



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

Adli Tıp Ana Bilim Dalı

ADÖLESANLARDA GÖRÜNTÜDEN YAŞ TAYİNİ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Furkan ŞAN

Ankara, 2023



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

Adli Tıp Ana Bilim Dalı

ADÖLESANLARDA GÖRÜNTÜDEN YAŞ TAYİNİ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Furkan ŞAN

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Erhan BÜKEN

Dr. Öğr. Üyesi Zehtiye Füsun YAŞAR

Ankara, 2023

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

TIPTA UZMANLIK TEZİ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 07/10/2023

Adı Soyadı : Furkan ŞAN

Ana Bilim Dalı : Adli Tıp

Danışman Unvanı/Adı Soyadı: Prof. Dr. Erhan BÜKEN, Dr. Öğr. Üyesi. Zehtiye Füsun YAŞAR

Tez Başlığı : ADÖLESANLARDA GÖRÜNTÜDEN YAŞ TAYİNİ

Yukarıda başlığı belirtilen Tıpta Uzmanlık tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç bölümünden oluşan, toplam 46 sayfalık kısmına ilişkin, 07 Ekim 2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNİTİN adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 14'tür. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Anabilim Dalı Başkanımız ve tez danışmanım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Erhan Büken'e;

Tezimin hazırlanmasında ve eğitimimde bana büyük destek olan hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Zehtiye Füsun Yaşar'a;

Tezimin istatistik analizlerinde yardımcı olan Öğr. Gör. Dr. Hatice Yağmur Zengin'e;

Eğitimimde büyük katkıları olan ve bana mesleğimi kazandıran tüm hocalarıma;

Klinikte çalışmaktan mutluluk duyduğum ve tezimin hazırlanmasında yanımda bulunup özveri ile yardım eden uzmanlık eğitimini keyifli kılan başta Dr. İlay Nur Kırman Bandur ve diğer asistan arkadaşlarıma;

Sevgi, dostluk ve fedakarlıklarıyla her zaman yanımda olan, desteğini hiç esirgemeyen çok kıymetli arkadaşlarım Dr. Surac Orucov, Dr. Ceyhun Hacıyev'e;

Hayatın tüm zorluklarına rağmen bana her türlü eğitim ve öğrenim olanağını sunan, sevgi ve şefkatleriyle beni hayata hazırlayan aileme;

Ve...

Her daim yanımda olup, tezimin hazırlanma sürecinde gösterdiği sabır ve desteği için sevgili eşim ve meslektaşım Dr. Sevil Ercan Şan'a ve biricik oğlumuz Bora Alp'e sonsuz teşekkür ederim.

Furkan ŞAN, 2023

ÖZET

Adli tıpta yaş tayini özel ve ceza hukuku bağlamında çeşitli olgularda talep edilen bir durumdur. Yaş tayini için bir çok yöntem olmasına karşın görüntüden yaş tayini gibi özel durumlarda geleneksel yöntemlerin kullanılabilmesi yeterli olamamaktadır. Fotoğraf ve video kayıtlarından oluşan bu tip durumlarda Tanner evrelemesi yaş tayini için kullanılabilen ancak bu yöntemin de bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Bu nedenle son yıllarda fotoantropometri yöntemi ile yüzden alınan ölçümlere dayalı hesaplanan indekslerin yaş tayininde kullanılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Çalışmamızda da bu yöntem kullanılarak görüntüdeki kişilerin 18 yaşın altında mı üstünde mi olduğunun tespit edilebilirliği sorgulanmıştır.

Çalışmaya 15-20 yaş aralığında 330 kız, 307 erkek toplam 637 gönüllünün frontal ve lateral fotoğrafları dahil edildi. Çalışma kapsamında frontal fotoğraflarda 17, lateral fotoğraflarda 4 anatomik nokta işaretlenerek 9 frontal ve 4 lateral ölçüm alındı. Alınan ölçümlerden 22 indeks hesaplanarak yaş ve cinsiyetle olan ilişkisi incelendi. Ardından hesaplanan indeksler yardımıyla yaş ve cinsiyet gruplaması yapılabilmesi için makine öğrenmesi modelleri geliştirildi. İstatistiksel analizler IBM SPSS Orange Data Mining ve R Studio kullanılarak gerçekleştirildi.

Tüm ölçümlerde gözlemciler arası güvenilirlik orta ve üzeri bulunarak hesaplanan indekslerle analizlere devam edildi. Frontal fotoğrafta 10 indeks ve lateral fotoğrafta 3 indeks kız ve erkeklerde yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi. Ardından tüm indeksler ile, geliştirilen makine öğrenmesi modelleri ile yaş ve cinsiyet gruplaması yapıldı. SVM modeli kişilerin %80,8'ini doğru cinsiyete; %79,9 unu ise doğru yaş grubuna sınıflandırdı.

Sonuç olarak geliştirdiğimiz modeller hesaplanan indeksler ile kişileri yüksek performansla doğru yaşa ve cinsiyete sınıflamaktadır. Ancak standart fotoğraflar kullanarak hesapladığımız indeksleri kullanılarak yapılan yaş sınıflamasının rast gele fotoğraflarda da benzer çalışmalarla test edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yaş tayini, fotoantropometri, adölesan, indeks

ABSTRACT

Age Determination From Images In Adolescents

Age determination in forensic medicine is requested in various cases of civil and criminal law. Although there are many methods for age determination, traditional methods are not sufficient for determining age based on images. Tanner staging can be used for age determination in cases that consist of photographs and video recordings, but this method has limitations. In recent years, the photo-anthropometry method has been used to determine age by indices calculated from facial measurements for age determination.

Our study utilized this method to determine whether individuals in the image were under or over 18 years of age.

The study included frontal and lateral photographs of 637 volunteers, 330 females, and 307 males aged between 15 and 20 years old. Within the scope of the study, 9 frontal and 4 lateral measurements were taken by marking 17 anatomical points in frontal photographs and 4 anatomical points in lateral photographs. Based on the facial measurements, 22 indices were analyzed to determine their correlation with the age and gender of the participants, then machine learning models were developed to group individuals by age and gender using calculated indices. Statistical analyses were performed using IBM SPSS Orange Data Mining and R Studio.

Inter-observer reliability was moderate or above in all measurements, and the analysis proceeded with the calculated indices. There were significant differences in age groups between males and females in 10 indices in the frontal photograph and 3 in the lateral photograph. The machine learning models were developed and used to group individuals by age and gender using all indices. The SVM model correctly classified the gender of 80.8%, and the age of 79.9% of the individuals.

As a result, the models we developed can accurately classify individuals based on age and gender using calculated indices. Our study evaluated the accuracy of age classification by indices derived from standardized photographs, furthermore, it needs to be tested with similar studies on random photographs.

Keywords: Age determination, photo-anthropometry, adolescent, indices

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç.....	3
1.2. Hipotezler	3
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Yaş Tayininde Kullanılan Yöntemler.....	4
2.1.1. Radyolojik yöntemler	5
2.1.2. Dişler	8
2.1.3. Histolojik yöntemler	12
2.1.4. Morfolojik yöntemler	12
2.2. Çocuk Cinsel İstismar Materyali	16
2.3. Yasal Düzenlemeler.....	17
2.4. Görüntüden Yaş Tayini	19
2.4.1. Antropometri	20

3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	22
3.1. Çalışmanın Tasarımı.....	22
3.2. Örneklem Genişliği.....	23
3.3. Gönüllülerin Çalışmaya Alınışı.....	23
3.3.1. İçleme ve dışlama kriterleri	24
3.3.2. Çekim teknikleri	24
3.4. Fotoantropometrik Analiz.....	25
3.4.1. Anatomik noktalar	25
3.4.2. Ölçümler	27
3.4.3. İndeksler	28
3.5. İstatistiksel Analiz	29
3.5.1. Makine öğrenmesi	29
4. BULGULAR	33
4.1. İndekslerin İncelenmesi.....	34
4.2. Makine Öğrenmesi ile Gruplama	39
4.2.1. Yaş gruplaması	39
4.2.2. Cinsiyet gruplaması	43
5. TARTIŞMA.....	48
6. SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR.....	57

EK: ETİK KURUL ONAYI

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

AGFAD	Adli Yaş Teşhisi Çalışma Grubu - Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik
al	Alare
ANN	Yapay sinir ağı (Artificial Neural Network)
AUC	Eğri altında kalan alan (area under the curve)
BT	Bilgisayarlı tomografi
ch	Chelion
ÇCİM	Çocuk cinsel istismar materyali
DN (TN)	Doğru negatif (true negative)
DP (TP)	Doğru pozitif (true positive)
DSO	Doğru sınıflama oranı
en	Endocanthion
ex	Exocanthion
F1	F1-Score
ft	Frontotemporale
k-NN	K – en yakın komşu (k-nearest neighbor)
KY	Kemik yaşı
LR	Lasso regresyon
ML	Makine öğrenmesi (machine learning)
MRG	Manyetik rezonans görüntüleme

n	Sayı
Ort	Ortalama
prn	Pronasale
pu	Pupil
RF	Rastgele orman (random forest)
RF-RFE	Rastgele Orman - Yinelemeli Özellik Eleme (Random Forest - Recursive Feature Elimination)
ROC	Alıcı işletim karakteristiği eğrisi (receiver operating characteristic curves)
se	Sellion
SKK (ICC)	Sınıf içi korelasyon katsayısı
sn	Subnasale
sto	Stomion
SVM	Destek vektör makinesi (support vector machine)
TCK	Türk ceza kanunu
USG	Ultrasonografi
X-ray	Radyografi
YN (FN)	Yanlış negatif (false negative)
YP (FP)	Yanlış pozitif (false positive)
zy	Zygion

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 Memenin, cinsel organların ve kasık kıllarının gelişimi	14
Şekil 3. 1 Ölçüm için kullanılan anatomik noktalar	27
Şekil 3. 2 Karmaşıklık matrisi	31
Şekil 4. 1 Gönüllülerin yaşlara göre dağılımı.....	33

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3. 1 Frontal fotoğraftan alınan ölçümler.....	27
Tablo 3. 2 Lateral fotoğraftan alınan ölçümler.....	28
Tablo 3. 3 Frontal görünüm indeksleri	28
Tablo 3. 4 Lateral görünüm indeksleri	28
Tablo 3. 5 Algoritmalar	30
Tablo 4. 1 Gönüllülerin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı.....	33
Tablo 4. 2 Gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirlik	34
Tablo 4. 3 Erkeklerde indekslerin yaş gruplarına göre ortalama-ortanca değerleri	35
Tablo 4. 4 Kızlarda indekslerin yaş gruplarına göre ortalama-ortanca değerleri	36
Tablo 4. 5 18 yaş altı grupta indekslerin cinsiyetlere göre ortalama-ortanca değerleri.....	37
Tablo 4. 6 18 yaş ve üzeri grupta indekslerin cinsiyetlere göre ortalama-ortanca değerleri38	
Tablo 4. 7 Tüm değişkenler (22 indeks + cinsiyet) ile yaş gruplaması – 10 kat çapraz geçerlik sonuçları (n=443).....	39
Tablo 4. 8 Tüm değişkenler (22 indeks ve cinsiyet) ile yaş gruplaması – dış validasyon seti sonuçları (n=194).....	40
Tablo 4. 9 Yaş gruplamasında değişken seçimi	41
Tablo 4. 10 Seçilmiş değişkenler (7 indeks ve cinsiyet) ile yaş gruplaması – 10 kat çapraz geçerlik sonuçları (n=443).....	42
Tablo 4. 11 Seçilmiş değişkenler (7 indeks ve cinsiyet) ile yaş gruplaması – dış validasyon seti sonuçları (n=194)	42
Tablo 4. 12 Tüm indeksler (22 indeks) ile cinsiyet gruplaması – 10 kat çapraz geçerlik sonuçları (n=443).....	43

Tablo 4. 13 Tüm indeksler (22 indeks) ile cinsiyet gruplaması – dış validasyon seti sonuçları (n=194)	44
Tablo 4. 14 Cinsiyet gruplamasında değişken (indeks) seçimi	45
Tablo 4. 15 Seçilmiş indeksler (16 indeks) ile cinsiyet gruplaması – 10 kat çapraz geçerlik sonuçları (n=443).....	46
Tablo 4. 16 Seçilmiş indeksler (16 indeks) ile cinsiyet gruplaması – dış validasyon seti sonuçları (n=194).....	46

1. GİRİŞ

Bir insanın tanınması, tanımlanması ve diğer kişilerden ayırt edilmesini sağlayan özelliklerin tümüne "kimlik" denir. Yaşayan veya ölülerde, bu özelliklerinin belirlenmesi ise "kimlik tespiti" (1). Farklı nedenlerden dolayı, hem canlılarda hem de ölülerde kimlik tespiti yapmak gerekebilir. Günümüzde, kimlik tespiti bireysel veya toplumsal bir olgu olmanın ötesinde, uluslararası bir nitelik kazanmıştır (2).

Kimlik tespiti, adli ve tıbbi kimlik olarak üzere iki başlıkta incelenir. Adli kimlik, resmi kayıtlarındaki bilgileri içerirken tıbbi kimlik kişinin yaş, cinsiyet boy gibi çeşitli fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi sonucunda yapılabilir (3).

Kimlik tespitinin önemli bir parametresi olan yaş tayini canlıda, ölüde ve insan kalıntılarında, ceza hukuku ve özel hukuku ilgilendiren birçok konuda adli makamlar tarafından talep edilen bir husustur (4,5). Ceza hukuku açısından, şüpheli ölümler, kimliği belirsiz ve bebek cesetlerinde post mortem kimliklendirmenin unsuru olarak; cezai sorumluluğun, mağduru ya da faili olduğu suçla ilişkili olarak cezai müeyyidenin ve cinsel dokunulmazlığa karşı suçlar ile müstehcenlik suçu kapsamında da suç unsurunun kanunda belirtilen yaş sınırları çerçevesinde oluşup oluşmadığının belirlenmesinde önemlidir. Özel hukuk açısından da evlenme, ergin olma, vasiyetname düzenleme, askerlik, memuriyet ve emeklilik vb durumlarda talep edilir (2,6).

Canlıda yaş tayini için kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlar morfolojik, histolojik ve radyolojik yöntemler olarak gruplandırılmaktadır (6,7).

Morfolojik yöntemler; temel olarak büyüme ve gelişmenin morfolojik değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu yöntemde; boy ve ağırlık, kıl, cilt, göz, pubertal değişiklikler ve diğer vücut bölümlerinin dönemsel değişimi baz alınır. Histolojik yöntemlerde kemik iliği hücrelerinin gelişimine; radyolojik yöntemlerde ise kemiğin epifiz hatlarına ve kapanıp kapanmama durumuna, kostaların vertebral ve sternal uçlarındaki değişikliklere, kemiklerdeki kalsifikasyonlara, yaşlanmaya bağlı gelişebilen osteofitlere ve dişlere bakılır (1,6–8). Radyolojik ve morfolojik yöntemler yaşayan bireylerde yaş tayininde rutin kullanılmasına karşın histolojik yöntemler invaziv işlem gerektirdiğinden genellikle ölmüş bireylerin ve iskelet kalıntılarının kimliklendirilmesine kullanılır (6,7).

Yaş tayininde kullanılan çeşitli yöntemler olmasına karşın, bu yöntemler sadece fotoğraf ve video görüntülerinin olduğu olgularda yetersiz olabilmektedir. Fotoğraf ve video görüntülerinde yaş tayini istenen olgularda, çoğunlukla kişiyi muayene edebilme, radyolojik tetkikler isteyebilme veya örnek alma imkanı bulunmaması bu yetersizliğin nedenidir (9–11). Günümüzde ise internetin yaygınlaşması ile artış gösteren müstehcen içerikli görüntülerden yaş tayini talepleri büyük bir artış göstermiştir (12). Türk Ceza Kanununda, “müstehcen görüntülerin üretiminde çocukların, temsili çocuk görüntülerinin veya çocuk gibi görünen kişilerin kullanılması, bu görüntülerin ülkeye sokulması, çoğaltılması, satışa arz edilmesi, satılması, nakledilmesi, depolanması, ihraç edilmesi, bulundurulması ve başkalarının kullanımına sunulması” suç olarak tanımlanmıştır (13). Diğer ulusal mevzuatlarda ve uluslararası sözleşmelerde de bu tip müstehcen içeriklerde çocukların kullanılması durumunun suç sayılması kararlaştırılmıştır. (12–15). Kanunlara göre suçun meydana gelip gelmediğinin tespiti için, görüntülerdeki kişilerin yaşı bilinmelidir (13–15).

Fotoğraf ve/veya video kayıtlarından oluşan bu tip dosyalarda yaş tayini için genellikle Tanner evrelemesi olarak bilinen pubertal gelişim basamakları değerlendirilir (11). Son yıllarda yapılan araştırmalar Tanner evrelemesinin, adli amaçlı yaş tayini için tek başına kullanımının çok güvenilir olmayabileceğini göstermektedir (9,16–18). Bu nedenle günümüzde fotoğraf ve video kayıtlarından yaş tayini için yüzdeki anatomik noktaların kullanımıyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır (12,16,19–21).

Bu çalışmalar esas olarak yüzdeki anatomik noktalar yardımı ile alınan yüz ölçümlerinin kraniyofasyal büyümenin göstergesi olarak kullanılabilmesine dayanmaktadır (22). Kraniofasyal büyümenin homojen olmadığı, yüzdeki yapıların birbirinden farklı oranlarla büyüdüğü bilinmektedir. Bu farklılığa bağlı olarak da yaşla değişen kraniyofasyal oranlar ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, müstehcen görüntüler içeren vakalarda yaş tayini için antropometrinin kullanılabilmesi savunulmaktadır (12). Antropometrik ölçümlerin, bireylerin yaş, cinsiyet, coğrafi bölge, ırksal ve etnik kökenlerine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterdiği bilinmektedir (20). Bu görüş doğrultusunda, ülkelerin kendi popülasyonlarına antropometrik veri tabanının belirlenmesi gerekmektedir.

1.1. Amaç

Hazırlanan tez çalışmasının amacı; Türkiye – Ankara evreninde, belli standartlarla çekilmiş yüz fotoğraflarından, yaş tayininde kullanılabileceği öngörülen ve fotoğraf üzerinden tespiti mümkün belli anatomik noktalar arasındaki mesafeleri ölçerek, bu ölçümlerden elde edilen indeksler yardımıyla kişilerin 18 yaşın altında mı üstünde mi olduğunun tespit edilebilirliğini sorgulamaktır. Bununla birlikte çalışmamız, Türk popülasyonu için yüz fotoğraflarından elde edilen antropometrik bir veri tabanı oluşturulmasının önemini vurgulayacak ve daha sonraki çalışmalar için de basamak oluşturacaktır.

1.2. Hipotezler

1. Kraniofasyal büyüme yaşa bağlı farklılık gösterir ve bu farklılığa dayanarak antropometrik ölçümlerle yaş gruplaması yapılabilir.
2. Antropometrik ölçümler yardımı ile oluşturulacak bir makine öğrenme algoritması kişilerin yaş gruplamasında kullanılabilir.
3. Kraniofasyal büyüme cinsiyete bağlı farklılık gösterir ve bu farklılığa dayanarak antropometrik ölçümlerle cinsiyet gruplaması yapılabilir.
4. Antropometrik ölçümler yardımı ile oluşturulacak bir makine öğrenme algoritması kişilerin cinsiyet gruplamasında kullanılabilir.

2. GENEL BİLGİLER

Yaşayanlarda ve kimliği bilinmeyen ceset ve iskeletlerde kimlik tespiti amacıyla yapılan yaş tayini, adli bilimlerin temel konularındandır. Kimliği belirsiz bir cesedin kimliklendirilmesi, ölümün resmi kayıtlara geçirilebilmesi yanında, kitlesel felaketlerin ve/veya savaş suçlarının soruşturulmasında da önem taşımaktadır (23). Özel hukuk ve ceza hukukunu ilgilendiren bu durumlar, aynı zamanda uluslararası hukuk için de önemli sonuçlar doğurmaktadır (4). Bu nedenle bahsedilen çeşitli durumlarda, adli makamlar tarafından yaş tayini yapılması talep edilmektedir (5,23).

Yaş tayininde, öncelikle kimliği bilinmeyen ceset ve iskeletlerin kimliklendirilmesi amacıyla yapılan adli yaş tayini ile yaşayan kişilerde yapılan yaş tayini arasında bir ayrıma gidilmelidir (23). Bu ayrım, kullanılacak yönteminin belirlenmesi açısından önemlidir. Yaşayan kişilerde yaş tayini, kişinin belli bir olay sürecinde veya olay anında, mevcut büyüme ve gelişmesi değerlendirilerek yapılır. Büyüme ve gelişim birçok faktörden etkilenmesine karşın değerlendirme için bazı temel parametreler vardır (5). Bunlar temel olarak; fiziksel gelişim, iskelet olgunlaşması ve diş gelişimidir.

Adli amaçlı yaş tayininde, yaşı ve cinsiyeti bilinen kişiler üzerinde yapılan araştırmalarla belirlenen topluma özgü referans değerlerden yararlanılır (23,24). Bir popülasyona özgü referans değerleri başka popülasyonlarda kullanılmadan önce geçerliliğini ve uygulanabilirliğini test eden çalışmaların yapılması gerekir. Çünkü referans değerler, genetik-coğrafi kökene göre popülasyonlar arasında farklılık gösterir (23).

2.1. Yaş Tayininde Kullanılan Yöntemler

Yaş tayininde kullanılan parametreler incelenme yöntemlerine göre radyolojik, histolojik ve morfolojik olarak 3 başlık altında toplanmaktadır (6,7,25). Dişler, yaş tayininde radyolojik, morfolojik ve histolojik olarak incelenebildiğinden ayrı bir başlık altında ele alınacaktır.

2.1.1. Radyolojik yöntemler

Yaş tayininde kullanılan radyolojik yöntemler, temelde kemiklerin epifiz bölgelerindeki süngerimsi kısmın gerilemesinin incelenmesidir. Bu incelemede epifiz hatlarında kapanmanın/kaynaşmanın tamamlanıp tamamlanmadığı değerlendirilir (1). Epifiz hattı, kemik uçlarında bulunan kemikleşme bölgeleridir. Uzun kemiklerin (femur, tibia, radius, ulna vb) proksimal ve distal uçlarında epifiz hattı bulunurken; kısa kemiklerde (metakarp, metatars, falanks) ise tek epifiz hattı vardır. Ayrıca kemiklerde yaşa bağlı gelişen kostovertebral ve sternal uçlardaki değişiklikler, osteofitler, sternum ve sakrum kalsifikasyonları, yaş tayini için radyolojik olarak değerlendirebilmektedir.

Değerlendirmede genellikle direkt grafiler kullanılır. Daha az sıklıkla, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve ultrasonografi (USG) de kullanılabilir (6,26).

Radyolojik yöntemlerle yaş tayininde el-el bileği kemikleşmesinin değerlendirilmesi önemlidir. Elin iskelet gelişimi tamamlanmamışsa genellikle el bileği radyografisi kullanılır. Kemikleşme tamamlanmışsa, konvansiyonel radyografi (x-ray) veya BT yardımıyla klavikular kemikleşme derecesi incelenebilir (23,24,27–29).

Değerlendirmeler sonucunda, tespit edilen bulgular referans çalışmalardaki tablolar ile kıyaslanarak, kişiler için kemik yaşı (KY) tespiti yapılır. Tespit edilen kemik yaşının, patoloji bulunmayan bireylerde kronolojik yaşa eşit ve/veya yakın olduğu kabul edilmektedir. Bu metod dünyada mahkemeler tarafından bilimselliği kabul görmüş ve yaygın kullanılan yaş tayini metodudur (7,30,31).

2.1.1.1. Direkt grafiler

Direkt grafiler yardımıyla kişilerden elde edilen radyografik görüntüler, genellikle referans atlaslarla karşılaştırılır. Referans atlaslar arasında yaygın kullanılanlar, Greulich-Pyle Atlası (GPA), Tanner-Whitehouse Atlası (TWA) ve Türkiyede sık kullanılan Gök Atlası vardır (7,31–35).

2.1.1.1.1. Greulich-Pyle atlası

Asıl adı '*El ve El Bileğinin İskelet Gelişiminin Radyografik Atlası*' olan atlas orta-üst sınıf beyaz Amerikalı çocukları referans olarak içermesine karşın dünyanın çeşitli yerlerinde hala sık kullanılan atlas olma özelliğini korumaktadır (6,35–37).

Atlas 18 yaşına kadar kızların ve 19 yaşına kadar erkeklerin sol el-el bileği grafilerinin görüntülerini içerir. Ayrıca her görüntüde kemik yapısında gözlenen yaşa bağlı kademeli değişikliklere ilişkin bilgiler de barındırır. Olgunun kemik yaşı, çekilen sol el bileği radyografileri ile atlasta bulunan referans radyografileri karşılaştırılarak en yakın eşleştirme ile hesaplanır (35). Kullanımı diğer atlaslara göre daha kolay ve basittir (36).

Her ne kadar Greulich ve Pyle, hazırladıkları atlasın, cinsiyet, genetik, ırk ve coğrafi faktörlere bağlı olmadığını, kemik yaşını belirlemede önemsenmeyecek kadar küçük hata paylarına sahip olduğunu ifade etmişse de (35) farklı çalışmalar, referans çalışmalar kullanılırken genetik-coğrafi kökenin dikkate alınması gerektiğini savunmaktadır (23,38).

2.1.1.1.2. Tanner-Whitehouse atlası

İskoçya'lı çocukların el bilek grafileri referans alınarak hazırlanmış bu atlasın ilk versiyonu 1962'de yayımlanmıştır (39). Daha sonra 1983'te Tanner-Whitehouse 2 (34) (TW2) olarak ve 2001'de Tanner-Whitehouse 3 (40) (TW3) olarak güncellenmiştir. Bu güncellemelerle; el - el bileği kemiklerinin olgunlaşmasının her aşaması puanlanarak toplam kemik olgunluğu skoru ile KY arasındaki ilişki ayarlanmaya çalışılmıştır.

Yaş tayini, cinsiyet ayrımı dikkate alınarak yapılan puanlama ve şekil analizi sonucunda elde edilen değerlerin atlasın tablosundaki uygun yaş değerleriyle karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilir (6,31).

Bu yöntemin avantajı, araştırmacılar tarafından iskelet olgunluk puanı ile kronolojik yaş arasında popülasyona spesifik ilişki değerlendirmesi yapılabilmesidir (41). Dünyanın çeşitli ülkelerinde yapılmış çalışmalar mevcuttur (42–47).

2.1.1.1.3. Gök atlası

Adli Tıp'ta Yaş Tayini Atlası olarak ta bilinen Gök Atlası, Şemsi Gök ve arkadaşları tarafından Türkiye'de kullanılmak üzere 1985 yılında Greulich-Pyle atlasının bir uyarlaması olarak yapılmıştır. Atlas, ülkemizde yaş tayininde kemik yaşı tespiti için en sık kullanılanıdır (33). Atlas, 1-22 yaş arası ve 25, 40 ve 50 yaşları için karşılaştırma yapılabilen çizimler ve direkt grafiiler içermektedir. Karşılaştırma amacıyla el-el bilek kemiklerinin yanı sıra humerus ve femur başı, skapula, sternum, radius distali ve olecranon, sakrum, koksiks, üst iliak kenar, iskion alt epifiz hattı, patella da belirli yaşlarda değerlendirmeye alınmıştır (7).

2.1.1.2. Ultrasonografi

Yıllar içinde gelişen diğer görüntüleme yöntemlerinden olan USG, kemik yaşı değerlendirmesi için alternatif olarak görülmüştür. Özellikle ardışık değerlendirmeler gereken hastalar için radyasyon maruziyetini ortadan kaldırması oldukça iyi bir pozitif özellik olarak değerlendirilmiştir (48). Bu yöntemde de radyografiilerdekine benzer şekilde ultrasonografi ile kemikleşme merkezlerindeki kıkırdaklaşma oranları ölçülmektedir. Ancak, deneyimli bir radyolog ve programlanmış özel USG cihazları gerektirdiğinden ve geniş gruplarla yapılmış çalışmalarla sonuçlar desteklenmediğinden yaygın kullanıma girmemiştir (37).

2.1.1.3. Bilgisayarlı tomografi

Bilgisayarlı tomografi, hem dişlerden yaş tayini için diş ve pulpa hacminin hacimsel rekonstrüksiyonu ve oran hesaplamalarına dayanan yöntemlerde hem de klavikular epifizin değerlendirilmesinde önerilmiş ve kullanılmıştır (49,50). Yöntem klavikular epifizlerin değerlendirilmesi açısından Adli Yaş Teşhisi Çalışma Grubu (AGFAD) kılavuzlarında yararlı bulunan araçlardan biri olarak belirtilmesine karşın, dişlerden yaş tayini konusunda dental radyografiileri kullanarak daha önce tarif edilen yöntemlere göre daha iyi doğruluk sağlamamıştır (49,50).

Bu yönteme ilişkin en önemli sorun radyasyon morbiditesidir. Yoğun X-ışınına maruz kalmaya bağlı hücresel mutasyon riskleri ve kanser veya diğer patolojilerin gelişimi göz önüne alındığında, yöntemin kullanımı tartışılmaktadır (49).

2.1.1.4. Manyetik rezonans görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme, vücuttaki su içeriğinin görüntülenmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde, kıkırdak içerisindeki su içeriğine bağlı sinyal değişimlerinin büyüme plaklarını içeren bölgeleri değerlendirilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Son dönemde araştırmacılar, bu konuya odaklanarak, kişilerin yaşını belirlemek için büyüme plağını MRG ile değerlendirmeye çalışmışlardır. Büyüme plağının yaşa bağlı olarak derecelendirilmesinde farklı MRG sekansları ve derecelendirme ölçekleri kullanılabilmesi ve radyasyon maruziyeti oluşturmaması yöntemin pozitif yanlarını oluşturmakla birlikte henüz yöntemle ilgili güvenilir yaklaşım konusunda fikir birliği yoktur (51).

2.1.2. Dişler

Adli yaş tayininde diş değerlendirmesi etkili bir araç olarak kabul edilmekte olup, adli tıp uzmanları, adli diş hekimleri ve antropologlar tarafından yaygın şekilde kullanılmaktadır. Dişlerin değerlendirilmesinde üç temel kriter esas alınmaktadır. Bunlar: Dişlerin oluşumu ve büyüme değişiklikleri (gelişim basamakları); postformasyon değişiklikleri (morfolojik ve/veya histolojik) ve biyokimyasal değişikliklerdir (52).

Gelişim basamaklarına göre yaş tayini, henüz diş gelişimini tamamlamamış çocuk ve ergenlerde kullanılabilirken, postformasyon (aşınma) ve biyokimyasal değişiklikler daha çok erişkin dönemde kullanılır. Bu nedenle dişlerden yaş tayini erişkin olmayan (sub-adult) ve erişkin olmak üzere 2 grupta ayrı ayrı incelenmektedir (53).

2.1.2.1. Çocuk ve ergenlerde dişlerden yaş tayini

Dişlerden yaş tayini klinik - morfolojik (görsel) muayene ve radyografilerle non invaziv olarak, kron ve köklerin mineralizasyon ve kalsifikasyonları, diş germlerinin görünüşü, inkremental çizgilerin miktarı değerlendirilerek yapılabilir. Süt ve daimi dişlerin sürme zamanları ve sürmüş köklerin tamamlanma dereceleri de bu dönemde yaş tayini için kullanışlı parametrelerdendir (52,53). Morfolojik inceleme, dişlerin sürme süreci tamamlandığında kullanılabilir. Gelişimin diğer parametrelerinin değerlendirilebilmesi için radyolojik inceleme gereklidir.

Dişlerin oluşumu, embriyonel hayatın altıncı haftasında başlar. Doğum sonrası altıncı ayda, ilk süt dişler (kesici); altıncı yaşta da ilk daimi dişler (I. molarlar) çene içerisinde belirmeye başlar. Sonraki süreçte, süt dişleri yerini daimi dişlere bırakır. Ağızdaki son diş olan III. daimi molarlar, genellikle 21 yaşına kadar gelişimini tamamlamasına karşın, daha geç yaşlarda çıkabilir. Hatta hiç çıkmadığı durumlar da bilinmektedir (52–54).

Dişlerin gelişimine bağlı yaşlandırma karışık dişlenmenin bitimi olarak kabul edilen 14 yaşına kadar olan dönemde kullanılan güvenilir bir yöntemdir. Bu yöntemde, atlas ve skrolama olmak üzere iki temel teknik kullanılır (55). Atlas tekniğinde mineralizasyon aşamalarını gösteren görsel verilerle karşılaştırma yapılırken, skrolama tekniğinde ise diş gelişim aşamalarına, puan verilerek değerlendirme yapılır (56). Literatürde, çocuk ve ergenlerde yaş tayini konusunda çok sayıda metot vardır. Bu metotlardan yaygın kullanılanları, Demirjian, Nolla, Açık Apeks, Schour ve Massler yöntemleridir (52,57–61).

2.1.2.1.1. Demirjian yöntemi

1973 yılında Demirjian ve arkadaşları tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntem, radyograflar üzerinde morfolojik değerlendirme yaparak, metrik ölçümler yerine kullanılmaktadır. Çocukların diş gelişimi panoramik radyograflar kullanılarak incelenir. Sol alt çenedeki yedi daimi dişin mineralizasyon süreçleri sekiz farklı evrede (A-H) tanımlanmıştır. Her bir dişin gelişim aşamalarından oluşan sayısal değerler, dişlerin olgunlaşma düzeyinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (58).

2.1.2.1.2. Nolla yöntemi

1960 yılında geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntemde, üst ve alt çenedeki daimi dişler için 10 aşamada gelişim tanımlanmış olup, her aşamaya 0-10 arasında puanlar verilmiştir. Skrolama işlemi sadece çenelerin tek tarafındaki dişler üzerinde yapılmış ve 3. molar dişler hesaba katılmamıştır. Yöntem, çocuklarda cinsiyetler için ayrı tablolar kullanılarak uygulanmaktadır. Yaş tayininde, elde edilen toplam diş gelişim puanları bu tablolara göre karşılaştırılır ve çocuğun yaşını hesaplamak için kullanılır (59).

2.1.2.1.3. Schour ve Massler yöntemi

Intrauterin dönemden 35 yaşa kadar olan dönemde dentisyonun beklenen gelişim evrelerini gösteren bir diyagram kullanır. Bu yöntemde her yaş grubu için alt ve üst çeneden ayrı radyograflar karşılaştırılır. Diş gelişimi 21 kronolojik aşamada incelenir ve dentisyon gelişimi morfolojik olarak değerlendirilir. Bu yöntemde cinsiyet farklılıkları dikkate alınmaz, yani kadın ve erkek arasındaki farklılıklar değerlendirilmez (61).

2.1.2.1.4. Açık Apeks yöntemi (Cameriere yöntemi)

2006 yılında Cameriere ve ekibi tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem, panoramik radyograflar üzerinde dişlerin açık apeks ölçümlerini kullanarak yaş tayini yapmaktadır. Mandibulanın sol bölgesinde bulunan daimi yedi dişin apekslerinin ölçümleri kullanılarak çoklu regresyon modelleri oluşturulmuştur. Grafiplerdeki olası magnifikasyon ve açılma farklılıkları dikkate alınarak, açık apekslerin ölçümleri diş uzunluğuna bölünmüş ve sonuçların yaş ile ilişki değerlendirilmiştir (60).

2.1.2.2. Erişkinlerde dişlerden yaş tayini

Yaşayan erişkin bireylerde yaş tayini daha zordur. Ortalama olarak 16-22 yaş civarında 3. azı dişi çıkar. Üçüncü azı dişinin değerlendirmesinde Harris ve Nortje'nin yöntemi (62) ile Van Heerden sistemi bilinmektedir (52). Daha sonra kalıcı dişlenmenin tamamen bittiği kabul edilir ve diş gelişimi sonlanmış olduğundan, biyokimyasal değişiklikler veya postformasyon (aşınma) değişimler incelenir.

Postformasyon değişikliklerin değerlendirilmesinde özellikle ileri yaşlarda daimi molar dişlerin çigneme yüzeylerinde ortaya çıkan aşınmalar gözlemlenir. Bu gözlem morfolojik veya histolojik olarak yapılabilir. Bu aşınma dereceleri incelenerek bireyin yaş aralığı belirlenebilir (63).

2.1.2.2.1. Gustafson yöntemi

Gustafson, dişlerdeki yapısal değişikliklerin yaş belirlemek için kullanılabileceğini ifade ettiği çalışmasında dişlerde meydana gelen altı sekonder değişiklikten bahsetmektedir (24,52,57,64,65). Bu değişikliklerin bazıları hem makroskobik hem mikroskobik olarak görülebilirken, bazılarının değerlendirilebilmesi ancak mikroskop altında olabilmektedir.

Bu değişiklikler;

Atrisyon: Dişlerin çigneme nedeniyle oklüzal ve kesici yüzeylerinde meydana gelen aşınmaları ifade eder. Bu aşınmalar dişlerin temas yüzeyleriyle sınırlıdır ve makroskobik ve mikroskobik olarak gözlemlenebilir. Mekanik aşınma (abrazyon) dişlerin sürtünmesi sonucu oluşur. Dişlerin kimyasal bir işlem sonucu özellikle oklüzal yüzeyler dışında oluşan parlak ve kama şekilli aşınmasına ise erozyon denir.

Periodontitis: Diş kaybı veya dişin yerinden çıkması sürecinde diş ataşmanlarında meydana gelen değişiklikleri ifade eder. Makroskopik ve mikroskobik olarak gözlenebilir.

Sekonder Dentin: Yaşın bir işareti veya dişteki patolojilere bir yanıt olarak, pulpa kavitesi içerisinde oluşur. Yalnızca mikroskop altında görülebilir.

Sement Apozisyonu: Periodontitis ile ilişkilendirilmiş olup kök bölgesinde veya etrafında meydana gelebilir. Mikroskobik kesitlerde gözlenebilir.

Kök Rezorpsiyonu: Hem sementi hem de dentini içerir ve mikroskobik kesitlerde gözlenebilir.

Kök Transparanlığı: Dişin apikal (uç) bölgesinin transparan hale gelmesini ifade eder. Dişin kron bölgesindeki çürük ve/veya atrisyon gibi değişikliklere bağlı gelişen transparanlıktan ayrımı yapılmalıdır. Yaşla artan kök transparanlığının, tedavi ve patolojik durumlarla doğrudan ilişkili olmadığı bildirilmiştir (65).

2.1.2.2.2. Diğer yöntemler

Radyolojik yöntemlerden sıklıkla kullanılan Kvaal yöntemi (66), Drusini yöntemi(67) ve Cameriere yöntemi(68) pulpa/diş hacim değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır (52,55).

Biyokimyasal tekniklerden ise; aspartik asit rasemizasyonu, radyoaktif karbon 14 yöntemleri erişkinlerde diş yaşı tayininde kullanılabilir (64). Ancak bu yöntemler pahalı olmasının yanında invaziv olduğundan (diş çekimini zorunlu kıldığından) canlıda yaş tayininde çok tercih edilmemektedir (52,57).

2.1.3. Histolojik yöntemler

Histolojik analiz yoluyla yaş tayini için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kemik dokusunun histomorfometrisi, yaşı belirlemek için uzun süredir kullanılmaktadır (69,70). Son yıllarda, histomorfolojik ve histokimyasal yöntemler üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır (6). Özellikle post mortem olgularda, kas, kemik, kıkırdak cilt dokular üzerinde çalışmalar yapılmıştır (70,71).

Uzun kemiklerde yapılan incelemelerde de ilerleyen yaşla birlikte osteon sayısının arttığı, bununla birlikte dış ve iç laminada ile havers kanallarının çaplarının azaldığı bilinmektedir (69,72,73).

Kemik iliği çalışmalarında hemapoetik hücrenin yaşla korele olarak azaldığı; yağ dokunun ise arttığı gösterilmiştir (74). Kemik iliği sellülaritesinin ise ilk dekatta en yüksek olduğu ve altıncı dekata doğru azalarak devam ettiği; aynı dekattaki kişiler arasında da farklılıklar olduğu bildirilmektedir (75).

Karın cildinden, AgNOR boyama metodu (76) ile; kaslarda ise kas lifleri ve miyozin zincirlerine göre (77) yaş tayini yapılabildiği bilinmektedir. Bu yöntemler, kesin güvenilir sonuçlarla standart duruma getirilemediği için klinik uygulamada tek başına kullanılabilir durumda değildir. Ancak diğer metotların da kullanıldığı olgularda kombine yöntem olarak önerilmektedir.

2.1.4. Morfolojik yöntemler

Bu yöntem canlılarda, fizik muayene ile cilt, göz ve diğer vücut bölümlerindeki değişimlerin değerlendirilmesini, pubertal gelişim basamaklarının evrenmesini ve antropometrik olarak boy, kilo ve vücut kitle indeksinin ölçülmesini içerir. Fizik muayene, gelişimi değerlendirmesinin yanı sıra, özellikle gelişimi etkileyen patolojik durumların tespiti açısından da yol göstericidir. Çünkü biyolojik yaştan kronolojik yaş tayini yapılabilmesi, gelişimsel patoloji göstermeyen bireyler için mümkün olabilmektedir. Gelişimsel bir gecikmeye veya gelişimin olağan sürecinden daha hızlı seyretmesine neden olan bir patolojik durumun varlığında yapılan yaş tayinleri, yasal açıdan ilgili kişi için olumsuz sonuçlar doğurur. Bu nedenle kemik ve diş gelişimi gibi diğer faktörlerin de değerlendirmeye dahil edilmesi gerekmektedir. Tüm bulguların sonuçlarına göre,

organizmanın bir bütün olarak gelişimiyle tutarlı olup olmadığının kontrol edilmesi özellikle önemlidir (23,24).

İskelet kalıntılardan yaş tayininde ise erişkin ve erişkin olmayan grupta morfolojik ve radyolojik yöntemlerin kombinasyonu ile incelenebilen dental ve osteolojik metotlar kullanılmaktadır (78). Bebek ve çocuklarda uzun kemik uzunlukları (klavikula, humerus, radius, ulna, femur, tibia, fibula), kemikleşme merkezleri ve diş sürme zamanları ile yaş tayini yapılabilirken, genç erişkinlerde epifizyal kaynaşma, üçüncü molar dişin çıkış zamanı ve basiler kaynaşma ile yaş tayini yapılabilir. Erişkinlerde ise, simpifiz pubis, costa, klavikula ve vertebralardaki yaşa bağlı değişiklikler; femur ve humerus proksimalindeki spongioz dokunun yaşa bağlı değişiklikleri ile dişlerdeki yaşa bağlı aşınmalar kullanılmaktadır. Ayrıca kafatasındaki süturlar bölgelere ayrılarak her bir bölgedeki süturların kaynaşma dereceleri ile yapılan hesaplamalarla da yaş tayini yapılabilmektedir (78–81). Mevcut imkanlar dahilinde tüm yöntemlerin kombine edilmesi en güvenilir yoldur.

2.1.4.1. Pubertal gelişim basamaklarına göre – tanner evreleme tekniği

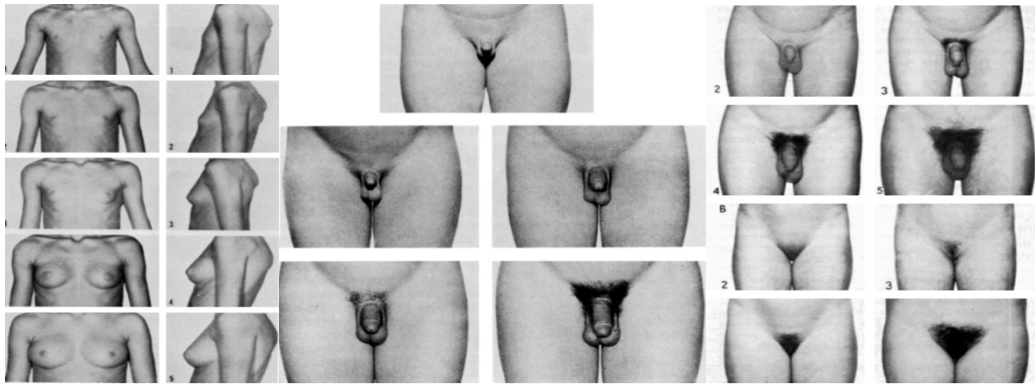
Çocukluk ve ergenlik (adölesan dönem), insan hayatında fiziksel değişimlerin yaşandığı kritik dönemlerdir. Puberte ile başlayan ergenlik döneminde; boy, kilo, kas ve yağ dokudaki artışın yanı sıra, ikincil cinsiyet karakterleri gelişir, cinsel olgunlaşma ve üreme yeteneği kazanılır. Pubertal gelişimin sırası nispeten öngörülebilir olsa da, zamanlamaları son derece değişkendir.

Puberte kızlarda 8-13 (ort 10,1±1,0) yaş aralığında, memelerin belirginleşmesiyle (tomurcuklanma – telarş) başlayıp, sırasıyla pubik kıllanma (pubarş - adrenarş) ve adet (menarş) görme (ortalama 12.5 yaş) ile devam eder. Erkeklerde ise 9-14 (ort 11,6±1,2) yaş civarında testislerin büyümesiyle (testis hacminin ≥ 4 ml) başlayıp pubik ve aksillar kıllanma ile devam eder. Süreç içerisinde göğüs, yüz sırt ve diğer vücut bölgelerinde kıllanma ile ses kalınlaşması da gerçekleşir (82).

Pubertal gelişim basamakları, Tanner evrelemesi olarak bilinen yöntemle, adli tıpta yaş tayininde kullanılmaktadır (83).

Tanner kızlarda meme gelişimini, erkeklerde genital organ gelişimini ve her iki cinsiyette pubik kıl gelişimi süreçlerini beş aşamaya ve her iki cinsiyette aksiller kıl gelişimini üç aşamaya ayırmıştır. Bu aşamaları; meme gelişimini B1-B5; genital organ gelişimini G1-G5; kasık kılı gelişimini PH1-PH5; koltuk altı (aksillar) kılı gelişimini A1-A3 olarak tanımlamaktadır (39).

Memelerin, cinsel organların ve kasık kıllarının gelişim aşamaları gösterilmiştir (Şekil 2.1) (84,85).



Şekil 2. 1 Memenin, cinsel organların ve kasık kıllarının gelişimi

2.1.4.1.1. Kızlarda meme gelişimi

Birinci Evre: Puberte öncesidir. Glanduler (meme) doku yoktur. Areola belirgin değildir. Sadece papillar (meme ucu) çıkıntı vardır.

İkinci Evre: Memelerde başlayan tomurcuklanma ile çok az miktarda meme dokusu oluşur. Papilla belirginleşmeye başlar. Areola halkası hafifçe genişler.

Üçüncü Evre: Meme dokusu ve areola genişlemeye devam eder. Kontur belirgin değildir, birbirinden ayrılmaz.

Dördüncü Evre: Memeler daha da büyür ve memelerin altında bir katlanma görünür hale gelir. Areola ve papilla meme seviyesinin üstünde ikinci bir çıkıntı meydana getirir.

Beşinci Evre: Olgun aşamadır. Meme dokusu büyüyüp gelişimini tamamlar, erişkin halini alır. Hacim kişiden kişiye değişir. Dördüncü evrede oluşmuş çıkıntılı areola geriye çekilerek meme kitlesine katılır. Sadece papilla çıkıntılı şekilde görünür.

2.1.4.1.2. Erkeklerde genitalerin gelişimi

Birinci Evre: Puberte öncesidir. Testiste, skrotum ve peniste büyüme başlamamıştır. Testis hacmi 4 ml'den az, uzun çapı 2,5 cm'den azdır.

İkinci Evre: Skrotum ve testisler büyüme başlar, skrotum derisi kırmızılaşarak koyulaşır. Peniste henüz büyüme görülmez. Testis hacmi 4 ml-8 ml arasında, uzun çapı 2,5-3,3 cm'dir.

Üçüncü Evre: Skrotum ve testisler büyüme devam eder. Penisin hem boyunda hem de eninde artış görülür. Testis hacmi 9 ml-12 ml arasında, uzun çapı 3,4- 4 cm'dir.

Dördüncü Evre: Skrotum, testisler, penis ve penis başı büyüme devam eder. Penis başı belirginleşir. Skrotum derisi daha da koyulaşır. Testis hacmi 15 ml-20 ml arasında, uzun çapı 4,1- 4,5 cm'dir.

Beşinci Evre: Dış genital organlar erişkin boyut ve şeklini alır. Büyümeleri durur. Testis hacmi 20 ml'den fazla, uzun çapı 4,5 cm'den uzundur.

Testis gelişimi prader orşidometresi ile değerlendirilir.

2.1.4.1.3. Kızlarda ve erkeklerde pubik kıllanma

Birinci Evre: Puberte öncesidir. Tüylerin üzerindeki vellus, karın duvarının üzerindeki daha fazla gelişmemiştir, yani kasık kılı yoktur.

İkinci Evre: Esas olarak penisin tabanında veya labia boyunca tüyler (olgunlaşmamış kıllar) gözükme başlar.

Üçüncü Evre: Daha koyu, daha kaba ve daha kıvrımlı olarak olgunlaşmış kıllar görünmeye başlar.

Dördüncü Evre: Kasık bölgesini yayılmaya başlayan olgun kıllar vardır. Ancak hala uyluk medialine yayılmamıştır.

Beşinci Evre: Klasik desenin dağılımı ile miktar ve tip olarak yetişkin kıllanmasıdır. Uylukların medial yüzeyine yayılır, ancak linea alba'ya veya ters üçgenin tabanının üzerinde başka bir yere yayılmaz.

2.2. Çocuk Cinsel İstismar Materyali

İnternetin son yıllardaki hızlı yaygınlaşması, çocukların ve yetişkinlerin dünyayı öğrenmeleri ve keşfetmeleri için benzersiz fırsatlar sunmaktadır. Bugün pek çok ülkede bu teknoloji her yerde bulunmakta, kişisel ve profesyonel, bireysel ve sosyal hayatımızın her alanında aktif kullanılmaktadır. Ancak bu teknoloji çocuk istismarı konusunda da yeni bir boyut yaratmıştır. İnternetin yaygınlaşmasıyla ucuzlayan ve kolay erişilebilir hale gelen dijital ortam, sağladığı anonimlikle beraber çocuk istismarı materyallerinin üretim ve dağıtımında kullanılmaya başlanmıştır (15). İstismar içerikli görsel materyallere ilgi duyan kişiler arasında gruplar oluşmuş ve neredeyse her türlü istismar materyali, dünyanın dört bir yanındaki bireyler arasında kolayca ulaşılabilir, paylaşılabilir ve transfer edilebilir hale gelmiştir. Çocuklar, her gün dünyanın dört bir yanında, kendi cinsel ihtiyaçlarını karşılamak ya da çocuğun sömürülmesinden kazanç sağlamak amacıyla onları arayan bireylerin cinsel istismarına maruz kalmaktadır. Kolluk kuvvetleri ve çocuk koruma alanında faaliyet gösteren kar amacı gütmeyen kuruluşlar her yıl çok sayıda istismar görüntüleri içeren materyal tespit etmektedir (86).

Çocuk cinsel istismar materyali (ÇCİM) “her ne şekilde olursa olsun, bir çocuğun (gerçek veya simüle edilmiş) açık cinsel faaliyetlerde bulunduğu veya bir çocuğun cinsel organlarının temelde cinsel amaçlarla temsil edildiği veya böyle bir temsili oluşturmak için bir çocuğun kullanıldığı görsel veya işitsel tasvirler” olarak tanımlanır. Tasvirler arasında fotoğraflar, videolar, canlı yayınlar ve yapay zeka tarafından oluşturulan içerikler de dahil olmak üzere gerçek bir çocuktan ayırt edilemeyen dijital veya bilgisayar tarafından oluşturulan görüntüler de yer alabilir (14).

Ulusal ve uluslararası mevzuatlar, çocukları içeren bu materyalleri ‘çocuk pornografisi’ olarak tanımlamaktadır. Ancak, çocuklara yönelik ticari cinsel sömürüye karşı uluslararası çocuk hakları savunucusu bir organizasyon olan ECPAT’ın girişimleriyle oluşturulan Kurumlar Arası Çalışma Grubu, Lüksemburg Kılavuz İlkeleri olarak bilinen Terminoloji Kılavuzunda; ‘çocuk pornografisi’ teriminin, çocukların asla rıza gösteremeyeceği cinsel istismar görüntülerinin gerçek doğasını ve kapsamını yansıtmadığını, ayrıca çocukların cinsel istismar ve sömürsünü normalleştirme, önemsizleştirme ve hatta meşrulaştırma riski taşıdığını bildirmektedir. Bu nedenle ‘çocuk cinsel istismarı materyali’ kavramının kullanılmasının daha uygun ve doğru olacağını ifade etmektedir (87).

Bu doğrultuda çalışmamızda, ‘çocuk’ içerdiği düşünülen/varsayılan bu tarz materyaller için ‘çocuk pornografisi’ değil, ‘çocuk cinsel istismarı materyali’ kavramı kullanılmıştır. Mevzuattan (ulusal ve uluslararası kanun ve sözleşmeler) yapılan atıflar belgenin yazım dili bütünlüğü açısından bu kapsam dışında bırakılmıştır.

2.3. Yasal Düzenlemeler

Çocuk cinsel istismar materyalleri dünyanın birçok ülkesinde yasa dışıdır ancak tanımlar, kategoriler ve suç kapsamında bazı farklılıklar vardır (14). Bunlar, ortam veya gerçeklik derecesi temelinde (gerçek bir çocuğun tasvir edilmesinin gerekip gerekmediği veya yapay olarak oluşturulan görüntülerin ÇCİM teşkil edip etmediği) ‘çocuk cinsel istismar materyali’ tanımının kendisi; hangi eylemlerin suç olduğu (örneğin, materyalin üretimi, dağıtımı, bulundurulması ve/veya indirilmesi ve görüntülenmesi) gibi konulardadır.

Konuyla ilgili olarak, bir kişinin cinsel faaliyete rıza gösterebileceği yasal yaş ile çocuk cinsel istismar materyali için sınır kabul edilen yaş zaman zaman birbirine karışabilmektedir. Ülkeden ülkeye yaş sınırı değişmekle birlikte; 18 yaş altındaki bir kişi cinsel ilişkiye rıza gösterse de, böyle bir kişi ÇCİM dahil olmak üzere herhangi bir cinsel sömürü biçimine yasal olarak rıza gösteremez. Türk Ceza Kanununu da ‘reşit olmayanla cinsel ilişki’ ve ‘müstehcenlik’ başlıkları altında, cinsel ilişki rıza yaşı ile çocuk görüntüleri içeren müstehcen görüntüleri ayrı olarak değerlendirmiştir.

5237 sayılı Türk Ceza Kanununda(13) müstehcenlik kavramı tanımlanmamış olmakla birlikte, 765 sayılı eski ceza kanunu (mülga) m. 426/1 fıkrasında “halkın ar ve haya duygularını inciten veya cinsi arzuları tahrik ve istismar eder nitelikte genel ahlaka aykırılık” olarak tanımlamıştır (88). Yargıtay kararlarında da “müstehcenlik konusunu işlenirken, ‘porno-müstehcen ve erotik’ kavramlarının birlikte değerlendirilmesinin gerekliliği” vurgulanmıştır (89). Bu bağlam kapsamında Türk Ceza Kanununun müstehcenlik başlığı altındaki 226. maddesinde; birinci fıkranın a ve b bentlerinde “müstehcen ürünlerin çocuklara gösterilmesi, okutulması, yayılması”; üçüncü fıkranın birinci cümlesinde, “çocukları, temsili çocuk görüntülerini veya çocuk gibi görünen kişileri barındıran müstehcen içeriklerin üretilmesi”; üçüncü fıkranın ikinci cümlesinde, “bu içeriklerin ülkeye sokulması, çoğaltılması, satışa arz edilmesi, satılması, nakledilmesi, depolanması, ihraç edilmesi, bulundurulması ya da başkalarının kullanımına sunulması” ve beşinci fıkrada ise aynı içeriklerin “basın ve yayın yolu ile yayılması veya yayınlanmasına aracılık edilmesi” suç olarak kabul etmekte; ‘çocuk’ terimini de “henüz onsekiz yaşını tamamlamamış birey” olarak tanımlamaktadır (13).

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından 20 Kasım 1989 tarihinde kabul edilen Çocuk Haklarına Dair Sözleşme’de "... uygulanabilecek olan kanuna göre daha erken yaşta reşit olma durumu hariç, on sekiz yaşına kadar her insan çocuk sayılır" (90) şeklinde çocuğun tanımı yapılmıştır. Madde 34 te Taraf Devletlerin, “çocuğu, her türlü cinsel sömürüye ve cinsel suistimale karşı koruma güvencesi vereceği” belirtilmiş olup, “Çocukların pornografik nitelikli gösterilerde ve malzemede kullanılarak sömürülmesini önlemek amacıyla her türlü önlemi alacağı” belirtilmiştir.

Çocuk Haklarına Dair Sözleşmeye Ek Çocuk Satışı, Çocuk Fahişeliği Ve Çocuk Pornografisi İle İlgili İhtiyari Protokolün birinci maddesi ‘çocuk pornografisinin’ yasaklanacağını bildirmekte olup, ikinci maddesinde “çocuk pornografisi, çocuğun gerçekte veya taklit suretiyle bariz cinsel faaliyetlerde bulunur şekilde herhangi bir yolla teşhir edilmesi veya çocuğun cinsel uzuvlarının, ağırlıklı olarak cinsel amaç güden bir şekilde gösterilmesi anlamına gelir.” şeklinde tanım yapılmaktadır. Protokolün üçüncü maddesinde ise ‘çocuk pornografisinin üretiminin, dağıtımının, yayılmasının, ithalinin, ihracının, sunumunun, satışının veya zilyetliğinin’ suç kapsamına alınması gerektiği belirtilmiştir (91).

Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından kabul edilen 182 Sayılı Kötü Şartlarda Çocuk İşçiliğinin Yasaklanması ve Ortadan Kaldırılmasına İlişkin Acil Önlemler Sözleşmesi, ‘en kötü biçimdeki çocuk işçiliği’ terimini, “çocukların fahişelik, pornografik materyal üretimi veya pornografik gösterilerde kullanılması” olarak tanımlar ve bu sözleşmeyi onaylayan her üye ülkenin, ‘en kötü biçimlerdeki çocuk işçiliğinin’ yasaklanması ve ortadan kaldırılmasını acil bir sorun olarak kabul edeceği, hızlı ve etkili önlemleri almayı taahhüt edeceğini belirtir (92).

Çocuk Cinsel istismar materyalleri ile ilgili diğer uluslararası sözleşmeler; Budapeşte Sözleşmesi (Avrupa Konseyi Siber Suçlar Sözleşmesi), Lanzarote Sözleşmesidir (Avrupa Konseyi Çocukların Cinsel Sömürü ve Cinsel İstismara Karşı Korunması Sözleşmesi) (93,94). Tüm bu sözleşmelerde de çocuk cinsel istismar materyalinin taraf devletler nezdinde suç sayılması ve çocukların bu suçun mağduru olmaması için çalışılması gerektiği belirtilmektedir.

Dünyaki ulusal mevzuatlara bakıldığında da; Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği ülkeleri dahil bir çok devletin ‘çocuk pornografisini’, “reşit olmayan bir kişiyi (18 yaşından küçük kişileri) içeren cinsel içerikli davranışların görsel tasviri” olarak tanımladıkları ve çocuk cinsel istismar materyallerini suç kapsamına aldıkları görülmektedir (14,16,95).

Bu konuda Türkiye dahil birçok ülkede bu materyallerin bulundurulmasının suç kapsamında değerlendirilmesi neticesinde, şüpheli bir müstehcen içerikli materyal ele geçirildiğinde öncelikle yapılması gereken materyal içerisindeki kişilerin yaşlarının tespit edilmesidir.

2.4. Görüntüden Yaş Tayini

Günümüzde görüntü veya fotoğraf temelli kimlik tespitine olan ihtiyaç artmaktadır. Kişinin tanımlanmasında yüz, en ayırt edici bölümdür (96,97). Bu nedenle yüz tanımlaması, kimlik tespitinde önemlidir, ancak yüzün dinamik ve değişken yapısı gereği görsel analizlerde bazı zorluklar vardır. Bunlar bedensel (yaş, kilo, sağlık sorunları) veya çevresel faktörler (ışık, mesafe) olabilir (98,99). Bedensel faktörlere çevrenin ve zamanın vücut üzerindeki etkileri de dahil edilmelidir. Örneğin, yaşlanma sonucu göz çukurlarının derinleşmesi, yüzde kırışıklıkların belirginleşmesi; sigara kullanımının veya güneş ışığı maruziyetinin yaşlanma sürecini hızlandırarak yüz görünümünün değişmesi (100). Ayrıca bu değişiklikler, genetik faktörlere, cilt tipine, yüz şekline ve deri altı yağ oranlarına da bağlıdır. Kozmetik müdahaleler, estetik cerrahi operasyonları ve ben giderme veya ekleme gibi işlemler, kimlik tespiti amaçlı yüz özelliklerinin kullanımı zorlaştırabilir (99,101,102). Bundan dolayı aynı kişiye ait iki fotoğraf arasında kolayca değişiklikler meydana gelebilir.

Bu zorluklara karşın yüz görüntülerinden, yüzün genel geometrik formu (kare, yuvarlak, oval, vb.); yüz kısımları (orbital, burun, dudaklar ve kulaklar), yüz ilkellerinin formu (kaşlar, gözler, burun, ağız vb.) ve fenotip (saç formu ve rengi, yüz ten rengi ve gözler ve dudak rengi) gibi nitel; yüz büyüklüğü, değeri ve ilkellerinin parametreleri, yüzdeki konumu ve aralarındaki korelasyonlar gibi nicel özellikleri değerlendirilerek, adli amaçlarla kimliklendirme yapılabilmektedir (8,103–105). Nicel ve nitel parametreleri değerlendirmek adına, metrik analiz (ölçümler) (106,107), morfolojik analiz (özelliklerin şekli) (108) ve üst üste bindirme (süperimpozisyon) (99,109,110) gibi farklı teknikler kullanılır (97,98).

Bunlardan, morfolojik analiz ve süperimpozisyon tekniği, iki yüz fotoğrafı arasında veya gerçek bir yüz ile bir fotoğraf arasında karşılaştırma yapılmasına dayanır. Bu nedenle bu teknikler kullanılırken, kimliklendirilmesi istenilen kişinin bilinen yaşına ve diğer parametlerine sahip başka bir fotoğrafı olması gerekir (78,99). Bu teknikler genelde, erişim kontrol sistemlerinde, kişiyi sistemdeki veri tabanı ile karşılaştırmakta kullanılmaktadır (111). Metrik analize dayanan diğer teknik ise antropometridir.

2.4.1. Antropometri

Antropolojinin bir alt dalı olan fizik antropolojinin uygulama alanı antropometri, antropos (insan) ve metris (ölçü) kelimelerinin birleşimidir (112). Genel anlamıyla, insan bedeninin nesnel özelliklerinin, belirli yöntem ve ilkelerle ölçümüne dayanan sistematik bir tekniktir (113). Bu teknikte canlıdan, ölüden veya iskeletletmiş kalıntılardan ölçümler alınabilmektedir. Canlıdan alınan ölçümler; somatometri (vücut ölçümleri) ve sefalometri (baş ve yüz ölçümleri) olarak; iskelet kalıntıları üzerinden alınan ölçümler ise osteometri (kemik ölçümleri) ve kraniometri (kafatası ölçümleri) olarak tanımlanmaktadır (114,115).

Bu alanda sıkça karşılaşılan bir kavram olan morfometri ise, canlıların veya nesnelere şekillerindeki benzerliklerin, farklılıkların veya biçimsel varyasyonların betimsel analizler yerine ölçüm temelli analizlerle hesaplanarak sayısal verilerle açıklanmasıdır. Morfometri, canlı veya cansız nesnelere üzerindeki ölçümleri, antropometri canlı veya cansız insan bedeni üzerindeki ölçümleri konu alır (116).

Yüz ölçümünün tarihsel geçmişi oldukça eskiye dayanır. Bazı araştırmacılar yüz ölçümünün tarihini Babil uygarlığına kadar izleyebilmiştir (117). 16-19. yüzyıllar arasında ise genellikle ırk çalışmalarında kullanılmak üzere antropometri çalışmalarının gerçekleştirildiği bilinmektedir (118). Antropometri çalışmaları günümüzde ise, adli tıp, adli antropoloji, plastik ve rekonstruktif cerrahi, ortodontik ve ortognatik cerrahi gibi alanların ihtiyaçlarına yönelmektedir (119).

Yüzün ve kafatasının antropometrik parametrelerini anlamak, araştırmacılara ve klinisyenlere kraniyofasiyal büyüme ve gelişim hakkında önemli bilgiler verir (120). Klinik anlamda kraniyofasiyal anomalilerin sınıflandırılması, teşhisi ve tedavisinde kullanılır. Adli amaçlarla ise kimliklendirmenin parametrelerinden olan kişinin yaş ve cinsiyet tayininde kullanılabilir (121,122).

Klasik (doğrudan) antropometri, 3 boyutlu ölçümü esas alarak, kumpas, şerit metre ve açı ölçerlerle gerçekleştirilir. Günümüzde radyografi ve fotoğraf gibi 2 boyutlu görüntülerden alınan antropometrik ölçümler ile çalışmalar yapılmaktadır (123,124).

2.4.1.1. Fotoantropometri

Fotogrametri, dolaylı antropometri olarak ta isimlendirilebilen fotoantropometri, yüzdeki anatomik noktalar yardımıyla yüzün açıları, boyları gibi özelliklerinin analiz edilmesi sürecini ifade eder (104,123,125,126). Yüz özelliklerinin detaylı bir şekilde gösterildiği fotoğraflarda, anatomik noktaların belirlenmesi ve belirlenen noktalar arasında ölçümlerinin alınması mümkündür. Bu yöntemde, morfolojik özellikler yerine, anatomik noktalar kullanılarak alınan ölçümlerle ilişkili nicel veriler karşılaştırılır (106).

Fotoantropometride, anatomik noktalar, direkt antropometriye göre daha zor belirlenir (125). Buna karşın non-invaziv olması, arşivlenebilir ve tekrarlanabilir olması da yöntemin avantajları arasında görülmektedir (127–131). Yüz antropometrisinin öncüsü kabul edilen Farkas (132), başın ve yüzün farklı bölgelerinde, doğrudan (gerçek kişi üzerinden) ve dolaylı (fotoğraf üzerinden) antropometrik ölçümler alarak bunları karşılaştırmıştır. Kişinin yüz bölgesinden doğrudan alınan 104 ölçümün sadece 62 tanesi fotoğraf (frontal ve lateralden) üzerinden de alınabilmiştir. Farkas, fotoğraftan üzerinden alınan ölçümlerden de 20 tanesinin güvenilir olduğunu ve kullanılabileceğini belirtmiştir (133).

Adli Yaş Teşhisi Çalışma Grubu, yaş tayininde antropolojik özellikler ve pubertal gelişim basamakları kullanılarak yapılan klinik muayene; karpal radyografiler kullanılarak yapılan el ve bilek muayenesi; ve panoramik radyografiler kullanılarak yapılan diş muayenesinin birlikte kullanılmasını önermektedir (27,28,134,135). Bununla birlikte, yaş tayini için tek delil olarak fotoğrafın olduğu çocuk cinsel istismarı içeren siber suçlarda belirtilen incelemeler yapılamamaktadır. Tüm vücut görüntüleri elde edildiğinde pubertal gelişim basamaklarının analizi düşünülebilir; ancak yöntemin adli yaş tayininde kullanımına dair bazı sıkıntılar vardır (9,11,12,17,18,135). Bunların başlıcası kasık kıllarının tıraşlanması sonucu oluşan yanıltıcılıktır (11,12). Bu dosyalarda, mağdurların fotoğrafları üzerinden alınabilecek antropometrik ölçümler ve indekslerin yaş ve cinsiyet hakkında veri kaynağı olarak suçun tanımlanmasına katkıda bulunabileceği düşünülmekte ve son zamanlarda bu konuda çalışmalar yapılmaktadır (10,12,21,101,102,118,136).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalından Arş.Gör.Dr. Furkan Şan tarafından prospektif olarak tasarlanmış ve ‘Helsinki Deklarasyonu Prensiplerine’ uygun olarak yürütülmüştür. Çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Grişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 07/09/2022 tarih ve 22/164 sayılı kararı ile uygun görülmüştür (Proje no: KA 22/347).

3.1. Çalışmanın Tasarımı

Türk Ceza Kanununun 226. maddesinde müstehcenlik başlığı altında belirtilen suçların işlenip işlenmediğinin tespit edilebilmesi için müstehcen içerikli görüntüde yer alan kişilerin ‘çocuk’ olup olmadığının belirlenmesi gerekir. Bu nedenle çalışmada, kesin doğum tarihi bilinen gönüllülerin fotoğraflarından alınan çeşitli yüz ölçümleri ve ölçümlerden elde edilen indeksler yardımıyla görüntülerdeki kişilerin yaşlarının 18’in altında mı üstünde mi olduğu hesaplanmaya çalışıldı. Katılımcıların seçiminde TCK’nın “*henüz onsekiz yaşını tamamlamamış birey*” şeklindeki ‘çocuk’ tanımı dikkate alınarak (Türk Ceza Kanunu, 2004) çalışma 15-20 (orta ve geç adölesan) yaş arasındaki kız ve erkek fotoğraflarından alınan ölçümler üzerinden gerçekleştirildi. Çalışma kapsamında 15-20 yaş aralığı, gelişiminin fiziksel göstergelerinin daha sınırlı olacağı öngörüsünden yola çıkılarak, bu yaşlarda yaş tayini yapmanın daha önemli olduğu düşünülerek belirlendi. Fotoğraflar üzerinden kişilerin direkt yaşları değil, yaş grupları belirlenmeye çalışıldı. Yaş grupları mevzuatta bulunan ‘çocuk’ tanımına uygun olarak ‘18 yaş altı’ ile ‘18 yaş ve üzeri’ olarak oluşturuldu.

Fotoğraflar için herhangi bir veri seti kullanılmadı. Tüm fotoğraflar araştırmacı tarafından çekildi. Yeterli sayıda gönüllünün fotoğrafını çalışmaya dahil edebilmek amacıyla fotoğrafların çekimi, gönüllülerin buldukları okullarda hazırlanan uygun ortamlarda çekildi. Çalışma yeri, ulaşılabilirlik ve yaş aralığı da gözeticilerle, Başkent Üniversitesi Kampüsü ve Ankara Valiliğine bağlı liseler olarak belirlendi. Araştırmanın evreni Başkent Üniversitesi ile Ankara Valiliğine bağlı lise öğrencileridir. Liselerde yapılacak çalışma Ankara Valiliği İl Milli Eğitim Müdürlüğü’nün 10.10.2022 tarih ve 168349 sayılı onay yazısı ile gerçekleştirildi.

3.2. Örneklem Genişliği

Örneklem genişliği hesaplanırken bu konuda yapılmış benzer çalışmalar baz alındı (21,136). Örneklem genişliği, erkek bireylerde en-en/ch-ch indeksi açısından yaş grupları arası farklılığın incelenmesinde etki büyüklüğü $d=0,29^*$ olmak üzere %80 test gücünü %95 güven düzeyinde sağlayacak olan her yaş grubundan 188'er erkek (toplam 376 erkek) olarak; kadın bireylerde yaş grupları arası farklılığın incelenmesinde etki büyüklüğü $d=0,30^*$ olmak üzere %80 test gücünü %95 güven düzeyinde sağlayacak olan her yaş grubundan 176'şar kadın (toplam 352 kadın) olarak hesaplanmıştır. Toplamda 728 gönüllü kişinin fotoğrafları ile gerçekleştirilmesi planlanan çalışmada, 330 erkek 307 kız toplam 637 gönüllü bulunabilmiştir. Bu örneklem genişliği çalışmada uygulanacak diğer istatistiksel analizler için yeterli bulunmuştur.

3.3. Gönüllülerin Çalışmaya Alınışı

Çalışmaya katılımda gönüllülük esas prensine uyuldu. Çalışmanın amaç, yöntem vb bilgilerini de içerecek onam formları hazırlandı. Bu formlar ile, 18 yaş üzeri bireylerin kendilerinden, 18 yaş altı bireylerin ise kendilerinden ve velilerinden yazılı onam alındı. 18 yaş ve üzeri grubun gönüllüleri Başkent Üniversitesi öğrencilerinden; 18 yaş altı grubun gönüllüleri için ise Ankara Valiliğine bağlı rastegeçe seçilen lise öğrencilerinden oluşturuldu. Lise öğrencilerinin çalışmaya katılımı kapsamında öncelikle kurum yöneticileri ile görüşme yapıldı. Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, Milli Eğitim Temel Kanunu ile Türk Milli Eğitiminin genel amaçlarına uygun olarak, ilgili yasal düzenlemelerde belirtilen ilke, esas ve amaçlara aykırılık teşkil etmeyecek, eğitim-öğretim faaliyetlerini aksatmayacak şekilde uygun gördükleri tarih ve saatte öğrencilere çalışma kapsamı hakkında bilgi verildi. Ayrıca çocuklara, çalışmaya katılabilmeleri için kendilerinin gönüllü olmalarının yeterli olmadığı, ailelerinin de bu çalışmaya dahil olmalarına izin vermesi gerektiği anlatıldı. Akabinde gönüllülere “Çocuklarda Yapılacak Bilimsel Araştırmalar İçin Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formları” dağıtılarak, aileleri ile görüşme sonucunda ailesi de izin veren gönüllülerin çalışma kapsamına alınabileceği bildirildi. Okul ve kurum yöneticileri ile onam formlarının velilere götürülmesi ve geri getirilmesi süreci hakkında planlama yapıldı. Planlanan günde gönüllü olan ve ailesi tarafından da çalışmaya katılımına yazılı olarak izin verilen gönüllülerden çalışma kriterlerini karşılayanlar çalışmaya dahil edilerek fotoğrafları çekildi.

3.3.1. İleme ve dışlama kriterleri

Araştırmada, ölçümlerin ve sonuçların güvenilirliği için fotoğraf çekimi yapılacak gönüllüler açısından bazı kriterler belirlendi. Buna göre, çalışmaya;

1. Fotoğraf ekim tarihi itibariyle 15-20 yaş (15 yaş ile 20 yaş dahil) aralığında bulunan, yüz sınırları içerisinde herhangi bir patoloji ve deformite bulunmayan,
2. Doğum tarihleri kesin olarak belli olan,
3. lümü zorlaştıracak düzeyde makyaj, tatuaj vs olmayan gönüllüler dahil edildi.

Gönüllülerin yaşı, doğum tarihleri baz alınarak fotoğraf çekimi yapılan güne göre hesaplandı. ekim öncesi uygun yaş aralığında olduğunu belirterek onam formunu dolduran ve çalışma kapsamında fotoğraf çektiren 671 gönüllüden; 32 kişi yaş uygunsuzluğundan, 1 kişi ikiz eşi olmasından ve 1 kişi de kayıt bilgilerindeki eksiklik nedeniyle çalışmaya dışı bırakıldı.

3.3.2. ekim teknikleri

Farklı ortamlarda çekim yapılmasına karşın ölçüm yapılacak fotoğraflarda standardizasyonu sağlamak için;

1. Fotoğraflar, Nikon D5600 (DSLR: Digital Single Lens Reflex) yüksek çözünürlüklü fotoğraf makinası ve Nikon DX VR AF-P NIKKOR 18-55mm 1:3.5-5.6G lens kullanılarak çekildi.
2. Fotoğraf makinesi gönüllünün baş konumu esas alınarak 1,5m uzaklığa yerleştirildi.
3. Gönüllünün ve fotoğraf çekenin boy farklılıklarından doğabilecek distorsiyonu en aza indirebilmek için gönüllüler sandalyeye oturtuldu ve yükseklik ayarı sabitlenmiş tripod kullanıldı.
4. Frontal çekimde gönüllü, başı doğrudan kameraya dönük olacak şekilde ve baş pozisyonu Frankfurt yatay düzlemi esas alınarak dudakları kapalı ve yüz ifadesi nötr olarak konumlandırıldı. Kadraj, gönüllülerin kulaklarının, çene altının ve kafa üstünün içerecek şekilde ayarlandı.
5. Lateral çekimde tüm gönüllüler sola döndürüldü. Baş pozisyonu için Frankfurt yatay düzlemi esas alındı.

Tüm gönüllülerden frontal ve lateral düzlemde iki adet fotoğraf çekilmiş olup, fotoğraflar ölçüm dışında herhangi bir yerde kullanılmadı. Fotoğraflar yüz ölçümlerin alınması için bilimsel araştırmada kullanılmıştır.

3.4. Fotoantropometrik Analiz

Fotoantropometrinin kullanımında, ölçümlerin kendisi yerine ölçümlerden hesaplanan indekslerin (oranlar) kullanılması önerilmektedir (97,106,137,138). Bu nedenle çalışmada değerlerin karşılaştırılabilir olmasını sağlamak için ölçümlerden hesaplanan indeksler kullanıldı. Her indeks iki doğrusal ölçüm arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır.

Çalışmada her gönüllüye ait fotoğraflar (frontal ve lateral) Image J programına aktararak, frontal fotoğraftan 17, lateral fotoğraftan 4 anatomik nokta işaretlendi. İşaretlenen noktalar kullanılarak 9 frontal, 4 lateral ölçüm alındı. Tüm fotoğrafların ölçümü araştırmacı tarafından yapıldı. Ölçüm güvenilirliğinin değerlendirilebilmesi için, rastgele seçilmiş belli sayıdaki (tüm popülasyonun %10'u – gözlem grubu) gönüllüye ait fotoğraflar bir başka uzman tarafından da ölçüldü. İlk ölçümlerden 15 gün sonra araştırmacı ve uzman, ölçümleri tekrarladı. Sonuçlar, araştırmacının ve uzmanın kendi içindeki ve ölçüm yapan kişiler arasındaki tutarlılığı açısından değerlendirildi. Gözlemci içi ve gözlemciler arası tutarlılık değerlendirilmesi için sınıf içi korelasyon katsayıları hesaplandı. Ölçümlerdeki tutarlılık sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK - ICC) ile değerlendirildi. Ardından 22 indeks değeri hesaplandı.

3.4.1. Anatomik noktalar

İlk adım, analiz edilecek bireylerin yüz görüntülerine bir dizi anatomik noktanın yerleştirilmesidir. Fotoantropometri çalışmalarında anatomik nokta, antropometrik nokta, yer işareti (landmark) gibi çeşitli kavramlar kullanılmakta olup, çalışmamızda 'anatomik nokta' kavramı kullanılmıştır.

Antropometride tanımlanmış çok sayıda anatomik nokta olmasına karşın fotoantropometride bunların tamamı kullanılamamaktadır (139–141). Fotoantropometride kullanılacak anatomik noktalar, kolay bulunabilmeli ve güvenilir şekilde yerleştirilebilmelidir. Çalışmamızda da bu durum ile beraber literatürdeki verilerden yola çıkarak yaşla korele olduğu belirtilen indeksler ile ilişkili anatomik noktalar ve ölçümler kullanılmıştır (12,21,136). Kullanılan anatomik noktalar Şekil 3.1 de gösterilmiştir (12).

Çalışmada kullanılan tüm anatomik noktalar, daha önce Martin ve Saller (140) Knussman (141) ve Farkas (139) tarafından kullanılmıştır. Noktaların ve ölçümlerin tanımı da ilgili yazarlardan alınmıştır.

Frontotemporale (ft): Alnın her iki yanında, linea temporalis'in hafif yükselmesi üzerinde, planum temporale'nin hemen önündeki nokta.

Endocanthion (en): Üst ve alt göz kapaklarının medialde birleştiği göz fissürünün iç komissüründeki nokta.

Exokantion (ex): Üst ve alt göz kapaklarının lateralde birleştiği, göz fissürünün dış komissüründeki nokta.

Sellion (se): Burun kemimiğinin en derin çöküntüsündeki nokta.

Pupil (pu): Baş rahat ve gözler dümdüz öne bakarken göz bebeğinin merkezindeki nokta.

Pronasale (prn): Orta hatta burun ucundaki en çıkıntılı nokta.

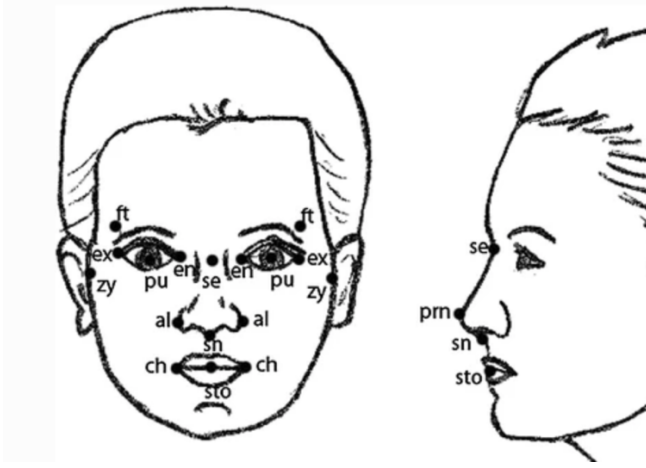
Alare (al): Burnun alar konturu (burun kanatları) üzerindeki en lateral nokta.

Subnasale (sn): Nazal septumun alt sınırının üst dudak yüzeyiyle birleştiği yerdeki nokta.

Stomion (sto): Yüzün ortasından geçen dikey bir çizginin ve yatay labial fissürün, dişler doğal pozisyonda kapalıyken hafifçe kapalı dudaklar arasında kesiştiği hayali nokta.

Cheilion (ch): Ağız standart pozisyondayken (dudaklar kapalı, gülümseme yok) üst ve alt dudakların dış sınırlarının birleştiği her bir labial commissure'daki nokta.

Zygion (zy): Her bir zigomatik arkın en lateralindeki nokta.



Şekil 3. 1 Ölçüm için kullanılan anatomik noktalar

3.4.2. Ölçümler

Tüm dikey ve yatay ölçümler projektiftir: iki nokta arasındaki en kısa mesafeyi verirler. Hem tekli hem de eşleştirilmiş ölçümler vardır. Çalışmada kullanılan frontal ve lateral ölçümler sırasıyla tablo 3.1 ve 3.2 de gösterilmiştir. Tekli ölçümler başın ve yüzün ana boyutlarını değerlendirir ve yüzün merkezi alanlarını tanımlar (örneğin, burun uzunluğu, üst yüz uzunluğu). Eşleştirilmiş ölçümler, aynı organın (örneğin, burun genişliği, göz genişliği) iki tarafının boyut, konum ve eğim farklılıklarını kaydeder.

Tablo 3. 1 Frontal fotoğraftan alınan ölçümler

Ölçümler	Ölçüme Esas Noktalar	Kısaltma
Burun Genişliği	alare-alare	(al-al)
Ağız Genişliği	cheilion-cheilion	(ch-ch)
Burun Uzunluğu	Selion-subnasale	(se-sn) ^a
Üst Yüz Yüksekliği	Selion-Stomion	(se-sto) ^b
İki göz Genişliği	exocanthion-exocanthion	(ex-ex)
Alın Genişliği	frontotemporal- frontotemporal	(ft-ft)
Pupiller Arası Mesafe	pupil-pupil	(pu-pu)
İç Kantus Genişliği	endocanthion -endocanthion	(en-en)
Yüz Genişliği	zygion-zygion	(zy-zy)

a, b: Üst yüz yüksekliği ve burun yüksekliği, aynı noktalar kullanılarak hem frontal fotoğraftan hem de lateral fotoğraftan ölçümlenmiştir.

Tablo 3. 2 Lateral fotoğraftan alınan ölçümler

Ölçümler	Ölçüme Esas Noktalar	Kısaltma
Burun Derinliği	alare-alare	(prn-sn)
Üst Yüz Yüksekliği	selion-stomion	(se-sto) ^b
Burun Uzunluğu	selion-subnasale	(se-sn) ^a
Burun Köprüsü Uzunluğu	selion-pronasale	(se-prn)

a, b: Üst yüz yüksekliği ve burun yüksekliği, aynı noktalar kullanılarak hem frontal fotoğraftan hem de lateral fotoğraftan ölçümlenmiştir.

3.4.3. İndeksler

Yukarıda açıklanan ölçümler tablo 3.3 ve tablo 3.4 de gösterilen frontal ve lateral toplam 22 indeksi hesaplamak için kullanıldı. İndeksler, farklı fotoğraflardan elde edilen ölçümlerde meydana gelebilecek ölçek ve kalibrasyon problemini (ör: anatomik noktaların işaretlenmesi ve ölçümlerin alınmasında kullanılan yazılımın kendisinden kaynaklanabilecek farklılıklar, metrik birimler vb) ortadan kaldırmak için kullanıldı. Bu yöntemde, fotoğraflar potansiyel olarak doğru ölçümler için en uygun boyuta büyütülebilir. İndeksler, yüzün farklı özellikleri arasındaki ilişkiyi tanımlar. Her indeks için ortalama, standart sapma ve aralıklar hesaplandı.

Tablo 3. 3 Frontal görünüm indeksleri

1	al-al / ch-ch	7	en-en / ch-ch	13	se-sn / pu-pu
2	al-al / se-sn	8	en-en / se-sn	14	se-sn / se-sto (f) *
3	al-al / se-sto	9	en-en / se-sto	15	se-sn / zy-zy
4	ch-ch / ex-ex	10	pu-pu / se-sto	16	se-sto / ex-ex
5	ch-ch / ft- ft	11	se-sn / ex-ex	17	se-sto / ft-ft
6	ch-ch / pu-pu	12	se-sn / ft-ft	18	se-sto / zy-zy

*: Ölçümlerde belirtilen 'burun uzunluğu' ve 'üst yüz yüksekliği' kullanılarak frontal ölçümlerden elde edilen indeks

Tablo 3. 4 Lateral görünüm indeksleri

1	prn-sn / se-sto	2	se-prn / se-sn	3	se-prn / se-sto	4	se-sn / se-sto (l) *
---	-----------------	---	----------------	---	-----------------	---	----------------------

*: Ölçümlerde belirtilen 'burun uzunluğu' ve 'üst yüz yüksekliği' kullanılarak frontal ölçümlerden elde edilen indeks

3.5. İstatistiksel Analiz

İlk olarak kategorik değişkenler için sayı ve yüzdeler tanımlayıcı istatistik olarak verilirken iki kategorik değişken arasındaki bağımlılık durumu test ön şartları sağlandığından Pearson Ki-kare testi ile incelendi.

Ölçümler kullanılarak elde edilen indekslerin gözlemci içi ve gözlemciler arası uyumu Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (SKK) ile incelendi. Katsayının hesaplanmasında İki Yönlü Karma Etki Modeli tutarlılık için kullanıldı (SKK(3,1)_c).

Hesaplanan indekslere ilişkin çalışma hipotezlerinin incelenmesinde test varsayımlarının sağlandığı durumda hem cinsiyet hem yaşın indeks üzerindeki etkisinin eş zamanlı test edilebilmesi için “İki Yönlü Varyans Analizi” kullanıldı. Ancak varsayımların sağlanmadığı durumda ayrı ayrı cinsiyet ve yaşın etkisi incelemeye alındı. Bu amaçla parametrik test varsayımlarının sağlandığı durumda iki bağımsız grubun karşılaştırılması amacıyla “İki Bağımsız Ortalama Arasındaki Farkın Önemlilik Testi (Student’s t test)”;
aksi durumda ise “Mann-Whitney U testi” uygulandı. Sayısal değişkenler için tanımlayıcı istatistik olarak ortalama±standart sapma, medyan (çeyrekler arası dağılım genişliği), minimum ve maksimum değerler sunuldu.

Cinsiyet tayininin indeksler yardımıyla; yaş gruplamasının ise cinsiyet ve indeksler yardımıyla yapılabilmesi için makine öğrenmesi modelleri geliştirilerek bu modellerin validasyonu incelendi. Ardından yaş gruplaması ve cinsiyet tayini için indeks seçimine gidilerek modellerin validasyonu tekrar incelendi. Model geliştirme aşamasında TRIPOD yönergesindeki maddeler dikkate alındı.

Analizlerde istatistiksel önemlilik düzeyi $\alpha=0,05$ olarak belirlendi. İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. (IBM Corp. Released 2015. Armonk, NY: IBM Corp.), Orange Data Mining ve R Studio kullanılarak gerçekleştirildi.

3.5.1. Makine öğrenmesi

Makine Öğrenmesi (Machine Learning - ML), matematiksel ve istatistiksel yöntemleri multidisipliner yaklaşımla kullanarak örüntü tanıma, sınıflama ve tahmin yeteneğine sahip yapay zeka (AI) uygulamalarıdır. Temel amacı, algoritmaların eğitilerek sınıflama ve tahmin yeteneğini kullanabilmesini sağlamaktır.

ML algoritmaları, bilgisayarların karar verme yeteneği kazanabilmesi için önceden eğitilir. Bu eğitim süreci, sonuç verilerini kullanarak, veriler içindeki örüntüleri araştırarak veya keşfederek gerçekleştirilir. Mevcut verilerin türüne göre öğrenme yöntemi ve algoritmalar değişmektedir (142). Denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme ve takviyeli (güçlendirilmiş) öğrenme olarak 3 tür öğrenme yöntemi vardır.

Denetimli öğrenme; girdileri ve karşılığı olan çıktıları bilinen belirli bir veri kümesindeki girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi modelleyen algoritmadır. Bu modeller verilerden öğrenerek yeni veri kümelerinde sınıflandırmayı amaçlar (142).

Denetimsiz öğrenme; girdilere karşı çıktıların bulunmadığı verilerde gözlemlere dayalı öğrenme yapan algoritmalarıdır. Öğrenme işlemi veriler arası benzerliklerden, ilişkilerden ve dağılımdan keşfedilir (142–144).

Güçlendirilmiş öğrenmede ise; bilinen girdi verilerine karşı çıktı verileri olmasına karşın, öğrenme için çıktı verilerinin algoritmaya sunulmadan bir fonksiyonla doğru olup olmadığı sinyalleri ile öğrenmesi sağlanır. Diğer bir deyişle bu modelde öğrenme, deneme yanılma yoluyla sağlanmaktadır (142,145).

Tez çalışmamızda, denetimli öğrenme ile sınıflandırma yapan modellerden; k - en yakın komşu (k-NN – k-Nearest Neighbor), Rastgele Orman (RF - Random Forest), Destek Vektör Makinesi (SVM - Support Vektör Machine), Lasso Regresyon (LR – least absolute shrinkage and selection operator), Yapay Sinir Ağı (ANN - Artificial Neural Network) ve bunların alt çekirdekleri kullanıldı. Kullanılan algoritmalar tablo 3.5 te gösterildi.

Tablo 3. 5 Algoritmalar

Algoritma	Özellik
k-NN	Gelen veriyi sınıflandırmak için diğer verilerden k tanesinin yakınlığına bakılarak sınıflandırmaktadır.
RF	Birden fazla karar ağacının birleşmesiyle sınıflandırma yapmaktadır.
SVM	İkili veya daha fazla veriyi hiper-düzlem üzerinde sınıflandırmaktadır.
LR	İkili / kategorik sınıflandırmalar için tercih edilmektedir.
ANN	Yapay sinir ağları başlıca teşhis, sınıflandırma, tahmin, kontrol, veri ilişkilendirme, veri filtreleme, yorumlama gibi alanlarda kullanılmaktadır.

3.5.1.1. Modellerin performans değerlendirmesi

Modellerin performansları, doğru sınıflama oranı - doğruluk (DSO), kesinlik, duyarlılık, F1-Skor ve eğri altında kalan alan (AUC) üzerinden değerlendirilmiştir. Bunlar, ikili sınıflandırma için oluşturulan karmaşıklık matrisine dayanarak hesaplanmaktadır (142,146). Karmaşıklık matrisinde bulunan doğru pozitif (true positive - TP), doğru negatif (true negative - TN), yanlış pozitif (false positive - FP) ve yanlış negatif (false negative- FN) kısaltmaları ile gösterilmiştir.

<i>Karmaşıklık Matrisi</i>		Gerçek (Actual) Sonuçlar	
		Pozitif (1)	Negatif (0)
Tahminlenen (Predicted) Sonuçlar	Pozitif (1)	TP [1, 1] True Pozitif	FP [1, 0] False Pozitif
	Negatif (0)	FN [0, 1] False Negatif	TN [0, 0] True Negatif

Şekil 3. 2 Karmaşıklık matrisi

Doğru Sınıflama Oranı - Doğruluk (Accuracy): Verileri doğru sınıflama başarısını gösterir. TP ve TN toplamının tüm tahminlere oranıdır.

Kesinlik (Precision): TP'nin tüm pozitif değerlere (TP+FP) oranıdır.

Duyarlılık (Recall): Modelin pozitif değerleri tahmin etme başarısını gösterir. TP'nin, TP ve FN toplamına oranıdır.

F1-Skor (F1-Score): Duyarlılık ve kesinliğin harmonik ortalamasıdır.

Alıcı işletim karakteristiği eğrisi (Receiver Operating Characteristic Curves - ROC): Modelin sınıfları birbirinden ayırt edebilme başarısını gösterir.

Eğri altında kalan alan (Area Under The Curve - AUC): Bu metrik ROC eğrisinin altında kalan alandır. Modelin performansını ölçer.

3.5.1.2. Değişken seçimi

Değişken seçimi, makine öğrenimi algoritmalarının geliştirilmesinde çok önemli bir rol oynar. Değişkenlerin bir model üzerindeki etkisini ve alaka düzeylerini anlamak, modellerin performansının yanında doğruluğunu da artırmaktadır. Ayrıca bu seçim gereksiz değişkenlerin elenerek makine öğrenmesi modellerinin daha hızlı ve daha uygun maliyetle sonuç verebilmesini de sağlar (147,148).

Çalışmamızda değişken seçiminde referans çalışmalarda yer alan yöntemlerden (148) Boruta, Random Forest (RF) ve Random Forest - Recursive Feature Elimination (RF-RFE) modelleri kullanıldı. Değişken seçimi yapıldıktan sonra, seçilmiş değişkenler kullanılarak makine öğrenmesi algoritmaları ile yaş ve cinsiyet gruplandırması tekrarlanarak seçilmiş değişkenlerle de modellerin performanları değerlendirildi.

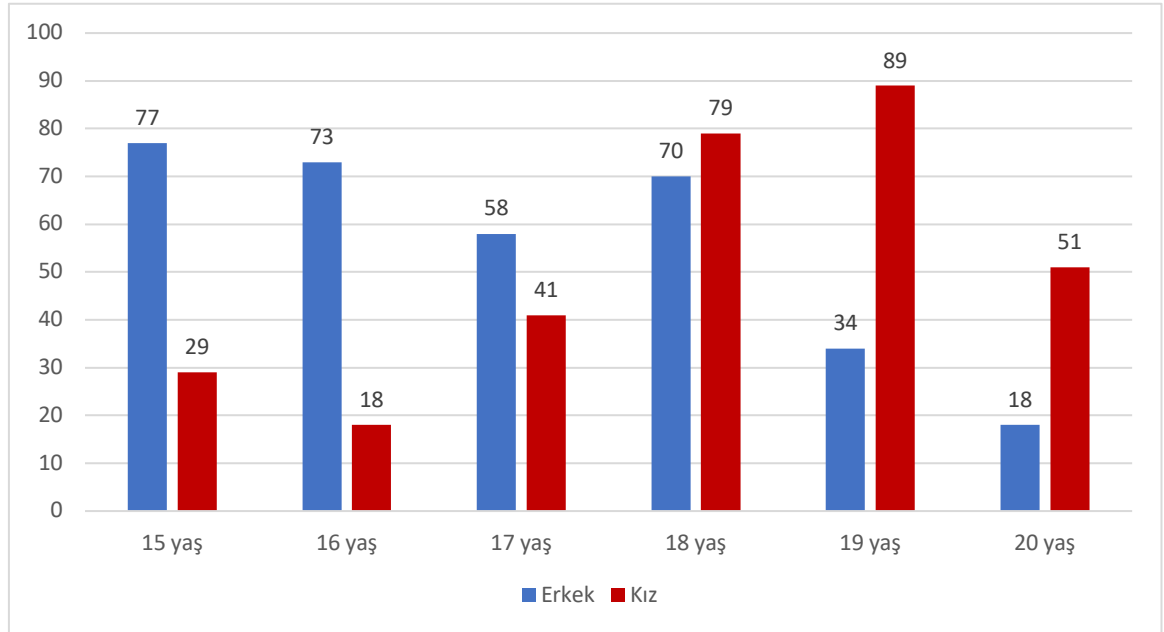
4. BULGULAR

Çalışma 637 gönüllünün fotoğrafı üzerinden alınan ölçümler ile gerçekleştirildi. Çalışmaya dahil olan gönüllülerin cinsiyet dağılımına bakıldığında %51,8'i (n:330) erkek, %48,2'si (n:307) kız; yaş grupları dağılımına bakıldığında %46,5'i (n:296) 18 yaş altı, %53,5'i (n:341) 18 yaş ve üzeridir (tablo 4.1). Gönüllülerin yaşları 15 ile 20 arasında değişmekte olup yaş ortalaması 17,47 dir (şekil 4.1).

Tablo 4. 1 Gönüllülerin yaş grupları ve cinsiyete göre dağılımı

		Yaş Grupları		Toplam
		18 yaş altı	18 yaş ve üstü	
Erkek	Sayı	208	122	330
	% Aynı Cinsiyetteki	63,0%	37,0%	100,0%
	% Aynı Yaş Grubundaki	70,3%	35,8%	51,8%
Kadın	Sayı	88	219	307
	% Aynı Cinsiyetteki	28,7%	71,3%	100,0%
	% Aynı Yaş Grubundaki	29,7%	64,2%	48,2%
Toplam	Sayı	296	341	637
	% Yaş	46,5%	53,5%	100,0%
	% Cinsiyet	100,0%	100,0%	100,0%

Pearson Ki-kare testi $p < 0.001$



Şekil 4. 1 Gönüllülerin yaşlara göre dağılımı

Tablo 4. 2 Gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirlik

	Gözlemci içi güvenilirlik SKK (%95 GA)		Gözlemciler arası güvenilirlik SKK (%95 GA)
	Gözlemci 1	Gözlemci 2	
al-al	0,991 (0,985 - 0,995)	0,945 (0,910 - 0,967)	0,920 (0,870 - 0,952)
ch-ch	0,984 (0,974 - 0,991)	0,956 (0,926 - 0,973)	0,898 (0,834 - 0,938)
se-sn (f)	0,921 (0,870 - 0,952)	0,962 (0,936 - 0,977)	0,810 (0,700 - 0,882)
se-sto (f)	0,942 (0,904 - 0,965)	0,758 (0,624 - 0,849)	0,805 (0,692 - 0,879)
ex-ex	0,975 (0,958 - 0,985)	0,974 (0,956 - 0,984)	0,929 (0,884 - 0,957)
ft-ft	0,886 (0,815 - 0,931)	0,953 (0,923 - 0,972)	0,542 (0,334 - 0,700)
pu-pu	0,993 (0,988 - 0,996)	0,958 (0,930 - 0,975)	0,955 (0,926 - 0,973)
en-en	0,979 (0,964 - 0,964)	0,877 (0,801 - 0,925)	0,908 (0,849 - 0,944)
zy-zy	0,881 (0,808 - 0,927)	0,952 (0,921 - 0,971)	0,635 (0,454 - 0,765)
prn-sn	0,820 (0,715-0,889)	0,894 (0,828 - 0,935)	0,622 (0,437 - 0,756)
se-sto (l)	0,982 (0,970 - 0,989)	0,967 (0,945 - 0,980)	0,901 (0,839 - 0,940)
se-sn (l)	0,975 (0,959 - 0,985)	0,934 (0,891 - 0,960)	0,896 (0,832 - 0,937)
se-prn	0,910 (0,852 - 0,945)	0,944 (0,908 - 0,967)	0,744 (0,604 - 0,840)

SKK>0.50 Moderate ; (149)

Gözlemci içi ve gözlemciler arasındaki güvenilirlik ölçümleri SKK kullanılarak değerlendirildi. Korelasyon katsayısının yorumlanmasında Koo & Li' ye (149) göre - <0,5: Kötü güvenilirlik; 0,5-0,75: Orta derecede güvenilirlik; 0,75-0,9: İyi güvenilirlik; >0,9: Mükemmel güvenilirlik - değerleri kullanıldı (149).

Ft-ft; zy-zy ve prn-sn ölçümlerinde gözlemciler arası güvenilirlik orta; diğer ölçümlerde ise iyi ve mükemmel olarak bulundu. Bunun yanında tüm ölçümlerde gözlemci içi güvenilirlik iyi ve mükemmel olarak bulundu. Tüm ölçümlerde yeterli güvenilirlik sağlandığı görülerek indeks hesaplamasına geçildi.

4.1. İndekslerin İncelenmesi

İndekslere ait tanımlayıcı istatistikler ve indekslerin yaş ve cinsiyet gruplarıyla olan ilişkileri tablo 4.3-4.6 da gösterilmiştir. Veriler değerlendirilirken parametrik ve non parametrik testler kullanılmıştır.

Tablo 4. 3 Erkeklerde indekslerin yaş gruplarına göre ortalama-ortanca değerleri

Erkek (n=330)									
İndeksler	18 yaş altı (n=208)				18 yaş ve üstü (n=122)				p
	Ort±Std. Sp.	Ortanca (IQR)	Min	Max	Ort±Std. Sp.	Ortanca (IQR)	Min	Max	
al-al/ch-ch	0,78±0,07	0,77(0,095)	0,62	1,01	0,77±0,06	0,77(0,078)	0,63	0,90	0,437a
al-al/se-sn	0,74±0,08	0,74(0,099)	0,56	0,99	0,71±0,06	0,72(0,102)	0,61	0,84	<0,001a
al-al/se-sto	0,53±0,05	0,53(0,06)	0,41	0,65	0,51±0,04	0,5(0,062)	0,43	0,59	<0,001b
ch-ch/ex-ex	0,52±0,04	0,52(0,058)	0,41	0,64	0,52±0,03	0,52(0,044)	0,45	0,58	0,258b
ch-ch/ft-ft	0,43±0,04	0,43(0,056)	0,33	0,56	0,41±0,03	0,41(0,041)	0,34	0,49	0,021b
ch-ch/pu-pu	0,79±0,07	0,79(0,094)	0,63	0,98	0,79±0,05	0,8(0,079)	0,69	0,91	0,909b
en-en/ch-ch	0,73±0,07	0,72(0,106)	0,57	0,96	0,71±0,05	0,7(0,075)	0,61	0,84	0,505b
en-en/se-sn	0,69±0,07	0,69(0,099)	0,51	0,93	0,65±0,05	0,66(0,073)	0,55	0,80	<0,001a
en-en/se-sto	0,5±0,04	0,49(0,059)	0,39	0,65	0,47±0,03	0,47(0,052)	0,40	0,54	0,001a
pu-pu/se-sto	0,87±0,06	0,87(0,073)	0,71	1,09	0,84±0,05	0,83(0,059)	0,74	0,94	<0,001b
se-sn/ex-ex	0,55±0,05	0,54(0,062)	0,40	0,71	0,56±0,04	0,56(0,059)	0,46	0,64	<0,001b
se-sn/ft-ft	0,45±0,04	0,45(0,05)	0,36	0,56	0,45±0,04	0,44(0,048)	0,37	0,55	0,044b
se-sn/pu-pu	0,83±0,07	0,82(0,096)	0,62	1,09	0,86±0,06	0,85(0,081)	0,71	0,97	<0,001b
se-sn/se-sto (f)	0,72±0,03	0,72(0,042)	0,62	0,81	0,71±0,02	0,72(0,033)	0,63	0,75	0,009b
se-sn/zy-zy	0,42±0,04	0,42(0,051)	0,32	0,55	0,41±0,03	0,41(0,048)	0,32	0,47	0,209b
se-sto/ex-ex	0,76±0,05	0,76(0,065)	0,60	0,93	0,79±0,05	0,79(0,063)	0,69	0,91	<0,001b
se-sto/ft-ft	0,63±0,04	0,63(0,056)	0,50	0,75	0,63±0,04	0,63(0,057)	0,54	0,74	0,783a
se-sto/zy-zy	0,58±0,04	0,58(0,053)	0,49	0,76	0,57±0,03	0,58(0,045)	0,47	0,68	0,959b
prn-sn/se-sto	0,27±0,03	0,27(0,041)	0,19	0,35	0,24±0,03	0,24(0,047)	0,18	0,29	<0,001a
se-prn/se-sn	0,87±0,05	0,87(0,071)	0,75	1,00	0,91±0,03	0,91(0,04)	0,83	1,00	<0,001a
se-prn/se-sto	0,64±0,05	0,64(0,064)	0,54	0,76	0,67±0,04	0,66(0,056)	0,57	0,74	<0,001b
se-snse-sto (l)	0,73±0,03	0,73(0,04)	0,65	0,81	0,73±0,03	0,73(0,037)	0,66	0,77	0,494a

a, b : Mann-Whitney U Test / Student's t test

(f), (l) : frontal / lateral görüntüden alınan ölçümle hesaplanmış sen.sn/se.sto

Tablo 4.3 teki indeksler dağılım açısından mann-whitney u testiyle analiz edildiğinde; al-al/se-sn, en-en/se-sn, en-en/se-sto, prn-sn/se-sto, se-prn/se-sn indeksleri erkek bireylerde 18 yaş altı ve 18 yaş ve üzeri grupta istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla p<0,001; p<0,001; p=0,001; p<0,001; p<0,001).

Tablo 4.3 teki indeksler ortalama açısından student's t testiyle analiz edildiğinde; al-al/se-sto ch-ch/ft-ft, pu-pu/se-sto, se-sn/ex-ex, se-snft-ft, se-sn/pu-pu, se-sn/se-sto (f), se-sto/ex-ex, se-prn/se-sto indeksleri erkek bireylerde 18 yaş altı ve 18 yaş ve üzeri grupta istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla p<0,001, p=0,021, p=0,021, p<0,001, p<0,001, p=0,044, p<0,001, p=0,009, p<0,001, p<0,001).

Tablo 4. 4 Kızlarda indekslerin yaş gruplarına göre ortalama-ortanca değerleri

Kız (n=307)									
İndeksler	18 yaş altı (n=88)				18 yaş ve üstü (n=219)				p
	Ort±Std. Sp.	Ortanca (IQR)	Min	Max	Ort±Std. Sp.	Ortanca (IQR)	Min	Max	
al-al/ch-ch	0,73±0,06	0,73(0,075)	0,58	0,93	0,72±0,05	0,72(0,064)	0,56	0,87	0,195a
al-al/se-sn	0,68±0,07	0,67(0,087)	0,48	0,89	0,64±0,06	0,65(0,067)	0,50	0,84	<0,001a
al-al/se-sto	0,5±0,05	0,49(0,068)	0,38	0,69	0,47±0,04	0,47(0,044)	0,36	0,59	<0,001a
ch-ch/ex-ex	0,51±0,04	0,51(0,051)	0,41	0,63	0,51±0,04	0,51(0,049)	0,44	0,61	0,684a
ch-ch/ft-ft	0,41±0,04	0,41(0,047)	0,33	0,54	0,41±0,03	0,4(0,044)	0,33	0,50	0,040b
ch-ch/pu-pu	0,79±0,06	0,79(0,075)	0,64	0,98	0,79±0,06	0,78(0,07)	0,66	0,94	0,645b
en-en/ch-ch	0,73±0,07	0,73(0,081)	0,56	0,92	0,73±0,06	0,72(0,086)	0,55	0,88	0,985b
en-en/se-sn	0,68±0,07	0,68(0,082)	0,52	0,96	0,65±0,06	0,65(0,084)	0,50	0,85	<0,001b
en-en/se-sto	0,5±0,05	0,49(0,055)	0,40	0,70	0,48±0,04	0,48(0,051)	0,37	0,60	0,001a
pu-pu/se-sto	0,87±0,07	0,86(0,087)	0,71	1,31	0,83±0,05	0,83(0,074)	0,72	1,03	<0,001a
se-sn/ex-ex	0,55±0,05	0,55(0,064)	0,40	0,73	0,58±0,04	0,58(0,053)	0,48	0,69	<0,001a
se-sn/ft-ft	0,44±0,04	0,44(0,047)	0,34	0,58	0,46±0,03	0,46(0,046)	0,36	0,55	0,004a
se-sn/pu-pu	0,85±0,08	0,85(0,106)	0,63	1,10	0,89±0,07	0,89(0,087)	0,70	1,06	<0,001a
se-sn/se-sto (f)	0,73±0,03	0,73(0,037)	0,64	1,00	0,74±0,02	0,74(0,033)	0,66	0,81	0,080a
se-sn/zy-zy	0,41±0,04	0,41(0,05)	0,32	0,56	0,42±0,03	0,42(0,039)	0,35	0,52	0,185a
se-sto/ex-ex	0,75±0,06	0,75(0,074)	0,51	0,92	0,78±0,05	0,78(0,062)	0,65	0,92	<0,001b
se-sto/ft-ft	0,6±0,05	0,6(0,056)	0,42	0,79	0,62±0,04	0,62(0,051)	0,49	0,73	0,030a
se-sto/zy-zy	0,56±0,04	0,56(0,05)	0,39	0,71	0,57±0,04	0,57(0,051)	0,49	0,67	0,878b
prn-sn/se-sto	0,26±0,03	0,26(0,037)	0,20	0,33	0,25±0,03	0,25(0,029)	0,18	0,32	<0,001a
se-prn/se-sn	0,89±0,04	0,89(0,062)	0,79	1,00	0,91±0,03	0,91(0,042)	0,81	1,00	<0,001a
se-prn/se-sto	0,65±0,04	0,65(0,056)	0,55	0,77	0,67±0,03	0,67(0,043)	0,58	0,76	<0,001b
se-snse-sto (l)	0,74±0,02	0,74(0,037)	0,66	0,79	0,74±0,02	0,73(0,036)	0,68	0,80	0,076a

a, b : Mann-Whitney U Test / Student's t test

(f), (l) : frontal / lateral görüntüden alınan ölçümle hesaplanmış sen.sn/se.sto

Tablo 4.4 teki indeksler dağılım açısından mann-whitney u testiyle analiz edildiğinde; al-al/se-sn, al-al/se-sto, en-en/se-sto, pu-pu/se-sto, se-sn/ex-ex, se-sn/ft-ft, se-sn/pu-pu, se-sto/ft-ft, prn-sn/se-sto, se-prn/se-sn indeksleri kız bireylerde 18 yaş altı ve 18 yaş ve üzeri grupta istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla p<0,001; p<0,001; p=0,001; p<0,001; p<0,001; p=0,004; p<0,001; p=0,030a; p<0,001; p<0,001a).

Tablo 4.4 teki indeksler ortalama açısından student's t testiyle analiz edildiğinde; ch-ch/ft-ft, en-en/se-sn, se-sto/ex-ex, se-prn/se-sto indeksleri kız bireylerde 18 yaş altı ve 18 yaş ve üzeri grupta istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla p=0,004; p<0,001; p<0,001; p<0,001).

Tablo 4. 5 18 yaş altı grupta indekslerin cinsiyetlere göre ortalama-ortanca değerleri

18 yaş altı (n=296)									
İndeksler	Erkek (n=208)				Kız (n=88)				p
	Ort±Std. Sp.	Ortanca (IQR)	Min	Max	Ort±Std. Sp.	Ortanca (IQR)	Min	Max	
al-al/ch-ch	0,78±0,07	0,77(0,095)	0,62	1,01	0,73±0,06	0,73(0,075)	0,58	0,93	<0,001a
al-al/se-sn	0,74±0,08	0,74(0,099)	0,56	0,99	0,68±0,07	0,67(0,087)	0,48	0,89	<0,001b
al-al/se-sto	0,53±0,05	0,53(0,06)	0,41	0,65	0,5±0,05	0,49(0,068)	0,38	0,69	<0,001b
ch-ch/ex-ex	0,52±0,04	0,52(0,058)	0,41	0,64	0,51±0,04	0,51(0,051)	0,41	0,63	0,058b
ch-ch/ft-ft	0,43±0,04	0,43(0,056)	0,33	0,56	0,41±0,04	0,41(0,047)	0,33	0,54	0,002a
ch-ch/pu-pu	0,79±0,07	0,79(0,094)	0,63	0,98	0,79±0,06	0,79(0,075)	0,64	0,98	0,484b
en-en/ch-ch	0,73±0,07	0,72(0,106)	0,57	0,96	0,73±0,07	0,73(0,081)	0,56	0,92	0,675b
en-en/se-sn	0,69±0,07	0,69(0,099)	0,51	0,93	0,68±0,07	0,68(0,082)	0,52	0,96	0,324a
en-en/se-sto	0,5±0,04	0,49(0,059)	0,39	0,65	0,5±0,05	0,49(0,055)	0,40	0,70	0,436a
pu-pu/se-sto	0,87±0,06	0,87(0,073)	0,71	1,09	0,87±0,07	0,86(0,087)	0,71	1,31	0,324b
se-sn/ex-ex	0,55±0,05	0,54(0,062)	0,40	0,71	0,55±0,05	0,55(0,064)	0,40	0,73	0,837b
se-sn/ft-ft	0,45±0,04	0,45(0,05)	0,36	0,56	0,44±0,04	0,44(0,047)	0,34	0,58	0,092a
se-sn/pu-pu	0,83±0,07	0,82(0,096)	0,62	1,09	0,85±0,08	0,85(0,106)	0,63	1,10	0,307a
se-sn/se-sto (f)	0,72±0,03	0,72(0,042)	0,62	0,81	0,73±0,03	0,73(0,037)	0,64	1,00	<0,001a
se-sn/zy-zy	0,42±0,04	0,42(0,051)	0,32	0,55	0,41±0,04	0,41(0,05)	0,32	0,56	0,608b
se-sto/ex-ex	0,76±0,05	0,76(0,065)	0,60	0,93	0,75±0,06	0,75(0,074)	0,51	0,92	0,034b
se-sto/ft-ft	0,63±0,04	0,63(0,056)	0,50	0,75	0,6±0,05	0,6(0,056)	0,42	0,79	<0,001a
se-sto/zy-zy	0,58±0,04	0,58(0,053)	0,49	0,76	0,56±0,04	0,56(0,05)	0,39	0,71	0,005b
prn-sn/se-sto	0,27±0,03	0,27(0,041)	0,19	0,35	0,26±0,03	0,26(0,037)	0,20	0,33	0,352b
se-prn/se-sn	0,87±0,05	0,87(0,071)	0,75	1,00	0,89±0,04	0,89(0,062)	0,79	1,00	0,068a
se-prn/se-sto	0,64±0,05	0,64(0,064)	0,54	0,76	0,65±0,04	0,65(0,056)	0,55	0,77	0,026b
se-snse-sto (l)	0,73±0,03	0,73(0,04)	0,65	0,81	0,74±0,02	0,74(0,037)	0,66	0,79	0,028a

a, b : Mann-Whitney U Test / Student's t test

(f), (l) : frontal / lateral görüntüden alınan ölçümle hesaplanmış sen.sn/se.sto

Tablo 4.5 deki indeksler dağılım açısından mann-whitney u testiyle analiz edildiğinde; al-al/ch-ch, ch-ch/ft-ft, se-sn/se-sto (f), se-sto/ft-ft, se-sn/se-sto (l) indeksleri 18 yaş altı gruptaki kız ve erkeklerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla p<0,001; p=0,002; p<0,001; p<0,001; p=0,028).

Tablo 4.5 deki indeksler ortalama açısından student's t testiyle analiz edildiğinde; al-al/se-sn, al-al/se-sto, se-sto/ex-ex, se-sto/zy-zy, se-prn/se-sto indeksleri 18 yaş altı gruptaki kız ve erkeklerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla p<0,001; p<0,001; p=0,034; p=0,005; p=0,026).

Tablo 4. 6 18 yaş ve üzeri grupta indekslerin cinsiyetlere göre ortalama-ortanca değerleri

18 yaş ve üzeri (n=341)									
İndeksler	Erkek (n=122)				Kız (n=219)				p
	Ort±Std. Sp.	Ortanca (IQR)	Min	Max	Ort±Std. Sp.	Ortanca (IQR)	Min	Max	
al-al/ch-ch	0,77±0,06	0,77(0,078)	0,63	0,90	0,72±0,05	0,72(0,064)	0,56	0,87	<0,001a
al-al/se-sn	0,71±0,06	0,72(0,102)	0,61	0,84	0,64±0,06	0,65(0,067)	0,50	0,84	<0,001b
al-al/se-sto	0,51±0,04	0,5(0,062)	0,43	0,59	0,47±0,04	0,47(0,044)	0,36	0,59	<0,001a
ch-ch/ex-ex	0,52±0,03	0,52(0,044)	0,45	0,58	0,51±0,04	0,51(0,049)	0,44	0,61	0,009a
ch-ch/ft-ft	0,41±0,03	0,41(0,041)	0,34	0,49	0,41±0,03	0,4(0,044)	0,33	0,50	<0,001b
ch-ch/pu-pu	0,79±0,05	0,8(0,079)	0,69	0,91	0,79±0,06	0,78(0,07)	0,66	0,94	0,856b
en-en/ch-ch	0,71±0,05	0,7(0,075)	0,61	0,84	0,73±0,06	0,72(0,086)	0,55	0,88	0,221b
en-en/se-sn	0,65±0,05	0,66(0,073)	0,55	0,80	0,65±0,06	0,65(0,084)	0,50	0,85	0,241b
en-en/se-sto	0,47±0,03	0,47(0,052)	0,40	0,54	0,48±0,04	0,48(0,051)	0,37	0,60	0,589a
pu-pu/se-sto	0,84±0,05	0,83(0,059)	0,74	0,94	0,83±0,05	0,83(0,074)	0,72	1,03	0,215a
se-sn/ex-ex	0,56±0,04	0,56(0,059)	0,46	0,64	0,58±0,04	0,58(0,053)	0,48	0,69	0,387b
se-sn/ft-ft	0,45±0,04	0,44(0,048)	0,37	0,55	0,46±0,03	0,46(0,046)	0,36	0,55	0,499b
se-sn/pu-pu	0,86±0,06	0,85(0,081)	0,71	0,97	0,89±0,07	0,89(0,087)	0,70	1,06	0,003b
se-sn/se-sto (f)	0,71±0,02	0,72(0,033)	0,63	0,75	0,74±0,02	0,74(0,033)	0,66	0,81	<0,001a
se-sn/zy-zy	0,41±0,03	0,41(0,048)	0,32	0,47	0,42±0,03	0,42(0,039)	0,35	0,52	0,584b
se-sto/ex-ex	0,79±0,05	0,79(0,063)	0,69	0,91	0,78±0,05	0,78(0,062)	0,65	0,92	0,058b
se-sto/ft-ft	0,63±0,04	0,63(0,057)	0,54	0,74	0,62±0,04	0,62(0,051)	0,49	0,73	0,005a
se-sto/zy-zy	0,57±0,03	0,58(0,045)	0,47	0,68	0,57±0,04	0,57(0,051)	0,49	0,67	0,001b
prn-sn/se-sto	0,24±0,03	0,24(0,047)	0,18	0,29	0,25±0,03	0,25(0,029)	0,18	0,32	0,615a
se-prn/se-sn	0,91±0,03	0,91(0,04)	0,83	1,00	0,91±0,03	0,91(0,042)	0,81	1,00	0,629b
se-prn/se-sto	0,67±0,04	0,66(0,056)	0,57	0,74	0,67±0,03	0,67(0,043)	0,58	0,76	0,924b
se-snse-sto (l)	0,73±0,03	0,73(0,037)	0,66	0,77	0,74±0,02	0,73(0,036)	0,68	0,80	0,697b

a, b : Mann-Whitney U Test / Student's t test

(f), (l) : frontal / lateral görüntüden alınan ölçümle hesaplanmış sen.sn/se.sto

Tablo 4.6 daki indeksler dağılım açısından mann-whitney u testiyle analiz edildiğinde; al-al/ch-ch, al-al/se-sto, ch-ch/ex-ex, se-sn/se-sto (f), se-sto/ft-ft indeksleri 18 yaş ve üzeri gruptaki kız ve erkeklerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla p<0,001; p<0,001; p=0,009; p<0,001; p=0,005).

Tablo 4.6 daki indeksler ortalama açısından student's t testiyle analiz edildiğinde; al-al/se-sn, ch-ch/ft-ft, se-sn/pu-pu, se-sto/zy-zy indeksleri 18 yaş ve üzeri gruptaki kız ve erkeklerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla p<0,001; p<0,001; p=0,003; p=0,001).

4.2. Makine Öğrenmesi ile Gruplama

Ölçümlerden hesaplanan 22 indeksle, farklı makine öğrenmesi modelleri kullanılarak yaş ve cinsiyet gruplaması yapıldı. Yaş gruplarında cinsiyet homojen dağılmadığından, yaş gruplaması yapılırken cinsiyet bir parametre olarak kullanıldı. Veri setinden 194 kişi dış validasyon seti olarak ayrıldı. Veri setinden geriye kalan 443 kişide 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak model performansları değerlendirildi.

4.2.1. Yaş gruplaması

Tablo 4. 7 Tüm değişkenler (22 indeks + cinsiyet) ile yaş gruplaması – 10 kat çapraz geçerlik sonuçları (n=443)

Model	AUC	DSO	F1	Precision	Recall
SVM *	0,865	0,799	0,786	0,811	0,762
LR	0,867	0,795	0,785	0,794	0,776
ANN **	0,869	0,792	0,785	0,785	0,785
RF	0,810	0,770	0,751	0,786	0,720
k-NN	0,791	0,711	0,701	0,701	0,701

* : DSO en yüksek

** : AUC en yüksek

AUC: Eğri altında kalan alan; DSO: Doğru Sınıflama Oranı; Precision: Kesinlik; Recall: Duyarlılık; F1: Precision ve Recall'un harmonik ortalaması

SVM: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine), LR: Lasso Regresyon, ANN: Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network), RF: Rastgele Orman (Random Forest), k-NN: k - en yakın komşu (k- nearest neighbor)

22 indeks ve cinsiyetle 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak yapılan yaş gruplandırmasında tüm modellerin AUC ve DSO performansları karşılaştırılmıştır (tablo 4.7). DSO performansı en yüksek model SVM; AUC performansı en yüksek model de ANN dir. AUC değeri 0,865 olan SVM kişilerin %79.9'unu; AUC değeri 0,869 ANN kişilerin %79.2'sini doğru yaş grubuna sınıflandırmıştır. 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak yapılan yaş gruplamasında AUC ve DSO ya göre en yüksek performans gösteren modellerle dış validasyon setinde yaş gruplaması yapılmıştır (Tablo 4.8).

Tablo 4. 8 Tüm değişkenler (22 indeks ve cinsiyet) ile yaş gruplaması – dış validasyon seti sonuçları (n=194)

Model	AUC	DSO	F1	Precision	Recall
ANN	0,823	0,768	0,706	0,761	0,659
SVM	0,814	0,742	0,667	0,735	0,610

AUC: Eğri altında kalan alan; DSO: Doğru Sınıflama Oranı; Precision: Kesinlik; Recall: Duyarlılık; F1: Precision ve Recall'un harmonik ortalaması

SVM: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine), ANN: Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network)

22 indeks ve cinsiyet kullanılarak dış validasyon (modellerin daha önce karşılaşmadığı veriler) setinde yapılan yaş gruplaması, doğru sınıflama oranı üzerinden değerlendirildiğinde; ANN kişilerin %76.8'ini; SVM kişilerin %74.2'sini doğru yaş grubuna sınıflandırmıştır.

10 kat çapraz geçerlik sonuçları ile dış validasyon setindeki sonuçların benzer olması, seçilen modellerin performanslarının başarılı olduğunu ve aşırı öğrenme probleminin söz konusu olmadığını göstermektedir.

4.2.1.1. Değişken seçimi

22 indeks ve cinsiyetle modellerin performans analizi değerlendirildikten sonra değişken seçimi yapıldı. Değişken seçimi için öncelikle indekslerin yaşla korelasyonu incelendi (tablo 4.3 ve 4.4).

Ardından indekslerin yaş gruplamasındaki performansları referans çalışmalarla (148) uyumlu olarak Boruta, RF ve RF-RFE yaklaşımları ile incelendi. İnceleme sonucunda indekslerin yaş gruplamasına etkilerine göre sıralaması tablo 4.9 da gösterildi.

Tablo 4. 9 Yaş gruplamasında değişken seçimi

İndeks	Boruta	RF	RF-RFE
al-al/ch-ch	14	19	x
al-al/se-sn	3	3	3
al-al/se-sto	4	4	6
ch-ch/ex-ex	x	20	x
ch-ch/ft-ft	x	23	x
ch-ch/pu-pu	x	22	x
en-en/ch-ch	x	21	x
en-en/se-sn	13	15	x
en-en/se-sto	16	13	x
pu-pu/se-sto	11	8	x
se-sn/ex-ex	5	6	5
se-sn/ft-ft	x	16	x
se-sn/pu-pu	9	9	x
se-sn/se-sto (f)	17	17	x
se-sn/zy-zy	12	12	x
se-sto/ex-ex	7	5	4
se-sto/ft-ft	x	18	x
se-sto/zy-zy	10	10	7
prn-sn/se-sto	8	11	x
se-prn/se-sn	1	1	1
se-prn/se-sto	2	2	2
se-sns/e-sto (l)	15	14	x
cinsiyet	6	7	8

x: ilgili modelce yaş gruplamasına dahil edilmeyen (etkisi olmadığı değerlendirilerek) indeks

Yaş gruplaması için 22 indeks ile cinsiyetten oluşan toplam 23 değişkenden RF; tüm indeksleri ve cinsiyeti kullanmış olup hiçbirini dışlamamıştır. Yalnızca değişkenler arasında önem sıralaması yapmıştır. Boruta; 17 indeksi (al-al/ch-ch; al-al/se-sn; al-al/se-sto; en-en/se-sn; en-en/se-sto; pu-pu/se-sto; se-sn/ex-ex; se-sn/pu-pu; se-sn/se-sto (f); se-sn/zy-zy; se-sto/ex-ex; se-sto/zy-zy; prn-sn/se-sto (l); se-prn/se-sn; se-prn/se-sto; se-sn/se-sto) ve cinsiyeti kullanırken 5 indeksi (ch-ch/ex-ex; ch-ch/ft-ft; ch-ch/pu-pu; en-en/ch-ch; se-sn/ft-ft; se-sto/ft-ft) kullanmamıştır. RF-RFE; 7 indeksi (al-al/se-sn; al-al/se-sto; se-sn/ex-ex; se-sto/ex-ex; se-sto/zy-zy; se-prn/se-sn; se-prn/se-sto) ve cinsiyeti kullanırken 15 indeksi (al-al/ch-ch; ch-ch/ex-ex; ch-ch/ft-ft; ch-ch/pu-pu; en-en/ch-ch; en-en/se-sn; en-en/se-sto; pu-pu/se-sto; se-sn/ft-ft; se-sn/pu-pu; se-sn/se-sto (f); se-sn/zy-zy; se-sto/ft-ft; prn-sn/se-sto (l); se-sn/se-sto;) kullanmamıştır. Seçilen değişkenler, boruta ve RF-RFE modellerinde ortak kullanılan (Tablo 4.9); al-al/se-sn; al-al/se-sto; se-sn/ex-ex; se-sto/ex-ex; se-sto/zy-zy; se-prn/se-sn; se-prn/se-sto indeksleri ve cinsiyetten oluşmaktadır.

4.2.1.2. Seçilmiş değişkenlerle yaş gruplaması

Seçilmiş değişkenler (indeksler ve cinsiyet) ve farklı modeller kullanılarak yaş gruplaması yeniden yapıldı. Veri setinden 194 kişi dış validasyon seti olarak ayrıldı. Veri setinden geriye kalan 443 kişide 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak model performansları değerlendirildi.

Tablo 4. 10 Seçilmiş değişkenler (7 indeks ve cinsiyet) ile yaş gruplaması – 10 kat çapraz geçerlik sonuçları (n=443)

Model	AUC	DSO	F1	Precision	Recall
SVM *	0,858	0,797	0,782	0,813	0,752
LR **	0,860	0,792	0,782	0,793	0,771
ANN	0,854	0,786	0,778	0,779	0,776
k-NN	0,835	0,767	0,749	0,782	0,720
RF	0,821	0,765	0,746	0,781	0,715

* : DSO en yüksek

** : AUC en yüksek

AUC: Eğri altında kalan alan; DSO: Doğru Sınıflama Oranı; Precision: Kesinlik; Recall: Duyarlılık; F1: Precision ve Recall'un harmonik ortalaması

SVM: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine), LR: Lasso Regresyon, ANN: Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network), RF: Rastgele Orman (Random Forest), k-NN: k - en yakın komşu (k- nearest neighbor)

Seçilmiş değişkenlerle 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak yapılan yaş gruplandırmasında tüm modellerin AUC ve DSO performansları karşılaştırılmıştır (tablo 4.10). DSO performansı en yüksek model SVM; AUC performansı en yüksek model de LR dir. AUC değeri 0,858 olan SVM kişilerin %79,7'sini; AUC değeri 0,860 LR kişilerin %79,2'sini doğru yaş grubuna sınıflandırmıştır. 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak yapılan yaş gruplamasında AUC ve DSO ya göre en yüksek performans gösteren modellerle dış validasyon setinde yaş gruplaması yapılmıştır (Tablo 4.11).

Tablo 4. 11 Seçilmiş değişkenler (7 indeks ve cinsiyet) ile yaş gruplaması – dış validasyon seti sonuçları (n=194)

Model	AUC	DSO	F1	Precision	Recall
SVM	0,845	0,784	0,716	0,803	0,646
LR	0,841	0,784	0,720	0,794	0,659

AUC: Eğri altında kalan alan; DSO: Doğru Sınıflama Oranı; Precision: Kesinlik; Recall: Duyarlılık; F1: Precision ve Recall'un harmonik ortalaması

SVM: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine), LR: Lasso Regresyon

Seçilmiş değişkenlerle dış validasyon (modellerin daha önce karşılaşmadığı veriler) setinde yapılan yaş gruplaması, doğru sınıflama oranı üzerinden değerlendirildiğinde; SVM ve LR modellerinin her ikisi de kişilerin %78,4'ünü doğru yaş grubuna sınıflandırmıştır.

10 kat çapraz geçerlik sonuçları ile dış validasyon setindeki sonuçların benzer olması, seçilen modellerin performanslarının başarılı olduğunu ve aşırı öğrenme probleminin söz konusu olmadığını göstermektedir.

4.2.2. Cinsiyet gruplaması

Tablo 4. 12 Tüm indeksler (22 indeks) ile cinsiyet gruplaması – 10 kat çapraz geçerlik sonuçları (n=443)

Model	AUC	DSO	F1	Precision	Recall
ANN *	0,872	0,808	0,820	0,808	0,833
SVM **	0,876	0,801	0,813	0,806	0,820
LR	0,871	0,799	0,810	0,805	0,815
RF	0,836	0,761	0,778	0,759	0,798
k-NN	0,820	0,740	0,747	0,766	0,730

* : DSO en yüksek

** : AUC en yüksek

AUC: Eğri altında kalan alan; DSO: Doğru Sınıflama Oranı; Precision: Kesinlik; Recall: Duyarlılık; F1: Precision ve Recall'un harmonik ortalaması

SVM: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine), LR: Lasso Regresyon, ANN: Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network), RF: Rastgele Orman (Random Forest), k-NN: k - en yakın komşu (k- nearest neighbor)

Tüm indekslerle 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak yapılan cinsiyet gruplamasında tüm modellerin AUC ve DSO performansları karşılaştırılmıştır (Tablo 4.12). DSO performansı en yüksek model ANN; AUC performansı en yüksek model de SVM dir. AUC değeri 0,872 olan ANN kişilerin %80.8'ini; AUC değeri 0,876 olan SVM kişilerin %80.1'ini doğru cinsiyete sınıflandırmıştır. 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak yapılan cinsiyet gruplamasında AUC ve DSO ya göre en yüksek performans gösteren modellerle dış validasyon setinde cinsiyet gruplaması yapılmıştır (Tablo 4.13).

Tablo 4. 13 Tüm indeksler (22 indeks) ile cinsiyet gruplaması – dış validasyon seti sonuçları (n=194)

Model	AUC	DSO	F1	Precision	Recall
SVM	0,905	0,856	0,849	0,888	0,814
ANN	0,906	0,851	0,845	0,878	0,814

AUC: Eğri altında kalan alan; DSO: Doğru Sınıflama Oranı; Precision: Kesinlik; Recall: Duyarlılık; F1: Precision ve Recall'un harmonik ortalaması

SVM: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine), ANN: Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network)

Tüm indekslerle dış validasyon (modellerin daha önce karşılaşmadığı veriler) setinde yapılan cinsiyet gruplaması, doğru sınıflama oranı üzerinden değerlendirildiğinde; SVM kişilerin %85.6'sını; ANN kişilerin %85.1'ini doğru cinsiyete sınıflandırmıştır.

10 kat çapraz geçerlik sonuçları ile dış validasyon setindeki sonuçların benzer olması, seçilen modellerin performanslarının başarılı olduğunu ve aşırı öğrenme probleminin söz konusu olmadığını göstermektedir.

4.2.2.1. Değişken seçimi

22 indeksle modellerin cinsiyet gruplamasındaki performans analizi değerlendirildikten sonra değişken seçimi yapıldı. Değişken seçimi için öncelikle indekslerin cinsiyetle olan korelasyonu incelendi (Tablo 5-6).

Ardından indekslerin cinsiyet gruplamasındaki performansları referans çalışmalarla (148) uyumlu olarak Boruta, RF ve RF-RFE yaklaşımları ile incelendi. İnceleme sonucunda indekslerin cinsiyet gruplamasına etkilerine göre sıralaması Tablo 4.14 te gösterildi.

Tablo 4. 14 Cinsiyet gruplamasında değişken (indeks) seçimi

İndeks	Boruta	RF	RF-RFE
al-al/ch-ch	2	3	4
al-al/se-sn	1	1	1
al-al/se-sto	3	4	2
ch-ch/ex-ex	15	15	15
ch-ch/ft-ft	7	9	9
ch-ch/pu-pu	x	18	x
en-en/ch-ch	x	22	x
en-en/se-sn	16	10	13
en-en/se-sto	x	17	x
pu-pu/se-sto	12	12	10
se-sn/ex-ex	14	13	12
se-sn/ft-ft	13	14	14
se-sn/pu-pu	8	6	6
se-sn/se-sto (f)	6	5	5
se-sn/zy-zy	10	11	11
se-sto/ex-ex	9	8	8
se-sto/ft-ft	5	7	7
se-sto/zy-zy	4	2	3
prn-sn/se-sto	x	21	x
se-prn/se-sn	11	16	16
se-prn/se-sto	x	20	x
se-sn/se-sto (l)	x	19	x

x: ilgili modelce yaş gruplamasına dahil edilmeyen (etkisi olmadığı değerlendirilerek) indeks

Cinsiyet gruplaması için 22 indeksten oluşan değişkenlerden RF; tüm indeksleri kullanmış olup hiçbirini dışlamamıştır. Yalnızca değişkenler arasında önem sıralaması yapmıştır. Boruta; 16 indeksi (al-al/ch-ch; al-al/se-sn; al-al/se-sto; ch-ch/ex-ex; ch-ch/ft-ft; en-en/se-sn; pu-pu/se-sto; se-sn/ex-ex; se-sn/ft-ft; se-sn/pu-pu; se-sn/se-sto (f); se-sn/zy-zy; se-sto/ex-ex; se-sto/ft-ft; se-sto/zy-zy; se-prn/se-sn) kullanırken 6 indeksi (ch-ch/pu-pu; en-en/ch-ch; en-en/se-sto; prn-sn/se-sto; se-prn/se-sto; se-sn/se-sto (l)) kullanmamıştır. RF-RFE 16 indeksi (al-al/ch-ch; al-al/se-sn; al-al/se-sto; ch-ch/ex-ex; ch-ch/ft-ft; en-en/se-sn; pu-pu/se-sto; se-sn/ex-ex; se-sn/ft-ft; se-sn/pu-pu; se-sn/se-sto (f); se-sn/zy-zy; se-sto/ex-ex; se-sto/ft-ft; se-sto/zy-zy; se-prn/se-sn) kullanırken 6 indeksi (ch-ch/pu-pu; en-en/ch-ch; en-en/se-sto; prn-sn/se-sto; se-prn/se-sto; se-sn/se-sto (l)) kullanmamıştır. Seçilen değişkenler, boruta ve RF-RFE modellerinde ortak kullanılan (Tablo 4.14); al-al/ch-ch; al-al/se-sn; al-al/se-sto; ch-ch/ex-ex; ch-ch/ft-ft; en-en/se-sn; pu-pu/se-sto; se-sn/ex-ex; se-sn/ft-ft; se-sn/pu-pu; se-sn/se-sto (f); se-sn/zy-zy; se-sto/ex-ex; se-sto/ft-ft; se-sto/zy-zy; se-prn/se-sn; indekslerinden oluşmaktadır.

4.2.2.2. Seçilmiş değişkenlerle cinsiyet gruplaması

Seçilmiş indeksler ve farklı modeller kullanılarak cinsiyet gruplaması yeniden yapıldı. Veri setinden 194 kişi dış validasyon seti olarak ayrıldı. Veri setinden geriye kalan 443 kişide 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak model performansları değerlendirildi.

Tablo 4. 15 Seçilmiş indeksler (16 indeks) ile cinsiyet gruplaması – 10 kat çapraz geçerlik sonuçları (n=443)

Model	AUC	DSO	F1	Precision	Recall
SVM *	0,870	0,790	0,800	0,802	0,798
LR **	0,874	0,788	0,800	0,793	0,807
ANN	0,868	0,786	0,797	0,795	0,798
RF	0,831	0,765	0,784	0,759	0,811
k-NN	0,831	0,756	0,762	0,783	0,742

* : DSO en yüksek

** : AUC en yüksek

AUC: Eğri altında kalan alan; DSO: Doğru Sınıflama Oranı; Precision: Kesinlik; Recall: Duyarlılık; F1: Precision ve Recall'un harmonik ortalaması

SVM: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine), LR: Lasso Regresyon, ANN: Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network), RF: Rastgele Orman (Random Forest), k-NN: k - en yakın komşu (k- nearest neighbor)

Seçilmiş indekslerle 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak yapılan cinsiyet gruplandırmasında tüm modellerin AUC ve DSO performansları karşılaştırılmıştır (Tablo 4.15). DSO performansı en yüksek model SVM; AUC performansı en yüksek model de LR dir. AUC değeri 870 olan SVM kişilerin %79.0'unu; AUC değeri 0,874 LR kişilerin %78.8'ini doğru cinsiyete sınıflandırmıştır. 10 kat çapraz geçerlik kullanılarak yapılan cinsiyet gruplamasında AUC ve DSO ya göre en yüksek performans gösteren modellerle dış validasyon setinde cinsiyet gruplaması yapılmıştır (Tablo 4.16).

Tablo 4. 16 Seçilmiş indeksler (16 indeks) ile cinsiyet gruplaması – dış validasyon seti sonuçları (n=194)

Model	AUC	DSO	F1	Precision	Recall
LR	0,896	0,840	0,838	0,851	0,825
SVM	0,879	0,809	0,804	0,826	0,784

AUC: Eğri altında kalan alan; DSO: Doğru Sınıflama Oranı; Precision: Kesinlik; Recall: Duyarlılık; F1: Precision ve Recall'un harmonik ortalaması

SVM: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine), LR: Lasso Regresyon

Seçilmiş indekslerle dış validasyon (modellerin daha önce karşılaşmadığı veriler) setinde yapılan cinsiyet gruplaması, doğru sınıflama oranı üzerinden değerlendirildiğinde; LR kişilerin %84.0'ünü; SVM kişilerin %80.9'unu doğru cinsiyete sınıflandırmıştır.

10 kat çapraz geçerlik sonuçları ile dış validasyon setindeki sonuçların benzer olması, seçilen modellerin performanslarının başarılı olduğunu ve aşırı öğrenme probleminin söz konusu olmadığını göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Yaşayan kişilerde yaş tayini genellikle radyolojik ve morfolojik yöntemlerle yapılır. Radyolojik yöntemlerde el-el bilek grafileri, dişlerden alınan panoramik veya periapikal grafiler ve diğer kemik (klavikula, femur, humerus vb uzun kemikler) grafilerinden yararlanır. Morfolojik yöntemlerde fizik muayene ile tespit edilebilen gelişim basamakları değerlendirilir (23,24,28). Ancak, yaş tayini yapılması istenilen kişinin yalnızca fotoğraf veya video kaydı olduğunda bu süreç önemli ölçüde karmaşık hale gelmektedir.

Çocuk cinsel istismar materyali olduğundan şüphelenilen görüntülerde, görüntüdeki kişilerin yaşları, kanunlarda tanımlanan suçun unsurları açısından önemlidir. Bu nedenle de görüntüdeki kişinin 18 yaşını doldurup doldurmadığı adli makamlar tarafından sorulmaktadır. Görüntülerden yaş tayini genellikle pubertal gelişim basamaklarının değerlendirildiği Tanner evrelemesi ile yapılmaya çalışılmaktadır. Ancak Tanner evrelemesinde kullanılan pubertal gelişim basamaklarının, genetik ve çevresel bir çok faktörden etkilendiği, bireyler ve toplumlar arasında farklılık gösterdiği ve kasık veya aksillar kıllanma gibi bazı evreleme kriterlerinin bireylerin müdahalesiyle değişebildiği görülmüştür. Bu nedenle de yazarın kendisi (17) de dahil olmak üzere, bu yöntemin adli amaçlı yaş tayininde kullanılmasının hatalı sonuçlara yol açabileceği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (9–11,16–18,118,150,151). Bu nedenle fotoantropometrik yöntemlerin yaş tayininde kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapılmıştır (12,21).

Cattaneo ve ark. (12) tarafından, yüzdeki anatomik noktalarla hesaplanan indekslerinin yaş tayininde kullanılabilirliğini sorgulamak amacıyla yapılan pilot çalışmada, 6, 10, 14 ve 18 yaşlarındaki bireylerden doğrudan alınan ölçümlerle hesaplanan indekslerle, fotoğraflar üzerinden alınan ölçümlerden hesaplanan indeksler arasındaki korelasyon ile fotoğraflardan hesaplanan indekslerin yaşla korelasyonu incelenmiştir. Çalışma sonuçları, fotoğraftan hesaplanan indekslerle doğrudan alınan ölçümlerden hesaplanan indeksler arasında korelasyon olduğunu ve fotoğraflar üzerinden hesaplanan bazı indekslerin yaşla yakından ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu çalışma fotoantropometrinin adli tıpta kullanılabilirliği konusunda mevcut çalışmamız da dahil birçok çalışmaya öncü olmuştur (21,138,152–154).

Yüz fotoğraflarında antropometrik yöntemlerle yapılan yaş tayininde kullanılacak noktalar, yaş ve cinsiyetle ilişkili olmalı ve konumları da doğru belirlenebilmelidir (136). Literatürde antropometrik ölçümler için kullanılacak çok sayıda anatomik nokta tanımlanmıştır. Çalışmamızda kullanılan anatomik noktalar ve ölçümler ile hesaplanan indeksler, referans çalışmalarca yaşla ilişkisi olduğu gösterilen anatomik nokta ve ölçümlere göre seçilmiştir (12,22,127,139–141).

Cummaudo ve ark.'nın (136), anatomik noktalarının konumlandırılması ile ilgili gözlemci içi ve gözlemciler arası dağılımı değerlendirdikleri çalışmalarında, 25 gözlemci tarafından, frontalden 22 (selion, subnasale, stomion, gnathion, gonion, cheilion, alare, endocanthion, pupil, exocanthion, frontotemporale, tragion, zygion) ve lateralden 11 (superaurale, postaurale, subaurale, preaurale, tragion, selion, pronasale, subnasale, stomion, pogonion, gnathion) anatomik nokta kullanılarak işaretleme yapılmıştır. Çalışma sonuçlarında bazı noktaların (gonion, zygion, frontotemporale, tragion ve sellion) gözlemci içi ve gözlemciler arasında daha büyük dağılıma uğradığı, bu durumun benzer çalışmalarda dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Borges ve ark.'nın (155) çalışmasında sadece gözlemci içi değerlendirmeye bakılmış, Machado ve ark. (138) ile Deitos ve ark.'nın (154) çalışmalarında gözlemci içi ve gözlemciler arası değerlendirme yapılmıştır.

Çalışmamızda da değerlendirilen gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirlik, noktalar üzerinden değil ölçümler üzerinden gerçekleştirildi. Frontal fotoğraftan ölçülen ft-ft ve zy-zy ölçümleri ile lateral fotoğraftan ölçülen prn-sn ölçümlerinde gözlemciler arası güvenilirlik $>0,5$ (orta) bulundu. Ölçüm güvenilirliğinin, istatistiki açıdan yeterli görülmesine karşın, frontal fotoğrafta konumlandırılan zygion ve frontotemporale noktaları ile lateral fotoğrafta konumlandırılan pronasale ve/veya selion noktalarının, Cummaudo ve ark.'nın (136) bulgularına benzer şekilde, fotoğraf üzerinde tespit edilebilmesinin zor olduğu düşünülmektedir. Diğer ölçümler için gözlemciler arası güvenilirlik iyi ve mükemmel arasında; gözlemci içi güvenilirlik tüm ölçümlerde iyi ve mükemmel arasında bulundu.

Literatürdeki çalışmalar, fotoantropometrik ölçüm ve indekslerin yaşla ve/veya yaş gruplarıyla arasındaki ilişki açısından incelendiğinde;

Cattaneo ve ark.'nın (12) Alman, İtalyan ve Litvanyalı; 4 farklı yaştan (6, 10, 14, 18) 353 kız ve 20 erkek çocuğun yüz fotoğraflarının antropometrik ölçümlerinden yaş gruplaması üzerine yaptıkları pilot çalışmada, kullanılan 43 indeksten, 18 frontal (al-al/ch-ch, al-al/se-sn, al-al/se-sto, ch-ch/ex-ex, ch-ch/ft-ft, ch-ch/pu-pu, en-en/ch-ch, en-en/se-sn, en-en/se-sto, pu-pu/se-sto, se-sn/ex-ex, se-sn/ftft, se-sn/pu-pu, se-sn/se-sto, se-sn/zy-zy, se-sto/ex-ex, se-sto/ft-ft, se-sto/zy-zy) ve 5 lateral (prn-sn/se-sto, se-prn/se-sn, se-prn/se-sto, se-sn/se-sto, pra-pa/sa-sba) toplam 23 indeksin, yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği ve bu indekslerin yaşla korele olduğu belirlenmiştir.

Cummaudo ve ark.'nın (21) yüzdeki antropometrik ölçümlerden yaş tayini üzerine yaptıkları çalışmalarında, yaşları 3 ile 24 arasında değişen kafkasyan ırka ait 1924 yüz fotoğrafında 23 indeksin (18 frontal, 5 lateral) yaş ile korelasyonu incelenmiştir. Çalışma sonucunda, frontal fotoğraftaki 4 indeks (ch-ch/ex-ex, ch-ch/pu-pu, en-en/ch-ch, se-sto/ex-ex) ve lateral fotoğraftaki 3 indeks (se-prn/se-sn, se-prn/se-sto, se-sn/se-sto) cinsiyet farketmeksizin tüm yaş gruplarında, yaş ile %70 in üzerinde korelasyon göstermiştir.

Machado ve ark.'nın (138); Brezilya populasyounda yaş tayini için Cattaneo ve ark.'larının (12) önerdiği indekslerin kullanılabilirliğini sorgulamak amacıyla yaptıkları çalışmalarında, yaşları 6, 10, 14 ve 18 olan 400 kız ve 400 erkek fotoğrafı üzerinden 18 indeks hesaplanmıştır. İndekslerden 11'i (n-sn/pu-pu, en-en/n-sn, n-sn/ex-ex, al-al/n-sn, al-al/n-sto, ch-ch/pu-pu, ch-ch/ex-ex, en-en/ch-ch, al-al/ch-ch, n-sn/zy-zy, n-sn/n-sto) yaş gruplarından bağımsız cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterirken ($p < 0,05$), 15'i (n-sn/pu-pu, pu-pu/n-sto, en-en/n-sn, en-en/n-sto, n-sn/ex-ex, n-sto/ex-ex, ch-ch/pu-p, ch-ch/ex-ex, en-en/ch-ch, al-al/ch-ch, ch-ch/ft-ft, n-sn/ft-ft, n-sto/ft-ft, n-sn/zy-zy, n-sto/zy-zy) cinsiyetten bağımsız yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,01$) farklılık göstermiştir. Ayrıca indekslerden 12 tanesi (n-sn/pu-pu, pu-pu/n-sto, en-en/n-sn, en-en/n-sto, n-sn/ex-ex, n-sto/ex-ex, ch-ch/pu-p, ch-ch/ex-ex, en-en/ch-ch, n-sn/zy-zy, n-sto/zy-zy, n-sn/n-sto) yaş ile zayıf ve orta düzeyde korelasyon gösterirken, 6 tanesi (al-al/n-sn, al-al/n-sto, al-al/ch-ch, ch-ch/ft-ft, n-sn/ft-ft and n-sto/ft-ft) ise yaş ile korelasyon göstermemiştir.

Öztürk'ün (153) çalışmasında, yaşları 10-22 arasında değişen 136 gönüllünün frontal fotoğrafları üzerinden 18 anatomik nokta kullanılarak 40 ölçüm alınmış olup, ölçümlerden 37 iridial indeks, 37 göz genişliği indeksi ve literatürde sık kullanılan 15 indeks olmak üzere toplam 89 indeks hesaplanmıştır. Lateral fotoğraflar üzerinden de 9 referans nokta kullanılarak 12 ölçüm alınmış olup 45 indeks hesaplanmıştır. Çalışmada, frontal fotoğraflardan hesaplanan 34 indeksle (iris çapı/göz genişliği, iris çapı/tr-sn, iris çapı/tr-ls, iris çapı/tr-sto, iris çapı/tr-li, iris çapı/tr-gn, iris çapı/se-sn, iris çapı/se-ls, iris çapı/se-sto, iris çapı/se-li, iris çapı/se-gn, iris çapı/prn-ls, iris çapı/prn-sto, iris çapı/prn-li, iris çapı/prn-gn, iris çapı/sn-ls, iris çapı/sn-li, iris çapı/sn-gn, iris çapı/ls-gn, iris çapı/sto-gn, iris çapı/li-gn, iris çapı/zy-zy, iris çapı/go-go, iris çapı/ex-ex, iris çapı/pu-pu, iris çapı/al-al, iris çapı/ch-ch, iris çapı/cph-cph, en-en/ch-ch, al-al/ch-ch, göz genişliği/iris çapı, göz genişliği/ex-ex, ch-ch/pu-pu, ch-ch/ex-ex) yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler olduğu tespit edilmiş ancak lateral fotoğraflardan hesaplanan indekslerde yaş ile istatistiksel anlamlı ilişkiler tespit edilememiştir.

Çalışmamızda ise frontal fotoğraftaki al-al/se-sn, al-al/se-sto, en-en/se-sn, en-en/se-sto, ch-ch/ft-ft, pu-pu/se-sto, se-sn/ex-ex, se-sn/ft-ft, se-sn/pu-pu, se-sto/ex-ex indeksleri ile lateral fotoğraftaki prn-sn/se-sto, se-prn/se-sn, se-prn/se-sto indeksleri hem erkeklerde hem de kızlarda 18 yaş altı ve 18 yaş ve üzeri grupta istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi. Ayrıca erkeklerde se-sn/se-sto (f) ve kızlarda se-sto/ft-ft 18 yaş altı ve 18 yaş ve üzeri grupta istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi. Cinsiyetler açısından da, se-sto/ex-ex, se-prn/se-sto, se-sn/se-sto (l) indeksleri sadece 18 yaş altı grupta cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterirken, ch-ch/ex-ex ve se-sn/pu-pu indeksi de sadece 18 yaş ve üzeri grupta cinsiyetler arasında istatistiksel anlamlı farklılık göstermiştir. al-al/ch-ch, ch-ch/ft-ft, se-sn/se-sto (f), se-sto/ft-ft, al-al/se-sn, al-al/se-sto, se-sto/zy-zy indeksleri ise her iki yaş grubunda da cinsiyetler arasında istatistiksel anlamlı farklılık göstermiştir.

Literatürdeki çalışma sonuçları ile çalışmamız sonuçlarını karşılaştırdığımızda, Cattaneo ve ark. (12) ile Machado ve ark. (138) çalışmalarını, 6, 10, 14 ve 18 yaşlarından kişilerin fotoğrafları üzerinden alınan ölçümlerle yürütmüşlerken; Cummaudo ve ark. (21) ile Öztürk (153) çalışmalarını sırasıyla 3-24 ile 10-22 yaşları arasındaki kişilerin fotoğrafları üzerinden alınan ölçümlerle yürütmüşlerdir. Çalışmamızda da 15 ila 20 yaşlarındaki gönüllülerin fotoğrafları üzerinden alınan ölçümler kullanıldı. Diğer

çalışmalarda, yaşla ilişkili olduğu belirtilen bazı indekslerin, çalışmamızda yaş grupları arasında anlamlı farklılık göstermediği bulundu. Bu durumun, özellikle Cattaneo ve ark. (12) ile Machado ve ark.'nın (138) çalışmalarında yalnızca aralarında dörder yaş olan 4 farklı yaştan (6, 10, 14 ve 18 yaş) bireyleri alması ve bu yaşların ergenlikteki hızlı büyüme dönemleriyle uyumlu olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Cummaudo ve ark. (21) ile Öztürk'ün (153) çalışmalarında daha geniş yaş aralıklarındaki kişilerin fotoğrafları üzerinden ölçüm almış olması da farklılığı açıklanabilir. Ayrıca çalışmaların farklı popülasyonlarda gerçekleştirilmiş olması da indekslerin yaşla ilişkisinde farklılıklar olmasına neden olabilir. Bununla birlikte çalışmamız, Cattaneo ve ark. (12) tarafından önerilen yüz oranlarının çoğunun yüz büyümesi ile ilişkili olduğunu ve indekslerin çocuk cinsel istismar materyalinde yaş tayini için bir araç olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Literatürdeki çalışmalar, fotoantropometrik indekslerin yaş tayini ve/veya yaş gruplamasında başarı oranları açısından incelendiğinde;

Cattaneo ve ark. (12) tarafından yaşla ilişkili bulunan 23 indeks kullanılarak, diskriminant analiz ile yapılan yaş tayininde, tüm katılımcıların %60,3'ünün yaşı doğru olarak belirlenmiştir. Katılımcılar ülkelere göre ayrıldığında ise Litvanyalıların % 69,4'ünün, Almanların % 69,9'unun ve İtalyanların % 80,5'inin yaşı doğru olarak tayin edilmiştir.

Borges ve ark. (155) tarafından, kafkasoid, negroid, mongoloid ve karışık atalara sahip, 5 farklı yaştan (6, 10, 14, 18 ve 22) 1000 kişinin fotoğrafı üzerinde (her yaştan 100 kız 100 erkek) yapılan çalışmada, 28 anatomik nokta kullanarak 41 ölçüm yapılmış ve ilişkili 40 iridial (tüm ölçümleri her iki iris çapının ortalamasına bölerek) indeks hesaplanmıştır. Makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak yapılan yaş gruplaması için; 40 iridial indeksten JMI değişken ilişki düzeyi belirlenerek 15 indeks seçilmiştir. Bu indeksler ile 3 ayrı eşik yaş (10, 14 ve 18) için ayrı ayrı yaş gruplaması yapılmıştır. Bireyleri yaş eşiklerinin altında ya da üstünde sınıflandırmak için 10 katlı bir çapraz geçerlik prosedürü uygulanmış, test için rastgele %10 ayrılmıştır. Seçilmiş indeksler kullanılarak lojistik regresyon ile yaş gruplaması yapılmış, model performanslarını AUC üzerinden değerlendirmiştir. Çalışmalarında, 10 yaş sınırına göre AUC %97,1; 14 yaş sınırına göre AUC %96,9 ve 18 yaş sınırına göre AUC %90,3 bulunmuştur.

Machado ve ark. (138) tarafından indekslerle diskriminant analiz kullanılarak yaş tayini yapılmıştır. Analiz sonuçlarında, cinsiyet fark etmeksizin (tüm grup içerisinde) kişilerin %49,6'sı doğru yaşa sınıflandırılabilmiştir. Bu oran kızlar ve erkekler ayrı ayrı değerlendirildiğinde sırasıyla %50,2 ve %53,5'e yükselmiştir.

Deitos ve ark. (154)'nın yüzdeki fotoantropometrik analizlerle 14 ve 18 yaş yaş eşikleri için kişileri doğru yaş grubuna sınıflayabilmek üzere yaptıkları çalışmada; yaşları 10 ila 22 arasında değişen Avrupa kökenli Kafkas Brezilyalılarından oluşan 1354 fotoğraf kullanılmıştır. Fotoğraflar üzerinde 35 anatomik nokta işaretlenerek, 160 ölçüm alınmış ve ölçümlerden 110 indeks ile 50 iridyen indeks hesaplanmıştır. Toplam 160 değişkenle (indeksler) yaş gruplaması yapılmak üzere lojistik regresyon modeli kullanılmıştır. Varyans Enflasyon Faktörü (VIF) kullanılarak bazı değişkenler (indeks) çıkarılarak yaş gruplaması yapılmıştır. 14 yaş sınırı için; kızların %76'sı, erkeklerin %90'ı; 18 yaş sınırı için; kızların %73'ü, erkeklerin %83'ü doğru yaş grubuna sınıflayabilmişlerdir.

Öztürk'ün (153) çalışmasında, yaşı etkileyen değişkenler (indeksler) belirlendikten sonra, indeksler makine öğrenmesi modellerine aktararak kişiler, 0 – 12, 12 – 15, 15 – 18 ve 18 yaş ve üzeri olacak şekilde tasnif edilen yaş gruplarına sınıflandırılmıştır. SVM modeli ile kişileri doğru yaş grubuna sınıflama oranı %55,9; naive bayes ile doğru sınıflama oranı %63,2 ve karar ağacı modelleri ile kişileri doğru sınıflama oranı %90'ın üzerinde bulunmuştur.

Çalışmamızda fotoğraf üzerinden makine öğrenmesi modelleri ile yaş gruplaması yapılırken, indeksler haricinde cinsiyet de bir parametre olarak kullanıldı. Bundan dolayı, indeksler kullanarak makine öğrenmesi modelleri ile cinsiyet sınıflaması da yapıldı. SVM modeli ile tüm indeksler kullanılarak kişilerin %80,8'i doğru cinsiyete sınıflandırıldı. Ardından model performansını ve verimliliğini artırmaya yönelik Boruta, RF ve RF-RFE yaklaşımları ile değişken (indeks) seçimi yapıldı ve al-al/ch-ch, al-al/se-sn, al-al/se-sto, ch-ch/ex-ex, ch-ch/ft-ft, en-en/se-sn, pu-pu/se-sto, se-sn/ex-ex, se-sn/ft-ft, se-sn/pu-pu, se-sn/se-sto (f), se-sn/zy-zy, se-sto/ex-ex, se-sto/ft-ft, se-sto/zy-zy, se-prn/se-sn indeksleri kullanılarak tekrar cinsiyet sınıflaması yapıldı. SVM modeli, seçilmiş değişkenlerle de kişilerin %79'unu doğru cinsiyete sınıfladı. Sonuçlar seçilmiş değişkenlerin kullanılmasının model performansını düşürmediğini ve mevcut çalışmadaki tüm indekslerin hesaplanamaması durumunda seçilmiş değişkenlerle de SVM modelinin yüksek düzeyde doğru sınıflama oranını sağlayabileceğini gösterdi.

Çalışmamızda daha sonra makine öğrenmesi modelleri kullanılarak yaş gruplaması yapıldı. Tüm indeksler ile yapılan yaş gruplamasında en iyi performans gösteren model SVM olup, bu model kişilerin %79,9'unu doğru yaş grubuna sınıflandırdı. Makine öğrenmesi modelleri kullanılırken model performansını ve verimliliğini artırmaya yönelik işlemlerden olan değişken seçimi yapıldığında da, SVM modeli kişilerin %79,7'sini doğru yaş grubuna sınıflandırdı. Sonuçlar al-al/se-sn, al-al/se-sto, se-sn/ex-ex, se-sto/ex-ex, se-sto/zy-zy, se-prn/se-sn, se-prn/se-sto indeksleri ve cinsiyetin kullanılmasının yaş gruplamasında model performansını düşürmediğini ve mevcut çalışmadaki tüm indekslerin hesaplanamaması durumunda seçilmiş indeksler ve cinsiyetle de SVM modelinin yüksek düzeyde doğru sınıflama oranını sağlayabileceğini gösterdi.

Çalışmamızdaki yaş gruplama performanslarını literatürdeki diğer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırdığımızda; Cattaneo ve ark. (12) ile Machado ve ark.'nın (138) çalışmalarından daha iyi; Deitos ve ark. (154) ile Öztürk'ün (153) çalışmalarına da benzer performans gösterdiği görülmektedir. Borges ve ark. (155) çalışmasında doğru sınıflama oranı üzerinden değil, AUC üzerinden model performanslarını değerlendirmiştir. Borges ve ark. (155) çalışmalarında kullandığı lojistik regresyon modelinin, 18 yaş eşiği için AUC değeri 0,903 dür. Çalışmamızda da yaş sınıflamasında kullandığımız algoritmalarından SVM modelinin AUC değeri 0,865 olarak bulunmuştur. Çalışmamızda, yaş gruplamasında kullandığımız modelin performansı Borges ve ark.'nın (155) yaş gruplama performansı ile de benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızda, literatürdeki çalışmalara benzer şekilde, bazı indekslerde yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır. Ayrıca, indeksler kullanılarak, geliştirilen makine öğrenmesi modelleri ile yaş gruplaması yapılabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızın literatürdeki diğer çalışmalardan önemli farkı ise, yaş gelişiminin fiziksel göstergelerinin daha sınırlı olacağı öngörülen 15-20 yaş aralığında da fotoantropometrik yöntemin yaş tayininde kullanılabileceğini göstermesidir.

6. SONUÇ

Yaşayan bireylerde adli amaçlı yaş tayini yapılırken, tek bir yöntem yerine yöntemlerin kombine kullanılması önerilmektedir. Ancak çocuk cinsel istismar materyali olduğundan şüphelenilen bir görüntüde yaş tayini istenildiğinde durum daha karmaşık hale gelmektedir. Bu durumlarda, yasal düzenlemeler gereği mahkeme ve savcılıklar tarafından görüntüdeki kişilerin çocuk olup olmadığı yani yasal eşik olan 18 yaşın altında olup olmadığının tespiti talep edilmektedir. Yaş tayininde yararlanılan, radyolojik, morfolojik ve histolojik yöntemler yalnızca fotoğraf veya video kaydının bulunduğu bu tip olgularda kullanılamamakta, yalnızca Tanner evrelemesi ile kişilerin pubertal gelişim basamakları değerlendirilerek yaş tayinine gidilmektedir. Ancak pubertal gelişimin, genetik ve çevresel bir çok faktörden etkilenerek bireyler ve toplumlar arasında farklılık gösterdiği ve kasık veya aksillar kıllanma gibi bazı evreleme kriterlerinin bireylerin müdahalesiyle değişebileceği, bu nedenle de yazarın kendisi (17) de dahil olmak üzere, bu yöntemin adli amaçlı yaş tayininde kullanılmasının hatalı sonuçlara yol açabileceği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (9–11,16–18,118,150,151).

Çocuk cinsel istismar materyali şüphesi ile yaş tayini istenilen olgularda kullanılan yöntemin doğruluğu da pratikte son derece önemlidir. Adli tıbbi açıdan bu konuda iki temel hata olabilir. Bunlar; 18 yaşından küçük olanların 18 yaşından büyük olarak tanımlanması veya 18 yaşından büyük olanların küçük olarak tanımlanmasıdır. Sonuçta da mağdur ve/veya faillerin yaşlarının yanlış belirlenmesiyle, faillerin cezasız kalabilmekte; masumlar da haksız yere ÇCİM ile ilgili suçlardan dolayı mahkum olabilmektedir. Bu durum göz önünde bulundurarak, son yıllarda kullanılmaya başlanan fotoantropometrik ölçümlerden yaş tayini üzerine hazırladığımız tez çalışmamızda, literatürde yaşla ilişkili olduğu gösterilen ölçümler ve indeksleri kullanarak hem Türkiye popülasyonu için bir veri elde etmeyi hem de yöntemi Türkiye – Ankara örnekleminde test etmeyi amaçladık.

Çalışmamızda, al-al/se-sn, al-al/se-sto, en-en/se-sn, en-en/se-sto, prn-sn/se-sto, se-prn/se-sn, ch-ch/ft-ft, pu-pu/se-sto, se-sn/ex-ex, se-sn/ft-ft, se-sn/pu-pu, se-sto/ex-ex, se-prn/se-sto indekslerinin hem erkeklerde hem de kızlarda 18 yaş altı ve 18 yaş ve üzeri grupta istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği, se-sn/se-sto (f) indeksi ile se-sto/ft-ft indeksinin ise sırasıyla erkeklerde ve kızlarda 18 yaş altı ve 18 yaş ve üzeri grupta istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği belirlendi. Çalışmamızın sonraki aşamasında

fotoğraflar üzerinden hesaplanan indeksler kullanarak, geliştirilen makine öğrenmesi modelleri ile yaş gruplaması yapıldı. Sonuçlarına bakıldığında, SVM modeli kişilerin %79,9'unu doğru yaş grubuna sınıflandırdı. Aynı model, seçilmiş indeksleri kullanarak ta kişilerin %79,7'sinin doğru yaş grubuna sınıflandırdı.

Çalışmamız sonuçları, fotoantropometrik analizle elde edilen bazı indekslerin, 15-20 yaş arası kız ve erkeklerde 18 yaş altı ile 18 yaş ve üzeri grupta büyüme ile ilişkisinin kurulabileceğini göstermekte olup, indekslerle makine öğrenmesi modelleri kullanarak yapılan yaş gruplaması için de kişilerin yaş gruplarını (18 yaş altı veya 18 yaş ve üzeri) yüksek doğrulukla (%79,9) belirlenebildiğini göstermektedir.

Kısıtlılıklar ve Öneriler

Çalışmamız, her yaştan ve cinsiyetten eşit sayıda katılımcının fotoğrafı ile gerçekleştirilmek üzere planlanmıştı. Ancak fotoğraf çekimi sonunda, katılımcıların cinsiyet dağılımına bakıldığında, 15, 16 ve 17 yaşında erkeklerin; 18, 19 ve 20 yaşında da kızların sayılarının daha fazla olduğu görüldü. Yaş grupları arasında cinsiyet eşitliği sağlanamaması nedeniyle de yaş gruplaması yapılırken cinsiyet bir parametre olarak kullanıldı.

Çalışmamızın diğer bir kısıtlılığı da yeterli örnekleme ulaşabilmek adına, çekim standartları sağlanmış olsa da fotoğrafların farklı ortamlarda çekilmiş olmasıdır.

Ölçümlerin güvenilirliği ile ilgili bir kısıtlılık ta, kişilerin boy farklarından kaynaklanabilecek distorsiyonun sıfırlanamamasıdır. Bu amaçla çekimler sırasında, kişiler yerden yükseklikleri benzer olan sandalyelere oturtulmuş ve sabit yükseklik ayarlı bir tripod kullanılmıştır. Ancak kişilerin boy farkından dolayı, minimal düzeyde distorsiyon olabileceğini düşünüyoruz.

Çalışmamızda, gönüllülerin sosyo ekonomik düzeylerine ve büyüme gelişmeye etki edebilecek diğer parametrelere ilişkin veri toplanmamış ve standart fotoğraflar üzerinden ölçümler alınmıştır. Gelecekteki benzer çalışmalarda büyüme gelişmeyi etkileyebilecek verilerin de toplanarak, yöntemin rastgele çekilmiş fotoğraflar üzerinde de denenmesini öneriyoruz.

KAYNAKLAR

1. Çöloğlu A. Adli Olaylarda Kimlik Belirlemesi. İçinde: Soysal Zeki, akalır C, editörler. Adli Tıp Cilt 1. 1. Baskı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınlarından Rektörlük No:4165 Fakülte No: 224; 1999. s. 73-92.
2. Büken B, Demir F, Büken E. 2001- 2003 yılları arasında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Düzce Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı'na gönderilen yaş tayini olgularının analizi ve adli tıp pratiğinde karşılaşılan güçlükler. Düzce Tıp Fakültesi Dergisi. 2003;5(2):18-23.
3. Hancı İH. Adli Tıp ve Adli Bilimler. Ankara: Seçkin Yayınevi; 2002. 498-528 s.
4. Ritz-Timme S, Cattaneo C, Collins MJ, Waite ER, Schütz HW, Kaatsch HJ, vd. Age estimation: The state of the art in relation to the specific demands of forensic practise. C. 113, Int J Legal Med. 2000. s. 129-36.
5. Büken B. Yaş Tayinlerinde Uygulamada Karşılaşılan Sorunlar. İçinde: Koç S, Can M, editörler. 6 Tıp Hukuku Günleri - Yaş Tayini. İzmir: Adli Tıp Uzmanları Derneği; 2017.
6. Baransel Isır A. Adli Hekimlikte Yaş Tayini. İçinde: Koç S, Can M, editörler. Birinci Basamakta Adli Tıp. 2. Baskı. İstanbul: İstanbul Tabip Odası; 2011. s. 222-34.
7. Gök Ş, Eröler N, Özen C. Adli Tıpta Yaş Tayini. İstanbul: Adli Tıp Kurumu Yayınları; 1985.
8. Özden SY. Adli Tıp El Kitabı. 2. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 1993.
9. Rosenbloom AL. Inaccuracy of age assessment from images of postpubescent subjects in cases of alleged child pornography. Int J Legal Med. 2013;127(2):467-71.
10. Ferguson E, Wilkinson C. Juvenile age estimation from facial images. Sci Justice. 2017;57(1):58-62.

11. Cattaneo C, Ritz-Timme S, Gabriel P, Gibelli D, Giudici E, Poppa P, vd. The difficult issue of age assessment on pedo-pornographic material. *Forensic Sci Int.* 2009;183(1-3):e21-4.
12. Cattaneo C, Obertová Z, Ratnayake M, Marasciuolo L, Tutkuvienė J, Poppa P, vd. Can facial proportions taken from images be of use for ageing in cases of suspected child pornography? A pilot study. *Int J Legal Med.* 2012;126(1):139-44.
13. Türk Ceza Kanunu [Internet]. 5237 T.C. Resmi Gazete; Eyl 26, 2004. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5237.pdf>
14. ICMEC. Child Sexual Abuse Material: Model Legislation & Global Review [Internet]. 2023. Erişim adresi: https://cdn.icmec.org/wp-content/uploads/2023/10/CSAM-Model-Legislation_10th-Ed-Oct-2023.pdf?_gl=1*61x4if*_ga*MTQ3ODQ1NDgzMi4xNjk3OTg4NTQ5*_ga_8KQDFLQTCQ*MTY5Nzk4ODU0OS4xLjAuMTY5Nzk4ODU1Mi41Ny4wLjA.
15. Ali S, Haykal HA, Youssef EYM. Child Sexual Abuse and the Internet: A Systematic Review. *Human Arenas.* 2023;6(2):404-21.
16. Ratnayake M, Obertová Z, Dose M, Gabriel P, Bröker HM, Brauckmann M, vd. The juvenile face as a suitable age indicator in child pornography cases: A pilot study on the reliability of automated and visual estimation approaches. *Int J Legal Med.* 2014;128(5):803-8.
17. Rosenbloom AL, Tanner JM. Misuse of tanner puberty stages to estimate chronologic age. *Pediatrics.* 1998;102(6).
18. Desmangles JC, Lappe JM, Lipaczewski G, Haynatzki G. Accuracy of pubertal tanner staging self-reporting. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2006;19(3):213-21.
19. Machado CEP, Flores MRP, Lima LNC, Tinoco RLR, Franco A, Bezerra ACB, vd. A new approach for the analysis of facial growth and age estimation: Iris ratio. *PLoS One.* 2017;12(7).

20. Jahanbin A, Rashed R, Yazdani R, Shahri NM, Kianifar H. Evaluation of some facial anthropometric parameters in an Iranian population: Infancy through adolescence. *J Craniofac Surg.* 2013;24(3):941-5.
21. Cummaudo M, Guerzoni M, Gibelli D, Cigada A, Obertovà Z, Ratnayake M, vd. Towards a method for determining age ranges from faces of juveniles on photographs. *Forensic Sci Int.* 2014;239:e1-7.
22. Farkas LG, Munro IR. *Anthropometric Facial Proportions in Medicine.* Charles C. Thomas Springfield III; 1986.
23. Schmeling A, Geserick G, Reisinger W, Olze A. Age estimation. *Forensic Sci Int.* 17 Ocak 2007;165(2-3):178-81.
24. Schmeling A, Dettmeyer R, Rudolf E, Vieth V, Geserick G. Forensische altersdiagnostik: Methoden, aussagesicherheit, rechtsfragen. *Dtsch Arztebl Int.* 29 Ocak 2016;113(4):44-50.
25. İşcan MY. Kimliklendirmede antropoloji [Anthropology in identification]. İçinde: Salaçın S, Gülmen MK, Çekin N, Özdemir MH, editörler. *I Adli Bilimler Kongresi Kitabı.* Adana: Çukurova Üniversitesi Basımevi; 1995. s. 96-102.
26. Büken B, Şafak AA, Yazıcı B, Büken E, Mayda AS. Is the assessment of bone age by the Greulich-Pyle method reliable at forensic age estimation for Turkish children? *Forensic Sci Int.* 2007;173(2-3):146-53.
27. Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch HJ, Knell B, Ramsthaler F, vd. Criteria for age estimation in living individuals. *Int J Legal Med.* 2008;122(6):457-60.
28. Ekizoglu O, Hocaoglu E, Inci E, Sayin I, Solmaz D, Bilgili MG, vd. Forensic age estimation by the Schmeling method: computed tomography analysis of the medial clavicular epiphysis. *Int J Legal Med.* 2015;129(1):203-10.
29. Bjelopavlovic M, Reder SR, Fritzen I, Brockmann MA, Hardt J, Petrowski K. Forensic Age Estimation: A Multifactorial Approach in a Retrospective Population Study. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(12).

30. Büken B, Erzenin ÖU, Büken E, Şafak AA, Yazıcı B, Erkol Z. Comparison of the three age estimation methods: Which is more reliable for Turkish children? *Forensic Sci Int.* 2009;183(1-3):e1-7.
31. Kaplan A, Yılmaz H. Kemik Yaşı Tayininde Kullanılan Greulich-Pyle ve Tanner-Whitehouse Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *The Bulletin of Legal Medicine.* 30 Nisan 2020;25(1):6-15.
32. Demirkıran DS, Çelikel A, Zeren C, Arslan MM. Yaş Tespitinde Kullanılan Yöntemler. *Dicle Tıp Dergisi.* 2014;41(1):238-43.
33. Büken B, Büken E, Şafak AA, Yazıcı B, Erkol Z, Mayda AS. Is the “Gök Atlas” Sufficiently Reliable for Forensic Age Determination of Turkish Children? *Turk J Med Sci.* 2008;38(4):319-27.
34. Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy M. J. R, Goldstein H. *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2 Method).* Proc R Soc Med. London and New York: Academic Press; 1975.
35. Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic Atlas Of Skeletal Development Of The Hand And Wrist.* The American Journal Of The Medical Sciences. Stanford: Stanford University Press; 1959.
36. Mughal AM, Hassan N, Ahmed A. Bone age assessment methods: A critical review. *C. 30, Pak J Med Sci.* 2014. s. 211-5.
37. Prokop-Piotrkowska M, Marszałek-Dziuba K, Moszczyńska E, Szalecki M, Jurkiewicz E. Traditional and new methods of bone age assessment-an overview. *J Clin Res Pediatr Endocrinol.* 2021;13(3):251-62.
38. Alshamrani K, Messina F, Offiah AC. Is the Greulich and Pyle atlas applicable to all ethnicities? A systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol.* 2019;29(6):2910-23.
39. Tanner JM. *Growth at adolescence.* 2nd Edition. Growth at adolescence, 2nd ed. Oxford: Blackwell; 1962.

40. Morris LL. Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method). *Australas Radiol.* 2003;47(3).
41. Büken B, Şafak AA, Büken E, Yazici B, Erkol Z, Erzengin ÖÜ. Is the tanner-whitehouse (TW3) method sufficiently reliable for forensic age determination of Turkish children? *Turk J Med Sci.* 2010;40(5):797-805.
42. Taranger J, Karlberg J, Bruning B, Engström I. Standard deviation score charts of skeletal maturity and its velocity in swedish children assessed by the tanner-Whitehouse method (TW2-20). *Ann Hum Biol.* 1987;14(4):357-65.
43. Lejarraga H, Guimarey L, Orazi V. Skeletal maturity of the hand and wrist of healthy Argentinian children aged 4-12 years, assessed by the TWII method. *Ann Hum Biol.* 1997;24(3):257-61.
44. Vignolo M, Milani S, DiBattista E, Naselli A, Mostert M, Aicardi G. Modified Greulich-Pyle, Tanner-Whitehouse, and Roche-Wainer-Thissen (knee) methods for skeletal age assessment in a group of Italian children and adolescents. *Eur J Pediatr.* 1990;149(5):314-7.
45. Beunen G, Lefevre J, Ostyn M, Renson R, Simons J, Van Gerven D. Skeletal maturity in Belgian youths assessed by the Tanner-Whitehouse method (TW2). *Ann Hum Biol.* 1990;17(5):355-76.
46. Vignolo M, Naselli A, Magliano P, Di Battista E, Aicardi M, Aicardi G. Use of the new US90 standards for TW-RUS skeletal maturity scores in youths from the Italian population. *Horm Res.* 1999;51(4):168-72.
47. Ashizawa K, Kumakura C, Zhou X, Jin F, Cao J. RUS skeletal maturity of children in Beijing. *Ann Hum Biol.* 2005;32(3):316-25.
48. Khan KM, Miller BS, Hoggard E, Somani A, Sarafoglou K. Application of Ultrasound for Bone Age Estimation in Clinical Practice. *J Pediatr.* 2009;154(2):243-7.

49. Hermetet C, Saint-Martin P, Gambier A, Ribier L, Sautenet B, Rérolle C. Forensic age estimation using computed tomography of the medial clavicular epiphysis: a systematic review. C. 132, Int J Legal Med. 2018. s. 1415-25.
50. Marroquin Penaloza TY, Karkhanis S, Kvaal SI, Nurul F, Kanagasingam S, Franklin D, vd. Application of the Kvaal method for adult dental age estimation using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). J Forensic Leg Med. 2016;44:178-82.
51. Kvist OF, Dallora AL, Nilsson O, Anderberg P, Berglund JS, Flodmark CE, vd. Comparison of reliability of magnetic resonance imaging using cartilage and T1-weighted sequences in the assessment of the closure of the growth plates at the knee. Acta Radiol Open. 2020;30(9).
52. Yaşar ZF. Dişlerden Yaş Tahmin Metotları: Derleme. İçinde: Demir H, Eraslan Meriç, Güler Ayhan, editörler. Sağlık Bilimlerinde Akademik Çalışmalar 2019/2. 1. Cetinje, Montenegro: Ivpe; 2019. s. 7-28.
53. Yaşar ZF, Erol AS. Diş Antropolojisi. Antropoloji. 2007;22:15-40.
54. Ubelaker DH. Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis, Interpretation. 2nd ed. Washington, D.C.: Taraxacum Pres; 1989.
55. Nayyar AS, Anand Babu B, Krishnaveni B, Vaishnavi Devi M, Gayitri HC. Age estimation: Current state and research challenges. C. 36, Journal of Medical Sciences (Taiwan). 2016. s. 209-16.
56. Vila-Blanco N, Varas-Quintana P, Tomás I, Carreira MJ. A systematic overview of dental methods for age assessment in living individuals: from traditional to artificial intelligence-based approaches. C. 137, Int J Legal Med. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2023. s. 1117-46.
57. Akay G, Atak N, Güngör K, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi A, Ağız Ve Diş Sağlığı Eğitim Hastanesi T, Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi G, vd. Adli Dişhekimliğinde Dişler Kullanılarak Yapılan Yaş Tayini Yöntemleri. EÜ Dişhek Fak Derg. 2018;39(2):73-82.

58. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM, Goldstein H, Tanner JM. A New System of Dental Age Assessment Human Biology A New System of Dental Age Assessment. *Hum Biol.* 1973;45(2):211-27.
59. Nolla CA. The development of the permanent teeth. *J Dent Child.* 1960;Fourth Qua:254-66.
60. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *Int J Legal Med.* 2006;120(1):49-52.
61. Schour I, Massler M. The development of the human dentition. 2nd ed. *J Am Dent Assoc.* Chicago: American Dental Association; 1944.
62. Harris MJ, Nortjé CJ. The mesial root of the third mandibular molar. A possible indicator of age. *J Forensic Odontostomatol.* 1984;2(2):39-43.
63. Brothwell D.R. Dental Anthropology. *American Anthropologist.* Symposium Publications Division, Pergamon Press; 1963.
64. Pinto PHV, Fares LC, Silva RHA da. Dental age estimation by cementum incremental lines counting: A systematic review and meta-analysis. C. 341, *Forensic Sci Int.* 2022.
65. Gustafson G, Malmö DO. Age determination on teeth. *The Journal of the American Dental Association.* 1950;41(1):45-54.
66. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int.* 1995;74(3):175-85.
67. Drusini AG. The coronal pulp cavity index: A forensic tool for age determination in human adults. *Cuad Med Forense.* 2008;14(53-54):235-49.
68. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Variations in Pulp/Tooth Area Ratio as an Indicator of Age: a Preliminary Study. *J Forensic Sci.* 2004;49(2):317-9.
69. Kerley ER. The microscopic determination of age in human bone. *Am J Phys Anthropol.* 1965;23(2):149-63.

70. İşcan MY. Age Markers in the Human Skeleton. Springfield: Charles C. Thomas; 1989.
71. Zolotenkova G V., Rogachev AI, Pigolkin YI, Edelev IS, Borshchevskaya VN, Cameriere R. Age Classification in Forensic Medicine Using Machine Learning Techniques. *Sovrem Tekhnologii Med.* 2022;14(1):15-22.
72. Stout SD, Paine RR. Histological age estimation using rib and clavicle. *Am J Phys Anthropol.* 1992;87(1):111-5.
73. Kerley ER, Ubelaker DH. Revisions in the microscopic method of estimating age at death in human cortical bone. *Am J Phys Anthropol.* 1978;49(4):545-6.
74. Kierszenbaum AL. Histology and cell biology: an introduction to pathology. Mosby Inc. 2007.
75. Akyıldız EÜ, Akı H, Çelik S. Adli Otopsilerde Kemik İliğinde Yaşa Bağlı Sellülarite Değişiklikleri. *The Bulletin of Legal Medicine.* 2003;8(3):75-7.
76. Isır AB, Bakır K, Uçak R, Dülger HE. AgNOR Yöntemi ile İnsan Epidermisinden Yaş Tespiti. *Fırat Tıp Dergisi.* 2004;9(3):75-8.
77. Kirkeby S, Garbarsch C. Histochemical Studies of the Masseter, the Temporal and Small Zygomaticomandibular, and the Temporomandibular Masticatory Muscles from Aged Male and Female Humans. Fiber Types and Myosin Isoforms. *Cranio.* 2001;19(3):174-82.
78. Deren Ç. Adli antropolojide yaş tahmini metodları. *Antropoloji.* 2018;35(35):35-54.
79. Stewart TD. Essentials of Forensic Anthropology, Especially As Developed in the United States. Springfield, Ill: Charles C. Thomas. 1979.
80. Fazekas Gy. I, Kosa F. Forensic fetal osteology. Budapest: Akadémiai Kiadó; 1978.
81. Garvin HM, Passalacqua N V., Uhl NM, Gipson DR, Overbury RS, Cabo LL. Developments in Forensic Anthropology: Age-at-Death Estimation. İçinde: Dirkmaat

- DC, editör. A Companion to Forensic Anthropology. John Wiley & Sons; 2012. s. 202-23.
82. Abacı A, Çatlı G, Aydın M. Normal Puberte ve Pubertal Bozukluklar. İçinde: Çocuk Sağlığı ve Hastalıklarında Tanı ve Tedavi Kılavuzları (4). 2014. s. 1-20.
83. Cameron N, Martin DD. Assessment of Maturation: Bone Age and Pubertal Assessment. İçinde: Glorieux FH, Pettifor JM, Jüppner H, editörler. Pediatric Bone. Second Edition. Academic Press; 2012. s. 343-59.
84. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. Arch Dis Child. 1970;45(239):13-23.
85. Marshall WA, Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. Arch Dis Child. 1969;44(235):291-303.
86. IOCTA. Europol: Internet Organised Crime Threat Assessment (IOCTA) 2021 [Internet]. C. 2021, Computer Fraud & Security. 2021. Erişim adresi: https://www.europol.europa.eu/cms/sites/default/files/documents/internet_organised_crime_threat_assessment_iocta_2021.pdf
87. Interagency Working Group. Terminology Guidelines for the Protection of Children from Sexual Exploitation and Sexual Abuse [Internet]. C. 3, Institutionalised Children Explorations and Beyond. 2016. Erişim adresi: <https://ecpat.org/wp-content/uploads/2021/05/Terminology-guidelines-396922-EN-1.pdf>
88. Taneri G. Müstehcenlik Suçu. ERÜHFD. 2018;13(1):561-624.
89. Turinay FY. Müstehcenlik Suçunun Hukuka Aykırılık Unsuru Bakımından Edebi Eserler. Ankara Barosu Dergisi. 2019;4:77-138.
90. Çocuk Haklarına Dair Sözleşme [Internet]. Erişim adresi: <https://www.unicef.org/turkiye/çocuk-haklarına-dair-sözleşme>
91. General Assembly of the United Nations. Optional Protocol to the Convention on the Rights of the Child on the Sale of Children, Child Prostitution and Child Pornography. Human Rights Instruments <https://www.ohchr.org/en/instruments->

mechanisms/instruments/optional-protocol-convention-rights-child-sale-children-child; 2000.

92. ILO. Convention concerning the Prohibition and Immediate Action for the Elimination of the Worst Forms of Child Labour . 182 Geneva: https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C182; 1999.
93. Lanzarote Committee. Lanzarote Convention. Council of Europe <https://www.coe.int/en/web/children/lanzarote-convention>; 2007.
94. Budapest Convention On Cybercrime. Council Of Europe, 185 <https://www.coe.int/en/web/cybercrime/the-budapest-convention>; 2001.
95. Wells M, Finkelhor D, Wolak J, Mitchell KJ. Defining Child Pornography: Law Enforcement Dilemmas in Investigations of Internet Child Pornography Possession 1 . Police Practice and Research. 2007;8(3):269-82.
96. Tistarelli M, Bicego M, Grosso E. Dynamic face recognition: From human to machine vision. Image Vis Comput. 2009;27(3):222-32.
97. Martos R, Valsecchi A, Ibáñez O, Alemán I. Estimation of 2D to 3D dimensions and proportionality indices for facial examination. Forensic Sci Int. 2018;287:142-52.
98. Moreton R, Morley J. Investigation into the use of photoanthropometry in facial image comparison. Forensic Sci Int. 2011;212(1-3):231-7.
99. Sağır S. Fotoğraflardan ve Yüz Üzerinden Alınan Antropometrik Ölçülerden Kimlik Tespiti ve Cinsiyet Tayini. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi. 2018;58(1):882-904.
100. Taister MA, Holliday SD, Borrmman HIM. Comments on Facial Aging in Law Enforcement Investigations. Forensic Science Communications. 2000;2(2).
101. Davis J, Valentine T, Wilkinson C. Facial Image Comparison. İçinde: Craniofacial Identification. 2012.

102. Alagüney AH. Fotoantropometri yönteminin adli yüz karşılaştırmalarında kullanımı. *Antropoloji*. 2015;29:117-30.
103. Liberton DK, Mishra R, Beach M, Raznahan A, Gahl WA, Manoli I, vd. Comparison of Three-Dimensional Surface Imaging Systems Using Landmark Analysis. *J Craniofac Surg*. 2019;30(6):1869-72.
104. Wong JY, Oh AK, Ohta E, Hunt AT, Rogers GF, Mulliken JB, vd. Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images. *Cleft Palate Craniofac J*. 2008;45(3):232-9.
105. Kukharev GA, Kaziyeva N. Digital Facial Anthropometry: Application and Implementation. *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2020;30(3):496-511.
106. İşcan MY, Loth SR. Photo Image Identification. İçinde: Siegel J, Saukko P, Knupfer G, editörler. *Encyclopedia of Forensic Sciences*. London: Academic Press; 2000. s. 795-807.
107. Çöloğlu AS. Forensic analysis of the skull: Craniofacial analysis, reconstruction, and identification. *Forensic Sci Int*. 1995;71(3).
108. Vanezis P, Lu D, Cockburn J, Gonzalez A, McCombe G, Trujillo O, vd. Morphological Classification of Facial Features in Adult Caucasian Males Based on an Assessment of Photographs of 50 Subjects. *J Forensic Sci*. 1996;41(5):786-91.
109. Aulsebrook WA, İşcan MY, Slabbert JH, Becker P. Superimposition and reconstruction in forensic facial identification: a survey. *Forensic Sci Int*. 1995;75(2-3):101-20.
110. Porter G, Doran G. An anatomical and photographic technique for forensic facial identification. *Forensic Sci Int*. 2000;114(2):97-105.
111. Jantz RL. Review of: Computer-Graphic Facial Reconstruction. *J Forensic Sci*. 2007;52(1).
112. Uljaszek SJ, Mascie-Taylor CGN. *Anthropology: The Individual and the Population*. Cambridge University Press.; 1994.

113. Cameron N. The Methods of Auxological Anthropometry. İçinde: Falkner F, Tanner JM, editörler. Human Growth - Postnatal Growth. New York: Springer Science+Business Media; 1978. s. 35-90.
114. Ünlütürk Ö. Vertebralarda Metrik Varyasyon [Doktora Tezi]. [İstanbul]: İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü; 2008.
115. Krishan K. Anthropometry in Forensic Medicine and Forensic Science- “Forensic Anthropometry”. The Internet Journal of Forensic Science. 2006;2(1).
116. Şahiner Y. Erkek ve Bayanlarda Kafatası Kemiğinden Geometrik Morfometri Metoduyla Cinsiyet Tayini [Yüksek Lisans Tezi]. [Konya]: Selçuk Üniversitesi ; 2007.
117. Ballytyne JW. The Teratological Records of Chaldea. İçinde: Teratologica. 1984. s. 1-127.
118. Güngörmüş S. İnsan Yüzü ve Fotoğraflardan Alınan Antropometrik Ölçülerle Kimlik Tespiti ve Cinsiyet Tayini [Yüksek Lisans Tezi]. [Ankara]: Ankara Üniversitesi; 2008.
119. Günay Işın. Kimlik Tayininde Röntgen ve Fotoğraf Çakıştırma Metodu Üzerine Bir Deneme [Doktora Tezi]. [Ankara]: Ankara Üniversitesi; 2010.
120. Neyzi O, Saka N. Türk çocuklarında antropometrik araştırmalar. Journal of Istanbul Faculty of Medicine. 2002;65(3):211-28.
121. Ramanathan N, Chellappa R. Modeling age progression in young faces. İçinde: Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2006.
122. Mahdi E. Assessment of Facial and Cranial Development and Comparison of Anthropometric Ratios. J Craniofac Surg. 2012;23(2):e75-83.
123. Ghoddousi H, Edler R, Haers P, Wertheim D, Greenhill D. Comparison of three methods of facial measurement. Int J Oral Maxillofac Surg. 2007;36(3):250-8.

124. Düppe K, Becker M, Schönmeyr B. Evaluation of Facial Anthropometry Using Three-Dimensional Photogrammetry and Direct Measuring Techniques. *J Craniofac Surg.* 2018;29(5):1245-51.
125. İscan MY. Craniofacial Image Analysis and Recognition. İçinde: İscan MY, Helmer RP, editörler. *Forensic Analysis of the Skull: Craniofacial Analysis, Reconstruction, and Identification.* New York: John Wiley; 1993. s. 1-9.
126. Kleinberg KF, Vanezis P, Burton AM. Failure of anthropometry as a facial identification technique using high-quality photographs. İçinde: *Journal of Forensic Sciences.* 2007.
127. Farkas LG. Accuracy of anthropometric measurements: Past, present, and future. *The Cleft Palate Craniofacial Journal.* 1996;33(1):10-22.
128. Schaaf H, Wilbrand JF, Boedeker RH, Howaldt HP. Accuracy of photographic assessment compared with standard anthropometric measurements in nonsynostotic cranial deformities. *Cleft Palate-Craniofacial Journal.* 2010;47(5):447-53.
129. Driessen JP, Vuyk H, Borgstein J. New insights into facial anthropometry in digital photographs using iris dependent calibration. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2011;75(4):579-84.
130. Becker M, Svensson H, Jacobsson S. Clinical examination compared with morphometry of digital photographs for evaluation of repaired cleft lips. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 1998;32(3):301-6.
131. Alves YB, Falcão TN, Fernandes LM, Nóbrega JBM da, Lima LNC, Machado CEP, vd. A fotoantropometria como método de análise facial para estimativa de idade forense: revisão sistemática. *Research, Society and Development.* 2021;10(2).
132. Celikoyar MM, Pérez MF, Akbaş MI, Topsakal O. Facial Surface Anthropometric Features and Measurements With an Emphasis on Rhinoplasty. *Aesthet Surg J.* 2022;42(2):133-48.
133. Farkas LG, Bryson W, Klotz J. Is photogrammetry of the face reliable? *Plast Reconstr Surg.* 1980;66(3):346-55.

134. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G. Forensic age diagnostics of living people undergoing criminal proceedings. *Forensic Sci Int.* 2004;144(2-3):243-5.
135. Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, vd. The problem of aging human remains and living individuals: A review. *Forensic Sci Int.* 2009;193(1-3):1-13.
136. Cummaudo M, Guerzoni M, Marasciuolo L, Gibelli D, Cigada A, Obertovà Z, vd. Pitfalls at the root of facial assessment on photographs: A quantitative study of accuracy in positioning facial landmarks. *Int J Legal Med.* 2013;127(3):699-706.
137. Stavrianos C, Zouloumis L, Papadopoulos C, Emmanouil J, Petalotis N, Tsakmalis P. Facial mapping: Review of current methods. *Res J Med Sci.* 2012;6(2):77-82.
138. Machado CEP, Santiago BM, Lima LNC, Gonzales PS, Franco A, Vidal F de B, vd. Applicability of a pre-established set of facial proportions from frontal photographs in forensic age estimation of a Brazilian population. *Forensic Sci Int.* 2019;301:e1-7.
139. Farkas LG. *Anthropometry of the head and face in medicine.* New York: Elsevier; 1981.
140. Martin R, Saller K. *Lehrbuch der Anthropologie Band 1.* 3rd ed. Stuttgart: G. Fisher; 1957.
141. Knussmann R, Barlett HL. *Anthropologie.* Herausgegeben von Rainer Knussmann ; mit Beiträgen von H.L. Barlett ... [et al.]. Band 1, Wesen und Methoden der Anthropologie. Teil 1 , Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden. Stuttgart: Fischer; 1988.
142. V. Malkoçoğlu AB. Akut Lenfoblastik Lösemi Hücrelerinin Derin Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması [Yüksek Lisans Tezi]. [Samsun]: Ondokuz Mayıs Üniversitesi; 2020.
143. Sathya R, Abraham A. Comparison of Supervised and Unsupervised Learning Algorithms for Pattern Classification. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence.* 2013;2(2):34-8.

144. Saravanan R, Sujatha P. A State of Art Techniques on Machine Learning Algorithms: A Perspective of Supervised Learning Approaches in Data Classification. İçinde: Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2018. 2019.
145. Schmidhuber J. Deep Learning in neural networks: An overview. C. 61, Neural Networks. 2015. s. 85-117.
146. Sokolova M, Lapalme G. A systematic analysis of performance measures for classification tasks. Inf Process Manag. 2009;45(4):427-37.
147. Suresh S, Newton DT, Everett TH, Lin G, Duerstock BS. Feature Selection Techniques for a Machine Learning Model to Detect Autonomic Dysreflexia. Front Neuroinform. 2022;16.
148. Chen RC, Dewi C, Huang SW, Caraka RE. Selecting critical features for data classification based on machine learning methods. J Big Data. 2020;7(1).
149. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. J Chiropr Med. 2016;15(2):155-63.
150. Kutz TJ. Tanner staging and pornography. Pediatrics. 1999;104(4):995-6.
151. Bednarek J. Problems associated with chronological age estimation of children exploited in child pornography production. C. 56, Archiwum medycyny sądowej i kryminologii. 2006. s. 149-54.
152. Porto LF, Lima LNC, Franco A, Pianto D, Machado CEP, Vidal F de B. Estimating sex and age from a face: a forensic approach using machine learning based on photo-anthropometric indexes of the Brazilian population. Int J Legal Med. 2020;134(6):2239-59.
153. Öztürk AF. Fotoantropometri Yöntemi İle Sağlıklı Çocukların Yüzleri Üzerindeki Referans Noktalarından Yaş Gruplaması Ve Yaş Tahmini [Doktora Tezi]. [Ankara]: Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2022.

154. Deitos AR, Lima LNC, Santos TPM, Franco A, Vidal F de B, Daruge E, vd. Age assessment by using facial photo-anthropometry in a Brazilian population. *Forensic Science International: Reports*. 2020;2.
155. Borges DL, Vidal FB, Flores MRP, Melani RFH, Guimarães MA, Machado CEP. Photoanthropometric face iridial proportions for age estimation: An investigation using features selected via a joint mutual information criterion. *Forensic Sci Int*. 2018;284:9-14.

EK

ETİK KURUL ONAYI

Evrak Tarih ve Sayısı: 14.09.2022-159993



1993

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu

Sayı : E-94603339-604.01.02-159993
Konu : Proje Onayı

14.09.2022

ADLİ TIP ANABİLİM DALINA

Anabilim Dalınızda görev yapmakta olan Arş. Gör. Dr. Furkan Şan tarafından yürütülecek olan KA22/347 nolu "Adölesanlarda görüntüden yaş tayini" başlıklı araştırma projesi Kurulumuz ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 07/09/2022 tarih ve 22/164 sayılı kararı ile uygun görülmüştür. Projenin başlama tarihi ile çalışmanın sunulduğu kongre ve yayımlandığı dergi konusunda Kurulumuza bilgi verilmesini rica ederim.

Not: Çalışma bildiri ve/veya makale haline geldiğinde "Gereç ve Yöntem" bölümüne aşağıdaki ifadelerden uygun olanının eklenmesi gerekmektedir.

— Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Etik Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no:...) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir.

— This study was approved by Baskent University Institutional Review Board and Ethics Committee (Project no:...) and supported by Baskent University Research Fund.

Prof. Dr. Hakan ÖZKARDEŞ
Kurul Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSDB47UPVP

Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/baskent-universitesi-ebys>

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. Belge Doğrulama Kodu :BSDB47UPVP

Telefon No:0 312 212 90 65 Faks No:0 312 221 37 59
e-Posta:arastirma@baskent.edu.tr İnternet Adresi:www.baskent.edu.tr
Kep Adresi:baskentuniversitesi@hs02.kep.tr

Bilgi için: LİLİFER TAŞBİLEK

Sekreter

Telefon No: 2129065-2228

