



YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

ORTODONTİDE SERVİKAL VERTEBRA MATÜRASYON
AŞAMASININ BELİRLENMESİNDE MOBİL UYGULAMANIN
DOĞRULUK VE GÜVENİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Aseel MOQBEL

Lefkoşa
Temmuz, 2025

ASEEL MOQBEL

Ortodontide Servikal Vertebra Matürasyon
Aşamasının Belirlenmesinde Mobil Uygulamanın
Doğruluk ve Güvenilirliğinin Değerlendirilmesi

DOKTORA TEZİ

2025

YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORTODONTİ ANABİLİM DALI

ORTODONTİDE SERVİKAL VERTEBRA MATÜRASYON
AŞAMASININ BELİRLENMESİNDE MOBİL UYGULAMANIN
DOĞRULUK VE GÜVENİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Aseel MOQBEL

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Zahir ALTUĞ

Lefkoşa
Temmuz, 2025

Onay

ASEEL MOQBEL tarafından hazırlanan “**ORTODONTİDE SERVİKAL VERTEBRA MATÜRASYON AŞAMASININ BELİRLENMESİNDE MOBİL UYGULAMANIN DOĞRULUK VE GÜVENİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tez, kapsam ve nitelik açısından kalite standartlarına uygunluğu ile ilgili Ortodonti Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak 29/07/2025 tarihinde kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Adı – Soyadı

İmza

Juri Başkanı/ Danışman: Prof. Dr. Zahir Altuğ

Juri Üyesi: Prof. Dr. Ulaş Öz

Juri Üyesi: Doç. Dr. Lokman Onur Uyanık

Juri Üyesi: Yrd. Doç. Dr. Kemal Güldüren

Juri Üyesi: Yrd. Doç. Dr. Mohamad Talal Radwan

Anabilim/ Anasanat Dalı Başkanı Onayı

29/07/2025

Yrd. Doç. Dr. Beste KAMILOĞLU

Anabilim/Anasanat Dalı Başkanı

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

29/07/ 2025

Prof. Dr. Kemal Hüsnü Can Başer

Enstitü Müdürü



Etik İlkelerle Uygunluk Beyanı

Bu tezin içinde sunduğum verileri, bilgileri ve belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kurallar gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Aseel MOQBEL

29/07/2025

Teşekkür

Bu tezin başarıyla tamamlanması, pek çok kişinin paha biçilmez desteği, rehberliği ve teşviki olmaksızın mümkün olamazdı. Bu vesileyle, katkı sunan herkese en derin şükranlarımı sunarım.

Her şeyden önce, akademik yolculuğum ve hayatım boyunca sonsuz lütfu, rehberliği ve inayetiyle beni destekleyen Yüce Allah’a en derin minnet ve şükranlarımı arz ederim.

Özellikle tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Zahir Altuğ’a üstün akademik rehberliği, engin bilgisi ve sürekli desteği için derin bir şükran borçluyum. Sayın Hocam, bana ayırdığı zaman ve gösterdiği ilgi sayesinde bu çalışmayı tamamlamak mümkün olmuştur. Kendisiyle çalışmak, benim için büyük bir ayrıcalık olmuştur.

Ayrıca değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Beste Kamiloğlu’na, bu süreç boyunca sunduğu kıymetli rehberlik için gönülden teşekkür ederim. Saygıdeğer Hocam, sizin desteğiniz ve teşvikiniz olmaksızın bu başarıya ulaşmam mümkün olmazdı.

Dr. Mohamad Talal Radwan’a, bana duyduğu güven ve hatalar yoluyla öğrenmeyi teşvik eden yaklaşımı sayesinde hem akademik hem de kişisel gelişimime sağladığı katkılar için içtenlikle teşekkür ederim. Desteğinizin üzerimde kalıcı bir etkisi oldu—minnettarım.

Kişisel düzeyde, aileme olan derin minnettarlığımı ifade etmek isterim. Sevgili anne ve babam, Anes ve Asmahan—koşulsuz sevginiz, fedakârlıklarınız ve sürekli desteğiniz tüm başarılarımın temelini oluşturmuştur. Bana olan inancınız, en zor anlarda dahi yolumu aydınlatmıştır. Kardeşim Monther’a ve tüm geniş aileme gönülden teşekkür ederim. Sizlerin inancı ve desteği, bu yolculukta bana güç vermiştir.

Bu süreçte ailem gibi gördüğüm dostlarım İsmet Ersalıcı, Özel Baysen, Bijan Ganjalı, Deniz Şevik, Şerife Hasoğlu, Beren Özsoy ve Hikmet Sönmez'e de özel olarak teşekkür ederim. Arkadaşlığınız, desteğiniz ve varlığınız bana güç ve sevinç kaynağı olmuştur. Ayrıca, birlikte çalıştığım tüm arkadaşlarıma ve öğrenci arkadaşlarıma, bu akademik yolculuğu anlamlı ve zengin kıldıkları için içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, bu tezi, aramızdan ayrılmış olan sevgili kardeşim Abdulsalam'ın aziz hatırasına ithaf etmek isterim. Her ne kadar artık aramızda olmasa da, onun varlığı, etkisi ve hatırası bu çalışmada bana ilham vermiştir. Bu tez, birçok bakımdan onun mirasına bir saygı duruşudur.

Aseel Moqbel

Özet

Ortodontide Servikal Vertebra Matürasyon Aşamasının Belirlenmesinde Mobil Uygulamanın Doğruluk ve Güvenilirliğinin Değerlendirilmesi

Moqbel, Aseel

Doktora, Ortodonti Anabilim Dalı

Temmuz 2025, 89 sayfa

Bu çalışma, servikal vertebra matürasyonu (SVM) evrelemesinde Baccetti yöntemi kullanılarak geliştirilen “Easy Age” adlı mobil uygulamanın doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Toplam 200 ortodonti öncesi lateral sefalometrik (LS) görüntü, servikal matürasyonun tüm evrelerini temsil edecek şekilde retrospektif olarak toplanmış ve analiz edilmiştir. Çalışmaya sekiz diş hekimliği lisans öğrencisi katılmış; her biri “Easy Age” uygulamasını Apple iOS veya Android işletim sistemi (İS) platformlarında kullanmıştır. Uygulamanın doğruluğu, uzman bir ortodontist tarafından yapılan sınıflandırmalarla karşılaştırılmış ve altın standart kabul edilen bu değerlendirme doğrultusunda intraclass correlation coefficient (ICC) ile ölçülmüştür. Öğrenciler arası güvenilirlik ise Cohen’s kappa katsayısı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre uygulama, $ICC = 0,955$ değeriyle uzman değerlendirmesiyle “neredeyse mükemmel uyum” düzeyinde yüksek doğruluk sergilemiştir. Ancak öğrenci kullanıcılar arasında, uygulamanın güvenilirliği Cohen’s $kappa = 0,56 \pm 0,042$ ile orta düzeyde bulunmuştur. Özellikle SVM evre 2 ve 3’te, iOS ve Android kullanıcıları arasında belirgin sınıflandırma farklılıkları gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, “Easy Age” uygulaması, SVM evrelemesi için güvenilir bir araç olarak değerlendirilmektedir; ancak farklı platformlar arasında tutarlılığı artırmak amacıyla ek kalibrasyon çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ortodonti, Servikal Vertebra Matürasyonu, İskeletsel Yaş, Mobil Uygulama

Abstract

Evaluating Accuracy and Reliability of Mobile App for Cervical Vertebral Maturation Staging in Orthodontics

Moqbel, Aseel

PhD, Department of Orthodontics

July, 2025, 86 pages

This study aims to evaluate the accuracy and reliability of the “Easy Age” mobile app for cervical vertebral maturation (CVM) staging using the Baccetti method.

A total of 200 pretreatment lateral cephalograms (LCs), representing all stages of cervical maturation, were retrospectively collected and analysed. Eight undergraduate dental students participated in the study, each utilizing the “Easy Age” app on either Apple iOS or Android operating system platforms. The app’s accuracy was evaluated by comparing its classifications to those made by an expert orthodontist, serving as the gold standard, using the intraclass correlation coefficient (ICC). Inter-observer reliability among the students was assessed using Cohen’s kappa.

The findings indicated that the app demonstrated high accuracy, with an ICC of 0.955, signifying almost perfect agreement with the expert assessment. However, the app's reliability among student users was moderate, as reflected by an average Cohen’s kappa value of 0.56 ± 0.042 . Notable discrepancies in CVM stage classifications were observed between iOS and Android users, particularly at stages 2 and 3. In conclusion, the “Easy Age” app is a reliable tool for CVM staging, though further platform calibration may improve consistency.

Key Words: Orthodontics, Cervical Vertebral Maturation, Skeletal Age, Mobile App

İçindekiler

ONAY	I
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÖZET	V
ABSTRACT.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar LISTESİ	XI
ŞEKİLLER LISTESİ	XII
KISALTMALAR LISTESİ.....	XIII

BÖLÜM I

1. GİRİŞ	1
----------------	---

BÖLÜM II

2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1 Ortodontik Tedavi Zamanlaması	5
2.2 Büyüme Modifikasyonu.....	6
2.2.1 Transvers Büyüme Modifikasyonu	8
2.2.2 Dikey Büyüme Modifikasyonu	9
2.2.3 Sagittal (Anteroposterior) Büyüme Modifikasyonu	10
2.3 İskeletsel Yaş (İY)	11
2.3.1 İskeletsel Matürasyon (İM) Belirteçleri	13
2.3.1.1 Radyolojik Göstergeler.....	14

2.3.1.1.1 EB Radyografileri.	14
2.3.1.1.2 OPG / İnteraoral Periapikal Radyografiler.....	15
2.3.1.1.3 LS Radyografilerde Frontal Sinüs Gelişimi.	16
2.3.1.1.4 LS Görüntülerinde SVM.	17
2.4 Akıllı Telefonların Tarihçesi.....	27
2.5 Akıllı Telefon Sahipliğinin Önemi, Yaygınlığı ve Demografik Dağılımı	28
2.5.1 Yaşa Göre Mobil Telefon Kullanımı	29
2.5.2 Cinsiyete Dayalı Mobil Telefon Kullanım Farklılıkları	30
2.5.3 Coğrafi Farklılıklara Göre Mobil Telefon Kullanımı.....	30
2.5.4 Mobil Telefonlar ve Tüketici Eğitimi.....	31
2.6 Akıllı Telefon İşletim Sistemleri (İS)	32
2.6.1 Symbian İS	33
2.6.2 webOS.....	33
2.6.3 BlackBerry İS	34
2.6.4 Windows Phone.....	34
2.6.5 Android İS	35
2.6.6 iPhone İS (iOS)	36
2.7 Mobil Uygulama Geliştirme	37
2.7.1 Java Platform Micro Edition (Java ME)	37
2.7.2 Python	38
2.7.3 Qt.....	39
2.7.4 Silverlight.....	40
2.8 Mobil Uygulamalar	41
2.9 Ortodontide Kullanılan Mobil Uygulamalar	43

BÖLÜM III

3. YÖNTEM.....	45
3.1 Etik Onay	45
3.2 Veri Setinin Toplanması	45
3.3 Dışlama Kriterleri	45
3.4 Katılımcılar ve Örneklem.....	47
3.5 İstatistiksel Analiz	50

BÖLÜM IV

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	54
------------------------------	----

BÖLÜM V

5. TARTIŞMA	59
-------------------	----

BÖLÜM VI

6. SONUÇ.....	72
7. KAYNAKÇA	73
8. EKLER	87
9. ÖZGEÇMİŞ	89

Tablolar Listesi

Tablo 1. SVM Evrelerinin Kısa Açıklamaları (Baccetti Yöntemi, 2002)	24
Tablo 2. SVM Evrelerinin Kısa Tanımları (Baccetti Yöntemi, 2005).....	25
Tablo 3. SVM Yönteminin Tarihsel Gelişimine Kısa Bakış.	26
Tablo 4. ICC Değerlerinin Yorumlanması.....	51
Tablo 5. Landis & Koch (1977) Ölçeğine Göre Kappa Değeri Yorumlaması	52
Tablo 6. Apple iOS ve Android İS Kullanıcıları Arasında Evrelere Göre Yüzde Uyumu ve Farkı Karşılaştırması	58

Şekiller Listesi

Şekil 1 Lamparski (1972) Tarafından Önerilen SVM Evreleri	18
Şekil 2 Hassel ve Farman (1995) Tarafından Önerilen SVM Evreleri	21
Şekil 3 S2, S3 ve S4 Vertebra Gövdelerinin Morfolojik Özelliklerinin Kantitatif Analizi İçin Kullanılan Sefalometrik Referans Noktaları.....	23
Şekil 4 Hareket Artefaktları Gösteren LS Görüntüsü	46
Şekil 5 Dışlanan Bir LS Örneği: Vertebraların Tamamı Görüntü Alanında Değildir	46
Şekil 6 Hariç Tutulan LS Örneği, Vertebraların Tam Gövdesi Görüntüde Yer Almamaktadır.....	47
Şekil 7 “Easy Age” Mobil Uygulamasında Sunulan SVM Yöntemi Arayüzü.....	48
Şekil 8 “Easy Age” Mobil Uygulamasının Ana Ekranı	49
Şekil 9 “Easy Age” Mobil Uygulamasında Sonuç Uyumunu Gösteren ICC Analizi	54
Şekil 10 Cihaz Türüne Göre Ortalama SVM Evresi Dağılımı.....	55
Şekil 11 Apple iOS ve Android İS Kullanıcılarının SVM Evrelerine Göre Dağılımı.....	56
Şekil 12 Apple iOS ve Android İS Kullanan Gözlemcilerin Kappa Değerleri ve Yorumları	57
Şekil 13 Geçersiz SVM Evresi Girişlerinde Android İS Uygulamasının Hata Yönetimi	69

Kısaltmalar Listesi

İY:	İskeletsel Yaş
SV:	Servikal Vertebralar
SVM:	Servikal Vertebra Matürasyonu
LS:	Lateral Sefalometrik
İM:	İskeletsel Matürasyon
EB:	El-Bilek
İS:	İşletim Sistemi
OPG:	Ortoptomografi
ICC:	Intraclass Correlation Coefficient

BÖLÜM I

1. Giriş

Ortodontik tedavinin başlatılması için en uygun zamanın belirlenmesi, halen süregelen bilimsel tartışmaların odağında yer almakta olup bu konuda kesin yargılara varılmasını sağlayacak uzunlamasına ve prospektif çalışmalar sınırlıdır. Erken müdahalenin potansiyel faydalarının değerlendirilmesi, farklı yaş grupları arasında dişsel, iskeletsel ve genel matürasyon düzeylerindeki doğal değişkenlik nedeniyle daha da karmaşık hâle gelmektedir (Fleming & Andrews, 2023).

Tartışmanın temel noktalarından biri, maloklüzyonların erken karışık dişlenme döneminde ele alınmasının mı, yoksa geç karışık ya da daimi dişlenme döneminde — maloklüzyonun tamamen geliştiği evrede — başlatılmasının mı daha avantajlı olduğudur. Bu tartışma, genellikle iki aşamalı tedavi yaklaşımının getirdiği zorlukların algılanmasıyla şekillenmektedir. Genellikle 6 ila 12 ay süren ilk aşama, gelişimin erken evrelerinde dentoiskeletsel ilişkilerin iyileştirilmesini hedeflerken; ikinci aşama, daimi dişlerin sürmesinden sonra gerçekleştirilmekte ve tedavinin tamamlanmasına odaklanmaktadır (Batista, 2018).

Koruyucu ortodonti, oklüzyonun normal gelişimini desteklemeye ve maloklüzyonların oluşumunu önlemeye yönelik uygulamaları kapsar. Buna karşılık, önleyici (interseptif) ortodonti, maloklüzyonlar ortaya çıkmaya başladığında normal oklüzyonu yeniden sağlamak amacıyla yapılan müdahaleleri ifade eder. Maloklüzyonların etiyolojisi genellikle genetik ve çevresel etkenlerin birleşiminden kaynaklanır ve bu süreç yıllar içinde şekillendiğinden belirli nedenlerin saptanması güçleşmektedir (Fleming, 2017).

Büyüme modifikasyonu, çocuklarda iskeletsel maloklüzyonların yönetiminde iki aşamalı ortodontik tedavi yaklaşımının ilk evresini oluşturur. Bu tür müdahaleler yalnızca kemiklerin aktif olarak büyümekte olduğu dönemlerde mümkündür ve en yüksek etki, büyüme atakları olarak adlandırılan hızlı büyüme dönemlerinde elde edilir.

Ortodontistler, istenen sonuçlara ulaşmak amacıyla çene kemiğinin konumunu, şeklini, uzunluğunu ya da genişliğini değiştirmek üzere büyüme modifikasyonu aygıtları kullanmaktadır (Alhammedi, 2018).

Tedavi planlaması, hastanın büyüme potansiyeliyle uyumlu olacak şekilde kişiselleştirilebilir. Ancak büyüme hızlarının bireyler arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği iyi belgelenmiş bir gerçektir; bu nedenle ortodontik planlamada bu farklılıkların dikkatle göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Linden, 1986).

Kemik gelişimi, dental evre, kronolojik yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu ve çevre-pubertal cinsel karakteristiklerin gözlemlenmesi, bireyin büyüme evresini belirlemede en sık kullanılan parametreler arasındadır. Genel somatik büyümenin zamanı, süresi ve hızı ile matürasyon evresinin belirlenmesi, ortodontik tanıda kritik rol oynar. Zira hastaların büyük çoğunluğunda mevcut ya da yaklaşmakta olan büyüme süreci, olguların prognozu ve nihai tedavi sonuçları üzerinde temel bir etkiye sahiptir (Baccetti, 2002; Baccetti, 2005).

Biyolojik olgunluk düzeyini tahmin etmek için geleneksel olarak kronolojik yaş kullanılagelmiştir; ancak çocuklar arasındaki büyüme paternlerinin yüksek derecede değişkenlik göstermesi nedeniyle kronolojik yaş, güvenilir bir gösterge olarak kabul edilmemektedir (örneğin bkz. Fishman, 1979).

Buna karşılık, iskeletsel yaşın (İY), yüz gelişim hızıyla daha güçlü bir korelasyon gösterdiği kanıtlanmıştır ve bu yönüyle klinik ve gelişimsel değerlendirmelerde daha doğru bir öngörü sağlayan bir parametre olarak öne çıkmaktadır (Bergersen, 1972; Björk & Helm, 1967; Flores-Mir, 2004).

1972 yılında Lamparski, servikal vertebraların (SV) iskeletsel matürasyon (İM) süreci boyunca belirgin morfolojik değişiklikler geçirdiğini gözlemlemiştir. Bu değişikliklerin özellikle ikinci ile altıncı SV arasında meydana geldiğini ve el-bilek (EB) radyografilerinde elde edilen geleneksel değerlendirmelere kıyasla benzer tanısal değere

sahip olabileceğini göstermiştir. Bulgularına dayanarak Lamparski, servikal vertebra matürasyonunu (SVM) değerlendirmek amacıyla altı evreli bir sınıflandırma sistemi önermiştir (Lamparski, 1972).

1995 yılında Hassel ve Farman, Lamparski'nin (1972) İM değerlendirme yöntemini sadeleştirerek yalnızca üç SV'ye — S2 vertebranın odontoid çıkıntısı ile S3 ve S4 vertebralara — odaklanan bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu modifikasyon, radyografik görüntüleme sırasında tiroit koruyucu yaka kullanımı nedeniyle sıklıkla görüntülenemeyen S5 ve S6 vertebraları dışarıda bırakmıştır. Bu sadeleştirilmiş yöntem sayesinde, klinisyenler lateral sefalometrik (LS) radyografiler üzerinden bireyin büyüme potansiyelini pratik biçimde tahmin edebilmektedir (Hassel & Farman, 1995).

SVM evrelemesinde, bilgisayar programları ve mobil uygulamaların devreye girmesiyle birlikte önemli teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır. Bu yenilikler, tanısal doğruluğu artırmayı, insan hatasını en aza indirmeyi ve bireysel gözlemcilerin deneyimine olan bağımlılığı azaltmayı hedefleyen otomatik algoritmalar aracılığıyla uygulanmaktadır (Sokic ve ark., 2012).

2015 yılında Mamillapalli ve arkadaşları, SVM değerlendirmesinde akıllı telefon tabanlı bir uygulamanın kullanımını başlatarak dijital araçların ortodontiye entegrasyonunda önemli bir dönüm noktasına imza atmıştır. Bu tarihten itibaren bu amaca yönelik çeşitli mobil uygulamalar geliştirilmiştir. Ancak bu uygulamaların doğruluğunu değerlendiren çalışmaların eksikliği, literatürde çelişkili bulgulara neden olmuştur (Mamillapalli ve ark., 2015).

Bu eksiklikleri gidermek amacıyla yürütülen bu çalışma, Baccetti yöntemine dayalı olarak geliştirilen “Easy Age” adlı mobil uygulama aracılığıyla gerçekleştirilen SVM evrelemesini değerlendirmektedir. Çalışmada, “Easy Age” uygulamasının performansı, doğruluk açısından altın standart olarak kabul edilen deneyimli bir ortodontistin değerlendirmeleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca uygulamanın güvenilirliği, sekiz diş hekimliği öğrencisinin uygulamayı kullanarak yaptığı değerlendirmeler

arasındaki uyum düzeyinin analiz edilmesiyle ölçülmüştür. Bu çok yönlü yaklaşım, klinik uygulamalarda SVM evrelemesinin dijital çözümlerle sadeleştirilmesi ve standartlaştırılması potansiyeline ışık tutmayı amaçlamaktadır.

Hem doğruluk hem de güvenilirlik boyutlarının incelenmesiyle bu araştırma, “Easy Age” gibi uygulamaların ortodontik alanda güvenilir araçlar hâline gelip gelemeyeceğini ortaya koymayı hedeflemekte; böylece teknolojinin tanı ve tedavi planlamasında insan uzmanlığını nasıl tamamlayabileceğine dair önemli bilgiler sunmaktadır.

BÖLÜM II

2. Literatür Taraması

2.1 Ortodontik Tedavi Zamanlaması

Ortodonti, ilk ortaya çıktığı dönemden bu yana, tedaviye başlamak için en uygun zamanın belirlenmesi gibi karmaşık bir sorunla karşı karşıya kalmıştır. Yirminci yüzyılın sonlarına kadar tedavi zamanlamasına ilişkin kararlar büyük ölçüde klinik yargı, uzman görüşleri ve özellikle Avrupa kökenli klinisyenlerce yaygın olarak uygulanan “fonksiyonel çene ortopedisi” gibi yöntemlerin raporlanan başarılarına dayanmaktaydı. Tanı ve tedavi olanaklarında önemli ilerlemeler sağlanmış olmasına rağmen, ortodontik tedaviye ne zaman başlanması gerektiği sorusu hâlâ kesin bir yanıt bulamamış ve mesleki tartışmaların ana başlıklarından biri olmaya devam etmektedir. Ortodonti uzmanları ile genel diş hekimlerinin her ikisi de erken müdahaleyi savunmakta; bu durum, alandaki fikir ayrılıklarını yansıtmaktadır (Wahl, 2006).

“Erken tedavi” kavramı, meslek mensupları arasında farklı şekillerde yorumlanmaktadır. Bazı klinisyenler bu terimi, sabit veya hareketli apareylerin süt dişlenme döneminde, erken karışık dişlenme döneminde (ilk daimi molar ve kesici dişlerin sürdüğü evre) ya da orta karışık dişlenme döneminde (birinci küçük azı dişleri ve daimi mandibular köpek dişlerinin sürmesinden önceki dönem) kullanımını ifade edecek şekilde tanımlamaktadır. Diğer klinisyenler ise erken tedaviyi, ikinci küçük azı ve daimi maksiller köpek dişlerinin sürmesinden önceki geç karışık dişlenme döneminde başlatılan müdahaleler olarak kabul etmektedir (Hsieh ve ark., 2005).

Erken ortodontik tedavinin başarısı büyük ölçüde ele alınan maloklüzyonun türüne bağlıdır. Bu konudaki tartışmaların merkezinde ise iki aşamalı tedavi yaklaşımının yaygın biçimde uygulanması yer almaktadır. Birinci aşama (Faz I), genellikle karışık dişlenme döneminde uygulanmakta ve dentoiskeletsel yapıları modifiye etmeye yönelik, 6 ila 12 ay süren aktif bir tedavi sürecini içermektedir. İkinci aşama (Faz II) ise tüm daimi dişlerin sürdüğü erken ergenlik döneminde başlamakta ve

dişlerin hizalanması ile tedavinin sonlandırılmasına odaklanmaktadır (Batista ve ark., 2018).

Bazı maloklüzyonlar, zamanında başlatılan iki aşamalı tedavi ile etkili bir şekilde kontrol altına alınabilir ve bu sayede daimi dişlenme döneminde gereken müdahale düzeyi azaltılabilir. Ancak tedavi evreleri arasında uygun vaka takibi, elde edilen sonuçların korunması ve ikinci fazın yoğunluğunun azaltılması açısından kritiktir. Buna karşın, gereksiz ya da aşırı müdahaleden kaçınmak için doğru vaka seçimi büyük önem taşır. Erken iki aşamalı tedavinin yararlarını ortaya koymak zordur; zira bu yaklaşımı geç yaşta başlatılan tek aşamalı tedavilerle doğrudan karşılaştıran uzunlamasına çalışmaların yürütülmesi oldukça güçtür. Ayrıca, farklı yaş gruplarındaki bireyler arasında gözlemlenen dişsel, iskeletsel ve biyolojik gelişimsel farklılıklar bu değerlendirmeyi daha da karmaşık hâle getirmektedir (Martu ve ark., 2018).

Bu bağlamda, özellikle iki aşamalı tedavi protokollerinin daha fazla zaman ve maliyet gerektirmesi nedeniyle, erken tedaviye başlamadan önce titiz bir risk–yarar analizi yapılması elzemdir. Koruyucu ortodonti, normal oklüzyon gelişimini desteklemeyi ve maloklüzyonların ortaya çıkmasını önlemeyi amaçlarken; önleyici (interseptif) ortodonti, yeni oluşmakta olan maloklüzyonları erken evrede durdurarak işlevsel oklüzyonu yeniden kurmayı hedefler (Fleming, 2017).

Daimi dişlerin tümü sürmeden önce ortodontik müdahaleye başlanmasına yönelik karar; kraniyofasiyal büyüme paternlerine etki etme potansiyeli, hastadan beklenen iş birliği düzeyi ve klinik yönetimle ilgili lojistik hususlar gibi çeşitli, birbiriyle ilişkili faktörlerden etkilenir. Bu unsurların her biri, erken müdahalenin gerekliliği ve en uygun zamanlamasının belirlenmesinde dikkatle değerlendirilmelidir (Graber, 2017, s. 404).

2.2 Büyüme Modifikasyonu

Büyüme modifikasyonu, uzun süredir ortodontik tedavinin temel bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Ancak bu yaklaşımın dayandığı teorik çerçeve ve klinik etkinliğine ilişkin mesleki tutumlar, zamanla önemli ölçüde değişim göstermiştir. 19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlarında, büyüme modifikasyonu görece basit bir süreç olarak değerlendirilmekteydi. Bu dönemde, kraniyofasiyal gelişimin büyük ölçüde çevresel faktörlerle şekillendiğine inanılmaktaydı (De Clerck & Proffit, 2015).

Bu dönemde tedavi başarısı genellikle dental oklüzyonda sağlanan iyileşmelere göre değerlendirilmekteydi. Ancak 20. yüzyılın ortalarına gelindiğinde, LS analizlerde kaydedilen ilerlemeler, tedaviyle elde edilen değişimlerin büyük ölçüde diş hareketlerinden kaynaklandığını ve gerçek anlamda iskeletsel modifikasyonun sınırlı kaldığını ortaya koymuştur (De Clerck & Proffit, 2015).

İdeal olarak, çene iskeletleri arasındaki bozukluklar hastanın doğal büyüme potansiyelinden yararlanılarak, iskeletsel denge sağlanacak şekilde düzeltilmelidir. Bu, çeneler arasında farklı büyüme hızları oluşturarak — bir çenede büyümeyi hızlandırmak ya da diğerinde sınırlamak yoluyla — uyum sağlanmasını gerektirir. Ancak yüz büyüme paternleri genellikle erken yaşlarda belirlenir ve istikrarlı bir seyir izler; bu nedenle klinik müdahale olmaksızın anlamlı bir düzeltme elde edilmesi pek olası değildir (Proffit, 2019, s. 428).

Büyüme modifikasyon tedavisinin zamanlamasını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar arasında iskeletsel bozukluğun şiddeti ve doğası, hastanın kalan büyüme potansiyeli, beklenen hasta uyumu, finansal koşullar, psikolojik ve duygusal hazırlık durumu ile tedavi süresinin tahmini uzunluğu yer almaktadır (Hamidaddin, 2024).

Pre-ergenlik ya da ergenlik dönemindeki hastalarda büyüme modifikasyonu düşünülürken üç temel ilke göz önünde bulundurulmalıdır:

1. Tedavi çok geç başlatılırsa, etkinliği önemli ölçüde azalır; buna karşılık.

2. Çok erken başlatılması, tedavi süresini gereksiz yere uzatabilir.
3. Kraniofasial büyüme; transvers, vertikal ve sagittal düzlemlerde farklı hızlarda gerçekleşir.

Ayrıca hasta uyumu, hem fizyolojik gelişim düzeyine hem de tedavi protokolünün getirdiği yükümlülüklerle bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Proffit, 2019, s. 428).

2.2.1 Transvers Büyüme Modifikasyonu

Maksiller transvers darlık görülen hastalarda, genellikle dar bir üst çene arkı ve buna sıklıkla eşlik eden posterior çapraz kapanış (crossbite) mevcuttur. Bu durum, tedavi edilmediği takdirde hem fonksiyonel hem de estetik sorunlara yol açabilecek iskeletsel bir uyumsuzluğu yansıtır (Proffit, 2019, s. 430).

Süt dişlenme döneminde posterior çapraz kapanışlar oldukça yaygındır ve görülme sıklığı %8 ila %22 arasında değişmektedir. Bu kapanış bozukluklarının temel nedeni genellikle maksiller darlık olup, çoğu zaman üst çene ark uzunluğundaki yetersizlikle ilişkilidir. Bu durum, oklüzal interferanslar nedeniyle mandibulanın fonksiyonel kaymalar yapmasına neden olabilir (Mutinelli ve ark., 2008).

Özellikle oklüzal yer değiştirme ile ilişkili olan posterior çapraz kapanışların erken dönemde düzeltilmesi önerilmektedir. Müdahale edilmediği takdirde bu tür kapanış bozuklukları, oklüzal aşınmalar, periodontal problemler ve fasiyal asimetri gibi komplikasyonlara yol açabilir. Ancak, farklı yaş gruplarında çapraz kapanış tedavisinin etkinliği ve kalıcılığına ilişkin karşılaştırmalı veriler sınırlıdır (Mutinelli ve ark., 2008).

Transvers büyümeyi modifiye etmek için kullanılan temel yöntem, orta palatin suturun ortopedik olarak ayrılması esasına dayanan maksiller genişletmedir. Özellikle küçük yaştaki hastalarda bu prosedürün etkinliğini destekleyen artan sayıda klinik kanıt bulunmaktadır. Yaklaşık 8–9 yaşına kadar olan çocuklarda, suturun görece olarak

olgunlaşmamış olması nedeniyle minimal kuvvetle açılması mümkündür (De Clerck & Proffit, 2015).

Ancak, 9–10 yaşından itibaren orta palatin sutur çevresindeki kemik spiküllerinin daha belirgin şekilde birbirine kenetlenmesi nedeniyle suturun ayrılması daha zor hâle gelir; bu nedenle mikrofraktürlerin oluşması ve daha fazla kuvvet uygulanması gerekebilir. Ergenlik döneminden sonra gerçekleştirilen maksiller genişletme işlemi sonrasında, transvers büyümenin kendiliğinden devam etmesi ise son derece nadirdir (De Clerck & Proffit, 2015).

2.2.2 Dikey Büyüme Modifikasyonu

Dikey yüz gelişimi, ergenlik boyunca ve post-ergenlik yıllarında da devam eder ve genellikle benzer bir büyüme paternini izler. Bu nedenle, karışık dişlenme döneminde büyüme başarıyla modifiye edilmiş olsa dahi, genellikle birkaç yıl boyunca aktif pekiştirme gereklidir. Kullanılan aparey ya da tedavinin zamanlamasından bağımsız olarak, dikey büyüme esasen tamamlanana kadar — ki bu genellikle geç ergenlik ya da 20’li yaşların başına denk gelir — pekiştirme fazı kritik öneme sahiptir (Proffit, 2019, s. 488).

Uzun yüz büyüme paternini değiştirmek ve mandibulanın aşağıya ve geriye doğru rotasyonunu kontrol altına almak, günümüzde hâlâ önemli bir zorluk teşkil etmektedir ve bu hedefin başarıyla gerçekleştirilmesi neredeyse imkânsız olmuştur. Teorik olarak, posterior maksillanın aşağıya doğru büyümesini yüksek çekişli baş gear’ı ile sınırlamak ve her iki arkta posterior dişlerin sürmesini önlemek etkili bir yaklaşım gibi görünse de, yüksek çekişli baş gear’ının ısırma blokları içeren fonksiyonel apareylerle kombinasyonu bile istenilen iskeletsel değişiklikleri üretmede yeterli olmamıştır (Freeman ve ark., 2007).

Buna karşılık, kısa yüz büyüme paternine sahip hastalarda mandibulanın aşağıya doğru büyümesinin teşvik edilmesi, aktivatör ya da bionatör tipi fonksiyonel apareylerin kullanımıyla etkili bir şekilde sağlanabilmektedir. Bu tür apareyler, dikey yüz gelişimini

destekleyerek büyüme modifikasyonunda en başarılı stratejilerden birini temsil etmektedir (De Clerck & Proffit, 2015).

2.2.3 Sagittal (Anteroposterior) Büyüme Modifikasyonu

Genel olarak, ortodontik tedavi ve büyüme modifikasyonu girişimleri, sagittal (anteroposterior) düzlemde; dikey ya da transvers düzlemlere kıyasla daha belirgin düzeltmeler sağlamaktadır. Gerek iskeletsel gerekse dişsel değişikliklerin boyutu, müdahalenin zamanlamasından büyük ölçüde etkilenmektedir; aktif büyüme dönemlerinde başlatılan erken tedaviler, genellikle daha olumlu sonuçlarla ilişkilidir (Graber, 2017, s. 214).

Sınıf II büyüme paternine sahip hastalarda, genellikle mandibulanın öne büyümesinde yetersizlik ve maksillanın — daha çok aşağıya doğru olmak üzere — aşırı büyümesi gözlenir. Bu gibi durumlarda büyüme modifikasyonunun temel amacı, mandibulanın öne doğru gelişimini teşvik ederken, aynı zamanda maksiller büyümeyi hem anteroposterior hem de dikey düzlemlerde sınırlandırmaktır (De Clerck & Proffit, 2015).

Sınıf II maloklüzyonların erken tedavisi, genellikle maksiller büyümeyi sınırlandırmak amacıyla kullanılan ortopedik apareyler (örneğin headgear) ya da mandibular gelişimi teşvik etmeyi hedefleyen fonksiyonel apareyler aracılığıyla; ergenlikten önce veya ergenlik süresince gerçekleştirilir. Bu erken dönem müdahaleler, yüz profilini iyileştirmenin yanı sıra, perioral kas dengesizlikleri gibi anormal ağız fonksiyonlarının düzeltilmesine de katkı sağlayabilir. Aktif tedavi süreci tamamlandıktan sonra, elde edilen sonuçların korunması için genellikle bir pekiştirme dönemi uygulanır (Hamidaddin, 2024).

Sınıf II maloklüzyonların yönetiminde alternatif bir yaklaşım, tedavinin geç karışık dişlenme ya da erken daimi dişlenme döneminde başlatılmasıdır. Bu yaklaşımda, genellikle Twin Block gibi fonksiyonel apareylerle tedaviye başlanmakta, ardından

doğrudan sabit ortodontik apareylerle devam edilmekte ve araya bir pekiştirme aşaması eklenmemektedir (Hamidaddin, 2024).

Sınıf II büyüme modifikasyonuna en uygun zamanlama konusu hâlen tartışmalıdır. Çok sayıda klinik çalışma, ergenlik büyüme atılımından önce başlatılan iki aşamalı tedavinin; ergenlik döneminde başlatılan tek aşamalı tedaviye kıyasla anlamlı bir üstünlük sağlamadığını ortaya koymuştur (Thiruvengkatachari ve ark., 2013).

Bununla birlikte, erken müdahale — özellikle dental travma riski yüksek olan ya da benlik saygısında azalma ve sosyal damgalanma gibi belirgin psikososyal sorunlar yaşayan hastalar için — seçici olarak önerilmektedir (Fleming & Andrews, 2023).

Sınıf III maloklüzyonlar ise genellikle iskeletsel uyumsuzlukların bir kombinasyonundan kaynaklanır. En yaygın nedenler; maksillanın öne ve aşağıya doğru büyümesinde yetersizlik, mandibulanın aşırı öne büyümesi veya mandibulanın dikey yönde yetersiz büyümesidir. Dikey gelişimin yetersiz olması, mandibulanın yukarı ve öne rotasyonuna neden olarak Sınıf III ilişkisini daha da kötüleştirebilir. Buna karşılık, mandibulanın aşağıya ve geriye rotasyonu maloklüzyonu telafi edebilir; ancak bu durum, alt yüz yüksekliğinde artış gibi yeni estetik sorunlara yol açabilir (De Clerck & Proffit, 2015).

Sınıf III maloklüzyonlara eşlik eden iskeletsel uyumsuzlukların tedavisinde, büyüme modifikasyonu amacıyla maksiller protraksiyon cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazlar arasında, yüz maskesi (facemask) tedavisinin erken karışık dişlenme döneminde başlatıldığında en etkili yöntem olduğu gösterilmiştir (Fleming & Andrews, 2023).

Maksilla çevresindeki suturların matürasyon seviyesi, tedaviye verilecek cevabın en önemli öngörücülerinden biri olarak kabul edilmekte olup; erken müdahale genellikle daha başarılı ortopedik sonuçlar doğurmaktadır (Franchi ve ark., 2004).

2.3 İskeletsel Yaş (İY)

Takvim yaşına göre belirlenen kronolojik yaş, genellikle bir çocuğun zihinsel olgunluğunu, fiziksel yeteneklerini, boy uzunluğunu ve dental gelişimini değerlendirmede kullanılan temel bir ölçüttür. Ancak, aynı kronolojik yaşa sahip bireyler arasında, genetik ve çevresel birçok faktöre bağlı olarak belirgin gelişim farklılıkları gözlenebilmektedir. Beslenme durumu, endokrin fonksiyonlar, metabolik hastalıklar ve altta yatan tıbbi sorunlar gibi etmenler, gelişim hızını ve paternini etkileyerek; kronolojik yaşın tek başına güvenilir bir gelişim ve olgunluk göstergesi olmasını kısıtlamaktadır (Songra ve ark., 2017).

Bu sınırlılıklar, biyolojik yaş ve fizyolojik yaş kavramlarının gelişmesine neden olmuştur (Korde ve ark., 2015).

Her birey, kendine özgü bir biyolojik saate göre gelişmekte olup bu durum, bireysel farklılıklara sahip gelişim ve olgunlaşma hızlarını doğurur. Bu sürece “biyolojik yaş” denir ve bireyin fiziksel gelişim düzeyini, kronolojik yaşından bağımsız olarak yansıtır. Buna karşılık, “fizyolojik yaş”; belirli doku sistemlerindeki matürasyon derecesine dayalı olarak saptanır ve gelişimsel ilerlemeyi daha hedefe yönelik bir şekilde değerlendirir.

Biyolojik yaşın değerlendirilmesi, çeşitli gelişimsel göstergelerin ayrı ayrı ya da birlikte analiz edilmesini içerir. Bu göstergeler; somatik büyüme (boy ve kilo), cinsel olgunlaşma, İM ve dental matürasyon gibi parametreleri kapsar. Bu ölçütler birlikte ele alındığında, bireyin büyüme durumu hakkında kapsamlı bir anlayış sunar ve özellikle ortodonti gibi büyümeye bağımlı klinik alanlarda karar verme sürecinde kritik bir rol oynar.

Vücuttaki bazı kemikler, belirli bir sırayla ossifikasyona uğrar ve bu kemiklerdeki ossifikasyon düzeyi, İM’nin önemli bir göstergesi olarak kabul edilir. İY değerlendirmesi, gelişen kemiklerin radyolojik olarak incelenmesini ve bu kemiklerin ilk

ortaya çıkışından itibaren gösterdiği büyüme, şekil değişimi ve ossifikasyon düzeyine göre değerlendirilmesini içerir (Korde ve ark., 2015).

İY ya da “kemik yaşı”, iskelet yapılarının gelişimine dayanarak biyolojik olgunluk derecesini yansıtan objektif bir göstergedir. Büyüme değerlendirmesi ve tedavi planlamasında güvenilir ve klinik olarak değerli bir araç olduğu defalarca kanıtlanmıştır. Bu özellikle, müdahale zamanlamasının tedavi başarısı açısından kritik öneme sahip olduğu pediatri ve ortodonti alanlarında geçerlidir (Baldin ve ark., 2017).

Dentofasiyal ortopedide, kraniyofasiyal İY değerlendirilmesi; iskeletsel dengesizlikleri düzeltmeye yönelik ortodontik ya da ortopedik müdahaleler için en uygun zamanın belirlenmesi açısından büyük önem taşır. Özellikle mandibular kondil ve maksilla çevresi suturlar gibi yapılarla ilişkili, hızlanmış ya da uygun büyüme dönemlerine denk gelen tedaviler; iskeletsel değişikliklerin etkinliğini artırmakta ve uzun vadeli tedavi stabilitesini güçlendirmektedir (McNamara & Franchi, 2018).

Bu nedenle, İM göstergeleri; bireyin olgunluk düzeyini değerlendirmede objektif bir tanısal araç sunar.

2.3.1 İskeletsel Matürasyon (İM) Belirteçleri

Klinik uygulamalarda etkili bir şekilde kullanılabilmesi için, bir büyüme göstergesinin belirli temel kriterleri karşılaması gerekmektedir: Güvenilir olmalı, uygulanması kolay olmalı, her iki cinsiyet için geçerli olmalı ve gelişimsel paternleri, yüz kemiklerinin büyüme paternleriyle paralellik göstermelidir. Ancak günümüzde hiçbir biyolojik gösterge bu gerekliliklerin tamamını eksiksiz şekilde karşılamamaktadır (Kasimoğlu & Tuna-İnce, 2016).

Bireylerde İM değerlendirilmesinde kullanılan göstergeler, genel olarak aşağıdaki kategorilerde sınıflandırılabilir:

A. Radyolojik Yöntemler

Özel Radyografiler:

1. EB Radyografileri: İskeletsel değerlendirme açısından en standart yöntem olarak kabul edilir.
2. Ortopantomografi (OPG) / İntraoral Periapikal Radyografiler: Diş gelişiminin çeşitli evrelerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılır.
3. Frontal Sinüs: Frontal sinüsün tanısal amaçla LS içinde yer alması.
4. SV: LS üzerinde SV analizi yoluyla değerlendirme yapılması.

B. Biyokimyasal Yöntemler

Kemik yaşının değerlendirilmesinde kullanılan güncel biyokimyasal yöntemler, tükürük ve serum örneklerinin analizini içermektedir:

1. İnsülin-benzeri Büyüme Faktörü ve Büyüme Hormonu.
2. Kreatin.
3. Alkalen Fosfataz (Korde ve ark., 2015).

Bu yöntemler, iskeletsel büyüme ve gelişimin değerlendirilmesine daha kapsamlı ve çok boyutlu bir yaklaşım sunarak, özellikle ortodonti ve pediatri gibi büyüme odaklı klinik disiplinlerde tedavi zamanlaması açısından önemli bilgiler sağlar.

2.3.1.1 Radyolojik Göstergeler. İskeletin radyolojik değerlendirmesi, özellikle ortodontik tanı ve tedavi planlamasında, büyümeyle ilişkili olarak İY değerlendirilmesinde en güvenilir yöntem olarak kabul edilmektedir (Songra ve ark., 2017).

EB bölgesinin radyografik görüntülemesi, İY değerlendirmesinde altın standart yöntem olmayı sürdürmektedir; ancak, bu tekniğin ek radyasyon maruziyeti oluşturduğunun da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Alternatif görüntüleme yaklaşımları arasında, LS radyografiler kullanılarak SV veya frontal sinüslerin değerlendirilmesi ile; OPG ve intraoral periapikal radyografiler yoluyla dental gelişim ve diş sürmesinin analiz edilmesi yer almaktadır (Baldin ve ark., 2017).

2.3.1.1.1 EB Radyografileri. EB radyografisi, iskelet gelişimi ve olgunluğunu değerlendirmede hâlen altın standart yöntem olma özelliğini korumaktadır.

Bu yöntemin tercih edilmesinin temel nedeni, EB bölgesinin anatomik yapısında yatmaktadır. Bu bölgede, distal radius ve ulna uçlarıyla birlikte toplam 27 küçük kemik yer almakta olup; bu kemiklerin ossifikasyon merkezlerinin ilk ortaya çıkışından epifiz plaklarının kapanmasına kadar geçen süreç, doğum sonrası büyüme döneminin tamamını kapsar. Dolayısıyla, EB bölgesi; iskeletsel gelişimin değerlendirilmesinde güvenilir ve bilgi verici bir anatomik alan sunmaktadır (Hashim ve ark., 2018).

EB radyografileri üzerinden İY değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş çeşitli teknikler mevcuttur. En sık kullanılan yöntemler şunlardır:

- A. Greulich ve Pyle Atlas Yöntemi.
- B. Björk, Grave ve Brown Tekniği (1978 yılında Schopf tarafından revize edilmiştir).
- C. Fishman'ın İM Göstergeleri.
- D. Hägg ve Taranger Yöntemi.
- E. Singer Yöntemi.

Bu yaklaşımlar, kemik gelişimini yorumlamak ve İY'yi doğru şekilde değerlendirmek için farklı çerçeveler sunar (Korde ve ark., 2015).

Yöntemler arasındaki temel fark, değerlendirme yaklaşımının niteliğindedir. Greulich ve Pyle Atlas Yöntemi, karşılaştırmalı (comparative) bir yöntem olarak sınıflandırılırken; diğerleri, bireyselleştirilmiş değerlendirme teknikleri olarak kabul edilmektedir. Ancak tüm bu yöntemler, EB bölgesindeki epifiz ve diafiz arasındaki gelişimsel ilişkiye dayanmaktadır.

Bu yöntemlerle yapılan değerlendirmelerde, genellikle parmak kemiklerinde görülen belirli ossifikasyon evreleri gözlemlenir. Tipik olarak tanımlanan üç ana evre şunlardır:

Evre 1: Epifiz ve diafiz boyut olarak eşittir (=).

Evre 2: Epifiz, diafizi bir "şapka" gibi örter (Cap).

Evre 3: Epifiz ve diafiz tamamen kaynaşmıştır (U-Birleşimi).

2.3.1.1.2 OPG / İntraoral Periapikal Radyografiler. İM değerlendirilmesinde alternatif bir yaklaşım, diş gelişiminin incelenmesine dayanmaktadır. Diş gelişimi, diş formasyon evrelerinin analiz edilmesiyle etkin bir şekilde değerlendirilebilir. Bu tür değerlendirmeler, genellikle OPG ya da intraoral periapikal radyografiler kullanılarak gerçekleştirilir. Yöntem, dental olgunluk evresinin belirlenmesi amacıyla; diş kökünün şekli, uzunluğu ve kuron yüksekliği ile olan orantısı gibi belirli morfolojik özelliklere odaklanır (Chen ve ark., 2010).

Bu yöntemin öne çıkan avantajları arasında, OPG'lerin rutin olarak çekilmesi, uygulamanın kolay olması ve maruz kalınan radyasyon dozunun düşük olması yer almaktadır.

Diş sürmesi; sistemik sağlık durumu, lokal etkenler veya beslenme yetersizlikleri gibi çeşitli faktörlerden etkilenebileceği için, dişin gelişim evresi, sürme zamanlamasına kıyasla daha güvenilir bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Yapılan birçok çalışma, dental yaş ile İY arasında bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda, kanin dişinin mineralizasyon evreleri, en yüksek tutarlılığı sergileyen göstergelerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Dental yaşın değerlendirilmesine yönelik olarak literatürde çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bu alanda öne çıkan araştırmacılar arasında; Demirjian, Chertkow, Fatti, Nolla ve Goldstein & Tanner bulunmaktadır (Koçak, 2018; Korde ve ark., 2015).

2.3.1.1.3 LS Radyografilerde Frontal Sinüs Gelişimi. Büyüme ve gelişim durumunun değerlendirilmesine yönelik yaklaşımlardan biri, pubertal büyüme atılımı sırasında frontal sinüste meydana gelen morfolojik değişimlerin incelenmesidir.

Frontal sinüs gelişimi, vücut büyüme ritmiyle paralel bir patern izler ve ergenlik dönemindeki değişimlerden etkilenir. LS radyografilerde frontal sinüsün genişlemesi, boy uzunluğundaki artışla yakın ilişkili olup, maksimum boyutuna genellikle boy artışının en yüksek hızda gerçekleştiği dönemden yaklaşık bir yıl sonra ulaşır.

Ruf ve Pancherz (1996), frontal sinüs gelişimi ile somatik matürasyon arasında anlamlı bir ilişki tespit etmişlerdir. Ancak, frontal sinüs gelişimi ile İY arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu konuyu ele alan az sayıdaki araştırma arasında (Alijani ve ark., 2020; Ruf ve Pancherz'in, 1996).

Frontal sinüs değerlendirmesi, invaziv olmayan ve kolay uygulanabilir bir yöntem olmakla birlikte, bu göstergenin klinik güvenilirliğini artırmak için daha fazla bilimsel kanıtı ihtiyaç duyulmaktadır.

2.3.1.1.4 LS Görüntülerinde SVM. 1972 yılında Lamparski, SV'nin, İM ile uyumlu morfolojik değişiklikler gösterdiğini gözlemlemiştir. Bu çalışmanın temel amacı, ortodontik öncesi rutin kayıtlar içerisinde sıklıkla yer alan LS radyograflar kullanılarak, İY değerlendirilmesine yönelik bir yöntem geliştirmektir. Çalışma sonucunda, SVM ile EB iskeletsel gelişimi arasında anlamlı bir korelasyon olduğu ortaya konmuştur (Korde ve ark., 2015).

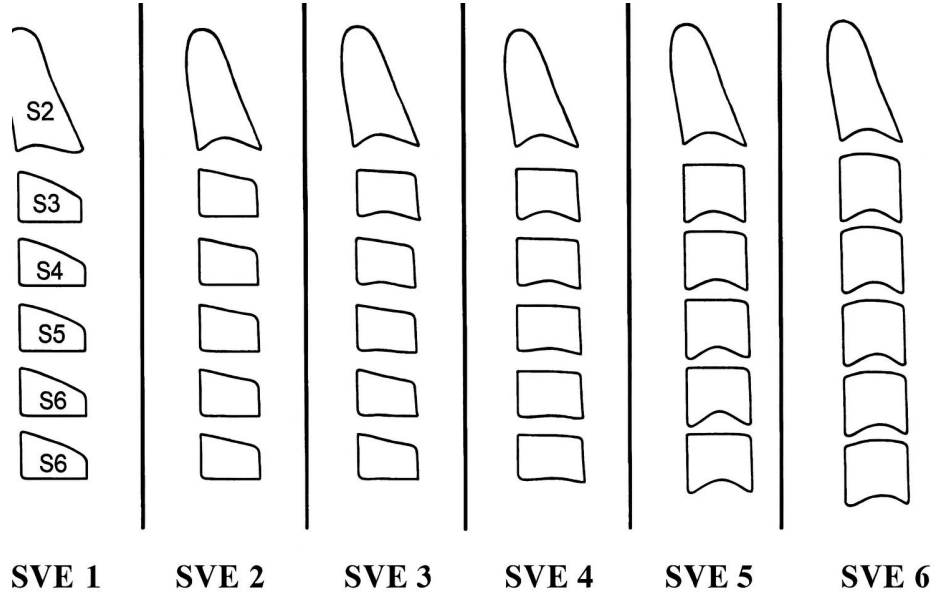
Lamparski, bu morfolojik değişikliklerin ikinci ile altıncı SV (S2–S6) arasında meydana geldiğini ve bu değişimlerin, İY'nin değerlendirilmesinde EB bölgesi kadar klinik geçerliliğe sahip şekilde kullanılabileceğini bildirmiştir. Tanımladığı başlıca vertebra matürasyon göstergeleri; vertebra gövdelerinin alt kenarlarında konkavite oluşumu, dikey yönde büyüme, gövde şeklinin değişmesi ve üst kenarların eğimindeki farklılaşmalardır (Lamparski, 1972).

Bu kriterlere dayanarak, SVM altı farklı evreye ayrılmıştır. Bu evreler, Şekil 1’de görsel olarak sunulmaktadır.

Şekil 1

Lamparski (1972) Tarafından Önerilen SVM Evreleri

Kaynak: Lamparski, 1972, s. 93.



I. Evre 1 (Kategori 1):

- a. S2, S3 ve S4’ün alt kenarları düzdür.
- b. Üst kenarlarında, arka kısımdan ön kısma doğru belirgin bir incelme gözlenir.
- c. Bu evrede, ergenlik dönemine ait büyüme potansiyeli yüksektir.

II. Evre 2 (Kategori 2):

- a. S2 ve S3’ün alt kenarlarında konkavitelere dair ilk belirtiler görülmeye başlar.
- b. Vertebra gövdelerinin ön dikey yüksekliğinde belirgin bir artış gözlenir.

- c. S3 ve S4 daha dikdörtgen bir şekil alır.
- d. Hâlâ önemli miktarda büyüme potansiyeli mevcuttur.

III. Evre 3 (Kategori 3):

- a. S2 ve S3'ün alt kenarlarında belirgin konkaviter mevcuttur.
- b. S4'te konkavitenin başlangıç aşamaları gözlenir.
- c. Orta düzeyde iskeletsel büyüme potansiyeli beklenir.

IV. Evre 4 (Kategori 4):

- a. S3 ve S4 belirgin biçimde kare şeklini almıştır.
- b. S2–S4 vertebraalarında derin ve belirgin konkaviter vardır.
- c. Kalan iskeletsel büyüme son derece sınırlıdır.

V. Evre 5 (Kategori 5):

- a. S3 ve S4 belirgin biçimde kare şeklini almıştır.
- b. S2–S4 vertebraalarında derin ve belirgin konkaviter vardır.
- c. Kalan iskeletsel büyüme son derece sınırlıdır.

VI. Evre 6 (Kategori 6):

- a. S3 ve S4 dikey olarak büyümüş, genişliklerinden daha uzun hâle gelmiştir.
- b. Tüm konkaviter daha derin ve belirgin hâle gelmiştir.
- c. Bu evre, ergenlik dönemine ait büyümenin tamamlandığını gösterir (Korde ve ark., 2015).

Tiroid koruyucu yaka kullanımı, LS radyografik görüntüleme sırasında servikal omurganın tam olarak izlenmesini engelleyebilir ve bu durum, tanısal değerlendirmenin etkinliğini sınırlayabilir. Bu soruna çözüm olarak, Hassel ve Farman (1995) SVM yöntemini geliştirmiştir. Bu yöntem, tiroid koruması uygulansa dahi görüntülemede genellikle görünür kalan S2, S3 ve S4 vertebraalarının lateral profillerine odaklanmaktadır (Hassel & Farman, 1995).

Hassel ve Farman (1995) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 220 bireyin LS radyografileri ile EB radyografileri birlikte değerlendirilmiştir. Katılımcılar, karpal kemik matürasyon indeksine göre, her biri 10 erkek ve 10 kadından oluşan 11 gruba ayrılmıştır. Bireylerin kronolojik yaşları sekiz ile on sekiz yaş arasında değişmektedir. İY, Fishman'ın (1982) yöntemine göre EB radyografilerinden belirlenmiştir. SV değerlendirmesinde ise S3, S4 ve S2'nin odontoid çıkıntısı kullanılmıştır. Her bir LS görüntüsü, aynı gruptaki karşılık gelen EB radyografisiyle eşleştirilmiştir (Hassel & Farman, 1995).

1995 yılında yayımlanan bu çalışmada, SV morfolojisinin iskeletsel gelişim evrelerine göre değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değişiklikler sayesinde bireyin kemik matürasyonu ve dolayısıyla kalan büyüme potansiyeli değerlendirilebilmektedir. Özellikle S3 ve S4 vertebralarının anatomisi, gelişim sürecinde kama şeklinden; yatay dikdörtgen, kare ve dikey dikdörtgen forma dönüşmektedir. Olgunlaşmamış vertebraların alt kenarları düz iken, olgunlaşmış vertebralarda alt kenarlarda konkavite görülmektedir. Bu konkavite, sırasıyla S2, S3 ve S4 vertebralarında belirginleşerek artan matürasyonu yansıtmaktadır (Hassel & Farman, 1995).

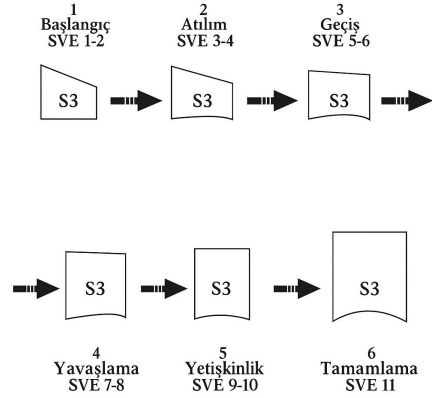
Yazarlar ayrıca, kemik olgunlaşmasının süreklilik arz eden bir süreç olduğunu; hem EB radyografilerindeki hem de SV'deki göstergelerin birbirinden farklı fakat örtüşen evreleri temsil ettiğini vurgulamışlardır. Bu örtüşmeler, özellikle sınırda kalan vakaların değerlendirilmesini karmaşık hâle getirebilir. Hassel ve Farman'ın önerdiği yöntem, ortodontistlere yalnızca LS radyografisi üzerinden hastanın İM düzeyini pratik biçimde değerlendirme imkânı sunarak, bireyin kalan büyüme potansiyeline dair önemli bilgiler sağlar (Hassel & Farman, 1995).

Bu bulgular doğrultusunda, SVM İndeksi'ne ait altı farklı servikal evre tanımlanmıştır (Şekil 2'de gösterilmektedir).

Şekil 2

Hassel ve Farman (1995) Tarafından Önerilen SVM Evreleri

Kaynak: Hassel & Farman, 1995, s. 60.



- I. Evre 1 – Başlangıç (Initiation): Fishman’ın (1982) İM İndeksi’ndeki 1. ve 2. evrelerle örtüşmektedir. Bu evre, pubertal büyümenin başlangıcını işaret eder. Beklenen büyüme miktarı %80–100 arasındadır. S2, S3 ve S4’ün alt kenarları düzdür; S3 ve S4’ün üst kenarları arka-ön yönünde incelerek daralır.
- I. Evre 2 – Hızlanma (Acceleration): Fishman’ın 3. ve 4. evrelerine karşılık gelir. Büyümenin hızlanma fazının başladığını gösterir. Kalan büyüme potansiyeli %65–85 arasındadır. S2 ve S3’ün alt kenarlarında konkaviteler oluşmaya başlar; S4’ün alt kenarı hâlen düzdür. S3 ve S4 vertebra gövdeleri yaklaşık olarak dikdörtgen şekildedir.
- II. Evre 3 – Geçiş (Transition): Fishman’ın 5. ve 6. evreleriyle uyumludur. Bu evrede büyüme hâlen hızlanmakta olup birey, maksimum boy artış hızına yaklaşmaktadır. Kalan büyüme potansiyeli %25–65 arasındadır. S2 ve S3’te belirgin konkaviteler bulunur; S4’te konkavite oluşumu başlar. S3 ve S4 gövdeleri yatay dikdörtgen formundadır.
- III. Evre 4 – Yavaşlama (Deceleration): Fishman’ın 7. ve 8. evrelerine karşılık gelir. Pubertal büyümenin yavaşlama dönemini temsil eder. Kalan büyüme

potansiyeli %10–25'tir. S2, S3 ve S4'ün alt kenarlarında belirgin konkaviteler mevcuttur. S3 ve S4'ün gövdeleri yaklaşık kare şeklindedir.

- IV. Evre 5 – Matürasyon (Maturation): Fishman'ın 9. ve 10. evreleriyle örtüşür. Bu dönemde büyüme büyük ölçüde tamamlanmıştır; yalnızca %5–10'luk bir büyüme potansiyeli kalmıştır. S2, S3 ve S4'ün alt kenarlarında derin konkaviteler görülür. S3 ve S4 gövdeleri kare veya kareye yakın şekildedir.
- V. Evre 6 – Tamamlanma (Completion): Fishman'ın 11. evresiyle uyumludur. Bu evre, büyümenin tamamlandığını ve pubertal büyüme potansiyelinin çok az ya da hiç kalmadığını gösterir. S2, S3 ve S4'ün alt kenarlarında belirgin ve derin konkaviteler bulunur. S3 ve S4 gövdeleri kare ya da dikey dikdörtgen biçimindedir (Hassel & Farman, 1995; Korde ve ark., 2015).

Baccetti ve ark. (2002), Lamparski'nin 1972 yılında geliştirdiği SVM değerlendirme yönteminin sınırlılıklarını aşmak amacıyla, iyileştirilmiş bir versiyon sunmuşlardır. Bu yeni yaklaşım yalnızca S2, S3 ve S4 vertebralarına odaklanmakta olup, LS radyografilerde sıklıkla tiroid koruması nedeniyle görüntülenemeyen S5 ve S6 vertebralarının dışlanmasıyla yöntemin özgüllüğünü artırmayı hedeflemiştir (Baccetti ve ark., 2002).

Çalışma kapsamında, yıllık LS radyografilerine sahip 214 birey arasından, mandibular büyümenin zirve dönemini temsil eden iki ardışık radyografiye sahip 30 kişi seçilmiştir. Her birey için büyüme zirvesinden önce çekilen iki, zirvede çekilen iki ve sonrasında çekilen iki olmak üzere toplam altı radyografi analiz edilmiştir. Bu radyografiler, çekim zamanına göre T1'den T6'ya kadar altı ayrı gruba ayrılmıştır (Baccetti ve ark., 2002).

Araştırmacılar, S2, S3 ve S4 vertebra gövdelerinin morfolojisini hem görsel hem de LS analiz yöntemleriyle incelemiştir. Görsel değerlendirmede, S2, S3 ve S4'ün alt kenarlarındaki konkavitelerin varlığı ile S3 ve S4 gövdelerinin şekilleri analiz edilmiştir.

Bu şekiller dört ana kategoriye ayrılmıştır: trapezoid, yatay dikdörtgen, kare ve dikey dikdörtgen (Baccetti ve ark., 2002).

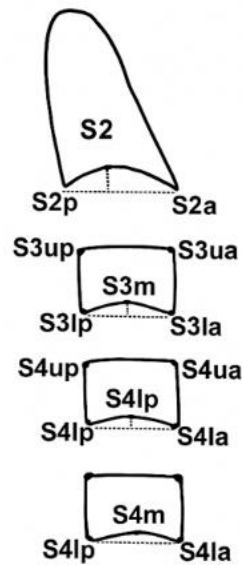
LS analizinde, S3 ve S4 omurlarının alt sınırlarındaki en derin noktalar ile her bir omurun dört köşe noktası tanımlanarak değerlendirme yapılmıştır. Bu referans noktalarından yola çıkarak, servikal omur morfolojisi ve olgunlaşma düzeyini belirlemek amacıyla çeşitli nicel parametreler ölçülmüştür. Ölçülen parametreler arasında; S2 (S2conc – S2m), S3 (S3conc – S3m) ve S4 (S4conc – S4m) omurlarının alt sınırlarında bulunan çöküntülerin derinliği; S3 (S3BAR) ve S4 (S4BAR) omurlarında taban uzunluğunun ön yükseklik oranı ile S3 (S3PAR) ve S4 (S4PAR) omurlarında arka yükseklik ile ön yükseklik arasındaki oran yer almaktadır (Baccetti ve ark., 2002).

Şekil 3, bu sefalometrik noktaları ve ölçüm yerlerini görsel olarak sunmaktadır.

Şekil 3

S2, S3 ve S4 Vertebra Gövdelerinin Morfolojik Özelliklerinin Kantitatif Analizi İçin Kullanılan Sefalometrik Referans Noktaları

Kaynak: Baccetti, 2005, s. 121.



Bu yöntemin mevcut versiyonunda tanımlanan SVM evreleri aşağıda verilmiştir (bkz. Tablo 1).

Tablo 1.

SVM Evrelerinin Kısa Açıklamaları (Baccetti Yöntemi, 2002)

SVM Evresi	Morfolojik Özellikler	Vertebra Gövde Şekli	Mandibular Büyüme Zamanlaması
SVM Evresi I	S2–S4'ün alt kenarları düzdür; vakaların yaklaşık %50'sinde S2'de konkavite görülebilir	S3 ve S4 trapezoid, anteriora doğru incelen	Büyüme zirvesi ≥ 1 yıl sonra beklenir
SVM Evresi II	S2 ve S3'ün alt kenarlarında konkavite oluşmuştur	S3 ve S4 trapezoid veya yatay dikdörtgen	Büyüme zirvesi 1 yıl içinde beklenir
SVM Evresi III	S2, S3 ve S4'te konkavite mevcut	S3 ve S4 yatay dikdörtgen	Büyüme zirvesi 1–2 yıl önce gerçekleşmiştir
SVM Evresi IV	S2–S4'te konkavite devam etmektedir	En az biri (S3 veya S4) kare; diğeryse yatay dikdörtgen olabilir	Büyüme zirvesi ≤ 1 yıl önce gerçekleşmiştir
SVM Evresi V	Tüm vertebralarda konkavite korunmuştur	En az biri dikey dikdörtgen; diğeri kare olabilir	Büyüme zirvesi ≥ 2 yıl önce gerçekleşmiştir

Baccetti ve arkadaşları (2005), önceki yaklaşımlarını revize ederek altı aşamalı sadeleştirilmiş bir sınıflandırma sistemi geliştirmiştir. Her bir evre, ikinci, üçüncü ve dördüncü SV (S2–S4) morfolojik özellikleriyle tanımlanmıştır. Bu yöntemin özeti Tablo 2'de sunulmaktadır (Baccetti ve ark., 2005).

Tablo 2.

SVM Evrelerinin Kısa Tanımları (Baccetti Yöntemi, 2005)

SVM Evresi	Morfolojik Özellikler	Vertebra Şekli	Büyüme Durumu
SVM Evresi 1	S2–S4'ün alt kenarları düzdür	S3 ve S4 anteriordan incelen trapezoid	Mandibular büyüme atağı yaklaşık 2 yıl sonra beklenir
SVM Evresi 2	S2'nin alt kenarında konkavite oluşur	S3 ve S4 trapezoid kalır	Mandibular büyüme atağı yaklaşık 1 yıl sonra beklenir
SVM Evresi 3	S2 ve S3'te konkaviteler mevcuttur	S3 ve S4 trapezoid veya yatay dikdörtgen	Mandibular büyüme zirvesi önümüzdeki yıl içinde beklenir
SVM Evresi 4	S2–S4'ün alt kenarlarında belirgin konkaviteler	S3 ve S4 yatay dikdörtgendir	Mandibular büyüme zirvesi 1–2 yıl önce gerçekleşmiştir
SVM Evresi 5	Üç vertebrada da konkaviteler kalıcıdır	S3 veya S4'ten en az biri kare, diğeri kare veya yatay dikdörtgen olabilir	Mandibular büyüme ≥ 1 yıl önce tamamlanmıştır
SVM Evresi 6	Üç vertebrada da konkaviteler korunur	S3 veya S4'ten en az biri dikey dikdörtgendir; diğeri kare olabilir	Mandibular büyüme ≥ 2 yıl önce tamamlanmıştır

Son birkaç on yıl içerisinde, LS radyograflar kullanılarak yapılan SVM değerlendirmesi, basit bir teknikten gelişmiş ve ortodontide son derece değerli bir tanısal araca dönüşmüştür. Her yeni çalışma, yöntemin doğruluğunu artırmış, klinik uygulama alanlarını genişletmiş ve standardizasyonuna katkı sağlamıştır.

Lamparski'nin (1972) öncü çalışması ile başlayan bu süreç, Hassel ve Farman'ın (1995) katkıları ve son olarak Baccetti ve ark. (2005) tarafından yapılan önemli revizyonlarla, SVM yönteminin büyüme evrelerini öngörmede ve ortodontik tedavi

planlamasında hassasiyetle kullanılabilen güvenilir bir araç olarak yerleşmesini sağlamıştır (Baccetti ve ark., 2005; Hassel & Farman, 1995; Lamparski, 1972).

Bu yöntemin, invaziv olmayan radyografik görüntüler üzerinden İY değerlendirmesine duyarlılığı, onu modern ortodontik uygulamaların vazgeçilmez bir bileşeni hâline getirmiştir.

Tablo 3, SVM yönteminin zaman içindeki gelişimini ve katkı sağlayan temel çalışmaları özetlemektedir.

Tablo 3.

SVM Yönteminin Tarihsel Gelişimine Kısa Bakış.

On Yıl	Temel Gelişmeler	Çalışmalar	Açıklama
1970– 1980'ler	SVM'in iskelet yaşı göstergesi olarak tanıtılması	Lamparski (1972)	S2–S6'nın LS radyografilerinde kullanımıyla SM değerlendirmesi; görsel kriterler sundu, EB Radyograf ile iyi korelasyon gösterdi
1990'lar	SVM evrelemesinin sistematik bir yapıya kavuşturulması	Hassel & Farman (1995)	Vertebra şekli ve konkavitesi odaklı 6 evreli sistem geliştirildi. Mandibular büyüme atağıyla güçlü ilişki gösterildi
2000'ler	6 evreli SVM yönteminin standardizasyonu ve yaygın kullanımı	Baccetti, Franchi, McNamara (2002, 2005)	Klinik kullanımı kolay, güvenilir sistem. S2–S4 morfolojik değişimlerine odaklanıldı
2010'lar	Popülasyonlar arası doğrulama ve otomasyon çalışmaları	Çok sayıda çalışma	SVM diğer olgunluk göstergeleriyle karşılaştırıldı. Gözlemci yanlılığı eleştirildi. Görüntü analizine dayalı otomasyon denemeleri başladı
2020'ler ve sonrası	Yapay zekâ ve makine öğrenimi ile teknoloji odaklı gelişmeler	CNN tabanlı yeni çalışmalar	Derin öğrenme ve konvolüsyonel sinir ağları ile otomatik SVM sınıflandırma araçları geliştirildi; doğruluk ve tutarlılık artırıldı

2.4 Akıllı Telefonların Tarihçesi

Cep telefonu, icadından bu yana sürekli olarak evrim geçirmiş ve teknolojik gelişim süreci günümüzde de devam etmektedir. İlk dönemlerde cep telefonlarının işlevselliği, büyük ölçüde sesli arama ve kısa mesaj gibi temel iletişim ihtiyaçlarıyla sınırlıydı; bu tür cihazlar genellikle “özellikli telefonlar” (feature phones) olarak adlandırılmaktadır (Rashid ve ark., 2020).

1983 yılında Motorola tarafından piyasaya sürülen ilk ticari cep telefonu, mobil iletişim teknolojisinin evriminde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bu tarihten itibaren mobil cihazlar giderek daha kompakt hâle gelmiş, enerji verimliliği artmış ve pil ömründe önemli gelişmeler sağlanmıştır (Rashid ve ark., 2020).

2000 yılında entegre kameraya sahip ilk cep telefonunun tanıtılmasıyla birlikte, mobil teknolojide büyük bir sıçrama yaşanmıştır. Bu gelişmeyi takip eden dönemde, üçüncü nesil mobil ağların ortaya çıkışıyla cep telefonları çok daha işlevsel hâle gelmiştir (Rashid ve ark., 2020).

Bu dönemde cep telefonlarına; alarm, not alma, kişiselleştirilebilir zil sesleri, FM radyo, dahili kamera, oyunlar, çoklu dil desteği, dokunmatik ekran, daha büyük RAM, artan depolama kapasitesi ve daha hızlı işlemciler gibi birçok özellik entegre edilmiştir. Ancak tüm bu teknolojik gelişmelere rağmen, bu cihazlar hâlâ kişisel bilgisayarlar veya dizüstü bilgisayarlar düzeyinde donanım potansiyelini tam olarak kullanamıyordu (Rashid ve ark., 2020).

2000'li yılların başlarında taşınabilir cihazlar piyasada bulunsa da, Apple'ın iPhone'u modern akıllı telefonun tanımını net bir şekilde belirlemiş ve bu cihazların çağdaş önemini ortaya koymuştur (Rashid ve ark., 2020).

iPhone'un tanıtılmasının ardından birçok firma akıllı telefon pazarına girmiş ve bu alan, büyük bir teknolojik ilerleme ve endüstriyel genişleme sürecine sahne olmuştur. Günümüzde akıllı telefonlar, bireylerin günlük yaşamlarını, iletişim kurma biçimlerini

ve çeşitli işlemleri yürütme şekillerini kökten değiştirmiştir. İnsanlar bu cihazları yalnızca sesli iletişim için değil; mobil bankacılık, çevrimiçi alışveriş ve çeşitli diğer dijital hizmetler için de yaygın şekilde kullanmaktadır (Rashid ve ark., 2020).

Özellikli telefonlardan gelişmiş akıllı telefonlara geçiş, kapsamlı bir mobil ekosistemin doğmasına neden olmuştur. Bu ekosistem; mobil kullanıcılar, cihaz üreticileri, mobil ağ sağlayıcıları, yazılım geliştiricileri, donanım tedarikçileri ve internet servis sağlayıcıları gibi birçok paydaşı içermektedir. Bu aktörler birlikte mobil teknolojilerin gelişimini yönlendirmektedir (Rashid ve ark., 2020).

Sonuç olarak, akıllı telefonlar günümüzde iş hayatı, eğitim, profesyonel uygulamalar ve sağlık hizmetleri dahil olmak üzere yaşamın neredeyse her alanına entegre olmuştur.

2.5 Akıllı Telefon Sahipliğinin Önemi, Yaygınlığı ve Demografik Dağılımı

Akıllı telefonlar, mobil cihazlar kategorisinde baskın bir segmenti temsil etmekte ve yaş, eğitim düzeyi ile gelir gibi çeşitli demografik gruplarda yaygın biçimde kullanılmaktadır.

2024 yılı itibarıyla, dünya genelindeki akıllı telefon kullanıcı sayısının yaklaşık 4,88 milyar olduğu tahmin edilmektedir; bu da küresel nüfusun yaklaşık %60,42'sine tekabül etmektedir. Bu rakamın, 2029 yılına kadar %30,73'lük bir artışla yaklaşık 6,38 milyara ulaşması beklenmektedir (BankMyCell, 2024).

Aynı dönemde, küresel düzeyde kullanımda olan toplam akıllı telefon sayısı 7,43 milyarı aşmıştır ve pazarın 2025 yılı itibarıyla %3,09'luk yıllık büyüme oranı göstermesi öngörülmektedir (BankMyCell, 2024).

Ancak, dolaşımdaki toplam cihaz sayısı ile bireysel sahiplik oranı birbirinden farklıdır. Her ne kadar cihaz sayısı yüksek görünse de, birey başına sahiplik oranı

ülkeden ülkeye değişiklik göstermekte olup, yalnızca bazı ülkeler birey bazında yüksek sahiplik oranlarına sahiptir.

2.5.1 Yaşa Göre Mobil Telefon Kullanımı

Herkman ve Vainikka'nın (2013) araştırmasına göre, cep telefonlarına ilişkin algılar ve kullanım alışkanlıkları, yaş gruplarına göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Herkman & Vainikka, 2013).

Genç bireyler, cep telefonlarını daha sık ve çok yönlü amaçlarla kullanma eğilimindeyken; yaşlı bireyler bu cihazları, genellikle sınırlı işlevler için ve daha düşük sıklıkta kullanmaktadır (Auter, 2007).

Yaşlı kullanıcılar için cep telefonları, daha çok güvenlik ve acil durum iletişimi açısından önemliyken; gençler, bu cihazları kişisel özgürlük ve sosyal özerklik sembolü olarak görmektedir. Sosyal medya, zengin medya içerikleri ve etkileşimli uygulamalar gibi faktörler, genç kullanıcıların bu cihazlara olan bağımlılığını artırmaktadır (Rashid ve ark., 2020).

Teknoloji adaptasyonu bakımından, yaş arttıkça yeniliklere uyumun azaldığı; genç bireylerin ise yeni teknolojilere daha hızlı adapte olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle genç kullanıcı kitlesi, teknoloji geliştiricileri için stratejik öneme sahiptir ve yeni uygulamaların ile hizmetlerin yönünü belirlemektedir (Rashid ve ark., 2020).

Ayrıca, kullanıcıların mobil teknolojiye ilişkin algıları da yaşla birlikte değişmektedir. Özellikle 18–24 yaş arası bireyler, en yoğun akıllı telefon kullanıcılarıdır; ardından sırasıyla 25–34, 35–44 ve 45–54 yaş grupları gelmektedir (Rashid ve ark., 2020).

2025 yılı Şubat ayı itibarıyla, akıllı telefonlar, 16 yaş ve üzeri bireylerin internete erişimde kullandığı cihazların %94,2'sini oluşturmaktadır; bu da dijital bağlantının yaş gruplarına göre nasıl değiştiğini açıkça göstermektedir (Howarth, 2025).

2.5.2 Cinsiyete Dayalı Mobil Telefon Kullanım Farklılıkları

Önceki araştırmalar, mobil telefon kullanımında cinsiyete bağlı belirgin farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur (Deursen ve ark., 2015).

Örneğin, erkek kullanıcıların genellikle teknolojik özelliklere ilgi duyduğu; kadın kullanıcıların ise cep telefonlarını daha çok iletişim amacıyla—özellikle sesli arama ve SMS yoluyla—kullandıkları bildirilmiştir. Bu bulgular, kadınların sosyal bağlantı kurma motivasyonu ile cihazlara daha bağlı olduklarını göstermektedir (Comunello, 2017; Shade, 2007).

Ancak Haverila (2012), sesli arama ve SMS kullanımında cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmiştir. Her iki cinsiyet de bu temel iletişim işlevlerini benzer oranlarda kullanmaktadır (Haverila, 2012).

Bununla birlikte, internet kullanım amaçları farklılık göstermektedir: Erkek kullanıcılar interneti daha çok oyun ve bilgi arama; kadın kullanıcılar ise iletişim odaklı faaliyetler için tercih etmektedir (Haverila, 2012).

Bu bulgular, teknoloji kullanım sıklığının cinsiyetler arasında benzer olmasına rağmen, kullanım motivasyonlarının ve davranış kalıplarının farklı olduğunu ortaya koymaktadır.

2.5.3 Coğrafi Farklılıklara Göre Mobil Telefon Kullanımı

Mobil telefon kullanım kalıpları, özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde akıllı telefon sahiplik oranları son derece yüksektir. Bu bölgelerde güçlü dijital altyapı mevcuttur; bu da sık cihaz güncellemeleri yapılmasına ve yüksek hızlı internete yaygın erişime olanak tanımaktadır (Taylor & Silver, 2019).

Buna karşılık, gelişmekte olan ülkelerde akıllı telefon kullanım oranlarında hızlı bir artış gözlemlenmektedir; ancak özellikli telefonlar (feature phones) hâlen yaygın olarak kullanılmakta olup, ileri düzey mobil teknolojilere erişim genellikle sınırlıdır (Taylor & Silver, 2019).

Pew Research Center (2019) verileri, kentsel ve kırsal nüfuslar arasında belirgin bir dijital uçurum olduğunu ortaya koymaktadır. Kırsal bölgelerde yaşayan bireylerin, internete erişim sağlayan mobil cihazları kullanma olasılıkları kentsel alanlara kıyasla önemli ölçüde düşüktür. Bu kullanıcılar genellikle internet hizmetlerine, e-posta uygulamalarına ve sosyal medya platformlarına sınırlı erişime sahiptir ve çoğunlukla internet bağlantısı desteklemeyen cihazlara sahiptir (Turner ve ark., 2019).

Bu eşitsizlikler, coğrafi konumun mobil telefon kullanım alışkanlıkları üzerindeki belirleyici etkisini ve daha geniş kapsamlı dijital eşitsizlik ile erişilebilirlik sorunlarını gözler önüne sermektedir.

2.5.4 Mobil Telefonlar ve Tüketici Eğitimi

Yeni teknolojilerin benimsenmesi, bireyin eğitim düzeyiyle doğrudan ilişkilidir. Yükseköğrenim görmüş bireyler, yeni teknolojileri daha erken aşamalarda benimsemeye eğilimliken; düşük eğitim düzeyine sahip bireyler, bu teknolojilere daha geç adapte olmakta ve günlük yaşamlarına entegre etmekte zorlanmaktadır (Rashid ve ark., 2020).

Mohammadyari ve Singh'in (2015) çalışmasına göre, eğitim düzeyi yüksek bireyler; bilgisayar, internet gibi teknolojileri daha sık ve etkin biçimde kullanmaktadır.

Buna karşılık, düşük eğitim düzeyine sahip bireylerin yeni teknolojilere karşı daha fazla anksiyete duydukları ve bilişsel hazırlık düzeylerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, dijital araçları benimsemelerini ve etkin kullanmalarını olumsuz etkileyebilmektedir (Rashid ve ark., 2020).

2.6 Akıllı Telefon İşletim Sistemleri (İS)

Mobil cihaz pazarı, çeşitli İS'ler ve uygulama geliştirme çerçevelerini içeren bir dizi teknolojik platform tarafından domine edilmekte olup, bu durum çok çeşitli rekabetçi çözümler ortaya çıkarmaktadır. Bu platformlar, mobil ekosistemde yenilikçiliği teşvik eden ve rekabeti destekleyen farklı endüstri paydaşları tarafından geliştirilmekte ve sürdürülmektedir (Okediran ve ark., 2014).

Mobil bir İS, kişisel dijital asistanlar, tabletler, cep telefonları ve akıllı telefonlar gibi mobil cihazlarda uygulama programlarının çalıştırılmasını sağlayan bir yazılım platformudur (Okediran ve ark., 2014).

İS'ler, tüm genel amaçlı bilişim sistemlerinin temel bileşeni olarak kabul edilir. 1957 yılında ilk kez kullanılmaya başlandıklarından bu yana, bilgisayarlarda donanım kaynaklarını yönetme ve yazılım işlevselliğini sağlama açısından temel bir rol oynamışlardır (Jipping, 2007).

İlk İS olan BESYS, 1957 yılında Bell Labs tarafından geliştirilmiştir. Bu sistem, kısa programların sıralı olarak çalıştırılmak üzere kuyruklanmasını otomatikleştirerek, operatörlerin programları manuel olarak yüklemesine olan gereksinimi ortadan kaldırmıştır (Jipping, 2007).

Mobil İS'ler zaman içerisinde üç aşamalı bir evrim süreci geçirmiştir: (1) kişisel bilgisayar temelli İS'lerin mobil cihazlara uyarlanmasıyla başlayan ilk aşama; (2) hafif, cihaza özgü platformların öne çıktığı gömülü sistemler aşaması; ve (3) mobil cihazlara özel olarak geliştirilen, güçlü ve çok işlevli İS'lerin karakterize ettiği modern akıllı telefon odaklı aşama. Bu süreç boyunca, mobil İS mimarisi oldukça karmaşık yapılardan daha sade ve verimli tasarımlara evrilmiş ve sonuçta dengeli bir orta düzeye ulaşmıştır (Okediran ve ark., 2014).

Modern akıllı telefon İS'leri, geleneksel kişisel bilgisayar sistemlerinin temel işlevlerini, mobil cihazlara özgü çok çeşitli yeteneklerle bütünleştirmektedir. Bu

yetenekler arasında dokunmatik ekran desteği, hücresel bağlantı, Bluetooth, Wi-Fi, GPS navigasyonu, video ve ses kaydı, ses tanıma, müzik çalma, yakın alan iletişimi ve kızılötesi iletişim yer almaktadır. Bu kadar çeşitli işlevleri destekleyebilmek için, mobil İS’ler hem karmaşıklık hem de yetenek açısından önemli ölçüde gelişmiştir (Okediran ve ark., 2014).

Önemli mobil İS örnekleri arasında Google’ın Android’i, Apple’ın iOS’u, Nokia’nın Symbian’ı, Research In Motion’ın BlackBerry İS’i, Samsung’un Bada’sı, Microsoft’un Windows Phone’u ve Hewlett-Packard’ın webOS’u yer almaktadır (Okediran ve ark., 2014).

Aşağıdaki alt başlıklarda, en yaygın altı mobil İS’e genel bir bakış sunulmaktadır.

2.6.1 Symbian İS

Symbian, 1997 yılında piyasaya sürülen ve büyük ölçüde C++ diliyle geliştirilen, ilk ve en yaygın kullanılan akıllı telefon İS’lerinden biridir. Özellikle Nokia tarafından benimsenmiş ve firmanın çok sayıda mobil cihazında kullanılmıştır. 2006 yılında, küresel akıllı telefon pazarında %60’tan fazla pazar payına ulaşarak zirveye çıkan Symbian, o dönemde çok az rekabetle karşı karşıyaydı. Daha sonra açık kaynak kodlu hâle getirilmesine rağmen zamanla kullanım dışı kalmış ve aktif olarak desteklenmemektedir. Symbian’ın en büyük sorunlarından biri güvenlik açıklarıydı; bu da onu kötü amaçlı yazılımlar ve virüsler için sık hedef hâline getirmiştir (Okediran ve ark., 2014).

2.6.2 webOS

webOS, başlangıçta Palm Inc. tarafından geliştirilen ve Linux çekirdeği üzerine inşa edilen tescilli bir mobil İS’dir. İlk olarak Palm Pre akıllı telefonla tanıtılmıştır. Başlangıçta tescilli olan bu sistem, daha sonra tamamen açık kaynaklı ve çoklu görev destekli bir yapıya dönüşmüştür. webOS’un ayırt edici özelliği, uygulamaların “kart” adı verilen sahneler şeklinde görsel olarak temsil edilmesidir. Bu kart tabanlı arayüz,

kullanıcıların birden çok uygulama arasında kolayca geçiş yapmasına ve onları sezgisel bir biçimde yönetmesine olanak tanır (Almisreb ve ark., 2019).

2.6.3 BlackBerry İS

BlackBerry İS, Kanada merkezli Research In Motion firması tarafından, BlackBerry marka akıllı telefonlar ve tablet cihazlar için geliştirilmiştir. İlk sürüm olan BlackBerry OS 1.0, Ocak 1999’da, Research In Motion’in erken dönem pager ve e-posta odaklı cihazlarıyla birlikte piyasaya sürülmüştür (Okediran ve ark., 2014).

BlackBerry cihazlarının temel amacı, özellikle iş ve kurumsal kullanıcılar için güvenli iletişim ve üretkenlik sağlamaktır. Bu bağlamda BlackBerry İS, en güvenli mobil İS’lerden biri olarak tanınmıştır (Almisreb ve ark., 2019).

Çoklu görev desteğine sahip olan İS, trackwheel, trackball ve sonrasında trackpad ile dokunmatik ekran gibi çeşitli giriş yöntemleriyle uyumludur (Almisreb ve ark., 2019).

C++ programlama diliyle geliştirilen bu İS, ağırlıklı olarak BlackBerry akıllı telefonlarda kullanılmıştır (Ali, 2014).

4 Ocak 2022 itibarıyla BlackBerry, klasik İS desteğini resmi olarak sonlandırarak tescilli mobil platform dönemine son vermiştir.

2.6.4 Windows Phone

Windows Phone, Microsoft tarafından geliştirilen tescilli bir akıllı telefon İS’dir. 2010 yılında “Windows Phone 7” adıyla piyasaya sürülmüş olup, temel olarak C++ ile yazılmıştır. Android ve iOS gibi mevcut mobil platformlara rakip olmak amacıyla geliştirilen bu sistem, Microsoft’un masaüstü bilişim alanındaki köklü varlığından faydalanmıştır. Ancak bu temele rağmen, Windows Phone geniş bir kullanıcı kitlesi edinmekte zorlanmıştır (Almisreb ve ark., 2019).

HTC, Samsung, LG ve Nokia gibi birçok donanım üreticisi, Windows Phone İS yüklü cihazlar üretmiştir. Windows Phone çekirdeği; aygıt sürücüsü erişimi, temel güvenlik, ağ iletişimi ve depolama gibi düşük seviyeli işlevleri yönetmekten sorumludur (Almisreb ve ark., 2019).

Microsoft'un başarılı masaüstü platformlarından bazı özellikleri bünyesine katmasına rağmen, Windows Phone, yüksek rekabetin yaşandığı mobil pazarda geniş bir kullanıcı tabanı oluşturmayı başaramamıştır (Okediran ve ark., 2014).

2.6.5 Android İS

Android, Google liderliğindeki Open Handset Alliance tarafından geliştirilen bir mobil İS'dir. Google, Android platformunu Kasım 2007'de resmî olarak duyurmuştur. Linux çekirdeği üzerine inşa edilen İS, başlangıçta Google tarafından geliştirilmiş, ardından Open Handset Alliance tarafından ileriye taşınmıştır (Okediran ve ark., 2014).

Android'in çekirdeği, büyük ölçüde Apache Lisansı kapsamında açık kaynaklıdır. Ancak Google Play Store, Google Arama, Google Play Hizmetleri ve Google Music gibi birçok önemli bileşen tescilli ve lisanslıdır (Okediran ve ark., 2014).

Android uygulama geliştirmede temel programlama dili Java'dır; bununla birlikte farklı diller de kullanılabilir. Ancak hangi dil kullanılırsa kullanılsın, uygulamalar son aşamada Advanced RISC Machines uyumlu kodlara dönüştürülerek çalıştırılır. Samsung ve HTC gibi büyük üreticilerin Android İS'yi benimsemesi, platformun küresel ölçekte yaygınlaşmasına büyük katkı sağlamıştır (Ali, 2014).

2011 itibarıyla Android, en geniş kurulu kullanıcı tabanına sahip mobil İS olmuştur. 2013 yılında ise Android cihazların küresel satışları, Windows, iOS ve macOS yüklü cihazların toplam satışlarını geçmiştir.

Mayıs 2025 itibarıyla AppBrain verilerine göre, Google Play Store'da yaklaşık 1,54 milyon uygulama bulunmaktadır. Bu sayı, 2024 başında mevcut olan 3,4 milyon

uygulamaya kıyasla büyük bir düşüş göstermekte ve platformun uygulama ekosistemindeki daralmayı yansıtmaktadır.

2.6.6 iPhone İS (iOS)

Apple Inc., iOS'u (ilk adıyla iPhone İS), iPhone, iPad, iPod Touch ve Apple TV gibi cihazları için tescilli, kapalı kaynaklı bir mobil İS olarak geliştirmiştir. İlk olarak 2007 yılında orijinal iPhone ile birlikte piyasaya sürülen iOS; sezgisel kullanıcı arayüzü, geliştirici dostu ortamı ve güçlü ekosistemiyle tanınmaktadır (Almisreb ve ark., 2019).

iOS, açık kaynak bileşenleri içeren Darwin İS üzerine kuruludur; ancak üst düzey özellikler tescilli kalmaktadır. Geliştirme için kullanılan ana programlama dili C olmakla birlikte, Objective-C ve günümüzde Swift de yaygın olarak kullanılmaktadır (Okediran ve ark., 2014).

iOS, üçüncü taraf uygulamaların serbestçe yüklenmesine izin vermemektedir; yalnızca Apple App Store üzerinden onaylı uygulamalar yüklenebilir. Bu kontrollü yapı, zararlı yazılımlara karşı sistemi korumakta ve genel güvenliği artırmaktadır. “Güvensiz” olduğu yönündeki iddiaların aksine, iOS; sandboxing, kod imzalama ve donanım şifreleme gibi özelliklerle güçlü bir güvenlik mimarisi sunmaktadır (Ali, 2014).

Güvenlik API'leri, Core Services katmanında uygulanmakta olup, temel güvenlik altyapısı Core İS (çekirdek) katmanı tarafından sağlanmaktadır (Ali, 2014).

2011 yılında tanıtılan Apple'ın kişisel dijital asistanı Siri, doğal dil işleme yetenekleriyle sesli komutlara dayalı kullanıcı etkileşimini ve erişilebilirliği artıran önemli bir özelliktir (McDonough, 2025).

2.7 Mobil Uygulama Geliştirme

Mobil uygulama geliştirme; kişisel dijital asistanlar, kurumsal dijital asistanlar ve cep telefonları gibi düşük güçlü taşınabilir cihazlar için uygulama yazılımları oluşturma sürecini ifade eder. Bu süreç, genellikle Android ve iOS gibi platformları hedef alarak;

uygulamaların tasarım, kodlama, test ve dağıtım aşamalarını kapsamaktadır (Okediran ve ark., 2014).

Uygulamalar, cihazlara üretim aşamasında önceden yüklenebileceği gibi kullanıcılar tarafından Apple App Store veya Google Play Store gibi çeşitli mobil yazılım dağıtım platformlarından indirilebilir ya da web uygulaması olarak sunulabilir. Web uygulamaları, tarayıcı içinde uygulama benzeri bir deneyim sunmak amacıyla sunucu taraflı veya istemci taraflı işleme teknolojilerini kullanır ve bu sayede cihaz üzerine kurulum gerektirmeden platformlar arası erişilebilirlik sağlar (Okediran ve ark., 2014).

Günümüzde geliştiricilerin birçok dil seçeneğine erişimi olduğu göz önünde bulundurulduğunda, uygun bir mobil programlama dili seçimi hiçbir zaman kolay bir karar olmamıştır. Yaygın olarak tercih edilen diller arasında Java ME, Symbian C++, Qt, Open C, Flash Lite ve Python gibi seçenekler yer almaktadır (Hammershøj ve ark., 2010).

Bu karar genellikle geliştiricinin teknik geçmişi ve önceki deneyimleri doğrultusunda şekillenir. Çoğu durumda, geliştiriciler — eğer hedef uygulamanın işlevsel ve performans gereksinimleriyle uyumluysa — hâlihazırda aşına oldukları bir programlama dilini tercih etme eğilimindedir (Hammershøj ve ark., 2010).

2.7.1 Java Platform Micro Edition (Java ME)

Java tabanlı bu platform, gömülü sistemler—özellikle mobil cihazlar—için özel olarak tasarlanmıştır. Önceden Java 2 Platform, Micro Edition (J2ME) olarak bilinen bu yapı, Java platform ailesinin en hafif ve en kompakt üyesidir. Başlangıçta geleneksel masaüstü uygulamaları geliştirmek amacıyla kullanılmış olsa da, zamanla öncelikli kullanım alanı dağıtık uygulama geliştirmeye—özellikle sunucu taraflı ve web tabanlı uygulamalara—kaymıştır (Almisreb ve ark., 2019).

Java ME mimarisi; yapılandırmalar (configurations), profilerler (profiles) ve isteğe bağlı paketler (optional packages) etrafında kurgulanmıştır. Bu bileşenler birlikte, farklı cihazlar ve pazar segmentleri için özelleştirilmiş eksiksiz Java çalışma ortamlarının oluşturulmasını mümkün kılar. Her yapılandırma, hedef cihaz kategorisinin bellek, işlem gücü ve giriş/çıkış kapasitesi gibi donanımsal özelliklerine göre optimize edilmiştir. Bu sayede Java ME, cihazın potansiyelini en üst düzeyde kullanırken zengin bir kullanıcı deneyimi sunan birleşik bir Java platformu sağlamaktadır (Okediran ve ark., 2014).

2.7.2 Python

Python, öğrenme kolaylığı, sade kod yapısı ve geliştirme süresini önemli ölçüde kısaltma potansiyeli nedeniyle, hızlı prototipleme için ideal bir programlama dili olarak geniş çapta kabul görmektedir. Farklı mobil İS'lerine uyum sağlamak amacıyla, Python'un çeşitli sürümleri mevcuttur (Hammershøj ve ark., 2010).

Genel olarak, Python betikleri; C, C++ veya Java gibi dillere kıyasla belirgin ölçüde daha kısa olma eğilimindedir. Bunun birkaç temel nedeni vardır: Yüksek seviyeli veri türleri sayesinde karmaşık işlemler tek bir ifadeyle gerçekleştirilebilir; ifade gruplamaları süslü veya köşeli parantezler yerine girintileme ile sağlanır; ayrıca değişken ve parametre tanımlamaları zorunlu değildir (Hammershøj ve ark., 2010).

Bununla birlikte, Python'un bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Yorumlanan (interpreted) bir dil olduğu için, çalıştırılabilmesi amacıyla yorumlayıcının ya uygulama ile birlikte paketlenmesi ya da ayrı olarak cihaza yüklenmesi gereklidir; bu durum dağıtımı karmaşıklştırabilir. Ayrıca yorumlayıcıya olan bağımlılık, çalıştırma hızını düşürmekte ve Python'u yüksek performans gerektiren uygulamalar—özellikle yoğun hesaplama gücü isteyen karmaşık oyunlar—için uygun olmaktan çıkarmaktadır. Bir diğer önemli kısıtlama ise, Python'un iOS, Android, BlackBerry ve Windows Mobile gibi başlıca mobil İS'lerinde resmî destekten yoksun olmasıdır; bu da taşınabilirliğini ciddi ölçüde sınırlamaktadır (Hammershøj ve ark., 2010).

2.7.3 Qt

Qt, Windows, Linux ve macOS gibi çeşitli masaüstü İS'lerini destekleyen; ayrıca Symbian ve Maemo gibi mobil platformlara da işlevselliğini genişleten, çapraz platformlu bir uygulama çatısıdır (framework). Başlangıçta Norveç merkezli Trolltech firması tarafından geliştirilen Qt, Haziran 2008'de Nokia tarafından satın alınmıştır (Hammershøj ve ark., 2010).

Qt çatısı, kapsamlı ve sezgisel bir C++ sınıf kütüphanesi sunmakta olup, uygulama geliştirme için geniş bir bileşen yelpazesi sağlamaktadır. Nesneler arası iletişim ve gelişmiş grafiksel kullanıcı arayüzü geliştirme gibi alanlarda, standart C++'ın ötesine geçmektedir. 2005 yılından itibaren hızlı bir evrim sürecine giren Qt, mobil uygulama programlama alanında önemli bir araç olarak konumlanmıştır (Hammershøj ve ark., 2010).

Qt'nin gelişimindeki başlıca kilometre taşları arasında, 2005 yılında yayımlanan Qt 4.1 sürümünde Ölçeklenebilir Vektör Grafikleri için bütünsel destek sunulması yer almaktadır. 2006 yılında Windows Vista desteği eklenmiş; bu destek 2007'de daha da geliştirilmiştir. Aynı dönemde, CSS tabanlı yerel bileşen (widget) biçimlendirme ve yeni bir 2D grafik çatısı tanıtılmıştır. 2008'de ise Qt 4.4 sürümüyle, çok iş parçacıklı (multi-threaded) uygulama geliştirmeyi kolaylaştıran bir eşzamanlılık (concurrency) çatısı, paylaşımlı bellek odaklı bir süreçler arası iletişim altyapısı ve WebKit render motoru entegrasyonu sunulmuştur (Hammershøj ve ark., 2010).

Qt'nin en güncel sürümlerinde, uygulama geliştirme sürecini hızlandırmak amacıyla tasarlanan Qt Creator adlı tümleşik geliştirme ortamı yer almaktadır. Ayrıca, WebKit entegrasyonunu geliştirmek amacıyla QtWebKit bileşeni sunulmuştur. QtWebKit sayesinde geliştiriciler, web içeriğini Qt uygulamaları içine sorunsuz bir şekilde görebilmekte; aynı zamanda bu içerik üzerinde yerel arayüz iyileştirmeleri gerçekleştirebilmektedir (Hammershøj ve ark., 2010).

Qt'nin en önemli avantajlarından biri, yüksek düzeyde platformdan bağımsız olmasıdır. Java'nın tersine, Qt uygulamaları Java Sanal Makinesi gibi bir ara katmana ihtiyaç duymadan doğrudan yerel İS'ye derlenmektedir (Almisreb ve ark., 2019).

Bu yaklaşım, JVM tabanlı ortamların beraberinde getirdiği performans yükünü ve karmaşıklığı ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca Nokia'nın Qt'ye yaptığı ciddi yatırımlar ve bu platforma stratejik düzeyde odaklanması, Qt'yi modern yazılım geliştirme araçları arasında güvenilir ve rekabetçi bir alternatif hâline getirmiştir (Okediran ve ark., 2014).

2.7.4 Silverlight

Silverlight, internet tabanlı uygulamaların oluşturulması ve çalıştırılması amacıyla tasarlanmış bir mobil uygulama geliştirme platformudur. Windows Mobile cihazları için desteklenen platformlardan biri olmasına rağmen, Silverlight kullanan web siteleri, Windows Mobile sürümlerinde yer alan Internet Explorer üzerinden çalıştırılamamaktadır (Almisreb ve ark., 2019).

Silverlight çalışma zamanı (runtime), bir tarayıcı eklentisi (plug-in) olarak dağıtılmakta olup; Microsoft Windows ve macOS İS'lerinde çalışan web tarayıcılarıyla uyumludur. Windows üzerinde Internet Explorer'ın yeni sürümleri, Mozilla Firefox ve Google Chrome (Windows RT hariç); macOS üzerinde ise Firefox ve Safari ile uyumlu çalışmaktadır. Ayrıca, Silverlight platformu, Windows Mobile ve Symbian İS'ye sahip mobil cihazlara da destek sunmaktadır (Okediran ve ark., 2014).

Ancak bu platform, 2021 yılı itibarıyla resmî olarak kullanım dışı bırakılmış ve artık desteklenmemektedir.

2.8 Mobil Uygulamalar

Mobil uygulama, mobil telefonlar veya diğer akıllı cihazlarda çalışmak üzere özel olarak tasarlanmış yazılımları ifade eder. Mobil uygulamaların kökeni, 1980'li yıllarda kişisel dijital asistanlarla birlikte tanıtıldıkları döneme kadar uzanmaktadır. Ancak bu erken dönem uygulamalar yalnızca temel işlevlerle sınırlıydı. Akıllı

telefonların ve üçüncü nesil mobil ağların ortaya çıkışıyla birlikte, daha karmaşık işlevler mümkün hâle gelmiştir. 2000’li yıllarda üçüncü taraf uygulama indirmelerinin yaygınlaşması, tamamen yeni bir sektörün doğmasına yol açmış; insanların çalışma, iletişim kurma, alışveriş yapma ve seyahat etme biçimlerinde köklü dönüşümler yaratmıştır (Volle, 2025).

Akıllı telefonlar genellikle e-posta istemcileri, takvim uygulamaları ve internet tarayıcıları gibi temel uygulamalarla önceden yüklü olarak gelir. Ek uygulamalar ise genellikle akıllı telefon üreticileri veya İS geliştiricileri tarafından yönetilen uygulama mağazaları aracılığıyla edinilir. Bunlar arasında en dikkat çekici olanları Apple App Store ve Google Play’dir. İS geliştiricileri, kendi tescilli uygulama mağazalarını yeni cihazlara önceden yükleyerek stratejik bir avantaj elde eder. Mobil uygulamalar ücretsiz ya da ücretli olarak sunulabilir; gelir modelleri ise çoğunlukla satın alma, abonelik, reklam veya uygulama içi işlem (in-app purchase) temellidir (Rakestraw ve ark., 2013).

Mobil uygulamalar genel olarak üç ana kategoriye ayrılmaktadır: yerel (native), web tabanlı ve hibrit. Yerel uygulamalar belirli bir İS için geliştirilir ve performans, güvenlik ile donanım bileşenleri (kamera, mikrofon vb.) ile entegrasyon açısından optimize edilmiştir. Buna karşın web tabanlı uygulamalar mobil tarayıcılar üzerinden çalışır ve platformdan bağımsızdır; ancak genellikle daha yavaş çalışırlar ve çevrimdışı işlevsellik sunmazlar. Hibrit uygulamalar ise her iki tasarımın unsurlarını birleştirir. Birden fazla platformda çalışabilmeleri ve yerel benzeri bir arayüz sunmaları avantaj sağlasa da, performans açısından yerel uygulamaların gerisinde kalabilirler (Rakestraw ve ark., 2013).

Mobil uygulama endüstrisi hızla büyümeye devam etmektedir. Küresel uygulama indirme sayısının 2023 yılında 257 milyar olduğu; bu sayının 2025 yılı itibarıyla yaklaşık 299 milyara ulaşacağı ve bu artışın yıllık bileşik büyüme oranı olarak %8’e karşılık geleceği öngörülmektedir (Qadir, 2025).

Mobil uygulamaların günlük yaşamda giderek daha yaygın hâle gelmesiyle birlikte, uygulama kalitesi merkezi bir önem kazanmıştır. Son derece rekabetçi bir pazarda güvenilirlik ve performans, bir uygulamanın ticari başarısının temel belirleyicileri hâline gelmiştir.

Son yıllarda, mobil teknolojilerin tıp alanındaki kullanımı—genellikle “mobil sağlık” (mHealth) olarak adlandırılmaktadır—önemli ölçüde artış göstermiştir. Çok işlevli yapıları ve yaygın kullanımları sayesinde mobil telefonlar; sağlık bilgilerine erişim sağlama, sağlık hizmetlerinin kalitesini ve erişilebilirliğini artırma ve sağlıkla ilgili davranış değişikliği girişimlerini destekleme açısından etkili birer platform hâline gelmiştir (Väyrynen ve ark., 2023).

Ayrıca, mobil sağlık uygulamalarının genel sağlık durumları üzerinde olumlu etkilerle ilişkilendirildiği görülmektedir. Bu uygulamalar, uzaktan danışmanlık, hastalık tanısı, hasta hatırlatmaları ve davranışsal müdahaleler gibi çeşitli amaçlarla giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Diş hekimliği alanında da mobil sağlık uygulamaları değerli bir araç olarak önem kazanmaktadır. Bu uygulamalar; diş hekimlerinin ağız ve diş sağlığıyla ilgili verileri toplamasına, hastaları sürekli olarak izlemesine ve onlarla etkileşim kurmasına olanak tanımaktadır. Ağız hastalıklarının önlenmesi, tanılanması ve tedaviye uyumun izlenmesine yönelik çok sayıda mobil sağlık uygulaması geliştirilmiştir (Väyrynen ve ark., 2023).

Ortodonti özelinde ise uygulama tabanlı yazılım araçları, klinik karar verme süreçlerini ve tedavi planlamasını destekleyen; sandalye başında değerlendirme süreçlerini kolaylaştıran etkili kaynaklar olarak öne çıkmaktadır. Bu araçlar, klinik iş akışının verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir.

2.9 Ortodontide Kullanılan Mobil Uygulamalar

Ortodonti alanında mobil uygulamaların sayısı, yapay zekâ teknolojilerindeki hızlı ilerlemelerle paralel olarak sürekli artış göstermektedir. Bu gelişmeler, hem klinisyenler hem de hastalar için önemli potansiyel faydalar sunmaktadır. Ancak, bu tür uygulamaların yaygın kabul görmesi ve klinik uygulamalara entegre edilebilmesi için titiz bilimsel doğrulama süreçleri ve sistematik araştırmalar gereklidir (Vaid ve ark., 2020).

Büyük mobil platformlarda mevcut ortodonti uygulamalarının sayısı zamanla artmış ve bu araçlar hem uygulayıcılar hem de hastalar için çeşitli işlevler sunar hâle gelmiştir. Bununla birlikte, bu uygulamaların doğruluğu ve güvenilirliği açısından bilimsel olarak değerlendirilenlerin sayısı oldukça sınırlıdır (Vaid ve ark., 2020).

Ortodontide kullanılan mobil yazılımlar genel olarak iki ana gruba ayrılabilir: ortodontistlere yönelik ve hastalara yönelik uygulamalar. Bu araçlar; sefalometrik, dental ve yüz analizleri ile İM değerlendirmeleri gibi tanısal süreçlerde kullanılmaktadır. Ayrıca klinik karar verme süreçlerini destekleyerek tedavi planlamasına katkı sağlar; rutin muayene yönetimi, uzaktan hasta takibi ve klinik dokümantasyon gibi alanlarda da giderek artan bir kullanım alanı bulmaktadır (Gupta & Vaid, 2017).

Bu büyümeye rağmen, mevcut ortodonti uygulamalarının çoğu hâlâ tasarım açısından nispeten basit düzeydedir ve gelişmiş arka uç işlevselliği ya da yapay zekâ entegrasyonundan yoksundur. Literatür, ağırlıklı olarak randevu hatırlatmaları, ön tanı araçları (örneğin LS analiz), ağız hijyeninin korunmasına yönelik bilgilendirmeler ve hasta eğitime odaklanan uygulamaları kapsamaktadır. Ortodontik tedavinin daha karmaşık yönlerine katkı sunabilecek araçlara ilişkin bilimsel kanıtlar ise sınırlıdır (Thurzo ve ark., 2021).

Ayrıca; model ve boşluk analizi, yakalama zamanlamasına dayalı önleyici ortodontik tedavi planlaması, kuvvet sistemlerinin hesaplanması ile Index of Treatment Need ve Peer Assessment Rating gibi endekslerin uygulanmasına yönelik geliştirilen

uygulamaların büyük oranda bilimsel olarak değerdendirilmediğı görölmektedir (Vaid ve ark., 2020).

Benzer şekilde, SVM evrelemesi için geliştirilen sınırlı sayıdaki uygulama bulunsa da, bu araçların doğruluğı ve güvenilirliğine yönelik bilimsel incelemeler oldukça yetersizdir. Bu eksiklikler, ortodontik uygulamalarda mobil teknolojilerin güvenli ve etkili kullanımı için güçlü bilimsel denetime duyulan acil gereksinimi açıkça ortaya koymaktadır.

BÖLÜM III

3. Yöntem

3.1 Etik Onay

Tıbbi araştırma etiği alanında 1964 Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak, çalışma için Yakın Doğu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Değerlendirme Etik Kurulu'na resmi başvuru yapılmış ve onay alınmıştır (Karar tarihi ve numarası: YDU/2024/129-1897).

3.2 Veri Setinin Toplanması

Çalışmanın amacına uygun olarak, 2022–2024 yılları arasında Yakın Doğu Üniversitesi Ortodonti Kliniklerine başvuran 200 ortodonti hastasına ait tedavi öncesi dijital LS radyografiler retrospektif olarak toplanmıştır. Tüm radyografiler, aynı radyografi cihazı olan Orthophos XG (Sirona Dental Systems GmbH) kullanılarak ve standart bir protokol izlenerek elde edilmiştir.

Hasta cinsiyeti veya maloklüzyon türüne ilişkin herhangi bir özel seçim kriteri uygulanmamıştır. SVM'nin tüm evrelerinin kapsamlı biçimde değerlendirilebilmesi amacıyla, 7 ila 25 yaş aralığını kapsayan farklı yaş gruplarından veriler dâhil edilmiştir. Hasta gizliliğini sağlamak amacıyla, orijinal LS'lerden ad, yaş, cinsiyet ve muayene tarihi gibi kimlik bilgileri çıkarılmıştır.

3.3 Dışlama Kriterleri

Aşağıdaki koşulları taşıyan radyografiler çalışma dışı bırakılmıştır:

- Işın sertleşmesi (beam hardening) veya hareket kaynaklı artefaktların tespit edilmesi (Şekil 4).
- Hastanın baş pozisyonunun uygunsuz yerleştirildiğinin belirlenmesi.
- S2, S3 ve S4 vertebra gövdelerinin tamamının görüntü alanına girmediği radyografiler (Şekil 5).
- Goldenhar sendromu veya Klippel-Feil sendromu gibi maksillofasiyal yapılarda değişikliğe neden olabilecek sendromların varlığı.

Şekil 4

Hareket Artefaktları Gösteren LS Görüntüsü



Şekil 5

Dışlanan Bir LS Örneği: Vertebraların Tamamı Görüntü Alanında Değildir



3.4 Katılımcılar ve Örneklem

Gözlemcilerin SVM yöntemini değerlendirirken etkilenmesini önlemek amacıyla, LS görüntüleri yalnızca S1'den C4'e kadar olan SV'leri içerecek şekilde kırılmış; dişlenme evresi gibi ek bilgiler analiz dışında bırakılmıştır (Şekil 6).

Şekil 6

Hariç Tutulan LS Örneği, Vertebraların Tam Gövdesi Görüntüde Yer Almamaktadır



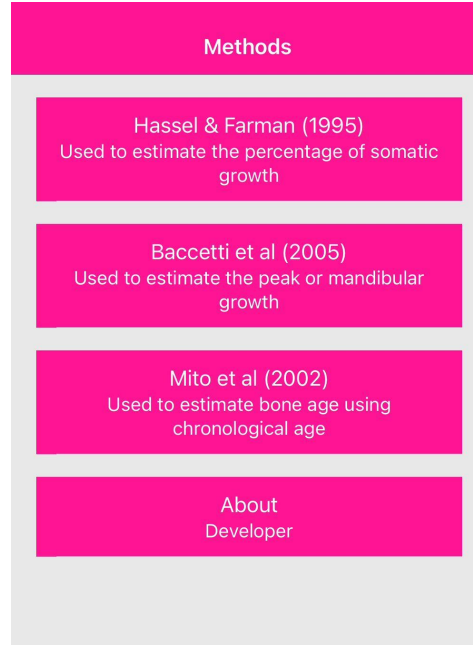
Birincil gözlemci (Aseel Moqbel), 4 yıllık deneyime sahip bir ortodonti asistanı olarak, SVM evrelerini Baccetti ve ark. (2005) tarafından önerilen ve literatürde “altın standart” olarak kabul edilen yöntemle sınıflandırmıştır.

Mobil tabanlı “Easy Age” uygulamasının doğruluğunu değerlendirmek amacıyla, birincil gözlemci dört hafta sonra gerçekleştirilen ikinci bir oturumda verileri rastgele bir sırayla yeniden sınıflandırmıştır. Bu aşamada da yine Baccetti ve ark. (2005) yöntemine sadık kalınmış ve değerlendirme “Easy Age” uygulaması üzerinden yapılmıştır (Şekil 7).

Şekil 7

“Easy Age” Mobil Uygulamasında Sunulan SVM Yöntemi Arayüzü

Kaynak: Easy Age® Software.



Dördüncü ve beşinci sınıf diş hekimliği öğrencileri arasından sekiz kişi, kura yöntemiyle rastgele seçilerek çalışmaya dâhil edilmiştir. Bu örnekleme yöntemi, uygulamanın farklı düzeylerde klinik deneyime sahip kullanıcılar arasında ne ölçüde güvenilir çalıştığını değerlendirmek amacıyla tercih edilmiştir.

Katılım öncesinde tüm öğrenciler, üniversite tarafından hazırlanan Bilgilendirilmiş Onam Formu’nu okuyarak doldurmuş ve imzalamıştır.

Çalışma başlamadan önce, tüm katılımcılara birincil gözlemci tarafından uygulamalı bir bilgilendirme sunumu gerçekleştirilmiştir. Bu sunumda, Baccetti ve ark. tarafından geliştirilen SVM yöntemi anlatılmış olup, içeriğin hazırlanmasında "The Cervical Vertebral Maturation Method: A User’s Guide" adlı makale referans olarak kullanılmıştır (McNamara Jr. & Franchi, 2018).

Sınıflandırma sürecinde öğrenciler farklı akıllı telefon modelleri kullanmıştır. Android İS kullananlar arasında Samsung Galaxy Note20 ve Galaxy S22 Ultra, Apple iOS kullananlar arasında ise iPhone 14 Pro Max, iPhone XS Max ve iPhone 13 Pro Max yer almıştır. “Easy Age” uygulamasının ücretsiz sürümü, hem Google Play Store hem de Apple App Store üzerinden indirilmiştir. Uygulama, her iki platformda da erişilebilir olan tek seçenek olduğu için çalışma kapsamında tercih edilmiştir. Katılımcılardan dört öğrenci Android İS’li cihaz, diğer dört öğrenci ise Apple iOS’lu cihaz kullanmıştır (Şekil 8).

Şekil 8

“Easy Age” Mobil Uygulamasının Ana Ekranı

Kaynak: Easy Age® Software.



Bu çalışma, gerçek klinik koşulları mümkün olduğunca doğru bir şekilde simüle etmek amacıyla tasarlanmıştır. Klinik uygulamada kullanıcıların aynı anda her iki İS’ye

erişimi bulunmadığından, her katılımcı değerlendirmeyi yalnızca bir sistem üzerinden gerçekleştirmiştir. Bu yaklaşım, bulguların ekolojik geçerliliğini artırarak uygulamanın pratik kullanım senaryolarında nasıl performans gösterdiğini daha gerçekçi şekilde değerlendirmeyi sağlamıştır.

SVM değerlendirmesinin LS radyografilerinde en uygun koşullarda gerçekleştirilebilmesi için yüksek çözünürlüklü ekran, uygun aydınlatma ve dikkat dağıtıcı unsurlardan arındırılmış sessiz bir ortam sağlanmıştır.

Değerlendirme güvenilirliğini artırmak amacıyla, her öğrenci sınıflandırma görevini bağımsız olarak yerine getirmiştir. Böylece akran etkisinden kaynaklanabilecek olası önyargılar minimize edilmiştir. Ayrıca, katılımcı yorgunluğunu azaltmak ve konforu artırmak amacıyla sınıflandırma oturumları birkaç güne yayılmıştır.

3.5 İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde, SPSS sürüm 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) yazılımı kullanılarak Intraclass Correlation Coefficient (ICC) ve Cohen's kappa istatistikleri hesaplanmıştır.

ICC, mobil uygulama ile elde edilen ölçümlerin doğruluğunu, birincil gözlemci tarafından yapılan "altın standart" değerlendirmelerle karşılaştırarak analiz etmek için kullanılmıştır. Bu yöntem, "Easy Age" uygulamasının altın standart sonuçları ne ölçüde doğru şekilde yansıttığını belirlemede önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, ICC yöntemi özellikle uygundur; çünkü aynı gözlemcinin ya da sabit bir gözlemci grubunun aynı örnekleri değerlendirdiği durumlarda ölçüm tutarlılığını analiz etmek için tasarlanmıştır.

Bu çalışmada, uygulamanın performansının değerlendirici farklılıklarından bağımsız olarak analiz edilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle, hem altın standart hem de uygulama değerlendirmeleri aynı uzman tarafından gerçekleştirilmiştir. ICC yöntemi, bu

tür durumlarda hem korelasyonu hem de uyumu değerlendirerek, sıralı veya sürekli veriler için istatistiksel açıdan güçlü bir analiz sağlamaktadır.

ICC değerleri 0 ile 1 arasında değişir; 0 değeri hiçbir güvenilirlik olmadığını, 1 değeri ise tam güvenilirlik olduğunu ifade eder (Tablo 4).

Tablo 4.

ICC Değerlerinin Yorumlanması

ICC Değeri	Güvenilirlik Düzeyi	Yorum
< 0,50	Zayıf	Düşük güvenilirlik; ölçümler tutarlı değildir.
0,50 – 0,75	Orta	Orta düzeyde güvenilirlik; makul tutarlılık.
0,75 – 0,90	İyi	Yüksek düzeyde tutarlılık; iyi güvenilirlik.
> 0,90	Mükemmel	Çok yüksek tutarlılık; mükemmel güvenilirlik.

Bu çalışmada, sekiz öğrenci gözlemcisinin her birinin uygulamayı kullanarak SVM evrelerini bağımsız olarak sınıflandırdığı durumda, gözlemciler arası uyumu değerlendirmek amacıyla Cohen's Kappa katsayısı kullanılmıştır. Bu istatistiksel yöntem, tesadüfi uyumu düzelterek güvenilirliği ölçer ve uygulama aracılığıyla yapılan SVM değerlendirmelerinin tutarlılığını doğrulamak açısından kritik öneme sahiptir.

Kappa, birden fazla gözlemcisinin kategorik verileri puanladığı analizlerde özellikle uygundur. Rastlantısal uyumu telafi etmesi sayesinde, kullanıcılar arasındaki güvenilirliği — uygulamanın içsel doğruluğundan bağımsız olarak — değerlendirmeye olanak tanır.

Kappa değerleri 0 ile 1 arasında değişir; daha yüksek değerler, daha güçlü uyumu gösterir (Tablo 5).

Tablo 5.

Landis & Koch (1977) Ölçeğine Göre Kappa Değeri Yorumlaması

Kappa Değeri	Uyum Düzeyi	Yorum
< 0	Zayıf	Uyumluluk şanstın daha düşüktür.
0,01 – 0,20	Çok Zayıf	Uyumluluk çok düşüktür; neredeyse hiç hizalanma yoktur.
0,21 – 0,40	Zayıf	Uyumluluk düşüktür; kısmen hizalanma vardır.
0,41 – 0,60	Orta	Orta düzeyde uyum; makul düzeyde hizalanma vardır.
0,61 – 0,80	Yüksek	Güçlü uyumluluk; önemli ölçüde hizalanma vardır.
0,81 – 1,00	Neredeyse Mükemmel	Neredeyse tam hizalanma; çok güçlü uyum vardır.

Her bir ölçüt, analiz amacına ve veri türüne göre en uygun istatistiksel uygulamaya dayanarak seçilmiştir. Böylece hem doğruluk (accuracy) hem de güvenilirlik (reliability) ayrı ayrı ve titizlikle değerlendirilmiştir.

Farklı İS’lerinde “Easy Age” mobil uygulamasının performansını daha ayrıntılı biçimde değerlendirmek amacıyla, Apple iOS ve Android İS kullanan gözlemciler tarafından yapılan ortalama SVM evresi sınıflamaları analiz edilmiştir. Bu analiz, iki sistem arasında herhangi bir fark olup olmadığını belirlemeyi amaçlamaktadır. Tutarlılık düzeyini nicel olarak değerlendirmek için her bir SVM evresi için yüzde uyum ve buna karşılık gelen yüzde fark hesaplanmıştır. Yüzde uyumu hesaplamak için kullanılan formül şöyledir:

$$\text{Uyum Yüzdesi} = \left(\frac{\text{Uyum Sayısı}}{\text{Toplam Vaka Sayısı}} \right) \times 100$$

Her bir SVM evresi için Apple iOS ve Android İS sınıflamaları arasındaki yüzde farkı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Fark Yüzdesi} = 100\% - \text{Uyum Yüzdesi}$$

Bu hesaplamalar, platformlar arası tutarlılığı nicel olarak değerlendirmeye olanak sağlamıştır.

Bölüm IV

4. Bulgular ve Tartışma

ICC analizi, 0,955 değerinde (%95 güven aralığı: 0,92–0,98) çok yüksek düzeyde doğruluk ortaya koymuştur. Bu sonuç, “neredeyse mükemmel uyum” düzeyine işaret etmektedir. Elde edilen bulgu, mobil uygulamanın SVM’nin klinik değerlendirmesinde yüksek doğruluk düzeyine sahip, geçerli bir araç olduğunu desteklemektedir (Şekil 9).

Şekil 9

“Easy Age” Mobil Uygulamasında Sonuç Uyumunu Gösteren ICC Analizi

OLGU İŞLEME ÖZETİ

	N	%
Olgu Geçerli	200	100.0
Dışlanan	0	.0
Toplam	200	100.0

a. tüm değişkenlerde liste siime yöntemi uygulanmıştır

GÜVENİRLİK İSTATİSTİKLERİ

Cronbach's Alfa	Öğes
.955	2

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI

	Sınıf içi Korelasyon ^a	%95 Güven Aralığı		Doğru Değer 0 Testi		
		Alt Sınır	Üst Sınır	Değer	df1	Anlamlılık
Tek Ölçümler	.914 ^a	.988	.234	22.351	199	.000
Ortalama	.956 ^a	.940	.966	22.351	199	.000

a. İki yönlü karşık etkiler modeli olup, kişiler rastgele etkiler ve ölçümler sabit etkilerdir,

b. Tahminleyici aynı olup, etkileşim etkisinin varlığı ya da yokluğunu onemsenmez.

c. Bu A sınıf içi korelasyon katsayısıyla mutfak anlaşma tanımı kullamlarak elde edildi edilmiştir.

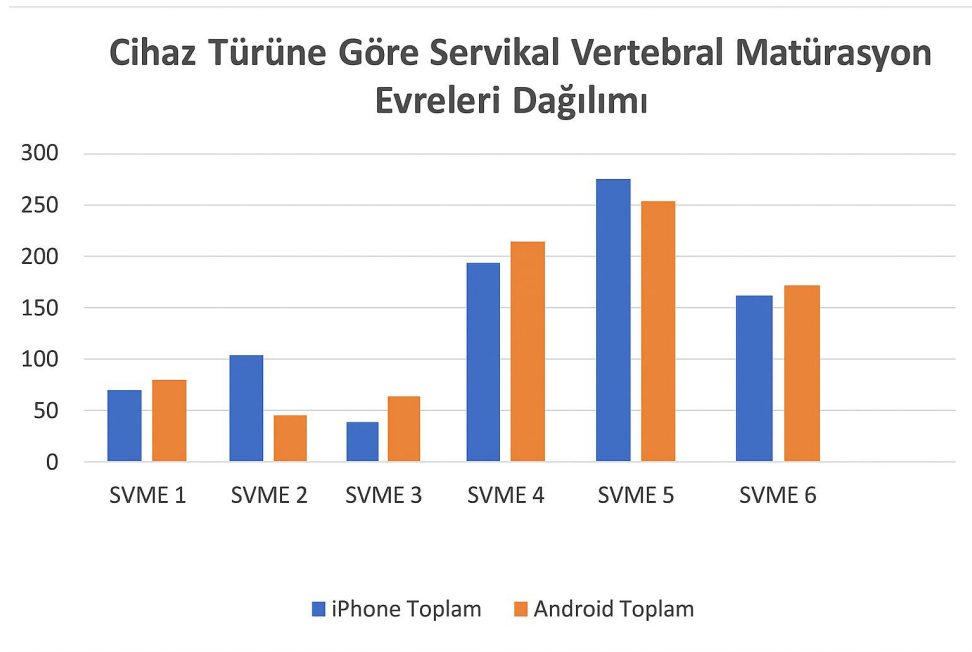
Sekiz gözlemci arasındaki gözlemciler arası güvenilirlik, ortalama Cohen's kappa değeri $0,560 \pm 0,0408$ olarak bulunmuş olup, bu değer orta düzeyde uyuma (0,41–0,60) karşılık gelmektedir. Bu tutarlılık düzeyi, gözlemcilerin mobil uygulamayı kullanarak SVM evrelerini makul bir doğrulukla sınıflandırabildiklerini göstermektedir.

“Easy Age” mobil uygulamasının farklı İS üzerindeki sınıflandırma performansı değerlendirildiğinde, Apple iOS ve Android İS kullanan gözlemciler arasında dikkat

çekici farklılıklar tespit edilmiştir. Şekil 10, ortalama SVM evresi sınıflamalarının dağılımını göstermekte olup, iki İS arasındaki değerlendirme farklılıklarını açıkça ortaya koymaktadır.

Şekil 10

Cihaz Türüne Göre Ortalama SVM Evresi Dağılımı



Özellikle, ortalama SVM evresi sınıflandırma sayılarında anlamlı farklar tespit edilmiştir. Örneğin, Evre 2, iOS kullanıcıları tarafından 98 kez, Android İS kullanıcıları tarafından ise yalnızca 51 kez sınıflandırılmıştır. Buna karşılık, Evre 3, Android İS kullanıcıları tarafından 63 kez, iOS kullanıcıları tarafından ise 38 kez tanımlanmıştır.

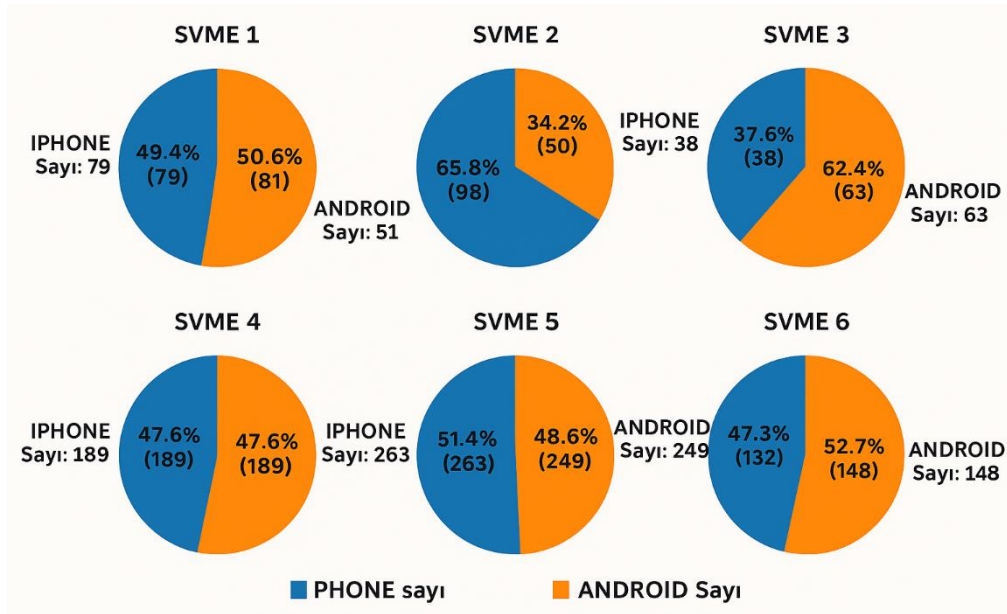
Bu farklılıklar, İS özgü faktörlerin — örneğin ekran çözünürlüğü, görüntü kalibrasyonu veya yazılımsal işleme farklılıkları — gözlemcilerin LS radyografilerini yorumlama ve sınıflandırma biçimlerini etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Bununla birlikte, her iki platformdaki kullanıcıların en sık sınıflandırdığı evrelerin Evre 4 ve Evre 5 olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, SVM evrelerinin genellikle geç matürasyon dönemlerinde değerlendirildiğine işaret eden genel bir eğilimi

yansıtmaktadır. Şekil 11, her bir SVM evresi için Apple iOS ve Android İS kullanıcılarının ortalama sınıflandırma dağılımını karşılaştırmalı olarak göstermektedir.

Şekil 11

Apple iOS ve Android İS Kullanıcılarının SVM Evrelerine Göre Dağılımı

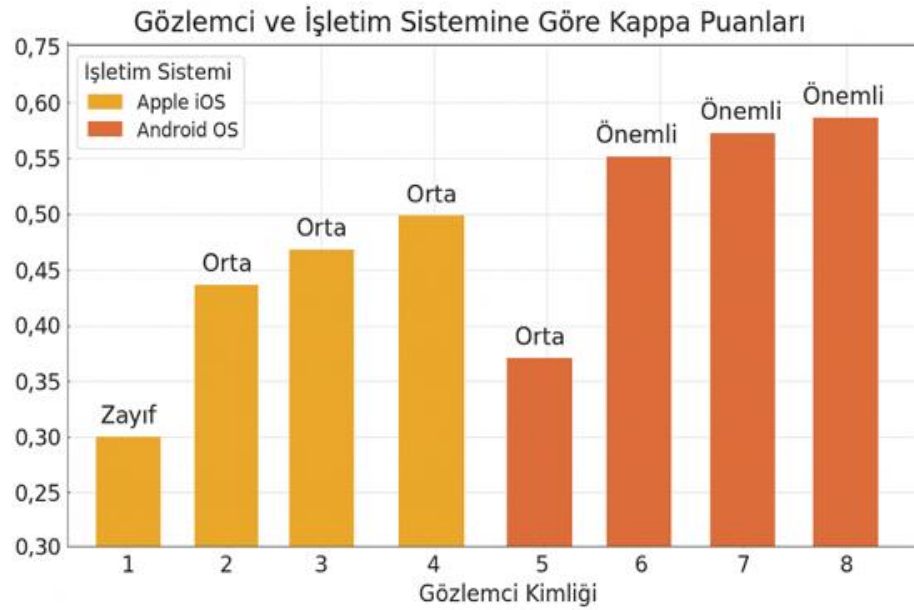


Ortaya çıkan bu farklılıklar, özellikle farklı İS dönüşümlü olarak kullanıldığı klinik uygulama ortamlarında dikkate alınması gereken önemli noktaları vurgulamaktadır. Tanısal doğruluğu ve gözlemciler arası güvenilirliği artırmak için, platformlar arası tutarlı eğitim uygulanması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, uygulamanın farklı İS'lere özgü değişkenlikleri telafi edecek şekilde kalibre edilmesi de gerekli olabilir.

Sınıflandırma analizine ek olarak, gözlemciler arası uyum, Apple iOS ve Android İS kullanıcıları arasındaki Cohen's kappa skorlarının karşılaştırılması yoluyla daha ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Şekil 12, her bir gözlemciye ait kappa değerlerini ve bu değerlere karşılık gelen yorum düzeylerini göstermektedir.

Şekil 12

Apple iOS ve Android İS Kullanan Gözlemcilerin Kappa Değerleri ve Yorumları



Her bir İS için ortalama Cohen's kappa skoru, aynı sistemi kullanan gözlemcilerin bireysel kappa skorlarının toplanarak, ilgili platformdaki toplam gözlemci sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır.

Apple iOS kullanıcıları için elde edilen ortalama kappa skoru $0,517 \pm 0,041$ olup, bu değer orta düzeyde gözlemciler arası uyum göstermektedir. Benzer şekilde, Android İS kullanıcıları için hesaplanan ortalama kappa skoru $0,605 \pm 0,040$ ile yine orta düzeyde uyum aralığında yer almakta; ancak iOS kullanıcılarına kıyasla biraz daha yüksek bir uyum düzeyi göstermektedir.

Apple iOS ve Android İS kullanıcıları arasındaki SVM evresi sınıflamalarına ait yüzde uyum düzeyleri ve yüzde farkları, Tablo 6'da özetlenmiştir.

Tablo 6.

Apple iOS ve Android İS Kullanıcıları Arasında Evrelere Göre Yüzde Uyumu ve Farkı Karşılaştırması

SVM Evresi	Apple iOS Ort.	Android İS Ort.	Uyum Yüzdesi	Fark Yüzdesi	Uyum Düzeyi
1	79	81	%97,47	%2,53	Çok yakın uyum
2	98	51	%36,99	%63,01	Belirgin farklılık
3	38	63	%50,85	%49,15	Orta düzeyde fark
4	189	208	%90,48	%9,52	Yakın uyum
5	263	249	%94,38	%5,52	Yakın uyum
6	133	148	%89,47	%10,53	Orta düzeyde uyum

BÖLÜM V

5. Tartışma

Ortodontik tedavi için ideal zamanlama, hâlâ önemli ölçüde tartışma konusu olmaya devam etmekte olup, büyük ölçüde mevcut *dizgnati* ve maloklüzyonun tipi ile şiddetinden etkilenmektedir (Kirschneck ve ark., 2022).

Yazarların çoğu, ortodontik tedavinin geç karışık dişlenme veya erken daimi dişlenme döneminde başlatılmasını önermektedir; çünkü bu dönem genellikle pubertal büyüme atılımı ile örtüşür ve büyümeye bağlı oklüzal bozuklukların etkili bir şekilde ele alınması için optimal bir zaman aralığı sunar (Fleming ve ark., 2017).

Bireyler arasındaki büyüme paternlerinin farklılık göstermesi ve bu paternlerin çok sayıda biyolojik ve çevresel faktörden etkilenmesi nedeniyle, büyüme dinamiklerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması, doğru tanıya ulaşmak açısından kritik öneme sahiptir (Baldin ve ark., 2017; Korde ve ark., 2015).

İnsanlarda pubertal büyüme atılımı çoğu zaman yoğun fizyolojik değişimlerle karakterizedir. Gelişimsel olarak bu kritik evrede bulunan bir çocuk hastanın izlenmesi, uygun ortodontik-ortopedik tedavi stratejisinin seçimini büyük ölçüde etkileyebilir. Bu dönemde tedavinin ertelenmesi, kalan büyüme potansiyelinden yararlanma fırsatının geri dönüşü olmayacak şekilde kaybedilmesine neden olabilir (Szemraj-Folmer ve ark., 2020).

İY değerlendirmesi, ortopedi, adli tıp ve diş hekimliği dâhil olmak üzere çeşitli tıp disiplinlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Hoseini ve ark., 2016).

Ortodonti alanında ise İY değerlendirmesi, bireyin yüz ve iskeletsel gelişim düzeyini belirlemek açısından hayati bir klinik uygulamadır. Bu değerlendirme, maloklüzyonların doğru tanınması ve etkili tedavi planlaması için temel teşkil etmektedir (Szemraj-Folmer ve ark., 2020).

Bireyin büyüme durumu, uygulanacak uygun ortodontik tedavi yönteminin belirlenmesinde kritik bir faktördür. Bu, ekstraoral kuvvetlerin, fonksiyonel apareylerin, çekimli ya da çekimsiz yaklaşımların veya ortognatik cerrahinin kullanımını içerebilir (Kasımoğlu & Tuna-İnce, 2016; Korde ve ark., 2015).

Günümüzde İY değerlendirilmesinde başlıca iki temel teknik kullanılmaktadır: EB yöntemi ve SVM yöntemi. EB yöntemi, İY değerlendirmesinde en doğru yöntem olarak kabul edilmekte olup, bu amaçla özel olarak alınan bir radyografiye dayandığı için genellikle “altın standart” olarak anılmaktadır (Hoseini ve ark., 2016).

Bu yöntemle ait etkin radyasyon dozu, yaklaşık 0,16 mikrosievert (μSv) olarak bildirilmektedir. Bu tekniğin avantajlarından biri, görüntülenen bölgenin tiroid gibi hayati organları kapsamaması, dolayısıyla potansiyel riski azaltmasıdır (Kasımoğlu & Tuna-İnce, 2016).

Bununla birlikte, el ve bilek bölgesine ait ekstra bir radyografiye gereksinim duyulması, toplam radyasyon maruziyetini artırmakta ve bu durum önemli bir dezavantaj olarak değerlendirilmektedir (Altan ve ark., 2015; Kasımoğlu & Tuna-İnce, 2016; Türköz ve ark., 2017).

İngiliz Ortodonti Derneği (British Orthodontic Society) tarafından İY EB radyografileri ile değerlendirilmesi yöntemi kontrendike olarak bildirilmiştir (Wong ve ark., 2009).

Kasımoğlu ve Tuna-İnce (2016), el ve bilek kemiklerinin karmaşık anatomik yapısının, pubertal büyüme zamanlamasının değerlendirilmesinde sınırlı tanısal değer sunduğunu ve yorumlama hatası ihtimalini artırabileceğini savunmaktadır.

1931 yılında ortodontiye girişinden bu yana, LS radyografi tanı sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Rutin ortodontik muayene kapsamında alınan LS radyografilerinde

görüntülenen SV, İM değerlendirmesinde kullanılmakta olup, bu vertebra cisimlerinin büyüme sürecinde morfolojik değişikliklere uğradığı bilinmektedir.

1972 yılında Lamparski, SV'lerin İY tayininde güvenilir bir gösterge olabileceğini göstermiştir. Çalışmasında, Lamparski SV'lerin morfolojik gelişimlerine dayanarak altı evreden oluşan bir SVM sınıflaması önermiş ve bu yöntemin tanısal doğruluğunun EB yöntemiyle karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu ortaya koymuştur (Lamparski, 1972).

Zaman içerisinde SVM yöntemi, klinik uygulanabilirliğini artırmak amacıyla çeşitli güncellemeler geçirmiştir. Bu bağlamda, Baccetti ve ark. (2005) tarafından geliştirilen sınıflandırma, günümüzde ortodontik uygulamalarda en yaygın kullanılan sistem hâline gelmiştir. Ancak bu yöntem, literatürde hem desteklenmiş hem de eleştirilmiştir. Söz konusu sınıflandırma, S2, S3 ve S4 SV'lerdeki morfolojik değişimlere dayanarak altı farklı İM evresi tanımlamaktadır (Baccetti ve ark., 2005).

LS görüntüleri üzerinde uygulanan bu SVM yöntemi, geleneksel EB radyografilerine kıyasla daha düşük radyasyon dozu ile güvenilir bir alternatif sunmaktadır. Ancak SVM değerlendirmeleri, görsel gözlem temelli olduğundan doğası gereği öznel bir nitelik taşır. Bu durum, değerlendirmelerin klinik deneyim düzeyine bağlı olarak değişkenlik göstermesine neden olabilir ve böylece tanısal süreçte varyasyon ve yanlışlık riski oluşturabilir (Çokakoğlu ve ark., 2022; Rana ve ark., 2023).

SV cisimlerinde yapısal değişikliğe yol açabilecek travma, inflamasyon, tümör ya da konjenital deformiteler gibi durumların nadir görülmesi, SVM yönteminin klinik güvenilirliğini ve pratik uygulanabilirliğini artıran bir etkidir (Kama ve ark., 2006; Mito ve ark., 2002).

SVM değerlendirmeleri, en yüksek güvenilirliğe pubertal büyüme atağı sırasında ulaşmakta olup, bu dönemin dışında İM ile SVM evreleri arasındaki korelasyon zayıflamakta, bu da yöntemin tanısal doğruluğunu azaltmaktadır (Wong ve ark., 2009).

LS'ler, baş ve boyun bölgesindeki üç boyutlu anatomik yapıların iki boyutlu temsillerini sunduğundan, bu boyutsal indirgeme SVM değerlendirmelerinde mekânsal bozulma ve yapısal örtüşmeye bağlı olarak doğruluk kayıplarına yol açabilir (Mehta ve ark., 2020).

Ayrıca, LS görüntüleri üzerinden yapılan SVM evre analizlerinin doğruluğu, başın çeşitli anatomik düzlemlerdeki konumlandırma hatalarından etkilenebilir. Özellikle yatay düzlemdeki (yaw) ve frontal düzlemdeki (roll) hizalanma bozuklukları, vertebra morfolojisinin yorumlanmasını ciddi biçimde bozabilir. Yatay düzlemdeki (yaw) rotasyonel hatalar, maksillomandibular lineer ölçümlerin olduğundan daha az hesaplanmasına; dikey düzlemdeki (roll) hatalar ise fazla tahmine neden olabilir. Buna karşın, sagittal düzlemdeki (pitch) konumsal hataların SVM ölçümlerinin doğruluğunu önemli ölçüde etkilemesi beklenmemektedir (Mehta ve ark., 2020).

Ancak çok düzlemli rotasyon hatalarına sahip LS'ler, genellikle tek düzlemdeki rotasyonlara göre SVM evrelemesinde ve maksillomandibular parametre analizlerinde daha yüksek oranda yanlışlığa yol açmaktadır. Ayrıca, 10° gibi yüksek rotasyon açısına sahip LS'lerde SVM evresi değerlendirmelerinde, 5° gibi daha düşük rotasyonlara kıyasla daha fazla hata oranı gözlenmektedir (Mehta ve ark., 2020).

SVM yönteminin EB radyografi yöntemi yerine kullanılabilirliğini değerlendiren çalışmalar literatürde farklı sonuçlar bildirmiştir.

Örneğin, Mito ve ark. (2002), 242 Japon kadın bireyin dâhil edildiği çalışmada SVM değerlendirmesi için yeni bir formül önermiş ve bu yöntemin EB radyografi yöntemiyle karşılaştırılabilir olduğunu doğrulamıştır (Mito ve ark., 2002).

Benzer şekilde, Kama ve ark. (2006), 150 erkek birey üzerinde gerçekleştirdikleri analizde SVM yönteminin, İM değerlendirmesinde EB radyografi kadar güvenilir olduğunu belirtmişlerdir (Kama ve ark., 2006).

Wong ve ark. (2009), Kuzey Çinli bir popülasyon üzerinde yürüttükleri çalışmada, SVM ile EB radyografi arasında güçlü bir korelasyon tespit etmiş ve bu bulgu, SVM yönteminin geçerli bir alternatif olarak kullanılabileceğini desteklemiştir.

Benzer şekilde, Joshi ve ark. (2010), hem kadın hem de erkek bireyler için SVM ve EB radyografi yöntemleri arasında İY hesaplamalarında anlamlı bir fark bulunmadığını raporlamış; bu durum, LS radyografilerinin pubertal büyüme atılımının belirlenmesinde güvenilir olduğunu göstermiştir (Joshi ve ark., 2010).

Cericato ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilen sistematik bir derlemede, Hassel ve Farman (1995) ile Baccetti (2002) tarafından önerilen SVM indekslerinin, EB radyografi yönteminin yerine geçebilecek düzeyde güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde, Türköz ve ark. (2017), 324 Kafkasyalı bireyi içeren çalışmalarında SVM değerlendirmesi için bir formül geliştirerek, bunun EB radyografisinin yerini alabilecek nitelikte olduğunu bildirmiştir (Cericato ve ark., 2015; Türköz ve ark., 2017).

Buna karşılık, Hoseini ve ark. (2016), 133 radyografi üzerinde yaptıkları analizde, SVM ve EB yöntemleri arasında düşük düzeyde uyum olduğunu bildirmiş ve bu yöntemlerin klinik uygulamada birbirlerinin yerine kullanılmaması gerektiğini belirtmiştir (Hoseini ve ark., 2016).

Bu karışık bulguları destekleyen bir sistematik derleme ise Szemraj ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilmiştir. On uygun çalışmanın değerlendirildiği bu derlemede, sekiz çalışma SVM yönteminin güvenilir bir alternatif olduğunu desteklerken, iki çalışma SVM'nin yalnızca tamamlayıcı bir araç olarak kullanılmasını önermiştir. Bu çalışmalarda bildirilen gözlemciler arası uyum değerleri (kappa katsayıları) 0,616 ile 0,937 arasında değişmiş olup, değerlendiriciler arasındaki tutarlılıkta belirgin bir değişkenliğe işaret etmektedir.

Bununla birlikte, bazı çalışmalar SVM yönteminin yeniden üretilebilirliğine dair kaygılar ortaya koymuştur. Örneğin, Shah ve ark. (2016), 60 LS görüntüsü üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada orta düzeyde gözlemciler arası uyum ($\kappa = 0,491$) bildirmiştir. Bu bulgulara dayanarak, yazarlar SVM değerlendirmelerinin tanısal doğruluğunu artırmak için biyolojik matürasyonun ek göstergeleriyle desteklenmesi gerektiğini önermiştir.

Benzer şekilde, Predko-Engel ve ark. (2015), on gözlemcinin yer aldığı çalışmalarında SVM yönteminin gözlemciler arası güvenilirliğini sorgulamış ve bu yöntemin diğer İM göstergeleriyle birlikte kullanılması gerektiğini savunmuştur. Bu öneri, klinik güvenilirliğin ve tutarlılığın artırılması amacına dayanmaktadır.

Ayrıca, çeşitli araştırmacılar SVM'nin değerlendirilmesine yönelik alternatif metodolojiler önererek bu tekniğin sürekli olarak iyileştirilmesi ve optimize edilmesine yönelik çabaları vurgulamışlardır (Koukouviti, 2017).

Durka-Zajac ve ark. (2016) tarafından yapılan bir derleme çalışmasında, Baccetti ve ark. (2005) tarafından modifiye edilen SVM değerlendirme yöntemi, yalnızca literatürde en sık atıf yapılan yaklaşım olmakla kalmamış; aynı zamanda EB radyografi yöntemine geçerli bir alternatif olarak değerlendirilmiştir.

Bu bulguyu destekleyen bir diğer çalışma da Jaqueira ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. Dört gözlemcinin (iki ortodontist ve iki radyolog) katıldığı bu çalışmada, üç yaygın SVM değerlendirme yöntemi karşılaştırılmış ve Baccetti ve ark. (2005) tarafından geliştirilen yöntemin en tutarlı ve güvenilir sonuçları verdiği, dolayısıyla klinik kullanıma uygunluğu ve yüksek yeniden üretilebilirliği vurgulanmıştır. Bu tez çalışmasında da SVM evreleri, Baccetti ve ark. (2005) tarafından önerilen yöntem kullanılarak LS radyografileri üzerinde analiz edilmiştir.

Bununla birlikte, Gabriel ve ark. (2009) ile Nestman ve ark. (2011), SVM yönteminin özellikle vertebra gövdesi morfolojisinin sınıflandırılmasında ciddi zorluklar

sunduğunu ileri sürmüşlerdir. Çalışmalarda, konkavitenin varlığının tespitinde gözlemciler arası yüksek uyum raporlanırken, vertebra gövdesinin genel morfolojisinin tanımlanması ve matürasyon evresinin doğru belirlenmesinde yeniden üretilebilirliğin düşük olduğu belirtilmiştir (Gabriel ve ark., 2009; Nestman ve ark., 2011).

Bu zorluklar, yöntemin karmaşıklığını artırmakta, tutarlı uygulanabilirliğini zorlaştırmakta ve sınırlı güvenilirliğine katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, yazarlar, ortodontik tedavi planlamasında doğruluğun artırılması amacıyla SVM değerlendirmelerinin ilave tanısal araçlarla desteklenmesini önermiştir (Gabriel ve ark., 2009; Nestman ve ark., 2011).

SVM değerlendirme yöntemi, doğası gereği öznel olduğu için gözlemciler arası değişkenliğe oldukça açıktır. Bu yöntemin büyük ölçüde klinisyenin görsel değerlendirmesine dayanması, çeşitli araştırmacıları yazılım tabanlı araçların entegrasyonunun standardizasyonu artırabileceği ve tanısal tutarlılığı iyileştirebileceği yönünde görüş bildirmeye sevk etmiştir. Örneğin, Perinetti ve Kamburoğlu tarafından yapılan çalışmalar, sayısal analizlerin değişkenliği azaltma ve SVM değerlendirmelerinin güvenilirliğini artırma potansiyeline işaret etmiştir (Kamburoğlu ve ark., 2019; Perinetti ve ark., 2014).

Bu gereksinim doğrultusunda, yakın dönemde SVM evrelemesi amacıyla özel olarak geliştirilen bilgisayar programları ve mobil uygulamalar ortaya çıkmıştır. Artan sayıda araştırma, otomatik SVM evrelemesine yönelik algoritmalar geliştirmeye odaklanmakta; bu da tanı doğruluğunu artırmayı, insan hatasını azaltmayı ve klinisyen deneyimine olan bağımlılığı en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Dzemidzic ve ark., 2015; Padalino ve ark., 2014).

Baptista ve Sokic (2012), SM evrelerine karşılık gelen morfolojik belirteçlerin tanımlanmasına yardımcı olmak amacıyla yazılım uygulamaları geliştirmiştir. Bu çalışmalar, karakteristik anatomik noktaların standartlaştırılmış biçimde tanımlanması sayesinde yeniden üretilebilirliğin anlamlı düzeyde arttığını göstermiştir. Ancak bu

yazılımlar klinik kullanıma açık olarak sunulmadığından, geniş ölçekte uygulanabilirlikleri sınırlı kalmıştır (Baptista ve ark., 2012; Sokic ve ark., 2012).

Padalino ve ark. (2014), 100 LS görüntüsünü içeren çalışmalarında, özel olarak geliştirilen bir yazılım aracılığıyla gerçekleştirilen SVM evrelemesi ile asetat üzerine yapılan geleneksel manuel analizleri karşılaştırarak bu yöntemin uygulanabilirliğini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, bilgisayar destekli analiz ile manuel değerlendirme arasında %94 oranında uyum raporlanmış ve bu durum, iki yöntem arasında yüksek düzeyde tutarlılık olduğunu göstermiştir (Padalino ve ark., 2014).

Dzemidzic ve ark. (2015), Hassel ve Farman (1995) tarafından önerilen yönteme dayalı olarak SVM evrelemesi yapan “Cephalometar HF V1” adlı bir yazılım geliştirmiştir. 99 dijital LS görüntüsünü içeren çalışmada, yazılım tarafından yapılan SVM sınıflandırmaları ile araştırmacının manuel analizleri arasında Cohen’s kappa katsayısı 0,985 bulunmuştur; bu sonuç, neredeyse mükemmel düzeyde uyum olduğunu göstermektedir (Dzemidzic ve ark., 2015).

Ferreira ve ark. (2017), SVM değerlendirmelerinin güvenilirliğini artırmak amacıyla “Easy Age” adlı, Java tabanlı ve hem Windows hem de Macintosh İS ile uyumlu, ücretsiz bir yazılım geliştirmiştir. Çalışma örnekleme, 7–15 yaş arası her iki cinsiyetten toplam 500 LS görüntüsünden oluşmuştur. Üç gözlemci, görüntüleri hem geleneksel görsel yöntemle hem de yazılımla olmak üzere iki kez değerlendirmiştir. Uyum düzeyini ölçmek için kappa testi uygulanmıştır. Görsel değerlendirmelerde önemli düzeyde uyum, yazılım destekli değerlendirmelerde ise tüm gözlemciler arasında neredeyse mükemmel düzeyde uyum elde edilmiştir. Bu bulgular, “Easy Age” uygulamasının SVM evrelemesindeki subjektifliği azaltma ve tutarlılığı artırma potansiyelini ortaya koymaktadır (Ferreira ve ark., 2017).

Gözlemcilerin eğitimi ve deneyimi, hem gözlemci içi hem de gözlemciler arası güvenilirlik üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir.

Predko-Engel ve ark. (2015), klinik pratiğinde düzenli olarak SVM yöntemi uygulayan deneyimli gözlemcilerin en yüksek güvenilirlik düzeyine ulaştığını; buna karşılık, yönteme sınırlı aşinalığı olan deneyimsiz gözlemcilerin güvenilirlik düzeylerinin belirgin şekilde daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bu durum, SVM değerlendirmelerinde tutarlılık ve doğruluğun sağlanabilmesi için özel eğitim ve pratik deneyimin gerekli olduğunu, dolayısıyla bu sürecin ekstra zaman ve kaynak gerektirdiğini göstermektedir (Predko-Engel ve ark., 2015).

Ortodontide dijital teknolojilerin entegrasyonu giderek artmakta; özellikle mobil cihazlar, klinik uygulamalarda önemli araçlar hâline gelmektedir. Bu eğilim, klinik değerlendirme ve tedavi planlamasını desteklemeye yönelik çok sayıda mobil uygulamanın geliştirilmesine yol açmıştır (Barbhuiya ve ark., 2021).

Bununla birlikte, bu uygulamaların yaygın şekilde kullanılmasına rağmen, doğruluk ve klinik güvenilirliklerine ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır ve mevcut literatürde çelişkili sonuçlar yer almaktadır (Barbhuiya ve ark., 2021; Shrestha ve ark., 2020).

Mamillapalli ve ark. (2015), SVM değerlendirmesi için geliştirilen ilk akıllı telefon uygulamasını tanımlayan ve uygulayan araştırmacılar olmuştur. Bu çalışmayı takiben, klinik ortamlarda SVM analizini desteklemeye yönelik çeşitli mobil uygulamalar geliştirilmiştir (Mamillapalli ve ark., 2015).

2018 yılında, mobil teknolojiye paralel olarak, Ferreira ve ekibi “Easy Age” yazılımının Android uyumlu versiyonunu geliştirmiştir. 2019 yılında ise uygulamanın iOS sürümünün geliştirilmesi yönünde çalışmalar başlamış; böylece farklı mobil platformlara erişimin artırılması hedeflenmiştir (Ferreira, t.y.).

Bu çalışma, “Easy Age” mobil uygulamasının SVM evrelemesindeki doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Değerlendirme, uygulamanın sonuçlarının deneyimli bir ortodontistin değerlendirmeleriyle

karşılaştırılması ve diş hekimliği öğrencileri arasında gözlemciler arası uyumun ölçülmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada yer alan sekiz gözlemci arasında elde edilen güvenilirlik düzeyi orta düzeyde olup, ortalama Cohen's kappa değeri $0,560 \pm 0,0408$ olarak bulunmuştur. Bu sonuç, uygulamanın SVM evrelemesi için makul bir tutarlılıkla kullanılabildiğini göstermektedir. Bu düzeydeki uyum, Khajah ve ark. tarafından bildirilen bulgularla da örtüşmekte olup, gözlemciler arası güvenilirliğin artırılmasında eğitimin ve klinik deneyimin önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır (Khajah ve ark., 2020).

Bu bulgular, “Easy Age” uygulamasının SVM değerlendirmesi için değerli ve erişilebilir bir araç olduğunu ortaya koymakla birlikte, özellikle deneyimsiz kullanıcılar açısından uygulamanın etkinliğinin hedefe yönelik kullanıcı eğitimi ve kalibrasyon yoluyla artırılabilirliğini de göstermektedir.

Ayrıca analiz, Apple iOS ve Android İS kullanıcıları arasında, özellikle 2. ve 3. evre sınıflandırmalarında belirgin farklar olduğunu ortaya koymuştur. Bu farklılıkların, İS'ye özgü faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

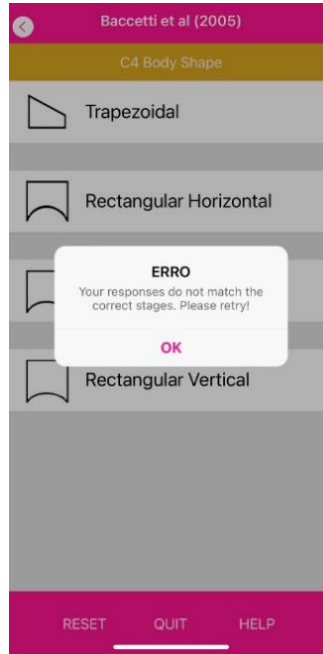
Özellikle uygulamanın hatalı girişleri işleme şekli açısından iki platform arasında önemli farklar gözlenmiştir. Örneğin, uygulamaya tanımlı hiçbir olgunluk evresine uymayan vertebra morfolojileri sunulduğunda, Android İS bu verileri geçersiz olarak tanımış ve evre atamayı reddetmiştir (Şekil 13).

Buna karşın, Apple iOS sürümü benzer durumlarda — yanlış da olsa — bir evre ataması yapmış; bu da doğruluk açısından potansiyel bir sapmaya neden olmuştur. Bu hata yönetimi farklılıklarının, Android İS kullanıcılarının daha yüksek tutarlılık göstermesine katkıda bulunduğu ve hatalı girişlerin daha etkili şekilde tanındığını düşündürmektedir. Bu bulgular, farklı cihazlar arasında tutarlı doğruluk ve güvenilirlik sağlamak amacıyla uygulamanın platformlar arası test ve optimizasyonunun titizlikle yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Şekil 13

Geçersiz SVM Evresi Girişlerinde Android İS Uygulamasının Hata Yönetimi

Kaynak: Easy Age® Software



Perinetti ve arkadaşları (2019), farklı klinik deneyim düzeylerine sahip değerlendiriciler arasında tanısal doğruluk ve değerlendiriciler arası tutarlılığı etkileyen en büyük farklılıkların SVM Evre 4 ve SVM Evre 5'te gözlendiğini belirtmiştir. Buna karşılık, mevcut çalışmada en yüksek düzeyde görüş ayrılığı SVM Evre 2 ve SVM Evre 3'te tespit edilmiş olup, bu tutarsızlıkların daha önce de tartışıldığı üzere İS'ye özgü faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Perinetti ve ark., 2019).

Benzer şekilde, Çokakoğlu ve arkadaşları (2022), en deneyimli klinisyenlerin dahi SVM Evre 3 değerlendirmesinde en yüksek oranda uyumsuzluk sergilediğini bildirmiştir. Bu durum, mevcut çalışmada %49,15 oranı ile SVM Evre 3'ün ikinci en yüksek uyumsuzluk düzeyine sahip olmasıyla örtüşmektedir (Çokakoğlu ve ark., 2022).

Her ne kadar McNamara ve Franchi (2018), SVM Evre 6'yı tanılamada en güç evre olarak belirtmiş olsalar da, çalışmamızda bu evreye ilişkin uyumsuzluk yalnızca

%10,53 düzeyinde saptanmış ve orta derecede bir görüş birliği sağlanmıştır. Bu farklılık, evreleme sürecinin zorluk düzeyinin değerlendirici özellikleri, eğitim düzeyi ve kullanılan teknolojik araçlar gibi faktörlere bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir (McNamara & Franchi, 2018).

Son dönemde, SVM evrelerinin otomatik olarak sınıflandırılmasına yönelik yapay zekâ algoritmalarında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Ancak güncel çalışmalar, SVM Evre 3'ün otomatik sistemler tarafından dahi doğru şekilde sınıflandırılmasında önemli güçlükler yaşandığını ortaya koymaktadır.

Örneğin, Rana ve arkadaşları (2023), SVM Evre 3 ve Evre 5'in tanılanmasında zorluk bildirirken; Radwan ve arkadaşları (2023), algoritmaların özellikle pubertal dönem olan SVM Evre 3 ve Evre 4'te en düşük başarıyı gösterdiğini bildirmiştir. Bu bulgular, İM'nin geçiş evrelerinin karmaşıklığını ve gelişmiş teknolojik araçlara rağmen tanısal doğruluğun sınırlı olabileceğini ortaya koymaktadır (Radwan ve ark., 2023; Rana ve ark., 2023).

Hassel ve Farman (1995), ardışık iki İM evresi arasındaki farkların ayırt edilmesinin güç olabileceğini; ancak bu ayrımların her zaman klinik açıdan anlamlı sonuçlar doğurmadığını ifade etmiştir (Hassel & Farman, 1995).

Zira İM, sürekli bir biyolojik süreçtir; ancak EB radyografisi ya da SVM gibi yöntemler bu süreci belirli kategorik evrelerle temsil etmektedir. Her bir evrenin bir sonrakine kademeli geçişi, özellikle sınır vakalarda değerlendirme güçlüğü yaratabilmektedir. Bununla birlikte, klinik uygulamalarda bu tür sınır olguların çoğunlukla tedavi kararlarını anlamlı ölçüde etkilemediği bildirilmiştir (Dzemidzic ve ark., 2015).

Bu bağlamda, Cunha ve arkadaşları (2018), belirsizlik durumlarında SVM değerlendirmesinin EB radyografisi ile desteklenmesini önermekte; böylece pubertal

büyüme atılımına göre tedavi zamanlamasının daha sağlıklı bir şekilde yapılabileceğini ifade etmektedir (Cunha ve ark., 2018).

Bununla birlikte, bu öneriye rağmen, klinisyenler büyüme atağının zirve döneminin belirlenmesinde fikir birliğine varmakta zorluk yaşamaya devam etmektedir; bu durum, Çokakoğlu ve ark. (2022) tarafından da vurgulanmıştır.

Bu durum, EB radyografilerinin eklenmesinin tanısal doğruluğu anlamlı ölçüde artırmayabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, artan radyasyon maruziyeti olasılığı, fayda-risk dengesi açısından kaygılara yol açmakta ve belirsiz olgularda ek görüntüleme yöntemlerinin rutin kullanımının sorgulanmasına neden olmaktadır (Çokakoğlu ve ark., 2022).

Bu tez çalışmasında, SVM evrelemesinde tanısal doğruluğu artırmak, insan hatasını en aza indirmek ve değerlendirici deneyimine olan bağımlılığı azaltmak amacıyla “Easy Age” mobil uygulamasını değerlendirmeyi tercih ettik.

Genel olarak uygulama, SVM değerlendirmesi için güvenilir ve doğru bir araç olarak öne çıkmış ve geleneksel yöntemlere pratik bir alternatif sunmuştur. Ancak temel sınırlamalardan biri, İS’ye özgü farklılıkların varlığı olmuştur. Bu durum, farklı cihazlar arasında tutarlı güvenilirliğin sağlanabilmesi için uygulamanın daha ileri düzeyde kalibrasyonunu ve platformlar arası optimizasyonunu gerekli kılmaktadır.

BÖLÜM VI

6. Sonuç

“Easy Age” mobil uygulaması, SVM değerlendirmesinde yüksek doğruluk oranı göstermiştir; uygulama ile uzman değerlendirmeleri arasındaki uyum düzeyi, ICC = 0,955 ile “neredeyse mükemmel” olarak tespit edilmiştir.

Buna karşın, diş hekimliği öğrencileri arasında uygulamanın gözlemciler arası güvenilirliği, Cohen’s kappa = $0,560 \pm 0,0408$ değeriyle yalnızca orta düzeyde bulunmuştur.

Ayrıca, Apple iOS ve Android İS’lerini kullanan kullanıcılar arasında gözlemlenen sınıflandırma farklılıkları, platformlar arası standardizasyon gereksinimine işaret etmektedir.

Bu sınırlamalara rağmen, “Easy Age”, geleneksel SVM değerlendirme yöntemlerine kıyasla pratik ve etkili bir alternatif sunmakta; ortodontik uygulamalarda tanısal yetkinliği artırmaya yönelik mobil teknolojilerin giderek artan rolünü vurgulamaktadır.

7. Kaynakça

- Alhammadi, M. S., Halboub, E., Fayed, M. S., Labib, A., & El-Saaidi, C. (2018). Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 23(6), 40.e1–40.e10. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.23.6.40.e1-10.onl>
- Ali, A. (2014). A review of different comparative studies on mobile operating system. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 7(12), 2578–2582. <https://doi.org/10.19026/rjaset.7.570>
- Alijani, S., Farhadian, N., Alafchi, B., & Najafi, M. (2020). Relationship of frontal sinus size and maturation of cervical vertebrae for assessment of skeletal maturity. *Frontiers in Dentistry*, 17(20), 1–6. <https://doi.org/10.18502/fid.v17i20.4314>
- Almisreb, A., Mulalić, H. H., Mučibabić, N., & Numanović, R. (2019). A review on mobile operating systems and application development platforms. *Sustainable Engineering and Innovation*, 1(1), 49–56. <https://doi.org/10.37868/sei.v1i1.94>
- Altan, B., Kocasaraç, H. D., Sinanoğlu, E., & Mutaş, H. (2015). Türk bireylerde çeşitli maturasyon indikatörleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Dental Journal*, 18(3), 235–248.
- AppBrain. (2025, May 28). Number of Android apps on Google Play. <https://www.appbrain.com/stats/number-of-android-apps>
- Auter, P. J. (2007). Portable social groups: Willingness to communicate, interpersonal communication gratifications, and cell phone use among young

adults. *International Journal of Mobile Communications*, 5(2), 139–156. <https://doi.org/10.1504/IJMC.2007.011813>

Baccetti, T., Franchi, L., & McNamara Jr, J. A. (2002). An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *The Angle Orthodontist*, 72(4), 316-323.

Baccetti, T., Franchi, L., & McNamara, J. A. (2005). The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Seminars in Orthodontics*, 11(3), 119–129. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2005.04.005>

Baldin, C. C., Kitt, M., Costa, A. L. F., Yasuda, C. L., Cendes, F., & Nahás-Scocate, A. C. R. (2017). Evaluation of the skeletal maturation of cervical vertebrae with magnetic resonance imaging: A pilot study. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 16, 1–8. <https://doi.org/10.20396/bjos.v16i0.8650501>

BankMyCell. (2024, January 15). How many people have smartphones worldwide (2025). <https://www.bankmycell.com/blog/how-many-phones-are-in-the-world>

Baptista, R. S., Quaglio, C. L., Mourad, L. M. E. H., Hummel, A. D., Caetano, C. A. C., Ortolani, C. L. F., & Pisa, I. T. (2012). A semi-automated method for bone age assessment using cervical vertebral maturation. *The Angle Orthodontist*, 82(4), 658–662. <https://doi.org/10.2319/070111-425.1>

Barbhuiya, M. H., Kumar, P., Thakral, R., Krishnapriya, R., & Bawa, M. (2021). Reliability of mobile application-based cephalometric analysis for chair-side evaluation of orthodontic patients in clinical practice. *Journal of Orthodontic Science*, 10(1), 16. https://doi.org/10.4103/jos.JOS_28_20

- Batista, K. B. S. L., Thiruvengkatachari, B., Harrison, J. E., & O'Brien, K. D. (2018). Orthodontic treatment for prominent upper front teeth (Class II malocclusion) in children and adolescents. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018(3), CD003452. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003452.pub4>
- Bergersen, E. O. (1972). The male adolescent facial growth spurt: Its prediction and relation to skeletal maturation. *The Angle Orthodontist*, 42(4), 319–338.
- Björk, A., & Helm, S. (1967). Prediction of the age of maximum pubertal growth in body height. *The Angle Orthodontist*, 37(2), 134–143.
- Cericato, G. O., Bittencourt, M. A. V., & Paranhos, L. R. (2015). Validity of the assessment method of skeletal maturation by cervical vertebrae: A systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(4), 20140270. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140270>
- Chen, J., Hu, H., Guo, J., Liu, Z., Liu, R., Li, F., & Zou, S. (2010). Correlation between dental maturity and cervical vertebral maturity. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 110(6), 777–783. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.08.006>
- Comunello, F., Fernández-Ardèvol, M., Mulargia, S., & Belotti, F. (2017). Women, youth and everything else: Age-based and gendered stereotypes in relation to digital technology among elderly Italian mobile phone users. *Media, Culture & Society*, 39(6), 798–815. <https://doi.org/10.1177/0163443716674363>
- Cunha, A. C., Cevidanes, L. H. S., Sant'Anna, E. F., Guedes, F. R., Luiz, R. R., McNamara, J. A., & Ruellas, A. C. O. (2018). Staging hand-wrist and cervical vertebrae images: A comparison of reproducibility. *Dentomaxillofacial Radiology*, 47(5), 20170301. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20170301>

- Çokakoğlu, S., Çakır, M., & İlgenli, A. (2022). The Effect of Clinical Experience on Cervical Vertebral Maturation Assessment: Is a Hand-wrist Radiograph Necessary?. *Meandros Medical And Dental Journal*, 23(2), 168-174.
- De Clerck, H. J., & Proffit, W. R. (2015). Growth modification of the face: A current perspective with emphasis on Class III treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 148(1), 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.04.017>
- Durka-Zajac, M., Mituś-Kenig, M., Derwich, M., Marcinkowska-Mituś, A., & Łoboda, M. (2016). Radiological indicators of bone age assessment in cephalometric images: Review. *Polish Journal of Radiology*, 81, 347–353. <https://doi.org/10.12659/PJR.895921>
- Dzemidžić, V., Sokić, E., Tiro, A., & Nakaš, E. (2015). Computer-based assessment of cervical vertebral maturation stages using digital lateral cephalograms. *Acta Informatica Medica*, 23(6), 364–368. <https://doi.org/10.5455/aim.2015.23.364-368>
- Ferreira, P. E. (n.d.). History. Easy Age Software. <https://easyagesoftware.com/history>
- Ferreira, P. E., Andrade, E. C., Drummond, A. F., França, E. C., de Oliveira Bastos, M., & Neves, L. S. (2017). Validação de um software para a estimação da idade óssea por meio das vértebras cervicais. *Arquivos em Odontologia (UFMG)*, 53, e07. <https://doi.org/10.7308/aodontol/2017.53.e07>
- Fleming, P. S. (2017). Timing orthodontic treatment: Early or late? *Australian Dental Journal*, 62(Suppl 1), 11–19. <https://doi.org/10.1111/adj.12474>

- Fleming, P. S., & Andrews, J. (2023, June). Orthodontic treatment: Getting the timing right. *Seminars in Orthodontics*, 29(2), 137–145. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2023.03.003>
- Flores-Mir, C., Nebbe, B., & Major, P. W. (2004). Use of skeletal maturation based on hand-wrist radiographic analysis as a predictor of facial growth: a systematic review. *The Angle Orthodontist*, 74(1), 118-124.
- Franchi, L., Baccetti, T., & McNamara, J. A., Jr. (2004). Postpubertal assessment of treatment timing for maxillary expansion and protraction therapy followed by fixed appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 126(5), 555–568. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2003.10.036>
- Freeman, C. S., McNamara Jr, J. A., Baccetti, T., Franchi, L., & Graff, T. W. (2007). Treatment effects of the bionator and high-pull facebow combination followed by fixed appliances in patients with increased vertical dimensions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131(2), 184–195. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.04.043>
- Gabriel, D. B., Southard, K. A., Qian, F., Marshall, S. D., Franciscus, R. G., & Southard, T. E. (2009). Cervical vertebrae maturation method: Poor reproducibility. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 136(4), 478.e1–478.e7. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.08.028>
- Graber, L. W., Vanarsdall, R. L., Vig, K. W. L., & Huang, G. J. (2017). *Orthodontics: Current principles and techniques* (6th ed.). Elsevier.
- Gupta, G., & Vaid, N. R. (2017). The world of orthodontic apps. *APOS Trends in Orthodontics*, 7(2), 73–79. <https://doi.org/10.4103/2321-1407.202608>

- Hamidaddin M. A. (2024). Optimal Treatment Timing in Orthodontics: A Scoping Review. *European journal of dentistry*, 18(1), 86–96. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1768974>
- Hammershøj, A., Sapuppo, A., & Tadayoni, R. (2010, October). Challenges for mobile application development. In 2010 14th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks (pp. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIN.2010.5640893>
- Hashim, H. A., Mansoor, H., & Mohamed, M. H. H. (2018). Assessment of skeletal age using hand-wrist radiographs following Bjork system. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 8(6), 482–487. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_315_18
- Hassel, B., & Farman, A. G. (1995). Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 107(1), 58–66. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(95\)70157-5](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(95)70157-5)
- Haverila, M. (2012). What do we want specifically from the cell phone? An age-related study. *Telematics and Informatics*, 29(1), 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2011.02.004>
- Herkman, J., & Vainikka, E. (2013). Generation of content-producers? The reading and media production practices of young adults. *Participations: Journal of Audience and Reception Studies*, 10(2), 118–138.
- Hoseini, M., Zamaheni, S., Bashizadeh Fakhar, H., Akbari, F., Chalipa, J., & Rahmati, A. (2016). Comparative evaluation of the efficacy of hand-wrist and cervical vertebrae radiography for the determination of skeletal age. *Iranian Journal of Radiology*, 13(3), e21695. <https://doi.org/10.5812/iranjradiol.21695>

- Howarth, J. (2025, April 24). How many people own smartphones? (2024–2029). Exploding Topics. <https://explodingtopics.com/blog/smartphone-stats>
- Hsieh, T. J., Pinskaya, Y., & Roberts, W. E. (2005). Assessment of orthodontic treatment outcomes: Early treatment versus late treatment. *The Angle Orthodontist*, 75(2), 162–170.
- Jaqueira, L. M. F., Armond, M. C., Pereira, L. J., Alcântara, C. E. P., & Marques, L. S. (2010). Determining skeletal maturation stage using cervical vertebrae: Evaluation of three diagnostic methods. *Brazilian Oral Research*, 24(4), 433–437. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242010000400010>
- Jipping, M. J. (2007). *Smartphone operating system concepts with Symbian OS: A tutorial guide*. John Wiley & Sons.
- Joshi, V. V., Iyengar, A. R., Nagesh, K. S., & Gupta, J. (2010). Comparative study between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal age. *Archives of Oral Research*, 6(3). <https://doi.org/10.7213/aor.v6i3.23157>
- Kama, J. D., Aslan, S. G., Darı, O., & Özer, T. (2006). Erkek bireylerde servikal vertebra kemik yaşının kronolojik ve iskelet yaş ile karşılaştırılması. *Dicle Tıp Dergisi*, 33(1), 36–41.
- Kasımoğlu, Y., & Tuna-İnce, E. B. (2015). Diş hekimliğinde kemik yaşı tayininde kullanılan yöntemler: Derleme. *Acta Odontologica Turcica*, 33(2). <https://doi.org/10.17214/aot.65918>
- Khajah, A., Tadinada, A., Allareddy, V., Kuo, C. L., Nanda, R., & Uribe, F. (2020). Influence of type of radiograph and levels of experience and training on reproducibility of the cervical vertebral maturation method. *American Journal of*

Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 157(2), 228–239.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.03.025>

Kirschneck, C., Proff, P., & Lux, C. (2022). Ideal treatment timing of orthodontic anomalies—a German clinical S3 practice guideline. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 83(4), 225–232.
<https://doi.org/10.1007/s00056-022-00409-3>

Koçak, N. (2018). Adli diş hekimliğinde yaş tahmininde kullanılan morfolojik, biyokimyasal ve radyografik yöntemler. In İ. Uzel (Ed.), *Diş hekimliği. Akademisyen Kitabevi*.

Korde, S. J., Daigavane, P., & Shrivastav, S. (2015). Skeletal Maturity Indicators Review Article. *Int. J. Sci. Res*, 6, 361-370

Koukouviti, M.-M. C. P., Papadopoulou, I. M., Zafeiriadis, A. A., & Chatzigianni, A. (2017). Hand-wrist radiograph and lateral cephalometric radiograph as assessment tools of skeletal maturation: A literature review. *Hellenic Orthodontic Review*, 20(1 & 2), 39–54. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.84310>

Lampalski, D. (1972). Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae (Master's thesis). University of Pittsburgh.

Mamillapalli, P. K., Sesham, V. M., Neela, P. K., Kondapaka, V., & Mandalaju, S. P. (2015). A smartphone app for identifying cervical vertebral maturation stages. *Journal of Clinical Orthodontics*, 49(9), 582–585.

Mârțu, M. A., Toma, V., Sîrghie, A., Luchian, I., & Savin, C. (2018). Timing of orthodontic treatment of malocclusions in the mixed dentition period. *Romanian Journal of Medical and Dental Education*, 7(2), 88–93.

- McDonough, M. (2025, May 28). Siri. Encyclopædia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/Siri>
- McNamara, J. A., & Franchi, L. (2018). The cervical vertebral maturation method: A user's guide. *The Angle Orthodontist*, 88(2), 133–143. <https://doi.org/10.2319/111517-787.1>
- Mehta, S., Dresner, R., Gandhi, V., Chen, P.-J., Allareddy, V., Kuo, C.-L., Mu, J., & Yadav, S. (2020). Effect of positional errors on the accuracy of cervical vertebrae maturation assessment using CBCT and lateral cephalograms. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 9(4), 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2020.09.006>
- Mito, T., Sato, K., & Mitani, H. (2002). Cervical vertebral bone age in girls. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(4), 380–385. <https://doi.org/10.1067/mod.2002.126896>
- Mohammadyari, S., & Singh, H. (2015). Understanding the effect of e-learning on individual performance: The role of digital literacy. *Computers & Education*, 82, 11–25. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.10.025>
- Mutinelli, S., Cozzani, M., Manfredi, M., Bee, M., & Siciliani, G. (2008). Dental arch changes following rapid maxillary expansion. *The European Journal of Orthodontics*, 30(5), 469–476. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjn045>
- Nestman, T. S., Marshall, S. D., Qian, F., Holton, N., Franciscus, R. G., & Southard, T. E. (2011). Cervical vertebrae maturation method morphologic criteria: Poor reproducibility. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 140(2), 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.04.013>

- Okediran, O. O., Arulogun, O. T., Ganiyu, R. A., & Oyeleye, C. A. (2014). Mobile operating systems and application development platforms: A survey. *International Journal of Advanced Networking and Applications*, 6(1), 2195–2201.
- Padalino, S., Sfondrini, M. F., Chenuil, L., Scudeller, L., & Gandini, P. (2014). Reliability of skeletal maturity analysis using the cervical vertebrae maturation method on dedicated software. *International Orthodontics*, 12(4), 483–493. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2014.10.003>
- Perinetti, G. (2019). The third finger middle phalanx maturation (MPM) method to assess timing of functional treatment for skeletal Class II malocclusion: Report of three cases. *Case Reports in Dentistry*, 2019, 8382612. <https://doi.org/10.1155/2019/8382612>
- Predko-Engel, A., Kaminek, M., Langova, K., Kowalski, P., & Fudalej, P. S. (2015). Reliability of the cervical vertebrae maturation (CVM) method. *Bratislava Medical Journal*, 116(04), 222–226. https://doi.org/10.4149/bll_2015_043
- Proffit, W. R., Fields, H. W., Larson, B., & Sarver, D. M. (2019). *Contemporary orthodontics* (6th ed.). Elsevier.
- Qadir, S. (2025, April 15). Mobile app download statistics & usage statistics in 2025. TekRevol. <https://www.tekrevol.com/blogs/mobile-app-download-statistics/>
- Radwan, M. T., Sin, Ç., Akkaya, N., & Vahdettin, L. (2023). Artificial intelligence–based algorithm for cervical vertebrae maturation stage assessment. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 26(3), 349–355. <https://doi.org/10.1111/ocr.12615>

- Rakestraw, T. L., Eunni, R. V., & Kasuganti, R. R. (2013). The mobile apps industry: A case study. *Journal of Business Cases and Applications*, 9, 1–26.
- Rana, S. S., Nath, B., Chaudhari, P. K., & Vichare, S. (2023). Cervical vertebral maturation assessment using various machine learning techniques on lateral cephalogram: A systematic literature review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 13(5), 642–651.
<https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2023.08.005>
- Rashid, A., Zeb, M. A., Rashid, A., Anwar, S., Joaquim, F., & Halim, Z. (2020). Conceptualization of smartphone usage and feature preferences among various demographics. *Cluster Computing*, 23, 1855–1873. <https://doi.org/10.1007/s10586-020-03061-x>
- Shade, L. R. (2007). Feminizing the mobile: Gender scripting of mobiles in North America. *Continuum: Journal of Media & Cultural Studies*, 21(2), 179–189. <https://doi.org/10.1080/10304310701269032>
- Shah, A., ul Hassan, F. A. I. Z., Hussain, U., & Zahra, F. T. (2016). Inter-observers level of agreement in cervical vertebral maturation staging. *Pakistan Oral & Dental Journal*, 36(2)
- Shrestha, R., & Kandel, S. (2020). A comparative study on use of manual versus digital method using mobile application for cephalometric measurements. *Orthodontic Journal of Nepal*, 10(1), 11–16. <https://doi.org/10.3126/ojn.v10i1.30997>
- Sokić, E., Tiro, A., Sokić-Begović, E., & Nakaš, E. (2012). Poluautomatska procjena stupnja sazrijevanja vratnih kralježaka iz radiografskih kefalograma i klasteriranje na temelju centroida. *Acta stomatologica Croatica: International Journal of Oral Sciences and Dental Medicine*, 46(4), 280–290.
<https://hrcak.srce.hr/94355>

- Sokic, E., Tiro, A., Sokic-Begovic, E., & Nakas, E. (2012). Semi-automatic assessment of cervical vertebral maturation stages using cephalograph images and centroid-based clustering. *Acta Stomatologica Croatica*, 46(4), 280–290.
- Songra, G., Mittal, T. K., Williams, J. C., Puryer, J., Sandy, J. R., & Ireland, A. J. (2017). Assessment of growth in orthodontics. *Orthodontic Update*, 10(1), 16–23. <https://doi.org/10.12968/ortu.2017.10.1.16>
- Szemraj, A., Wojtaszek-Słomińska, A., & Racka-Pilszak, B. (2018). Is the cervical vertebral maturation (CVM) method effective enough to replace the hand-wrist maturation (HWM) method in determining skeletal maturation?—A systematic review. *European Journal of Radiology*, 102, 125–128. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.03.012>
- Szemraj-Folmer, A., Wojtaszek-Słomińska, A., Racka-Pilszak, B., & Kuc-Michalska, M. (2020). Assessment of the duration of the pubertal growth spurt in patients with skeletal open bite: A cross-sectional study. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*, 82(2), 92–98. <https://doi.org/10.1007/s00056-020-00262-2>
- Taylor, K., & Silver, L. (2019, February 5). Smartphone ownership is growing rapidly around the world, but not always equally. Pew Research Center.
- Thiruvenkatachari, B., Harrison, J. E., Worthington, H. V., & O'Brien, K. D. (2013). Orthodontic treatment for prominent upper front teeth (Class II malocclusion) in children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2013(11), CD003452. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003452.pub3>
- Thurzo, A., Kurilová, V., & Varga, I. (2021). Artificial intelligence in orthodontic smart application for treatment coaching and its impact on clinical performance of

patients monitored with AI-TeleHealth system. *Healthcare*, 9(12), 1695. <https://doi.org/10.3390/healthcare9121695>

Turkoz, C., Kaygisiz, E., Ulusoy, C., & Ates, C. (2017). A practical formula for determining growth. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 23(3), 194–198. <https://doi.org/10.5152/dir.2016.16334>

Turner, L. D., Whitaker, R. M., Allen, S. M., Linden, D. E. J., Tu, K., Li, J., & Towsley, D. (2019). Evidence to support common application switching behaviour on smartphones. *Royal Society Open Science*, 6(3), 190018. <https://doi.org/10.1098/rsos.190018>

Vaid, N. R., Hansa, I., & Bichu, Y. (2020). Smartphone applications used in orthodontics: A scoping review of scholarly literature. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 9(3S), S67–S73. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2020.08.007>

Van der Linden, F. P. G. M. (1986). *Facial growth and facial orthopedics* (1st ed.). Quintessence Publishing Company. ISBN: 978-0-86715-159-6

Van Deursen, A. J. A. M., Bolle, C. L., Hegner, S. M., & Kommers, P. A. M. (2015). Modeling habitual and addictive smartphone behavior: The role of smartphone usage types, emotional intelligence, social stress, self-regulation, age, and gender. *Computers in Human Behavior*, 45, 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.039>

Väyrynen, E., Hakola, S., Keski-Salmi, A., Jämsä, H., Vainionpää, R., & Karki, S. (2023). The use of patient-oriented mobile phone apps in oral health: Scoping review. *JMIR mHealth and uHealth*, 11, e46143. <https://doi.org/10.2196/46143>

Volle, A. (2025, May 28). App. Encyclopædia

Britannica. <https://www.britannica.com/technology/mobile-app>

Wahl, N. (2006). Orthodontics in 3 millennia. Chapter 12: Two controversies: Early treatment and occlusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130(6), 799–804. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.08.010>

Wong, R. W. K., Alkhal, H. A., & Rabie, A. B. M. (2009). Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 136(4), 484.e1–484.e6. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.08.033>

8. Ekler

EK 1.

Etik Kurul Raporu

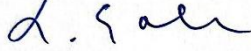


YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi :26.12.2024
Toplantı No :2024/129
Proje No :1897

Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Zahir Altuğ'un sorumlu araştırmacısı olduğu, YDU/2024/129-1897 proje numaralı ve "Ortodontide Mobil Teknolojinin Öncüsü: Servikal Vertebra Matürasyon (SVM) Evreleme Uygulamasının Pilot Çalışması" başlıklı proje önerisi kurumumuzca değerlendirilmiş olup, etik olarak uygun bulunmuştur.



Prof. Dr. Şanda Çalı
Yakın Doğu Üniversitesi
Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

Kurul Üyesi	Görevi	Toplantıya Katılım Katıldı(✓)/Katılmadı(X)	Karar Onay(✓)/Ret(X)
1. Prof. Dr. Şanda Çalı	BAŞKAN	✓	✓
2. Doç. Dr. Gulifeiya Abuduxike	RAPORTÖR	✓	✓
3. Prof. Dr. Tamer Yılmaz	ÜYE	✓	✓
4. Prof. Dr. Şahan Saygı	ÜYE	✓	✓
5. Prof. Dr. İlker Etikan	ÜYE	✓	✓
6. Doç. Dr. Dilek Sarpkaya Güder	ÜYE	✓	✓
7. Prof. Dr. Burçin Şanlıdağ	ÜYE	✓	✓
8. Prof. Dr. Nerin Bahçeciler	ÜYE	✓	✓

EK 2.**İntihal Raporu**

Tez Tr Turnitin.docx

ORIGINALITY REPORT

3% EN

SIMILARITY INDEX

2%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

1%

★ vdocuments.net

Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches Off

9. Özgeçmiş

Adı	Aseel	Soyad	Moqbel
Doğum Yeri	Taiz	Doğum Tarihi	30.05.1994
Uyruğu	Yemen	Tel	05428537469
E-mail	Aseel.moqbel@neu.edu.tr		

Eğitim Bilgileri

Derece	Bölüm	Üniversite	Yıl
Lisans	Diş Hekimliği Fakültesi	Aden Üniversitesi	2013 – 2018
Doktora	Ortodonti Anabilim Dalı	Yakın Doğu Üniversitesi	2021 – 2025

Yayınlar:

Moqbel, A., Radwan, M. T., & Altuğ, Z. (2025). Evaluating accuracy and reliability of mobile app for cervical vertebral maturation staging in orthodontics: A pilot study. British Dental Journal. <https://doi.org/10.1038/s41415-025-8897-7>