

BESTE YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2023-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

**YÜZ İFADELERİNİN ANALİZİNDE KULLANILAN
DERİNLİK SENSÖRLERİNİN ALTIN STANDART
OPTO ELEKTRONİK HAREKET ANALİZ SİSTEMİ
KULLANILARAK GÜVENİLİRLİĞİNİN TEST
EDİLMESİ**

Beste YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2023-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

**YÜZ İFADELERİNİN ANALİZİNDE KULLANILAN
DERİNLİK SENSÖRLERİNİN ALTIN STANDART
OPTOELEKTRONİK HAREKET ANALİZ SİSTEMİ
KULLANILARAK GÜVENİLİRLİĞİNİN TEST
EDİLMESİ**

Beste YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç Dr. Umut ÖZSOY

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından TYL-2022-6198 proje numarası ile desteklenmiştir.

“Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

2023-ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Anatomi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. .../...../....

İmza

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Umut ÖZSOY
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Nigar KELEŞ ÇELİK
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Prof.. Dr. Özer Erdem GÜR
Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Beste YILMAZ

İmza

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Umut ÖZSOY

İmza

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans eğitimin ve tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimleri ile desteğini üzerimden hiç esirgemeyen, tüm yardımlarını canıgönülden sunan, tecrübeleri ışığında bana yol gösteren ve planlı, disiplinli çalışması ile örnek alınması gereken tez danışmanım Doç. Dr. Umut ÖZSOY'a

Anatomi Anabilim Dalındaki tüm değerli hocalarım ve asistan arkadaşlarıma

Çalışmaya dahil edilen bireylerin ölçümleri sırasında çalışmama katkıda bulunan Araş.Gör. Yılmaz YILDIRIM ve Öğr. Gör. Dr. Ege ALKAN'a

Ve ayrıca hayatımın her anında sevgi ve desteklerini hiç esirgemeyen sevgili annem Rukiye YILMAZ, babam Birol YILMAZ ve kardeşim Buğra YILMAZ'a sevgi ve saygılarımı sunar, teşekkür ederim.

ÖZET

Amaç: Fasiyal felç gibi yüz hareketlerinin kısmen veya tamamen kaybına neden olan hastalıkların şiddetini belirlemede ve uygulanan tedavilerin etkinliğini değerlendirmede nicel ve güvenilir veriler sunan uluslararası kabul görmüş bir yöntem bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, yüz hareketlerinin şiddetini belirleyebilen derinlik sensör tabanlı bir sistemin, altın standart kabul edilen markır tabanlı optoelektronik hareket analiz sistemine göre uyumunu ve güvenilirliğini test etmektir.

Yöntem: Çalışmaya 100 sağlıklı gönüllü (50 kadın, 50 erkek) dahil edilmiştir. Gülme, ağız açma, kaş kaldırma, kaş çatma, göz kapama ve ıslık çalma hareketleri sırasında Kinect V2 derinlik sensörü kullanılarak hareketler kaydedilmiştir. Sensörle altın standart kabul edilen markır tabanlı optoelektronik hareket analiz sistemi arası uyum Bland-Altman yöntemiyle, güvenilirlik ise intraklas korelasyon katsayısı (ICC) kullanılarak eş zamanlı alınan kayıtlar karşılaştırılarak istatistiksel olarak test edilmiştir.

Bulgular: Bland-Altman testi ile elde edilen sistemler arası ölçüm farkı (bias), gülme için 2.7, ağız açma için -0.9 ve kaş kaldırma için -1.8, ve göz kapama için -1.7, kaş çatma için 20.8 ve ıslık çalma için 11.6 olarak tespit edildi. Ayrıca bütün hareketlerde ölçümlerin tamamına yakını %95 güven aralığı içinde olduğu belirlendi. ICC verileri ise gülme (0.70), ağız açma (0.66) ve kaş kaldırma (0.63) hareketlerinin orta derecede güvenilirlik gösterirken, kaş çatma (0.46), göz kapama (-0.43) ve ıslık çalma (0.004) hareketlerinin zayıf güvenilirlik gösterdiğini belirlemiştir.

Sonuç: Bulgularımız, derinlik sensörünün gülme, ağız açma ve kaş kaldırma yüz ifadelerinin analizinde doğruluk ve uyum yönünden daha başarılı analizler yapabildiğini göstermektedir. Ancak, sistemin klinik kullanımının, hastalar üzerinde yapılacak uzun dönem takiplerle test edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Derinlik sensörleri, yüz ifadeleri, hareket analizi, güvenilirlik, uyum

ABSTRACT

Objective: There is currently no internationally accepted method for quantitatively and reliably determining the severity of diseases that cause partial or complete loss of facial movements, such as facial paralysis, or for evaluating the effectiveness of treatments. This study aims to evaluate the agreement and reliability of a depth sensor-based system in determining the intensity of facial movements compared to the gold standard marker-based optoelectronic motion analysis system.

Method: The study involved 100 healthy volunteers (50 females and 50 males). The movements during smiling, mouth opening, eyebrow-raising, frowning, eye closing, and whistling were recorded using the Kinect V2 depth sensor. The agreement between the sensor and the gold standard marker-based optoelectronic motion analysis system was statistically tested using the Bland-Altman method. Reliability was also tested by comparing simultaneous recordings using the intraclass correlation coefficient (ICC).

Results: The Bland-Altman test revealed an inter-system measurement bias of 2.7 for smiling, -0.9 for mouth opening, -1.8 for eyebrow-raising, -1.7 for eye closing, 20.8 for frowning, and 11.6 for whistling. Furthermore, all measurements were within the 95% confidence interval for all movements. The ICC data revealed that smiling (0.70), mouth opening (0.66), and eyebrow-raising (0.63) demonstrated moderate reliability. Conversely, frowning (0.46), eye closing (-0.43), and whistling (0.004) exhibited poor reliability.

Conclusion: Our findings indicate that the depth sensor can accurately analyze facial expressions of smiling, mouth opening, and eyebrow-raising with better reliability and agreement. However, the clinical application of the system requires long-term follow-up on patients.

Keywords: Depth sensors, facial expressions, motion analysis, reliability, agreement

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Yüz ve Yüz Anatomisi	3
2.1.1 Kafa Kemikleri	3
2.1.2 Yüz Kasları	3
2.2 Yüz Asimetrisi	5
2.3 Fasiyal Paralizi	7
2.3.1 Santral Fasiyal Paralizi	7
2.3.2 Periferik Fasiyal Paralizi	7
2.3.3 Fasiyal Paralizi Tanı ve Değerlendirmesi	8
2.4 Yüz Asimetrisi Değerlendirme Yöntemleri	10
2.4.1 Klinik İnceleme	11
2.4.2 İki Boyutlu Görüntüleme Yöntemleri	11
2.4.3 Üç boyutlu İnceleme Yöntemleri	11
3. GEREÇ ve YÖNTEM	18
3.1 Değerlendirilen Yüz Hareketleri	18
3.2 Üç Boyutlu Optoelektronik İşaret Tabanlı Hareket Analiz Sistemi	20

3.3	Yüz Yumuşak Dokusundaki Yer İşaretlerine Pasif Yansıtıcılı Markır Yerleştirme	20
3.4	Yüz Hareketlerinin Derinlik Sensörü Kullanarak Kaydedilmesi	21
3.5	Yüz Hareketlerinin Markır Tabanlı Sistemle Analizi	23
3.6	Markır Tabanlı Sistem için Kinematik Model Oluşturulması	23
3.7	Markır Tabanlı Sistem için Hareket Analizi Protokolünün Oluşturulması	24
3.8	Derinlik Sensörü ile Veri Analizi	29
3.9	İstatistiksel Analiz	30
4.	BULGULAR	32
4.1	Demografik Bilgiler	32
4.2	Metotlar Arası Uyumun Test Edilmesi	32
4.3	Metodların Güvenilirliğinin Test Edilmesi	34
5.	TARTIŞMA	37
5.1	Derinlik sensörü ve Stereofotografometri Cihazının Karşılaştırılması	37
5.2	Derinlik Sensörleri Kullanılarak Yapılmış Hareket Analizi Çalışmaları	39
5.3	Optoelektronik Sistemler ile Yapılmış Hareket Analizi Çalışmaları	40
6.	SONUÇ ve ÖNERİLER	44
	KAYNAKLAR	45
	ÖZGEÇMİŞ	51

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Katılımcıların Demografik Bilgileri	32
Tablo 4.2. Markır tabanlı optoelektronik hareket yakalama sistemi metot içi güvenilirlik	34
Tablo 4.3. Derinlik sensörü içi güvenilirlik	34
Tablo 4.4. Markır tabanlı optoelektronik hareket yakalama sistemi vs. Derinlik sensörü metotlar arası güvenilirlik	35
Tablo 4.5. İki sisteme ait genel özelliklerin karşılaştırılması	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yüzdeki asimetrielerin gelişiminde etkili olan faktörler	6
Şekil 2.2. House-Brackmann Evrelemesi	9
Şekil 2.3. Sunnybrook Fasiyal Paralizi Evrelemesi	10
Şekil 2.4. Hareket Analiz Sistemleri	13
Şekil 3.1. Kullanılan yüz hareketleri	19
Şekil 3.2. Yüz yumuşak dokusuna yerleştirilen pasif yansıtıcı markırlar	21
Şekil 3.3. Eş zamanlı optoelektronik markır tabanlı hareket analiz sistemi ve derinlik sensörü ile gülme hareketinin kaydedilmesi	22
Şekil 3.4. Derinlik sensörü kullanılarak Brekel Face V2 yazılımı ile gülme hareketinin kaydedilmesi	23
Şekil 3.5. Yüz hareketleri için oluşturulan model	24
Şekil 3.6. Protokolde noktaların interpolasyon, filtreleme smooth ve grafik ortalaması işlemi	26
Şekil 3.7. Protokolde yer değiştirme mesafesinin hesaplanması işlemi	27
Şekil 3.8. Gülme hareketinin 5 tekrar boyunca maximuma (A) ve minimuma (B) ulaştığı anların belirlenme işlemi	28
Şekil 3.9. Tekrarlı hareket grafikleri	29
Şekil 3.10. Brekel V2 yazılımından .csv uzantısı ile çekilen verilerden elde edilen grafik ve 5 minimum ve 5 maximum değer belirlenmesi işlemi	30
Şekil 4.1. Her iki cihazla elde edilen ölçümler arası farklara karşı ölçümlerin ortalama değerlerini gösteren Bland-Altman grafikleri	33

SİMGELER VE KISALTMALAR

3B	: Üç Boyutlu
AA	: Ağız Açma
EMG	: Elektromiyografi
GK	: Göz Kapama
GU	: Gülme
ICC	: İnterclass Korelasyon Katsayısı
IR	: Infrared
IS	: Işık Çalma
KC	: Kaş Çatma
KK	: Kaş Kaldırma
LED	: Light-Emitting Diode, Işık Yayan Diyot
M.	: Musculus
MR	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
MS	: Microsoft
N.	: Nervus
NET	: Sinir Uyarılabilirlik Testi
RGB	: Red, Green, Blue
RMS	: Root Mean Square
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
SS	: Standart Sapma
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi

1. GİRİŞ

Yüz ifadeleri, bireylerin dış dünya ile iletişim kurmalarında kritik bir rol oynayan önemli bir araçtır. Bu nedenle, yüz ifadelerinde meydana gelen bozukluklar, genellikle önemli sosyal ve ekonomik zorluklara yol açmaktadır (Hotton ve ark., 2020). Bu bağlamda, yüz hareket bozukluklarının düzeltilmesi hem bireylerin yaşam kalitesini artırmak hem de toplumsal etkileşimlerini optimize etmek açısından son derece önemlidir.

Yüz hareketlerindeki bozuklukların belirlenmesi ve tedavi sürecinin klinik açıdan takip edilmesi, genellikle yaygın olarak kullanılan ancak subjektif olabilen skorlama yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir (Bruins ve ark., 2021). Bu nedenle, objektif ve kantitatif analiz yöntemlerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır (Volk ve ark., 2021). Birçok analiz yöntemi geliştirilmiş olmasına rağmen, uluslararası kabul görmüş bir standart metod henüz mevcut değildir.

Yüz hareketlerini gerçekleştiren kaslar, diğer vücut bölgelerinde bulunan kaslardan farklı olarak kemikte başlayıp ciltte sonlanan yapıdadırlar (Cattaneo ve ark., 2014). Bu özellikleri, yüz ifadelerinin karmaşık morfolojik değişikliklerle meydana gelmesine olanak tanır (Ekman ve ark., 1979). Bu karmaşıklık, yüz hareketlerinin analizi için sofistike yöntemlere duyulan ihtiyacı artırmaktadır.

Teknolojinin gelişimi ile, ışık tabanlı tarayıcılar ve optoelektronik hareket analiz sistemleri gibi sofistike sistemler, yüz ifadelerinin analizi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Sarhan ve ark., 2023). Optoelektronik hareket analiz sistemleri, cilde yapıştırılan pasif yansıtıcı markırları kızıl ötesi kameralarla üç boyutta takip etme yeteneğine sahip, yüksek hassasiyet ve doğruluk seviyelerine ulaşabilen ve bu nedenle altın standart olarak kabul edilen sistemlerdir. Markır tabanlı hareket analiz sistemlerinin, yüz hareketlerinin değerlendirilmesinde yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağlaması nedeniyle, fasiyal sinir cerrahilerinin çıktılarının değerlendirilmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Hontanilla ve ark., 2008) Markır tabanlı sistemlerle yapılan değerlendirmeler, sinir grefti ile gerçekleştirilen fasiyal sinir onarımı sonrasında operasyon geçiren tarafın hareket yoğunluğundaki artışı ve asimetrisinin azalmasını belirleme konusunda başarılı olmuştur (Sforza ve ark., 2014). Ayrıca, markır tabanlı

sistemlerin sunduğu hareket verisinin House-Brackmann skoru ile korele olduğu bildirilmiş ve yüz hareketlerindeki azalmanın klinik derece artışıyla ilişkilendirilmiştir (Sforza ve ark., 2012). Ancak, bu sistemlerin yüksek maliyetleri, deneyimli operatör gereksinimleri ve cilde yapıştırılan markırlerin kullanımı nedeniyle zaman alıcı olmaları ve hasta konforunu olumsuz etkilemeleri gibi zorlukları bulunmaktadır. Bu nedenle, araştırmacılar, markır kullanımını gerektirmeyen sistemlerin geliştirilmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yürütmektedirler.

Son yıllarda yapay zekâ teknolojisindeki ilerlemeler, derinlik sensör tabanlı sistemlerin bu alanda kullanımını mümkün kılmıştır (Taeger ve ark., 2021). Söz konusu sistemler sahip oldukları kızılötesi projektör, derinlik sensörü ve renkli kameraları ile yüz hareketlerini üç boyutta dinamik olarak yakalama kabiliyetine sahiptirler (Galna ve ark., 2014). Bu sensörler, maliyet, ölçüm ve analiz hızı, hasta konforu, ulaşılabilirlik ve kullanıcı dostu olma avantajları nedeniyle tercih edilmektedir.

Derinlik sensörleri kullanılarak yüz ifadeleri sırasında her iki yüz tarafındaki hareket yoğunluğunu tespit edip karşılaştırarak hareketin asimetrisini belirleme imkanı vardır (Gaber ve ark., 2015; Schatz ve ark., 2016). Benzer şekilde, cep telefonları üzerindeki derinlik sensörleri, geliştirilen uygulamalar aracılığıyla fasiyal felçli hastaların yüz hareketleri sırasında gösterdikleri asimetrisinin belirlenmesine yardımcı olabilmektedir (Taeger ve ark., 2021). Derinlik sensörleri ile elde edilen verilerin, Emotrics gibi fasiyal felç skrolama araçları ile uyumlu sonuçlar sunduğu da bildirilmiştir (Raj ve ark., 2020). Ayrıca, sensörlerin yüzey tarama işleviyle kullanılması, morfolojideki değişimin yüzey tarama cihazları ile elde edilen sonuçlarla benzerliklerini ortaya koymuştur (Ten Harkel ve ark., 2017; Ten Harkel ve ark., 2020).

Literatürde, derinlik sensörleri ile elde edilen yüz ifadesi verilerinin, hareket analiz sistemleri ile elde edilen verilerle karşılaştırıldığını inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Hareketi dinamik bir şekilde izleyerek değerlendiren hareket analiz sistemleri, hareketin doğası hakkında daha fazla bilgi sağlama potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, çalışmamızda, hareket analizinde altın standardı olarak kabul edilen markır tabanlı opto-elektronik hareket analiz sistemi kullanılarak derinlik sensörlerinin güvenilirliği ve uyumu test edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Yüz ve Yüz Anatomisi

Yüz başımızın anteroinferior kısmını oluşturan anatomik bir bölümdür. Yüz bölgesi alında saç sınırının alt kısmı, yanlarda saç sınırının iç-yan kısmı, kulaklar ve corpus mandibula'nın alt kenarı ile sınırlandırılarak tanımlanmaktadır (Şakul ve ark., 2009). Yüz, canlılar için sözsüz iletişimde en güçlü kanallardan biridir. Yüz ifadesi; kişinin duygularını ve ağrı gibi durumlarını dışa yansıtabilmesini sağlar. Yüz ifadelerinin gerçekleştirebilmesi için çok sayıda yüz kasının koordineli bir şekilde çalışması gerekmektedir (Schmidt ve ark., 2001).

2.1.1 Kafa Kemikleri

Cranium 22 adet kemikten oluşmaktadır. Bu kemikler neurocranium ve viscerocranium olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Neurocranium kemikleri; os frontale, os parietale, os temporale, os sphenoidale, os occipitale ve os ethmoidale kafatasının anterosuperior bölümünü oluşturarak beyni çevreleyen kısımdır. Viscerocranium kemikleri ise; os lacrimale, os nasale, os palatinum, os zygomaticum, concha nasalis inferior, os vomer, os maxilla, ve os mandibula kafatasının anteroinferior kısmında yüz bölgesini oluşturan kısımdır (Arıncı ve ark., 2014).

2.1.2 Yüz Kasları

Baş bölgesindeki kaslar musculi faciales ve musculi masticatori olmak üzere iki gruba ayrılır. Musculi faciales grubu aynı zamanda mimik kasları olarak da bilinmektedir. Genellikle yüzün fasciası veya kemiklerinden başlayıp derisinde sonlanmaktadırlar. N. facialis tarafından innerve edilirler (Arıncı ve ark., 2014).

Mm. faciales

Beş grupta incelenebilir.

1-Kafa derisini hareket ettiren kaslar

Os occipitaleden kaşlara kadar uzanan m. occipitofrontalis, venter frontalis ve venter occipitalis olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Her iki karın birlikte çalıştıklarında kafa derisini arkaya çekerek kaşları yukarıya kaldırır ve alın derisinde kırışıklıklar,

transvers çizgiler oluşturur. Sadece venter frontalis kasıldığında ise kaş kaldırma hareketi gerçekleşir. M. temporoparietalis, kulağın yukarı ön kısmında fascia temporalis'ten başlar ve galea aponeurotica'ya kadar uzanmaktadır. Kafa derisini yan taraflardan çekerek gerilmesine neden olur. M. occipitofrontalis ile birlikte alındaki çizgileri oluşturur ve aynı zamanda göz kapaklarının daha fazla açılmasını sağlamaktadır (Arıncı ve ark., 2014; Drake, 2019).

2-Kulak kepçesini hareket ettiren kaslar

Bu kaslar m. auricularisanterior, m. auricularissuperior, m. auricularisposterior'dur. M. auricularisposterior kulak kepçesini öne, m. auricularissuperior kulak kepçesini yukarıya, m. auricularisposterior ise kulak kepçesini arkaya çekmektedir. Fakat kulak kepçesini hareket ettiren kaslar zamanla insanlardaki önemini kaybetmiştir ve işlevleri azalmıştır veya bulunmayabilirler (Şakul ve ark., 2009).

3-Göz kapağını hareket ettiren kaslar

M. levator palpebrae superioris üst göz kapağının açılmasını sağlarken m. orbicularis oculi ise göz kapaklarının kapanmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda m. orbicularis oculi gülme esnasında da kasılarak göz kapaklarının kısılmasını sağlar. Kaş çatma sırasında m. corrugator supercili kaşları mediale ve inferiora, m. depressor supercili de kaşların medial kısmını inferiora çekmektedir. M. corrugator supercili kaşların arasındaki vertikal çizgilerin yani dikey kırışıklığın oluşmasına da neden olur (Drake, 2019).

4-Burun etrafındaki kaslar

M.nasalis, pars transversa ve pars alaris olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Pars transversa m. depressor septi nasi ile birlikte burun deliklerini daraltırken pars alaris ise burun deliklerini genişletir. M. procerus kaşların medial kısımlarını inferiora çekerek burun kökünde kırışıklıklar oluşturmaktadır (Spurkland, 2016).

5-Ağız etrafındaki kaslar

M. levator labii superioris üst dudağı esas yukarıya kaldıran kastır. M.levator labii superioris alaeque nasi de üst dudağı yukarıya kaldırır ve burun deliklerini genişletir. M. levator labii superioris alaeque nasi ile m. nasalis ile birlikte kasılarak tavşan çizgilerine (Bunny lines) neden olur ve yüzde tiksinti, nefret mimiğinin yapılmasını sağlar. M. zygomaticus major ve m. zygomaticus minor gülme esnasında ağız köşelerini yukarı ve arkaya doğru çeker. Ağız köşelerini yukarı kaldıran kaslardan bir diğeri de m. levator anguli oris'tir. Ağız köşelerini aşağıya doğru çeken kas ise m. depressor anguli oris'tir. Tebessüm, gülümseme sırasında da m. risorius ağız köşelerini dışa doğru çekmektedir. M. depressor labii inferioris alt dudağı aşağıya ve biraz dışarıya çeker. M. mentalis ise alt dudağı yukarıya çekerek öne doğru uzatır, dudak büzme hareketini yaptırır. Dudakları esas kapatan kas m. orbicularis oris, dudakları sıkıca birbirine yaklaştırarak öne doğru çeker (Drake, 2019).

Mm. masticatori

Çiğneme kasları olarak isimlendirilirler ve dört adet kastan oluşmaktadırlar. N. trigeminus'un N. mandibularis dalı tarafından inerve edilirler. M. temporalis, m. masseter, m. pterygoideus medialis kasları çeneyi kapatmayı sağlar. M. pterygoideus lateralis ise çift taraflı kasıldığında mandibula başını öne çekerek ağızın açılmasını sağlar. Tek taraflı kasıldığında ise öğütme sırasında alt çenenin karşı tarafa itilmesini sağlamaktadır (Arıncı ve ark., 2014).

Yüzümüzün karmaşık yapısını yüz kemikleri, kasları, lenfatikleri, damarları ve sinirleri oluşturmaktadır. Yüz ifadeleri, hareketleri, fizyolojik rolü, kimlikteki rolü ve yüzün estetik-simetrik görünüşü bu anatomik yapıların sağlıklı bir şekilde uyum ve koordinasyonlu çalışması sayesinde oluşmaktadır (Marur ve ark., 2014). Bu uyum ve koordineli çalışmanın bozulması durumunda yüzde fonksiyon kayıpları veya asimetriлер gözükabilmektedir.

2.2 Yüz Asimetrisi

Yüz ifadeleri, uzun yıllardır davranış bilimciler tarafından yoğun bir şekilde araştırılan bir konu olmuştur (Ekman, 2003). Bu araştırmalar yalnızca davranış bilimleri için değil, aynı zamanda diğerklinik alanlarda da büyük önem taşımaktadır. Özellikle yüz

ifadelerinin analizi, çoğunlukla yüz asimetrisinin değerlendirilmesi, patolojik yüz hastalıklarında yüz hareketlerinin tedavi öncesi ve sonrasının karşılaştırılması gibi konularda aktif bir şekilde sürdürülmektedir (Ozsoy U. ve ark., 2021).

Simetri ifadesi, Türk Dil Kurumu sözlüğünde “Benzer yarımlara bölünebilme durumu; bir eksenin iki yanının yapı ve biçim benzerliği” ve “Bir biçimin, bir nesnenin parçaları arasında, bir noktaya, bir çizgiye ya da bir düzleme göre tam karşılıklı olma durumu.” şeklinde tanımlanmıştır. Asimetri ise “Bakışsızlık, bakışım (simetri) özelliği olmama durumu” olarak tanımlanmıştır (<https://sozluk.gov.tr>, 07.07.2023). Yüzdeki simetrisi ise, midsagital düzleme göre her iki tarafta bulunan anatomik yapıların biçim ve yerleşimlerinin benzer olması olarak tanımlanabilir. Bu benzeşmenin olmaması durumu yüzde asimetri varlığını göstermektedir (Peck ve ark., 1970).

Yüzdeki asimetrielerin literatürde gelişiminde etkili olduğu düşünülen birçok nedensel faktör bulunmaktadır. Cheong ve Lo, bu faktörleri 3 tane ana grup olarak toplamayı önermişlerdir:

- 1)Konjenital; prenatal dönem kaynaklı sebepler
- 2)Edinilen; travma veya hastalık kaynaklı
- 3)Gelişimsel; büyüme sırasında bilinmeyen nedenden kaynaklı (Cheong ve ark., 2011).

Konjenital	Edinilen	Gelişimsel
• Dudak damak yarığı • Tessier yarıkları • Hemifasiyal mikrozomi • Nörofibromatozis • Konjenital muskular tortikolis • Kraniosinostozlar • Vasküler problemler • Diğer	• Temporomandibular eklem ankilozu • Yüz travması • Fibröz displazi • Yüz tümörleri • Unilateral kondiler hiperplazi • Parry-Romberg sendromu • Diğer	• Bilinmeyen sebepler

Şekil 2.1. Yüzdeki asimetrielerin gelişiminde etkili olan faktörler

Asimetri ile ilişkili çalışmalara göre, çoğu çalışmada yüzün sağ tarafının sola göre daha büyük olduğu ve sola doğru bir deviasyon gösterdiği görülmektedir. Bu durum genellikle yüzün sağ yarısının daha fazla büyüme potansiyeline sahip olmasıyla ilişkilendirilmiş ve genellikle beyin ve kafatası büyüklüklerinin sağ tarafta daha fazla olduğu düşünülmüştür (Haraguchi ve ark., 2008). Başka bir teori ise nöral krest hücrelerinin gelişiminin dengesiz olması ve sağ tarafta daha erken başlamasıyla ilişkili olabileceğini öne sürmektedir (Thiesen ve ark., 2015).

2.3 Fasiyal Paralizi

Asimetri nedeni olarak en sık karşılaşılan kranial nöropati fasiyal paralizidir. Yedinci kranial sinir olan fasiyal sinirin beyin sapındaki motor nukleusundan başlayarak, en distaldeki nöromusküler kavşağa kadar olan seyrinde oluşabilecek herhangi bir hasar fasiyal paraliziye sebep olabilmektedir. Fasiyal paraliziler oluşan lezyonun yerine göre santral ve periferik olmak üzere ikiye ayrılırlar (Acarkan ve ark., 2015).

2.3.1 Santral Fasiyal Paralizi

Kortikobulbar yolun korteks ile pons arasındaki herhangi bir noktasında meydana gelen tek taraflı hasar, karşı taraftaki yüzün alt kısmında üst motor nöron tipi paraliziye neden olur . Yüzün üst kısmındaki hareketler, her iki korteksten lifler alan rostral fasiyal nukleus tarafından kontrol edilirken, yüzün orta ve alt kısmındaki hareketler, kontralateral kortikal motor merkezden liflerin geldiği fasiyal kaudal nukleus tarafından kontrol edilir. Bu nedenle, santral (supranükleer) fasiyal paralizde, n. facialis'in frontal bölümü fonksiyonel olarak aktif kalır. Lezyon olmayan yüz yarımında, göz seviyesinin altındaki kaslarda paralizi görülür. Ağız yüzün sağlam yarımına doğru kayar. Ancak gülme veya ağlama gibi refleks benzeri (şuursuz) fonksiyonlar korunur. M. frontalis ve m. orbicularis oculi kaslarının fonksiyonları normal kalır (Benecke, 2002; Acarkan ve ark., 2015).

2.3.2 Periferik Fasiyal Paralizi

N. facialis'ten çıkan motor liflerin ponsta bulunan motor nukleusları ile periferikteki en uç dalı arasında herhangi bir yerde hasarlanması ile oluşur (Benecke, 2002) . Bunun sonucunda hasarlanmış liflerin innervasyonunu sağladığı yüz kaslarında fonksiyon kaybı görülür ve ortaya tek taraflı bir yüz felci çıkar. Etkilenmiş taraftaki yüz mimik kasları

fonksiyonelliğini kaybeder (Hohman ve ark., 2014). Nazolabial oluk azalır veya kaybolur, hasta ısıklık çalamaz, dişlerini gösteremez, alnını kırıştıramaz ya da kaşlarını kaldıramaz. İstirahat durumunda dahi her zaman yüz asimetrisi görülür. Hasarlı taraftaki kornea refleksi de kaybolmuştur. Dilin 2/3 ön kısmında tat duyusunda azalma veya kayıp, tükürük salgısında kayıp olduğu için ağız kuruluğu, lakrimasyon bozukluğu, hiperakuzi gibi durumlar da görülür (Hohman ve ark., 2014; Acarkan ve ark., 2015).

2.3.3 Fasiyal Paralizi Tanı ve Değerlendirmesi

Fasiyal Paralizi nöropatisinin tanısı öncelikle anamnez ve fiziki muayeneye dayanmaktadır. Ayırıcı tanı için klinikte odyometrik testler, tat testi, stapes refleksi, tükürük sekresyon testi gibi topografik incelemeler, EMG (elektromiyografi), NET (sinir uyarılabilirlik testi) gibi tanısal elektrofizyolojik testler ve MR (manyetik rezonans) görüntülemesi kullanılır (Zimmermann ve ark., 2019).

Değerlendirme ve hastalığın seyrini anlamak için House-Brackmann Skalası, Sunnybrook Yüz Derecelendirme Sistemi, Stennert İndeksi gibi skalalar kullanılmaktadır (Robinson ve ark., 2018). House-Brackmann Skalası fasiyal sinir fonksiyonunu klinik olarak değerlendirilmesinde en sık kullanılan ölçeklerden biridir. Hastanın ağız, göz ve alın hareketlerinin istirahat ve genel haldeki durumlarına bakılarak I (normal) ile VI (hareket yok) evre arasında değişen fonksiyonel bozukluğa dayalı bir ölçektir (House ve ark., 1985).

Yüz Felci House-Brackmann Evrelemesi

House-Brackmann Facial Nerve Grading System

Hastanın Adı Soyadı: _____ Tarih: ____/____/____

Evre	Tanım	Karakteristik Özellikler
I	Normal	Bütün alanlarda normal, simetrik fonksiyon
II	Hafif disfonksiyon	Genel Olarak: Yakın gözlemlerle farkedilebilen hafif güçsüzlük; çok hafif sinkinezi olabilir. İstirahatte: Normal simetri ve kas tonusu vardır. Alın Hareketi: Orta veya iyi fonksiyon, Göz Hareketi: Hafif eforla tam kapanabilir. Ağız: Hafif asimetri vardır.
III	Orta derecede disfonksiyon	Genel Olarak: Belirgin ancak yüz şeklini belirgin bozmayan asimetri; farkedilen ancak şiddetli olmayan sinkinezi vardır. İstirahatte: Normal simetri ve kas tonusu vardır. Alın Hareketi: Hafif veya orta düzeyde hareket vardır. Göz Hareketi: Eforla tam kapanabilir. Ağız: Maksimum eforla hafif güçsüzlük vardır.
IV	Orta - İleri derecede disfonksiyon	Genel Olarak: Belirgin güçsüzlük ve/veya şekil bozukluğu vardır. İstirahatte: Normal simetri ve kas tonusu vardır. Alın Hareketi: Hareket yoktur. Göz Hareketi: Tam kapanamıyor. Ağız: Maksimum eforla da asimetri vardır.
V	Ciddi disfonksiyon	Genel Olarak: Zorlukla farkedilebilen hareket varlığı. İstirahatte: Asimetri vardır. Alın Hareketi: Hareket yoktur. Göz Hareketi: Tam kapanamaz. Ağız: Hafif hareket vardır.
VI	Total paralizi	Hiç hareket gözlenmez

John W. House, Derald E. Brackmann (1985) Otolaryngol Head Neck Surg. 1985 Apr;93(2):146-7

Hastanın Evresi:

Şekil 2.2. House-Brackmann Evrelemesi

(<https://www.fronline.com/yuz-felci-house-brackmann-evrelemesi/>, 10.12.2023)

Sunnybrook Yüz Derecelendirme Sistemi ise 5 standart yüz ifadesi (kaş kaldırma, göz kapatma, açık ağız gülümsemesi, dudak büzleştirme ve diş gösterme) ile istemli hareketin ve sinkinezinin yüzde olarak değerlendirildiği bir ölçektir (Jirawatnotai ve ark., 2021).

Sunnybrook Fasiyal Paralizi Evrelemesi

Sunnybrook Facial Grading System (SFGS)

Hastanın Adı Soyadı: _____ Tarih: ____/____/____

İstirahat Simetrisi (Normal Tarafa Kıyaslayarak) (Her bölümden bir işaretleme)					
Göz		Yanak (nazolabial oluk)		Ağız	
☐ ₀	Normal	☐ ₀	Normal	☐ ₀	Normal
☐ ₁	Dar	☐ ₂	Yok	☐ ₁	Ağız kenarı düşmüş
☐ ₁	Geniş	☐ ₁	Silikleşmiş	☐ ₁	Ağız kenarı yukarı veya yana kaymış
☐ ₁	Göz kapağı cerrahisi öyküsü	☐ ₁	Belirginleşmiş		

İstirahat Simetri Skoru = (Göz+Yanak+Ağız Puanı) x 5 = _____

İstemli Hareket Simetrisi (Normal tarafa kıyasla oluşan farklılık)					
	Hareket yoktur	Hareketi sadece başlatabilir	Hareketi başlatır ama asimetri oluşur	Hareket neredeyse tamdır	Hareket tamdır
1. Alnı kırıştırmak	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
2. Gözleri kapatmak	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
3. Ağız açarak gülmek	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
4. Homurdanma	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
5. Dudakları büzmek	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
	Tam asimetri	Şiddetli asimetri	Orta asimetri	Hafif asimetri	Simetrik

İstemli Hareket Simetri Skoru = (1. + 2. + 3. + 4. + 5. soru puanları) x 4 = _____

Sinkinezi (Her bir mimik hareketinde oluşan istemsiz kas kasılma miktarı derecelendirilir.)				
	Yok	Hafif	Orta	Şiddetli
	Sinkinezi ya da kitlesel hareket yok	Hafif sinkinezi var	Sinkinezi belirgin ancak yüz şeklini belirgin bozmuyor	Yüz şeklini belirgin bozan sinkinezi
1. Alnı kırıştırmak	☐ ₀	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
2. Gözleri kapatmak	☐ ₀	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
3. Ağız açarak gülmek	☐ ₀	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
4. Homurdanma	☐ ₀	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
5. Dudakları büzmek	☐ ₀	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃

Sinkinezi Skoru = (1. + 2. + 3. + 4. + 5. soru puanları) = _____

Karma Puan
(İstemli Hareket Simetri Skoru) - (İstirahat Simetri Skoru) - (Sinkinezi Skoru) = _____

Ross BG, Fradet G, Nedzeliski JM (1996) Otolaryngol Head Neck Surg. 1996 Mar;114(3):380-6

Şekil 2.3. Sunnybrook Fasiyal Paralizi Evrelemesi
(<https://www.fronline.com/yuz-felci-sunnybrook-evrelemesi/>, 10.12.2023)

2.4 Yüz Asimetrisi Değerlendirme Yöntemleri

Yüz bölgesinde meydana gelen asimetri ler yüz bölgesindeki anatomik yapıların patolojisinden kaynaklı gelişebildiği gibi doğuştan yani patolojik olmadan da

gelişebilmektedir (Thiesen ve ark., 2015). Değerlendirme klinik inceleme, fotoğraflar, iki ve üç boyutlu yöntemler ile yumuşak dokuların incelenmesi ve hareket analizi yöntemleri ile yapılabilir. Doğru bir asimetri teşhisi için yüzün üç ekseninde (X, Y, Z) değerlendirilmesi gerekmektedir (Cheong ve ark., 2011).

2.4.1 Klinik İnceleme

Klinikte hastadan alınan anamnez, palpasyon gibi fiziksel incelemeler ve bunlarla birlikte House-Brackmann Skalası, Sunnybrook Yüz Derecelendirme Sistemi gibi değerlendirme skalaları kullanılarak yapılan bir değerlendirmedir. Değerlendirmeler farklı kişiler tarafından gözleme dayanılarak yapıldığından objektif sonuçlar vermeyebilir (Robinson ve ark., 2018).

2.4.2 İki Boyutlu Görüntüleme Yöntemleri

Hastaya ait fotoğraf, video veya radyografik görüntüler kullanılarak yapılmaktadır. Asimetrinin doğru olarak değerlendirilmesi için üç ekseninde değerlendirilmesi gerekmektedir. Fotoğraf ve video kayıtları üç boyutlu bir bilgi sunmadıkları ve yumuşak doku ile sınırlı kaldıkları için asimetrinin kantitatif değerlendirilmesinde yetersiz kabul edilebilirler (Cheong ve ark., 2011; Choi, 2015).

Radyografiler daha çok kemik ve eklem yapıdaki problemler kaynaklanan asimetrinin değerlendirilmesinde kullanıldığı için diş hekimleri tarafından yaygın kullanılmaktadır. Yumuşak dokuya ait asimetrisi ile ilgili sınırlı bilgi verirler. Bu nedenle genel yüz asimetrisi değerlendirmesinde yetersiz kalabilirler (Choi, 2015).

2.4.3 Üç boyutlu İnceleme Yöntemleri

İki boyutlu görüntüleme tekniklerinin üç boyutlu bir cisim görüntülemeindeki yetersizlikleri hastaların tanı aşamasında yanlış, veya yetersiz değerlendirilmesine yol açabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek amacıyla üç boyutlu değerlendirme tekniklerinin kullanımı hızla artmaktadır. Asimetri gibi üç boyutlu bir anomalinin değerlendirilmesi gereken durumlarda, üç boyutlu inceleme yöntemleri büyük önem taşımaktadır (Ferrario ve ark., 1996).

A) Üç Boyutlu Yüz Morfometrisi:

Yüzün yumuşak dokularının boyut ve oranlarına dayalı kantitatif bir değerlendirme, tanı süreci ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesi için gereklidir (Preedy, 2012). Işık tabanlı 3B tarayıcılar aracılığıyla yüzeyin üç boyutlu morfolojisi elde edilerek yüzde meydana gelen asimetrliler kantitatif olarak belirlenir. Yüzün çeşitli ifadeleri sırasında yüzün yumuşak dokusunun sağ ve sol asimetrisi veya hareketin yoğunluğu hakkında bilgi vermektedirler (Dindaroğlu ve ark., 2016). Üç boyutlu yüzey tarayıcıları asimetriyi sayısal olarak da tespit edebilmektedir. Bu amaçla, orijinal ve yüzeyin ayna görüntüleri yazılım tarafından üst üste bindirilir ve RMS (root mean square) hesaplanır. RMS değeri; iki yüzey arasındaki, asimetri analizinde yüzün iki yarımı arasındaki, farklılığı kantitatif olarak göstermektedir. Düşük RMS değerleri şekil olarak benzerliğini göstermektedir. Yani asimetrisinin düşük olduğunu gösterir (Yildirim ve ark., 2021). Bu yaklaşım literatürde yer almaktadır ve yüz asimetrisinin hesaplanmasında güçlü bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır. Yüz ifadelerinin hangi yoğunlukta yapıldığı da ifadelerin nötre göre karşılaştırılmasıyla tespit edilebilmektedir (Ozsoy U. ve ark., 2021). Kliniklerde yaygın olarak kullanılan sistem örnekleri 3dMD sistemleri, Vectra sistemleri ve Artec Eva'dır. Bu sistemler, güvenilirliği ve doğruluğu geniş çapta test edilmiş sistemlerdir (Dindaroğlu ve ark., 2016).

B) Hareket Analiz Sistemleri :

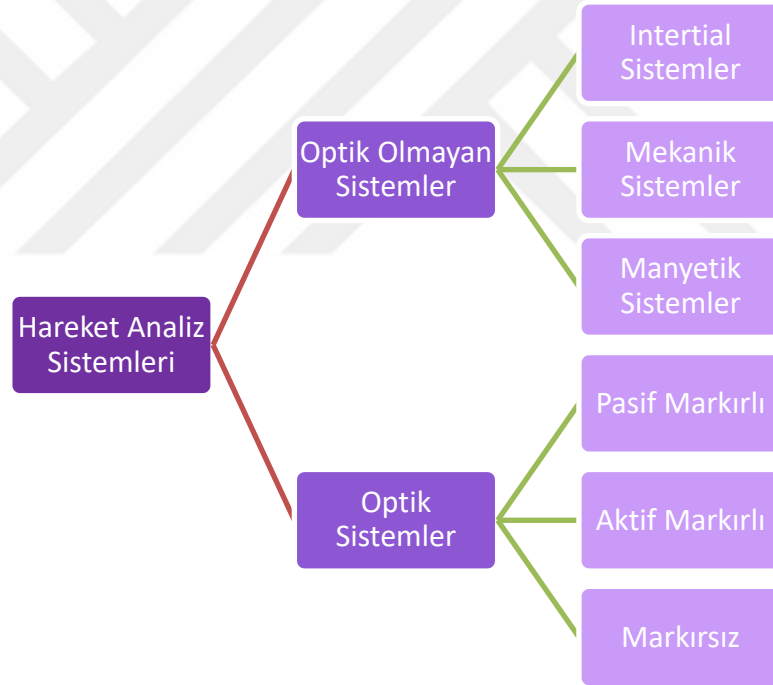
Hareket veya devinim, sabit olan bir noktaya göre cisimlerin konumlarının zamana karşı yaptığı yer değiştirmesidir (<https://sozluk.gov.tr>, 07.07.2023). İnsan vücudunun hareketleri oldukça karmaşık üç boyutta gerçekleşen yer değişimleridir. Hareket analiz sistemleri, bu yer değişiminin dijital ortamda üç boyutlu olarak kaydedilerek, analiz edilmesini sağlayan ve günden güne gelişen teknoloji yöntemleridir (Blake ve ark., 2007).

Yüz hareketlerinde üç boyutlu yer değişiminin hesaplanması bozuklukların teşhisi, tedavisi ve takibi sırasında yüz fonksiyonlarının tanımlanması ve derecelendirilmesinde önemli bir adımdır (Linstrom ve ark., 2002). Üç boyutlu hareket analiz yöntemleri, yüz

yumuşak doku hareketlerini objektif, nicel ve non-invaziv olarak değerlendirir (Sforza ve ark., 2008).

Bu sistemler kas-iskelet biyomekaniğinin değerlendirilmesi için birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Örneğin rehabilitasyon alanında eklem kısıtlılığını değerlendirmek ya da hastanın tedavi sonrası fonksiyonel gelişmesini takip etmek, yürüyüş analizleri, spor biyomekaniği açısından aktivite sırasında olası yaralanma tespiti yapmak veya ortez ve protez tasarımları için kullanılabilir (Kanko, 2020).

Hareket analiz sistemleri kendi içinde optik sistemler ve optik olmayan sistemler olarak ikiye ayrılır (An Shen, 2014).



Şekil 2.4. Hareket Analiz Sistemleri

a) Optik Olmayan Sistemler

Üç tür optik olmayan sistem vardır. Bunlar inertial, mekanik ve manyetik esdasına dayanan sistemlerdir. En yaygın kullanılan sistem inertial sensörleridir. (Roetenberg ve ark., 2009) Optik olmayan sistemlerin optik sistemlerden farkı göreceli yer değiştirme yerine dönme, ivme ve rotasyonu ölçmeleridir. Aynı zamanda göreceli hareket hakkında

doğru veriler toplamak için karmaşık bilgisayar görüntüleme teknolojisi gerektirmemesi de bir avantajdır (An Shen, 2014).

b) Optik Sistemler

Optik sistemler, hareketin üç boyutlu olarak kameralar aracılığıyla kaydedilip analiz edildiği yöntemidir. Kas-iskelet modeli için kinematik girdi elde etmek amacıyla sıklıkla uygulanır. Optik sistemler markır tabanlı ve markırsız olarak sınıflandırılabilir (An Shen, 2014; Kanko, 2020).

aa) Markır Tabanlı Sistemler

Markır tabanlı sistemlerde kullanılan iki ana teknoloji vardır: pasif ve aktif markırlar.

Pasif markırlı sistemler kamera merceğinin yakınında üretilen ışığı yansıtmak için geri yansıtıcı malzemeden yapılmış markırlar kullanır. Bu markırlar doğrudan kişinin derisine yapıştırılır. Markırlar kameralara monte edilmiş kızılötesi (infrared) ışıklar kullanılarak aydınlatılır ve merceklerin markırı algılaması sağlanır (Ferrario ve ark., 2007; An Shen, 2014). Örnek olarak BTS Motion Capture Sistemleri optoelektronik tabanlı sistemler arasında yaygın kullanılan ve güvenilirliğini kanıtlamış bir sistemdir (Ferrario ve ark., 2007).

C. Sforza ve ark. standart yüz hareketlerinde cinsiyete bağlı özellikleri değerlendirmek ve normal kişilerde referans değerleri tanımlamak amacıyla BTS SMART System (Milano, İtalya) kullanılarak bir çalışma yapmıştır. Çalışma sonunda erkeklerin kadınlardan daha büyük yüz hareketlerine sahip olduğu bulunmuştur. Gözler, ağız ve burundaki asimetrier her iki cinsiyette de benzer şekildedir. Şaşırma hareketinde arcus superciliaris noktasının hareketi erkeklerde daha fazladır yani iki cins için anlamlı bir fark çıkmıştır. Diğer noktalarda cinsiyetler arası anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca katılımcıların sağ yüz yarımındaki asimetrik hareketlerin, sol taraftakilerden biraz daha büyük olduğu görülmüştür. (Sforza ve ark., 2010)

Başka bir çalışmada da Trotman ve ark. 2001 yılında pasif markırlı optoelektronik sistem kullanarak cinsiyet ve yüz şeklinin yüz hareketleri üzerindeki etkisini araştırmak

için bir çalışma yapmıştır. Katılımcıların dinlenmeden 7 yüz hareketi: gülümseme, yüz buruşturma, dudak büzme, yanak şişirme, göz kapama, göz açma ve ağız açma yaptığı bu çalışmada sonuç olarak erkeklerin kadınlara göre daha büyük hareketleri olduğu ve yüz şeklinin yüz hareketleri üzerinde küçük ama önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur. Ayrıca mevcut bu protokol gelecekteki bir klinik uygulamalar için yeterli bir tekrarlanabilirlik gösterdiğini kanıtlamıştır (Weeden ve ark., 2001).

Diğer bir 3 boyutlu hareket analiz sistemi olan FACIAL CLİMA kullanılarak fasiyal reanimasyon cerrahilerinde hastaların yüz hareketlerini doğru bir şekilde değerlendirmek için otomatik, yararlı ve pratik bir araç sunmak amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak, yüz hareketini ölçmeye yönelik bu objektif, hassas ve kullanımı kolay yöntemin yüz hareketi hakkında doğru ve objektif bilgi sağladığı gösterilmiştir ve fasiyal paralizi reanimasyon cerrahisinin sonucunu değerlendirmek için yeterli bir araç olarak sunulmuştur. Aynı zamanda yüz felci olan hastalar cerrahi merkezler arasında karşılaştırılarak fasiyal reanimasyon ameliyatlarının etkinliği de değerlendirilebilir (Hontanilla ve ark., 2008; Mansour ve ark., 2014).

Aktif markırlar ise bir ışık kaynağından gelen ışığı yansıtmak yerine IR (infrared) ışığını kendisi yayabilen LED markırlardır (reflektörler) (An Shen, 2014).

Markırlar aracılığıyla tüm vücudun veya analiz edilmek istenen vücut bölgesinin bir modeli oluşturulur. Bu modelin hareket esnasında eklemlere ait kinematik verileri kantitatif olarak elde edilir. Markır tabanlı hareket analiz sistemleri bir veya birden fazla kamera ile sağlanabilmektedir. Birden fazla kameralı sistemlerde hareket alanının oluşturulması için kamera kalibrasyonu da gerekmektedir.

Markırların anatomik noktalara yanlış yerleştirilmesi, verilerde farklılığa neden olabilir. Her bir markırı gereken konuma doğru şekilde yerleştirmekte zaman alan bir işlemdir. Bu nedenle markırsız hareket yakalama teknolojisi geliştirilmiştir (Ferrario ve ark., 2007; Gorton III ve ark., 2009).

bb) Markırsız Sistemler

Bu sistemler markırlara ihtiyaç duyulmadan vücut kinematiğiyle ilgili doğru ve uygulanabilir bir tekniktir (Galna ve ark., 2014). Esas olarak derinlik sensörleri aracılığıyla kişinin konumunu ve hareketlerini tanıyan bir sistemdir. Bu sistemler arasında en önemlisi ve sık kullanılanı Microsoft'un geliştirdiği Kinect'dir (Bonnechère ve ark., 2013).

Kinect, bir nesnenin hareketlerini markırlara ihtiyaç duymadan yakalanmasını sağlayan bir hareket algılama cihazıdır. Derinlik ve renkli görüntüleri aynı anda yakalayan ve kızılötesi projektör ve özel bir mikroçip kullanarak bütün vücudun 3B hareketini yakalayan ve yüz tanınması sağlayan aktif bir görüş sistemidir (Galna ve ark., 2014). Kinect sistemleri donanım ve yazılım olmak üzere iki bölümden oluşur. Donanım kısmı hareketlerin kaydı ile ilgilenirken, yazılım kısmı tüm verileri işlemeyi ve kayıttan bilgi çıkarmayı sağlar.

Donanım bölümünün bileşenleri; 3B derinlik sensörü, Konuyu tanımlamaya yardımcı olan ve fotoğraf ve video çeken bir RGB kamerası, Sensörün ön kenarının alt kısmında bir dizi mikrofondan oluşmaktadır (An Shen, 2014).

Kişi iskeleti tanımlanırken, her kişiye farklı tanımlamaktadır ve her bir eklemin konumu x, y, z koordinatları olarak kaydedilir. iPi Motion Capture, iPi Soft ve Brekel Face V2 gibi yazılımlar kullanılarak Kinect derinlik sensöründen elde edilen üç boyutlu bilginin vücut iskeletine dönüştürülmesi ve analizi yazılım tarafından sağlanmaktadır (Özsoy ve ark., 2022).

Bu yöntem literatürde yüz analizi için kullanılmaya da başlanmıştır. Örneğin; Amira Gaber ve ark. Kinect V2 sistemini kullanarak 5 sağlıklı katılımcı üzerinde 4 istemli hareket sırasında (kaş kaldırma, göz kapatma, gülme ve ağız açma) yüzün iki yarımındaki simetri oranını araştırmıştır. Her iki taraf arasındaki simetri oranı %98'den fazla çıkmıştır yani oldukça simetriktir. Kinect V2 sistemi umut verici sonuçlar vermiştir ve çalışmalar devam etmektedir (Gaber ve ark., 2015).

Başka bir çalışmada Martin Schatza ve ark. 2016 yılında MS Kinect V2 kullanılarak yüz simetrisi ve simetrik yüz hareketlerinin değerlendirmesini araştırdı. Kaş kaldırma, göz

kapatma, çıplak diş ve dudak büzme hareketleri Kinect V2 ile izlenmiş. Yüzün sol tarafının sağ tarafla karşılaştırılması ve dinlenme durumuna göre analizler gerçekleştirilmiş. Çalışma sonucunda değerler arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur ve klinik kullanım için gelecek vadetmektedir sonucuna ulaşılmıştır (Schatz ve ark., 2016).

Markırsız hareket analiz sistemlerine örnek diğer bir sistem ise Intel RealSense (Kaliforniya, ABD) derinlik kameralarıdır. Harkel ve ark. 2020 yılında RealSense D415 sistemini kullanarak 3B antropometrik ölçümlerin güvenilirliği (kesinliği) ve uyumunu incelemiştir. Yüzleri nötr (dinlenme) konumunda olan 30 yüz felci hastası RealSense ve profesyonel bir 3dMD görüntüleme sistemi ile eş zamanlı olarak yüzün yüzey morfolojisi kaydedilmiştir. Sonuç olarak gözlemciler içi ve gözlemciler arası ölçümlerin güvenilirliği değerlendirilmiştir. RealSense D415, düşük maliyetli ve taşınabilir bir kameranın gerekli olduğu nötr bir yüzde objektif 3B antropomorfik ölçümleri gerçekleştirmek için uygun bir seçenek olarak düşünülebileceği bildirilmiştir. (Ten Harkel ve ark., 2020).

Markırsız hareket analiz sisteminin hareket analizinde kullanılmasına rağmen, markır tabanlı hareket analiz sistemleri hl altın standart olarak kullanılmaktadır. Ayrıca markırsız hareket sistemlerinin güvenilirliği hakkında literatürde eksikler bulunmaktadır. Bu da markırsız hareket analiz yöntemiyle ilgili daha fazla çalışma yapılması gereğini ortaya çıkartmaktadır.

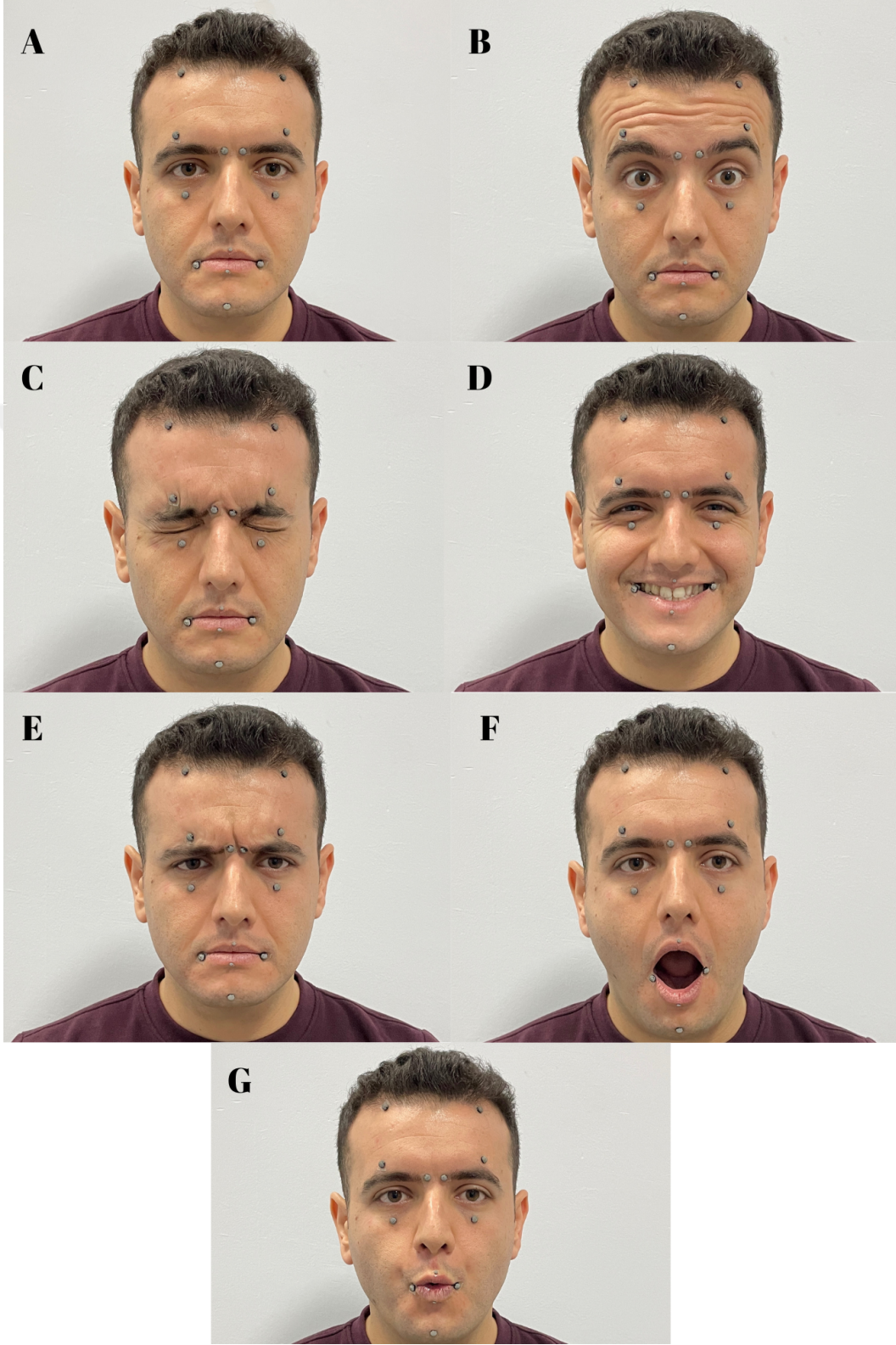
3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamıza 18-65 yaş aralığında 50 kadın ve 50 erkek gönüllü dahil edilmiştir. 10 sağlıklı bireyde yapmış olduğumuz pilot bir çalışmada farklı yüz hareketlerinin metotlar arası korelasyonunu hesaplamıştık. Buna göre tüm hareketlerin sadece yüzde yirmisinin korelasyon katsayısının 0.3'ün altında olduğunu belirlemiştik. Dolayısıyla, sample size calculator kullanarak (Arifin, 2023) 0.3 minimum kabul edilebilir güvenilirlik değerinde (p_0), %80 güç, 0.05 (two-tailed) anlamlılık seviyesinde ve %15 kayıp (drop out) oranıyla anlamlı fark elde etmek için gerekli örnek büyüklüğünü 100 kişi olarak hesapladık. Gönüllüler konjenital yüz anomalisi olmayan, yüz felci, ortodontik tedavi ve herhangi bir yüz ameliyatı geçirmemiş ve botoks ile dolgu benzeri uygulama yaptırmamış sağlıklı bireylerden seçilmiştir.

Çalışmamız için Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'dan etik onay alındı (Karar no: KAEK-567). Çalışma prosedürleri katılımcılara detaylı bir biçimde anlatıldı ve Asgari Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu doldurtularak onayları alındı. Çalışmamız Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından desteklendi (BAP proje no: TYL-2022-6198).

3.1 Değerlendirilen Yüz Hareketleri

Gönüllülerden her hareketin öncesinde ifadesiz bir şekilde (nötr) durmaları istendi ve verilen komutla birlikte kendilerinden istenilen hareketi beş kez tekrarlamaları ve her tekrardan sonra nötr duruma dönmeleri istendi istendi. Bu şekilde kaş kaldırma, göz kapama, gülme, kaş çatma, ağız açma ve ısıklık çalma hareketleri kaydedildi. (Şekil 3.1.). Yüz ifadelerinin gerçekleştirilmesindeki kişisel farklılıkları ortadan kaldırmak için, deneklere Ekman ve ark.'nın çalışmasından elde edilen fotoğraflar gösterildi ve yüz ifadelerini taklit etmeleri istendi (Ekman ve ark., 2002). Gönüllülerin yüz hareketleri BTS SMART DX100 (BTS Smart DX100, BTS Bioengineering, Milan, İtalya) markır tabanlı üç boyutlu hareket analiz sistemi ve Kinect V2 derinlik sensörü ile aynı anda kaydedildi.



Şekil 3.1. Kullanılan yüz hareketleri

A) Nötr, B) Kaş kaldırma, C) Göz kapama, D) Gülme, E) Kaş Çatma, F) Ağız açma, G) Islık çalma

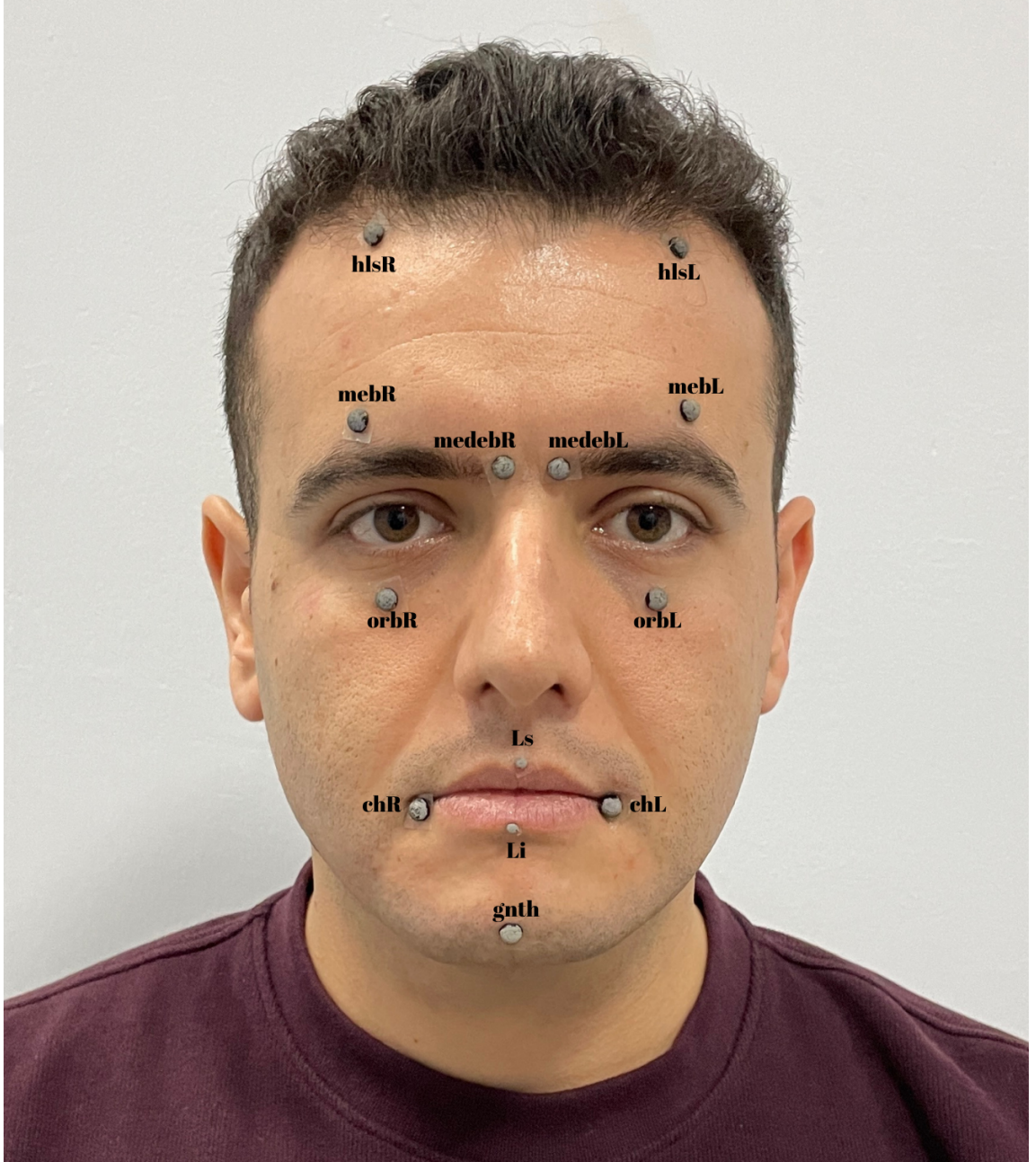
3.2 Üç Boyutlu Optoelektronik İşaret Tabanlı Hareket Analiz Sistemi

Sistem, 100 MHz veri işleme kapasitesine sahip dört adet optoelektronik kamera ve bu kameraların bağlı olduğu iş istasyonundan oluşmaktadır. Hareketleri kaydetmeye başlamadan önce sistemin, dinamik kalibrasyon çubuğu ile doksan saniye, üç eksenli statik kalibrasyon aparatı ile beş saniye boyunca gönüllünün yüzünün bulunacağı alanın tümü dahil olacak şekilde kalibrasyonu yapıldı. Daha önce yapmış olduğumuz bir çalışmada yüz hareketleri sırasında en sabit ve en hareketli noktaları belirlemiştik (Ozsoy O. ve ark., 2023). Elde ettiğimiz sonuçlardan yola çıkarak gönüllünün yüzüne yerleştirilecek markır pozisyonlarına karar verildi. Ardından verilen komutla birlikte sırasıyla kaş kaldırma, göz kapama, gülme, kaş çatma, ağız açma ve ısıklık çalma hareketleri kayda alındı. Görüntü alımı, analizin tekrarlanabilirliğini test etmek için ertesi gün tekrarlandı.

3.3 Yüz Yumuşak Dokusundaki Yer İşaretlerine Pasif Yansıtıcı Markır Yerleştirme

Yüzün her iki tarafında pasif yansıtıcı markırlar kaşların orta noktasına (mebR-mebL), üst saç çizgisine (hlsR-hlsL), orbitanın alt duvarının en alt ön noktasına (orbR-orbL), kaşların medialine (medebR-medebL) ve ağız köşelerine (chR-chL) olmak üzere toplam on adet markır yapıştırıldı (Şekil3.2.).

Yüzün orta hattında ise gnathiona (gnth), üst dudağın üst sınırına (Ls) ve alt dudağın alt sınırına (Li) olmak üzere üç adet markır yapıştırıldı. Toplamda 3mm çapında on üç adet pasif yansıtıcı markır kullanıldı (Şekil 3.2.). Markırlar her 2 çekimde de aynı araştırmacı tarafından yüz yumuşak dokusunda çekim öncesi yerleştirildi. Yüzün hareketlerinin verisi BTS SMART Capture Software (sürüm 1.10.469.0 BTS Bioengineering, Milano, İtalya) kullanılarak elde edildi.



Şekil 3.2. Yüz yumuşak dokusuna yerleştirilen pasif yansıtıcı markırlar

hlsR: Sağ üst saç çizgisi, hlsL: Sol üst saç çizgisi, mebR: Sağ kaşın orta noktası, mebL: Sol kaşın orta noktası, orbR: Sağ orbitanın alt duvarının en alt ön noktası, orbL: Sol orbitanın alt duvarının en alt ön noktası, medebR: Sağ kaş mediali, medebL: Sol kaş mediali, chR: Sağ ağız köşesi, chL: Sol ağız köşesi, gnth: Gnathion, Ls: üst dudağın üst sınırı, Li: alt dudağın alt sınırı.

3.4 Yüz Hareketlerinin Derinlik Sensörü Kullanarak Kaydedilmesi

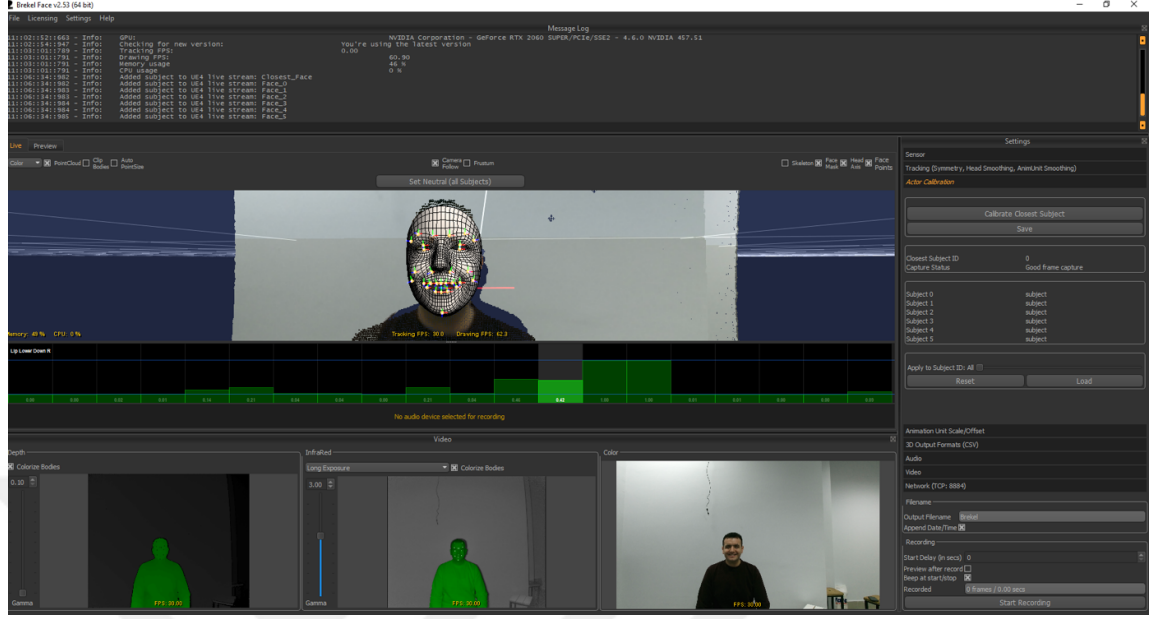
Gönüllülerin görüntüleri Kinect V2 derinlik sensörü ve Brekel Face V2 (Brekel, Hollanda) yazılımı kullanılarak kaydedildi. Hareket yakalama ve analiz için AMD Ryzen 7 3700X 8 Çekirdekli 3.59 GHz işlemcili masaüstü (16 GB RAM, NVidia

GeForce RTX 2060 sürüm 457.51) bilgisayar kullanıldı. Gönüllüler yüzleri görünecek şekilde kameradan 50 cm uzaktaki sensörün önüne oturur pozisyonda konumlandı. Gönüllülerden sistemin kalibrasyonu için yüzlerini önce sağa, sonra sola ve yukarı yönde bakmaları istenerek sistemin kalibrasyonu sağlandı. Çekim esnasında doğal baş pozisyonlarını korumaları istendi. Daha sonra kayda başlanmadan önce gönüllü kişinin ağız kapalı dişler tam oklüzyonda ifadesizce (nötr) beklemesi istendi ve yüzünün bu nötr hali kaydedildi. Ardından sırasıyla belirtilen yüz hareketleri ayrı ayrı kayda alındı (Şekil 3.4.). Görüntü alımı, analizin tekrarlanabilirliğini test etmek için ertesi gün tekrarlandı.



Şekil 3.3. Eş zamanlı optoelektronik markır tabanlı hareket analiz sistemi ve derinlik sensörü ile gülme hareketinin kaydedilmesi

A) Üç boyutlu optoelektronik işaret tabanlı hareket analiz sistemi BTS Smart Capture, B) Derinlik sensör tabanlı hareket analiz sistemi Kinect V2



Şekil 3.4. Derinlik sensörü kullanılarak Brekel Face V2 yazılımı ile gülme hareketinin kaydedilmesi

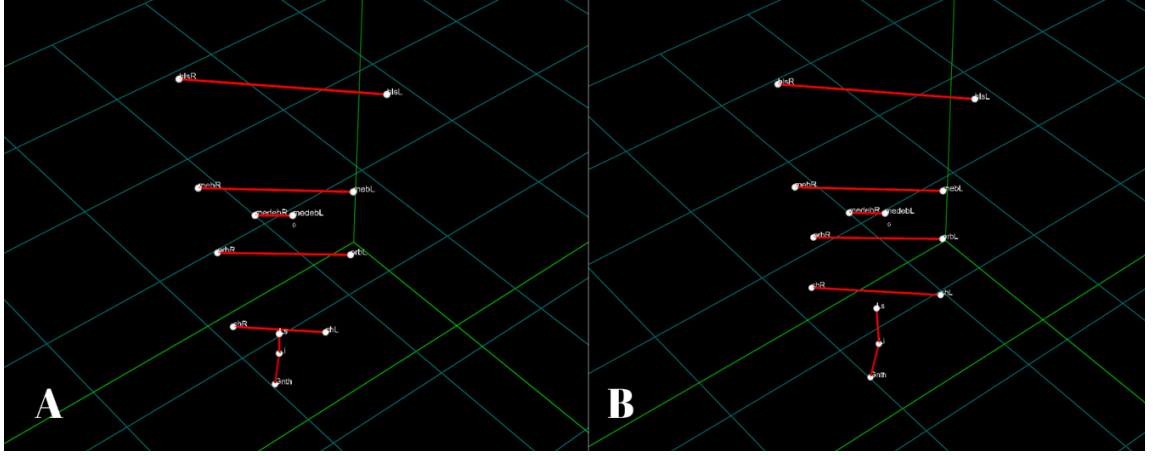
3.5 Yüz Hareketlerinin Markır Tabanlı Sistemle Analizi

Daha önce yaptığımız bir çalışmamızda her bir yüz hareketi için en sabit ve en hareketli noktaları belirlemiştik(Ozsoy O. ve ark., 2023). Bu verimizden yola çıkarak her bir hareket için en hareketli ve en sabit iki nokta arasındaki yer değiştirme verisi hesaplandı. Her bir yüz ifadesi için sırasıyla en hareketli ve en sabit noktalar; kaş kaldırma için meb ve ch, göz kapama için orb ve ch, gülme ch ve hls, kaş çatma medeb ve ch, noktaları arasında yüzün sağ ve sol tarafındaki yer değiştirme mesafesi hesaplandı.

Ağız açma hareketi için ise en hareketli nokta olan gnth ile sağ ve sol taraftaki en hareketsiz noktalar olan hls noktaları arasındaki mesafenin orta noktasına göre (hlsorta) yer değiştirme hesaplandı. Yine ısıklık çalma hareketi için de en hareketli noktalar olan Li ve Ls arasındaki mesafenin orta noktası (Lorta) ile sabit olan hlsorta noktaları arasındaki yer değiştirme mesafesi hesaplandı.

3.6 Markır Tabanlı Sistem için Kinematik Model Oluşturulması

İlk olarak BTS Smart Tracker (versiyon 1.10.469.0) kullanılarak izlenen markırlardan bir model oluşturuldu. Ardından, her bir yüz hareketi için markırların hareketi analiz edildi.



Şekil 3.5. Yüz hareketleri için oluşturulan model

A) Nötr durumdaki model görüntüsü, B) Gülme hareketi esnasındaki model görüntüsü

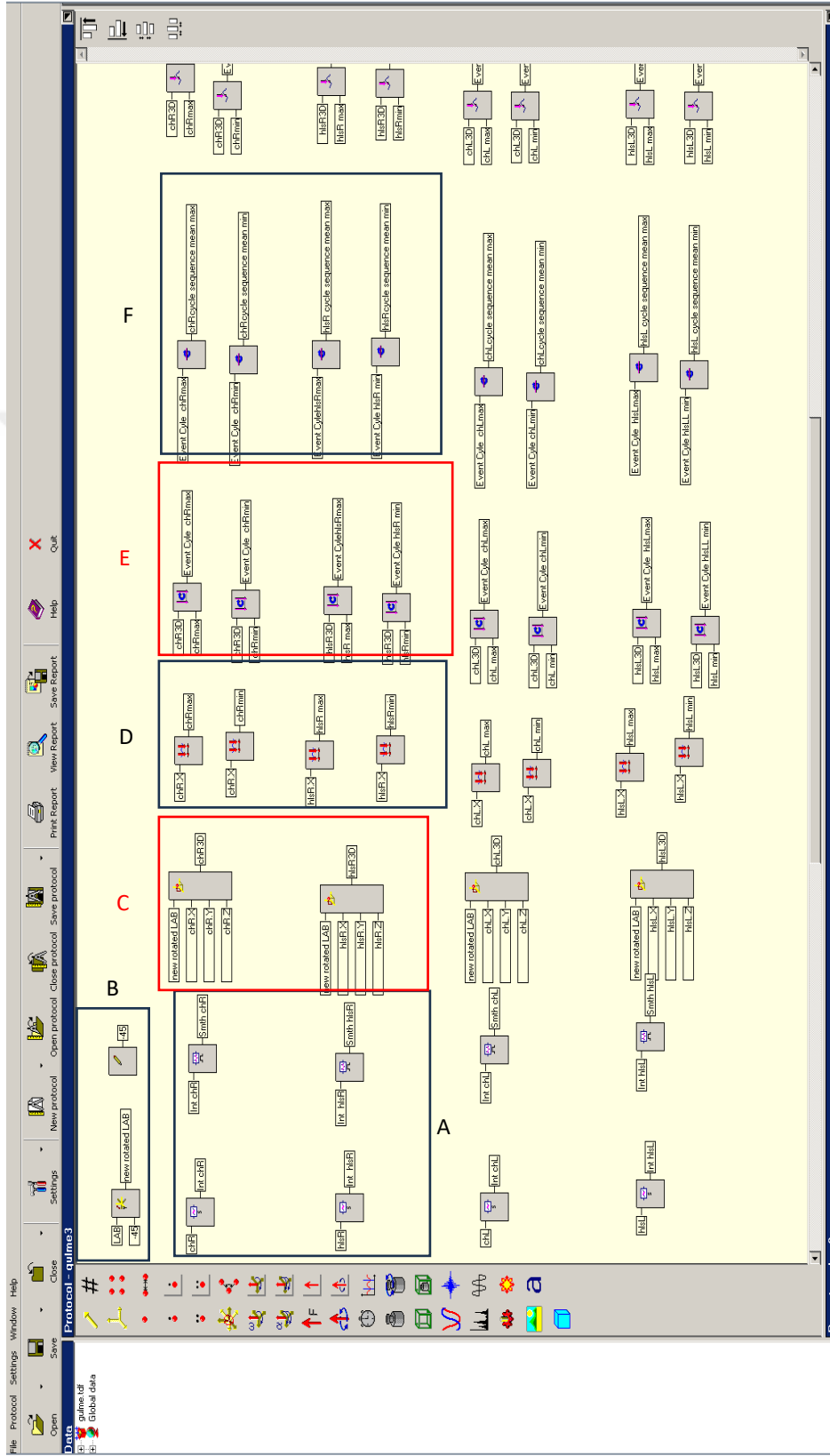
3.7 Markır Tabanlı Sistem için Hareket Analizi Protokolünün Oluşturulması

Yapılan her bir yüz ifadesinin 5 tekrar boyunca hareketin maksimuma ulaştığı ve minimuma düştüğü anlar belirlenip bunların ortalamasının farkı alınarak işaretli her noktanın her hareket için X, Y ve Z koordinat düzlemlerindeki yer değiştirmesi hesaplandı. Tüm bu bahsedilen analizler BTS Smart Analyzer yazılımı (versiyon 1.10.469.0) ile oluşturulan protokol kullanılarak yapıldı. Her bir yüz hareketinin en hareketli ve en sabit noktaları aynı olmadığı için her harekete özgü ayrı protokol oluşturuldu.

Protokollerde öncelikle harekete ait en hareketli ve en sabit olan noktaların interpolasyon ve ardından smooth işlemlerinden geçirilerek filtrasyon yapıldı (Şekil 3.6.A.). Kameraların kalibrasyon işlemi ardından elde edilmiş olan laboratuvar koordinat sistemi Y eksenı etrafında -45 derece rotasyon yapılarak başın X eksenı sağdan sola, Y eksenının aşağıdan yukarıya ve Z eksenının ise arkadan öne olacak şekilde hizalandı (Şekil 3.6.B.). Oluşturulan yüz koordinat düzlemi analizi yapılan hareketin en hareketli ve en sabit noktalarına taşındı (Şekil 3.6.C.). Hareket grafiklerinden her iki nokta için hareketin maksimum ve minimuma ulaştığı zamanlar belirlendi (Şekil 3.6.D., Şekil 3.8.). Hareketin maximum ve minimuma ulaştığı beş tepe ve çukur grafikleri tek bir grafikte toplandı (Şekil 3.6.E., Şekil 3.9.A.) ve bu grafiklerin ortalama standart sapmasını gösteren bir grafik oluşturuldu (Şekil 3.6.F., Şekil 3.9.B.) Harekete ait en hareketli ve en sabit noktaların maksimum ve minimuma ulaştığı zamana karşılık gelen beş değer elde

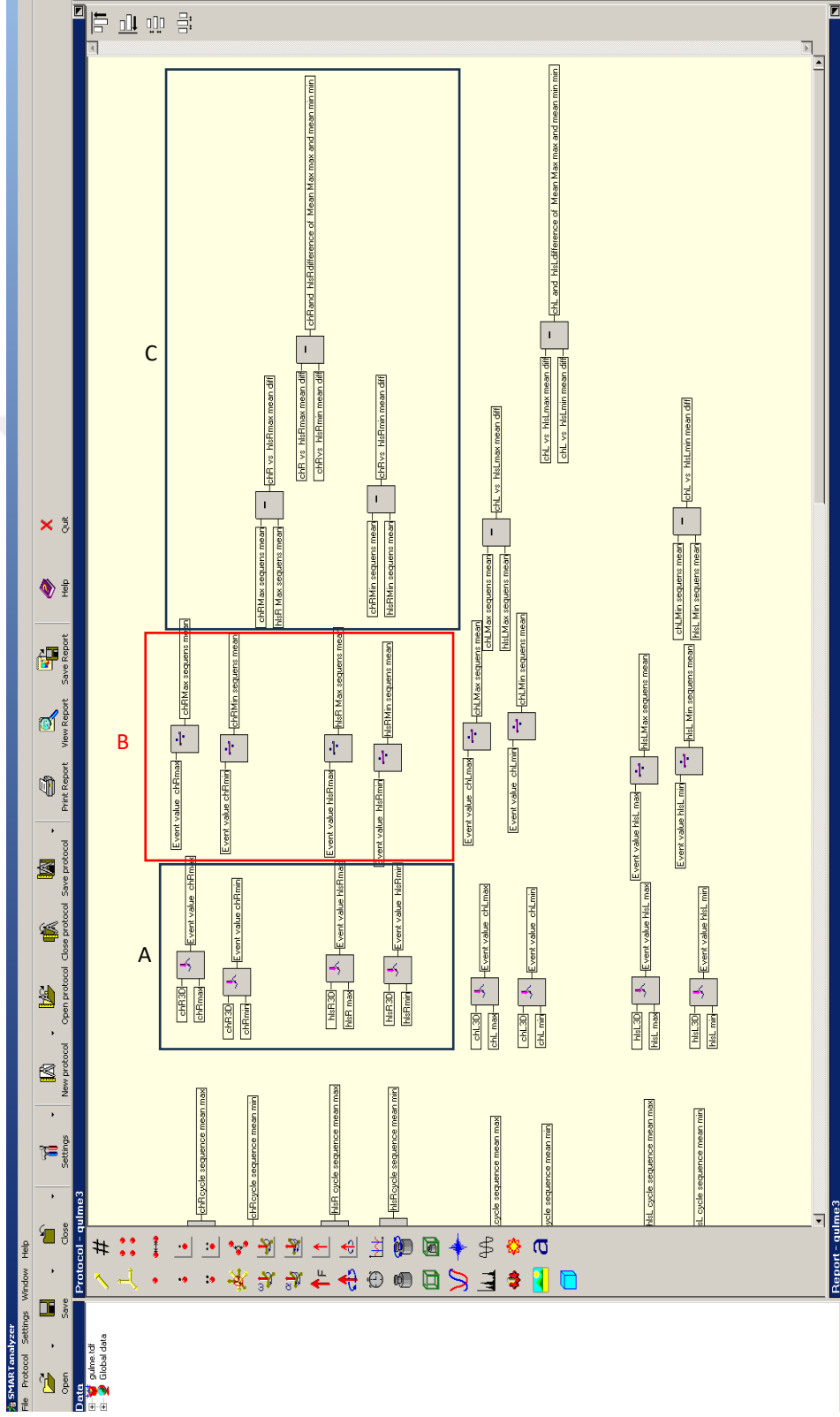
edildi (Şekil 3.7.A.). Elde edilen değerlerin aritmetik ortalamasının alındı (Şekil 3.7.B.) Her iki noktanın maksimumları ve minimumlarının farkı alınarak kafa hareketlerinin analizi etkilemesi minimum hale getirildi. Elde edilen bu maksimum ve minimum değerlerinin de farkı alınarak yer değiştirme verileri hesaplandı (Şekil 3.8.C.). Elde edilen veriler Excel programına geçirilip işaretli her noktanın x, y ve z eksenlerindeki yer değiştirmelerinin öklidyen mesafeleri hesaplanarak o nokta için tek bir veri elde edildi.





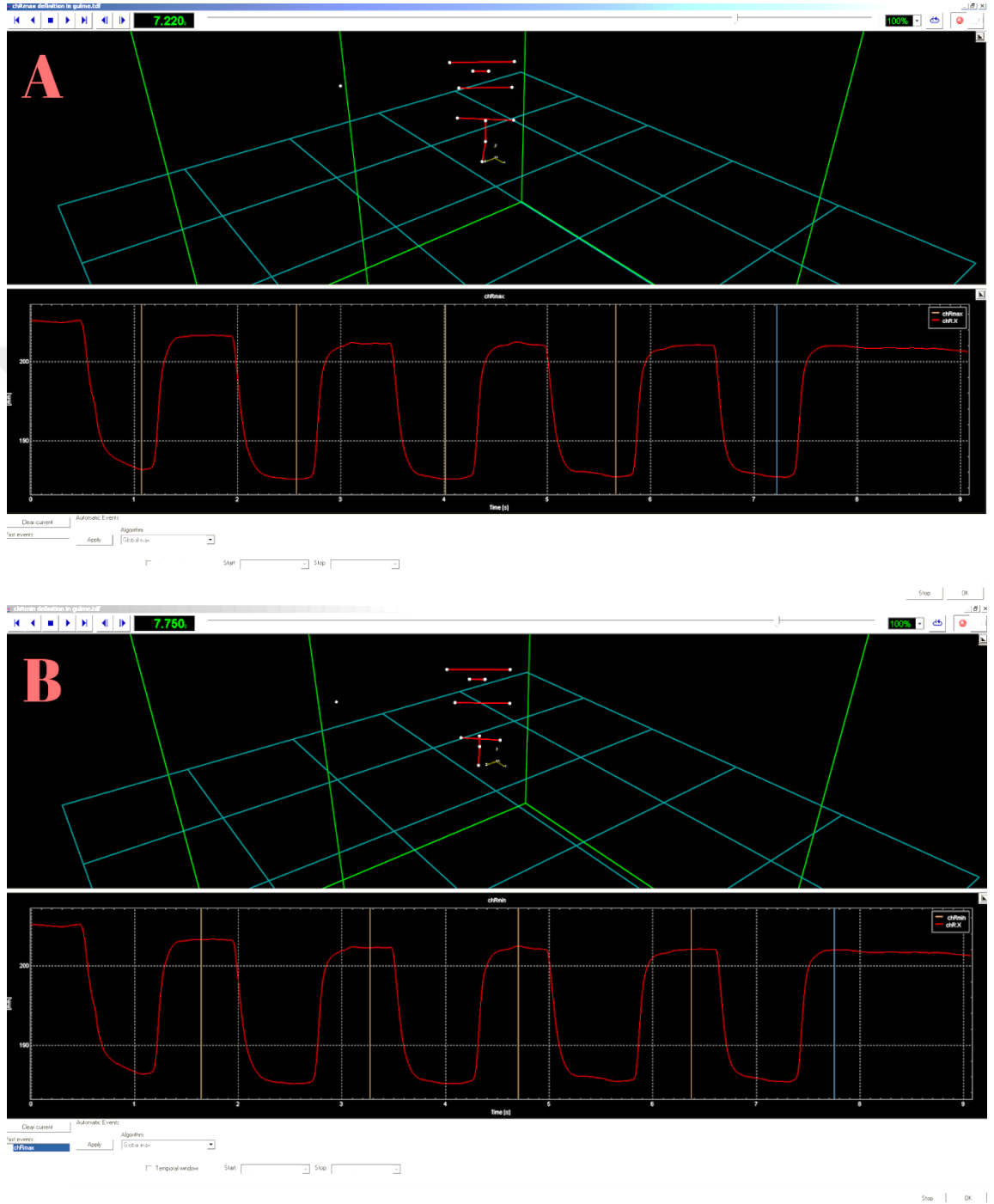
Şekil 3.6. Protokolde noktaların interpolasyon, filtreleme smooth ve grafik ortalaması işlemi

A) Gülme(sağ) hareketine ait en hareketli chR ve en sabit olan hlsR noktalarının interpolasyon ve smooth işlemlerinden geçirilerek filtreleme işlemi, B) Kalibrasyon işlemi ardından elde edilen laboratuvar düzleminin Y eksenini etrafında -45 derece rotasyon yapılarak yüze göre hizalanması, C) Oluşturulan yüz koordinat düzleminin chR ve hlsR noktalarına taşınması, D) X eksenine ait grafikten her iki nokta için hareketin maksimum ve minimuma ulaştığı zamanların belirlenmesi, E) Beş tekrarlı yapılan hareketin maksimum ve minimumlarının tek bir grafik üzerinde toplanması işlemi, F) Beş tekrarlı yapılan hareketin maksimum ve minimum değerlerinin ortalama standart sapmasını gösteren grafiğin oluşturulması işlemi

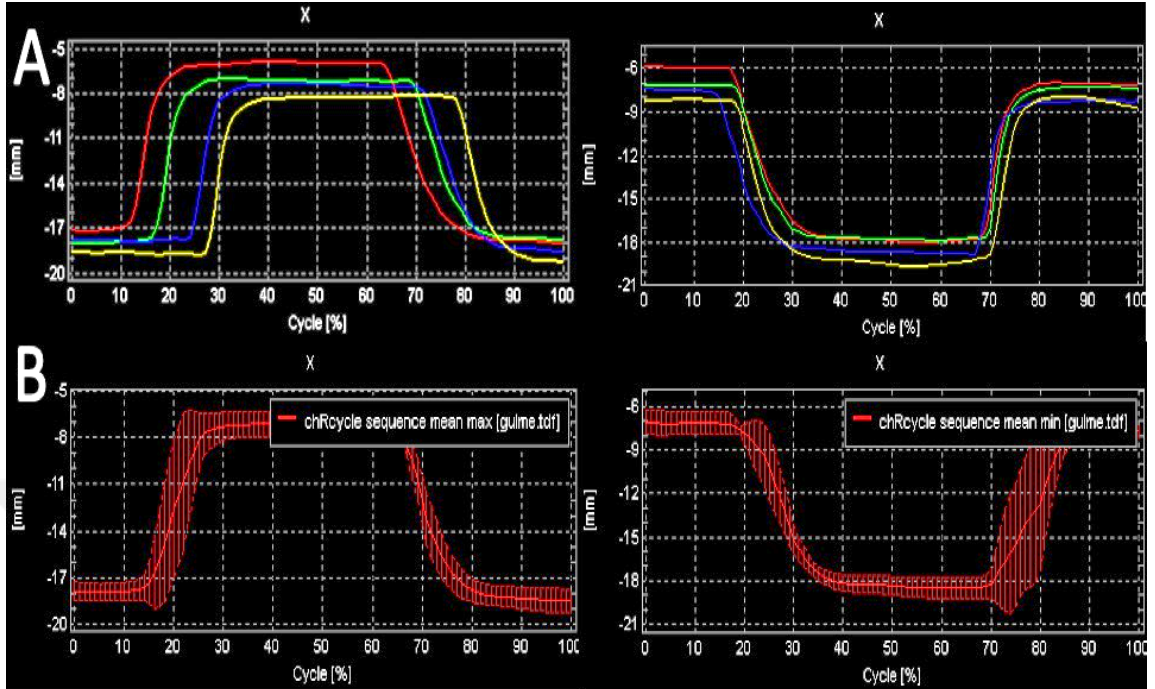


Şekil 3.7. Protokolde yer değiştirme mesafesinin hesaplanması işlemi

A) Gülmeye (sağ) hareketine ait chR ve hLR noktalarının maksimum ve minimuma ulaştığı zamana karşılık gelen beş değerin elde edilmesi, B) Elde edilen değerlerin aritmetik ortalamasının alınması, C) Her iki noktanın maksimum ve minimum değerlerinin farkı alınması ve yer değiştiriminin hesaplanması.



Şekil 3.8. Gülme hareketinin 5 tekrar boyunca maximuma (A) ve minimuma (B) ulaştığı anların belirlenme işlemi

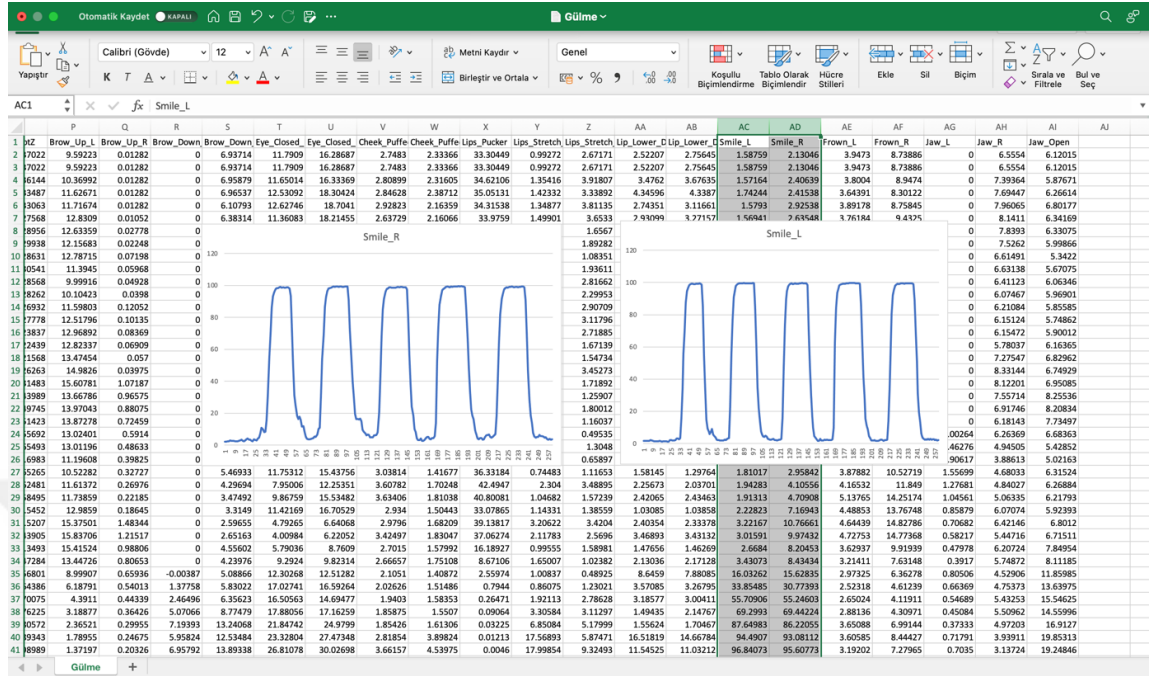


Şekil 3.9. Tekrarlı hareket grafikleri

A) Beş tekrarlı yapılan hareketin maximum ve minimumlarının tek bir grafik üzerinde toplanması, B) Beş tekrarlı yapılan hareketin maksimum ve minimum değerlerinin ortalama standart sapmasını gösteren grafik

3.8 Derinlik Sensörü ile Veri Analizi

Kinect V2 derinlik sensörü ile elde edilen görüntü verileri Brekel face V2 adlı yazılımdan .csv uzantısı şeklinde çekildi. Buradan elde edilen veriler Şekil 3.10.'da görüldüğü gibi Excel programına aktarılıp bir çizgi grafiği oluşturuldu. Yine her bir hareket için 5 maximum ve 5 minimum değer belirlenip bu değerlerin farklarının ortalaması alınarak tek bir veri elde edildi.



Şekil 3.10. Brekel V2 yazılımından .csv uzantısı ile çekilen verilerden elde edilen grafik ve 5 minimum ve 5 maximum değerin belirlenmesi işlemi

3.9 İstatistiksel Analiz

BTS Smart Tracker ve Kinect V2 derinlik sensöründen elde edilen veriler farklı birimlerde olduğundan dolayı sağlıklı bir karşılaştırma için yüzde normalizasyon kullanılarak normalize edildi. Bu amaçla GraphPad Prism versiyon 6.05 (GraphPad Software Inc, San Diego, CA) programı kullanıldı. Normalizasyon için en küçük değer %, medyan değeri %100 kabul edildi. Yüz hareketleri güvenilirliğinin belirlenmesi için bir gün arayla aynı gözlemciler tarafından tekrar kaydedildi. Gözlemci-içi, gözlemciler-arası ve metotlar-arası güvenilirliğin test edilmesi için intraklas korelasyon katsayısı (ICC) hesaplandı. Bu işlem için Statistical Package for Social Sciences" (SPSS) Version 26.0 kullanıldı. Koo ve ark. yapmış olduğu bir çalışmaya göre ICC değeri 0.5'ten küçük değerler zayıf, 0.5 ile 0.75 arasındaki değerler orta, 0.75 ile 0.9 arasındaki değerler iyi ve 0.90'dan büyük değerler mükemmel güvenilirlik olarak kabul edildi (Koo ve ark., 2000).

Metotlar arası uyumun incelenmesi için Bland-Altman grafiği kullanıldı. Grafikte iki metotla elde edilen ölçümlerin farkı Y ekseninde, ölçümlerin ortalaması ise X ekseninde

olacak şekilde işaretlemeler gerçekleştirildi. Ayrıca farkların ortalaması (Bias), standart sapması (SS) ve üst ve alt güven aralığı ($\text{Bias} \pm 1.96 \times \text{SS}$) hesaplandı.



4. BULGULAR

4.1 Demografik Bilgiler

Çalışmaya 18-65 yaş aralığında 50 kadın ve 50 erkek toplam 100 gönüllü dahil edildi. Kadın ve erkek katılımcıların; yaş, boy kilo ve Vücut Kitle İndeksi (VKİ) parametreleri arasında anlamlı bir fark bulunmadı. Katılımcıların demografik bilgilerinin ortalama değerleri Tablo 4.1.'de özetlenmiştir.

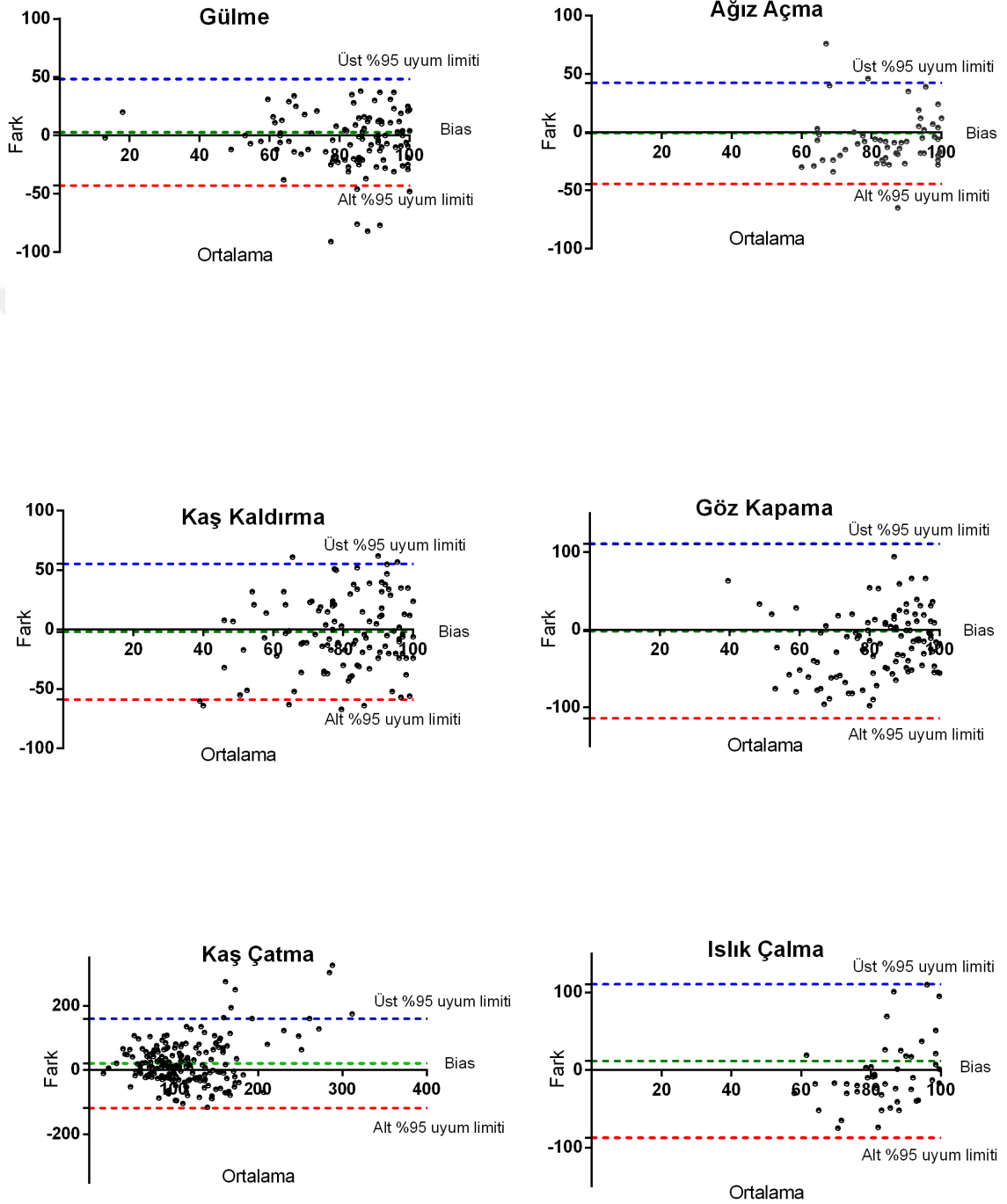
Tablo 4.1. Katılımcıların Demografik Bilgileri

Demografi k Bilgiler	(n)	Yaş (yıl)	Boy (cm)	Kilo (kg)	VKİ (boy/kg ²)	Sol Dominan t (n)	Sağ Dominan t (n)
Kadın	50	31.24±13.6 4	164.54±6.7 3	61.58±8.49	22.80±3.3 7	5	45
Erkek	50	24.48±8.87	178.3±7.48	76.48±13.81	24±3.63	4	46
Toplam	100	27.86±11.9	171.42±9.9	69.03±13.65	23.4±3.54	9	91

4.2 Metotlar Arası Uyumun Test Edilmesi

Çalışmamızda test edilen derinlik sensör tabanlı sistemin altın standart metot olarak kabul edilen markır tabanlı sistemle olan uyumluluğunu test etmek için Bland-Altman yöntemini kullandık. Her iki cihazla elde edilen ölçümler arası farklara karşı ölçümlerin ortalamasının işaretlendiği grafik Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Buna göre kaş kaldırma hareketi için ölçüm farklarının ortalama değeri (Bias) -1.845, alt %95 uyum aralığı -58.94 ve üst %95 uyum aralığı 55.25 olarak tespit edildi. Bu değerler kaş çatma için sırasıyla 20.82, -118.0 ve 159.6; gülme için 2.7, -42.98 ve 48.38; ağız açma için -0.99, -44.34 ve 42.36; ıslık çalma için 11.59, -87.43 ve 110.6; göz kapama için -1.77, -114.2 ve 110.7 olarak tespit edildi (Şekil 4.1.). Sonuçlardan da görüldüğü üzere gülme, ağız açma, kaş kaldırma ve göz kapama hareketleri sıfıra yakın bias değerlerine sahipken kaş çatma ve ıslık çalma hareketlerinde sıfırdan uzaklaştığı görülmektedir. Grafikler incelendiğinde ölçümlerin rastgele dağıldığını yani herhangi bir trend göstermediğini görmekteyiz. Bu sonuçlar altın standart ölçüme benzer ölçümler yapılabilmesini işaret

etmektedir. Ayrıca bütün hareketler için ölçümlerin tamamına yakının %95 güven aralığı içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Her iki cihazla elde edilen ölçümler arası farklara karşı ölçümlerin ortalama değerlerini gösteren Bland-Altman grafikleri

Gülme, ağız açma, kaş kaldırma ve göz kapama hareketleri sıfıra yakın bias değerlerine sahiptir. Kaş çatma ve ıslık çalma hareketleri ise sıfırdan uzaklaşmaktadır. Grafiklerde plotlar rastgele bir dağılım

göstermekte ve herhangi bir trend oluşturmamaktadır. Ölçümlerin tamamına yakınında plotlar %95 güven aralığı içerisinde dağılmaktadır.

4.3 Metodların Güvenilirliğinin Test Edilmesi

Üç boyutlu markır tabanlı optoelektronik hareket yakalama sistemi (BTS Smart DX100, BTS Bioengineering, Milan, Italy) ile yapılan ölçümlerde metot içi güvenilirlik kat sayısı sırasıyla kaş kaldırma (KK) 0.80, gülme (GU) 0.80, Ağız açma (AA) 0.75, kaş çatma (KC) 0.72, ıslık çalma (IS) 0.54, göz kapama (GK) 0.41 oranında pozitif korelasyon göstermiştir. %95 güven aralığının alt ve üst sınırları Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Markır tabanlı optoelektronik hareket yakalama sistemi metot içi güvenilirlik

Yüz Hareketleri	ICC	Alt sınır	Üst sınır
Kaş Kaldırma (KK)	0.80	0.73	0.85
Gülme (GU)	0.79	0.72	0.84
Ağız Açma (AA)	0.75	0.63	0.83
Kaş Çatma (KC)	0.72	0.63	0.79
Islık Çalma (IS)	0.54	0.31	0.69
Göz Kapama (GK)	0.41	0.21	0.55

3 Boyutlu derinlik sensörü MS Kinect V2 (Microsoft, Redmond, WA, ABD) ile yaptığımız ölçümlerde metot içi güvenilirlik katsayısı sırasıyla ağız açma (AA) 0.85, kaş çatma (KC) 0.84, kaş kaldırma (KK) 0.76, gülme (GU) 0.72, ıslık (IS) 0.63, göz kapama (GK) 0,61 oranında pozitif korelasyon göstermiştir. %95 güven aralığının alt ve üst sınırları Tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Derinlik sensörü içi güvenilirlik

Yüz Hareketleri	ICC	Alt sınır	Üst sınır
Ağız Açma (AA)	0.85	0.77	0.90
Kaş Çatma (KC)	0.84	0.79	0.88
Kaş Kaldırma (KK)	0.76	0.68	0.82
Gülme (GU)	0.72	0.63	0.79
Islık Çalma (IS)	0.63	0.45	0.76
Göz Kapama (GK)	0.61	0.48	0.71

Markır tabanlı hareket analiz sistemi olan BTS Motion Capture ve üç boyutlu derinlik sensörü MS Kinect V2' yi kullanarak aynı anda yaptığımız ölçüm sonuçlarına göre metotlar arası güvenilirlik kat sayısı sırasıyla gülme (GU) 0.70, ağız açma (AA) 0.66, kaş kaldırma (KK) 0.63 ve kaş çatma (KC) 0,46 oranında pozitif yönde korelasyon gösterirken; göz kapama (GK)-0.43 ve ıslık (IS)-0.004 oranında negatif korelasyon göstermiştir. %95 güven aralığının alt ve üst sınırları Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Markır tabanlı optoelektronik hareket yakalama sistemi vs. Derinlik sensörü metotlar arası güvenilirlik

Yüz Hareketleri	ICC	Alt sınır	Üst sınır
Gülme (GU)	0.70	0.61	0.77
Ağız Açma (AA)	0.66	0.50	0.77
Kaş Kaldırma (KK)	0.63	0.52	0.72
Kaş Çatma (KC)	0.46	0.29	0.60
Göz Kapama (GK)	-0.43	-0.90	-0.08
Islık Çalma (IS)	-0.004	-0.49	0.32

BTS ve Kinect V2 sistemlerine ait genel özelliklerin karşılaştırılması Tablo 4.5'te gösterilmiştir. İki sistem arasında çok ciddi bir fiyat farkı bulunmaktadır. BTS sistemi ile analiz yapılırken bir protokol oluşturulması gerekir fakat Kinect V2 sistemi için bir protokol bulunmamaktadır ve veriler .csv formatında çekilmektedir. Gerekli analizler otomatik olarak değil manuel olarak yapılmaktadır. BTS sistemleri markır tabanlı bir sistemken Kinect V2 sistemi derinlik sensörü tabanlı bir sistem olduğundan markıra ihtiyaç duymadan çalışır. Markırların yerleştirilip çıkarılması işlemi ve sistem kalibrasyonunun Kinect V2 sistemine ait kalibrasyondan daha uzun sürmesinden dolayı çekim süreleri arasında da ciddi bir fark oluşmuştur. Kinect V2 sistemi daha hızlı bir çekim imkanı sunmuştur. BTS sistemi dört kamera ile çalışır ve bir iş istasyonuna ihtiyaç duyar bu nedenle sabit bir sistemdir. Kinect V2 sistemi ise tek kamera ile bir laptopa bağlı olarak çalışmaktadır. Bu sayede portatif bir sistem olarak kullanılabilir.

Tablo 4.5. İki sisteme ait genel özelliklerin karşılaştırılması

Özellik	Optoelektronik Sistem	Derinlik Sensörü
Fiyat	20.000\$	500\$
Yazılım	Sisteme özel üretici firma tarafından temin edilir	Farklı yazılım seçenekleri Kişisel olarak yazılım hazırlama imkanı
Protokol	İsteğe göre tasarlanabilir protokol	Hazır protokol. Düzenlenemez
Otomatik analiz	Var	Var
Markır	Var	Yok
Kalibrasyon	Gerekli	Gerekli
Çekim ve analiz için gereken toplam süre	15dk	3 dk
Kamera sayısı	4	1
Gerekli donanım	Kameralara özel fiber optik girişi ve kartı olan iş istasyonu	Dizüstü bilgisayar (USB 2.0 üzerinden bağlantı)
Mobilite	Sabit (Laboratuvar koşulları gerekli)	Taşınabilir (Klinikte, serviste kullanıma veya uzaktan analiz için uygun)

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda yüz hareket analizi için yeni ve gelişmekte olan derinlik sensör tabanlı bir hareket analiz sistemini, altın standart kabul edilen optoelektronik bir sistem ile karşılaştırdık. Elde ettiğimiz sonuçlar özellikle gülme, ağız açma ve kaş kaldırma hareketlerinin yoğunluğunun değerlendirilmesinde orta derecede güvenilir olduğunu belirledik.

Literatürde derinlik sensörlerinin yürüme, postür, üst ekstremit ve baş boyun hareketlerinin analizinde altın standart kabul edilen hareket analiz sistemleri ile doğruluğu test edilse de, yüz ifadelerinin analizinde bu konuda bir çalışma bulunmamaktadır. Örneğin derinlik sensörü kullanarak postüral hareketler üzerinde yapılan bir çalışmada sensörün anatomik markır konumlarını ve açılal yer değıştirmeyi değerlendirirken referans sistemle karşılaştırılabilir doğrulukta sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Clark ve ark., 2012). Başka bir çalışmada da yürüyüşün spatiotemporal özelliklerini incelemiş bazı yürüyüş parametleri için sonuçlar uyumlu çıkarken bazı değışkenler doğru ölçülememiştir (Clark ve ark., 2013). Omuz hareket analizinde ise abdüksiyonu için iki sistemin uyumu mükemmel olsa da diğer eksenlerdeki hareketler için önemli farklılıklar bulunmuştur (Bonnechere ve ark., 2014). Parkinson hastalığı olan bireylerin hareketlerinin ölçümünde tüm hareketler için güvenilirliğin mükemmel olduğu bildirilmiştir (Galna ve ark., 2014). Başın pozisyonunu üç eksenle tahmin etmek için yapılan başka bir karşılaştırma çalışmasında yüz özelliklerinin görünür olması şartıyla iki sistemin oldukça uyumlu olduğu bildirilmiştir (Darby ve ark., 2016). Görüldüğü üzere derinlik sensörleri yüz bölgesi dışında diğer konularda da umut verici sonuçlar göstermiştir. Biz de çalışmamızda iki sistem arasında gülme, ağız açma ve kaş kaldırma hareketleri için orta, kaş çatma, göz kapama ve ıslık çalma hareketleri içinde zayıf güvenilirlik tespit ettik.

5.1 Derinlik sensörü ve Stereofotografometri Cihazının Karşılaştırılması

Literatürde yüz hareketleri için derinlik sensör tabanlı bir hareket sistemini optoelektronik hareket analiz cihazları ile karşılaştıran bir çalışma bulunmasa da yüzey morfolojisini analiz eden yöntemlerle karşılaştıran çalışmalar bulunmaktadır. Bu

çalışmalarda bizim metodolojimizden farklı olarak derinlik sensörlerini de yüzey tarayıcısı olarak kullanılmakta ve 3B görüntüler elde edilmektedir. Elde edilen bu görüntülerden de yüze ait morfolojik analizler yapılmaktadır. Örneğın Ten Harkel ve ark. 2017 yılında RealSense F200 sensörünün üç boyutlu yüzey tarama performansını altın standart yöntem 3dMD yüzey tarama sistemi ile karşılaştırmıştır (Ten Harkel ve ark., 2017). Sunnybrook Yüz Derecelendirme ölçeğindeki hareketler; alın kırıştırma, hafif göz kapama, gülme ve ısıık çalma hareketleri yüz felci olan bireylere yaptırılmıştır. Yüzün sağılıklı tarafı için derinlik doğruluğı tüm hareketlerin toplamı için hesaplanmış ve ortalama RMS 1.48 mm olarak bulunmuştur. Yüzün felçli tarafında ise 1.46 mm'lik bir RMS tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda sensörün güvenilirliğı rapor edilmiştir.

2020 yılında Ten Harkel ve ark. RealSense D415 kullanarak antropometrik ölçümlerin güvenilirliğı ve uyumunu incelemiştir (Ten Harkel ve ark., 2020). Yüz felcine sahip kişilerin nötr yüz ifadesi RealSense D415 ve yüzey morfolojisi ölçme cihazı olan 3dMD görüntüleme sistemi ile eş zamanlı görüntü alınmıştır. Gözlemci içi ve gözlemciler arası ölçümlerin genel güvenirliliğı ICC katsayısı kullanılarak değeriendirilmiş ve 3dMD ölçümleri için 0,95 ve 0,93. RealSense ölçümleri için 0,83 ve 0,80 olarak tespit edilmiştir. Bland-Altman analizi ile belirlenen; RealSense ölçümleri ile 3dMD ölçümleri arasındaki uyum, gözlemciler içi ortalama -0,90 mm, gözlemciler arası içinse -0,89 mm bulunmuştur. Çalışmamızda kayıtlar aynı kişiler tarafından yapıldığı için gözlemciler arası bir verimiz bulunmamaktadır. Metot içi güvenilirlik değeri optoelektronik sistem için 0.80 (kaş kaldırma) ile 0.41(göz kapama) arasındayken, derinlik sensörünün 0.85(ağız açma) ile 0.61(göz kapama) arasındadır. Sistemlerin metotlar arası güvenilirlik değeri ise 0.70(gülme) ile -0.004(ısıık çalma) arasındadır. Her ne kadar bizim metodolojimizden farklı olarak derinlik sensörünün 3B tarayıcı özelliğı kullanılsa da çalışmanın güvenilirlik değerilerinin bizimkinden daha yüksek çıktığı görölmektedir. Bunun muhtemel sebebi bahsedilen çalışmada yüz ifadesi yapılmadan sadece nötr yüz ifadelerinin karşılaştırılmasıdır. Bizim çalışmamızda ise dinamik yüz ifadeleri karşılaştırılmıştır.

Başka bir çalışmada Akan ve ark. derinlik sensörüne sahip bir akıllı telefon kamerası ile çekilen üç boyutlu görüntüleri, altın standart yüzey tarama sistemi ile karşılaştırmış ve

analiz etmiştir (Akan ve ark., 2021). Yüzlerin nötr durumdaki görüntüleri iPhone X (Apple Inc. CA, ABD) kamerası ve bir 3B görüntüleme sistemi 3dMD (Atlanta, GA, ABD) ile kaydedilmiştir. Çekilen bu yüzey görüntülerinin RMS (Root Mean Square) değerleri 0.58 ile 1 arasında bulunmuştur. Çalışma sonucunda bir akıllı telefonun derinlik kamerası ile çekilen görüntüler, 3 boyutlu yumuşak doku değişikliklerini kaydetmek ve değerlendirmek için kullanılabilir sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmalarda yapılan hareketlerin yoğunluğundansa yüz morfolojisinde yarattığı değişiklikler üzerinde durulmuştur. Yine bu çalışmada da bizden farklı olarak sadece istirahat durumundaki yüz için analiz gerçekleştirilmiştir

5.2 Derinlik Sensörleri Kullanılarak Yapılmış Hareket Analizi Çalışmaları

Literatürde kullandığımız yöntemle benzer şekilde belirli işaretleyicilerin yer değiştirmelerini tespit edip bunları dinlenme konumlarıyla karşılaştıran hareket odaklı çalışmalarda bulunmaktadır. Örnek bir çalışma Gaber ve ark. tarafından yapılmıştır (Gaber ve ark., 2015). Göz kapatma, gülme ve ağız açma hareketleri ve hareket sırasındaki asimetri Kinect V2 sensörü ile kaydedilmiş ve yoğunlukları hesaplanmıştır. Fakat çalışma sonucunda yüzün nötr durumdaki simetri verileri sunulmuştur. Kaş ve ağız bölgesinde %98, göz bölgesinde ise %94 oranında simetri çıkmıştır. Kinect v2 umut verici sonuçlar gösterse de sistemin güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği açısından bir değerlendirme yapılmamış, ve yine dinamik veriler karşılaştırılmamıştır. Ayrıca katılımcı sayısının az olması da bu çalışmanın bir kısıtlamasıdır.

2016 yılında yapılmış başka bir çalışmada Schatz ve ark. MS Kinect V2 kullanılarak yüz simetrisi ve simetrik yüz hareketlerinin değerlendirmesini araştırmıştır (Schatz ve ark., 2016). Kaş kaldırma, göz kapatma, diş gösterme ve dudak büzme hareketleri Kinect V2 ile izlenmiş. Yüzün sol tarafının sağ tarafla karşılaştırılması ve dinlenme durumuna göre analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda asimetri değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuş fakat ölçümlerin standart sapması ve istatistiksel analizi hakkında bilgi verilmemiştir. Kinect v2 ile yapılan ölçümlerin ışık, kamera açısı ve mesafeden ciddi ölçüde etkilendiği de bu çalışmada belirtilmiştir. Biz de çalışmamızda

ışık, kamera açısı ve mesafeden etkilenmeyi en aza indirmek için bu faktörleri sabit tutmaya çalıştık.

Derinlik kameraları kullanılarak yapılan farklı bir çalışma iPhone'un TrueDepth kamera sisteminden alınan verilerle yüz asimetrilerini nesnel ve tekrarlanabilir bir şekilde ölçen bir uygulama prototipi geliştirmeyi amaçlamıştır (Taeger ve ark., 2021). Testler arası değişkenliği değerlendirmek için iPhone XR cihazının TrueDepth kamerası ile kaş kaldırma, göz kapama ve gülme hareketleri ardışık 10 kez katılımcının kendisi tarafından kaydedilmiştir. Çalışmanın sonucunda ölçümler tekrarlanabilir, istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır ve testler arası değişkenlik göstermemiştir. Geliştirilen uygulama iki yüz yarımı arasındaki asimetriyi karşılaştırdığı için sadece tek taraflı yüz felcine sahip kişiler için kullanılabilir. Ayrıca katılan kişi sayısının azlığı ve bulunan sonuçların altın standart bir metot ile karşılaştırılmaması bu çalışmanın kısıtlamalarındandır. Bu çalışmalar ile bizim metodolojimiz ne kadar benzer olsa da hepsi asimetri analizi gerçekleştirmiş metodolojinin güvenilirliği ile alakalı bir değerlendirme yapmamışlardır. Biz ise çalışmamızda asimetri analizi gerçekleştirmedik. Çalışmamız da sadece yapılan yüz hareketlerinin şiddeti değerlendirilmiştir.

Başka bir çalışma Geros ve ark. tarafından yapılmıştır (Gerós ve ark., 2016). Facegram adlı yazılım uygulamaları için Asus Xtion Pro Live SLS'yi kullanarak derinlik sensörlerinden yararlanmışlardır. Facegram programı, gülümseme hareketinin statik ve dinamik yönlerini ölçmek ve sunmak için üç boyutlu uzayda yüzdeki işaretlerin hareketlerini takip etmektedir. Bu sistem hala manuel işaretlemeye dayanmakta ve değerlendirebildiği yüz hareketi çeşitliliği kısıtlıdır. Fakat Facegram programı tamamen otomatik ve erişilebilir bir yüz değerlendirme aracı potansiyelini vurgulamakta olan ve gelişen bir sistem olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada da katılımcı sayısı az olup güvenilirlik verisi sunulmamıştır. Sonuç olarak literatüre baktığımızda derinlik sensörleriyle yüz ile ilgili çalışma sayısı az, güvenilirliği eksik ve gönüllü sayısı düşüktür.

5.3 Optoelektronik Sistemler ile Yapılmış Hareket Analizi Çalışmaları

Optoelektronik markır tabanlı sistemler literatürde birçok çalışmada kullanılmış, güvenilirliği kanıtlanmış ve hatta klinik olarak kullanılan sistemlerdir. Örneğin Sforza ve

ark tarafından n. massetericus'un n. facialis'in cervicofasial dalına greft olarak kullanıldığı fasiyal sinir ameliyatlarında bu tekniğin efektif olup olmadığını anlamak amacı ile bir araştırma yapılmıştır (Sforza ve ark., 2014). Onbir adet pasif markır yüze yerleştirilmiştir. Optoelektronik üç boyutlu hareket analiz cihazı olan BTS kullanılarak şu hareketler sırasında ölçülmüş ve değerlendirilmiştir: ameliyat öncesi ve sonrasında dişlerini sıkmadan maksimum gülümseme, ameliyat sonrası arka dişlerini sıkarak maksimum gülümseme ve komik bir video izletilirken spontan gülümseme. Yüz ifadeleri nötr pozisyona göre karşılaştırılarak yapılan hareketin yoğunluğu ve asimetrisi ölçülmüştür. Ameliyat öncesinde tüm noktalar için bireylerin sağlıklı taraf yüz hareketleri hasta taraf yüz hareketlerinden anlamlı olarak fazla çıkmıştır ve ameliyat sonrası bu farkın azaldığı görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan metodoloji bizim çalışmamızla benzer özellik göstermektedir. Biz de çalışmamızda iki sistem için de hareketin maksimum değerini nötr pozisyona göre karşılaştırarak hareketin yoğunluğunu hesapladık.

Başka bir çalışma ise, 3 boyutlu optoelektronik hareket analiz sistemi olan FACIAL CLİMA kullanılarak fasiyal reanimasyon cerrahilerinde hastaların yüz hareketlerini doğru bir şekilde değerlendirmek için otomatik, yararlı ve pratik bir araç sunmak amacıyla yapılmıştır (Hontanilla ve ark., 2008). Çalışmaya katılan 20 sağlıklı kadın katılımcının üst yüz ifadesini kaydetmek için deneklere gözlerini kapatıp açmaları ve kaşlarını kaldırmaları ardından gevşemeleri, alt yüzü kaydetmek için, deneklere ağızları kapalı, dudakları bitişik olarak gülümsemeleri ve ardından dudakların dinlenme durumuna dönmeleri istenmiştir. Daha sonra üst dudaklarını kaldırmaları ve gevşetmeleri, alt dişlerini gösterip gevşetmeleri ve son olarak ağızlarını büzüp gevşetmeleri istenmiştir. Ölçüm işleminin doğruluğu, gözlemciler içi ve arasında güvenilirliği için ölçümler 3 defa markırlar çıkarılıp tekrar yapıştırılarak yapılmıştır. Ölçümlerinin gözlemci içi ve arası güvenilirliği, sınıf içi korelasyon değerleri 0.90 ve üzerinde olup oldukça doğru çıkmıştır. Bizim çalışmamızda ise opto elektronik sistemin metot içi güvenilirliği yapılan harekete göre 0.41 ila 0.8 arasında değişmektedir. Buradaki farklılığın sebebi bu çalışmada güvenilirlik araştırılırken yapılan hareketler sırasında değil sadece istirahat durumundaki stabil veriler hesaplanmış. Bizim çalışmamızda ise harekete özgü dinamik veriler hesaplandı. Bu da ölçüm hassasiyetini

etkileyerek güvenilirlik katsayısı değerlerindeki bahsi geçen farklılığın sebebini izah edebilir.

Mansour ve ark. 17 optoelektronik kamera ve iki video kamera (ViconLtd, Oxford, UK) kullanarak yüz mimik hareketlerini nesnel olarak tanımlamak ve yüzün doğru bir analizi için tutarlı bir anatomik referans oluşturmak amacıyla bir çalışma yapmıştır (Mansour ve ark., 2014). 101 adet yansıtıcı markır yüzdeki anatomik noktalara ve ek olarak rijit yapı olarak öngörölmüş 3 noktaya markır yerleştirilmiştir. Katılımcı gözleri normal şekilde kapatma, zorla kapatma, ‘‘O’’sesinin telaffuzu, ‘‘p’’sesinin telaffuzu ve gülme olmak üzere beş hareket gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda beş hareket sırasında maxillar markırların en stabil olanlar olduğu belirtilmiş ancak harekete özgü bir sınıflama yapılmamıştır. Çalışmamızda yüz hareketleri sırasında baş boyun hareketlerini elimine etmek için her bir yüz ifadesinin analizini bağıl olarak değerlendirmeyi mümkün kılacak sabit bir referans noktası bulmak oldukça önemlidir. Bu amaç daha önce yapmış olduğumuz bir çalışmada belirlediğimiz her hareket için en sabit ve en hareketli noktaları hareket analizi için kullandık (Ozsoy O. ve ark., 2023) .

Çalışmamızda altın standart olarak bilinen markır tabanlı sistemle derinlik sensör tabanlı sistemlerin gülme (0.79’a karşı 0.72), ağız açma (0.75’e karşı 0.85), kaş kaldırma (0.80’ye karşı 0.76) ve kaş çatma (0.72’ye karşı 0.84) hareketlerinin analizinde benzer sistem içi güvenilirlik gösterdiklerini, buna karşın derinlik sensörünün göz kapama (41’e karşı 61) ve ısıklık çalma (54’e karşı 63) hareketleri için daha yüksek ICC değerine sahip olduğunu belirledik. Ancak bu iki hareketin bias değerleri incelendiğinde kaş çatmanın (20.82) ve ısıklık çalmanın (11.59) en yüksek bias değerlerine sahip iki hareket olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu iki hareket için yüksek korelasyon katsayısı dolayısıyla ölçümlerin tutarlı olduğu gözükse de sahip oldukları yüksek bias değerleri sebebiyle geçerliliklerinin düşüktür.

Çalışmamızın limitasyonu olarak optoelektronik sistemlerdeki markırların manuel olarak yerleştirilmesi gösterilebilir. Ayrıca optoelektronik sistemin doğası gereği kullanılabilecek markır sayısının sınırlı olması bir diğerk kısıtlılıktır. Ancak önceki çalışmalardan elde ettiğimiz verilerle her hareket için tespit ettiğimiz en sabit noktalara göre hareket özgü en hareketli noktanın bağıl hareketini hesaplayarak bu kısıtlılığın

üstesinden gelmeye çalıştık. Ayrıca Kinect V2 sensörünün diğer çalışmalarda da belirtildiği gibi ışık ve mesafeden etkilendiğini bilmekteyiz bu nedenle ışığı ve mesafeyi hep aynı ayarlar tutarak bu sorunu en aza indirmeye çalıştık. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak katılımcı sayısının fazlalığı da çalışmamızın güçlü yanlarından birisidir. Çalışmamız da sadece sağlıklı gönüllülere yer verilmesi bir diğer kısıtlılık olarak gösterilebilir. Mevcut çalışma ile oturtulan metodoloji sayesinde ileriki çalışmalarda yüz felçli gibi fasiyal motor hastalıklara sahip bireylerin dahil edilmesi düşünülmektedir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hareket analiz sistemleri arasında altın standart kabul edilen fakat yüksek maliyetli ve ulaşımı daha zor sistemler olan optoelektronik tabanlı hareket analiz sistemi BTS ile maliyeti daha düşük ve ulaşımı kolay derinlik sensör tabanlı kamera sistemi Kinect V2 yöntemlerini karşılaştırdık. Çalışmamızın sonucunda metotlar arası güvenilirlik gülme, ağız açma ve kaş kaldırma için orta derece çıkmıştır. Kaş çatma, göz kapama ve ıslık hareketleri zayıf güvenilirliğe sahiptir.

Mevcut sonuçlar ışığında derinlik sensör tabanlı hareket analiz sistemlerinin sunmuş olduğu verilerin umut verici olduğu ancak klinik çalışmalarda kullanılmak üzere daha çok geliştirilmeye ihtiyaç duyduğu inancındayız. İlerde hastalar üzerinde yapılacak uzun dönem çalışmalar ile daha ideal sistemlerin geliştirilmesinin mümkün olacağını düşünüyoruz.

KAYNAKLAR

- Acarkan T, Nazlıkul H. Nervus fasiyalis paralizisi. Bilimsel Tamamlayıcı Tıp, Regülasyon ve Nöralterapi Dergisi. 2015; Cilt 1.
- Akan B, Akan E, Şahan AO, Kalak M. Evaluation of 3d face-scan images obtained by stereophotogrammetry and smartphone camera. International Orthodontics. 2021; 19: 669-678.
- An Shen TT. Marker-less motion capture for biomechanical analysis using the kinect sensor. Universitat Politècnica de Catalunya, 2014,
- Arifin WN. (2023). Sample size calculator <http://wnarifin.Github.io>. Retrieved from <http://wnarifin.github.io>
- Arıncı K, Erhan A. Anatomi (5. Baskı), 1. Cilt. In. Ankara: Güneş Tıp Kitabevi; 2014.
- Benecke JE, Jr. Facial paralysis. Otolaryngol Clin North Am. 2002; 35: 357-365.
- Blake R, Shiffrar M. Perception of human motion. Annu Rev Psychol. 2007; 58: 47-73.
- Bonnechère B, Jansen B, Salvia P, Bouzahouene H, Omelina L, Cornelis J , ve ark. Can the kinecttm sensors be used for motion analysis? Transaction on Electrical and Electronic Circuits and Systems. 2013; 4.
- Bonnechere B, Jansen B, Salvia P, Bouzahouene H, Omelina L, Moiseev F , ve ark. Validity and reliability of the kinect within functional assessment activities: Comparison with standard stereophotogrammetry. Gait & posture. 2014; 39: 593-598.
- Bruins TE, van Veen MM, Werker PM, Dijkstra PU, Broekstra DC. Associations between clinician-graded facial function and patient-reported quality of life in adults with peripheral facial palsy: A systematic review and meta-analysis. JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery. 2021; 147: 717-728.
- Cattaneo L, Pavesi G. The facial motor system. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2014; 38: 135-159.
- Cheong YW, Lo LJ. Facial asymmetry: Etiology, evaluation, and management. Chang Gung Med J. 2011; 34: 341-351.
- Choi KY. Analysis of facial asymmetry. Arch Craniofac Surg. 2015; 16: 1-10.

- Clark RA, Bower KJ, Mentiplay BF, Paterson K, Pua Y-H. Concurrent validity of the microsoft kinect for assessment of spatiotemporal gait variables. *Journal of biomechanics*. 2013; 46: 2722-2725.
- Clark RA, Pua Y-H, Fortin K, Ritchie C, Webster KE, Denehy L, ve ark. Validity of the microsoft kinect for assessment of postural control. *Gait & posture*. 2012; 36: 372-377.
- Darby J, Sánchez MB, Butler PB, Loram ID. An evaluation of 3d head pose estimation using the microsoft kinect v2. *Gait & posture*. 2016; 48: 83-88.
- Dindaroğlu F, Kutlu P, Duran GS, Görgülü S, Aslan E. Accuracy and reliability of 3d stereophotogrammetry: A comparison to direct anthropometry and 2d photogrammetry. *The Angle Orthodontist*. 2016; 86: 487-494.
- Drake RL. *Gray's anatomy for students*. 4th edition. ed. Philadelphia, MO: Elsevier; 2019.
- Ekman P. Emotions inside out - 130 years after darwin's the expression of the emotions in man and animals - introduction. *Emotions inside Out*. 2003; 1000: 1-6.
- Ekman P, Friesen WV, Hager JC. *The facial action coding system, research nexus ebook*. Salt Lake City, UT. 2002.
- Ekman P, Oster H. Facial expressions of emotion. *Annual review of psychology*. 1979; 30: 527-554.
- Ferrario V, Sforza C. Anatomy of emotion: A 3d study of facial mimicry. *European Journal of Histochemistry*. 2007; 51: 45.
- Ferrario V, Sforza C, Poggio C, Serrao G. Facial three-dimensional morphometry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996; 109: 86-93.
- Gaber A, Taher MF, Wahed MA. Automated grading of facial paralysis using the kinect v2: A proof of concept study. *2015 International Conference on Virtual Rehabilitation Proceedings (Icvr)*. 2015: 258-264.
- Galna B, Barry G, Jackson D, Mhiripiri D, Olivier P, Rochester L. Accuracy of the microsoft kinect sensor for measuring movement in people with parkinson's disease. *Gait & Posture*. 2014; 39: 1062-1068.
- Gerós A, Horta R, Aguiar P. Facegram—objective quantitative analysis in facial reconstructive surgery. *Journal of biomedical informatics*. 2016; 61: 1-9.

- Gorton III GE, Hebert DA, Gannotti ME. Assessment of the kinematic variability among 12 motion analysis laboratories. *Gait & posture*. 2009; 29: 398-402.
- Haraguchi S, Iguchi Y, Takada K. Asymmetry of the face in orthodontic patients. *Angle Orthodontist*. 2008; 78: 421-426.
- Hohman MH, Hadlock TA. Etiology, diagnosis, and management of facial palsy: 2000 patients at a facial nerve center. *Laryngoscope*. 2014; 124: E283-293.
- Hontanilla B, Aubá C. Automatic three-dimensional quantitative analysis for evaluation of facial movement. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery*. 2008; 61: 18-30.
- Hotton M, Huggons E, Hamlet C, Shore D, Johnson D, Norris JH , ve ark. The psychosocial impact of facial palsy: A systematic review. *British Journal of Health Psychology*. 2020; 25: 695-727.
- House JW, Brackmann DE. Facial nerve grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1985; 93: 146-147.
- Jirawatnotai S, Jomkoh P, Voravitvet TY, Tirakotai W, Somboonsap N. Computerized sunnybrook facial grading scale (sbface) application for facial paralysis evaluation. *Arch Plast Surg*. 2021; 48: 269-277.
- Kanko RM. Validation of a markerless motion capture system for human movement analysis. Queen's University (Canada), 2020,
- Koo T, Li M. (2000). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J chiropr med*. 2016; 15 (2): 155–63. In.
- Linstrom CJ, Silverman CA, Colson D. Facial motion analysis with a video and computer system after treatment of acoustic neuroma. *Otology & neurotology*. 2002; 23: 572-579.
- Mansour KB, Sarhan F, Neiva C, Godard C, Devauchelle B, Marin F , ve ark. Analysis of mimic facial movements based on motion capture. *Comput. Methods Biomech. Biomed. Engin*. 2014; 17: 78-79.
- Marur T, Tuna Y, Demirci S. Facial anatomy. *Clinics in dermatology*. 2014; 32: 14-23.
- Ozsoy O, Yilmaz B, Yildirim Y, Ozsoy U. Identification of stable anatomical landmarks during facial expressions. *Facial plastic surgery & aesthetic medicine*. 2023.

- Ozsoy U, Uysal H, Hizay A, Sekerci R, Yildirim Y. Three-dimensional objective evaluation of facial palsy and follow-up of recovery with a handheld scanner. *Journal of Plastic Reconstructive and Aesthetic Surgery*. 2021; 74: 3404-3414.
- Özsoy U, Yıldırım Y, Karaşin S, Şekerci R, Süzen LB. Reliability and agreement of azure kinect and kinect v2 depth sensors in the shoulder joint range of motion estimation. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2022; 31: 2049-2056.
- Peck H, Peck S. A concept of facial esthetics. *Angle Orthodontist*. 1970; 40: 284-&.
- Preedy VR. *Handbook of anthropometry: Physical measures of human form in health and disease*. Springer Science & Business Media; 2012.
- Raj A, Mothes O, Sickert S, Volk GF, Guntinas-Lichius O, Denzler J. Automatic and objective facial palsy grading index prediction using deep feature regression. *Comm Com Inf Sc*. 2020; 1248: 253-266.
- Robinson MW, Baiungo J. Facial rehabilitation: Evaluation and treatment strategies for the patient with facial palsy. *Otolaryngol Clin North Am*. 2018; 51: 1151-1167.
- Roetenberg D, Luinge H, Slycke P. Xsens mvn: Full 6dof human motion tracking using miniature inertial sensors. Xsens Motion Technologies BV, Tech. Rep. 2009; 1: 1-7.
- Sarhan Fr, Olivetto M, Ben Mansour K, Neiva C, Colin E, Choteau B , ve ark. Quantified analysis of facial movement: A reference for clinical applications. *Clinical Anatomy*. 2023; 36: 492-502.
- Schatz M, Prochazka A, Tupa O, Vysata O, Sedlak V. Face movement analysis with ms kinect. 2016 International Workshop on Computational Intelligence for Multimedia Understanding (Iwcim). 2016.
- Schmidt KL, Cohn JF. Human facial expressions as adaptations: Evolutionary questions in facial expression research. *Am J Phys Anthropol*. 2001; Suppl 33: 3-24.
- Sforza C, Galante D, Shirai YF, Ferrario VF. A three-dimensional study of facial mimicry in healthy young adults. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2010; 38: 409-415.
- Sforza C, Guzzo M, Mapelli A, Ibba TM, Scaramellini G, Ferrario VF. Facial mimicry after conservative parotidectomy: A three-dimensional optoelectronic study. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2012; 41: 986-993.

- Sforza C, Rango M, Galante D, Bresolin N, Ferrario VF. Spontaneous blinking in healthy persons: An optoelectronic study of eyelid motion. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2008; 28: 345-353.
- Sforza C, Tarabbia F, Mapelli A, Colombo V, Sidequersky F, Rabbiosi D , ve ark. Facial reanimation with masseteric to facial nerve transfer: A three-dimensional longitudinal quantitative evaluation. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2014; 67: 1378-1386.
- Spurkland A. Sobotta atlas of human anatomy. *Tidsskrift for Den Norske Laegeforening*. 2016; 136: 456-456.
- Şakul U, Bilecenoglu B. Baş ve boynun klinik bölgesel anatomisi. In. Ankara: Özkan Matbaacılık; 2009.
- Taeger J, Bischoff S, Hagen R, Rak K. Utilization of smartphone depth mapping cameras for app-based grading of facial movement disorders: Development and feasibility study. *JMIR mHealth and uHealth*. 2021; 9: e19346.
- Ten Harkel TC, Speksnijder CM, Van Der Heijden F, Beurskens CH, Ingels KJ, Maal TJ. Depth accuracy of the realsense f200: Low-cost 4d facial imaging. *Scientific reports*. 2017; 7: 16263.
- Ten Harkel TC, Vinayahalingam S, Ingels KJ, Bergé SJ, Maal TJ, Speksnijder CM. Reliability and agreement of 3d anthropometric measurements in facial palsy patients using a low-cost 4d imaging system. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2020; 28: 1817-1824.
- Thiesen G, Gribel BF, Freitas MP. Facial asymmetry: A current review. *Dental Press J Orthod*. 2015; 20: 110-125.
- Volk GF, Thielker J, Mothes O, Guntinas-Lichius O. Objective measurment of outcomes in facial palsy. *Management of Post-Facial Paralysis Synkinesis*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. 2021: 59-74.
- Weeden JC, Trotman CA, Faraway JJ. Three dimensional analysis of facial movement in normal adults: Influence of sex and facial shape. *Angle Orthod*. 2001; 71: 132-140.

Yildirim Y, Tombak K, Karasin S, Yuksel I, Nur AH, Ozsoy U. Assessment of the reliability of hand-held surface scanner in the evaluation of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2021; 30: 1872-1880.

Zimmermann J, Jesse S, Kassubek J, Pinkhardt E, Ludolph AC. Differential diagnosis of peripheral facial nerve palsy: A retrospective clinical, mri and csf-based study. *J Neurol.* 2019; 266: 2488-2494.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Beste	Uyruğu	T.C.
Soyadı	Yılmaz	Tel no	
Doğum tarihi		e-posta	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lise	Özel Bilbaşar Eğitim Anadolu Lisesi	2016
Lisans	Yeditepe Üniversitesi	2021
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi	2024
Doktora		

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İngilizce	YÖKDİL	80

Proje Deneyimi

Proje Adı	Destekleyen kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Yüz ifadelerinin analizinde kullanılan derinlik sensörlerinin altın standart opto elektronik hareket analiz sistemi kullanarak güvenilirliğinin test edilmesi	Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)	2022-2024

Yayınlar ve Bildiriler:

Ozsoy, O., Yilmaz, B., Yildirim, Y., & Ozsoy, U. (2023). Identification of Stable Anatomical Landmarks During Facial Expressions. *Facial Plastic Surgery & Aesthetic Medicine*. doi: 10.1089/fpsam.2022.0364.

