

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİK FOTOĞRAFLAR ÜZERİNDEN DERİN
ÖĞRENME YÖNTEMİYLE GELİŞTİRİLMİŞ YAPAY
ZEKA ALGORİTMALARIYLA GÜLÜMSEME
ESTETİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Zeki Arslan

Ortodonti Anabilim Dalı

Uzmanlık Tezi

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Mehmet Uğurlu

ESKİŞEHİR

2023

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

**ORTODONTİK FOTOĞRAFLAR ÜZERİNDEN DERİN ÖĞRENME
YÖNTEMİYLE GELİŞTİRİLMİŞ YAPAY ZEKA
ALGORİTMALARIYLA GÜLÜMSEME ESTETİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Zeki Arslan

Tez Savunma Tarihi: 10.05.2023

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet UĞURLU (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi)

Jüri Üyesi: Prof. Dr. İbrahim Erhan GELGÖR (Uşak Üniversitesi)

Jüri Üyesi: Doç. Dr. Hasan CAMCI (Afyon Sağlık Bilimleri Üniversitesi)

Onay

Bu çalışma yukarıdaki jüri tarafından **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Batu Can YAMAN

Dekan

Uzmanlık Tezi

ESKİŞEHİR-2023

UZMANLIK TEZİ BEYANNAMESİ

Uzmanlık tezi olarak sunduğum **“ORTODONTİK FOTOĞRAFLAR ÜZERİNDEN DERİN ÖĞRENME YÖNTEMİYLE GELİŞTİRİLMİŞ YAPAY ZEKA ALGORİTMALARIYLA GÜLÜMSEME ESTETİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ”** başlıklı araştırmayı danışmanım **Doç. Dr. Mehmet UĞURLU**’nun rehberlik ve sorumluluğunda tamamladığımı; çalışma protokolü ve hazırlık süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun davrandığımı, verilerin tarafımdan toplandığını, örneklerin tarafımda hazırlandığını; deney, analiz ve görüntüleme işlemlerinin ilgili laboratuvar ve görüntüleme merkezinde tarafımda yapıldığını/yaptırıldığını, tez metnini hazırlarken kaynakçanın eksiksiz olarak gösterildiğini, tezin yazım kılavuzu kurallarına uygun olarak hazırlandığını ve belirtilen hususların aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Zeki ARSLAN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2.1. İdeal Gülümseme	5
2.1.1. Gülümsemenin Sınıflandırılması	6
2.1.1.1. Bilinçli Gülümseme	6
2.1.1.2. Spontane Gülümseme	7
2.1.2. Gülümseme Estetiğine Etki Eden Faktörler.....	8
2.1.2.1. Bukkal Koridor	8
2.1.2.2. Gülümseme Arkı.....	8
2.1.2.3. Gülümsemenin Yatay ve Dikey Yön Komponentleri.....	9
2.1.2.4. Üst Kesici Görünümü	10
2.1.2.5. Üst Dişeti Görünümü	11
2.1.2.6. Gülümsemenin Yumuşak Doku Komponentleri.....	11
2.1.2.7. Orta Hat	12
2.1.2.8. Dental ve Gingival Komponentler	12
2.1.2.9. Yaş-Cinsiyet	13
2.1.3. Ortodontik Tedavinin Gülümsemeye Etkisi	13
2.1.4. Gülümseme Analizleri	14
2.1.4.1. Frontal Analiz	15
2.1.4.2. Oblik Analiz.....	16
2.1.4.3. Sagittal Analiz	16
2.1.4.4. Zaman	16
2.2. Yapay Zeka.....	16
2.2.1. Tarihçesi	16
2.2.2. Makine Öğrenmesi.....	17
2.2.3. Yapay Sinir Ağları	18
2.2.4. Derin Öğrenme ve Derin Evrişimli Sinir Ağları.....	18
2.2.5. Evrişimli Sinir Ağlarının Eğitilmesi	19
2.2.6. Derin Öğrenme Kütüphaneleri.....	20
2.2.7. Derin Öğrenmede Görüntü Analiz Teknikleri	20
2.2.8. Diş Hekimliğinde Yapay Zekâ ve Kullanım Alanları	21
3. MATERYAL ve METOT	25
3.1. Çalışmaya Dahil Edilen Bireylerin Seçimi	25
3.2. Cephe Gülümseme Görüntü Kayıtları Veri Setinin Oluşturulması	25
3.3. Veri Etiketleme	26

3.4. Cephe Gülümseme Görüntü Kayıtları Üzerinde İşaretlenen Referans Noktaları.....	26
3.5. Derin Öğrenme Mimarisi.....	29
3.6. Model Geliştirilmesi.....	30
3.7. Eğitim Aşaması	31
3.8. Model Performans Değerlendirilmesi.....	31
4. BULGULAR.....	33
5. TARTIŞMA.....	42
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	52
EK-1 ÖZGEÇMİŞ	72
EK-2. ETİK KURUL ONAYI	73
EK-3. ONAM FORMU	75

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinde çok şey öğrendiğim, tez çalışmamda her daim bana yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Mehmet UĞURLU'ya,

Asistanlığım boyunca çok şey paylaştığım, hepsini ayrı ayrı çok sevdiğim ve beraber çalışmaktan mutlu olduğum arkadaşlarım Mehmet AYDIN, Melek KULAK, Hüseyin KARA, Jeyhun JAFARLI, Sahand GHAFFARI, Simge SOYDAN, Seda Saliha KAYRAK, Gizem Gözde ÖZŞAHİN, İrem BALCI, Batuhan KULELİ, Bircan KABUKÇU, Rabia TÜRK, İbrahim Taylan ÇELİK, Kerimcan AKTAŞ'a,

Anabilim dalı hemşirelerimiz sevgili Meral DEMİR, Gönül ŞEN, Şemsi ARI ve sekreterimiz Nergis ERCAN'a,

Uzmanlık sürecinin başından beri anlayışı ve sevgisiyle her zorlukta yanımda olan İrem YAMAN'a,

Üzerimde sonsuz emek ve destekleri olan, her zaman sevgilerini hissettiğim babam Maksut ARSLAN, annem Ayşe ARSLAN, her koşulda yanımda olan ablam Zekiye ARSLAN ve kardeşim Defne ARSLAN'a çok teşekkür ederim.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, cephe yüz gülümseme görüntüleri üzerinde özel bir yapay zeka algoritması kullanılarak yapılan anatomik nokta tespiti'nin başarısını araştırmaktır.

Materyal ve Metot: Çalışmamızın veri setini 1000 hastanın ortodontik tedavi öncesi alınan cephe yüz gülümseme görüntülerinden elde edilen kayıtlar üzerinde özel bir yapay zeka algoritması kullanılarak işaretlenen anatomik noktalar oluşturmaktır. Görüntüler üzerinde noktaların etiketlenmesi CranioCatch etiketleme yazılımı (CranioCatch, Eskişehir, Türkiye) kullanılarak yapılmıştır. Yapay zeka modelinin eğitimi, PyTorch uygulanan CNN tabanlı derin öğrenme yöntemi ile 300 Epoch kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Çalışmada eğitilen yapay zeka modelinde en yüksek SDR değeri Labiale superius noktasında bulunmuştur. En düşük SDR değeri Menton, Nasion ve Pogonion noktalarında gözlemlenmiştir. SDR değeri 2 mm' lik aralıkta 6 nokta haricinde %80 üzerinde başarı oranı göstermiştir.

Sonuç: Çalışmamız ilerleyen zamanlarda yapılacak olan derin öğrenme tabanlı gülümseme analiz sistemlerinin gelişimi açısından çok önemlidir. Bu sistemlerin klinik rutinde hekimlere zaman kazandırarak bir karar destek mekanizması rolü göreceği düşünülmektedir. Aynı zamanda anatomik noktaların tespiti sırasında, gözlemciler arası farkların ve gözlemcilerin farklı zamanlardaki değerlendirmelerinde oluşabilecek tutarsızlıkların en aza indirilmesi konusunda çok yardımcı olacağı tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Anatomik nokta tespiti, Derin öğrenme, Gülümseme, Yapay zeka

ABSTRACT

Aim: The aim of this study is to investigate the success of anatomical point detection using a special artificial intelligence algorithm on facial smile images.

Material and Method: The dataset of our study is to create anatomical points marked using a special artificial intelligence algorithm on the records obtained from the facial smile images taken before orthodontic treatment of 1000 patients. Labeling of points on the images was done using CranioCatch labeling software (CranioCatch, Eskişehir, Turkey). The training of the artificial intelligence model was carried out using 300 Epochs with the CNN-based deep learning method applied to PyTorch.

Results: In the artificial intelligence model trained in the study, the highest SDR value was found at the Labiale superius point. The lowest SDR value was observed at Menton, Nasion and Pogonion points. The SDR value showed a success rate of over 80%, except for 6 points in the 2 mm interval.

Conclusion: Our study is very important for the development of deep learning-based smile analysis systems to be made in the future. It is thought that these systems will play a role as a decision support mechanism by saving time for physicians in their clinical routine. At the same time, it is estimated that during the determination of anatomical points, it will be very helpful in minimizing the differences between observers and inconsistencies that may occur in the evaluations of the observers at different times.

Keywords: Anatomic Landmarks, Artificial intelligence, Deep learning, Smiling

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°	Derece
%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
≥	Büyük Eşit
≤	Küçük Eşit
kVp	Kilovolt
mA	Miliamper
μSv	Mikrosievert
mm	Milimetre
sn	Saniye
2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
A	A Noktası
AI	Artificial Intelligence (Yapay Zeka)
ANN	Artificial Neural Networks (Yapay Sinir Ağları)
Ark.	Arkadaşları
BT	Bilgisayarlı Tomografi
CNN	Convolutional Neural Networks (Evrişimli Sinir Ağları)
DCNN	Derin Evrişimli Sinir Ağları
DL	Deep Learning (Derin Öğrenme)
FR	Özellik İyileştirme Ağı
KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
Me	Menton Noktası
ML	Machine Learning (Makine Öğrenmesi)
MRE	Mean Radial Error (Ortalama Radyal Hata)
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MSFA	Özellik Toplama Ağı
SD	Standart Sapma
SDR	Başarı Tespit Oranı
YOLOv3	You-Only-Look-Once version 3

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Referans noktalarının yerleştirilmiş görüntüsü	28
Şekil 3.2. Özellik toplama ve iyileştirme ağının (FARNet) mimarisi	30
Şekil 4.1. Cephe yüz gülümseme nokta tespitinin SDR değerleri.....	38
Şekil 4.2. Cephe yüz gülümseme nokta tespitinin MRE değerleri.....	39
Şekil 4.3. Test sonucu görüntülerinin değerlendirilmesi-1.....	40
Şekil 4.4. Test sonucu görüntülerinin değerlendirilmesi-2.....	41



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No

Sayfa No

Tablo 4.1. Cephe yüz gülümseme nokta tespitinin SDR ve MRE değerleri..... **37**

Tablo 4.2. Cephe yüz gülümseme nokta tespitinin MRE değerleri **38**



1. GİRİŞ

Eski çağlardan beri insanlık için önemli bir konu olan estetik, kökeni Yunancaya dayanan bir sözcüktür. Algılamak ve duyumsamak gibi anlamlar taşımaktadır. Temel felsefenin çeşitli dallarından birisidir ve konusu güzelliğin incelenmesine yöneliktir.¹ İlk olarak milattan önce yüz estetiğinin antik Mısırlılarca incelendiği düşünülmektedir. O dönemden sonra ideal güzellik, anıtlarda ve heykellerde tasvir edilmiştir.² İsa'dan önce dördüncü yüzyıl civarlarında Antik Yunanda yapılan, Apollo ve Aphrodite heykellerinin yüz oranlarının ideal olduğu düşünülmektedir.³ Modern ortodontinin kurucusu olarak düşünülen Angle bu heykellerin yüz estetiğinin ideali yansıttığını ileri sürmüştür.² Antik Yunan heykellerinden günümüz eserlerine, Aforodit'den çağdaş kültürümüzün ünlülerine, tarihi süreç içerisinde ortak bir güzellik ve estetik anlayışı tasvir edilmiştir. Bu ortak beğenin temelindeki birliktelik, estetik görüşümüzün bilimsel temelini aydınlatmaktadır ve bizi ölçülebilir, tanımlanabilir matematiksel bir ifadeye vardırır.⁴

Estetiğin ilk kez matematiksel olarak ölçülebilmesine yönelik çalışmalar Pythagoras'ın tarafından yapılmıştır. Ondan ilham alınarak ortaya çıkan altın oran, Helenistik mimaride yoğun olarak başvurulan bir matematiksel olgudur. Felsefi bir gerçeklikten çok, biyolojik olarak gerçekliktir. Tabiatta estetik olduğu düşünülen her birimde altın oran saptanabilir.¹

Güzellik kişiden kişiye ve toplumdan topluma değişen şekillerde algılanabilmektedir.⁵ Güzelliğin algılanması neokorteksle yani beynin bilinçli bölümüyle ilgili olmayıp, limbik sistemle bilinçsiz bölümüyle ilgilidir. Hoş görünen, estetik kabul edilen mimari yapıt, sanat ürünü ya da insan yüzü olabilir.¹

Yüz, insanların dış görünümünü belirleyen faktörler arasında en önemli faktördür; dişler ve ağız çevresi de yüz estetiğindeki temel olarak görülen elemanlardandır.⁶⁻⁸

Bireyin özgüveni ve sosyal hayattaki iletişimde önemli bir konumdadır.⁹ Bireyler, sözlü iletişim sırasında karşısındaki bireyin gözlerine ve ağız çevresine odaklanabilirler. Havens ve ark,¹⁰ diş diziliminin, yüz estetiğini değerlendirmede gözlerden önde gelen bir faktör olduğunu ortaya koymuştur.

Hastalarımız, nonestetik dentofasiyal yapıları sebebiyle ortodontik tedavi talep etmektedirler.¹¹ Çünkü dişler ve dudaklar bireyin yüz görünümünde önemli bir yere sahiptir.⁷ Bu nedenle, ortodonti uzmanları diş dizilimi ve yumuşak dokuları hep birlikte yorumlayarak estetik gülümsemeleri dizayn etmektedir.¹² Yüz ve dişsel estetik, hayat kalitesinde telafi edilemeyen bir role sahiptir.¹³ Yüz estetiği, yüksek oranda sosyal başarı ve hayat kalitesiyle ilişkilidir.¹⁴ Daha estetik yüze sahip bireyler, sosyal hayatta daha çok kabul görmektedirler.¹³ Sosyal yaşamda, dişsel estetik de yüz estetiği açısından önemli yerdedir.^{6, 15}

Ortodontik müdahaleler, fonksiyonel, biyolojik ve tekrarlanabilir oklüzyon haricinde estetik gülümsemeyi de amaçlamaktadır. Önceki senelerde diş hekimlerince dentisyonun fonksiyonel yönlerini ve sağlığını tedavi etmek estetiğe göre daha ağır basmaktaydı. Uzun senelerdir ortodontik diş tedavisi, dentisyonun oklüzal ilişkilerine göre şekillendirildi.¹¹ Ancak günümüzde ortodonti, oklüzyon ve yumuşak dokular arasındaki denge ve estetik gülümseme konularını da ön plana almaya başlamıştır. Tedavi sonrasındaki gülümseme özelliklerinin daha tatminkar olması için tedavi planlamasının ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir.¹⁶

Gülümseme, ağız ve yüz çevresindeki kaslarının kasılmasıyla ortaya çıkan duyguların ifadesidir. Gülümseme, ortodontik hastaların tedavi sonundaki başarısını ölçmede önemli bir unsurdur.¹⁷ Estetik gülüşü ortaya çıkaran unsurlardan biri dişlerin düzgün sıralanmış olmalarıyla, diğer bir unsur da bu sıralanmanın dudaklarla belirli bir uyum içinde olmasıdır.

Gülümseme, birden çok unsuru içerisinde bulunduran bir eylemdir ve mimik kaslarının birlikte kasılmasıyla gerçekleşir. Gülümsemenin çevresini oluşturan yapılar alt ve üst dudaklardır. Bu yapıların içerisindeki elemanlar da dişetleri ve dişlerdir.^{18,19} Literatürde cinsiyet, yaş, yüz şekli, dental orta hat, ortodontik tedavi, diş şekli, diş rengi, dişlerin kontak noktaları, dişeti şekli, kesici kenar şekilleri gibi birden çok faktörün gülümsemeye etkisi araştırılmıştır.¹⁹

Yüksek bir hızla ilerleyen modern çağ gelişimleri içinde şüphesiz ki teknolojiyle birlikte çeşitli değişimler olmaktadır. Bu değişimlerden başlıcalarından birisi de yapay zekâdır. Tıp ve diş hekimliği alanlarında kullanılan yapay zeka, veri depolama, matematiksel hesaplama gücü ve benzeri işlemleri gerçekleştirebilmesi ile giderek daha çok önem kazanmaktadır.²⁰

AI'nin prognozu etkileyebilecek kapasiteye ulaşması beklenmektedir. Bunu da hastaların teşhis ve planlama gibi aşamalarını hızlandırarak başarması gerekmektedir.²¹ Yapay zeka, insan zekâsını taklit eden sinir ağlarını (bilgisayar ağları) içerir. Yapay zekanın ortodontiye giderek daha fazla entegre olması ile hasta görüntüleriyle alakalı bulguları tespit etmesi ve tespit ettiği görüntüleri matematiksel verilere dönüştürmesi kolaylaşacaktır.²¹ Diş hekimliğinin her alanın da bu etkinin artması beklenmektedir.²² Meslektaşlarımız için pratik ve klinik alanlarda, yapay zekanın ne aşamada olduğu, getireceği kolaylıklar, mesleğimize katacaklarının bilinmesi gerekmektedir. Yapay zeka hızlı ve güvenilir veri sağlamada bir diş hekiminden çoğu zaman daha başarılıdır.²³

Gelişen yapay zeka uygulamaları ile gülümseme estetiğinin ve komponentlerinin ölçülebilir bir şekilde değerlendirilmesi artık mümkün hale gelmiştir. Her hastanın gülümseme özellikleri bireyseldir ve kişiye özel değişikliklerin olması beklenmektedir. Bu çalışmada ortodontik hastaların gülümseme özelliklerinin araştırılması için derin evrişimli olan sinir ağlarıyla (Deep Convolutional Neural Networks -DCNN) ve

algoritmik sezgiyle oluşmuş otomatik bir yapay zeka sistemi önermekteyiz. Otomatik olan dental çizelge sistemi ve bunu bir bileşeni olan, DCNN kullanarak hastaların cephe yüz gülümseme görüntülerinde gülümseme estetiğinin değeriendirilmesi amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. İdeal Gülümseme

Güzellik uzun yıllardır gören bireyin algısına bağlı ve böylece kişiye özgü olarak değerlendirilen bir yargıdır. Bundan dolayıdır ki farklılıklar bireysel, yaş, medeniyet ve kültür gibi birden çok etken olduğu için gülümsemeyi idealize etmek zordur. Değişkenler nedeniyle zor olsa da ideal gülümseme belirlenmeye uğraşılmaktadır. İdeal gülümseme, algılanan başarı ve sağlıkla yakından ilişkilidir.²⁴ Ruelkellerman,²⁵ diş dizilimi düzgün olan bireylerin daha samimi, daha kibar ve çalışkan olarak algılandığını belirtmiştir.

Tedavi ettiğimiz bireylerin estetik ihtiyaçlarındaki artışla beraber bu yöndeki ihtiyaç ve istekleri anlamak ve bu konulara çözüm getirmek daha da önemli olmuştur. Her hastanın, kendine özgü bazı özelliklere vardır. Tüm hastalara aynı önceden belirlenmiş gülümseme sağlamak nonestetik sonuçlar doğurur. İdeal gülümseme için tedavi eden doktorun bilimin öncülüğünde estetik kriterler ve kişiye özgü özellikleri düşünüp planlamalar ve gidiş yolları hazırlaması gerekir.²⁴

Shaw ve Shaw ve ark,^{6,26} yüz çekiciliğinin toplum hayatında başarılı olmak için anahtar konumunda olduğunu ve dişsel çekicilik, sosyal çekiciliğe ve yüze katkıda bulunan önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. Buna karşı olarak da Kiyak,¹⁵ dental estetikle sosyal kabullenilme arasında bağlantı olmadığını, fakat ortodontik tedavinin hastaların psikososyal sağlığını ve estetiğini iyi yönde etkilediğini belirtmiştir. Ortodontik tedavi gören genç yetişkinlerde, gülümsemeden kaçınma benzeri negatif psikososyal etkiler de az görülmektedir.¹⁵ Uzun dönemdeki veriler, ortodontik tedavilerin hayat kalitesi ve kişilerarası iletişim üzerine de pozitif etkisi olmadığını göstermektedir.²⁷ Gülümseme estetiğinin bireyler üzerindeki oluşturduğu etki açısından farklı görüşler

olmasına karşın, son yıllarda ortodontistlerin gülümseme ve gülümseme yapıtaşları üzerine eğilimi artmıştır.¹³

Gülümsemenin ortodontik planlama ve teşhise yardımcı olan 8 önemli komponenti vardır:²⁸ Bunlar; üst dudak yüksekliği, üst dudak kurvatürü, frontal oklüzal plan, gülümseme arkı, bukkal koridor, gülümseme simetrisi, diş ve dişeti komponentlerdir. Bu önem arz eden komponentler, değişmez kurallar değildir, hastaları kişisel olarak tedavi etmek için yardımcı ortodontik prensiplerdir. Optimal gülümseme, komissuralar ve filtrum arasında bulunan kurvatürün düz ve yukarı olacak biçimde dişeti kenarlarına kadar uzanan üst dudak ve devamında alt dudak kurvatürüyle harmoni içinde üst keser kenar çizgisi, az miktarda ya da olmayan bukkal koridor, gözbebekleri arası çizgiye paralel olan oklüzal frontal düzlem ve komissural çizgi ve uyum içersinde bulunan diş ve dişeti yapılarıyla karakterizedir.

2.1.1. Gülümsemenin Sınıflandırılması

Komissuraların yukarı doğru yönde kurvatür yapmasıyla belirlenen bir yüz ifadesi olan gülümseme, eğlenme, mutluluk veya hoşluk duygularıyla gerçekleşen bir eylemdir. Gülümseme, sessiz sosyal iletişimin ayrılmaz bir aracı olan, insanlar arası iletişiminin çağdaş bir formu ve çekicilikte güvenilir bir parça olarak düşünülmektedir.⁹ Gülümseme, bireyin duygu durumuna göre bilinç dahilinde ve bilinçsiz olmak üzere 2 farklı şekilde gerçekleştirilir.^{29,30}

2.1.1.1. Bilinçli Gülümseme

Bireyin isteği dahilinde gerçekleştirilir ve duygu barındırır olarak gerçekleştirilmesi elzem değildir.³¹ Sosyal gülümseme de bir diğer adıdır. Duygusal açıdan stabildir, aynı şekilde tekrarlanabilir veya direktifle gerçekleştirilebilir.^{31,32} Dudakların hareketi, resimlerde veya fotoğraflarda gözlenen gülümsemelere benzer

biçimde tekrarlanabilir.^{29,31,33} Eğer gülümseme kişiye özgü ise bilinçli gülümseme naturel gibi görünebilir ama spontane gülümsemenin taklidi için zorlamayla da yapılabilir. Bu gibi durumlarda gülümseme süreklilik kazanamaz ve zorlama gibi görünecektir.

Sosyal gülümsemeler, genellikle tekrarlanabilir bir gülümsemedir. Sosyal gülümseme de kimi hastalarda süreçle birlikte olgunlaşabilir ve farklılık kazanabilir.³¹

2.1.1.2. Spontane Gülümseme

Spontane Gülümseme; bilinç dışıdır ve neşeli veya eğlenceli bir uyarınca tetiklenir.³⁰ Duchenne gülümsemesi olarak da isimlendirilir.³⁴ Duygusal açıdan değişkenlik içerir aynı şekilde sürekli devam teşkil edemez. Spontane gülümseme, natürel olan bir gülümsemedir ve bireyin gerçek duygusunu dışa aktarır, duygusal bir gülümsemedir, gülümseme esnasında dudak elevasyonu sıklıkla gerçekleştirilir.³⁰ Spontane gülümseme, ortaya çıkarken bilinç dahil olmadığı için kişinin asıl gülümseme ifadesi olarak görülür.³⁵

Gülümsemeler arasında ayırım yapmak önem teşkil etmektedir. Sosyal gülümseme, fotoğraf çekilirken veya toplum içerisinde kullanılan bilinçli gerçekleştirilen gülümsemedir. Tanışma sırasında yapılan gülümseme memnunluk ifadesidir.³⁰ Spontane gülümseme, bilinç dışı olan bir gülümsemedir ve içerisinde bulunulan duyguyu anlatmaktadır.³¹ Değişik görsel sunumlar, saklı duyguları ortaya çıkarır ve mimik kaslarınca kontrolü gerçekleşir. Örnek olarak; dudak köşeleri bilinçli gülümsemede yavaşça kalkar, bazen dişeti ve dişler gözlenir ve kimi zaman da kaşlar kalkabilir. Spontane gülümsemedeyse dudak çevresi kaslar üst dudağı bilinçli gülümsemeden daha fazla dişsel yapı görünecek biçimde hareket ettirebilir.³⁰

2.1.2. Gülümseme Estetiğine Etki Eden Faktörler

2.1.2.1. Bukkal Koridor

Gülümseme estetiğinde en önemli noktalardan biri bukkal koridorlardır, başka bir şekilde ifade etmek istersek de posterior dentisyonun bukkali ve dudak köşeleri ile oluşan negatif boşluktur.³⁶ Işık anteriordan posteriora giderken şiddeti azalır ve böylece dişlerde koyu renk gözlenir.³⁷ Koyu görünen alanlar bukkal koridorlardır. Negatif boşluk ve karanlık bölgeler olarak da isimlendirilmektedir.^{37,38} Gülümseme, yalnızca anterior 6 dişi içermez, bunlara ek olarak 1. premolarları ve 2. premolarları da kapsayabilir.³⁹

2.1.2.2. Gülümseme Arkı

Gülümseme arkı, gülümseme sırasında üst kesici bölge dişlerinin insizallerinin oluşturduğu kurvatürün, alt dudak kurvatürü ile uyumudur.^{30,40} Üst dişlerin insizaline teğet çizilen sanal çizginin alt dudakla yaptığı eğimin derecesidir.³¹ Gülümsemenin estetik olması için, üst keser dişlerin insizalleriyle alt dudak eğimi ile harmoni içerisinde olacak şekilde yumuşak bir konveksite içerisinde olmalıdır. İnsizal kenarlar eğimi alt dudak eğiminin yukarısında ve paralel şekilde olmalıdır. Ortalama bir gülümsemede, maksiller santraller ve kaninlerin alt dudakla yakın ilişkide iken yan kesici dişler bu çizgiden biraz daha uzakta kalmaktadır.⁴¹

Gülümseme arkı ilişkisi ölçülebilir bir değer değildir. Bu nedenle genellikle paralel, ters ve düz gülümseme arkı gibi isimlerle değerlendirilir.⁷ Birçok çalışmada hem meslektaşlarımız hem de normal bireyler harmonik bir gülümseme arkını estetik bulmuşlardır.^{42,43}

2.1.2.3. Gülümsemenin Yatay ve Dikey Yön Komponentleri

Gülümseme genişliği: Hastanın sağ lateral komissurayla sol lateral komissura arası mesafesi⁴⁴ ve dudak köşelerinin en medial noktalarıyla arasındaki uzaklık¹⁷ olarak farklı biçimlerde tanımlanmıştır.

İnterkomissural genişlik: Lateral komissural mesafe, sağ ve sol dış ağız köşeleri arasındaki uzaklık, medial komissural mesafe ise iç komissuralar arası genişlik olarak tanımlanır.⁴⁵ Ağız köşelerinden geçen komissura doğrusu bununla birlikte oklüzyon doğrusu, göz bebeklerinden geçen doğruya da paralel olmalıdır.³⁵

Gülümsemedeki dentisyon genişliği: Gülümseme sırasında üst dişlerin en sağ ve en solda bulunan noktaları arasındaki genişlik olarak tanımlanır.^{44,46}

Gülümseme yüksekliği: Dentisyonun orta hattında üst dudağın en altta bulunan noktasıyla alt dudağın en üstte bulunan noktası arasındaki uzaklık olarak tanımlanır.^{47,48}

Gülümseme çizgisi: Anterior ve posterior bölgede birbirinden ayrı değerlendirilir. Düşük, orta, yüksek olarak gülümseme çizgisi derecelendirilir.^{47,48}

Anterior bölgede; üst keserlerin hepsi ve bant şeklinde dişetin görünümü yüksek gülümseme, üst keserlerin %75-100 arasında görünüyorsa orta derecede gülümseme, üst keserlerin %75'inden azı gülümsemede yer alırsa düşük gülümseme olarak isimlendirilir.⁴⁷

Posterior bölgede; üst 1. küçük azının hepsi ve bant biçiminde dişeti görünmesi yüksek gülümseme, üst 1. küçük azının %75-100'ü görünüyorsa orta derecede gülümseme, üst 1. küçük azının %75'inden azı görünüyorsa düşük derecede gülümseme olarak isimlendirilir.⁴⁷

İnterlabial boşluk: Gülümseme esnasında alt dudağın üst kenarının en derindeki orta hatta bulunan noktası ile üst dudağın tüberkülünün en altta bulunan noktası arasındaki uzaklıktır.^{9,30,44,49} Bazı dudak yetersizliği durumlarında alt ve üst dudaklar arasında bulunan mesafe milimetrikdir.^{31,50} İstirahatteyken 4 mm'den fazla interlabial

boşluk, optimum sınırlarda bulunmamaktadır ve dudaklardaki yetersizlik olarak akla gelmektedir.⁵¹

Gülümseme İndeksi: Gülümseme yüksekliği ve gülümseme genişliğinin arasındaki orandır.^{11,44} Sarver ve Ackerman.³⁰ gülümseme indeksinin düşük olduğu durumlarda, gülümsemenin genç görünüme benzediğini belirtmiştir. Schabel ve ark.⁵² yakın olarak gülümseme indeksinin azalmasıyla estetiğin olumsuz etkilenebileceğini belirtmişlerdir.

2.1.2.4. Üst Kesici Görünümü

Gülümseme esnasında üst kesicilerin dikey yöndeki görünmesidir.^{44,46} Üst dudağın en alt sınırı ile üst santralin insizal kenarı arasında bulunan uzaklıktır, eğer üst kesiciler eşit seviyede olmazsa iki ölçüm değerinin ortalaması alınır.⁴⁸ Üst kesici dişlerin ağız içi kron seviyesinin % 75'inden azı görülüyorsa düşük gülümseme olarak, % 75 ile % 100 arasındaki değerlerdeyse orta yükseklikte gülümseme, klinik kron boyunun hespi ve dişetinin bir miktarı görülüyorsa yüksek gülümseme olarak isimlendirilir.⁵³

Literatürde son gelişmelerle birlikte gülümseme sırasında üst keserlerin %75-100'ü ve 0-2 mm dişetinin görünümü estetik olarak kabul edilmiştir.^{35,54,55,52,56,57} Üst keser dişlerin tamamı ve bitişik bir bant biçiminde dişetinin görünümü genç bireylerde yaygındır.⁴⁹ Bazı araştırmacılar yaşla birlikte gülümsemenin çizgisinin aşağı ineceğini düşünüp daha fazla dişetinin görünmesini tercih etmektedir.^{29,53} Gülümseme ve istirahat esnasında üst keserlerin görünümü değerli estetik ölçümdür ve bu görünümde azalmanın yaşlanma ile birlikte ortaya çıkması muhtemeldir. Örnek olarak, derin kapanışı tedavi etmek için üst keser intrüzyonu hareketi oklüzyonal düzeltme sağlar fakat hastaya daha genç olmayan bir görünüm verir. Orta yaşlı bir hastada, gülümseme sırasında 3 mm dişeti ve istirahatteki 3 mm keser diş görüntüsü, dişetinin görünümünü en aza indirmek için üst keser intrüzyon hareketini düşündürmelidir.³⁰

2.1.2.5. Üst Dişeti Görünümü

Gülümseme esnasında üst dudağın orta bölgesinin aşağısında üst kesici kronunun üzerinde bulunan dişetin miktarıdır.⁵⁸ Üst orta kesicinin dişeti kenarı ile üst dudağın en aşağıdaki kenarı arasındaki bulunan dişeti seviyesidir.^{11,13} Bir birey gülümsediğinde, üst ve alt dentisyonda değişen seviyelerde görünür. Üst dudağın dikey hareketine bağlı şekilde üst çenedeki dişeti de gözlenebilir.⁴⁸ Fazla miktarda dişetin ağzıçinde görünümü ‘gummy smile’ ismiyle anılır. Gummy smile optimal gülümsemede pek istenmemektedir ve maksillanın dikey yönde fazla gelişimine ve yetersiz üst dudak ve keser klinik kronları sebebiyle ortaya çıkmaktadır.⁵⁹

2.1.2.6. Gülümsemenin Yumuşak Doku Komponentleri

Üst dudağın kalınlığı: Üst dudaktaki tüberküllerin en alt kenarları ve en üst kenarları arasındaki uzaklıktır.^{52,48}

Alt dudağın kalınlığı: Alt dudak en alt kenarıyla üst kenar en derin orta noktasının arasında bulunan mesafedir.^{52,46}

Üst dudağın uzunluğu: Subnasale noktasıyla üst dudak en alt kenarı arasındaki mesafedir.^{9,11}

Üst dudağın drapesi: Üst dudak ve üst kesici arasındaki dikey yönde örtme miktarıdır.^{44,46}

Alt dudak ve üst kesici arasındaki ilişki: Üst sağ orta kesici dişin insizal kenarı ile alt dudak üst kenarının en derinde bulunan orta noktası arasındaki uzaklıktır. Bu uzaklık uzadıkça gülümseme çekiciliğinde azalma olur.^{44,46}

Komissural uzunluk: Sağ ve sol dudak köşeleri ile subnasaleden geçen yatay doğru arasında bulunan uzaklıktır.²⁴ Filtrumun uzunluğu ile dudak köşesi uzunluğu arasında bulunan fark, ergenlikten yetişkinliğe geçerken azalmaktadır. Filtrum uzunluğu ve

komissura uzunluğu farkının çok kısa olduğu bireylerde, sinirliymiş gibi gözükmeğtedir. Fakat filtrum uzunluğunun girişimsel bir müdehale ile artırılmasıyla düzeltilebilir.⁵¹

Filtrum uzunluğu: Üst dudağın en üst kısmı ile orta hatta burnun tabanı arasındaki uzunluktur. Net sayısal ölçümler değeri değildir.⁵¹

2.1.2.7. Orta Hat

Orta hatlarda bulunan uyumsuzluklar gülümseme estetiğinde önemli yer tutmaktadır. Üst orta hat; dental orta hat ve yüz orta hattının filtrum merkezine göre ilişkisidir. İstenen değeri 0 mm'dir.^{13,58,60} Üst ve alt orta hatların uyumu ise; üst ve alt dişsel orta hatların arasında bulunan uyumdur.^{13,58} Bulunması gereken bu simetri, estetik gülümseme için gereklidir.⁴¹

Dişsel orta hat, yüzün orta hattı ile uyum içerisinde olmalıdır, fakat toplumun yalnızca %70'inde bu uyum gözlenmektedir.⁴¹ 2 mm'den az orta hattaki sapmalar önem teşkil etmemektedir.⁶¹ Alttaki orta hat, alt keserlerin dar ve birbirlerine yakın görünürlükte olması sebebiyle dikkat çekmez ve estetik olarak üste göre daha az değerlidir. Üstteki ve alttaki orta hatlar, toplumun %75'inde uyumsuzdur.⁶²

2.1.2.8. Dental ve Gingival Komponentler

Dişlerin ve dişetilerinin biçimleri, dişlerin oranları ve klinik kronların uzunlukları gülümsemeyi direk etkileyen faktörlerdendir. Birçok ortodontist, tedavi sonucunda daha estetik hale getirmek sebebiyle diş hatlarını ve dişetleri şekillerini yeniden biçimlendirir.⁶³

Dişetlerinin görünümü, üst orta keserlerden köpek dişlerine kadar estetik içinde olmalıdır. Orta keserlerin dişeti konturu, estetik bir simetride eşit olmalıdır. Optimal değeri 0 mm'dir.⁵³ En fazla 2 mm olarak rapor edilmiştir.^{8,53,64,50} Pinho ve ark,⁶⁵ diş hekimleri için bu üst sınırın 0.5 mm, normal insanlar için ise 2 mm olduğunu ortaya

koymuştur. Orta keser dişlere göre yan keserlerin diş eti konumu daha insizalde, köpek dişlerinin ise daha gingivalde ve çift taraflı olarak simetrik olması istenmektedir.⁶³ Optimal olarak yan kesici dişeti kenarı, orta kesere göre 0.4 mm daha koronalde olmalıdır.^{8,53} Ortodontik tedavi öncesi gerekli görülürse insizal kenarlar ve gingiva şekillendirilmelidir.⁵¹

2.1.2.9. Yaş-Cinsiyet

Gelişmelerle birlikte estetiğin ölçülmesinde zaman, dördüncü bir boyut olarak gelmektedir.^{8,33,48,66} Yaş almak, tüm insanlarda ortaya çıkan kaçınılmaz bir süreçtir. Yaşlanmayla yumuşak dokuları ve kasları ayrıca onların fonksiyonlarını olumsuz etkileyecek biçimde sert ve yumuşak dokularda hücre düzeyinde değişimler ortaya çıkar.⁶⁷⁻⁶⁹ Dişsel ve kemiksel değişiklikler, iskeletsel yapılar da azalma ve dikey boyutlarda azalmalara yol açar.⁷⁰ Zamanla artan yaşla birlikte gülümsemede de birçok değişiklikler ortaya çıkar ve bu değişiklikler kadın ve erkek bireylerde farklı olarak gözlenir.⁷¹

Yaşlanmayla birlikte dudaklardaki, elastikiyet azalır ve az hareketli bir hale gelir.⁶⁴ Diş evresi yapılar da dişlerde de ve oral dokularda da zamanla birlikte değişiklikler ortaya çıkar ve bu değişiklikler de tabii olarak gülümseme yi etkiler ⁷¹. Bu konulara hakim olmak, ortodontiste uzun süreli kalıcı ve estetik olarak kabul gören tedavi sonuçları ortaya koymada yardımcı olur.^{55,71} Bununla birlikte hastalar ergenlikten yetişkinliğe geçtikten sonra da cinsiyetler arasındaki farklılıklar yüz hareketlerinde de gözlenir ve tedavi planı yapılırken bu farklılıklar mutlaka dikkate alınmalıdır.⁶⁶

2.1.3. Ortodontik Tedavinin Gülümseme ye Etkisi

Uzunca zamandır, ortodontik tedavi en önce oklüzal ilişki sonuçları düşünülerek değerlendirildi. Günümüzde modern ortodontik tedaviler, yumuşak dokular ve oklüzyon

ilişkilerinin uyumlu bir denge içerisinde olmasını da gerektirir.¹¹ Gülümseme komponentlerinin katkısı önemlidir, çünkü estetik algının hiyerarşisini belirlemek için çalışılmasına izin verir.⁷² Son gelişmelerle karanlık bukkal koridorlar, orta hat ve gülümseme arkı benzeri komponentlere ilgi fazlaca gösterilmiştir.¹⁶

Ortodontist, bir tedavinin faydaları ve zararlarının farkında olmalıdır.¹⁶ Ortodontik müdahaleler, tek başına gülümsemenin kalitesini ve estetiğini etkileyemez.^{11,73} Nedeni gülümseme estetiğine katkı sunan diş şekli, yüz ifadesi, dudak kurvaturü benzeri bireyden bireye farklılık gösteren unsurlar da vardır.¹¹

Ortopedik müdahale ve ortodontik diş hareketi, yumuşak dokuları ve yüz görünümünü etkileyebilir. Çekimli ortodontik tedavi kararları, çoğunlukla yumuşak doku kriterlerine uygun olarak yapılır. Ortodontik tedavinin özellikle dudak pozisyonlarını ve yumuşak dokuların görünüme müdahil olup olmadığını daha derin anlamak önemlidir.⁷⁴

Çekimli tedavi, geniş olmayan dental arklara sebep olduğundan gülümseme sırasında dentisyon olduğundan daha az gözükebilir ve bu da ortodontik çekimsiz tedavilere oranla gülümseme estetiğini olumsuz yönde etkiler. Bu sebeple bu ark genişliğindeki daralma, ağız köşelerinde dişlerin bukkalının lateralinde estetik olmayan karanlık üçgenlere sebep olur. Çekimsiz tedaviyle birlikte arkları genişletmek ve dolayısıyla daha estetik gülümsemelere ulaşmak mümkündür.⁷³

2.1.4. Gülümseme Analizleri

Gülümseme analizi, tedavi planlaması ve teşhisin en önemli elemanıdır.⁷ Yayınlarda gülümseme çizgisi yüksekliğini tespit etmek için niteliksel, yarı niceliksel ve niceliksel olarak 3 yaklaşım sunulmaktadır.^{47,53,75} Niteliksel yaklaşımda, hekim hastayı gözlemler, gülümsediğinde hastanın gülümseme çizgisinin yüksekliği konusunda niteliksel bir açıklama sunar. Bu niteliksel analizin olumsuz yanı standardizasyon ve objektif unsurlarca eksikliğidir. Yarı niceliksel yaklaşımda bireye gülümsemesi söylenir

ve bu gülümseme fotoğrafla kaydedilir. Kaydedilen fotoğrafla gülümseme mantıksal ve görsel olarak incelenir. Örneğin; düşük, orta, yüksek gülümseme yüksekliği. Konu edilen yaklaşım, niteliksel değerlendirme yaklaşımına göre çok daha objektif ve resmi bir metottur.

Olumlu yanı ise daha hızlı ve ayrıca daha kolay bir yol olmasıdır.⁷⁶ Niceliksel yaklaşıma gelindiğinde ise ölçüm enstrümanı ile gülümseme çizgisi yüksekliği tespit edilir. Bu yaklaşımdaki yöntemler basitten karmaşığa göre değişir.³⁵ Sarver ve Ackerman diş görünümünü ve gülümseme çizgisini saptayabilmek için yazılım programlarıyla çalışmışlardır.^{8,31} Gülümseme, profil, oblik, frontal ve zaman olarak dört farklı boyutta analiz edilir.⁸

2.1.4.1. Frontal Analiz

Ackerman ve Ackerman,³¹ gülümsemeyi frontalden görüntülemek ve ölçmek amacıyla sosyal gülümseme esnasında dudakların vermilyon kenarları kısmında sınırlanan alanı belirleyen ‘gülümseme indeksi’ olarak isimlendirilen oranı geliştirmiştir.

Frontal gülümseme görüntüsünde gülümsemenin dikey ve yatay özelliklerini değerlendirebilir ve görüntüleyebiliriz. Dikey özellikler 2 grup olarak sınıflandırılır. Bunlardan birincisi keser diş ve dişeti varlığı ile ilgili olanlardır. Tedavi eden ilk olarak gülümseme görüntüsünde yeterli dişeti ve diş var olup olmadığını belirlemelidir. Örneğin; orta kesicinin %75’inden azı görüntüde bulunuyorsa diş görünümü istenilen seviyede değil olarak düşünülür. İstenilen seviyede olmayan diş görünümü dikey maksiller yetersizlik, dar gülümseme alanı ve yeterli olmayan klinik kron boyundan kaynaklı olabilir. Eğer öncelikli etken kısa diş boyu ise dişin sürme eksikliği, periodontal yapılarıdaki problemi ve aşınma sebepli olup olmadığını tespit etmek elzemdir. Diğer dikey gülümseme kriterleri ise üst keserlerin insizalleriyle alt dudak arasındaki oran ve üst kesicilerin dişeti kenarı ile üst dudak arasındaki orandır.⁸

Yatay özelliklerse ark formu, okluzal kant ve bukkal koridordur. Ark formu gülümsemenin yatay değerlendirilmesinde kritik bir rol oynar.⁸

2.1.4.2. Oblik Analiz

Frontal görüntüler sayesinde elde edilemeyen ve başka bir değerlendirmeye kesin olarak tespit edilemeyen gülümseme özelliklerini gösterir. Oblik analizde palatal düzlemdeki oryantasyonda önden arkaya giden yönde kant oluşabilir. Bu oryantasyonlarda gözüken deviasyonlar, üst çenenin arka bölge dişlerinin aşağı kanti, ön bölge dişlerinin yukarı kanti yahut her iki bölgenin kombinasyonunu içerir.

2.1.4.3. Sagittal Analiz

En iyi görüntülenen ve sagittal analizde yer tutan gülümseme özellikleri overjet ve keser diş angulasyonudur. Overjet, sagittal görüntüde frontal görüntüdekinde olduğun çok daha net algılanabilir.

2.1.4.4. Zaman

Perioral yumuşak dokuların yaşlanması, gelişim ve matürasyon, istirahat ayrıca gülümsemenin ortaya çıkmasında önemli bir katkıya sahiptir.⁸

2.2. Yapay Zeka

2.2.1. Tarihçesi

AI'nın ilk olarak bilinmeye başlanması bilim adamı Alan Turing'in ünlü makine zekâsı testini ortaya çıkarmasıyla olmuştur. Makinenin canlı bir birey gibi düşünebilmesi ve zeka sahibi olabilmesi düşüncesini ortaya atan ilk bilim adamıdır. Turing testi ismi verilen çalışmada, şayet bir birey etkileşim esnasında insan bilgisayar farkına

varamıyorsa, o durumda bilgisayarı bir birey kadar zeki kabul etmek zorunluluğu yolundaki düşüncesini ortaya atmıştır.^{77,78}

Yapay zekanın ayrı bir uygulama alanı olarak düşünülmesi ve “yapay zekâ” adının ortaya çıkmasıysa Dartmouth College’da yapılan bir toplantıda gerçekleşmiştir. Bu terimin yaratıcısı olan McCarthy, yapay zekanın ilk tanımlamalarını yapmıştır.⁷⁹ Bu toplantı değerli bir köşe taşı olmuştur. Başka bir matematikçi 1970’lerde, yapay zekayı; karar verme, öğrenme, insan gibi düşünme ve problem çözme etkinliklerini kendiliğinden yapılabilmesi olarak tasvir etmiştir.⁸⁰ Günümüzde yapay zeka insan bilişsel becerilerini benzer şekilde tekrarlayabilen herhangi bir makineyi yahut teknolojiyi ifade etmektedir.⁸¹

2.2.2. Makine Öğrenmesi

Yapay zeka teknolojisindeki amaç, yüklenen datalar aracılığıyla makinelerin sorunları çözme yeteneği kazanması diye ifade edilmektedir.⁸¹ Bu yeni gelişen teknolojiyi anlayabilmek gereğiyle: Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme ve Yapay Sinir Ağları terimlerini bilmek önem arz etmektedir. Yüklenen datalar aracılığıyla makinelerin, canlı bir birey müdahalesi olmadan, öğrenilen kalıplar yardımıyla sorunu çözmesidir.⁸¹ Makine öğrenme algoritmalarına ne kadar çok data girişi olursa o kadar da çok gelişme gösterir ve çok daha iyi ölçme yaparak kişisel cevaplar vermeyi öğrenir.⁸²

Makine öğrenmesi, yapay zekanın önemli bir alt dalıdır, dataların istatistiksel olan yapılarını ve kalıplarını algoritmalar yardımıyla öğrenir. Makine öğrenmesi insan düşünme tarzının peşi sıra farklı veriler işleyerek, görüntüleri değerlendirmesini, kavramasını, kendi başına düzeltmesini, sınıflandırıp hem de alt sınıflamalara ayırmasını temel alıp bunlara göre hareket alan bir teknik tasarımıdır.²¹

2.2.3. Yapay Sinir Ağları

En çok tercih edilen makine öğrenme modeli yapay sinir ağları modelidir. Yapay sinir ağları insan kafatası içerisinde bulunan beyni oluşturan nöronların çalışma şekline benzer bir şekilde çalışmasıyla görev yapan bir algoritmadır. Yapay sinir ağları canlı organizma benzerlerinden çok da farklı bir şekilde hareket etmez. Dataları bir düğüm ağından geçirir ve bu düğüm ağı birbiri içine katmanlar biçiminde hazırlanmıştır.⁸³ Suni bir sinir hücresine n kadar data girdisi yapılmaktadır ($x_1, x_2, x_3 \dots x_N$). Bu data girdilerine karşılık ağırlık sonuçları ($w_1, w_2, w_3 \dots w_N$) ağ üzerindeki bulunan etki değerleridir. Yapılan bütün veriler ağırlık sonuçları ile çarpılarak taşınma fonksiyonuyla bir araya getirilip aktiflenme görevlendirmesinden geçmektedir.

2.2.4. Derin Öğrenme ve Derin Evrişimli Sinir Ağları

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt bileşenidir. Yorumlanan görüntülerin çalışıldığı yapay zeka sistemlerinin birçoğunun alt yapısını teşkil etmektedir.⁸⁴ Makine öğrenmesi algoritmalarında var olan görüntü bir ön-işlem değerlendirilmesinden geçirilir ve devamında boyut, kontrast, ovallık gibi kriterleri tanımlar. Belli başlı sınıflarla eğitilen makine öğrenmesi modelleri devamında verilecek olan yeni sorun karşısında verilen kriterlerin olup olmamasına sadık kalarak sonucunda çıkarım yapar. Piksel tabanlı olan bir sınıflama yapan derin öğrenme modellerindeyse, bu ön-işleme çalışması esnasında gerçekleştirilmeden sınıflandırmayı gerçekleştirebilmektedir. Görüntüdeki belli özellikleri ayırt ederek sınıflama yapan makine öğrenmesi modellerine göre, yapılan eğitim neticesinde, sadece ham datayı işleyerek çıkarım sonucuna varabilme özelliğine sahiptir.

Derin öğrenme yöntemindeki algoritmalar denetimli veya denetimsiz şekilde gerçekleştirebilmektedir.⁸⁵ Derin öğrenme yöntemi çok katmanlı yapay sinir ağları kavramına dayanmaktadır. Kullanılan bu prosedürde derin sinir ağları yer almaktadır, çok katmanlı olarak faaliyet gören bu sistem çok fazla olan karmaşık sorunları çözebilecek

kapasitededir.⁸⁶ Derin öğrenme, yapay zekanın en yeni sürümü olarak adlandırılabilir, temel olarak veriler ve sonuçlar arasındaki yapay sinir ağları, katman sayısı açısından daha önceki yapay sinir ağlarından oldukça farklıdır.^{87,88} Bulunan katmanlar yardımıyla girdilerden data toplar. Kendisine kattığı yeni özellikler yardımıyla tek tek değişebilen ve geliştirilebilen bir sonuç sağlar.⁸⁴ Birden çok fazla miktarda katman bulunduran ağ yapılarıysa derin evrişimli sinir ağları denmektedir. Katmanlarından çıkarabileceği birçok özellik olan bu yapılar, aslen daha karmaşık ve büyük görüntüleri işleyebilmek için görev yapmaktadır.⁸⁹ Değişik görevleri yerine gerçekleştirebilecek olan bu katmanlar tıbbi görüntülerde; hastalık tespiti, sınıflandırma, cisim tanımlama benzeri işlemleri gerçekleştirebilirler.⁹⁰

2.2.5. Evrişimli Sinir Ağlarının Eğitilmesi

Derin evrişimli sinir ağlarının eğitimi ilk önce modelin oluşturulmasıyla başlar. Oluşturulan modeldeki evrişim, havuzlama, tam bağlantılı ve sınıflandırma katmanları sayıları tespit edilir. Sonrasında tespit edilen bu katmanların belirli bir sıralaması oluşturulur. Sonraki aşamada ise değişkenler tanımlanmaktadır. Sonuçta varılan modele eğitim setinde bulunan bir görüntü verilmektedir. Daha sonrasında da ileri beslemeyle her katmanda bulunan her filtrenin ağırlıklarıyla görüntülerdeki piksel değerleri birbiriyle çarpılarak bir sonraki aşamadaki katmana gönderilmektedir. Hedefteki sonuçlar ve üretilmiş olan sonuçlar arasındaki farklar alınarak yanlış bulunan hata değerine varılır ve bu bulunan değer ağıdaki tüm ağırlıklara dağıtılır.⁹¹

Derin evrişimli sinir ağları ile sınıflandırma yapabilmek sebebiyle uygun şartlara getirilmesi gereken birçok sayıda parametre bulunmaktadır. Ağların iyileştirilmesi sebebiyle giriş yapılan resminin boyutu, filtre sayısı, katman sayısı ve boyutu, yapılan aktivasyon fonksiyonu ve bütün bağlı katman sayıları benzeri parametreler ile işlemler

yapılmaktadır. Bu iyileştirme işlemlerinin tamamı hiperparametre olarak isimlendirilmektedir.^{90,92,93}

2.2.6. Derin Öğrenme Kütüphaneleri

Derin öğrenme mimarilerinin olabileceği kadar çabuk bir şekilde gelişebilmesine faydası olan en önemli faktör, bu alan için geliştirilmiş olan kütüphanelerin varlığıdır. Değişik programlama dillerinde (Java, C#, C++, Python vb.) olan bu kütüphanelerin dosyaları evrişimli sinir ağları ve ileri besleme ağları benzeri birçok modele yardımcı olabilecek niteliktedir.⁹⁴

Caffe: Daha önce eğitilen modelleri olan Caffe kütüphanesi, işlenecek görüntü ve derin öğrenme algoritmaları için kullanılan bir kütüphanedir. Matlab, Python benzeri uygulama dillerinde de kullanılabilmektedir.⁹⁵

Keras: Yüksek dereceli olan derin öğrenme kütüphanesidir; Python programlama dili kullanılarak onun üzerine yazılmıştır.⁹⁴

TensorFlow: Genellikle sayısal hesaplama ve görüntü işleme için kullanılmakta ve açık kaynak kodlu bir kütüphanedir.⁹⁴

Torch: Python ve Lua programlama dilleriyle desteklenen Torch kütüphanesi; ses ve görüntü işleme, resim, video formatları üzerinde çalışabilmektedir.⁹⁴

MXNet: Julia, Scala ve Python programlama dilleri ile yardım sağlanan ve bu nedenle önemli birçok dil desteği olan kütüphanedir.⁹⁴

2.2.7. Derin Öğrenmede Görüntü Analiz Teknikleri

Yapay zekanın görüntü üzerinde çalışıp analiz yapabilmesi için gerekli üç farklı teknik vardır,⁹⁶

Sınıflandırma tekniği: Görüntü içerisindeki bir ögenin ait olduğu sınıfı tahmin etmeyi açıklamaktadır. Örnek vermek gerekirse görüntünün hepsinin “bireyler”, “hayvanlar” veya “kapalı hava” benzeri sınıflara ayırmak için kullanılması verilebilir.^{97,98}

Nesne algılama tekniği: Bir görüntü içerisindeki cisimleri tespit etmeyi ve tespit edilen cismi dikdörtgen çizerek içerisine almayı ifade etmektedir.^{97,99}

Segmentasyon tekniği: Görüntü içerisindeki bir yapıyı kalan kısmından ayırarak ifade etmektedir. Bahsedilen görüntünün sınırları ile birlikte hangi cisme ait olduğunu belirtmektedir.^{100,97} Bahsedilen teknikte cisimleri ve cisim parçalarını “süper pikseller” meydana getirir. Segmentasyon tekniğinde, bireysel pikselleri gözlemsel birimler olarak ifade etmek yerine daha büyük bileşenler biçiminde çalışmayı sağlar.¹⁰¹

2.2.8. Diş Hekimliğinde Yapay Zekâ ve Kullanım Alanları

Yapay zeka uygulamaları diş hekimliğinin pek çok alanı için tercih edilir hale gelmeye başlamıştır. Yapay zeka teknolojisinin diş hekimliği içinde kullanılmaya başlanması; hasta için harcanan süreden ve masraflardan tasarruf yapmayı sağlar, bireyden kaynaklı hataları en aza indirir. İnsan zekâsına benzer hareket eden bu sistemle birlikte medikal bilgiler sınıflandırılabilir, incelenebilir ve düzenlenebilir.^{102,103}

Yapay zeka segmentasyonda ve diş tespiti için pek fazla çalışmada kullanılmıştır. Derin evrişimli sinir ağlarında kullanılarak bite-wing radyografiler,¹⁰⁴ panoramik radyografiler^{105,106} ve periapikal radyografiler¹⁰⁷ üzerine segmentasyon ve diş tespiti için derin öğrenme desteğiyle çalışan yapay zeka modelleriyle çalışılmıştır ve alınan son ürünler umut vericidir. Diş segmentasyon ve numaralandırma çalışmalarına konik ışınlı bilgisayarlı tomografi üzerinde de işlemler geliştirilmiştir.¹⁰⁸⁻¹¹⁰

Diş hekimliğinin radyolojisi alanında yapay zeka apikal lezyonları bulmada da denenmiştir. Ekert ve ark.¹¹¹ çalışmasında derin evrişimli sinir ağlarını kullanarak

panoramik radyografiler üzerindeki apikal lezyon tespiti üzerine çalışmışlardır ve sistem %65 oranlarına yakın olumlu duyarlılık göstermiştir.

Ortodontinin çalışma alanlarında yapay zekanın tanı tedavi analizleri, anatomik nokta tespiti, diş çekimi gerekliliği tespiti, büyüme gelişim safhasının belirlenmesi, iskeletsel sınıflandırma ve ortognatik cerrahi benzeri birçok analiz sebebiyle kullanılabilir. Yapılan çalışmalar, derin öğrenme algoritmalarının ortodonti alanında da tanı ve tedavi aşamasında tedaviyi uygulayan hekime yardımcı olabileceğini göstermektedir.^{112,113}

Xie ve ark.¹¹² yapay zeka algoritmaları ile ortodonti alanında sıkça kullanılan lateral sefalometrik filmler üzerinde tedavi öncesi ortodontik amaçlı diş çekim gereksinimini değerlendirmişlerdir ve sonuçların ümit verici seviyelerde olduğunu belirtmişlerdir. Yapay zekanın ortodonti alanında bundan farklı olarak anatomik noktaların tespiti çalışmalarında da yararlanılmıştır. Yapılan bir çalışmada kullanılan yapay zeka modeli ve kullanan hekim arasında sonuçlar açısından anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir.¹¹⁴ Yu ve ark.¹¹⁵ öte yandan, kendiliğinden iskeletsel açıdan sınıflandırma amacıyla bir yapay zeka modeli için çalışmalar yapılmıştır. Ortaya çıkan modelin beklediği gibi yüksek bir performans gösterdiğini ve ortaya çıkan sonucun duyarlılığının gayet yüksek olduğu, özgüllük ve doğruluk gibi değerlere ulaşıldığını bildirmişlerdir.

Yapay zekâ ile ortognatik cerrahinin başarılı bir şekilde planlamasında da istenilen seviyelere gelinmiştir. Choi ve ark.¹¹⁶ üzerinde çalıştıkları bir projede cerrahi gerektirmeyen ve cerrahinin elzem olduğu vakalar olarak tedavi yapılacak bireylerin teşhisi için yapay zekâ modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu model yüksek derecelerde performans göstermiştir ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.¹¹⁶ Yapay zekâ ortodonti alanında bunlardan farklı olarak büyüme gelişim safhalarının tespit edilmesinde de sıkça kullanılmıştır. Bu safhaların belirlenmesi genellikle lateral sefalometrik ve el-bilek

radıyografileri kullanılarak yapılmaktadır.¹¹⁷ Üzerinde çalışılan bir yapay zeka modeliyle sefalometrik radyografiler üzerinde servikal vertebralar değerlendirilerek büyüme gelişim döneminin bulunması geliştirilmiştir. Yapay zeka algoritmalarının, büyüme gelişiminin tespit edilmesi gereken bütün bilim dallarında teşhis odaklı kullanılabileceği bildirilmiştir.¹¹³

Yapay zeka cerrahi alanında robotize kullanımı sayesinde tercih edilebilirlik kazanmıştır. Cerrahi operasyonlar daha gerçekleşmeden, olabilecek komplikasyonların ve hataların önüne geçilmesi maksadıyla anatomik önemli noktaların detaylı olarak değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Bu kullanım kolaylığı sayesinde önemli anatomik noktalar ve yapılar korunmakta olup ve böylece operasyon normal şartlara oranla daha kısa zamanda bitirilmiş olmaktadır.^{118,119} Yapay zeka teknolojisi diş hekimliğinin cerrahi kısmında diş çekimi işlemlerinden peşi sıra gelen operasyon sonrası dönemde oluşan şişliği tahmin etmek amacıyla da kullanılmıştır.

Diş çürüklerine rastlanma oranının yaşadığımız zaman içerisinde bizden önceki zamanlara göre azaldığı vurgulanmaktadır. Bunun nedeni olarak florürün yaygınlaşması ve diğer önleyici yolların popülerlik kazanmasının sayesinde olduğu düşünülmektedir. Bu sebeptendir ki çürük tespitini giderek daha da zor hale gelmiştir. Böylece bite-wing radyografiler gözlenmesi zor olan ara yüz çürüklerinin görüntülenmesinde çok önemli bir konuma sahiptir.^{120,121}

Periodontal hastalıkların sonucu olan diş kayıpları, toplumda yaygın görülen ve sık karşılaşılan bir hastalık popülasyonunu oluşturmaktadır.¹²² Yapay zeka ve derin evrişimli yapay sinir ağları yardımıyla periodontoloji alanında da pek çok çalışma yapılmıştır. Kemik kaybının alveolar olarak belirlenmesi ve kemik yoğunluğundaki değişiklikler yapay zekadaki modeller aracılığı ile en erken olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca implant cerrahisi ve çevre sert ve yumuşak dokularla

alakalı erken girişim gerekebilecek durumlarda da kullanılan derin öğrenme yöntemlerinden yarar sağlanabileceği düşünülmektedir.¹²³⁻¹²⁵

Yapay zeka implant planlama kısmında da yarar sağlamaktadır. Bayrakdar ve ark.¹²⁶ yaptıkları bir yapay zeka çalışmasında da konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinde yapay zeka sisteminin implant planlamasındaki olumlu sonuçlarını araştırmışlardır. Yetmiş beş konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntüsünde kanalların, eksik diş bölgelerinin ve sinüs/fossaların tespitini değerlendirmiştir. Sistem en yüksek olan oranda eksik diş bölgesi değerlendirmede başarılı sonuçlar vermiştir.

Yapay zeka ile ağız içi yumuşak dokuda görülen bening ve malign lezyonların ayrımını da yapılabilmektedir. Şüpheli bölgelerin değerlendirilmesi ve tespiti bu yapay zeka algoritmaları yardımıyla mümkün hale gelmiştir. Başlıca geniş çaptaki ağız içi taramalarında kullanılarak incelenen popülasyonun ağız kanserlerine yakalanabilirliğinin tahmin edebileceği düşünülmektedir.^{127,128}

Ağız ve çevresindeki bölgede karşılaşılan skuamöz hücreli karsinomların iyileşmesini etkileyen en önemli etkenlerden biri erken teşhistir. Fakat yine de pek çok vakanın teşhisi ileri safhalarda konulmaktadır. Sağlık hizmetlerinin ideal olduğu birçok konumda yapay zeka destekli programlar ile yapılacak olan değerlendirmeler sayesinde sağ kalım şans oranlarının yükseltilmesi düşünülmektedir.^{129,130}

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Çalışmaya Dahil Edilen Bireylerin Seçimi

Bu çalışmada ortodontik tedavi amacıyla Ortodonti Anabilim Dalına başvuran Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi hastalarının cephe gülümseme görüntü kayıtları dahil edilmiştir. Veri seti olarak Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı fotoğraf arşivinden 2013 Ocak-2022 Mart tarih aralığında alınmış daimi veya karma dişlenme dönemindeki 1000 hastanın tedavi öncesi cephe gülümseme görüntü kayıtlarından oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan görüntüler amacıyla bireylerden yazılı izin formu alınmıştır.

Fotoğraflarda pozisyon hatası, herhangi bir travmaya bağlı yüz deformitesi veya kraniyofasiyal sendromu olan hastaların çalışma verileri hariç tutulmuştur. Çalışma protokolü Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Komitesi tarafından onaylanmıştır ve (Karar no: 25 – Karar Tarihi 26.07.2022) çalışma protokolünü onayladı ve tüm işlemler Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yapıldı.

3.2. Cephe Gülümseme Görüntü Kayıtları Veri Setinin Oluşturulması

Arşivdeki bireylerin tüm görüntüleri aynı fotoğraf makinesiyle hasta ayaktayken alınmıştır. Fotoğraf ekipmanı olarak; Canon EOS 70D (Canon, Tokyo, Japan) aynasız dijital kamera (DSLM) ve 1:1 büyütme katsayısı ile gerçek boyut aktarım sağlayan (Canon EF 100 mm F/2,8 Makro IS USM) lens kullanılmıştır. Fotoğraf kaydı alınırken katılımcının arkasında 100x120cm ebatında duvara monte beyaz fon kullanılarak alınan kayıtlarda, fotoğraf makinesi 1,5 metre mesafede konumlandırılmıştır. Işık sistemi olarak Canon Ring Lite MR 14EX II (Canon, Tokyo, Japan) Ring Flaş sistemi kullanılmıştır. Hastanın konumunu sabitlemek için yere ‘çizgi’ şeklinde belirteç çizilmiştir. Fotoğrafa

gerçek düşey çizgiyi aktarmak için bireyin cephe görüntüsünün yanında konumlanacak şekilde bir şakül asılmıştır. Görüntü alınması esnasında self-balans tekniği kullanılmıştır.

Elde edilen cephe gülümseme görüntü kayıtları otomatik bir gülümseme analizi oluşturulması amacıyla, tek bir araştırmacı tarafından arşiv görüntülerinin ölçümleri için CranioCatch etiketleme yazılımına (Eskişehir, Türkiye) yüklenerek proje oluşturuldu.

3.3. Veri Etiketleme

Etiketleme, bir görüntüdeki noktanın tanımlanması ve tanımlanan noktanın hangi referans noktası olduğunun belirlendiği işlemdir. Bin hastanın cephe gülümseme görüntü kayıtları Cranio Catch programına yüklendi. Cephe gülümseme görüntü kayıtları üzerinde belirtilen referans noktalarının etiketlenmesi; 3.5 yıllık deneyime sahip bir araştırma görevlisi ve 11 yıllık deneyime sahip Ortodonti uzmanı tarafından CranioCatch (Eskişehir, Türkiye) yazılımı kullanılarak Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dental AI Laboratuvarı'nda bulunan Precision 3640 Tower CTO BASE workstation (Intel(R) Xeon(R) W-1250P (6 çekirdek, 12 M önbellek, temel işlemci frekansı 4.1 GHz, Maks Turbo Frekansı 4.8 GHz) DDR4-2666, 64 GB DDR4 (4 X16GB) 2666 MHz UDIMM ECC Hafıza kapasitesi, 256 GB SSD SATA, Nvidia Quadro P620, 2 GB) (Dell, Texas, ABD) ve 27", 1920 x 1080 piksel IPS LCD monitör (Dell, Texas, ABD) kullanılarak gerçekleştirildi.

3.4. Cephe Gülümseme Görüntü Kayıtları Üzerinde İşaretlenen Referans

Noktaları

Görüntülerin değerlendirilmesi 1920 x 1080 piksel IPS LCD monitör (Dell, Texas, ABD) kullanılarak gerçekleştirildi. Elde edilen cephe gülümseme görüntü kayıtları CranioCatch etiketleme yazılımına (Eskişehir, Türkiye) aktarılarak görüntüler üzerinde yumuşak doku noktaları işaretlenmiştir. Cephe gülümseme görüntüleri %150 oranında

büyütölerek noktalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan noktalar aşağıdaki gibi isimlendirmekte ve tanımlamaktadır.

3.4.1. Yumuşak Doku İşaret Noktaları

Yumuşak doku nasion (N'): Burun kökünde bulunan yumuşak doku konturunun en derin noktası

Pronasale (prn): Burun ucunun en ön noktası

Subnasale (sn): Nazal septumun alt sınırı, üst dudağın kolumella ile birleşim yerinin orta noktası

Labiale superius (ls): Üst dudağın vermillion sınırının orta noktası

Üst dudağın alt sınırı (uli): Üst dudağın orta en alt noktası

Alt dudağın üst sınırı (lls): Alt dudağın orta en üst noktası

Labiale inferius (li): Alt dudağın vermillion sınırının orta noktası

Yumuşak doku b noktası (b): Labiamental sulkusun en derin noktası

Yumuşak doku pogonion noktası (Pg'): Alt çene ucu yumuşak dokusunun en ön noktası.

Yumuşak doku menton (Me'): Yumuşak doku çene ucunun en alt noktası

Sağ christa philtri (cphr): Vermillion hattından geçen filtrumun sağdaki en yüksek noktası

Sol christa philtri (cphl): Vermillion hattından geçen filtrumun soldaki en yüksek noktası

Sağ chelion (chr): Üst ve alt dudağın dış kenarlarının birleştiği ağzın sağ dış köşe noktası

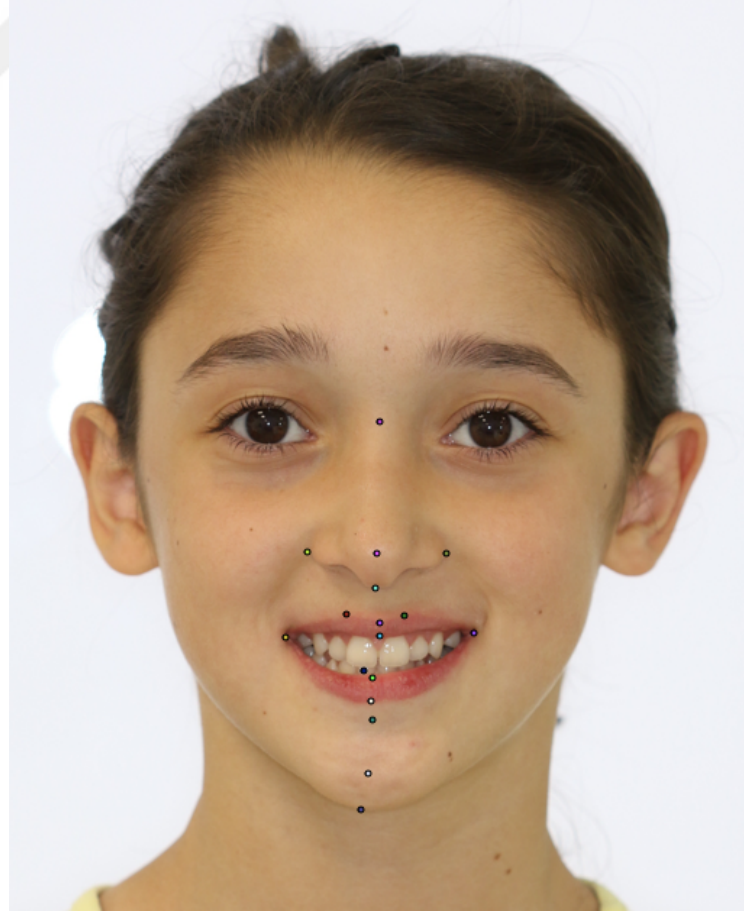
Sol chelion (chl): Üst ve alt dudağın dış kenarlarının birleştiği ağzın sol dış köşe noktası

Sağ alare (alr): Sağ burun kanatının en lateral noktası

Sol alare (all): Sol burun kanatının en lateral noktası

Sağ üst keser diş noktası alt (ril): Gülümseme sırasında sağ üst keser dişin görünen en alt noktası

Açıklaması yapılan noktalar Şekil 3.1. üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 3.1. Referans noktalarının yerleştirilmiş görüntüsü

3.5. Derin Öğrenme Mimarisi

Yueyuan ve ark.¹³¹ tarafından tavsiye edilen özellik bulma ve iyileştirme ağı (FARNet), evrişimli sinir ağları tabanlı bir derin öğrenme modelinin oluşturularak anatomik noktaların tespitinin geliştirilmesini modellemek amacıyla kullanıldı.

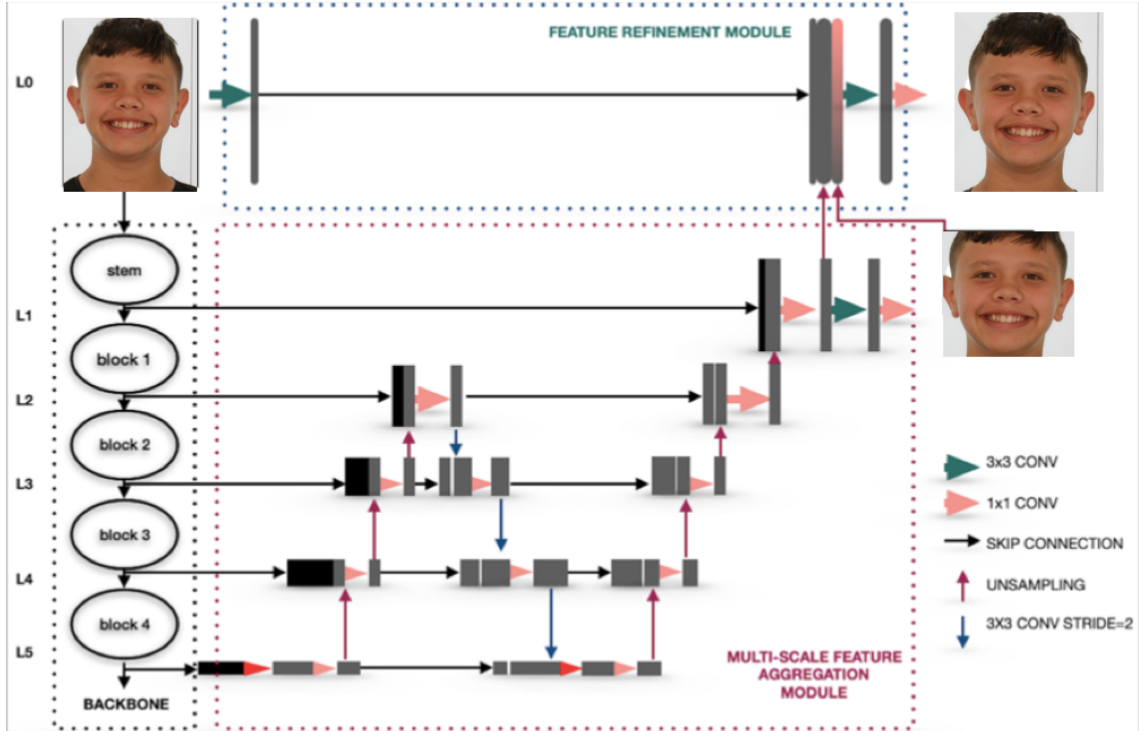
Özelliklerin toplama ve iyileştirmesi için kullanılan ağı; özellik iyileştirme ağı (FR), çok ölçekli bir özellik toplama ağı (MSFA) ve omurga ağı dahil olmak üzere 3 ayrı ana sistemden oluşur.

Omurga ağı, ImageNet üzerinde eğitilmiş önceden eğitilmiş bir mimaridir.

Omurga ağı, VGG,¹³² ResNet¹³³ veya DenseNet¹³⁴ vb. gibi popüler bir ImageNet üzerinden eğitilmiş ağı benimser. Omurga ağı, birden çok ölçekte özellik haritalarından oluşan bir özellik hiyerarşisini hesaplar.

Çok ölçekli bir özellik toplama ağı modülümüz ve özellik iyileştirme ağı modülümüz, omurga tarafından çıkarılan çok ölçekli özellikleri birleştirmek ve önemli nokta tahmini için yüksek çözünürlüklü özellik haritaları sağlamak için yukarı örnekleme, aşağı örnekleme özellik toplama yollarını ve yanal bağlantıları benimser (Şekil 3.2.). Her bir özellik füzyon bloğunda, farklı çözünürlüklere sahip özellikler, daha yüksek çözünürlüklü özelliklerin, düşük çözünürlüklü olanlardan daha fazla kanal tutularak vurgulandığı, daha yüksek çözünürlüklü baskın bağlantı yoluyla birleştirilir. Çok ölçekli bir özellik toplama ağı modülünden elde edilen özellik haritaları, giriş görüntüsü olarak yarı çözünürlüğe sahiptir. Daha doğru bir tahmin elde etmek için, giriş görüntüsündeki ile aynı çözünürlükte özellik haritaları oluşturmak için özellik iyileştirme ağı modülü kullanıldı.¹³¹ Özellik iyileştirme ağı modülünde, giriş görüntüsü üzerinde 3×3 evrişim katmanı gerçekleştirilir ve sonuç özellik haritaları, çok ölçekli bir özellik toplama ağı modülünden yukarı örneklenmiş özellik haritaları ve ısı haritaları ile birleştirilir. Birleştirilmiş özellik haritaları, bildiğimiz kadarıyla ilgili çalışmalar arasında kullanılan en yüksek çözünürlük olan giriş görüntüsü aynı çözünürlüğe sahiptir. Çok ölçekli bir

özellik toplama ağı modülünden gelen ısı haritaları, daha yüksek çözünürlükte (FR modülü) ısı haritası regresyonuna rehberlik etmek için kullanılır. Son olarak, ısı haritalarını regresyona tabi tutmak için birleştirilmiş öznitelikler üzerinde bir 3×3 evrişim katmanı ve 1×1 evrişim katmanı da gerçekleştiririz. Deneysel doğrulama yoluyla, özellik iyileştirme modülümüz tahminin doğruluğunu etkin bir şekilde artırabilir.¹³⁵



Şekil 3.2. Özellik toplama ve iyileştirme ağıının (FARNet) mimarisi. FARNet, bir omurga ağı, çok ölçekli bir özellik toplama (MSFA) modülü ve bir özellik iyileştirme (FR) modülü içerir.

3.6. Model Geliştirilmesi

Model geliştirme süreci, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dental-AI Laboratuvarı'nda Precision 3640 Tower CTO BASE iş istasyonu Intel(R) Xeon(R) W-1250P (6 çekirdekli, 12 M önbellek) içeren bilgisayar ekipmanı üzerinde gerçekleştirilmiştir. , çekirdek işlemci frekansı 4,1 GHz, Maks Turbo Frekansı 4,8 GHz) DDR4-2666, 64 GB DDR4 (4 X16 GB) 2666 MHz UDIMM ECC bellek kapasitesi, 256 GB SSD SATA, Nvidia Quadro P620, 2 GB) ve NVIDIA Tesla V100

grafik kartı (Dell, Texas, ABD) ve 27", 1920 x 1080 piksel IPS LCD monitör (Dell, Tex, ABD). Python açık kaynaklı programlama dili (v.3.6.1; Python Software Foundation, Wilmington, Del, ABD) ve Pytorch model geliştirme için kütüphane kullanılmış ve 17 yumuşak doku noktası etiketli 1000 hastanın cephe gülümsemesinin karışık boyutlu görüntüsü elde edilmiştir.

3.7. Eğitim Aşaması

Görüntüler ve etiketler 640×800 olarak yeniden boyutlandırılmıştır. Her nokta için bir satır belirlenmiştir. Etiketler belirtilen sırada 17 nokta olarak txt formatında kaydedilmiştir. Veri setleri eğitim, test ve doğrulama olarak 3 bölüme ayrılmıştır.

Cephe gülümseme görüntü kayıtları herhangi bir ön eğitimden geçirilmeden direkt olarak derin öğrenme mimarilerinin eğitimi ve testi için kullanılmıştır.

Eğitim ve doğrulama veri setleri optimal evrişimli sinir ağları algoritması ağırlık faktörlerini tahmin etmek ve üretmek için kullanıldı. Test veri setiyle de modellerin başarımlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Veri setinin yaklaşık olarak %10'u test, %10'u doğrulama, %80'i de eğitim veri seti olarak ayrılmıştır.

Test grubundan elde edilen veriler tekrar kullanılmamıştır. Yapay zeka modelinin eğitimi, PyTorch uygulanan evrişimli sinir ağları tabanlı derin öğrenme yöntemi ile 300 Epoch kullanılarak gerçekleştirildi. Optimizer fonksiyonu olarak Adam kullanılmıştır.

3.8. Model Performans Değerlendirilmesi

Her bir anatomik noktanın değerlendirilmesi sebebiyle noktadan noktaya hata, mutlak mesafe ile ölçüldü ve tüm test veri seti üzerinden ortalaması alındı. Yer işareti hatası araştırmacı tarafından ölçüldü ve sırasıyla bir görüntünün işaret noktası konumu

tahmin edildi. Tüm işaret noktaları için Ortalama Radyal Hata (MRE) ve Standart Sapma (SD) değerleri rapor edildi. Yatay (x) ve dikey (y) koordinat sistemlerinde Δx olarak hesaplanan radyal hata (R), x yönünde tahmini konum ile araştırmacı tarafından olarak yerleştirilmiş standart konum arasındaki mesafedir ve Δy , tahmini konum ile y yönündeki manuel olarak yerleştirilmiş standart konum arasındaki mesafedir.¹³⁶

$$R = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

MRE ve SD, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı:¹³⁵

$$MRE = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_i - MRE)^2}{N - 1}}$$

SDR (Success Detection Rate), başarı tespit oranı, anatomik nokta tespit uygulamalarında kullanılan bir ölçüttür ve tespit edilen anatomik noktaların doğruluğunu değerlendirmek için kullanılır. Bu ölçütün yüksek olması, modelin daha iyi performans gösterdiği anlamına gelir. Bu nedenle, SDR değerinin yüksek olması daha iyidir ve daha düşük bir değer, modelin daha az başarılı olduğunu gösterir.

Sırasıyla 2 mm, 3 mm ve 4 mm'lik her bir hassasiyet aralığında tahmini noktaların yüzdelerini gösteren başarılı tespit oranları (SDR) ölçülmüştür. Her bir anatomik işaret noktası için, yapay zekâ tarafından kendiliğinden belirlenen konum ile işaretlenen nokta belirli bir d değerinden yüksek değilse, yapay zeka tarafından algılanan otomatik lokalizasyon başarılı kabul edilir ve d'nin doğruluğuna ilişkin başarılı tespit oranları hesaplanabilir.¹³⁵

4. BULGULAR

Çalışmamızda anatomik nokta tespiti amacıyla derin öğrenme modelinin kullanılmasıyla cephe gülümseme görüntü kayıtlarının üzerinde ortodontik analizlerde kullanılan yumuşak doku noktalarının saptanması başarısı araştırılmıştır.

Sunulan yapay zeka sistemi (CranioCatch, Eskişehir, Türkiye) bir görüntü üzerinde 17 anatomik noktayı saptayabilmektedir.

Bulgularımızın 2 mm altında ortalama tahmin etme oranı 0.827387, 3mm altında ortalama tahmin etme oranı 0.962392, 4mm altında ortalama tahmin etme oranı 0.992285 ve ortalama MRE değeri de 1.277770 olarak elde edilmiştir.

En yüksek SDR puanı 2 mm için Labiale superius noktası ve 0.967213114754098 değeri, 2.5 mm için labiale superius, christa philtri sol ve üst dudağın alt sınırı noktası, 0.983606557377049 değeri, 3 mm için chelion sağ, labiale superius, sağ üst keser diş kesici kenarı, christa philtri sol ve üst dudağın alt sınırı noktaları ve 1 değeri, 4 mm için alare sol, nasion, pogonion, yumuşak doku B noktası ve christa philtri sağ haricindeki tüm noktalar için değeri 1 olarak elde edildi. En düşük MRE puanı üst dudağın alt sınırı noktası için 1.024135194 değeri elde edildi.

En düşük SDR puanı 2 mm için menton, nasion ve pogonion noktaları ve 0.672131147540984 değeri, 2.5 mm, 3mm ve 4 mm için nasion noktası, 0.737704918 değeri olarak elde edildi. En yüksek MRE puanı nasion noktası için 1.83437763 değeri elde edildi.

Alare sol noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.885245901639344, 0.967213114754098, 0.983606557377049 ve 0.983606557377049 olarak elde edildi. MRE değeri 1.24074226067112 olarak bulundu.

Alare sağ noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.885245901639344, 0.918032786885246, 0.950819672131148 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.09155225683318 olarak bulundu.

Chelion sol noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.868852459016393, 0.950819672131148, 0.983606557377049 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.17376798163923 olarak bulundu.

Chelion sağ noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.868852459016393, 0.950819672131148, 1 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.1439381366851 olarak bulundu.

Labiale superius noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.967213114754098, 0.983606557377049, 1 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.02824175054173 olarak bulundu.

Labiale inferius noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.737704918032787, 0.885245901639344, 0.918032786885246 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.36384266548617 olarak bulundu.

Alt dudağın üst sınırı noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.819672131147541, 0.901639344262295, 0.967213114754098 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.23065637187392 olarak bulundu.

Menton noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.672131147540984, 0.80327868852459, 0.934426229508197 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.61954802966224 olarak bulundu.

Subnasale noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.901639344262295, 0.934426229508197, 0.950819672131148 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.06667243927405 olarak bulundu.

Nasion noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.672131147540984, 0.737704918032787, 0.885245901639344 ve 0.934426229508197 olarak elde edildi. MRE değeri 1.83437762994073 olarak bulundu.

Pogonion noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.672131147540984, 0.770491803278689, 0.918032786885246 ve 0.983606557377049 olarak elde edildi. MRE değeri 1.69303211565999 olarak bulundu.

Pronasale noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.786885245901639, 0.934426229508197, 0.983606557377049 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.36331605999993 olarak bulundu.

Sağ üst keser diş kesici kenarı noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.901639344262295, 0.950819672131148, 1 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.1270401607407 olarak bulundu.

Yumuşak doku B noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.770491803278689, 0.934426229508197, 0.950819672131148 ve 0.983606557377049 olarak elde edildi. MRE değeri 1.30362157572716 olarak bulundu.

Christa philtri sol noktası için SD puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.918032786885246, 0.983606557377049, 1 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.06360501057423 olarak bulundu.

Christa philtri sağ noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.819672131147541, 0.868852459016393, 0.934426229508197 ve 0.983606557377049 olarak elde edildi. MRE değeri 1.35399607522651 olarak bulundu.

Üst dudağın alt sınırı noktası için SDR puanı 2 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 4 mm için sırasıyla 0.918032786885246, 0.983606557377049, 1 ve 1 olarak elde edildi. MRE değeri 1.0241351942692 olarak bulundu.

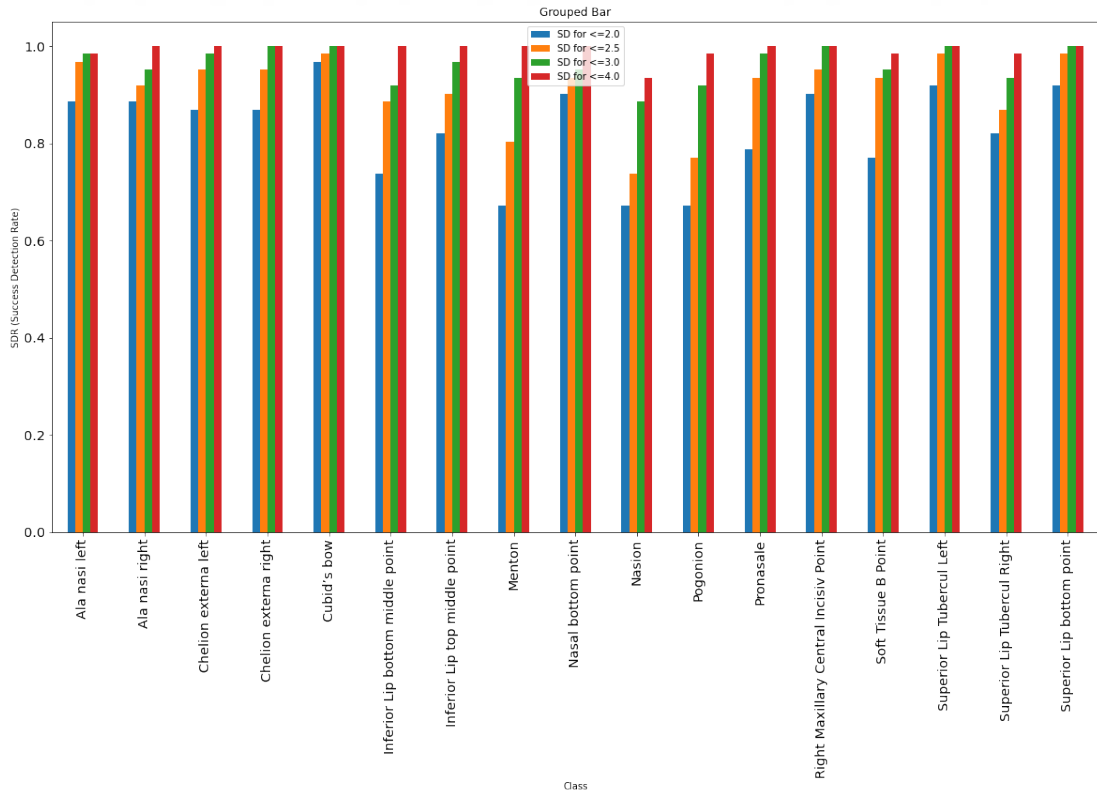
Test verilerinden elde edilen her bir anatomik noktanın MRE ve SDR değeri Tablo 4.1. ve Tablo 4.2. de özetlenmiştir. Şekil 4.1. ve Şekil 4.2. de de grafiksel olarak ifadesi yapılmıştır.

Tablo 4.1. Cephe yüz gülümseme nokta tespitinin SDR ve MRE değerleri

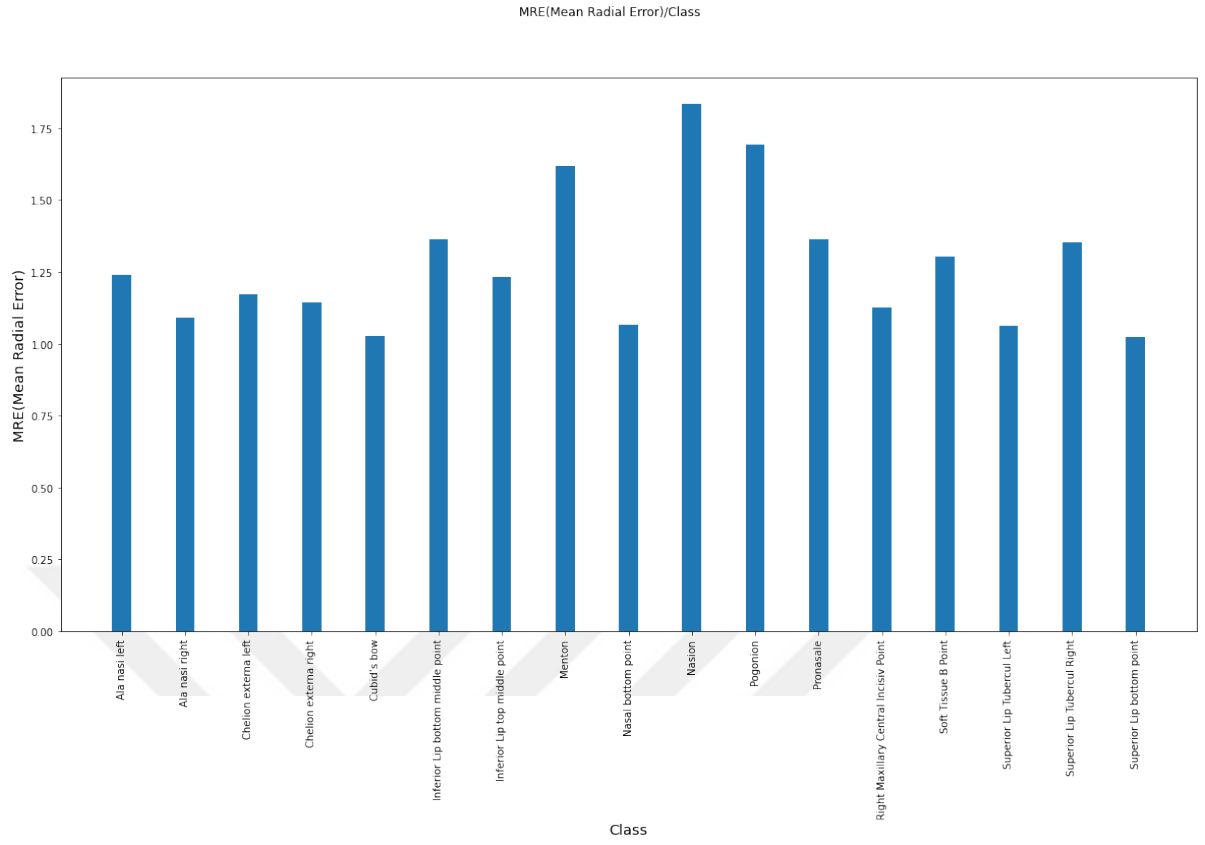
Nokta	SD for <=2.0	SD for <=2.5	SD for <=3.0	SD for <=4.0	MRE(Mean Radial Error)
Alare sol	0.8852459016	0.9672131148	0.9836065574	0.9836065574	1.240742261
Alare sağ	0.8852459016	0.9180327869	0.9508196721	1	1.091552257
Chelion sol	0.868852459	0.9508196721	0.9836065574	1	1.173767982
Chelion sağ	0.868852459	0.9508196721	1	1	1.143938137
Labiale superius	0.9672131148	0.9836065574	1	1	1.028241751
Labiale inferius	0.737704918	0.8852459016	0.9180327869	1	1.363842665
Alt dudağın üst sınırı	0.8196721311	0.9016393443	0.9672131148	1	1.230656372
Menton	0.6721311475	0.8032786885	0.9344262295	1	1.61954803
Subnasale	0.9016393443	0.9344262295	0.9508196721	1	1.066672439
Nasion	0.6721311475	0.737704918	0.8852459016	0.9344262295	1.83437763
Pogonion	0.6721311475	0.7704918033	0.9180327869	0.9836065574	1.693032116
Pronasale	0.7868852459	0.9344262295	0.9836065574	1	1.36331606
Sağ üst keser diş noktası	0.9016393443	0.9508196721	1	1	1.127040161
Yumuşak Doku B Noktası	0.7704918033	0.9344262295	0.9508196721	0.9836065574	1.303621576
Christa philtri sol	0.9180327869	0.9836065574	1	1	1.063605011
Christa philtri sağ	0.8196721311	0.868852459	0.9344262295	0.9836065574	1.353996075
Üst dudağın alt sınırı	0.9180327869	0.9836065574	1	1	1.024135194

Tablo 4.2. Cephe yüz gülümseme nokta tespiti için MRE değerleri

Nokta	MRE(Mean Radial Error)(mm)
Alare sol	1.240742261
Alare sağ	1.091552257
Chelion sol	1.173767982
Chelion sağ	1.143938137
Labiale superius	1.028241751
Labiale Inferius	1.363842665
Alt dudağın üst sınırı	1.230656372
Menton	1.61954803
Subnasale	1.066672439
Nasion	1.83437763
Pogonion	1.693032116
Pronasale	1.36331606
Sağ üst keser diş kesici kenarı	1.127040161
Yumuşak doku B noktası	1.303621576
Christa philtri sol	1.063605011
Christa philtri sağ	1.353996075
Üst dudağın alt sınırı	1.024135194



Şekil 4.1. Cephe yüz gülümseme nokta tespiti için SDR değerleri



Şekil 4.2. Cephe yüz gülümseme nokta tespitinin MRE değerleri

Test sonucu görüntülerinin değerlendirilme sonuçları Şekil 4.3. ve Şekil 4.4. de karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.



Şekil 4.3. Test sonucu görüntülerinin değerlendirilmesi-1 (Kırmızı noktalar uzman ortodontistin işaretlediği, yeşil noktalar yapay zeka uygulamasının işaretlediği noktalar)



Şekil 4.4. Test sonucu görüntülerinin değerlendirilmesi-2 (Kırmızı noktalar uzman ortodontistin işaretlediği, yeşil noktalar yapay zeka uygulamasının işaretlediği noktalar)

5. TARTIŞMA

Yüz estetiği, hem hastalarımız hem de ortodontistler için değerli bir faktördür ve bireyler ve sosyal iletişimin önemli belirleyicisidir.²⁶ Sosyal iletişimde çoğunlukla ilgi karşıdaki bireyin direk ağız ve göz alanlarına doğru yoğunlaşır. Gülümseme görünen yüzün önemli bir elemanıdır¹³⁷ ve gülümseme ile alakalı estetik endişeler hastaların önemli ortodontik tedavi görme sebeplerindendir.¹⁰ Bundan dolayı yumuşak dokular ve dişler arasındaki uyumu oluşturmak için estetik bir gülümsemeye varmak ortodontik tedavinin temel hedeflerinden biri olmalıdır.²

Ortodontik tedavinin estetik neticelerini artırmaya amaçlayan birçok estetik paradigma sunulmuştur.¹³⁸ Modern ortodontik tedavinin hedefi ideal okluzyonu sağlamak sebepli temel alınan Angle sınıflamalarından yumuşak doku odaklı görüşü benimseyen estetiğe doğru evrildiği düşünülmektedir.^{8,30} İlk başlarda ilgiler genellikle lateral yumuşak doku profili olurken son zamanlarda ilgi cephe yüz analizine doğru geçmektedir.¹³⁹ İdeal okluzyon, mutlaka ortodontistin temel fonksiyonel hedefi olmalıdır ancak estetik hedef de hasta memnuniyeti için olmazsa olmazdır. Hastaların estetik dişhekimliği ile alakalı artan beklentileri nedeniyle dentofasial estetiği oluşturmaya yönelik planlamalar, fonksiyon ve gülümseme ile ilgili yeterlilik elde edildiğinde oluşturulabilir.⁷¹ Hekimler, gülümsemeyi oluşturan yapıtaşlarını araştırmalı ve bunları tedavi, tedavi planlaması ve teşhis mekaniklerinin seçiminde kullanmalıdır.¹⁴⁰

Fotoğrafçılık, ağız ve yüz çevresini kaydetmek ve tedavi öncesi diş konumlarını analiz etmek için ideal bir yöntemdir. Ağız dışı fotoğraflar, klinisyen için sağlığı, fonksiyonu ve estetiği ideal konuma getirmek için kesin bir tanı ve tedavi seçeneğine ulaşmada mükemmel bir kaynak sağlar. Bir hastanın yüzünün klinik fotoğrafik dokümantasyonu, bir hastanın ortodontik tedavisinde muayene, teşhis ve tedavi

planlamasında büyük katkı sağlar. Yüz ölçümlerine yardımcı olan klinik fotoğraflar, hastanın ortodontik ihtiyaçlarının değerlendirilmesinde değerli bir bilgi kaynağıdır.^{141,142}

Ağız dışı fotoğraflarla elde edilen tüm yüz ölçümleri içerisinde ortodontistler genellikle alt yüz yüksekliğini,¹⁴³ yüz dikey boyutunu,¹⁴⁴ yumuşak doku oranlarını kullanırlar. Yüz estetiğinin değerlendirilmesi ve yüz gülümsemesinin harmonisinin sağlanması klinisyenler ve hastalar için önemli hedeflerdendir.

Uzun yıllardan beridir, yüz estetiğini değerlendirmek için anatomik noktalar arasındaki mesafeleri ölçmek ve oranlamak için çeşitli ölçüm aletleri kullanılmıştır.¹⁴⁵ Daha yakın zamanlarda, yüz analizlerini yapmak için dijital görüntülemeler ve fotoğraf ölçümleri kullanılmaktadır.¹⁴⁶ Üç boyutlu yaklaşımlar da literatürde bildirilmiştir.¹⁴⁷

Hastalarımızın tedavi sürecinde, hastanın çiğneme fonksiyonunun iyileştirilmesinin yanı sıra estetik gülüşün sağlanması önemlidir.¹⁴⁸ Bunun için sadece hastanın mevcut dişlerinin şekli, dizilişi ve rengi hakkında bilgi edinmek değil, aynı zamanda diş diziliminin yüz ve çene kemiğinin anatomik landmarklarla uyumlu olup olmadığını ağız dışı fotoğraflar kullanarak anlamak da önemlidir.^{149,150} Bu işlem, klinisyenin tecrübesi ve çeşitli ölçüm araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.¹⁵¹ Bu değerlendirmeler, klinisyenlerin deneyimlerine, estetik muhakeme konusundaki eğitimlerine bağlı olarak büyük ölçüde değişir. Ancak hastanın yüzü ile estetik uyumunu tam olarak anlamak zordur.

İskeletsel ve dentoalveolar anomalilerin neden olduğu sert ve yumuşak doku asimetritlerinin düzeltilmesi ortodontik ve ortopedik tedavilerin başlıca amaçlarından biridir. Yüz orantılarını bozan ve asimetriye sebep olan faktörlerin lokalizasyonunun ve şiddetinin belirlenmesi kişiye özel tedavi planlarının oluşturulmasında önemlidir.^{152,153} Tanısal bir muayenede, iskelet asimetri değerlendirmeleri ile yumuşak doku analizi sonuçları arasında farklılıklar olabilir ve bu da hastanın tedavi ihtiyacında farklılıklara

yol açmaktadır.^{154,155} Bu nedenle yumuşak doku incelemelerinde farklı yöntem ve araçların kullanılması yüz simetrisi teşhisinde esastır.^{155,156}

Araştırmacılar bu tür sübjektif değerlendirmelerde farklı sonuçlar ortaya koymuş olsalar da yüzün cephe fotoğraflarından asimetri şiddetinin genel bir puanlamasını veya sınıflandırmasını yapmak mümkündür.^{157,158} Bu şekilde asimetriyi değerlendirmek için kullanılan sistemlere erişim her klinikte mümkün olmamakla birlikte, üç boyutlu fotoğraflar üzerinde oluşturulan simetri düzlemi daha objektif veriler verebilmektedir.^{156,159} Dolayısıyla iki boyutlu cephe yüz fotoğraflarına dayalı asimetri değerlendirmeleri halen dikey orta hattın referans olarak alınarak doğru ölçümlerin elde edilmesinde önemli rol oynadığı rutin klinik bir uygulamadır.

Son zamanlarda, bir hastanın yüzünün ve dişlerinin fotoğraflarını çeken ve bunları gülüş tasarımı için kullanan dijital gülümseme tasarımı teknolojisi sıkça kullanılmaktadır.^{160,161} Çeşitli ilgili teknolojiler ve yazılımlar geliştirilmiştir ve bunlar klinik uygulamada son derece faydalı olmuştur.^{160,161} Ancak iki boyutlu gülümseme değerlendirilmesi, hastayı hareketsiz halde çekilmiş tek bir fotoğrafla değerlendirmek zorunda olması ve hastanın profilinin çeşitli açılardan izlenememesi gibi bir kısıtlılığa sahiptir.¹⁶² Ayrıca fotoğraflanan gülüş bir klinisyen tarafından yönlendirildiği için hastanın doğal gülümsemesi olmayabilir ve ideal hali fotoğraflamak zordur.^{161,163} Bir hastanın gülümsemesi tam olarak tekrarlanabilir değildir; ayrıca gülümseme derecesi çok çeşitli olabileceğinden, bir hastanın sahip olabileceği dişler, diş eti görünmesi ve gülümseme özelliklerinin ayrıntılı olarak kavranması mümkün olmayabilir. Yüz tarama verilerini kullanan üç boyutlu dijital gülümseme tasarımı teknolojileri, çeşitli yönlerden hasta kayıtlarını alabilir; ancak yalnızca bir hareketsiz görüntü kaydedilir.^{160,161,164} Kaydedilen fotoğrafların analizi yazılım kullanılarak yapılsa da manuel bir işlem olduğu için analiz için ek zaman ve enerji gerektirmektedir.

Yüz ölçümleri, yüzdeki yumuşak dokuları ve ona karşılık gelen sert dokularla ilişkilendirmeye yardımcı olur. Yüz yapılarında orantısızlık yaratan varyasyonlar bulunması mümkündür. Genellikle manuel olarak kaydedilen yüz ölçümleri verimsiz bir yöntemdir çünkü anatomik noktalar hatalı bir şekilde yerleştirilebilir ve bu da yanlış ölçümlere yol açabilir. Değişen yüz ifadeleri ve başın hareketi, manuel ölçümler için zorluklar yaratır. Süreç hem klinisyen hem de hasta için sıkıcı olabilir. Bu dezavantajlar, yeni bir makine öğrenimi algoritması kullanarak yüzdeki landmark işaretlemelerini kaydetmek için etkili bir aracın geliştirilmesini gerektirmektedir. Yeni geliştirilen bu algoritmalar, hastaların iki boyutlu görüntüleri üzerinde yüzdeki anatomik işaretlemeleri otomatik olarak gerçekleştirebilir.

Yapay zeka, gerçekleştirilmesini istediğimiz sorumlulukları, makine ve teknoloji desteğiyle yerine getirilmesinin çoğulcu bir ifadesidir.¹⁶⁵ Bireylerin bilişsel sürecine benzer hareket ederek aynı neticeye çok daha kısa zamanda ulaşabilmektedir.¹⁶⁶ Sağlık alanında yapay zeka uygulamaları sanal ve fiziki uygulamalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Yapay zekanın fiziksel uygulamaları kimi zaman çalışması hayret verici robotlar ve robotik kolları olarak ifade etmektedir.¹⁶⁷ Sanal ortamdaki uygulamalarsa, pratik karar oluşturma aşamalarını destekleyen yazılım tipi çalışmaları temsil etmektedir.¹⁶⁶

Makine öğrenimi algoritmaları tıp alanında önemli uygulama alanları bulmuştur¹⁶⁸ ve yapay zekadaki son gelişmeler, görüntü işleme ve görüntülerin etkili bir biçimde işlenmesi için yeni fırsatlar sunmaktadır.¹⁶⁹ Bilgisayar teknolojileriyle, son yıllarda çok dikkat çeken makine öğrenimi adından söz ettirmiştir.¹⁷⁰ Görüntü işleme ve analiz etmede, derin evrişimli sinir ağlarının ortaya çıkmasıyla tahmin edildiği gibi çarpıcı gelişmeler olmuştur.¹⁷¹ Derin evrişimli sinir ağları artık görüntü işleme için geleneksel yöntemleri geride bırakmıştır.¹⁷²

Özellikle evrişimli sinir ağı, tıbbi görüntülerin veya fotoğrafların öğrenilmesi yoluyla meme kanseri, cilt hastalıkları ve diyabetik retinopatiyi tespit etmede mükemmel

bir başarı göstermektedir.¹⁷³⁻¹⁷⁵ Yapay zeka diş hekimliği ve ortodonti uygulamaları çoğunlukla fiziki olmamaktadır. Risk faktörlerini oluşturmak, lezyonlar ile anormal yapıları tespit etmek, ileriye dönük neticeleri teşvik etmek ve değerlendirmek sebebiyle yapay zeka algoritmalarından yararlanılmaktadır.¹⁶⁶

Ortodontide, sert doku değerlendirmesinde kullanılan lateral sefalogramlar üzerinde makine öğrenimi ve derin öğrenme teknikleri kullanılarak, anatomik nokta lokalizasyonu ve analizi otomatik olarak gerçekleştirilebilir.^{176,177} Benzer şekilde, kişiden kişiye değişen estetik değerlendirmelerindeki farklılıkları önlemek için de makine öğreniminin kullanılabilineceğine inanılmaktadır.

Geliştirilen sistemler, yüz işaretlemeleri için derin öğrenme algoritmasını kullanırlar.¹⁷⁸ Yer işaretleri belirlendikten sonra, sistem yer işaretlerini otomatik olarak algılar ve böylece yüz yapılarının gerekli ölçümlerini anında sağlar. Bu sistemler, klinisyen için bir eğitim ve teşhis aracı olmaktadır. Ayrıca akıllı otomatik sistem, ortodontik eğitim ve simülasyon için çok etkili, güvenilir ve zamandan tasarruf sağlayan bir araç olabilir.

Yüz analizlerinde makine öğrenimi, yüzlerin otomatik nokta işaretlemesi için etkili bir yöntem sunmaktadır.¹⁷⁹ Derin evrişimli sinir ağları kullanılan yüz noktalarının işaretlenmesine yönelik derin öğrenme yaklaşımları literatürdeki bazı çalışmalarda denenmiştir.¹⁸⁰

Yüz landmarkları, adli ve fiziksel antropoloji, ortodontik ve çene-yüz tedavi planlaması, kozmetik ve rekonstrüktif cerrahilerden, oyun ve animasyon için modellemeye kadar değişen çeşitli uygulamalara sahiptir. Yüzdeki yer işareti tanımlaması için iki boyutlu fotoğraflar sınırlı sayıda çalışmada kullanılmıştır. Daha önceki bir çalışmada, 4 kameralı VECTRA-3D stereofotogrametri kullanılarak üç boyutlu yüz görüntüleri kullanılmıştır.¹⁸¹ Çalışmanın dezavantajı, kamera kurulumunun yapılması ve sürdürülmesinde zorluk oluşturan birden çok kameranın kullanılmasıdır. Her görüntünün

oluşturulması, klinisyen için değerli zaman harcayan 4 kameralı bir kurulum gerektirecektir. Başka bir çalışma, fotoğraflarda yüz işaretlerinin değerlendirmesi hakkında manuel işaretlemeyle çalışmalar yapmıştır.¹⁸² Çalışma, belirli yüz noktaları ve bunların kesin konumu belirlemedeki başarı hakkında bazı ilginç sonuçlara sahiptir.

Çalışmamızda cephe yüz gülümseme görüntülerinde tespit için geliştirilen derin öğrenme tabanlı yapay zeka modellerinin başarıları değerlendirilmiştir.

Rousseau ve ark.¹⁸³ makine öğrenmesinin yüz analizi ve vertikal yükseklik değerlerindeki etkinliğini ve başarısını değerlendirdikleri çalışmalarında 45 hastanın otomatik yüz analizini dikey boyut için kullanmışlardır. Hastalar özellikle 15 ve 25 yaş arası seçilmiştir. Python programı kullanılarak hastaların yüzleri tespit edilip dikey boyutları hesaplanmıştır. Daha sonra manuel olarak yapılan değerlendirmelerle kıyaslanmıştır. Makine öğrenmesinin manuel metoda göre daha fazla güvenilir ve yumuşak doku ölçümleri için geçerli bir alternatif olarak değerlendirmişlerdir.

Lee ve ark.¹⁸⁴ iki boyutlu dijital gülüş tasarımı için diş, diş eti ve yüz landmarklarının otomatik segmentasyonunun hassasiyetini değerlendirmiştir. NVIDIA firmasının internet üzerinde paylaştığı Flickr-Faces-HQ datalarıyla 3300 insan yüz görüntüsünü YOLACT++ derin öğrenme yöntemiyle kullanmışlardır. Çeşitli gülümseme bileşenleri olan göz, kaş, diş eti ve burun gibi yapıları değerlendirmişlerdir. Diş hekimliği için önemli olan bukkal koridor ve diş eti gibi yapılardaki tahmini düşük olsa da yanlış sonuçlar vermemiş olduğunu tespit etmişlerdir.

Yurdakurban ve ark.¹⁸⁵ yüz orta hattının belirlenmesi ve asimetri değerlendirmesindeki geleneksel yöntemlerle makine öğrenimi yaklaşımı arasındaki uyumu incelemek için yaptıkları çalışmada 90 hastanın yüz fotoğraflarında anatomik landmarkları işaretleyerek Emotrics (Massachusetts, ABD) yazılımının otomatik işaretlemesiyle kıyaslamıştır. Otomatik işaretlemenin klinisyene manuel yöntemlerle birlikte kullanıldığında yardımcı olma potansiyelinin olduğunu savunmuşlardır.

Rao ve ark.¹⁸⁶ derin öğrenmenin iki boyutlu görüntülerdeki yüz landmarklarını tespitini ve bunun klinik uygulamalara etkisini araştırmışlardır. Toplamda 22 hastanın yüz fotoğrafları YOLO derin öğrenme algoritması ile incelenmiştir. Cephe fotoğraflarında 19 tane landmark tespit edilmiştir. Çalışmalarında yüz tespiti başarılı bir şekilde gerçekleşmiş. 0-1 mm aralığında %21,81, 2-3 mm aralığında %34,09, 4-5 mm aralığında %41,81 hata oranında ölçüm sağladı. Bunu 6 mm aralığında %2,2 ölçüm hatasıyla izlemektedir.

Çalışmamıza tek bir fotoğraf makinesinden elde edilen standardize edilmemiş 1000 adet cephe yüz gülümseme görüntüsü dahil edilirken görüntü kalitesi kötü olan ve yapay zekanın işaretlemesini etkileyebilecek seviyede kaliteli olmayan görüntüler ile kraniofasiyal sendrom, dudak-damak yarığı, kraniofasiyal bölge kemik hastalıkları olan hastaların görüntüleri çalışma kapsamına alınmamıştır. Çalışmamızın sınırlamaları aynı makine kullanılarak çekilen ve aynı zamanda dar popülasyonun bulunduğu görüntülerin olmasıdır. Çalışmamızda herhangi bir yaş aralığı kısıtlaması da konulmamıştır. Bunlarla birlikte çalışmamızda sadece cephe görüntüleri üzerinde etiketleme yapılmıştır. Profil ve diğer açılardan görüntü değerlendirilmesi yapılmamıştır. Sadece cephe görüntüleri üzerinde etiketleme yapılmasının sebebi gülümsemenin en çok değerlendirildiği ağız dışı fotoğraf seçeneği olmasıdır. Gelecek çalışmalarla tüm fotoğraf çeşitleri ve yakın gelecekte videolar üzerinde yapılan etiketlemelerle, farklı açılar üzerinden eğitilmiş yapay zeka modellerinin geliştirilmesi ile klinik kullanımda daha yüksek tanısal değerlendirme kapasitesine sahip yapay zeka modellerinin elde edilmesini sağlayabilir.

Çalışmamızda hastaların gülümseme derecelerinin farklı olması ve bireysel farklılıklar nedeniyle bazı noktalardaki eğitilen model üzerinde başarısının diğer noktalara göre daha düşük olduğu düşünülmektedir. Bunlara ek olarak, yapay zeka destekli anatomik nokta çalışmaları yapmak yapay zekanın landmarkları başarılı şekilde ayırt etmesinde ve fayda sağlayabilir. Ancak tüm sınırlamalar dahilinde çalışmamız umut

verici sonuçlar elde etmiştir. Farklı cihazlardan, farklı çekim açıları ile elde edilen görüntülerin kullanılması, veri setinin genişletilip daha fazla görüntüyle algoritmaların eğitilmesi, farklı durumlar için geliştirilen modellerdeki veri seti sayılarının eşit dağılımı yapay zekanın daha etkili sonuçlar vermesini sağlayabilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Cephe yüz gülümseme görüntüleri kullanılarak derin öğrenme yöntemiyle geliştirilmiş yapay zeka algoritmalarının kullanılarak yüz landmarklarının tespitinin incelendiği bu çalışmada şu sonuçlar elde edilmiştir:

Geliştirdiğimiz yapay zeka algoritmalarının, cephe görüntülerinden elde ettiğimiz gülümseme kayıtları üzerinde etiketlenen noktaların tespit sonuçları umut vericidir. Çalışmada eğitilen yapay zeka modelinde SDR oranı 2 mm' lik aralıkta, işaretlenen toplam 17 noktada 6 nokta haricinde %80 üzerinde değerler göstermiştir.

Elde edilen sonuçlar yapay zeka destekli sistemlerin, klinik rutininde hekimlere zaman kazandıracak bir karar destek mekanizması işlevi görme potansiyeline sahip olabileceğini göstermektedir.

Veri setine dâhil etmediğimiz hasta grupları çalışmamızın limitasyonlarından biridir. İlerleyen dönemlerde yapılacak olan çalışmalarda çalışmaya dâhil etme kriterleri genişletilerek daha geniş bir popülasyon üzerinde çalışılarak, klinik uygulama açısından daha yararlı yapay zeka algoritmaları elde edilmesi sağlanabilir.

Gelecek çalışmalarda farklı açılardan elde edilen, farklı çözünürlüklere sahip ve farklı çekim parametreleri ile elde edilmiş görüntülerin kullanılması klinik kullanım açısından daha geçerli yapay zeka modellerinin elde edilmesini sağlayacaktır. Yapay zeka modellerinin başarısının daha iyi tespit edilebilmesi için veri sayısının daha fazla olduğu çalışmalar yapılmalıdır.

Ortodontik tanı ve tedavi planlaması, hastanın genel durumu, yüz görünümü ve iskelet oryantasyonu gibi çeşitli faktörleri dikkate alınır. Derin bir öğrenme modeli,

kökensel bazı sınırlamaları nedeniyle uzmanların kritik karar verme yeteneğinden yoksun olabilir ve bu nedenle onu teşhis alanlarında yardımcı olduğu bir hale getirir. Bununla birlikte, veri kalitesi ve miktarındaki iyileştirmelerle bir tanı sisteminin sürekli geliştirilmesiyle, yapay zekanın yakın gelecekte ortodonti klinik uygulamalarına daha verimli yardım sağlayacağına inanıyoruz.



KAYNAKLAR

1. Enacar A ÖM, Kocadereli İ, Şençift Y, Haydar B. Ortognatik Cerrahi Uygulanmış Mandibuler Prognati Olgularında Profil Estetiğinin “Altın Oran” Yönünden Değerlendirilmesi. Türk Ortodonti Derg 1993;6(2):29-38.
2. Peck H, Peck S. A concept of facial esthetics. Angle Orthod 1970;40(1): 284-318.
3. Peck S, Peck H. The aesthetically pleasing face: an orthodontic myth. Trans Eur Orthod Soc 1971;7(5):175-84.
4. Uzel I, Enacar A. Ortodontide Sefalometri. Enacar A. editör. Ortodontide Sefalometri. 2. Baskı. Adana: Cukurova Üniversitesi Basımevi; 2000. p.140.
5. Ricketts RM. The biological significance of the divine proportion and Fibonacci series. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1974;66(2): 645-64.
6. Shaw WC, Rees G, Dawe M, Charles CR. The influence of dentofacial appearance on the social attractiveness of young adults. Am J Orthod 1985;87(8): 21-6.
7. Peck S, Peck L. Selected aspects of the art and science of facial esthetics. Semin Orthod 1995;1(2): 105-26.
8. Sarver DM, Ackerman MB. Dynamic smile visualization and quantification: Part 2. Smile analysis and treatment strategies. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;124(5):116-27.
9. Tarantili VV, Halazonetis DJ, Spyropoulos MN. The spontaneous smile in dynamic motion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;128(6):8-15.
10. Havens DC, McNamara JA, Jr., Sigler LM, Baccetti T. The role of the posed smile in overall facial esthetics. Angle Orthod 2010;80(4): 322-8.

11. Isiksal E, Hazar S, Akyalcin S. Smile esthetics: perception and comparison of treated and untreated smiles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129(7): 8-16.
12. Loi H, Kang S, Shimomura T, Kim SS, Park SB, et al. Effects of buccal corridors on smile esthetics in Japanese and Korean orthodontists and orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142(9):459-65.
13. Chang CA, Fields HW, Jr., Beck FM, Springer NC, Firestone AR. Smile esthetics from patients' perspectives for faces of varying attractiveness. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140(8): 171-80.
14. Langlois JH, Kalakanis L, Rubenstein AJ, Larson A, Hallam M, et al. Maxims or myths of beauty? A meta-analytic and theoretical review. *Psychol Bull.* 2000;126(2):390-423.
15. Kiyak HA. Does orthodontic treatment affect patients' quality of life? *J Dent Educ* 2008;72(1):886-94.
16. Janson G, Branco NC, Fernandes TM, Sathler R, Garib D, et al. Influence of orthodontic treatment, midline position, buccal corridor and smile arc on smile attractiveness. *Angle Orthod* 2011;81(2):153-61.
17. Johnson DK, Smith RJ. Smile esthetics after orthodontic treatment with and without extraction of four first premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108(4):162-7.
18. Gracco A, Cozzani M, D'Elia L, Manfrini M, Peverada C. The smile buccal corridors: aesthetic value for dentists and laypersons. *Prog Orthod* 2006;7(6):56-65.
19. Gul E, Fida M. Changes in smile parameters as perceived by orthodontists, dentists, artists, and laypeople. *World J Orthod* 2008;9(2):132-140.

20. Allen Jr B, Seltzer SE, Langlotz CP, Dreyer KP, Summers RM, Petrick N, Marinac- Dabic D, Cruz M, Alkasab TK, Hanisch RJ. A road map for translational research on artificial intelligence in medical imaging: from the 2018 National Institutes of Health/RSNA/ACR/The Academy Workshop. *J Am Coll Radiol*. 2019;16(9):1179-89.
21. Sen D, Chakrabarti R, Chatterjee S, Grewal D, Manrai K. Artificial intelligence and the radiologist: the future in the Armed Forces Medical Services. *BMJ Mil Health*. 2020;166(4):254-6.
22. Pesapane F, Codari M, Sardanelli F. Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. *Eur Radiol Exp*. 2018;2(1):1-10.
23. Neri E, de Souza N, Brady A, Bayarri A, Becker C, Coppola F, Visser J. What the radiologist should know about artificial intelligence-an ESR white paper. *Insights Imaging*. 2019;10(2):1-8.
24. Sharma PK, Sharma P. Dental Smile Esthetics: The Assessment and Creation of the Ideal Smile. *Semin Orthod* 2012;18(6):193-200.
25. Ruel-Kellerman M. Ponvoir sourire. *Dent Hebdo* 1987;108.
26. Shaw WC. The influence of children's dentofacial appearance on their social attractiveness as judged by peers and lay adults. *Am J Orthod* 1981;79(2):399-415.
27. Shaw WC, Richmond S, Kenealy PM, Kingdon A, Worthington H. A 20- year cohort study of health gain from orthodontic treatment: psychological outcome. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132(5):146-57.
28. Sabri R. The eight components of a balanced smile. *J Clin Orthod* 2005;39(3):155- 67.

29. Rigsbee OH, Sperry TP, BeGole EA. The influence of facial animation on smile characteristics. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1988;3(7):233-9.
30. Sarver DM, Ackerman MB. Dynamic smile visualization and quantification: part 1. Evolution of the concept and dynamic records for smile capture. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124(1):4-12.
31. Ackerman JL, Ackerman MB, Brensinger CM, Landis JR. A morphometric analysis of the posed smile. *Clin Orthod Res* 1998;1(9): 2-11.
32. Walder JF, Freeman K, Lipp MJ, Nicolay OF, Cisneros GJ. Photographic and videographic assessment of the smile: objective and subjective evaluations of posed and spontaneous smiles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144(2):793-801.
33. Sarver DM. The importance of incisor positioning in the esthetic smile: the smile arc. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120(8):98-111.
34. Krishnan V, Daniel ST, Lazar D, Asok A. Characterization of posed smile by using visual analog scale, smile arc, buccal corridor measures, and modified smile index. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133(1):515-23.
35. Van der Geld PA, Oosterveld P, van Waas MA, Kuijpers-Jagtman AM. Digital videographic measurement of tooth display and lip position in smiling and speech: reliability and clinical application. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131(4):301-8.
36. Ioi H, Nakata S, Counts AL. Effects of buccal corridors on smile esthetics in Japanese. *Angle Orthod* 2009;79(7):628-33.
37. Lombardi RE. The principles of visual perception and their clinical application to denture esthetics. *J Prosthet Dent* 1973;29(7):358-82.
38. Ackerman MB, Ackerman JL. Smile analysis and design in the digital era. *J Clin Orthod* 2002;36(2):221-36.

39. Moore T, Southard KA, Casco JS, Qian F, Southard TE. Buccal corridors and smile esthetics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127(6):208-13.
40. Grummons D. Maxillary asymmetry and frontal analysis. *Clinical impressions* 1999;8(3):2-9.
41. Sharma PK, Sharma P. Dental Smile Esthetics: The Assessment and Creation of the Ideal Smile. *Semin Orthod* 2012;18(6):193-200.
42. Ritter DE, Gandini LG, Pinto Ados S, Locks A. Esthetic influence of negative space in the buccal corridor during smiling. *Angle Orthod* 2006;76(7):198-203.
43. Martin AJ, Buschang PH, Boley JC, Taylor RW, McKinney TW. The impact of buccal corridors on smile attractiveness. *Eur J Orthod* 2007;29(5):530-37.
44. Schabel BJ, Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. Clinical photography vs digital video clips for the assessment of smile esthetics. *Angle Orthod* 2010;80(6): 490-496.
45. Thomas JL, Hayes C, Zawaideh S. The effect of axial midline angulation on dental esthetics. *Angle Orthod* 2003;73(8):359-64.
46. McNamara L, McNamara JA, Jr., Ackerman MB, Baccetti T. Hard- and soft-tissue contributions to the esthetics of the posed smile in growing patients seeking orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133(9):491-9.
47. Maulik C, Nanda R. Dynamic smile analysis in young adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132(1):307-15.
48. Desai S, Upadhyay M, Nanda R. Dynamic smile analysis: changes with age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136(1):310.

49. Maganzini AL, Schroetter SB, Freeman K. Improvement in smile esthetics following orthodontic treatment: a retrospective study utilizing standardized smile analysis. *Angle Orthod* 2014;84(5):492-9.
50. Tosun Y. Sabit Ortodontik Mekaniklerin Biyomekanik Prensipleri. Tosun Y, editör. Sabit Ortodontik Mekaniklerin Biyomekanik Prensipleri. 1. Baskı. İzmir:Ege Üniversitesi Basımevi;1999. p.24-6.
51. Graber TM, Vanarsdall RL. *Orthodontics Current Principles and Techniques*. 2nd ed. St Louis, Missouri; Mosby. 2000. p.145-210.
52. Schabel BJ, Franchi L, Baccetti T, McNamara J, Jr. Subjective vs objective evaluations of smile esthetics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135(6):72-9.
53. Tjan AH, Miller GD, The JG. Some esthetic factors in a smile. *J Prosthet Dent* 1984;51(2):24-8.
54. Hulsey CM. An esthetic evaluation of lip-teeth relationships present in the smile. *Am J Orthod* 1970;57(6):132-44.
55. Singh B, Ahluwalia R, Verma D, Grewal SB, Goel R, et al. Perioral age- related changes in smile dynamics along the vertical plane: a videographic cross-sectional study. *Angle Orthod* 2013;83(5):468-75.
56. Bhuvaneswaran M. Principles of smile design. *J Conserv Dent* 2010;13(5):225-32.
57. Morley J, Eubank J. Macroesthetic elements of smile design. *J Am Dent Assoc* 2001;132(6):39-45.
58. Springer NC, Chang C, Fields HW, Beck FM, Firestone AR, et al. Smile esthetics from the layperson's perspective. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139(8):91-101.
59. Allen EP. Use of mucogingival surgical procedures to enhance esthetics.

- Dent Clin North Am 1988;32(7):307-30.
60. McLeod C, Fields HW, Hechter F, Wiltshire W, Rody W, Jr. Esthetics and smile characteristics evaluated by laypersons. *Angle Orthod* 2011;81(5):198-205.
 61. Johnston CD, Burden DJ, Stevenson MR. The influence of dental to facial midline discrepancies on dental attractiveness ratings. *Eur J Orthod* 1999;21(6):517-22.
 62. Miller EL, Bodden WR, Jr., Jamison HC. A study of the relationship of the dental midline to the facial median line. *J Prosthet Dent* 1979;41(1):657-60.
 63. Sharma PK, Sharma P. Dental Smile Esthetics: The Assessment and Creation of the Ideal Smile. *Semin Orthod* 2012;18(2):193-201.
 64. Dong JK, Jin TH, Cho HW, Oh SC. The esthetics of the smile: a review of some recent studies. *Int J Prosthodont* 1999;12(2):9-19.
 65. Pinho S, Ciriaco C, Faber J, Lenza MA. Impact of dental asymmetries on the perception of smile esthetics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132(1):748-53.
 66. Van der Geld P, Oosterveld P, Kuijpers-Jagtman AM. Age-related changes of the dental aesthetic zone at rest and during spontaneous smiling and speech. *Eur J Orthod* 2008;30(2):366-73.
 67. Yang IH, Nahm DS, Baek SH. Which hard and soft tissue factors relate with the amount of buccal corridor space during smiling? *Angle Orthod* 2008;78(1):5-11.
 68. Fenske NA, Lober CW. Structural and functional changes of normal aging skin. *J Am Acad Dermatol* 1986;15(2):571-85.
 69. Sveikata K, Balciuniene I, Tutkuvienė J. Factors influencing face aging. Literature review. *Stomatologija* 2011;13(4):113-6.

70. Pecora NG, Baccetti T, McNamara JA, Jr. The aging craniofacial complex: a longitudinal cephalometric study from late adolescence to late adulthood. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134(1):496-505.
71. Chetan P, Tandon P, Singh GK, Nagar A, Prasad V, et al. Dynamics of a smile in different age groups. *Angle Orthod* 2013;83(2):90-6.
72. Parekh S, Fields HW, Beck FM, Rosenstiel SF. The acceptability of variations in smile arc and buccal corridor space. *Orthod Craniofac Res* 2007;10(1):15-21.
73. Kim E, Gianelly AA. Extraction vs nonextraction: arch widths and smile esthetics. *Angle Orthod* 2003;73(1):354-8.
74. Eidson L, Cevidanes LH, de Paula LK, Hershey HG, Welch G, et al. Three-dimensional evaluation of changes in lip position from before to after orthodontic appliance removal. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142(1):410-8.
75. Mack MR. Perspective of facial esthetics in dental treatment planning. *J Prosthet Dent* 1996;75(1):169-76.
76. Van der Geld P, Oosterveld P, Schols J, Kuijpers-Jagtman AM. Smile line assessment comparing quantitative measurement and visual estimation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139(2):174-80.
77. Uzun T. Yapay Zeka Ve Sağlık Uygulamaları. *J Bus Gov.* 2020;3(1):80-92.
78. Turing IBA. Computing machinery and intelligence-AM Turing Mind. 1950;59(23):433.
79. Ricketts RM. The golden divider. *Journal of clinical orthodontics: JCO* 1981;15(11):752-9.
80. Moor J. The Dartmouth College artificial intelligence conference: The next fifty years. *AI MAG.* 2006;27(4):87.

81. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, Sarode SC, Bhandi S. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry—A systematic review. *J Dent Sci.* 2020;16(1):508-22.
82. Samuel AL. Some studies in machine learning using the game of checkers. II—Recent progress. *IBM J Res Dev* 1967;11(6):601-17.
83. Nichols JA, Chan HWH, Baker MA. Machine learning: applications of artificial intelligence to imaging and diagnosis. *Biophys Rev.* 2019;11(1):111-8.
84. Neri E, de Souza N, Brady A, Bayarri Aa, Becker Cd, Coppola F, Visser J. What the radiologist should know about artificial intelligence—an ESR white paper. *Insights Imaging.* 2019;101-8.
85. Şeker A, Diri B, Balık HH. Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. *GMBD.* 2017;3(3):47-64.
86. Brothie P. Machine learning in radiology. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2019;63(1):25-6.
87. Lee J-G, Jun S, Cho Y-W, Lee H, Kim GB, Seo JB, Kim N. Deep learning in medical imaging: general overview. *Korean J Radiol.* 2017;18(4):570.
88. Murphy KP. Machine learning: a probabilistic perspective. MIT press; 2012. p. 1- 16.
89. Hwang J-J, Jung Y-H, Cho B-H, Heo M-S. An overview of deep learning in the field of dentistry. *Imaging Sci Dent.* 2019;49(1):1-7
90. Başaran E. Timpanik Membran Görüntü Analizi Ve Yapay Zeka Kullanılarak Sanal Otitis Media Tanı Sisteminin Geliştirilmesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Karabük: Karabük Üniversitesi, 2020.

91. Özkan İ, Ülker E. Derin öğrenme ve görüntü analizinde kullanılan derin öğrenme modelleri. GBAD. 2017;6(3):85-104.
92. Gülcü A, Zeki K. Konvolüsyonel sinir ağlarında hiper-parametre optimizasyonu yöntemlerinin incelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji 2019;7(2):503-22.
93. ZahediNasab R, Mohseni H. Neuroevolutionary based convolutional neural network with adaptive activation functions. Neurocomputing 2020;2(3):306-13.
94. Toğaçar M, Ergen B. Biyomedikal Görüntülerde Derin Öğrenme ile Mevcut Yöntemlerin Kıyaslanması. FÜMBD. 2019;31(1):109-21.
95. Jia Y, Shelhamer E, Donahue J, Karayev S, Long J, Girshick R, Guadarrama S, Darrell T. Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding, Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia, 2014. P. 675-678.
96. Minaee S, Boykov YY, Porikli F, Plaza AJ, Kehtarnavaz N, Terzopoulos D. Image segmentation using deep learning: A survey. IEEE TPAMI. 2021.p. 2-12.
97. Yaji A, Prasad S, Pai A. Artificial intelligence in dento-maxillofacial radiology. Acta sci dent sci. 2019;3(1):116-21.
98. Chollet F. Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions. Proceedings of the IEEE CVPR. 2017;5(1):1251-8.
99. Redmon J, Farhadi A. YOLO9000: better, faster, stronger. Proceedings of the IEEE CVPR. 2017;2(2):7263-71.
100. Chen LC, Papandreou G, Kokkinos I, Murphy K, Yuille AL. Deeplab: Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected crfs. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell. 2017;40(4):834-48.

101. Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation, International Conference on MICCAI, Springer, Cham, 2015. p. 234-241.
102. Khanna S. Artificial intelligence: contemporary applications and future compass. *Int Dent J.* 2010;60(4):269-72.
103. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, Sarode SC, Bhandi S. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry–A systematic review. *J Dent Sci.* 2021;16(1):508-22.
104. Yasa Y, Çelik Ö, Bayrakdar IS, Pekince A, Orhan K, Akarsu S, Atasoy S, Bilgir E, Odabaş A, Aslan AF. An artificial intelligence proposal to automatic teeth detection and numbering in dental bite-wing radiographs. *Acta Odontol Scand.* 2020;4(1):1-7.
105. Tuzoff DV, Tuzova LN, Bornstein MM, Krasnov AS, Kharchenko MA, Nikolenko SI, Sveshnikov MM, Bednenko GB. Tooth detection and numbering in panoramic radiographs using convolutional neural networks. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48(4):2018-51.
106. Lee J-H, Han S-S, Kim YH, Lee C, Kim I. Application of a fully deep convolutional neural network to the automation of tooth segmentation on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2020;129(6):635-42.
107. Chen H, Zhang K, Lyu P, Li H, Zhang L, Wu J, Lee C-H. A deep learning approach to automatic teeth detection and numbering based on object detection in dental periapical films. *Sci Rep.* 2019;9(1):1-11.
108. Miki Y, Muramatsu C, Hayashi T, Zhou X, Hara T, Katsumata A, Fujita H In Tooth labeling in cone-beam CT using deep convolutional neural network for

- forensic identification, Medical Imaging 2017: Computer-Aided Diagnosis. SPIE: 2017. p. 1013-43.
109. Muramatsu C, Kutsuna S, Takahashi R, Hayashi T, Nishiyama W, Ariji Y, Zhou X, Hara T, Katsumata A, Ariji E In Tooth numbering in cone-beam CT using a relation network for automatic filing of dentition charts, Medical Imaging 2020: Imaging Informatics for Healthcare, Research, and Applications. SPIE: 2020. p. 1131-80.
 110. Jang TJ, Kim KC, Cho HC, Seo JK. A fully automated method for 3D individual tooth identification and segmentation in dental CBCT. arXiv preprint arXiv. 2021;44(10):6562-8.
 111. Krois J, Ekert T, Meinhold L, Golla T, Kharbot B, Wittemeier A, Dörfer C, Schwendicke F. Deep learning for the radiographic detection of periodontal bone loss. Sci Rep. 2019;9(1):1-6.
 112. Xie X, Wang L, Wang A. Artificial neural network modeling for deciding if extractions are necessary prior to orthodontic treatment. Angle Orthod. 2010;80(2):262-6.
 113. Kök H, Acilar AM, İzgi MS. Usage and comparison of artificial intelligence algorithms for determination of growth and development by cervical vertebrae stages in orthodontics. Prog Orthod. 2019;20(1):1-10.
 114. Kunz F, Stellzig-Eisenhauer A, Zeman F, Boldt J. Artificial intelligence in orthodontics. J Orofac Orthop. 2020;81(1):52-68.
 115. Yu H, Cho S, Kim M, Kim W, Kim J, Choi J. Automated skeletal classification with lateral cephalometry based on artificial intelligence. J DentRes. 2020;99(3):249-56.

116. Choi H-I, Jung S-K, Baek S-H, Lim WH, Ahn S-J, Yang I-H, Kim T-W. Artificial intelligent model with neural network machine learning for the diagnosis of orthognathic surgery. *J Craniofac Surg*. 2019;30(7):1986-9.
117. Flores-Mir C, Nebbe B, Major PW. Use of skeletal maturation based on hand-wrist radiographic analysis as a predictor of facial growth: a systematic review. *Angle Orthod*. 2004;74(1):118-24.
118. Ruppin J, Popovic A, Strauss M, Spüntrup E, Steiner A, Stoll C. Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracking vs. stereolithographic splint systems. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(7):709-16.
119. Widmann G. Image-guided surgery and medical robotics in the cranial area. *Biomed Imaging Interv J*. 2007;3(1):15-6.
120. Le Y, Verdonchot E. Performance of diagnostic systems in occlusal caries detection compared. *Community Dent Oral Epidemiol*. 1994;22(3):187-91.
121. TenCate J. What dental diseases are we facing in the new millennium: some aspects of the research agenda. *Caries Res*. 2001;35(1):2-5.
122. Lee J-H, Lee J-S, Choi J-K, Kweon H-I, Kim Y-T, Choi S-H. National dental policies and socio-demographic factors affecting changes in the incidence of periodontal treatments in Korean: a nationwide population-based retrospective cohort study from 2002–2013. *BMC Oral Health* 2016;16(1):1-9.
123. Furman E, Jasinevicius TR, Bissada NF, Victoroff KZ, Skillicorn R, Buchner M. Virtual reality distraction for pain control during periodontal scaling and root planing procedures. *J Am Dent Assoc*. 2009;140(12):1508-16.
124. Sohmura T, Kusumoto N, Otani T, Yamada S, Wakabayashi K, Yatani H. CAD/CAM fabrication and clinical application of surgical template and bone model in oral implant surgery. *Clin Oral Implants Res*. 2009;20(1):87-93.

125. LeeJ-H, KimD-h, JeongS-N, ChoiS-H. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Periodontal Implant Sci.* 2018;48(2):114-23.
126. Bayrakdar SK, Orhan K, Bayrakdar IS, Bilgir E, Ezhov M, Gusarev M, Shumilov E. A deep learning approach for dental implant planning in cone-beam computed tomography images. *BMC Med. Imaging* 2021;21(1):1-9.
127. Lim K, Moles D, Downer M, Speight P. Opportunistic screening for oral cancer and precancer in general dental practice: results of a demonstration study. *Br Dent J.* 2003;194(9):497-502.
128. Rosmai MD, Sameemii AK, Basir A, Mazlipahiv IS, Norzaidi M. The use of artificial intelligence to identify people at risk of oral cancer: empirical evidence in Malaysian University. *Int J Sci Res.* 2010;3(1):10-20.
129. Ilhan B, Lin K, Guneri P, Wilder-Smith P. Improving oral cancer outcomes with imaging and artificial intelligence. *J Dent Res.* 2020;99(3):241-8.
130. Kar A, Wreesmann VB, Shwetha V, Thakur S, Rao VU, Arakeri G, Brennan PA. Improvement of oral cancer screening quality and reach: The promise of Artificial Intelligence. *J Oral Pathol Med.* 2020;49(8):727-30.
131. Ao Y, Wu H. Feature Aggregation and Refinement Network for 2D Anatomical Landmark Detection. 2023;36(2):547-61.
132. Simonyan K, Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. *arXiv preprint arXiv.* 2104;9(4):1409-56.
133. He K, Zhang X, Ren S, Sun J. Deep residual learning for image recognition. In: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.* 2016, p 770–8.

134. Huang G, Liu Z, van der Maaten L, Weinberger KQ. Densely connected convolutional networks. In: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017, p 4700–8.
135. Uğurlu M. Performance of a Convolutional Neural Network- Based Artificial Intelligence Algorithm for Automatic Cephalometric Landmark Detection. Turk J Orthod. 2022;35(2):94–100.
136. Aşçi E, Kiliç M, Çelik Ö et al. Derin Öğrenme Yöntemi Kullanılarak Geliştirilen Yapay Zekâ Yöntemi ile Panoramik Radyografilerde Dental Restorasyonların Otomatik Tespiti ve Sınıflandırılması: Metodolojik Çalışmalar. Türkiye Klinikleri Dishekimliği Bilimleri Dergisi. 2022;28(2):329–37.
137. Thompson LA, Malloy D. Attention resources and visible speech encoding in older and younger adults. Exp Aging Res 2004;30(7):241-52.
138. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, Sarode SC, Bhandi S. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry–A systematic review. Journal of dental sciences 2021;16(1):508-22.
139. Meyer AH, Woods MG, Manton DJ. Maxillary arch width and buccal corridor changes with orthodontic treatment. Part 2: attractiveness of the frontal facial smile in extraction and nonextraction outcomes. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2014;145(2):296-304.
140. Batwa W, Hunt NP, Petrie A, Gill D. Effect of occlusal plane on smile attractiveness. Angle Orthod 2012;82(4):218-23.
141. Morosini I, Peron A, Correia K, Moresca R. Study of face pleasantness using facial analysis in standardized frontal photographs. Dental Press J Orthod. 2018;17(5):24–34.

142. Posnick JC, Farkas LG. The application of anthropometric surface measurements in craniomaxillofacial surgery. In: *Anthropometry of the head and face*. New York: Raven Press; 1994. p. 125–38.
143. Beckmann SH, Kuitert RB, Prahl-Andersen B, Segner D, The RP, Tuinzing DB. Alveolar and skeletal dimensions associated with lower face height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113(4):498-506.
144. Kusnoto B, Schneider BJ. Control of the vertical dimension. *Semin Orthod* 2000;6(1):33-42.
145. Farkas LG, Katic MJ, Forrest CR, Alt KW, Bagic I, Baltadjiev G, et al. International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races. *J Craniofac Surg* 2005;16(2):615-46.
146. Franke-Gromberg C, Schueller G, Hermanussen M, Scheffler C. Digital 2D-photogrammetry and direct anthropometry—a comparing study on test accomplishment and measurement data. *Anthropol Anz* 2010;68(3):11-20.
147. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Applications of 3D imaging in orthodontics: part I. *J Orthod* 2004;31(1):62-70.
148. Raj, V. Esthetic Paradigms in the Interdisciplinary Management of Maxillary Anterior Dentition-A Review. *J. Esthet. Restor. Dent.* 2013;25(4):295–304.
149. Hasanreisoglu, U.; Berksun, S.; Aras, K.; Arslan, I. An analysis of maxillary anterior teeth: Facial and dental proportions. *J. Prosthet. Dent.* 2005;94(2):530–38.
150. Rifkin, R. Facial analysis: A comprehensive approach to treatment planning in aesthetic dentistry. *Pract. Periodontics Aesthetic Dent.* 2000;12(2):865–71.
151. Paul, S.J. Smile analysis and face-bow transfer: Enhancing aesthetic restorative treatment. *Pract. Proced. Aesthetic Dent.* 2001;13(3):217–22.

152. Bishara SE, Burkey PS, Kharouf JG. Dental and facial asymmetries: a review. *Angle Orthod.* 1994;64(5):89-98.
153. Thiesen G, Gribel BF, Freitas MPM. Facial asymmetry: a current re- view. *Dental Press J Orthod.* 2015;20(2):110-25.
154. Choi KY. Analysis of facial asymmetry. *Arch Craniofacial Surg.* 2015;16(1):1.
155. Dahan J. A simple digital procedure to assess facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002;122(4):110-6.
156. Berssenbrügge P, Berlin NF, Kebeck G, et al. 2D and 3D analysis methods of facial asymmetry in comparison. *J Cranio-Maxillofacial Surg.* 2014;42(2):327-34.
157. Taylor HO, Morrison CS, Linden O, et al. Quantitative facial asymmetry: using three-dimensional photogrammetry to measure base- line facial surface symmetry. *J Craniofac Surg.* 2014;25(7):124-8.
158. Masuoka N, Momoi Y, Arijii Y, et al. Can cephalometric indices and subjective evaluation be consistent for facial asymmetry? *Angle Orthod.* 2005;75(5):651-5.
159. Pan G, Wang Y, Qi Y, Wu Z. Finding symmetry plane of 3D face shape. *Proc Int Conf Pattern Recognit.* 2006;3(2):1143-6.
160. Jafri, Z.; Ahmad, N.; Sawai, M.; Sultan, N.; Bhardwaj, A. Digital Smile Design-An innovative tool in aesthetic dentistry. *J. Oral Biol. Craniofacial Res.* 2020;10(5):194–8.
161. Coachman, C.; Calamita, M.A.; Sesma, N. Dynamic documentation of the smile and the 2D/3D digital smile design process. *Int.J. Periodontics Restor. Dent.* 2017;37(2):183–93.
162. Garcia, P.P.; da Costa, R.G.; Calgaro, M.; Ritter, A.V.; Correr, G.M.; da Cunha, L.F.; Gonzaga, C.C. Digital smile design and mock-up technique for

- esthetic treatment planning with porcelain laminate veneers. *J. Conserv. Dent.* 2018;21(1):455.
163. Mahn, E.; Sampaio, C.S.; da Silva, B.P.; Stanley, K.; Valdés, A.M.; Gutierrez, J.; Coachman, C. Comparing the use of static versus dynamic images to evaluate a smile. *J. Prosthet. Dent.* 2020;123(4):739–46.
 164. Ye, H.; Wang, K.P.; Liu, Y.; Liu, Y.; Zhou, Y. Four-dimensional digital prediction of the esthetic outcome and digital implementation for rehabilitation in the esthetic zone. *J. Prosthet. Dent.* 2020;123(6):557–63.
 165. Barr A, Feigenbaum EA. *The Handbook of Artificial Intelligence*. William Kaufmann. Inc., Los Altos, CA 1981;1.
 166. ShanT,TayF,GuL.Application of artificial intelligence in dentistry. *JDentRes.*2021;100(3):232-44.
 167. Wang L, Wang D, Zhang Y, Ma L, Sun Y, Lv P. An automatic robotic system for three-dimensional tooth crown preparation using a picosecond laser. *Lasers Surg Med.* 2014;46(7):573-81.
 168. De Fauw J, Ledsam JR, Romera-Paredes B, Nikolov S, Tomasev N, Blackwell S, et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease. *Nat Med* 2018;24(2):1342-50.
 169. Lo B. *Large-scale Kernel Machines*. Cambridge: MIT Press; 2007.
 170. Voulodimos A, Doulamis N, Doulamis A, Protopapadakis E. Deep learning for computer vision: a brief review. *Comput Intell Neuro-sci* 2018;1(1):7068-9.
 171. Li S, Wei J, Chan HP, Helvie MA, Roubidoux MA, Lu Y, et al. Computer-aided assessment of breast density: comparison of supervised deep learning and feature-based statistical learning. *Phys Med Biol* 2018;63(2):250-5.
 172. Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Commun ACM* 2017;60(6):84-90.

173. Chouhan, N.; Khan, A.; Shah, J.Z.; Hussnain, M.; Khan, M.W. Deep convolutional neural network and emotional learning based breast cancer detection using digital mammography. *Comput. Biol. Med.* 2021;132(2):1043-58.
174. Shanthi, T.; Sabeenian, R.; Anand, R. Automatic diagnosis of skin diseases using convolution neural network. *Microprocess. Microsyst.* 2020;76(5):103-74.
175. Xu, K.; Feng, D.; Mi, H. Deep Convolutional Neural Network-Based Early Automated Detection of Diabetic Retinopathy Using Fundus Image. *Molecules* 2017;22(4):2054.
176. Lindner C, Wang CW, Huang CT, Li CH, Chang SW, Cootes TF. Fully automatic system for accurate localisation and analysis of cephalometric landmarks in lateral cephalograms. *Sci Rep.* 2016;6(8):1-10.
177. Kim H, Shim E, Park J, Kim YJ, Lee U, Kim Y. Web-based fully automated cephalometric analysis by deep learning. *Comput Methods Programs Biomed.* 2020;194(2):105-13.
178. Redmon J, Divvala S, Girshick R, Farhadi A. YOLO: you only look once: unified, real-time object detection. *Proc IEEE Conf Comput Vis Pattern Recognit.* 2016:779–88.
179. Bulat A, Tzimiropoulos G. How far are we from solving the 2D & 3D face alignment problem? (and a dataset of 230,000 3D facial landmarks). In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 22-29 Oct. 2017. Venice, Italy: IEEE. p; 2017. p. 1021-30.
180. Rao GKL, Srinivasa AC, Iskandar YHP, Mokhtar N. Identification and analysis of photometric points on 2D facial images: a machine learning approach in orthodontics. *Health Technol* 2019;9(2):715-24.

181. Asi SM, et al. Automatic craniofacial anthropometry landmarks detection and measurements for the orbital region. *Procedia Computer Science*. 2014;42(5):372–7.
182. Campomanes-Álvarez BR, et al. Dispersion assessment in the location of facial landmarks on photographs. *Int. J. Legal Med*. 2015;129(1):227–36.
183. Rousseau M, et al. Machine learning in orthodontics: Automated facial analysis of vertical dimension for increased precision and efficiency. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2022;161(3):445-50.
184. Lee, S.; Kim, J.-E. Evaluating the Precision of Automatic Segmentation of Teeth, Gingiva and Facial Landmarks for 2D Digital Smile Design Using Real-Time Instance Segmentation Network. *J. Clin. Med*. 2022;11(2):852.
185. Yurdakurban, E, Duran, GS, Görgülü, S. Evaluation of an automated approach for facial midline detection and asymmetry assessment: A preliminary study. *Orthod Craniofac Res*. 2021;24(2):84–91.
186. Rao, G.K.L., Srinivasa, A.C., Iskandar, Y.H.P. et al. Identification and analysis of photometric points on 2D facial images: a machine learning approach in orthodontics. *Health Technol*. 2019;9(1):715–24.

EKLER

EK-1 ÖZGEÇMİŞ

1. KİŞİSEL BİLGİLER

ADI, SOYADI: DOĞUM TARİHİ ve YERİ:	Zeki Arslan
HALEN GÖREVİ: Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Araş. Gör. Dt. YAZIŞMA ADRESİ: Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı TELEFON: E-POSTA:	

2. EĞİTİM

YILI	DERECESİ	ÜNİVERSİTE	ÖĞRENİM ALANI
2017	-	Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	Diş Hekimliği

3. AKADEMİK DENEYİM

GÖREV DÖNEMİ	ÜNVAN	BÖLÜM	ÜNİVERSİTE
2019-Halen	Araş. Gör. Dt.	Ortodonti	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

4. ÇALIŞMA ALANLARI

ÇALIŞMA ALANI	ANAHTAR SÖZCÜKLER
Ortodonti	

5. SON BEŞ YILDAKİ ÖNEMLİ YAYINLAR:

EK-2. ETİK KURUL ONAYI



Prof.Dr.Merih ÖZGEN
(Başkan)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon AD

Prof.Dr.Hava ÜSKÜDAR TEKE
(Başkan Yardımcısı)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
İç Hastalıkları AD / Hematoloji BD

Doç.Dr.Ferdi KÖŞGER
(Raportör)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Ruh Sağlığı ve Hastalıkları AD

Prof.Dr.Ömür ŞAYLIGİL
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi Tıp Tarihi ve Etik AD

Prof.Dr.Setenay DİNÇER ÖNER
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi Biyostatistik AD

Prof.Dr.Özlem ÖRSAL
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Fakültesi
Halk Sağlığı Hemşireliği AD

Prof.Dr.Suzan ŞAYLISOY
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi Radyoloji AD

Doç.Dr.Gökür YORULMAZ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
İç Hastalıkları AD / Endokrinoloji
ve Metabolizma Hastalıkları BD

Doç.Dr.Muhammed Fatih ÖNSÜZ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD

Doç.Dr.Melih VELİPAŞAOĞLU
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Kadın Hastalıkları ve Doğum AD

Doç.Dr.Zeren BARİŞ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD /
Çocuk Gastroenteroloji BD

Doç.Dr.Mustafa Değer BİLGECİ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları AD

Doç.Dr.Esra YEŞİLOVA
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi AD

Dr.Öğr.Üy.F.Nazlı DURMAZ ÇELİK
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi Nöroloji AD

Av. Önder CAN
Avukat

Etik Kurul Sekreterliği
Ceren KESKİNER
Tel: 0 222 239 29 79 / 4690-91

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
BAŞKANLIĞI

KARAR FORMU	
Başvuru Tarihi: 15.06.2022	Çalışmanın Başlığı: "Ortodontik Fotoğraflar Üzerinden Derin Öğrenme Yöntemiyle Geliştirilmiş Yapay Zeka Algoritmalarıyla Gülümseme Estetiğinin Değerlendirilmesi" Çalışmacılar: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı - Dr.Öğr.Üy.Mehmet UĞURLU (Tez Danışmanı), Arş.Gör.Dr.Zeki ARSLAN (Tez Sahibi)
Çalışmanın değerlendirildiği ilk toplantı tarihi: 26.07.2022	Sonuç: 1. Kişisel sağlık verileri kimliği belirli veya belirlenebilir gerçek kişiye ilişkin her türlü sağlık bilgisi olduğundan, kişisel sağlık verilerinin işlenmesi ile ilgili olarak ilgili mevzuat hükümleri dikkate alınmalı, verilerin yetkisiz kişilerin eline geçmesi önlenmelidir. Araştırmacıların kurulumuza taahhütnamelerle iletmış oldukları sorumlulukları yerine getirmeleri beklenmektedir. 2. Kurum izinlerinin alınması araştırmacıların sorumluluğunda olup, ilgili kurumdan alınan izin yazılarının kurulumuza iletilmesi gerekmektedir.
Karar Tarihi: 26.07.2022 Karar No: 25	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı - Dr.Öğr.Üy.Mehmet UĞURLU'nun sorumluluğunda yürütülecek olan "Ortodontik Fotoğraflar Üzerinden Derin Öğrenme Yöntemiyle Geliştirilmiş Yapay Zeka Algoritmalarıyla Gülümseme Estetiğinin Değerlendirilmesi" başlıklı araştırma/çalışma gereç, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup, araştırmanın/çalışmanın gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel yönden sakınca bulunmadığına oy birliği ile karar verilmiştir. Araştırmacılara başarılar dileriz.



T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALARI
BAŞKANLIĞI

Çalışmanın Başlığı: "Ortodontik Fotoğraflar Üzerinden Derin Öğrenme Yöntem Zeka Algoritmalarıyla Gülümseme Estetiğinin Değerlendirilmesi"

GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

	Unvanı/Adı/Soyadı	Kurumu
1	Prof.Dr.Merih ÖZGEN (Başkan)	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon AD
2	Prof.Dr.Hava ÜSKÜDAR TEKE (Başkan Yardımcısı)	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları AD / Hematoloji BD
3	Doç.Dr.Ferdi KÖŞGER (Raportör)	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Ruh Sağlığı ve Hastalıkları AD
4	Prof.Dr.Ömür ŞAYLIGİL	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıp Tarihi ve Etik A.D
5	Prof.Dr.Setenay DİNÇER ÖNER	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyostatistik AD
6	Prof.Dr.Özlem ÖRSAL	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Halk Sağlığı Hemşireliği AD
7	Prof.Dr.Suzan ŞAYLISOY	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji AD
8	Doç.Dr.Gökür YORULMAZ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları AD / Endokrinoloji ve Metabolizma Hastalıkları BD
9	Doç.Dr.Muhammed Fatih ÖNSÜZ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD
10	Doç.Dr.Melih VELİPAŞAOĞLU	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Kadın Hastalıkları ve Doğum AD
11	Doç.Dr.Zeren BARIŞ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD / Çocuk Gastroenterolojisi BD
12	Doç.Dr.Mustafa Değer BİLGEÇ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları AD
13	Doç.Dr.Esra YEŞİLOVA	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi AD
14	Dr.Öğr.Üy.F.Nazlı DURMAZ ÇELİK	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji AD
15	Av.Önder CAN	Hukuk

EK-3. ONAM FORMU

ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU

Bu form ortodontik tedavi ihtiyacı olan hastaların ve yakınlarının yapılacak tedavi hakkında bilgilendirilmeleri ve onaylarının alınması amacıyla hazırlanmıştır. Ortodontik tedavinin başarılı olması, hastanın/yakınlarının burada yazılı açıklamaları anlaması ve tedavi sürecine gönüllü olarak katılmaları ile mümkün olacaktır. Bu nedenle lütfen aşağıdaki bilgileri okuyunuz ve anlamadığınız konularda hekiminizden bilgi alınız. Bu bilgileri okuyup anladıktan sonra ortodontik tedaviyi onaylarsanız formu imzalayınız.

GENEL BİLGİLER

- İlk muayene:** Kliniğimizde ortodontik tedavi görmek isteyen hastalar ilk muayeneleri yapılmak üzere telefon ile ya da internet üzerinden ortodonti bölümüne başvurmalıdırlar. İlk muayenede öncelikle hastanın ortodontik tedavi gereksinimi belirlenmekte ve buna göre kliniğimizde tedavi sırasına alınıp alınmayacağına karar verilmektedir.
 - Yapılan ilk muayenede ayrıca hastanın ağız ve diş sağlığı değerlendirilmekte ve ortodontik tedavi öncesi diş ve dişeti problemlerinin çözülmesi için hasta/hasta yakını ilgili bölümlere yönlendirilmektedir.
 - Ortodontik tedavi için sırası gelmiş, ağız hijyeni iyi, diş etleri sağlıklı ve çürükleri bulunmayan hastaların, tanılarını koyabilmek, tedavilerini planlayabilmek için tedaviyi yürütecek olan doktor tarafından dijital veya klasik nitelikte gerekli radyografiler, ortodontik modeller ve fotoğraflar gibi materyalleri içeren başlangıç kayıtları toplanır. Elde edilen bu kayıtlar uygun tanı ve tedavi planlaması için anabilim dalında bulunan bütün hekimlerin katıldığı toplantıda değerlendirilir. Yapılan değerlendirme sonucu hasta için uygun olduğu düşünülen tedavi protokolü hasta ve hasta velisine sunulur, tedaviyi yürütecek olan doktor tarafından uygulanmaya başlar.
- Ortodontik Tedavi Hakkından Yararlanma Koşulları:** Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) Sağlık Uygulama Tebliği'nde (SUT) yer alan 2.4.1 nolu diş tedavileri bölümünün 4. maddesine göre **"18 yaşını doldurmuş kişilerin ortodontik diş tedavilerine ilişkin giderler kurumca ödenmez"**. Kurumca, 18 yaş altı bireylerin ortodontik tedavi bedellerinin ödemesi; **"Başlangıç aşaması (hastanın ortodontik tanı ve tedavi planlaması yapıldıktan sonra ortodontik tedaviye alınarak tedavi mekaniklerinin uygulanması)", 'Tedavi aşaması (uygulanan mekanikler sonrasında planlanan sonuçların alınmaya başlandığı veya belirli bir aşamaya gelmesi)' ve 'Pekiştirme aşaması (tedavinin tamamlanması)' olmak üzere üç**

aşamada yapılır.” Bu maddeye istinaden 18 yaşından büyük hastaların ve tedavisi devam ederken 18 yaşını dolduranların kalan tedavi aşamalarının ücretleri hastaların kendileri tarafından karşılanması gerekmektedir.

- 18 yaşını dolduran hastaların ortodontik tedaviye başlaması halinde Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan ve kurumumuzca onaylanan güncel kamu sağlık fiyat tarifesinde belirtilen fiyatlandırmalar esas alınır.
- Gerek tedavi süresince gerek SGK ödemelerinde veya SGK kapsamı dışında hastalarda güncel mevzuata göre belirlenen fiyatlarda herhangi bir değişiklik olması durumunda tedavinin hangi dönemde olduğuna bakılmaksızın hasta/hasta velisi yeni ücretlendirmeyi kabul etmek ve ödemekle yükümlüdür.
- Tedavi ücretlendirmesi resmi veya özel sosyal güvenlik kurumları tarafından bir seferliğine mahsus olarak karşılanmaktadır. Hastanın tekrar tedavi talep etmesi veya tedavi ihtiyacının ortaya çıkması halinde tedavi bedeli hasta tarafından karşılanacaktır.

3. **Ortodontik Tedavide Kullanılacak Malzemelerin Temini:** SUT eki EK-2/Ç-1’in 8. maddesine göre **“Ortodontik tedavide kullanılan braket ve ortodontik materyal hasta tarafından karşılanır”** denilmektedir. Bu maddeye istinaden 18 yaşın altında veya üstünde olan tüm bireylerin ortodontik tedavilerinde kullanılacak olan malzemeler hastaların kendileri tarafından temin edilmesi gerekmektedir.

- Tedavinin seyri esnasında hastada kullanılmak üzere hastanın tedavi ihtiyacına göre yeni malzemeler gerekebilir, bu durumda hasta bu malzeme yada malzemeleri tedarik etmek zorundadır.
- Kullanım sırasında kırılan ve kaybolan apareylerin yenilenme ücreti, düşen braketlerin ücreti ve yapıştırma materyalinin ücreti bizzat hastadan tahsil edilecektir. Bu madde 18 yaş altı resmi hastalar için de geçerlidir.
- Klinik kayıtları (ölçüler, filmler, fotoğraflar vb.) alınan hastaların tedavi ücretlerinin tamamı kurumlarına fatura edilmektedir. Bu kayıtlar alındıktan sonra her ne sebeple olursa olsun tedaviyi terk eden veya tedavisine hekimi tarafından son verilen hastaların malzemeleri iade edilmeyecektir.

4. **Randevu Sıklığı ve Dikkat Edilmesi Gerekenler:** Ortodontik tedavi süresince randevu saatleri ve tarihine özen gösterilmelidir. Ortodontik tedavilerde bazı spesifik tedavi uygulamaları hariç ortalama randevu sıklığı 4 haftada birdir.

- Randevu günü ve saati dışında gelen hastaya kesinlikle bakılmayacaktır. Önemli mazaretler nedeni ile randevu değişikliği istendiğinde bu isteğin randevu tarihinden en az 1 hafta önce telefonla bildirilmesi gerekmektedir.
- Randevulara düzenli olarak gelmek tedavinin başarısında önemli bir etkidir. Askerlik, şehir dışı tayini ve şehir dışı okul, üniversite vb. sebeplerden dolayı hastalar randevularını aksatamaz ve randevularına düzenli gelmek zorundadırlar.

5. **Hasta Uyum:** Tedavi süresince doktorun tüm öneri ve talimatlarına uyulması zorunludur.

- 18 yaşından küçük hastalarda hasta uyumu ile ilgili tüm sorumluluklar tamamen veliye aittir. Veli, hastanın ağız hijyeninin kontrolünü, diş fırçalamasını ve tedaviye uymasını sağlamakla yükümlüdür.

6. Tedaviye Son Verilmesine Yol Açabilecek Durumlar:

- Tedavi kararı verilerek malzeme alım listesi bildirilen hasta/hasta yakınları en fazla 2 ay içerisinde malzemeleri temin etmek ve tedavi edecek hekime onaylatmak zorundadır. Kliniğimize başvuran hasta yoğunluğu nedeniyle, belirtilen süre içerisinde tedavi malzemelerinin temin edilememesi halinde hasta kliniğimizde tedavi hakkını kaybedecektir.
- Ağız bakımına dikkat etmeyen, sık sık braketlerini kopartan, apareylerini kaybedip kıran, tedavisi için gerekli apareyleri kullanmayan, hekimin talimatlarına ve randevularına uymayan hastalar; tedavi eden hekim ve bölüm kurulu tarafından en fazla 3 kere yazılı olarak uyarılacaktır. Yazılı olarak yapılan uyarılara rağmen tedaviye uyum konusunda bir gelişme sağlanamaması halinde 3. yazılı uyarıyla birlikte bölüm kurul kararıyla hastanın ortodontik tedavisi sonlandırılacaktır.
- Hekimin bilgisi haricinde 3 aydan fazla bir süre randevularına gelmeyen hastaların tedavilerine yazılı uyarı yapılmaksızın bölüm kurul kararıyla son verilecektir.

7. **Hasta Kayıtlarının Kullanımı:** Ortodontik tedavi öncesinde, sırasında ve sonrasında hastadan çeşitli radyografik tetkikler (panoramik film, lateral sefalometrik film, ön-arka yön kafa filmi, el-bilek filmi, oklüzal film, periapikal film, konik ışıklı bilgisayarlı tomografi vb.) istenecek ayrıca ağız içi tarama cihazı kayıtları, ağız dışı ve ağız içi fotoğraflar alınacaktır. Tüm bu görüntüleme kayıtları, fotoğraflar ve alınan diğer kayıtlar ortodontik problemin teşhis ve tedavisinde kullanılabileceği gibi bunların yurt içi ve yurt dışında çeşitli ders, konferans, bildiri ve yayınlarda sunulması da söz konusu olabilecektir. Ayrıca ismi geçen kayıt ve fotoğraflar tedavi sonuçlarının karşılaştırılabilmesi ve vaka arşivi oluşturulmasında yarar sağlayacaktır. Bu nedenlerle hastalar/hasta yakınları, kendilerinden alınan tüm kayıtların ve fotoğrafların yukarıda sayılan amaçlar doğrultusunda kullanılmasına izin vermiş sayılacaktır.

ORTODONTİK TEDAVİ HAKKINDA BİLİNMESİ GEREKENLER

Ortodonti Nedir?

Ortodonti kelimesi; anormal şekilde sıralanmış dişlerin, düzgün bir şekilde sıralanmasını ifade etmektedir.

Ortodonti Anabilim Dalı ise; diş kapanış bozuklukları ile birlikte gelişmekte olan veya gelişimini tamamlamış ağız, çene ve yüz dokularının iskeletsel yada nöromüsküler anormalliklerinin teşhisi, önlenmesi ve tedavi edilmesini içeren bir dişhekimliği uzmanlık alanıdır.

Ortodontik Anomaliler Neden Meydana Gelir? Nasıl bir Seyir İzler?

Diş, çene ve yüz anomalilerinin hepsinin nedeni tam olarak bilinmemektedir. Ancak; genetik nedenler, doğum öncesinde çocuğun büyüme ve gelişimi esnasında çeşitli faktörlere bağlı olarak oluşan doğumsal anomaliler, doğum öncesinde, doğum sırasında ve doğum sonrasında travmaya maruz kalma, radyasyon, erken diş kayıpları, cerrahi sonrası oluşan yara dokusu, ağız solunumu, biberonla beslenmede yapılan hatalar, kötü beslenme, parmak emme, dil itme, dudak emme, tırnak yeme gibi kötü alışkanlıklar, bazı hormonal bozukluklar, burun/boğaz hastalıkları, diş çürükleri vb. bilinen nedenlerle anomali meydana gelebilir. Çoğunlukla ortodontik anomalilerin oluşmasında birden fazla neden rol oynamaktadır. Bu faktörlerin etki süresinin uzunluğuna, sürekli veya kesik kesik olup olmamasına bağlı olarak anomali oluşabilir veya oluşmayabilir.

Ortodontik Tedavinin Amaçları Nelerdir?

Ortodontik tedavilerin amaçları; ortodontik anomali oluşmasını önlemek, anomali oluşmaya başlamışsa durdurmak, anomali oluşmuş ise tedavi etmek şeklinde özetlenebilir.

Ortodontik Tedavinin Hedefleri:

Yukarıda sayılan amaçlar doğrultusunda tedavi sonunda aşağıdaki hedeflere ulaşılmaya çalışılmaktadır:

Çenelerin birbiri ile ilişkisinin düzeltilmesi, dişlerdeki çapraşıklığın giderilmesi, çiğneme, konuşma ve solunum fonksiyonlarının iyileştirilmesi, hem diş hem yüz estetiğinin elde edilmesi, bu durumun kalıcı olmasının sağlanması ve tüm bunlar sayesinde hastanın psikososyal olarak iyileşmesi.

Ortodontik Tedavi Seçenekleri :

Hekiminiz yaptığı değerlendirmelerden sonra aşağıdaki tedavi seçeneklerinden birisini sizin için uygun bulabilir.

1. Daimi dişlerin çekimi ile gerçekleşen tedavi
2. Diş çekimi gereksinimi olmadan gerçekleşen tedavi (Çekimsiz tedavi)
3. Protez yapımı, dişeti düzeltimi gibi farklı tedavileri de gerektiren ortodontik girişimler
4. İdeal-kapsamlı tedavi yerine sadece şikâyete yönelik sınırlı ortodontik tedavi: Bu tedavi yöntemi daha çok engelli hastalar için olup ideal diş kapanışının ve çene ilişkisinin sağlanamayacağı, ağız sağlığı uzun süreli ortodontik tedaviden zarar görecektir hastalar vb. için uygulanmaktadır.
5. Çene cerrahisi tedavisi

Tedavi Süresi :

Tedavinin süresi; ortodontik problemin ciddiyeti, hastanın büyümesi ve hasta kooperasyonu gibi birçok faktöre bağlıdır. Tedavi süresi ortalama 2-3 yıl olup, bazı durumlarda daha uzun olabilir. Tedavinin tahmini süresi ile gerçek tedavi süresi genellikle birbirine yakın gerçekleşir. Ancak, beklenmeyen bir büyüme atılımı olursa, dişleri ve yüzü etkileyen kötü bir alışkanlık varsa, diş ve dişeti hastalıkları meydana gelirse veya hastanın tedaviye uyumu yetersiz ise tedavinin süresi uzayabilir. Sonuç olarak, başlangıçta planlanan tedavide bazı değişiklikler yapılması gerekebilir.

Ortodontik Tedavi Öncesinde Yapılması Gerekenler:

Ortodontik tedavi öncesinde detaylı bir ağız muayenesi ve gerekli radyografik tetkikler yapılarak diş ve çevre dokularla ilgili genel problemler belirlenir. Dişlerdeki mevcut çürükler tedavi ettirilir, dişetleri sağlıklı hale getirilir ve ağız bakımının önemi vurgulanarak bu durumun kalıcı olması için ağız hijyeni eğitimi verilir.

Ortodontik Tanı ve Tedavi Amacıyla Alınacak Kayıtlar ve İstenecek Tetkikler

Ağız ortodontik tedavi için hazır hale geldikten ve tedaviye karar verildikten sonra hem tanı hem de tedavi planlaması için bazı kayıtlar alınacak ve tetkikler istenecektir. Bunlar arasında ağız içi ve ağız dışı fotoğraflar, ağız içi/ağız dışı tarama cihazları ile üç boyutlu hasta modeli elde etme, klasik ölçü yöntemi ile model hazırlığı ve radyografik tetkikler yer almaktadır.

Radyografik tetkikler:

Tedavi başlangıcında, tedavi süresince ve kontrol amaçlı olarak tedavi sonrasında diş ve destekleyen çevre dokuların ayrıntılı olarak incelenebilmesi için 3 boyutlu görüntüleme tekniği (konik ışınlı bilgisayarlı tomografi), panoramik röntgen ve periapikal filmlerin çekilmesi gerekebilir. Ortodontik probleminizin kesin olarak tespit edilebilmesi ve detaylı tedavi planı yapılabilmesi için lateral sefalometrik film, el-bilek filmi, gerekli görülürse ön-arka yön kafa filmi (postero-anterior filmler) ve okluzal filmler istenebilir. Aktif ortodontik tedavi sırasında, büyüme ve gelişimle, pekiştirme tedavisi esnasında ve bittikten sonra oluşan değişikliklerin incelenmesi için de radyografik tetkik gerekebilir. Tedavinin başarısı için gerekli durumlarda aynı radyografik kayıdın tekrarlanması veya ilave radyografik kayıtların alınmasına ihtiyaç duyulabilir.

Radyografik tetkik yapılmazsa:

1. Diş, çene ve yüz bölgesinde dişler, diş çevresi dokular, yüz ve kafa bölgesine ait ilişkili tüm sert ve yumuşak dokular sağlıklı bir biçimde değerlendirilemeyebilir.
2. Şikayet nedeni doğru olarak belirlenemeyebilir. Tedavi sonrası kontrol radyografları alınmazsa dokuların tedavi sonrası durumları ve tedavinin başarısı değerlendirilemez.

Olası riskler: Röntgen filmi çekimi sırasında hastanın bulantı refleksi tetiklenerek

bulantı ve bazen kusma oluşabilir. Hamile ve çocuklarda koruyucu önlemler alınmazsa radyasyona hassas organların etkilenebilme olasılığı nedeniyle ortodontik tedavi amaçlı alınan kayıtlar oldukça düşük düzeyde radyolojik risk içermektedir.

Ortodontik Tedavi Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Ağız Bakımı: Ortodontik tedavide ağız bakımı çok önemlidir. Dişlerinizin üzerine yapıştırılan braketler ve kullanılan diğer apareyler dişler üzerinde gıda tutulumunu arttırmakta ve bunun neticesinde dişlerinizde çürüme ve diş taşı oluşumu hızlanmaktadır. Tedavi boyunca yeterli ve düzenli fırçalama yapılmadığında; dişlerde renk değişikliği, kalıcı beyaz lekeler ve çürük oluşabilirken dişetlerinde iltihap, büyüme, çekilme ve kanama ile kendini gösteren ve kemik kaybına varabilen dişeti problemleri meydana gelebilmektedir. Bu problemler çözülmez ise diş kayıpları dahi söz konusu olabilir. Bunlara ek olarak ağız kokusu şikayetiyle karşılaşabilirsiniz. Bu problemler ortodontik tedaviden bağımsız olarak da meydana gelebilir, ama ortodontik aparey takan bireylerde risk daha fazladır. Ayrıca bu sorunlar florlu sulardan faydalanamayan kişiler ile şekerli ve asitli yiyecek ve içecekleri sık tüketenlerde daha şiddetli gerçekleşecektir. Bu nedenlerle ***dişler ana ve ara öğünlerden sonra düzenli olarak, tüm gıda artıklarının uzaklaştırıldığından emin olana kadar diş fırçası ile temizlenmeli, günde en az 4 kere (her öğün sonrası ve gece yatmadan önce) ortodontik fırçalar ile fırçalanmalıdır.*** Bunun yanısıra ağız gargaraları, ağız suları veya ağız duşları gibi diğer yardımcı temizlik ajanları da kullanılmalı ve düzenli diş hekimi kontrolüne gidilmelidir.

Sakınılması Gereken Gıda Maddeleri: Sabit tedavi boyunca sizden bir takım yiyecek ve içeceklerden uzak durmanız istenecektir. Erik, fındık, ceviz gibi sert yiyecekler ve sakız, hurma, lokum gibi yapışkan gıdalar braketlerin kırılmasına ve/veya kopmasına yol açabilir. Ekmek, simit, elma, armut vb. yiyecekler ısırılarak değil lokma şeklinde koparılacak ya da kesilerek ve zeytin, kiraz, kayısı vb. çekirdekli yiyecekler çekirdeği çıkartıldıktan sonra yenmelidir. Asidik gazlı içecekler ağız bakımının öneminde anlatıldığı gibi hem dişlerin çürümelerini kolaylaştırmakta hem de dişlere yapıştırılan parçaların kopmasına neden olabilmektedir. Tedaviniz boyunca bu gibi gıdalardan uzak durmanız tedavinizin ve tedavi seanslarınızın uzamaması açısından çok önemlidir.

Genel Sağlık Problemleri: Kemik, kan hastalıkları, hormonal bozukluklar ve pekçok reçete edilen veya edilmeyen (bifosfonatlar dahil) ilaç ortodontik tedaviyi etkileyebilir. Tedavi devam ederken genel sağlık durumunuzdaki meydana gelen herhangi bir değişikliğin ortodontistinize bildirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Ortodontik Tedavi Sonrasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Dişlerde, ortodontik tedavinin bitiminden hemen sonra pozisyonlarını değiştirme ve tedavinin başındaki ilk konumuna geri dönme eğilimi söz konusudur. Bu nedenle aktif ortodontik tedavi biter bitmez pasif ortodontik tedavi olan “**pekiştirme tedavisi**”ne başlanmalıdır. Bu tedavide ya dişlerin iç tarafına sabit olarak bir tel yapıştırılır ya da hastanın takıp çıkarabileceği bir pekiştirme aygıtı kullanılır. Takıp çıkarılabilen aygıtın hekimin talimatlarına uygun olarak kullanılması tedavi sonucunun kalıcılığı açısından

çok önemlidir.

Düzenli pekiştirme apareyi kullanımı ortodontik tedavinin bitmesinin ardından birkaç yıl sürebilir. Bununla beraber, bu düzenli kullanım sonrasında bile genetik etkiler, dil itme, parmak emme, ağızdan solunum ve hayat boyu devam eden büyüme ve gelişim nedeniyle değişiklikler oluşabilir. Özellikle alt ön dişlerde görülen küçük çapraşıklıklar kabul edilebilir değişikliklerdir. Bazı değişiklikler yeniden ortodontik tedavi görmeyi gerektirirken bazı değişiklikler ameliyat gerektirebilir. Bazı durumlarda ömür boyu pekiştirme apareyi kullanmak gerekebilir.

Ortodontik Tedavinin Komplikasyonları / Riskleri

Her türlü tıbbi müdahalede olduğu gibi ortodontik tedavinin de sınırları ve komplikasyonları vardır.

Ağrı-Hassasiyet: Dişlerinize yerleştirilen braketlere (ortodontik parçalar) uygulanan kuvvetler ilk 1-2 hafta oldukça ağrılı olabilmekte ve günlük fonksiyonlarınızı etkileyebilmektedir. Ayrıca randevularda tellerin aktivasyonu sonucu 1-2 gün dişlerinizde hassasiyet ve ağrı olması normaldir. Bu beklenen bir durumdur ve bu dönemde çok gerekmedikçe ağrı kesici kullanılmaması önerilmektedir. Bunun dışında devamlı ve artan bir ağrı durumunda ya da batan, vuran acıtan bir problemle karşılaştığınızda hekiminize telefonla başvurunuz.

Geçici konuşma-yeme-yutkunma güçlüğü: Dişlerdeki metaller ve lastikler geçici yeme-konuşma-yutkunma güçlüğü yaratabilir.

Yaralar: Yine bu aygıtlar dişetinde, dudakta, yanakta veya dilde yaralar oluşturabilir.

Dişeti Problemleri: Dişi çevreleyen yumuşak ve sert dokularda ortodontik tedavi sürecinde çeşitli sorunlar meydana gelebilir. Dişeti iltihabı, dişeti kanamsı, dişeti büyümesi, dişeti çekilmesi veya kemik kaybı bunlardan bazılarıdır. Bunların pek çok farklı sebebi olmasına rağmen en çok ağız hijyeni yetersizliğinden dolayı ortaya çıkmaktadır.

Dişlerde Hareketlilik (Mobilite): Dişlerdeki çapraşıklığın giderilmesi için önce yer kazanılması sonra da dişlerin bu yerlere hareket ettirilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla dişlere uygulanan ortodontik kuvvet sonucunda dişlerde sınırlı bir hareketlilik normal kabul edilmektedir. Ancak; dişi çevreleyen dokulardaki problemler sebebi ile normal olmayan diş hareketliliği de olabilir.

Diş Çürüğü: Bu durumlar hastanın ağız hijyenine yeterli özeni göstermemesinden kaynaklanacağı gibi, bireysel yatkınlık, dişlerin anatomik yapılarındaki olumsuzluklar ve apareylerin yanlış kullanımı ile oluşabilir. Bu nedenle dişler ana ve ara öğünlerden sonra düzenli olarak tüm gıda artıklarının uzaklaştırıldığından emin olana kadar fırçalanmalıdır.

Kök Boyu Kısılması (Kök Erimesi): Bazı hastaların dişlerinin kökleri ortodontik tedavi sırasında eriyerek kısalabilir. Genellikle kısalma miktarı azdır ve önemli bir sonuç doğurmaz. Kısalmış diş kökleri ile ömür boyu dişleri fonksiyon gören hastalar vardır. Ancak bazen bu durum dişlerde sallanmaya neden olabilir. Kimi zaman da hareket etmekte olan dişin etkisiyle komşu dişlerin kök boylarında kısalma oluşabilir.

Bireyin metabolik özelliklerine ve/veya genetik yapısına bağlı olarak tedaviden bağımsız biçimde bu kısalmanın miktarı artabilir. Hangi hastada kök boyu kısalması olacağını tahmin etmek çok güçtür. Düzenli olarak alınan diş filmleriyle köklerin durumu kontrol edilebilir. Ortodontik tedavi sırasında bir kök erimesi tespit edilirse ortodontistiniz tedavinize bir süre ara verebilir veya tedavi tamamlanmadan önce apareyin bir süre çıkarılması söz konusu olabilir. Şiddetli kök boyu kısalması saptandığında hekim ortodontik tedaviyi durdurabilir.

Braketlerin kopması/tellerin çıkması/kopması: Ortodontik apareyleri yerinden çıkaran, zayıflatan ve onlara zarar veren yiyecek ve aktiviteler (düşme, çarpma, darbe alma, tellerle oynama, ağıza kalem vb. yabancı cisim sokma gibi) nedenleri ile oluşabilir. Gevşemiş veya zarar görmüş apareyler yutulabilir, nefes borusuna kaçabilir ve hastaya zarar verebilir. Bu yüzden durum fark edilir edilmez ortodontistiniz bilgilendirilmelidir.

Dişin veya üzerindeki restorasyonun zarar görmesi: Ortodontik apareyler çıkarılırken dişin minesini veya dişteki restorasyonlar zarar görebilir. Dişte veya restorasyonda bir hasar oluşursa ilgili dişin tedavisi için diş hekiminize başvurmanız gerekebilir.

Yüz ve gözde oluşabilecek yaralanmalar: Ağız dışında kullanılan apareyler yüzde ve gözde bazı yaralanmalara sebep olabilir. Özellikle göz yaralanmaları acil müdahale gerektirebilir. Ağız dışı apareylerin yerinden çıkıp zarar verebileceği durumlarda, spor aktiviteleri ve oyunlarda takılmaması önemlidir.

Alerji: Ortodontik apareylerin içeriğinde bulunan nikel vb. maddelere karşı bazı bireylerde hassasiyete bağlı alerjik reaksiyon gelişebilir. Bu durum tedavi planında bir değişiklik gerektirebilir. Çok nadir olmasına rağmen dental materyallere karşı oluşan alerjilerde tıbbi müdahale gerekebilir.

Dişlerde canlılık kaybı: Daha önce travmaya uğramış veya derin çürüğü olan bir dişin sınırları zarar görmüş olabilir. Ortodontik diş hareketi bazı vakalarda bu durumu şiddetlendirebilir. Böyle bir durumda kök kanal tedavisi gerekebilir. Ciddi vakalarda diş veya dişlerin kaybı söz konusu olabilir.

Çene Eklemi Bozukluğu: Çene eklemlerinde ağrı, baş ağrısı ve kulak şikayetlerine neden olan problemler oluşabilir. Çene eklemlerinin sağlığını etkileyen etiyolojik faktörler arasında geçmişte meydana gelen travmalar, artrit, genetik hastalıklar, diş sıkma ve gıcırdatma, dişlerde kapanış problemleri ve pek çok medikal durum sayılabilir. Eklem problemi ortodontik tedavi ile veya ondan bağımsız ortaya çıkabilir. Çene eklemi ile ilgili ağrı, ses, ağız açma veya kapatmada güçlük gibi belirtileri fark eder etmez ortodontistinizi bilgilendirin. Bu durumda medikal veya dental başka bir tedavi ihtiyacı olabilir.

Dişlerin Aşındırılması: Tedavi sırasında yer elde etmek amacıyla dişlerin komşu yüzeylerinden mine seviyesinde aşındırmalar yapılabilir. Ayrıca tedavinin sonlanmasının ardından dişlerdeki bazı küçük uyumsuzlukları gidermek, kapanışı dengelemek ve estetik düzeltmeler yapmak için ufak aşındırmalar gerekebilir. Dişlerin eski haline dönme olasılığını azaltmak için de dişlerin arayüzlerindeki mineden küçük miktarlarda aşındırma yapılabilir.

Diş Çekimi: Bazı durumlarda ortodontik sorunun tedavi edilebilmesi için daimi dişlerin

çekilmesi gerekebilir ve bu rutin bir uygulamadır. *Çekimli Ortodontik Tedavi* olarak adlandırılan bu yöntemde, hekiminizin tıbbi açıdan uygun gördüğü dişlerin çekilmesi söz konusudur. Diş çekimini takiben oluşan boşluklar, ortodontik tedavi ile tamamen kapatılır. Dişlerin çekimi ile ilgili olası riskleri diş çekiminden önce diş hekiminize danışmanızda yarar olacaktır.

Yirmi Yaş Dişlerinin Çekimi: Yirmi yaş dişleri sürdüğünde dişlerinizin diziliminde değişiklikler olabilir. Diş hekiminiz ve/veya ortodontistiniz dişin çekilmesi gerekip gerekmediğini, çekilecekse ne zaman çekileceğini belirlemek için bu dişleri değerlendirmelidir.

Tütün Ürünlerinin Kullanımı: Sigara içmenin ve tütün çiğnemenin dişeti hastalığı riskini artırdığı ve ağız cerrahisi sonrası iyileşmeyi bozduğu gösterilmiştir. Tütün kullanıcıları aynı zamanda ağız kanserine, dişeti çekilmelerine ve dişlerde sürme gecikmelerine karşı daha fazla eğilim göstermektedir. Eğer tütün kullanıcısıysanız (sigara içiyorsanız) ortodontik tedavinizin etkilenme olasılığını da göz önünde tutmalısınız.

İdeal Olmayan Sonuçların Ortaya Çıkması: Dişlerdeki boyut, şekil çeşitliliğinin fazlalığı, eksik dişler gibi nedenlerle bazen ideal sonuca ulaşılamayabilir (boşluğun tam olarak kapatılamaması gibi). Bu durumda dolgu, kaplama, köprü ve dişeti tedavisi gibi ilave tedaviler gerekebilir.

Lokal Anestezi İhtiyacı: Tedaviler esnasında ağrı kontrolünü sağlamak amacıyla lokal anestezi uygulanmaktadır. Gerekli hallerde öncelikle topikal anestezi madde (sprey) ile dişeti veya yanağın iç kısmı uyuşturulur. Anestezi sıvı enjektör ile verilerek, diş ve bulunduğu bölge bir süreliğine hissizleştirilir. 2-4 saat sonrasında anestezinin etkisi ortadan kalkar. Lokal anestezi uygulanmadığı durumda işlemler ya çok ağrılı olacağından yapılamamakta ya da daha komplike bir işlem/sedasyon altında yapılmaktadır. Lokal anestezi uygulaması sonrası nadir de olsa hastada alerjik reaksiyonlar, his kaybı, kanama, geçici kas spazmları, geçici yüz felci görülebilir. Bölgede anatomik farklılıklar veya akut enfeksiyonlar varsa anestezi başarısız olabilir. Lokal anestezi uygulanan bölge yaklaşık 2-4 saat boyunca hissizdir. Bu nedenle ısırmaya bağlı yanak içi ve dudakta yara oluşmaması için hissizlik geçene kadar yeme içme önerilmez.

Cerrahi Gerektiren Durumlar: Ortodontik soruna eşlik eden şiddetli çene uyumsuzluğu olduğunda, ortodontik tedavi ile birlikte çenelerin ameliyatı (çenelerin cerrahi olarak yeniden uyumlanması) gerekebilir. Bu tedavi seçeneğine karar verirken ortodontist, cerrahi ve anestezi uzmanlarıyla tedavi ile anestezinin riskleri görüşülmelidir. Cerrahi tedaviye karar verilen hastalarda ilerleyen dönemlerde hastanın ameliyattan kendi isteği üzerine vazgeçmesi durumunda hastanın tedavisine son verilir. Planlanan cerrahi işlem yapılmadan ortodontik tedavi yarım bırakılırsa tedavi öncesinden daha kötü bir kapanış bozukluğuyla karşı karşıya kalınabileceği unutulmamalıdır.

Geçici Destek Araçları (Mini Vidalar-Plaklar): Ortodontik tedaviniz sırasında geçici destek araçlarına ihtiyaç duyulabilir (kemiğe yerleştirilen metal vida ve plaklar gibi). Bu araçlar ile ilgili olarak bazı riskler söz konusu olabilir.

Vidaların gevşemesi durumunda yerinden çıkarılması, yeniden yerleştirilmesi veya daha geniş bir vida ile yer değiştirilmesi gerekebilir. Vida ve ilgili maddeler kaza ile yutulabilir, nefes borusuna kaçabilir ve hastaya zarar verebilir. Destek aygıtı yeterli süre boyunca stabilize edilemezse alternatif bir tedavi planı gerekecektir.

Vidanın etrafındaki doku enfekte olabilir, iltihaplanabilir veya vidanın etrafında yumuşak doku büyüyebilir. Böyle bir durumda vidanın çıkarılması, büyüyen dokunun kesilmesi ve/veya antibiyotik ilaç ve antimikrobiyal gargara kullanılması gerekebilir.

Vidanın yerleştirilmesi ve/veya çıkarılması sırasında vida kırılabilir. Bu durumda kırılan parça doku içinde bırakılabilir veya cerrahi olarak çıkartılabilir.

Vidanın veya plağın kemiğe yerleştirilmesi sırasında diş kökleri, komşu sinirler zarar görebilir, duyu kaybı oluşabilir veya üst çenede sinüs boşluğu açılabilir. Genellikle bu problemler çok önemli sonuçlar doğurmaz. Ancak ilave dental veya medikal işlemler gerekebilir.

Bu araçların yerleştirilmeleri ve çıkarılmaları öncesinde lokal anestezi kullanılabilir. Lokal anesteziye karşı geçmişte yaşadığınız olumsuz bir durum olduysa vida veya plak yerleştirme işlemini yapacak olan hekime mutlaka belirtiniz.

Önerilen Tedavi Uygulanmazsa Ne Olur?

Ortodontik problemin ciddiyetine bağlı olarak değişen sonuçlar ortaya çıkabilir. Hafif ortodontik anomalilerde hastanın konuşma, yeme ve solunum fonksiyonlarında önemli bir değişiklik olmayacaktır. Ancak ağır ortodontik ve ortopedik problemler söz konusu ise sağlıklı çiğneme yapılamayabilir, konuşma ve solunum etkilenebilir, eklem problemleri ortaya çıkabilir, dişlerdeki çapraşıklık artabilir, istenmeyen hareket ve alışkanlıklar gelişebilir.

Ortodonti Dışındaki Tedavi Seçenekleri Nelerdir?

Bütün hastalar mevcut durumunu kabullenerek ortodontik tedavi almamayı da ciddi olarak düşünmelidir. Ortodontik problem çok ciddi bir fonksiyon bozukluğuna neden olmuyorsa ve hasta tedavi süresince kooperasyon sorunu yaşayacaksa diğer tedavi seçenekleri daha iyi bir tercih olacaktır. Ortodontik tedaviye alternatif tedaviler kişinin problemine göre değişiklik göstermekle birlikte daha çok restoratif ve protetik çözümleri içermektedir. Bunlar arasında, estetik dolgular, kompozit veya porselen laminalar, kaplama veya köprü protezleri, implant uygulamaları sayılabilir. Tedaviye başlamadan önce doktorunuzla alternatif tedavileri hakkında bilgi almalısınız.

Onay

Tüm ağız ve ilgili çevre dokularımın detaylı muayenesi yapıldı. Ayrıca ilgili bölümlerdeki hekimler tarafından hastalığımın ne olduğu, tedavinin neden gerektiği, içerdiği riskler, oluşabilecek problemler, alternatif yöntemler, tedavi sonrası oluşabilecek değişiklikler, başarı olasılığı ve iyileşme sürecinde yaşanabilecek ve gerektiğinde rızam dahilinde tedavimden vazgeçebileceğim durumlar tarafıma açıklandı.

Teşhis ve tedavi esnasında;

- Konsültasyon ve ilave tetkiklerin istenebileceği, tedavi sürecime katılabileceği,
- Stajer öğrencilerin tanı ve tedaviye katılabileceği, asistan ve öğretim üyeleri denetiminde çalışabilecekleri,
- Tedavimle ilgili kayıtları almak amacıyla Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi hekimlerinin, stajer öğrencilerin, dental teknisyen ve röntgen teknisyenlerinin röntgenlerimi çekebileceği,
- Kimlik bilgilerimin gizli tutularak anamnez bilgilerimin, radyolojik görüntülerimin, fotoğraflarımın, ilgili tüm tanı kayıtlarımın, tetkik sonuçlarımın (patoloji raporu, laboratuvar sonuçları vb.) teşhis, bilimsel, eğitim veya araştırma amaçlı kullanılabileceği,
- Verilen randevulara aksatmadan gelmem gerektiği ve hekimimin tedavi ile ilgili öneri ve uygulamalarına uymamın tedavimin sonuçlarını doğrudan etkileyeceği, tarafıma açıklandı.

(Lütfen aşağıdaki boşluğa **"BU ONAM FORMUNU, OKUDUM ve ANLADIM."** yazarak imzalayınız)

	Adı-Soyadı	İmza	Tarih
Hasta			
Hastanın yasal temsilcisi:			
Bilgilendirmeyi yapan hekim:			
Tercüman (kullanılması halinde):			

Hastanın Soruları: ☐ Yok ☐ Var

1.

2.

