekseninde Exoplan'ın üstünlük göstermesiyle paralellik göstermektedir. Yazılımlar arasında küçük, eksene özgü farklar saptanabilse de toplam doğruluk parametrelerinde genel olarak eşdeğerlik eğilimi baskındır (Visuttiwattanakorn ve Phatthanagowit, 2022).

Sistemler arası doğruluk farklarının bir diğer kaynağı ise deneysel düzeneklerin farklılığıdır. Dört farklı marka sistemin (Camlog (Camlog Biotechnologies AG, Basel, İsviçre), Straumann, SIC (Institut Straumann AG, Basel, İsviçre), NobelGuide

(Nobel Biocare AB, Göteborg, İsveç)) bilezik-frez toleranslarının ve eksantrik kuvvet altındaki davranışlarının incelendiği bir çalışmada, özellikle açılma sapma açısından anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Bu durum, rehber konsepti aynı olsa bile mekanik tolerans, frezin bilezik içinde merkezî veya eksantrik iletilmesi gibi kullanım dinamiklerinin sonuçları etkileyebileceğini göstermektedir. Tezde gözlenen X eksenindeki farklılık, bu tür tasarımsal toleransların belirli eksenlerde birikimli hata oluşturmamasından kaynaklanıyor olabilir (Laederach ve ark., 2017).

Statik bilgisayar destekli cerrahiye ilişkin kapsamlı bir meta-analizde, giriş noktasında ortalama 0.99 mm, apikalde 1.24 mm ve açılma olarak 3.81° sapma bildirilmiştir. Rehberli yerleştirmenin rehbersiz tekniğe göre tüm parametrelerde anlamlı biçimde daha doğru olduğu; ayrıca daha fazla sabitleme pini kullanımının özellikle giriş noktasındaki sapmayı azalttığı belirtilmiştir (Van Assche ve ark., 2012). Bu veriler, NemoScan ve Exoplan sistemlerinin serbest el tekniğe göre üstün doğruluk göstermesiyle uyumludur. X ekseninde gözlenen tekil farklılık ise klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde (yaklaşık 1-2 mm, $<5-8^{\circ}$) değerlendirilmekte ve sistem tasarımına özgü bir varyasyon olarak yorumlanmaktadır.

Literatürdeki bu genel çerçeve, NemoScan ve Exoplan gibi yazılım temelli statik rehber sistemlerinin genel doğruluk açısından birbirine yakın performans gösterebileceğini; ancak eksene özgü küçük farklılıkların ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Bu farkların oluşumunda rehber konsepti (drill-handle, key-on-drill, drill-body), bilezik yüksekliği ve tolerans, üretim yöntemi ve materyal özellikleri (örneğin 3B baskıdaki polimer büzülmesi), sabitleme pinleri, kullanılan model türü (yumuşak doku, kadavra, ex-vivo) ve değerlendirme yöntemi (KIBT süperpozisyonu, referans eşleştirme, eksen ayrımı) gibi değişkenlerin birikimli hata etkisi rol oynamaktadır. Bu nedenle marka ya da yazılım karşılaştırmalarında yalnızca yazılım farklılığı değil, kullanılan rehber kitinin geometrisi ve cerrahi protokolün tamamı birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca bilezik yüksekliğinin 5 mm ve üzerinde, rijit sabitleme ile birlikte açılma sapmanın belirgin biçimde azaldığı göz önünde bulundurulmalıdır (Guentsch ve ark., 2023). Bu çalışmada kullanılan implantlar, aynı firma tarafından üretilen ve rehberli cerrahi için tasarlanan cerrahi set kullanılarak modellere yerleştirilmiştir. Bu sayede standardizasyon sağlanmıştır.

Statik tam rehber sistemlerinin performansını yalnızca yazılım veya rehber konsepti belirlememekte; destek yüzeyleri, bilezik konumu ve sabitleme yöntemleri de doğruluk üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bu tez çalışmasında, statik tam rehber sistemlerinin doğruluğu farklı destek yüzeyleri ve tasarım parametreleri açısından incelenmiştir. Model ortamında yürütülen çalışmada, birinci ve ikinci gruplarda dört dıştan destek alan dış destekli statik splintler, üçüncü grupta ise tam dışsız maksillada kemik destekli rehber kullanılmıştır. Tüm rehberler üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş, metal bilezikler operatör tarafından yerleştirilmiş ve sabitleme amacıyla pin veya mini vida kullanılmamıştır. Model ortamında yumuşak doku, tükürük, kan veya dil gibi klinik değişkenlerin bulunmaması, sistemlerin yapısal ve geometrik doğruluğunu saf biçimde değerlendirmeye olanak tanımıştır. Klinik ortamda farklı sonuçlar çıkabileceği göz ardı edilmemelidir.

Bilezik sistemleri, rehberli cerrahi doğruluğunda belirleyici bileşenlerden biridir. Yapılan çalışmalar, bilezik yüksekliği, bilezik-kemik mesafesi ve bilezik tipinin implant yerleştirme doğruluğunu doğrudan etkilediğini göstermektedir. Guentsch ve arkadaşları (2022), açık (lateral pencereli) ve kapalı bilezik sistemlerini karşılaştırmış; bilezik kemiğe ne kadar yakın konumlandırılırsa doğruluğun o ölçüde arttığını, bilezik-kemik mesafesinin 2 mm'den 4 mm'ye çıkarılmasının hem açık hem kapalı sistemlerde açısal sapmayı anlamlı biçimde artırdığını bildirmiştir (Guentsch ve ark., 2022). Ayrıca kapalı bilezik sistemlerinin, küçük çaplı frezlerde lateral yönelme riskini azalttığı ve daha kontrollü yönlendirme sağladığı belirtilmiştir (Guarnieri R, 2016; Guentsch ve ark., 2022). Bizim çalışmamızda kullanılan bilezik sistemi kapalı sistem olup , bilezik yüksekliği 4 mm , bilezik kemik mesafesi 5.3 mm dir. Belirtilen çalışmalardan yüksek bilezik kemik mesafesi olmasına karşın , açısal sapmalar literatürle uyum göstermiştir.

Metal bilezik kullanımı, rehberin aşınma direncini ve yönlendirme hassasiyetini artırmakla birlikte, bazı çalışmalarda üretim toleransları ve malzeme özelliklerinin hata payına katkı sağladığı da bildirilmiştir. Freze yöntemiyle üretilen bilezik kullanılmayan rehberlerde apikal ve açısal sapmaların azaldığı; baskı yöntemiyle üretilen bilezik kullanılmayan rehberlerde ise özellikle açısal doğruluk açısından avantaj sağlandığı rapor edilmiştir (Ballesteros ve ark., 2025). Bu durum, bilezik kullanımının doğruluk üzerindeki etkisinin yalnızca varlığıyla değil, üretim toleransı,

frez-bilezik aralığı ve rehber geometrisiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Tezde metal bileziklerin cerrah tarafından manuel olarak yerleştirilmesi, üretim sonrası geometri üzerinde doğrudan kontrol sağlamış ve literatürde bildirilen üretim kaynaklı sapmaların azaltılmasına katkıda bulunmuştur.

Rehberin sabitleme yöntemi de doğruluk üzerinde etkili bir parametredir. Pessoa ve arkadaşları (2021), diş destekli rehberlerde pinli ve pinsiz uygulamaları karşılaştırmış; genel doğruluk açısından anlamlı fark bulunmamakla birlikte, apikal horizontal ve derinlik sapması parametrelerinde pin kullanılan rehberlerin istatistiksel olarak daha iyi sonuç verdiğini bildirmiştir (Pessoa ve ark., 2022). Ancak farkların klinik açıdan tolere edilebilir düzeyde olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, 3D baskı sürecinde polimer büzülmesine bağlı olarak bilezik pozisyonunun dijital plandan ortalama 0.5 mm daha koronal konumlandığı, ancak bunun klinik açıdan önemsiz bir varyasyon oluşturduğu ifade edilmiştir (Pessoa ve ark., 2022). Mevcut çalışmada dört diştten destek alınan sabit modellerin kullanılması, pin fiksasyonuna gerek kalmadan yeterli stabilite sağlamış ve Pessoa ve arkadaşlarının bulgularıyla uyum göstermiştir. Ayrıca precision pin kullanılan sistemlerde açisal sapmaların 2-3° düzeyine indirilebildiği belirtilmiştir (Guentsch ve ark., 2022). Ancak bizim çalışmamızda klinik koşullarda pin desteğine ihtiyaç duyulacak olan total diş eksikliği modelinde pin fiksasyonuna ihtiyaç duyulmadığından, çalışmamızda pin stabilizasyonunun sonuçlara etkisi karşılaştırılamamıştır.

Destek diş sayısı ve konfigürasyonu, rehber stabilitesini doğrudan etkileyen başka bir değişkendir. Literatürde dört veya daha fazla diştten destek alınmasının, özellikle anterior bölgede rotasyonel hareketi sınırlayarak açisal sapmayı azalttığı bildirilmektedir (Guentsch ve ark., 2022). Pessoa ve arkadaşları (2021), distal serbest sonlu alanlarda destek dişlerinin az olmasının rehber stabilitesini zayıflattığını ve apikal sapmaları artırdığını belirtmiştir (Nguyen ve ark., 2024; Pessoa ve ark., 2022). Mevcut çalışmada anterior ve posterior bölgelerde dört diştten destek alınması, bu riskleri azaltmış ve pin kullanımına ihtiyaç bırakmamıştır. Ayrıca bazı çalışmalar, tam ark destekli rehberlerin uzunluk nedeniyle intraoperatif esneme ve devinim gösterebildiğini; bu nedenle kısa segmentli (iki veya dört diş destekli) rehberlerin özellikle posterior bölgelerde daha yüksek doğruluk sunduğunu bildirmiştir

(Kasradze ve Kubilius, 2025; Vartan ve ark., 2025). Bu bulgu, mevcut çalışmadaki rehber konfigürasyonunun doğruluk açısından optimal olduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu bulgular mevcut tez sonuçlarıyla tutarlıdır. Tam rehberli sistemler, parsiyel veya pilot rehberlere ve serbest el tekniğine göre daha yüksek doğruluk sunmaktadır. Bilezik-bone mesafesinin kısa tutulması, dört veya daha fazla dışten destek alınması ve rijit splint tasarımı doğruluğu artıran temel faktörlerdir. Pin fiksasyonu yeterli destek ve rijitlik sağlandığında sınırlı ek katkı sağlar. Metal bilezik kullanımı üretim ve yönlendirme açısından avantajlı olmakla birlikte, tolerans kontrolü doğru yapılmadığında hata kaynağına dönüşebilir. Tezde kullanılan dört diş destekli kısa splintlerin ve operatör tarafından yerleştirilen metal bileziklerin oluşturduğu stabil yapı, literatürde bildirilen en iyi uygulama örnekleriyle örtüşmektedir. Bu durum, statik tam rehberli sistemlerin hem diş destekli hem kemik destekli uygulamalarda yüksek doğruluk sağladığını ve serbest el cerrahisine kıyasla daha öngörülebilir bir alternatif sunduğunu göstermektedir.

Statik tam rehberli sistemlerin doğruluğuna ilişkin elde edilen bulgular, rehberli implant cerrahisinin güvenilirliğini ortaya koyarken, son yıllarda dijital diş hekimliğinde yaşanan yenilikler bu alanda yeni tasarım ve uygulama konseptlerinin gelişmesine zemin hazırlamıştır (Lan ve ark., 2024). Statik tam rehber sistemlerinin doğruluğu ve öngörülebilirliği kanıtlanmış olsa da, literatürde yeni nesil rehber teknolojilerinin giderek yaygınlaştığı ve araştırılmaya başlandığı görülmektedir. Özellikle katmanlı (stackable) cerrahi rehberler ile tam dijital iş akışını içeren sanal hasta yaklaşımları, implant cerrahisinde daha öngörülebilir, hızlı ve minimal invaziv uygulamalara olanak sağlamaktadır. Bu sistemlerde, farklı rehberlerin birbirine entegre biçimde kullanılması hem cerrahi doğruluğu artırmakta hem de protez aşamasında hasta konforunu iyileştirmektedir. Bununla birlikte, bu yeni teknolojilerin etkili biçimde uygulanabilmesi için dijital planlama, yüz ve intraoral tarama, sanal hasta modelleme gibi ileri dijital süreçlerin standartlaştırılması gerekmektedir (Lan ve ark., 2024).

Tam dijital katmanlı (stackable) rehberlerle gerçekleştirilen çift çene implant uygulamaları da son dönemde başarılı klinik sonuçlar ortaya koymuştur. Bu sistemler, özellikle tam dişsiz olgularda hem maksilla hem mandibulada eş zamanlı

implant yerleşimi ve geçici protez yüklemesine olanak tanıyarak tedavi süresini önemli ölçüde kısaltmakta ve hasta memnuniyetini artırmaktadır (Alruhailie ve ark., 2024). Bu tip sistemlerde kullanılan sıralı rehberler ve manyetik bağlantılı tasarımlar, rehber stabilitesini artırarak implant yerleştirme hatalarını minimuma indirmektedir. Ancak, farklı sistemlerde kullanılan yazılım altyapıları, bağlantı mekanizmaları ve üretim teknolojileri açısından henüz tam bir standardizasyonun bulunmadığı bildirilmektedir (Alruhailie ve ark., 2024).

Geliştirilen yeni sistemler arasında metal destekli ve konik kama bağlantılı (cone-wedge anchored) rehberler de dikkat çekmektedir. Bu sistemlerde, üst yapının temel taban rehberine konik kama bağlantısı ile sabitlenmesi, cerrahi sırasında hareket riskini azaltmakta ve doğruluğu artırmaktadır. Literatürde, bu sistemlerle elde edilen ortalama koronal ve apikal sapmaların sırasıyla 0.97 mm ve 1.56 mm, açısal sapmanın ise yaklaşık 2.95° düzeyinde olduğu bildirilmiştir; bu değerler mevcut statik tam rehberlerle elde edilen doğruluk düzeyine oldukça yakındır (Bai ve ark., 2024). Ayrıca titanyum alaşımlı metal gövdelerin kullanılması, sterilizasyon kolaylığı ve mekanik dayanıklılık açısından ek avantaj sağlamaktadır.

Bu gelişmeler, statik tam rehber sistemlerinin güvenilirliğini korurken, dijital diş hekimliğinde tam dijital, katmanlı, metal destekli veya manyetik bağlantılı yeni nesil rehber sistemlerinin giderek daha fazla ilgi gördüğünü göstermektedir. Ancak bu sistemlerin klinik etkinlik, doğruluk, operasyon süresi ve maliyet yönünden karşılaştırılmasına yönelik daha geniş örneklemli ve uzun dönemli prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır (Alruhailie ve ark., 2024; Bai ve ark., 2024; Cristache ve ark., 2024).

Genel olarak değerlendirildiğinde, yeni dijital ve çok katmanlı rehber sistemleri klasik statik rehberlerin bir tamamlayıcısı olarak görülmelidir. Bu teknolojiler, implant cerrahisinde doğruluk, hız ve hasta konforunu artırmaya yönelik önemli potansiyeller taşımaktadır. Mevcut tez çalışmasında kullanılan statik tam rehberli sistem, yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlik düzeyiyle güncel literatürle uyum göstermektedir. Bununla birlikte, hızla gelişen dijital planlama ve üretim teknolojilerinin gelecekte implant cerrahisinin standart uygulama biçimlerini yeniden tanımlayacağı öngörülmektedir.

6. SONUÇLAR

1. Bilgisayar destekli implant cerrahisi, serbest el yönteme göre daha yüksek doğruluk ve öngörülebilirlik sağlamaktadır. Statik ve dinamik rehberli sistemler arasında genel doğruluk açısından fark bulunmamakla birlikte, her iki yöntem de freehand tekniğe üstün performans göstermektedir.
2. Statik tam rehberli sistemler, planlanan implant pozisyonunun klinik ortama en yüksek uyumla aktarılmasını sağlayarak platform ve apikal düzeyde düşük sapma değerleri sunmaktadır. Özellikle kemik destekli rehberlerde doğruluk düzeyi, diş veya mukoza destekli sistemlere kıyasla daha yüksektir.
3. Operatör deneyimi, cerrahi rehber destekli sistemlerde doğruluk üzerinde sınırlı etkiye sahiptir. Uygun eğitim ve rehberli protokollerle deneyimsiz kullanıcılar, deneyimli cerrahlarla benzer sonuçlar elde edebilmektedir.
4. Çalışmada kullanılan tasarım programları (ör. NemoScan, Exoplan) arasında genel doğruluk düzeyi açısından anlamlı fark bulunmamıştır. Sadece belirli eksenlerde (ör. X doğrultusu) küçük farklılıklar gözlenmiş, ancak bu farklar klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır.
5. Dijital planlama, üretim teknolojisi ve klinik doğruluk arasındaki ilişkiyi inceleyen prospektif, randomize ve uzun dönemli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Öneriler

1. Klinik uygulamalarda, anatomik varyasyonların fazla olduğu vakalarda statik rehberli sistemlerin tercih edilmesi; operatör deneyiminin yetersiz olduğu durumlarda ise tam rehberli protokollerin kullanılması önerilmektedir.

2. Dijital planlama sürecinde, KIBT çözünürlüğü (0.1-0.5 mm³ aralığında) ve intraoral tarama verilerinin süperpozisyon doğruluğu titizlikle değerlendirilmelidir.
3. Rehber üretiminde, bilezik yüksekliği 5 mm'nin altında tutulmalı, bilezik-kemik arası mesafenin artmasının açısal sapmayı artırabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.
4. Destek konfigürasyonu, en az dört dişten veya geniş yüzeyli kemik teması sağlayacak şekilde tasarlanmalı; posterior bölgelerde tam ark yerine kısa segmentli splintlerin kullanımı tercih edilmelidir.
5. Metal bilezik üretim toleransları kontrol edilmeli; frez-bilezik arası mesafe artışının sapmaları artıracağı unutulmamalıdır.
6. Yeni rehber sistemleri (stackable, cone-wedge anchored, magnetic coupled) uzun dönem klinik takiplerle değerlendirilmelidir. Bu sistemlerin doğruluk, maliyet ve sterilizasyon açısından standardize edilmesi için çok merkezli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kısıtlamalar

1. Çalışmada kullanılan total dişsiz modelde pin fiksasyonu kullanılmadığından, rehber stabilitesinin implant konumuna olan etkisi değerlendirilememiştir.

7. KAYNAKÇA

- Abad-Coronel C, Vandeweghe S, Vela Cervantes MD, Tobar Lara MJ, Mena Córdova N, Aliaga P. Accuracy of implant placement using digital prosthetically-derived surgical guides: a systematic review. *Appl Sci*, 2024;14(16);7422-7430.
- Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants: requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand*, 1981;52(2);155-170.
- Albrektsson T, Sennerby L. State of the art in oral implants. *J Clin Periodontol*, 1991;18(6);474-481.
- Albrektsson T, Wennerberg A. The impact of oral implants-past and future, 1966-2042. *J Can Dent Assoc*, 2005;71(5);327-335.
- Albrektsson T, Zarb GA. The Brånemark osseointegrated implant. Chicago: Quintessence Publishing Company; 1989.
- Al-Nawas B, Götz H. Three-dimensional topographic and metrologic evaluation of dental implants by confocal laser scanning microscopy. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2003;5(3);176-183.
- Alruhailie L, Zaidan A, Alasmari A, Raffa O. A fully guided sequential template immediate loading protocol for dual-arch implant surgery. *Clin Cosmet Investig Dent*, 2024;16;167-177.
- Annibali S, Ripari M, La Monaca G, Tonoli F, Cristalli MP. Local complications in dental implant surgery: prevention and treatment. *Oral Implantol*, 2008;1(1);21-27.
- Anusavice KJ, Phillips R. Science of dental materials. St Louis: WB Saunders Company; 2003.

- Arısan V, Karabuda CZ, Özdemir T. Implant surgery using bone- and mucosa-supported stereolithographic guides in totally edentulous jaws: surgical and post-operative outcomes of computer-aided vs. standard techniques. *Clin Oral Implants Res*, 2010;21(9);980-988.
- Arlin ML. Survival and success of sandblasted, large-grit, acid-etched and titanium plasma-sprayed implants: a retrospective study. *J Can Dent Assoc*, 2007;73(9);821-821.
- Arunyanak SP, Pollini A, Ntounis A, Morton D. Clinician assessments and patient perspectives of single-tooth implant restorations in the esthetic zone of the maxilla: a systematic review. *J Prosthet Dent*, 2017;118(1);10-17.
- Assery NM, Jurado CA, Assery MK, Afrashtehfar KI. Peri-implantitis and systemic inflammation: a critical update. *Saudi Dent J*, 2023;35(5);443-450.
- Atay E, Hey J, Beuer F, Böse MWH, Schweyen R. Evaluation of the accuracy of fully guided implant placement by undergraduate students and postgraduate dentists: a comparative prospective clinical study. *Int J Implant Dent*, 2024;10(1);6-12.
- Atwood DA. Bone loss of edentulous alveolar ridges. *J Periodontol*, 1979;50(4 Suppl);11-21.
- Bai X, Wu T, Zhu Y, Yang C, Cheng T, Liu Y, Zhou Y. Cone-wedge anchored surgical templates for stackable metal guide: a novel technique. *Int J Implant Dent*, 2024;10(1);27-35.
- Balasubramaniam SA, Raja SV, Thomas LJ. Peri-implant esthetics assessment and management. *Islam Dent Assoc Iran*, 2012;6(6);23-30.
- Ballesteros J, Vásquez S, Revilla-León M, Gómez-Polo M. A comparative study on the accuracy of implant placement using 3D-printed and milled guides without metal sleeves. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2025;27(4);e70072.
- Belser U. Implant placement in the esthetic zone. *Clin Periodontol Implant Dent*, 2003;1-10.
- Berman CL. Complications: prevention, recognition, treatment. *Dent Clin North Am*, 1989;33(4);635-663.
- Block MS, Emery RW. Static or dynamic navigation for implant placement-choosing the method of guidance. *J Oral Maxillofac Surg*, 2016;74(2);269-277.

- Boffano P, Roccia F, Gallesio C, Berrone S. Pathological mandibular fractures: a review of the literature of the last two decades. *Dent Traumatol*, 2013;29(3);185-196.
- Bornstein MM, Cionca N, Mombelli A. Systemic conditions and treatments as risks for implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2009;24(Suppl);12-27.
- Brånemark PI. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw: experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg*, 1977;16;1-132.
- Brånemark PI. Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessence Publishing; 1985.
- Brief J, Edinger D, Hassfeld S, Eggers G. Accuracy of image-guided implantology. *Clin Oral Implants Res*, 2005;16(4);495-501.
- Brodala N. Flapless surgery and its effect on dental implant outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2009;24;118-126.
- Budmiger R, Peku E, Imber JC, Salvi GE, Staehli A, Roccuzzo A. Early and late implant loss in a university-based periodontal setting: a retrospective analysis on 1,821 patients and 2,639 implants over a period of 18 years. *Swiss Dent J SSO*, 2024;134(2);105-121.
- Buser D, Martin W, Belser UC. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2004;19(7);1-10.
- Camps-Font O, Martín-Fatás P, Clé-Ovejero A, Figueiredo R, Gay-Escoda C, Valmaseda-Castellón E. Postoperative infections after dental implant placement: variables associated with increased risk of failure. *J Periodontol*, 2018;89(10);1165-1173.
- Cascone P, Ungari C, Filiaci F, Gabriele G, Ramieri V. A dental implant in the anterior cranial fossae. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2010;39(1);92-93.
- Cassetta M, Giansanti M, Di Mambro A, Calasso S, Barbato E. Accuracy of two stereolithographic surgical templates: a retrospective study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2013;15(3);448-459.

- Chackartchi T, Romanos GE, Parkanyi L, Schwarz F, Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. *Periodontol 2000*, 2022;88(1);64-72.
- Chappuis V, Buser R, Brägger U, Bornstein MM, Salvi GE, Buser D. Long-term outcomes of dental implants with a titanium plasma-sprayed surface: a 20-year prospective case series study in partially edentulous patients. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2013;15(6);780-790.
- Chen S, Ou Q, Lin X, Wang Y. Comparison between a computer-aided surgical template and the free-hand method: a systematic review and meta-analysis. *Implant Dent*, 2019;28(6);578-589.
- CM S. Outcomes of a fluoride modified implant one year after loading in the posterior maxilla when placed with the osteotome surgical technique. *Appl Osseointegration Res*, 2006;5;50-55.
- Cristache CM, Burlacu Vatamanu OE, Butnarusu CC, Mihut T, Sgiea ED. Predictable full digital workflow using stackable surgical templates for complete dental arch rehabilitation with implant-supported fixed restorations-case series and proof of concept. *Dent J*, 2024;12(11);347-355.
- Çetiner S, Zor F. Dental implantolojide başarıyı etkileyen faktörler. *Gazi Univ Dis Hekim Fak Derg*, 2007;24(1);51-56.
- D'Ambrosio F, Amato A, Chiacchio A, Sisalli L, Giordano F. Do systemic diseases and medications influence dental implant osseointegration and dental implant health? an umbrella review. *Dent J*, 2023;11(6);146-155.
- D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol 2000*, 2017;73(1);121-133.
- D'haese J, Van De Velde T, Komiyama A, Hultin M, De Bruyn H. Accuracy and complications using computer-designed stereolithographic surgical guides for oral rehabilitation by means of dental implants: a review of the literature. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2012;14(3);321-335.
- Do TA, Le HS, Shen YW, Huang HL, Fuh LJ. Risk factors related to late failure of dental implant-a systematic review of recent studies. *Int J Environ Res Public Health*, 2020;17(11);3931-3342.

- Eckert SE, Parein A, Myshin HL, Padilla JL. Validation of dental implant systems through a review of literature supplied by system manufacturers. *J Prosthet Dent*, 1997;77(3);271-279.
- Eduardo A, Alkhraisat MH, Asier E. On peri-implant bone loss theories: trying to piece together the jigsaw. *Cureus*, 2023;15(1);1-10.
- Fan YY, Li S, Cai YJ, Wei T, Ye P. Smoking in relation to early dental implant failure: a systematic review and meta-analysis. *J Dent*, 2024;151;105396.
- Fathi M, Salehi M, Saatchi A, Mortazavi V, Moosavi S. In vitro corrosion behavior of bioceramic, metallic, and bioceramic-metallic coated stainless steel dental implants. *Dent Mater*, 2003;19(3);188-198.
- Feng X, Liu M, Song W, Ji Y, Luo F. Efficacy of digital templates in edentulous implant placement: a retrospective study. *BMC Oral Health*, 2024;24(1);1503.
- Forna N, Agop-Forna D. Esthetic aspects in implant-prosthetic rehabilitation. *Med Pharm Rep*, 2019;92(Suppl 3);S6.
- Francischone CE, Vasconcelos LW, Brånemark PI. Osseointegration and esthetics in single tooth rehabilitation. *J Prosthodont*, 2000;9(4):223-229.
- Freitas AC Jr, Bonfante EA, Rocha EP, Silva NR, Marotta L, Coelho PG. Effect of implant connection and restoration design (screwed vs. cemented) in reliability and failure modes of anterior crowns. *Eur J Oral Sci*, 2011;119(4);323-330.
- Froum SJ, de la Torre EG, Rosen PS. Peri-implant mucositis. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2019;39(2);1-8.
- Fuh LJ, Hsu JT, Huang HL, Shen YW. Biomechanical investigation of thread designs and interface conditions of zirconia and titanium dental implants with bone: three-dimensional numeric analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2013;28(2);1-10.
- Gahlert M, Gudehus T, Eichhorn S, Steinhauser E, Kniha H, Erhardt W. Biomechanical and histomorphometric comparison between zirconia implants with varying surface textures and a titanium implant in the maxilla of miniature pigs. *Clin Oral Implants Res*, 2007;18(5);662-668.

- Gallucci GO, Hamilton A, Zhou W, Buser D, Chen S. Implant placement and loading protocols in partially edentulous patients: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*, 2018;29;106-134.
- Gapski R, Wang HL, Mascarenhas P, Lang NP. Critical review of immediate implant loading. *Clin Oral Implants Res*, 2003;14(5);515-527.
- Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Salomó-Coll O, Wang HL. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery: a systematic review. *Ann Anat*, 2019;225;1-10.
- Gerlach NL, Meijer GJ, Maal TJ, Mulder J, Rangel FA, Borstlap WA, Bergé SJ. Reproducibility of three different tracing methods based on cone beam computed tomography in determining the anatomical position of the mandibular canal. *J Oral Maxillofac Surg*, 2010;68(4);811-817.
- Givol N, Chaushu G, Halamish-Shani T, Taicher S. Emergency tracheostomy following life-threatening hemorrhage in the floor of the mouth during immediate implant placement in the mandibular canine region. *J Periodontol*, 2000;71(12);1893-1895.
- Goiato MC, Andreotti AM, Dos Santos DM, Nobrega AS, De Caxias FP, Bannwart LC. Influence of length, diameter and position of the implant in its fracture incidence: a systematic review. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 2019;13(2);109-115.
- Goiato MC, Haddad MF, Gennari Filho H, Villa LMR, Dos Santos DM, Pesqueira AA. Dental implant fractures: aetiology, treatment and case report. *J Clin Diagn Res*, 2014;8(3);300-305.
- González-García A, González-García J, Diniz-Freitas M, García-García A, Bullón P. Accidental displacement and migration of endosseous implants into adjacent craniofacial structures: a review and update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2012;17(5);e769-e774.
- Goodacre CJ, Kan JY, Rungcharassaeng K. Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent*, 1999;81(5);537-552.
- Green NT, Machtei EE, Horwitz J, Peled M. Fracture of dental implants: literature review and report of a case. *Implant Dent*, 2002;11(2);137-143.

- Greenstein G, Cavallaro J, Romanos G, Tarnow D. Clinical recommendations for avoiding and managing surgical complications associated with implant dentistry: a review. *J Periodontol*, 2008;79(8);1317-1329.
- Grigoras RI, Cosarca A, Ormenișan A. Early implant failure: a meta-analysis of seven years of experience. *J Clin Med*, 2024;13(7);1887-1895.
- Guarnieri R, Stefanelli LV, Di Carlo S, Pompa G. In vitro and in vivo accuracy evaluation of computer guide surgery for dental implant placement associated with three mini-implants used as precision pins. *Int J Surg Surg Proced*, 2016;1;112-119.
- Guentsch A, An H, Dentino AR. Precision and trueness of computer-assisted implant placement using static surgical guides with open and closed sleeves: an in vitro analysis. *Clin Oral Implants Res*, 2022;33(4);441-450.
- Guentsch A, Bjork J, Saxe R, Han S, Dentino AR. An in-vitro analysis of the accuracy of different guided surgery systems-they are not all the same. *Clin Oral Implants Res*, 2023;34(5);531-541.
- Guillaume B. Dental implants: a review. *Morphologie*, 2016;100(331);189-198.
- Gupta R, Gupta N, Weber KK. Dental implants. *StatPearls*, 2023;1-8.
- Hahn J. Single-stage, immediate loading, and flapless surgery. *J Oral Implantol*, 2000;26(3);193-198.
- Hämmerle CH, Stone P, Jung RE, Kapos T, Brodala N. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding computer-assisted implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2009;24;1-8.
- Heller AA, Shankland WE II. Alternative to the inferior alveolar nerve block anesthesia when placing mandibular dental implants posterior to the mental foramen. *J Oral Implantol*, 2001;27(3);127-133.
- Hobo S, Ichida E, Garcia LT. Osseointegration and occlusal rehabilitation. Chicago: Quintessence Publishing; 1989.
- Hoek E, Carranza-Torres C, Corkum B. Hoek-Brown failure criterion-2002 edition. *Proc NARMS-Tac*, 2002;1(1);267-273.
- Huang L, Liu L, Yang S, Khadka P, Zhang S. Evaluation of the accuracy of implant placement by using implant positional guide versus freehand: a prospective clinical study. *Int J Implant Dent*, 2023;9(1);45-50.

- Jaemsuwan S, Arunjarosuk S, Kaboosaya B, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. Comparison of the accuracy of implant position among freehand implant placement, static and dynamic computer-assisted implant surgery in fully edentulous patients: a non-randomized prospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2023;52(2);264-271.
- Joda T, Derksen W, Wittneben JG, Kuehl S. Static computer-aided implant surgery analysing patient-reported outcome measures, economics and surgical complications: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*, 2018;29;359-373.
- Jones JK, Triplett RG. The relationship of cigarette smoking to impaired intraoral wound healing: a review of evidence and implications for patient care. *J Oral Maxillofac Surg*, 1992;50(3);237-239.
- Juodzbals G, Wang HL, Sabalys G. Injury of the inferior alveolar nerve during implant placement: a literature review. *J Oral Maxillofac Res*, 2011;2(1);e1.
- Kaddas C, Papamanoli E, Bobetsis YA. Etiology and treatment of peri-implant soft tissue dehiscences: a narrative review. *Dent J*, 2022;10(5);86-95.
- Karoussis IK, Brägger U, Salvi GE, Bürgin W, Lang NP. Effect of implant design on survival and success rates of titanium oral implants: a 10-year prospective cohort study of the ITI Dental Implant System. *Clin Oral Implants Res*, 2004;15(1);8-17.
- Kasradze D, Kubilius R. Influence of guide support on the accuracy of static computer-assisted implant surgery in partially edentulous cases using a keyless guiding system: an in vitro study. *BMC Oral Health*, 2025;25(1);563.
- Katranji A, Misch K, Wang HL. Cortical bone thickness in dentate and edentulous human cadavers. *J Periodontol*, 2007;78(5);874-878.
- Khaohoen A, Powcharoen W, Sornsuwan T, Chaijareenont P, Rungsiyakull C, Rungsiyakull P. Accuracy of implant placement with computer-aided static, dynamic, and robot-assisted surgery: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *BMC Oral Health*, 2024;24(1);359-365.
- Khawaja N, Renton T. Case studies on implant removal influencing the resolution of inferior alveolar nerve injury. *Br Dent J*, 2009;206(7);365-370.

- Kim JJ, Lee JH, Kim JC, Lee JB, Yeo ISL. Biological responses to the transitional area of dental implants: material- and structure-dependent responses of peri-implant tissue to abutments. *Materials*, 2019;13(1);72-81.
- Kirsch A, Ackermann KL. The IMZ osteointegrated implant system. *Dent Clin North Am*, 1989;33(4);733-791.
- Koh RU, Rudek I, Wang HL. Immediate implant placement: positives and negatives. *Implant Dent*, 2010;19(2);98-108.
- Kose OD, Karatasli B, Demircan S, Kose TE, Cene E, Aya SA, Erdem MA, Cankaya AB. In vitro evaluation of manual torque values applied to implant-abutment complex by different clinicians and abutment screw loosening. *Clin Oral Investig*, 2017;21(5);1523-1530.
- Kourtis SG, Sotiriadou S, Voliotis S, Challas A. Private practice results of dental implants. Part I: survival and evaluation of risk factors-Part II: surgical and prosthetic complications. *Implant Dent*, 2004;13(4);373-385.
- Köroğlu AE, Gönültaş F, Oztas DD. İmmediat implant yerleştirme ve yükleme protokolleri. *Turk J Clin Lab*, 2024;15(2);297-303.
- Kukreja P, Godhi SS. Haemostatic agents in oral surgery: a brief review. *Indian J Stomatol*, 2011;2(2);45-49.
- Kusum CK, Mody PV, Nooji D, Rao SK, Wankhade BG. Interforaminal hemorrhage during anterior mandibular implant placement: an overview. *Dent Res J*, 2015;12(4);291-300.
- Laederach V, Mukaddam K, Payer M, Filippi A, Köhl S. Deviations of different systems for guided implant surgery. *Clin Oral Implants Res*, 2017;28(9);1147-1151.
- Laleman I, Bernard L, Vercruyssen M, Jacobs R, Bornstein MM, Quirynen M. Guided implant surgery in the edentulous maxilla: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2016;31(Suppl);S103-S117.
- Lan R, Marteau C, Mense C, Silvestri F. Current knowledge about stackable guides: a scoping review. *Int J Implant Dent*, 2024;10(1);28.
- Lauc T, Kobler P. Early post-operative complications in oral implantology. *Coll Antropol*, 1998;22;251-257.

- Lee JH, Frias V, Lee KW, Wright RF. Effect of implant size and shape on implant success rates: a literature review. *J Prosthet Dent*, 2005;94(4);377-381.
- Lekholm U, Ericsson I, Adell R, Slots J. The condition of the soft tissues at tooth and fixture abutments supporting fixed bridges: a microbiological and histological study. *J Clin Periodontol*, 1986;13(6);558-562.
- Lekholm U. Patient selection and preparation. In: *Tissue-integrated prosthesis: osseointegration in clinical dentistry*. 1985;1-10.
- Leong DJM, Chan HL, Yeh CY, Takarakis N, Fu JH, Wang HL. Risk of lingual plate perforation during implant placement in the posterior mandible: a human cadaver study. *Implant Dent*, 2011;20(5);360-363.
- Lin CC, Wu CZ, Huang MS, Huang CF, Cheng HC, Wang DP. Fully digital workflow for planning static guided implant surgery: a prospective accuracy study. *J Clin Med*, 2020;9(4);980.
- Lindeboom JA, Van Wijk AJ. A comparison of two implant techniques on patient-based outcome measures: flapless vs conventional flapped implant placement. *Clin Oral Implants Res*, 2010;21(4);366-370.
- Linkow LI. Re-evaluation of mandibular unilateral subperiosteal implants: a 12-year report. *J Prosthet Dent*, 1967;17(5);509-514.
- Liu YF, Wu JL, Zhang JX, Peng W, Liao WQ. Numerical and experimental analyses on temperature distribution in the dental implant preparation area when using a surgical guide. *J Prosthodont*, 2018;27(1);42-51.
- Loney WW, Termini S, Sisto J. Plunging ranula formation as a complication of dental implant surgery: a case report. *J Oral Maxillofac Surg*, 2006;64(8);1204-1208.
- Lum LB. A biomechanical rationale for the use of short implants. *J Oral Implantol*, 1991;17(2);126-131.
- Manela Shill D, Kumar N, Gupta R, Singh K, Tanvir H. Clinical complications with implant prosthesis. 2021;-.
- Manfredini M, Poli PP, Giboli L, Beretta M, Maiorana C, Pellegrini M. Clinical factors on dental implant fractures: a systematic review. *Dent J*, 2024;12(7);200-211.

- Marlière DAA, Demétrio MS, Picinini LS, De Oliveira RG, Netto HDDMC. Accuracy of computer-guided surgery for dental implant placement in fully edentulous patients: a systematic review. *Eur J Dent*, 2018;12(1);153-160.
- Marquez Bautista N, Meniz-García C, López-Carriches C, Sánchez-Labrador L, Cortés-Bretón Brinkmann J, Madrigal Martínez-Pereda C. Accuracy of different systems of guided implant surgery and methods for quantification: a systematic review. *Appl Sci*, 2024;14(24);11479.
- Meffert RM, Langer B, Fritz ME. Dental implants: a review. *J Periodontol*, 1992;63(11);859-870.
- Mello BF, De Carvalho Formiga M, Bianchini MA, Borges I Jr, Coura G, Tumedei M, Fuller R, Petrini M, Romasco T, Vaz P. Insertion torque and implant stability quotient assessment in dental implants with and without healing chambers: a polyurethane in vitro study. *Appl Sci*, 2023;13(18);10215.
- Miličić-Lazić M, Jakšić M, Todorović A, Đorđević I, Lazić V. Biological complications of cement-retained implant-supported restorations. *Stomatol Glas Srb*, 2019;66(4);189-195.
- Misch CE, Perel ML, Wang HL, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, Steigmann M, Rebaudi A, Palti A, Pikos MA. Implant success, survival, and failure: ICOI Pisa consensus conference. *Implant Dent*, 2008;17(1);5-15.
- Misch CE, Resnik R. Mandibular nerve neurosensory impairment after dental implant surgery: management and protocol. *Implant Dent*, 2010;19(5);378-386.
- Misch CE, Resnik R. Misch's avoiding complications in oral implantology. St. Louis: Elsevier; 2017.
- Misch CE, Resnik RR. Available bone and dental implant treatment plans. In: Misch's Contemporary Implant Dentistry. 4th ed. Canada: Elsevier; 2020:415-434.
- Misch CE. Contemporary implant dentistry. *Implant Dent*, 1999;8(1);90-99.
- Misch CE. Dental implant prosthetics. St. Louis: Elsevier; 2004.
- Misch K, Wang HL. Implant surgery complications: etiology and treatment. *Implant Dent*, 2008;17(2);159-168.
- Mordenfeld MH, Johansson A, Hedin M, Billström C, Fyrberg KA. A retrospective clinical study of wide-diameter implants used in posterior edentulous areas. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2004;19(3);45-62.

- Moy PK, Medina D, Shetty V, Aghaloo TL. Dental implant failure rates and associated risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2005;20(4);25-34.
- Nahlieli O, Droma EB, Eliav E, Zaguri A, Shacham R, Bar T. Salivary gland injury subsequent to implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2008;23(3);-.
- Newman MG, Klokkevold PR, Elangovan S, Kapila Y, Carranza FA, Takei HH. Newman and Carranza's clinical periodontology and implantology. Philadelphia: Elsevier; 2024.
- Newman MG, Takei H, Klokkevold PR, Carranza FA. Carranza's clinical periodontology. St. Louis: Elsevier; 2011.
- Nguyen M, Nguyen HKK, Nguyen TN, Huynh NCN. Influence of supporting teeth quantity of surgical guide on accuracy of immediate implant in maxillary central incisor: an in vitro study. *BDJ Open*, 2024;10(1);100.
- Norton MR. Multiple single-tooth implant restorations in the posterior jaws: maintenance of marginal bone levels with reference to the implant-abutment microgap. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2006;21(5);22-30.
- O'Brien WJ. Dental materials and their selection. 4th ed. Chicago: Quintessence; 2002.
- Oded Bahat B, Mark Handelsman D. Use of wide implants and double implants in the posterior jaw: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1996;11;379-386.
- Ogle OE, Swantek J, Kamoh A. Hemostatic agents. *Dent Clin North Am*, 2011;55(3);433-439.
- Oh WS, Roumanas ED, Beumer J III. Mandibular fracture in conjunction with bicortical penetration using wide-diameter endosseous implants. *J Prosthodont*, 2010;19(8);625-629.
- Oliva J, Oliva X, Oliva JD. One-year follow-up of first consecutive 100 zirconia dental implants in humans: comparison of two different rough surfaces. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2007;22(3);33-42.
- Palmer R. Risk management in clinical practice. Part 9: dental implants. *Br Dent J*, 2010;209(10);499-506.
- Parashis A, Diamantopoulos P. Clinical application of computer-guided implant surgery. Boca Raton: CRC Press; 2013.

- Parolia A, Kamath M, Kundubala M, Manuel T, Mohan M. Management of foreign body aspiration or ingestion in dentistry. *Kathmandu Univ Med J*, 2009;7(2);165-171.
- Pauwels R, Jacobs R, Singer SR, Mupparapu M. CBCT-based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofac Radiol*, 2015;44(1);20140238.
- Pelayo JL, Diago MP, Bowen EM, Diago MP. Intraoperative complications during oral implantology. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2008;13(4);239-243.
- Pessoa R, Siqueira R, Li J, Saleh I, Meneghetti P, Bezerra F, Wang HL, Mendonça G. Impact of surgical guide fixation and implant location on accuracy of static computer-assisted implant surgery. *J Prosthodont*, 2022;31(2);155-164.
- Polat S, Toprak ME. Dental implantolojide komplikasyonlar. *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2023;8(1);96-107.
- Pyo SW, Lim YJ, Koo KT, Lee J. Methods used to assess the 3D accuracy of dental implant positions in computer-guided implant placement: a review. *J Clin Med*, 2019;8(1);54-60.
- Qahash M, Susin C, Polimeni G, Hall J, Wikesjö UM. Bone healing dynamics at buccal peri-implant sites. *Clin Oral Implants Res*, 2008;19(2);166-172.
- Qian L, Todo M, Matsushita Y, Koyano K. Effects of implant diameter, insertion depth, and loading angle on stress/strain fields in implant/jawbone systems: finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2009;24(5);23-31.
- Rabelo RB, Gomes AVSF. Corticosteroides e anti-inflamatório não esteróide na cirurgia oral: indicação de uso. *Res Soc Dev*, 2022;11(11);e223111133552.
- Raghoobar GM, Stellingsma K, Batenburg R, Vissink A. Etiology and management of mandibular fractures associated with endosteal implants in the atrophic mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2000;89(5);553-559.
- Ramani RS, Bennani V, Aarts JM, Choi JJE, Brunton PA. Patient satisfaction with esthetics, phonetics, and function following implant-supported fixed restorative treatment in the esthetic zone: a systematic review. *J Esthet Restor Dent*, 2020;32(7);662-672.

- Random K, Ericsson I, Nilner K, Petersson A, Glantz PO. Immediate functional loading of Brånemark dental implants: an 18-month clinical follow-up study. *Clin Oral Implants Res*, 1999;10(1);8-15.
- Ravidà A, Saleh MH, Muriel MC, Maska B, Wang HL. Biological and technical complications of splinted or nonsplinted dental implants: a decision tree for selection. *Implant Dent*, 2018;27(1);89-94.
- Reiff FS, Bischoff C, Woelfler H, Roehling S. Influence of clinical expertise and practical experience on transfer accuracy in guided dental implant placement: an in vitro study. *Oral Maxillofac Surg*, 2024;28(4);1491-1500.
- Ridaura-Ruiz L, Figueiredo R, Guinot-Moya R, Piñera-Penalva M, Sanchez-Garces MA, Valmaseda-Castellón E, Gay-Escoda C. Accidental displacement of dental implants into the maxillary sinus: a report of nine cases. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2009;11;E38-E45.
- Ring M. A thousand years of dental implants: a definitive history-part 1. *Compend Contin Educ Dent*, 1995;16(10);1060.
- Rosas-Díaz J, Guerrero ME, Castillo-Andamayo D, Galindo-Gómez M, García-Luna M, Cervantes-Ganoza L, Cayo-Rojas C. Importance of local and systemic factors in preventing implant displacement in the mandibular body: a scoping review of existing literature. *BMC Oral Health*, 2024;24(1);871-888.
- Rudd KD, O'Leary TJ, Stumpf AH Jr. Horizontal tooth mobility in carefully screened subjects. 1964;3: 41-50.
- Safi Y, Amid R, Zadbin F, Ahsaie MG, Mortazavi H. The occurrence of dental implant malpositioning and related factors: a cross-sectional cone-beam computed tomography survey. *Imaging Sci Dent*, 2021;51(3);251.
- Sailer I, Karasan D, Todorovic A, Ligoutsikou M, Pjetursson BE. Prosthetic failures in dental implant therapy. *Periodontol 2000*, 2022;88(1);130-144.
- Scacchi M. The development of the ITI dental implant system: part 1-a review of the literature. *Clin Oral Implants Res*, 2000;11;8-21.
- Scarano A, Inchingolo F, Scogna S, Leo L, Greco Lucchina A, Mavriqi L. Peri-implant disease caused by residual cement around implant-supported restorations: a clinical report. *J Biol Regul Homeost Agents*, 2021;35(2 Suppl 1);211-216.

- Schärer P, Glauser R, Ruhstaller P, Windisch S, Zembic A, Lundgren A, Gottlow J, Hämmerle CH. Immediate occlusal loading of Brånemark System TiUnite implants placed predominantly in soft bone: 4-year results of a prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2005;7 Suppl;S52-S59.
- Scully C, Hobkirk J, Dios PD. Dental endosseous implants in the medically compromised patient. *J Oral Rehabil*, 2007;34(8);590-599.
- Sekine H. Mobility characteristics and tactile sensitivity of osseointegrated fixture-supporting systems. In: *Tissue Integration in Oral and Maxillofacial Reconstruction*. 1986:326-332.
- Sennerby L, Wennerberg A, Pasop F. A new microtomographic technique for non-invasive evaluation of the bone structure around implants. *Clin Oral Implants Res*, 2001;12(1);91-94.
- Shelley A, Ferrero A, Brunton P, Goodwin M, Horner K. The impact of CBCT imaging when placing dental implants in the anterior edentulous mandible: a before-after study. *Dentomaxillofac Radiol*, 2015;44(4);20140316.
- Shi Y, Wang J, Ma C, Shen J, Dong X, Lin D. A systematic review of the accuracy of digital surgical guides for dental implantation. *Int J Implant Dent*, 2023;9(1);38-49.
- Singh S. Complications in dental implants: a mini review. *SVOA Dent*, 2021;2(2);60-66.
- Skjerven H, Riis UH, Herlofsson BB, Ellingsen JE. In vivo accuracy of implant placement using a full digital planning modality and stereolithographic guides. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019;34(1);60-65.
- Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent*, 1989;62(5);567-572.
- Sollazzo V, Pezzetti F, Scarano A, Piattelli A, Bignozzi CA, Massari L, Brunelli G, Carinci F. Zirconium oxide coating improves implant osseointegration in vivo. *Dent Mater*, 2008;24(3);357-361.
- Spiekermann H. *Color atlas of dental medicine: implantology*. New York: Thieme; 1995:305-316.

- Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I. Smoking interferes with prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*, 2007;34(6);523-544.
- Strub JR, Jurdzik B, Tuna T. Prognosis of immediately loaded implants and their restorations: a systematic literature review. *J Oral Rehabil*, 2012;39(9);704-717.
- Tabrizi R, Zarchini R, Ozkan BT, Majdi S. Dental implant survival after postoperative infection. *J Maxillofac Oral Surg*, 2022;21(3);796-801.
- Tada S, Stegaroiu R, Kitamura E, Miyakawa O, Kusakari H. Influence of implant design and bone quality on stress/strain distribution in bone around implants: a 3-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2003;18(3);225-235.
- Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2014;29 Suppl;25-42.
- Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*, 2018;29;416-435.
- Tallarico M, Scrascia R, Annucci M, Meloni SM, Lumbau AI, Koshovari A, Xhanari E, Martinolli M. Errors in implant positioning due to lack of planning: a clinical case report of new prosthetic materials and solutions. *Materials*, 2020;13(8);1883.
- Tettamanti L, Andrisani C, Bassi MA, Vinci R, Silvestre-Rangil J, Tagliabue A. Immediate loading implants: review of the critical aspects. *Oral Implantol*, 2017;10(2);129-135.
- Tiwana KK, Morton T, Tiwana PS. Aspiration and ingestion in dental practice: a 10-year institutional review. *J Am Dent Assoc*, 2004;135(9);1287-1291.
- Tomljenovic B, Herrmann S, Filippi A, Kühl S. Life-threatening hemorrhage associated with dental implant surgery: a review of the literature. *Clin Oral Implants Res*, 2016;27(9);1079-1084.
- Tonetti MS, Schmid J. Pathogenesis of implant failures. *Periodontol* 2000, 1994;4(1);127-138.

- Turkyilmaz I. A proposal of new classification for dental implant complications. *J Contemp Dent Pract*, 2018;19;1025-1033.
- Türker M, Yücetaş Ş. *Ağız, diş, çene hastalıkları ve cerrahisi*. Ankara: Atlas Kitapçılık; 1997.
- Valente F, Schioli G, Sbrenna A. Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2009;24(2);-.
- Van Assche N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M. Accuracy of computer-aided implant placement. *Clin Oral Implants Res*, 2012;23 Suppl;112-123.
- Van Steenberghe D, Quirynen M, Molly L, Jacobs R. Impact of systemic diseases and medication on osseointegration. *Periodontol 2000*, 2003;33(1);163-171.
- Vartan N, Gath L, Olmos M, Plewe K, Vogl C, Kesting MR, Wichmann M, Matta RE, Buchbender M. Accuracy of three-dimensional computer-aided implant surgical guides: a prospective in vivo study of the impact of template design. *Dent J*, 2025;13(4);150-159.
- Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontol 2000*, 2014;66(1);214-227.
- Vercruyssen M, Hultin M, Van Assche N, Svensson K, Naert I, Quirynen M. Guided surgery: accuracy and efficacy. *Periodontol 2000*, 2014;66(1);228-246.
- Visuttiwattanakorn S, Phatthanagowit B. An in vitro study of the reproducibility of the drilling access of digitalized surgical guides generated via three different implant planning software programs. *Appl Sci*, 2022;12(14);7005-7012.
- Wen B, Zhu F, Li Z, Zhang P, Lin X, Dard M. Osseointegration behavior of titanium-zirconium implants in ovariectomized rabbits. *Clin Oral Implants Res*, 2014;25(7);819-825.
- Wennerberg A, Albrektsson T. Suggested guidelines for topographic evaluation of implant surfaces. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2000;15(3);23-33.
- Werny JG, Fan S, Diaz L, Al-Nawas B, Sagheb K, Gielisch M, Schiegnitz E. Evaluation of accuracy, surgical time, and learning curve of freehand, static, and dynamic computer-assisted implant surgery: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res*, 2025;36(5);555-565.

- Werny JG, Frank K, Fan S, Sagheb K, Al-Nawas B, Narh CT, Schiegnitz E. Freehand vs computer-aided implant surgery: a systematic review and meta-analysis-part 1: accuracy of planned and placed implant position. *Int J Implant Dent*, 2025;11(1);35-41.
- Wyatt C, Zarb GA. Treatment outcomes of patients with implant-supported fixed partial prostheses. Toronto: University of Toronto; 1996.
- Yi YJ, Park IW, Ku JK, Jo DW, Han JS, Kim YK. Long-term clinical result of implant-induced injury on adjacent tooth. *Sci Rep*, 2021;11(1);7913-7923.
- Yoon WJ, Kim SG, Jeong MA, Oh JS, You JS. Prognosis and evaluation of tooth damage caused by implant fixtures. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*, 2013;39(3);144-155.
- Younes F, Cosyn J, De Bruyckere T, Cleymaet R, Bouckaert E, Eghbali A. A randomized controlled study on accuracy of free-handed, pilot-drill guided, and fully guided implant surgery in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol*, 2018;45(6);721-732.
- Younis H, Lv C, Xu B, Zhou H, Du L, Liao L, Zhao N, Long W, Elayah SA, Chang X. Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guides and freehand approach in implant placement: a prospective clinical study. *Head Face Med*, 2024;20(1);30-39.
- Zarb G, Schmitt A. Longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Toronto study. Part III: problems and complications encountered. *J Prosthet Dent*, 1990;64(2);185-194.
- Zitzmann N, Fried R, Elsasser S, Marinello C. Aspiration and swallowing of foreign bodies during dental treatment: management and prevention. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 2000;110(6);619-632.

6% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 4%  Internet sources
- 4%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı soyadı: Beyza KAHRAMAN

2. Doğum Tarihi - Yeri : 02.10.1994- Kayseri

3. Unvanı: Doktora Öğrencisi

Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Hastanesi
38039 Melikgazi, Kayseri, Türkiye

E-mail: byzbaydemir@hotmail.com

İş tel: 0 352 207 66 00 - 29189

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Diş Hekimliği Fakültesi	Erciyes Üniversitesi	2013-2018
Doktora	Ağız Diş ve Çene Cerrahisi	Erciyes Üniversitesi	2020-2025

5. Yabancı Diller

İngilizce

6. Projeler

"İki farklı dijital program ile üretilen rehberlerin implant cerrahisindeki doğruluğunun değerlendirilmesi" BAP Araştırma Projesi, TDK-2024-13893 numaralı, araştırmacı, 2024-2025

7. Yayınlar

1. E Soylu, MS Kilavuz, F Duman, H Ekeer, ZB Gönen, B Kahraman, AH Yay, D Bolat " Fish: a new xenograft source for maxillary sinus lifting" Journal of Applied Oral Science, 2024

8. Bilimsel Faaliyetler

1. Bezmialem Vakıf Üniversitesi TME Kongresi, İstanbul, Kasım 2022
2. ITI Section A, Antalya, Aralık 2022
3. AÇBİD 2017 Uluslararası Kongresi, Antalya, Mayıs 2023
4. ITI Section A, Antalya, Aralık 2022

9. Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler

1. Türk Oral ve Maksillofasiyal Cerrahi Derneği
2. Ağız ve Çene Yüz Cerrahisi Birliği Derneği