

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erman ÇAKIT

**EL BECERİSİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİNE
YÖNELİK BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2008

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EL BECERİSİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİNE
YÖNELİK BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI**

Erman ÇAKIT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 04/08/2008 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

İmza
Yrd. Doç. Dr. Oya ÇETİK
DANIŞMAN

İmza
Prof. Dr. Behice DURGUN
2.DANIŞMAN

İmza
Prof. Dr. Z. Nazan ALPARSLAN
ÜYE

İmza
Doç. Dr. Rızvan EROL
ÜYE

İmza
Yrd. Doç. Dr. H. Oya YÜREĞİR
ÜYE

**Bu tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No**

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

**Bu Çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir. Proje
No: MMF2007YL37**

• **Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EL BECERİSİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI

Erman ÇAKIT

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Oya ÇETİK
2.Danışman: Prof. Dr. Behice DURGUN
Yıl: 2008, Sayfa: 130

Juri : Yrd. Doç. Dr. Oya ÇETİK
Prof. Dr. Behice DURGUN
Prof. Dr. Z. Nazan ALPARSLAN
Doç. Dr. Rızvan EROL
Yrd.Doç.Dr. H. Oya YÜREĞİR

Bu çalışmada, el becerisine etki eden antropometrik ve biyomekanik faktörlerin değerlendirilmesi amacıyla Diş Hekimliği Fakültesi öğrencilerine el beceri testi uygulanmış ve öğrencilerden el antropometrisi ve biyomekanik ile ilgili ölçümler alınmıştır. Ölçümler Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğrencilerinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucu elde edilen veriler SPSS 15.0 programıyla analiz edilmiştir. Faktörler arasındaki ilişkiler ortaya çıkarıldıktan sonra sisteme ilişkin giriş ve çıkış verileri belirlenerek ANFIS (Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi) ve regresyon analizi ile el kavrama kuvveti sonuçları tahmin edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, elde edilen verilerin analizi ile el becerisini etkileyen faktörler arasındaki ilişkiler hakkında daha net bilgi elde edilmiştir. Bu anlamda, bu çalışmanın ileriki zamanlarda yapılabilecek diğer çalışmalara yön gösterebileceği ve diş hekimliği ile ilgili el aletlerinin ergonomik tasarımında da temel oluşturabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: El Becerisi, El Antropometrisi ve Biyomekanik, Diş Hekimliği, ANFIS

ABSTRACT

MSc THESIS

FUZZY LOGIC APPROACH TO DETERMINE THE FACTORS AFFECTING HAND DEXTERITY

Erman ÇAKIT

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Oya ÇETİK
2nd Supervisor : Prof. Dr. Behice DURGUN
Year: 2008, Pages: 130

Jury : Asst. Prof. Dr. Oya ÇETİK
Prof. Dr. Behice DURGUN
Prof. Dr. Z. Nazan ALPARSLAN
Assoc. Prof. Dr. Rızvan EROL
Asst. Prof. Dr. H. Oya YÜREĞİR

In this study, in order to determine the anthropometrics and biomechanics factors which affect hand. Manual dexterity test was applied to the dentistry students and the measurements related with hand anthropometry and biomechanics were taken. Çukurova University Faculty of Dentistry students were participated in the study. After the relationships between factors are discovered, input and output datas are determined for predicting the hand grip strength with ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) and regression analysis. The datas were analyzed with SPSS 15.0. At the end of the study, more clear information was acquired about the relationships between the factors affecting manual dexterity. In this context, this study can be a good reference for future studies and it can be a basic of hand tool design related to dentistry.

Keywords: Manual Dexterity, Hand Anthropometry and Biomechanics, Dentistry, ANFIS

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması sırasında yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen çok değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Behice DURGUN'a ve Yrd. Doç. Dr. Oya ÇETİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi adına Sayın Doç. Dr. Oğuz YOLDAŞ'A, öğrencilerine ve ölçümleri alma sırasında yardımcı olan arkadaşım Olcay KALAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımı ve Önemi.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	4
1.3. Çalışmanın Kapsamı	5
1.4. Çalışmanın Orijinal Katkısı	6
1.5. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu	7
1.5.1. Çalışmanın Adımları	7
1.5.2. Çalışmanın Organizasyonu	7
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
2.1. El becerisini etkileyen faktörlerle ilgili yapılan çalışmalar.....	8
2.1.1. Antropometrik Ölçümlerin Kullanıldığı Çalışmalar	8
2.1.2. Demografik özelliklerle ilgili yapılan çalışmalar.....	14
2.1.3. Eldiven Kalınlığı ve Tipi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	19
2.1.4. Diğer Faktörlerin El Becerisi ile olan ilişkisi.....	22
2.2. Dış Hekimliğinde El Becerisi ile ilgili yapılan çalışmalar.....	28
2.3. Bulanık Sinir Ağı ile yapılan çalışmalar	31
2.4. Genel Değerlendirme	33
3. MATERYAL VE METOT	34
3.1. Materyal	34
3.1.1. Ölçümler.....	35
3.1.1.1. Genel Antropometrik Ölçümler	35
3.1.1.2. El Antropometrik Ölçümleri	36
3.1.1.3. Biyomekanik Ölçümler	41

3.1.2. Roeder El Beceri Testi	45
3.1.2.1. El Beceri Testinin Amacı	45
3.1.2.2. Testin Tanımı	46
3.1.2.3. Testin Güvenilirliği ve Geçerliliği	46
3.1.2.4. Testin Uygulaması	47
3.1.2.5. Test Skorunun Hesaplanması	49
3.1.3. Verilerin Değerlendirilmesi	50
3.2. Metot	50
3.2.1. ANFIS	51
3.2.2. Faktör Analizi	55
3.2.3. Korelasyon ve Regresyon Analizi	55
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	57
4.1. El Beceri Testi Sonuçlarının Analizi	57
4.2. Beceri Testi ile Antropometrik ve Biyomekanik Faktörlerin İlişkisi	66
4.3. Regresyon Analizi ile El Kavrama Kuvvetinin Modellenmesi	74
4.4. Regresyon analizi ile Tahmin Etme	78
4.5. Bulanık sinir Ağı ile Tahmin Etme	80
4.6. ANFIS ile Regresyon Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması	84
4.7. Alınan Ölçümlerin ve Kullanılan Yöntemlerin Literatür ile Kıyaslaması	86
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	103
5.1. Sonuçlar	103
5.2. Öneriler	104
KAYNAKLAR	106
ÖZGEÇMİŞ	117
EKLER	118
Ek 1. Aydınlatılmış Onam Belgesi	118
Ek 2. Demografik Özellikler Formu	119
Ek 3. El Becerisi Testi Kayıt Formu	120
Ek 4. Antropometrik ve Biyomekanik Ölçüm Formu	121
Ek 5. MATLAB'da ANFIS Uygulamaları	122

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. El beceri testleri özet tablosu	13
Çizelge 3.1. İnç – milimetre dönüşüm tablosu.....	40
Çizelge 3.2. KMO ölçüsü ve önerilen değer	55
Çizelge 4.1. Beceri testi tanımlayıcı istatistikler	58
Çizelge 4.2. Cinsiyet grup farklılığı için varyansların homojenliği testi	58
Çizelge 4.3. Beceri testi skorlarının cinsiyet gruplarına göre değerlendirilmesi	59
Çizelge 4.4. El dominansı grup farklılığı için varyansların homojenliği testi	59
Çizelge 4.5. Test skorlarının el dominansı gruplarına göre değerlendirilmesi	60
Çizelge 4.6. Sınıf grup farklılığı için varyansların homojenliği testi.....	60
Çizelge 4.7. Beceri testi skorlarının sınıf gruplarına göre değerlendirilmesi	61
Çizelge 4.8. Sınıfların beceri testi skorlarının çoklu karşılaştırma tablosu.....	61
Çizelge 4.9. Sınıfların beceri testi skorları alt grup tablosu.....	62
Çizelge 4.10. Sınıfların sağ el skorlarının çoklu karşılaştırma tablosu.....	63
Çizelge 4.11. Birinci ve beşinci sınıf farklılığı için varyansların homojenliği testi ..	64
Çizelge 4.12. Beceri testi skorlarının 1.sınıf ve 5.sınıflara göre değerlendirilmesi ...	64
Çizelge 4.13. Üçüncü ve dördüncü sınıf için varyansların homojenliği testi	65
Çizelge 4.14. Beceri testi skorlarının 3.sınıf ve 4.sınıflara göre değerlendirilmesi ...	65
Çizelge 4.15. Beceri testi ile parametrelerin Pearson korelasyon analizi sonuçları...	66
Çizelge 4.16. Beceri testi ile parametrelerin Spearman korelasyon analizi.....	67
Çizelge 4.17. Parametreler için KMO ve Bartlett testi	68
Çizelge 4.18. Parametreler için özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı ve açıklanan varyans yüzdesi	70
Çizelge 4.19. Parametrelerin sınıflandırılması.....	70
Çizelge 4.20. Dört faktör sonucu oluşan model özeti	72
Çizelge 4.21. Varyans analizi tablosu.....	72
Çizelge 4.22. Parametreler için katsayılar tablosu	72
Çizelge 4.23. Beceri testi ve antropometrik ölçümler ile yapılan lineer regresyon analizi sonuçları.....	73
Çizelge 4.24. Beceri testi regresyon modeli katsayılar tablosu	73

Çizelge 4.25. Sağ el kavrama kuvveti ile Pearson korelasyon analizi	74
Çizelge 4.26. Kavrama kuvveti ile parametrelerin Spearman korelasyon analizi	74
Çizelge 4.27. Seçilen parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri.....	75
Çizelge 4.28. Sağ el kavrama kuvveti ve antropometrik ölçümler ile yapılan linear regresyon analizi sonuçları	76
Çizelge 4.29. Varyans analizi tablosu	76
Çizelge 4.30. Regresyon katsayılar tablosu	77
Çizelge 4.31. Seçilen parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri.....	78
Çizelge 4.32. Sağ el kavrama kuvveti ve antropometrik ölçümlerin regresyon analizi sonuçları	78
Çizelge 4.33. Varyans analizi tablosu	78
Çizelge 4.34. Regresyon katsayılar tablosu	79
Çizelge 4.35. Regresyon analizi tahmin sonuçları	79
Çizelge 4.36. Üyelik fonksiyon tiplerinin kıyaslanması	81
Çizelge 4.37. Sağ önkol uzunluğu için üçgen üyelik fonksiyonu aralıkları	81
Çizelge 4.38. Anfis eğitimi sonrasında sağ önkol uzunluğu girişi için üyelik fonksiyonları yeni aralık değerleri	83
Çizelge 4.39. Gerçek değerler ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması	84
Çizelge 4.40. Sistem çıkışlarının RMSE hata ve korelasyon oranları	84
Çizelge 4.41. Grup ortalamaları arasındaki farklar	85
Çizelge 4.42. Antropometrik parametrelerin ortalama değerleri	86
Çizelge 4.43. Ortalama bilek çevresi değerleri	94
Çizelge 4.44. Biyomekanik parametrelerin ortalama değerleri	95
Çizelge 4.45. El kavrama kuvveti ile ilgili çalışmalar	97
Çizelge 4.46. Baş ve işaret parmak kavrama gücü (tip pinch) ile ilgili çalışmalar....	99
Çizelge 4.47. Baş, işaret ve orta parmak kavrama gücü (palmar pinch) ile ilgili çalışmalar.....	100

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Boy ölçerli insan tartım baskülü	35
Şekil 3.2. Dijital kumpas	36
Şekil 3.3. İşaret parmağı distal kısmı genişliği ölçümü	36
Şekil 3.4. El genişliği ölçümü	37
Şekil 3.5. Avuç içi genişliği ölçümü	37
Şekil 3.6. Bilek genişliği ölçümü	37
Şekil 3.7. Metakarpal çizgisinin genişliği ölçümü	38
Şekil 3.8. Orta parmak uzunluk ölçümü	38
Şekil 3.9. El uzunluğu ölçümü	39
Şekil 3.10. Önkol uzunluğu ölçümü	39
Şekil 3.11. Dijital şerit metre	39
Şekil 3.12. Parmak çevresi ölçüm cihazı	40
Şekil 3.13. Orta parmak orta kısım çevre ölçümü	41
Şekil 3.14. Dijital el dinamometresi	42
Şekil 3.15. Kavrama kuvveti ölçümü	42
Şekil 3.16. Mekanik parmak sıkıştırma kuvveti ölçüm cihazı	43
Şekil 3.17. İşaret ve başparmak kullanılarak alınan ölçüm	43
Şekil 3.18. İşaret, orta ve başparmak kullanılarak alınan ölçüm	43
Şekil 3.19. Gonyometre	44
Şekil 3.20. Bilek açısı ölçümü	44
Şekil 3.21. Parmak fleksiyon açısı ölçümü	44
Şekil 3.22. El çiziminin alınması	45
Şekil 3.23. Roeder el beceri testi	46
Şekil 3.24. Parçaların dizilişi	47
Şekil 3.25. El beceri testinin uygulaması	48
Şekil 3.26. Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi	52
Şekil 4.1. Sınıfların beceri testi ortalaması	62
Şekil 4.2. Faktör analizi çizgi grafiği	69
Şekil 4.3. El kavrama kuvveti gerçek ve tahmin değerleri	76

Şekil 4.4. Sağ el kavrama kuvvetinin modellenmesi için geliştirilen ANFIS yapısı .	80
Şekil 4.5. Sağ önkol uzunluğu girişinin üyelik fonksiyonu grafiği.....	81
Şekil 4.6. Eğitim verisi ile ANFIS eğitim çıkışının karşılaştırılması.....	82
Şekil 4.7. Test verisi ile ANFIS test çıkışının karşılaştırılması	83
Şekil 4.8. Anfis ile gerçek değerler (A) ve regresyon ile gerçek değerler (B) arasındaki korelasyon değerlerinin serpmme grafiği	85

1. GİRİŞ

1.1 Problemin Tanımı ve Önemi

Ergonomi insanların anatomik özelliklerini, antropometrik özelliklerini, fiziksel kapasitesini ve toleranslarını göz önüne alarak, endüstriyel iş ortamındaki tüm faktörlerin etkisi ile olabilecek organik ve psikososyal stresler karşısında, sistem verimliliği ve insan-makine-çevre uyumunun temel yasalarını ortaya koymaya çalışan çok disiplinli bir araştırma-geliştirme aracıdır (Anonim 2003a).

Günümüzde insanın bulunduğu tüm ortamlarda, ergonominin önemi gittikçe artmaktadır. Ergonomi bilimi içerisinde insan, ortam ve makine üçlüsü olduğundan aslında birçok bilim dalı ile ilişkilidir. Tıptan, mühendisliğe kadar birçok bilimi kapsamı içerisine alır. Ergonomi genelde psikoloji ve fizyoloji gibi bilimlerden yararlanarak çalışan insan hakkında araştırmaları destekleyen kendine özgü bir bilim dalı olarak belirlenebilir. Ergonomi, gelişmelerini bu iki bilim dalı ışığında sürdürmektedir. Ancak iş ortamı insan davranışlarını etkileyen çok değişik faktörleri içerdiğinden ergonominin ilgi alanı gittikçe genişlemektedir. Bu sebeplerden dolayı uygulamalarda gerekli kuralları koyabilmek için antropoloji ve sosyolojiden çok farklı olan diğer bilim dallarındaki bilgi ve tecrübelerden de yararlanma gereği duyulmaktadır (Akpınar, 2004).

Ergonomi bir yandan insanın doğal yeteneklerinin sınırlarını genişletmeye çalışırken, diğer yandan da insan-makine sistemlerinin performansını artırmayı amaç edinir. Bu artış ise ancak üretim öğelerinin optimum etkileşimini sağlamakla elde edilebilir. İnsanın boyutları değiştirilemeyeceğine göre, çalışma yerlerinin düzenlenmesi ve makinelerin tasarımı aşamasında, insanın antropometrik boyutlarının bilinmesi ön koşuldur (Akın ve Koca 2002). Antropometri, vücut uzunluğu, şekli, gücü ve çalışma kapasitesi ölçümlerinin yer aldığı, vücut ölçümleriyle ilgilenen insan biliminin bir dalıdır. Antropometri, ergonominin çok önemli bir dalıdır. Antropometri; bilişsel ergonomi, çevresel ergonomi ve aynı sonuca doğru yol alan diğer farklı disiplinlerin yanında yer almaktadır (Pheasant 1996). İnsan ölçüleri ile ilgili bilgiler tasarımların uygulanma aşamasında oldukça

gereklidir. El antropometrisi aynı şekilde el ile ilgili projelerin tasarımında (el aletleri, bagaj tutacağı, vb.) önemli etkiye sahiptir. Tüm bu bilgiler önemli olmasına rağmen birçok ülkede el antropometrisi ile ilgili tüm bilgiler mevcut değildir. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında el antropometrisi genel anlamda el kavrama kuvveti ve el aletleri tasarımı ile ilişkilendirilmiştir.

El becerisi yeteneği özellikle ince ve kaba kas kontrolü gerektiren işler için önemli olan bir yetenektir. Bunlar içinde özellikle ince motor el becerisi, çizim, makine operasyonları ve el araç-gereçlerinin doğru kullanımını gerektiren işler için öne çıkmaktadır.

Diş hekimliği mesleği de benzer şekilde el ve parmak becerisi gerektirmektedir ve diş hekimlerine kişisel tatmin ve diğer bireylere hizmet etme hazzını vermektedir. Aynı zamanda zihinsel ve fiziksel olarak dikkat gerektiren bir meslektir. Diş hekimliği uygulamaları; keskin görüş, iyi duyma, derinlik anlayışı, el becerisi ile birlikte psikomotor beceri ve uzun süreli işlemler nedeniyle bedeninin genel duruşunun korunması gibi çeşitli fiziksel nitelikler, zihinsel dikkat, doğru karar verme yeteneği, iyi bir iletişim ve idari becerileri gerektirir. Bu yeteneklerde, birer birer veya hepsinde birden azalma olması, yetenekli ve verimli bir diş hekiminin performansını etkileyebilir. Bu nedenle, diş hekimi ve beraberinde çalışan yardımcılarının sağlığı ve mutluluğu, klinik faaliyetleri icra etmek için gerekli kabiliyetler ile sıkı sıkıya bağlıdır. Bütün bu özellikler diş hekimliği mesleğini diğer mesleklerden ayırır (Şenel, 2007).

Son yıllarda performans değerlendirmede kullanılan testler çalışanların işe alımı ve üniversitelere öğrenci kabulünde kullanımı gittikçe artış göstermiştir. Lise mezuniyet ortalaması (GPA), beceri testleri, psikometri testleri, mülakatlar ve el beceri testleri öğrencilerin gelecek başarılarının tahmininde kullanılmıştır. Amerika da ve Avrupa'nın birçok ülkesinde diş hekimliği fakültelerine öğrenci alımlarında benzer testler uygulanmaktadır. Diş hekimliği öğrencilerinin seçiminde kullanılan parametrelerin en önemlilerinden bir tanesi olan el becerisi testlerinin öğrencilerin ileride göstereceği performansla olan ilişkisi hala tartışılmaktadır. Literatürde, Wilson ve Suddick tarafından önerilen birçok test; el becerisinin diş hekimliği uygulamalarında başarı ile ilişkilendirmede kullanılmıştır. Yapılan bazı çalışmalarda

tartışmalı sonuçlar elde edilmiş ve açık bir sonuca varılamamıştır. Birçok çalışmada el becerisi ile akademik ve uygulama becerisi arasında yeterli ilişki gözlenmişken, bu çalışmaların çok azında el becerisi ve klinik başarı arasındaki ilişkiye değinilmiştir (Giuliani ve ark, 2007).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde genel anlamda el becerisi birçok faktörle ilişkilendirilmiştir, bu çalışmalar problemin tanımlanması aşamasına ve çalışmanın yapılacağı uygulama alanının seçimine yön vermiştir. Yapılan çalışmalarda el ve parmak becerisi; el antropometrisi, demografik özellikler, el kavrama kuvveti, el tercihi, eldiven kalınlığı ve diğer birçok faktör ile aralarındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Bu çalışmalar dikkate alındığında birkaç eksiklik göze çarpmıştır. Bunlardan en önemlisi el antropometrisi ile yapılan çalışmalarda gözlenmiştir. El antropometrisi ve el becerisi arasındaki ilişkiye literatürde çok fazla değinilmemiş olup yapılan birkaç çalışmada ise bazı ölçümler dikkate alınmamıştır. Diş hekimliği fakültelerinde yapılan çalışmalarda ise el becerisi ve uygulama dersleri ilişkilendirilmesi yapılmış fakat diğer olası etki gösterebilecek faktörler göz ardı edilmiştir. Literatürden elde edilen bu bilgiler doğrultusunda tez çalışmasında üzerinde durulacak faktörler kısaca el antropometrisi, demografik özellikler, parmaklar arasındaki abduksiyon ve fleksiyon açıları, el kavrama kuvveti ve parmak sıkıştırma kuvveti (pinch strength) olup aralarındaki ilişkiler analiz edilecektir. Problemin tanımı diş hekimliği fakültesi öğrencilerinden bu faktörler dahilinde alınan ölçümlerin, yine aynı öğrencilere uygulanacak olan Roeder el beceri testi sonuçları ile ilişkilendirilmesi şeklinde yapılabilir.

1.2. Çalışmanın Amacı

El becerisinin yoğun olduğu alanlarda göz, el ve parmak koordinasyonu veya beceri faktörü ihmal edilebilmektedir. Yapılan tez çalışmasının amacı diş hekimliği uygulamalarında önemli etkene sahip el becerisi kavramının önemini vurgulamak, yapılmış olan el beceri testinin sonuçlarına etki eden farklılıkların ortaya çıkarılması, bu farklılıklar üzerinde etki gösteren faktörlerin belirlenmesi, faktörler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasıdır. Günümüzde şirketlerin ve kurumların personel işe alım sürecinde, meslek liselerinin öğrenciler için sık başvurdukları el beceri testleri birçok alanda önemini gittikçe artırmaktadır. Yurtdışında diş hekimliği fakültelerine öğrenci kabulünde başvuru el beceri testlerinin maalesef ülkemizde diş hekimliği fakültelerine öğrenci kabulünde değerlendirme dışında kalması çalışmanın önemini daha da açığa çıkarmaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin (El kavrama gücü, el üzerinde alınacak olan antropometrik ölçümler, el beceri testi skoru, vb.) analizi ile el becerisini etkileyen faktörler arasındaki ilişkiler hakkında daha net bilgi elde edilebileceği düşünülmektedir. Bu anlamda yapılan bu çalışmanın ileriki zamanlarda yapılabilecek diğer çalışmalara da yön gösterebileceği söylenebilir.

Literatürde birçok faktörün (yaş, cinsiyet, eldiven faktörü vb.) el becerisi ile ilişkilendirildiği gözlenmiştir fakat konu hakkında daha önceden yapılan çalışmaların incelenmesi sonucunda çalışmada el üzerinde alınan ölçümlerin el beceri testleri ile ilişkilendirmesi eksikliğine dikkat edilerek bu eksiklikleri gidermeye yönelik ve uygulama alanının diş hekimliği öğrencileri arasından seçilerek farklı bir yaklaşım ile literatüre katkı sağlama amacıyla yapılmış bir çalışmadır. Çalışmanın bir diğer amacı ise verilerin analizi sonucunda birbiri ile ilişkili çıkan faktörlerin aralarındaki ilişkilere ve bulanıklık yapısına uygunluğuna göre bazı faktörlerin bulanık sinir ağı yaklaşımıyla modellenerek literatüre katkı sağlamak amaçlanmıştır.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Yapılan tez çalışması kapsamında el becerisine etki eden faktörlerin değerlendirilmesine yönelik literatürde ki çalışmalarda üzerinde durulan faktörler ve el beceri testi uygulamaları dikkate alınarak faktörler daha kapsamlı değerlendirilmiş, istatistiksel analizleri yapılmış ve birbirleri ile ilişkili olan faktörlerin bulanıklık yapısına göre ek olarak bulanık model kurulmuştur. Ele alınan faktörlerde literatürdeki faktörlerden farklı olarak el antropometrisi ve biyomekaniği daha detaylı göz önüne alınmıştır. Antropometrik ölçümlerde; parmak genişliği, parmak uzunluğu, parmak çevresi, el uzunluğu, el genişliği ve avuç içi genişliği dikkate alınmıştır. Ayrıca bu ölçümlerin yanı sıra biyomekanik faktörler ve demografik özellikler; fleksiyon-ekstensiyon açıları, abduksiyon-addüksiyon açıları, parmakların maksimum abduksiyonda iken aralarındaki mesafe, kavrama kuvveti, parmak sıkıştırma kuvveti, cinsiyet, yaş, boy, kilo ve sağlak-solaklık durumları el becerisi test skorları ile ilişkilendirilmiştir. Ölçümlerin hassasiyetinin yüksek olmasından dolayı ölçüm cihazlarının dijital olmasına dikkat edilmiştir.

El becerisi testi olarak ise literatürde kullanılan el beceri testlerinden farklı olarak Roeder El Beceri Testi uygulanmıştır, süre sınırlaması olan testte, süre dahilinde doğruluk ölçülmüştür. Test birçok meslek dalında gereksinim duyulan el becerisinin ölçümünde kullanıldığı gibi diş hekimliğinde el becerisi ölçümü içinde kullanılabilmektedir. Çalışmanın uygulama alanı için diş hekimliği fakültesi öğrencileri düşünülmüştür. Çalışmanın gerçek verilerle yapılmış olması ve uygulamaya yönelik olarak yapılması ileriki benzer çalışmalar için temel oluşturmuştur. Yapılan çalışmada alınan ölçümlerin mümkün olduğu kadar gerçeği yansıtabilmesi için ölçümler birkaç kez alınıp ortalamaları alınmıştır. Kavrama kuvveti için alınan ölçümlerde ölçümler arasında kas yorgunluğunun giderilmesi için 1 dakikalık aralıklarla ölçümlere devam edilmiştir. Ölçümler için 4 farklı istasyon kurulmuştur bunlar sırasıyla demografik özellikler, antropometrik ölçümler, kavrama kuvveti ölçümü ve son olarak el beceri testi ölçümü şeklindedir. Her bir kişi üzerinde alınan tüm ölçümlerin homojenliğini sağlamak için aynı gün içerisinde alınmasına dikkat edilmiştir.

1.4. Çalışmanın Orijinal Katkısı

Yapılan çalışmada el becerisi performansına etki eden faktörlerin değerlendirilmesi ve uygulama alanının seçilmesinden önce genel anlamda el becerisini etkileyen faktörler hakkında yapılmış olan literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Yapılan incelemede literatürdeki çalışmalarda üzerinde durulan faktörler irdelenmiş ve eksiklikler belirlenmiştir. İnceleme sonucunda literatürde üzerinde fazla durulmamış veya kısmen durulmuş olan faktörler dikkate alınarak özellikle diş hekimliği uygulamalarında el becerisini etkileyebilecek faktörler bu tez çalışmasında ele alınmaya çalışılmıştır. Literatürden elde edilen çalışmalar gruplandırılarak dikkate alınan faktörler detaylı ele alınmıştır. El Antropometrisi ile ilgili yapılan çalışmalar dikkate alındığında yapılan literatür çalışmalarında sadece bazı ölçümlerin çeşitli çalışmalarda kullanılmalarına rağmen, yapılan literatür çalışmasında bütün ölçümlerin birden dikkate alındığı bir çalışmaya rastlanmamıştır ve çok az çalışmada el antropometrisinin el becerisi performansı ile ilişkilendirildiği görülmüştür.

Alınan ölçümler incelendiğinde ise parmaklar arasındaki açılar herhangi bir çalışmada dikkate alınmadığı gözlenmiştir. Bütün bu bilgiler dahilinde alınan ölçümler dikkate alınmış ve farklı ölçümlerde eklenerek detaylandırmaya çalışılmıştır. Çalışmaların geneline bakıldığında birçok değişik el becerisi testi uygulanmış olup aralarında bizim çalışmamızda kullandığımız Roeder El beceri testi ile yapılan benzer çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca çalışmada alınan antropometrik veriler yardımıyla biyomekanik faktörlerin tahmini yapılarak literatüre farklı yaklaşımda bulunulmuştur. Bu anlamda, bu çalışmanın ileriki zamanlarda yapılabilecek diğer çalışmalara yön gösterebileceği ve diş hekimliği ile ilgili el aletlerinin ergonomik tasarımında da temel oluşturabileceği söylenebilir.

1.5. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu

1.5.1. Çalışmanın Adımları

- 1) El becerisini etkileyen faktörleri belirlemek, el antropometresi, biyomekanik faktörler ve el beceri testleri için geniş bir literatür taraması yapılarak, bu konu ile ilgili benzer ve farklı yönlerin ortaya çıkarılması
- 2) El Beceri hızını ve doğruluğunu etkileyebilecek faktörlerin belirlenmesi. (el üzerinde alınacak antropometrik ölçümler, biyomekanik faktörler, yaş, boy, cinsiyet, vs.)
- 3) Diş hekimliği öğrencileri üzerinde el beceri testinin uygulanması ve el üzerinde antropometrik ve biyomekanik ölçümlerin alınması
- 4) Test sonuçları sonucunda alınan skorların; antropometrik, biyomekanik ve demografik özellikler ile olan ilişkisinin istatistiksel olarak incelenmesi ve analizi
- 5) Analiz sonucunda regresyon yapısına uyan bazı değişkenlerin stepwise regresyon analizi ile modellenmesi ve alternatif olarak ANFIS (uyarlanabilir sinirsel bulanık sistemler) ile modellenerek sonuçların karşılaştırılması
- 6) Sonuçların değerlendirilmesi ve sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulması

1.5.2. Çalışmanın Organizasyonu

Tezin bu aşamadan sonraki bölümlerinde sırasıyla; ikinci bölümde konu ile ilgili önceki önemli çalışmalar incelenmiş ve literatürdeki eksiklikler vurgulanmıştır. Üçüncü bölümde ise metodoloji, kullanılan el becerisi testi ve yapılan ölçümler hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde ölçümler sonucu elde edilen verilerin analizi yapılmış ve aralarındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Beşinci bölümde, çalışmada elde edilen en önemli sonuçlar sıralanmış ve sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde el antropometrisi ve el becerisi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda farklı meslek gruplarından insanların el antropometrisi analiz edilmiştir. Yapılmış olan çalışmalar, el becerisi ile ilişkili olduğu düşünülen el antropometrik ölçümleri, demografik özellikler, eldiven kalınlığı ve tipi, son olarak diş hekimliği fakültelerinde el becerisi ile ilgili yapılan çalışmalar adı altında sınıflandırılmıştır.

2.1. El becerisini etkileyen faktörlerle ilgili yapılan çalışmalar

2.1.1. Antropometrik Ölçümlerin Kullanıldığı Çalışmalar

Salvendy (1971), çalışmasında antropometrik değişkenlerin personel seçme, yerleştirme ve personele yol göstermedeki önemi üzerinde durmuştur. Analiz kısmında, 12 antropometrik veri ile Purdue Pegboard ve One Hole testi performansı arasında korelasyon ilişkisini irdelemiştir. Çalışma sonucunda antropometrik verilerin uygulanan testlerle çok yüksek ilişkili olmadığı ve bir kısmının performans tahmininde etkili olduğu, uzun kalın parmakların yüksek verimlilikle ilişkili olduğu sonucuna varmıştır.

Wagner (1988), yapmış olduğu çalışmada piyanistlerde el boyutu ve eklem hareketliliğindeki değişim hakkında genel bir bakış açısı elde etmiştir. Yaşları 17-63 arası değişen 127 erkek ve yaşları 16-64 arası değişen 111 kadın piyanistin el boyutlarında 20 ölçüm almış, her iki elin 17 aktif alanı ve 11 pasif bağlantı noktası test edilmiştir. Erkeklerden alınan ölçümler kadınlara kıyasla önemli derecede yüksek çıkmıştır. El ölçümlerindeki değişkenlik parmak ucu çıkıntısı haricinde %10'un altında kalmıştır. Hareket yeteneği ve el boyutu arasında belirgin oranda negatif bir ilişki gözlenmiştir. Piyanistlerde, müzikle uğraşmayanlara kıyasla hareket yeteneği daha yüksek bulunmuştur. Piyanistlerin el becerisini değerlendirmede kullanılacak verilerin kullanımı, biyomekanik el profili ve tuş takımı tasarımı için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Okunribido (2000), çalışmasında, Batı Nijerya da çalışan 37 kadın tarım işçisinin sağ ellerinden 18 farklı antropometrik ölçüm almıştır. Alınan ölçümlerin ortalamaları, standart sapmaları ve yüzdelik değerleri hesaplanmıştır. Alınan ortalamalar İngiltere, Hong Kong ve Amerika'da ki diğer verilerle kıyaslanmıştır. Sonuçlar Nijerya'daki kadınların diğer ülkelerdeki benzer işlerle uğraşan kadınlara kıyasla ellerinin geniş ve kalın olduğu fakat daha kısa olduğunu göstermiştir. Bu farklılıklar Nijerya'daki kadın popülasyonu için el aletlerinin tasarımının değerlendirilmesinde etkili olmuştur.

Kulaksız ve Gözil (2002), yapmış oldukları çalışmada 393 üniversite öğrencisinin katılımı ile el tercihinin el antropometresi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Edinburgh Inventory testlerine göre el tercihleri belirlenmiş ve baskınlık skoru hesaplandıktan sonra 5 el tercihi belirleme grubu oluşturulmuştur. El antropometrisi sırasında 2 el için değerler hesaplanmış ve her bir el için 7 parametre değerlendirilmiştir. El genişliği ve biçim indeksi sağ el için yüksek bulunmuştur. Avuç uzunluğunun genişliğine oranı ise sol el için yüksek çıkmıştır. İki elini aynı oranda kullananlar için önemli istatistiksel değerler elde edilmemiştir. Ayrıca sol elini kullanan grupta ters yönlü asimetrik değerler elde edilmiş fakat önemli istatistiksel değerler elde edilememiştir. Sağ ve sol el asimetrisinde sağlaktan solaklığa doğru gidildiğinde artış gözlenmiştir. Sol el şekil indeksi ve sağ el şekil indeksi sırasıyla sol el ve sağ el tercihine yatkınlık ile ilişkisinde artış gösterdiği görülmüştür. Bulgular, çevresel faktörlerin (el etkinliği, hormonlar ve beyin asimetrisi) el tercihinin el antropometresi üzerindeki etkisinde önemli rol oynayabileceğini göstermiştir. Ayrıca asimetriklikte genel olarak cinsiyete bağlı farklılık bulunmamıştır.

Nag ve ark. (2003), çalışmalarında Hintli kadınların el ölçüm verilerinin araştırmalar sonucunda yetersiz olduğunu gözlemişlerdir. Bu veriler manüel sistemlerin tasarımında, insan-makine uygunluğunun belirlenmesi sırasında, el aletlerinin büyüklüğü ve tasarımında, kavrama durumunda gereklidir. Bu çalışma 95 çalışan Hintli kadının el antropometrisi verilerini oluşturmaktadır. 51 sağ el ölçümü (uzunluklar, genişlik, çevre, derinlik); antropometrik kayan kaliper, mezura ve dinamometre kullanılarak yapılmıştır. Verilerin normalitesi, farklı el boyutlarının yüzdelik değerleri belirlenmiş ve el uzunluğu ile kavrama kuvvetini daha iyi tahmin

edebilmek için çoklu regresyon analizi yapılmıştır. El genişliği, çevresi ve derinliği yaklaşık olarak normal dağılım göstermiştir. Ayrıca parmak uzunluklarında bazı sapmalar gözlenmiştir. El uzunluğu; yumruk, bilek ve parmak çevresi ile istatistiksel olarak önemli derecede ilişkili bulunmuştur. Yumruk ve bilek çevresi, el uzunluğu tahmini için öngörü oluşturmuştur. Hintli kadınların el uzunlukları, genişlikleri, derinlikleri ve parmak bağlantı noktaları; Amerikalı, İngiliz ve Batı Hintli kadınlara oranla daha küçük olduğu sonucuna varılmıştır. Hintli kadınların kavrama kuvvetleri (20.36 +/- 3.24 kg) Amerikalı, İngiliz ve Batı Hintli kadınlardan daha düşük çıkmıştır. Kavrama kuvveti ile el boyutları arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli derecede anlamlı çıkmıştır. Sonuç olarak alet tasarımı el boyutlarına ve güce göre optimal şekilde yapılamaması durumunda, klinik belirtilerde yaygınlık ve elde bozukluklarda artma söz konusu olmuştur. İnsan-alet ara yüzü gereksinimleri dikkate alındığında, bu çalışmada elde edilen veriler ergonomik el aletlerinin tasarımı için faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

Highton ve ark. (2003), yapmış oldukları bu çalışmada lineer el boyutlarının ölçümünü kolaylaştırmak için lazer-hızlı (laser-aligned) ölçüm cihazı geliştirmişlerdir. Eklem iltihaplı hastaların el deformasyonundaki ilerlemeyi değerlendirme maksadıyla el antropometrisi için klinik olarak uygun ve kolay kullanımlı cihaz geliştirmeyi amaçlamışlardır. Sistem daha önce el antropometrisi için kullanılan cihazlara (cetvel, mezura, fotogrametri vb.) alternatif sunmuştur. Lazer- hızlı sistem ve cetvel ve kaliper kullanılarak yapılan ölçümler t testi kullanılarak istatistiksel analizi yapılmıştır. Sonuç olarak her iki ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Saengchaiya ve Bunternngchit (2004), çalışmalarında sanayide çalışan Taylandlı kadınların el boyutlarını belirlemiş ve elde edilen verilerin diğer popülasyonlarla karşılaştırmışlardır. Çalışmada 150 çalışanın verileri kullanılmıştır. Çalışanların yaş, boy ve kilo durumlarının ortalama değerleri ve standart sapmaları sırasıyla 25.1 (± 5.4) yıl, 155.3 (± 5.6) cm ve 51.9 (± 8.6) kg olarak belirlenmiştir. Ölçümler bilgisayara bağlanabilen 3 boyutlu dijital ISOTRAK II programı ile yapılmıştır. Çalışanların ellerinde ve kollarında 46 referans noktası belirlenmiş ve işaretlenmiş, daha sonra veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Elde edilen koordinatlardan 41

ölçü hesaplanmıştır. Tüm ölçümlerin ortalamaları, standart sapmaları ve %5, %95’lik yüzdeleri çizelgelenmiştir. % 5’lik anlam seviyesinde t testi ile elde edilen 18 ölçümün ortalaması Hong Konglu, İngiliz ve Hindistanlı kadın çalışanların ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak Taylandlı kadınların Hong Konglu, İngiliz ve Hindistanlı kadın çalışanlara göre daha geniş ve kalın parmaklara fakat daha dar boğumlara sahip olduğu gözlenmiştir.

Esteves ve ark. (2005), yapmış oldukları bu çalışmada; yaşları 7-14 arasında değişen çocukların yaş, sağ-sol el kullanımı ve cinsiyet referans değerleri dikkate alınarak el antropometrisi özelliklerini belirlemek ve maksimum kavrama kuvvetlerini ölçmeyi amaçlamışlardır. Maksimum kavrama kuvveti veri alma sistemine bağlı elektrik rezistanslı dinamometre ile ölçülmüştür. El büyüklüğünde, yaşları 7,8,11 ve 14 olan erkek ve kızlar arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Ayrıca yaşları 7, 8, 9 ve 13 olan kızlarda ve 7-11 yaşları arasındaki erkeklerde kavrama kuvveti ve sağ-sol el kullanımı arasında farklılıklar gözlenmiştir. Kavrama kuvveti ve cinsiyet arasındaki ilişki erkekler için yüksek çıkmıştır, ayrıca olgunlaşma süreci boyunca önemli farklılıklar gözlenmiştir. El büyüklüğü ve kavrama kuvveti yaşa bağlı olarak gelişme göstermekte ve olgunluk sürecinde her iki cinsten büyük farklılıklar gözlenmiştir.

Agnihotri ve ark. (2006), tarafından yapılmış olan fiziksel antropometrik çalışmada el boyutları ile kimlik tespiti sırasında cinsiyet durumunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Cinsiyet belirleme özellikle adli tıp uygulamalarında kimlik belirleme işlemlerinin önemli bir parçası olmuştur. Yaşları 18-30 arasında değişen 250 öğrenci (125 kız ve 125 erkek) üzerinde uygulama yapılmıştır. Ortalama el uzunluğu ve genişliği erkeklerde 1 cm daha uzun bulunmuştur. El indeksi hesaplanmış (El genişliğinin el uzunluğuna oranının 100 ile çarpımı) ve bulunan değer cinsiyet belirlemede kullanılmıştır. El indeksi erkekler için 44’den fazla çıkmıştır, kızlar için ise 44’den düşük çıkmıştır. 44 değeri, cinsiyet belirlemede sapma noktası olarak kullanılmıştır. Bireyin el boyutları ve cinsiyeti arasında pozitif korelasyon gözlenmiştir. Cinsiyetin, el indeksi ile doğru şekilde belirlenebileceği ve bu alanda başka çalışmalara ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır.

Semproli ve ark. (2007), çalışmalarında yaşları 6-10 arasında değişen 461 katılımcı ile el kavrama kuvveti ve başparmak sıkıştırma kuvveti (pinch strength) değerleri ile boy, vücut kütlesi, kütle indeksi ve temel antropometrik parametreler (parmak genişliği, uzunluğu ve çevresi) arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Boy ve vücut kütle indeksi özellikle yaşça büyük çocuklarda kavrama kuvveti için güçlü bir tahmin oluşturmuştur (toplam varyansın yaklaşık %40-60'ı). Temel antropometrik parametreler (boy ve vücut kütle indeksi) özel antropometrik parametrelere kıyasla kavrama kuvveti için daha iyi tahmin oluşturmuştur. Yaşa bağlı olarak temel ve spesifik el antropometrisinin katkısı artış göstermiştir. Ayrıca erkeklerde antropometri ve el kavrama kuvveti arasındaki ilişki kızlara kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Temel antropometri ve el antropometrisinin; parmak ucu sıkıştırma kuvveti ile arasındaki ilişki düşük bulunmuştur.

Balakrishnan ve Yeow (2008), yapmış oldukları çalışmada el antropometrisinin kısa mesaj servisi (SMS) kullanımı başarısı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. 17-25 yaşları arasında değişen 110 kişiye sorular sorulmuştur. Cep telefonu tasarımı üzerindeki etkisini değerlendirmek için kişilerin el boyutları ölçülmüştür. Ayrıca tuş takımı tasarım faktörlerinin değerlendirilmesi için başparmak çevresi ve uzunluğu ölçülmüştür. Küçük ele sahip olan kişilerin büyük ele sahip olanlara kıyasla cep telefonu boyutlarından daha memnun olduğu gözlenmiştir. Başparmak çevresi ve uzunluğunun önemli derecede tuş takımı kullanımını etkilediği ve aralarında negatif ilişki olduğu görülmüştür. Sonuç olarak el antropometrisinin mesaj kullanımını etkilediği ve cep telefonları tasarımcılarının kullanıcı memnuniyetini artırması için el ve başparmak boyutları büyük olan kullanıcıları dikkate almaları gerektiği vurgulanmıştır.

Mandahawi ve ark.(2008), yapmış oldukları çalışmada Ürdün popülasyonundan 120 kadın ve 115 erkek yetişkin üzerinden el ölçümleri almışlardır. Alınan ölçümler istatistiksel analizler kullanılarak diğer popülasyonlar ile karşılaştırılmıştır ve oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir. Son olarak, alınan ölçümlerin Ürdün popülasyonu için el aletleri tasarımında önemli rol oynayacağı vurgulanmıştır.

Çizelge 2.1 de literatürde kullanılan el beceri testlerinden sık kullanılanları, amaçları ve katılımcıların yaş aralığı gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. El beceri testleri özet tablosu (Educational Testing Service, 1992)

Yazar-Yıl	El Beceri Testi	Amaç	Katılımcı Yaş Aralığı
Bernett ve George-K (1946)	Hand – Tool Dexterity Test	Alet Kullanımı becerisi	Yetişkinler
Stromberg (1947)	Stromberg Dexterity Test	El – Kol hareket hızı ve doğruluğu	Yetişkinler
Tiffin – Joseph (1948)	Purdue Pegboard	İşçi seçiminde El Becerisi	Yetişkinler
Psychological Services (1956)	Employee Aptitude Survey	Ofis çalışanları, rutin tekrar eden işler	17, yetişkinler
E. W. Roeder (1967)	Roeder Manipulative Aptitude Test	El, kol, parmak beceri ve hızı	13-17, yetişkinler
John R. Roberts (1969)	Pennstlvania Bi-Manual Worksample	Parmak Becerisi, El göz kordinasyonu	16-17, yetişkinler
Minnesota Univ. (1969)	Minnesota Rate of Manipulation Tests	Kol, El, Parmak Becerisi; Montaj hattı	13-17, yetişkinler
John J. Banks (1974)	Revised Tomcheck / Brown Eye-Hand-Foot Coordination Work Sample	Montaj tipi işlerde göz-el-ayak kordinasyonu	Yetişkinler
1979	Finger - Manual Dexterity Work Sample	Özürlü öğrencilerin becerileri ölçümü	-
1981	IPI Aptitude Series: Dental Technician	Diş hekimi teknisyeninin uygulama becerisi	Yetişkinler
Satz – Paul ve Delia – Lou (1989)	Pin Test	Klinik uygulamalarda el becerisi	16-17, yetişkinler, yaşlılar
Educational and Industrial Test Services	Manual dexterity Test	El becerisi ve hızı	Yetişkinler
Hester ve Edward	Mobile Vocational Evaluation	Mesleki yetenekler	Yetişkinler
Lafayette Instrument Company	Groove Type Steadiness Tester	El – göz Kordinasyonu	10-17, yetişkinler

2.1.2. Demografik özelliklerle ilgili yapılan çalışmalar

Çalışkan ve Gökbel (1997), çalışmalarında el tercihi ile el becerisi ve el kavrama kuvveti arasındaki ilişkileri her iki cinsten ortaya koymuşlardır. El tercihi Edinburgh el tercihi anketi ile araştırılmış ve Geschwind skoru(GS) şeklinde ifade edilmiştir. El becerisi çivi takma testi ile sağ ve sol el için ayrı ayrı değerlendirilmiştir; sol ve sağ el çivi takma zamanları arasındaki fark hesaplanmıştır. El kavrama kuvveti el dinamometresi ile ölçülmüştür. GS ile sol el çivi takma zamanı ilişkili, sağ el çivi takma zamanı ilişkisiz çıkmıştır. Hem erkeklerde hem kızlarda, GS ile sol el çivi takma zamanı arasında ilişki olmasına rağmen, sadece erkeklerde GS ile sol-sağ el çivi takma zamanı farklı ilişkili bulunmuştur. Erkeklerde ve kızlarda GS ile her iki el kavrama kuvveti arasında ilişki bulunmazken, kuvvetli sağlıklı erkeklerde (GS 80-100, n=9) GS ile sağ el kavrama noktası arasında ilişki bulunmuştur. Sonuç olarak her iki cinsiyette de sağlamlık derecesi arttıkça sol el becerisinin azaldığı gözlenmiştir.

Çalışkan ve Gökbel (1998), yapmış oldukları çalışmada cinsiyet hormonlarının el tercihi, el becerisi ve el kavrama kuvveti üzerinde etkili olup olmadığının saptanmasını amaçlamışlardır. 40'ı kız, 12'si erkek, 52 gönüllü üniversite öğrencisinde el tercihi Edinburgh el tercihi anketi ile araştırılmış ve Geschwind skoru şeklinde ifade edilmiştir. El becerisi çivi çakma testi ile sağ ve sol el için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Serum total testosteron ve estradiol düzeyleri RIA metodu ile ticari kitler kullanılarak tayin edilmiştir. Kızlarda testosteron ile GS($r = -0.48$), sağ el ($r = 0.58$) kavrama kuvvetleri, estradiol ile sağ el ($r = -0.42$) ve sol el ($r = -0.46$) kavrama kuvvetleri ilişkili bulunmuştur. Sadece kuvvetli sağlıklı erkeklerde estradiol ile sağ el ($r = -0.99$) ve sol el ($r = -0.85$) çivi takma zamanları ilişkili bulunmuştur. Kuvvetli sağlıklı kızlarda testosteron ile sağ el kavrama kuvveti arasındaki ilişki saptanmıştır ($r = -0.40$). Sonuç olarak bulguların kızlarda testosteron seviyesi arttıkça sağlamlığın azaldığını, sağ ve sol el kavrama kuvvetlerinin arttığını, estradiol arttıkça sağ ve sol el kavrama kuvvetlerinin azaldığını; erkeklerde ise sadece kuvvetli sağlıklılarda estradiol arttıkça her iki el becerisinin artış gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Chan (2000), çalışmasında, parmak ve el becerisi üzerine test gerçekleştirmiştir. 60 erkek ve kız öğrencinin parmak becerisi sağ ve sol el kullananlar ile erkek kız kullanıcıları arasında istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. El becerisi ve cinsiyet arasındaki etkileşim anlamlı çıkmıştır.

Ranganathan ve ark. (2001), çalışmalarında el kavrama kuvveti ve parmak sıkıştırma kuvvetinin yaşa bağlı azalımı ölçmeyi amaçlamışlardır. Çalışma, yaşları 20-35 arasında değişen 27 genç katılımcı ile 65-79 arasında değişen 28 yaşlı katılımcı olmak üzere toplam 55 kişi ile yapılmıştır. Yaşlı katılımcıların genç katılımcılara kıyasla el kavrama kuvveti % 30 daha düşük çıkmıştır ($p<.001$). Aynı şekilde yaşlılarda maksimum sıkıştırma kuvveti % 26 daha düşük çıkmıştır ($p<.05$). Test sırasında elde edilen zamanlar yaşa bağlı olarak artış göstermiştir ($p<.01$). Sonuç olarak yaşlılığın el fonksiyonu (el ve parmak gücünde azalma, beceri hızı, el hassasiyeti kontrolü, vb.) üzerinde dejeneratif etkisi olduğu gözlenmiştir.

Bekiaris ve ark. (2002), çalışmalarında bilgisayar kullanıcılarının dokunma algısı ve el becerisi değişimlerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. İki farklı grubun yaş, cinsiyet, deneyim ve farklı bilgisayar alışkanlıklarına göre dokunma algısı ve el becerileri karşılaştırılmıştır. Sık kullanıcılar (> 2 saat / gün, $n=36$) ve nadir kullanan ve hiç kullanılmayanlar (< 2 saat / gün, $n=28$) arasında yapılmıştır. Grupların performansları karşılaştırıldığında kadınlar arasında önemli bir farklılık (t - test $p<0.05$) erkekler arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Beceri testi skorları karşılaştırıldığında sol el kullanımı önemli derecede yüksek çıkmıştır. Çalışma sonuçları bilgisayar kullanıcılarında el fonksiyonlarının yitirilmesinde erken belirtiler gözlenmiş ve belirtilerin kadın kullanıcılarda daha açık ortaya çıktığı gözlenmiştir.

Haward ve Griffin (2002), yapmış oldukları çalışmada titreşim aletlerinin kullanımı sonucu kavrama kuvveti ve el becerisindeki azalmaların nedenlerini araştırmışlardır. Testlerde tekrarlı ölçümler yapılarak cinsiyet ve yaş etkilerinin belirlenmesi amaçlanmış ve farklı örnek gruplarında kuralcı ölçümler belirlenmiştir. 72 kişi üzerinde ölçüm yapılmış ve örnekleme 18-25 ve 45-55 yaş grupları arasından seçilmiştir. Kavrama kuvveti dinamometre ile, el becerisi ise Purdue Pegboard ile ölçülmüştür. Tekrarlı ölçümler sonucunda kavrama kuvvetinde önemli değişiklikler

gözlenmemiştir. Her iki yaş grubu için erkeklerde kavrama kuvveti önemli derecede kadınlara oranla yüksek çıkmıştır($P<0.01$). El becerisi skorlarında ise cinsiyet farklılığı gözlenmemiştir ($P>0.1$). Sonuç olarak her iki test 20-55 yaş arası grup için yaş artışına bağlı olarak beklenen azalmaya rağmen yaş faktörünün el becerisi ve kavrama kuvveti üzerinde etkisi görülmemiştir. Mesleki rahatsızlıklardan kaynaklanan sorunların kavrama kuvveti ve el becerisinde artma ve azalmaya yol açabileceği sonucuna varılmıştır.

Clerke ve ark. (2005), çalışmalarında yaşları 13-17 arasında değişen kadın ve erkek grubunun el şeklinin kavrama kuvveti ve test güvenilirliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 116 erkek ve 112 kadın deneğin el kavrama kuvvetleri ölçülmüş, erkeklerin kadınlara oranla yüksek çıkmıştır(11,02 kg, $p<0.01$). Ayrıca baskın olan ellerde baskın olmayan ellere oranla (2.53 kg kuvvet, $p<0.01$) daha yüksek kavrama kuvveti gözlenmiştir. El şekilleri kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiştir. Kavrama kuvveti testinin güvenilirliğini incelemek için 74 erkek ve 75 kadın tekrar teste tabi tutulmuştur. Ortalama 15,5 günlük zaman aralığında kavrama kuvvetinde küçük fakat önemli gelişme gözlenmiştir (0.62 kg kuvvet, $p < 0.01$). Erkeklerle ilişkin tekrarlı test korelasyon katsayıları her iki el için (0,954 – 0,973) arasında bulunmuştur. Kadınlara ilişkin korelasyon katsayılarında ise azalma gözlenmiştir (0.920-0.476) Farklı el şekilleri grupları için yapılan kavrama kuvveti tekrarlı testlerde kızlar ve erkekler arasında ki değerlerin oldukça farklı çıkmasını birçok faktörün etkileyebileceği düşünülmüştür, örneğin Jamar El dinamometresinin kadınların el şekillerine (dört köşeli) pek uyumlu olmayıp güvenilir sonuçların okunamaması sonucuna varılmıştır.

Gündoğan ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada, beyin fonksiyonel asimetrisi hakkında bir ipucu veren el tercihinin kız ve erkek öğrencilerdeki dağılımını araştırmış, el tercihi yönünden kızlarla erkekler arasındaki farkı belirlemiş, yüksek öğrenim gören gençlerin el tercihlerine bakarak baskın beyin yarım küresi hakkında bilgi elde etmişlerdir. Çalışmaya yaşları 16-26 arasında değişen 271'i kız (%74.9); 91'i erkek (%25.1), olmak üzere toplam 362 gönüllü yüksek öğrenim öğrencisi katılmıştır. El tercihi Oldfield anketi ile saptanmıştır. Geschwind skoru (GS)'na göre değerlendirilmiştir. El tercihi dağılımı 5 grupta incelenmiştir. Öğrencilerin 229

(%63.3) ‘u kuvvetli sağlak, 106 (%29.3) ‘sı zayıf sağlak, 6 (%1.7)’sı iki eli, 10 (%2.8)’u zayıf solak, 11 (% 3) ‘i kuvvetli solak olarak bulunmuştur. El tercihinin cinsiyete göre değişmediği görülmüştür ($p=0.848$). Kız ve erkek öğrenci gruplarının her ikisinde de sağlaklık oranının diğer el tercihi oranlarından önemli derecede yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.01$). Sonuç olarak el tercihi ile cinsiyet arasında bir ilişkinin bulunmadığı, her iki cinsiyette de yüksek oranda sağ elin tercih edildiği saptanmıştır. Saptanan yüksek orandaki sağ el tercihi, işlevsel bir asimetriyi göstermiştir. Buna göre sol beyin yarım küresinin bu öğrencilerde baskın beyin yarım küresi olabileceği düşünülmüştür.

Kunelius ve ark. (2007), çalışmalarında (a) trim hattı çalışanlarında el gücü ve antropometrik ölçümler için normatif veri seti geliştirmeyi; (b) Trim hattı çalışanlarının demografik özellikleri ve el kavrama kuvveti arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamışlardır. Kas ve iskelete ait rahatsızlıkların bu çalışanlar üzerindeki etkisinin giderek artış göstermesi çalışan ve görevi arasında uyum oluşturmayı gerekli kılmıştır. Bu risk durumunu azaltmak için elin yoğun kullanıldığı işlerin tasarımında elde edilen kullanıcı verilerinin gerekliliği kaçınılmazdır. 161 trim hattı çalışanın demografik değişkenleri, antropometrik özellikleri, maksimum kavrama ve sıkıştırma kuvvetleri ölçülmüştür. Veriler analiz edildiğinde el kavrama kuvvetinin; yaş, cinsiyet, sağ-sol el kullanımı ve el antropometrisi ile arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Bu çalışmada ki çalışanların daha önceki referans değerlere göre güç değerleri daha düşük bulunmuştur. Ortaya çıkan farklılığın farklı demografik özelliklerden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Aynı şekilde eğitim faktörünün deneyimli trim hattı çalışanı ve deneyimsiz çalışan arasında ki el kavrama gücü farkını azaltabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak el kavrama gücündeki global farklılıkların; el aletlerinin tasarımında kullanılan uluslar arası normatif veri setinin uygulanması sırasında dikkate alınması düşünülmüştür.

Dickinson ve Shim (2007), çalışmalarında büyüteç kullanılarak ölçülen okuma hızının yaşa bağlı el becerisi azalımından etkilenip etkilenmediğini belirlemişlerdir. Büyüteç kullanımında deneyimsiz, görme problemi olmayan 2 farklı grup oluşturulmuştur. Gruplar yaşları 60-85 arasında değişen 15 kişi ve 18-30 arasında değişen 12 kişiden oluşmuştur. Katılımcıların okuma hızları 3 koşul altında

ölçülmüştür; (a) 12 puntoluk yazıyı büyüteçsiz okuma (b) 3 puntoluk yazıyı büyüteci hareket ettirerek okuma (c) Aynı puntoda ve büyüteçle; büyüteç sabit tutulup metnin hareket ettirilerek ölçümler alınmıştır. El becerisi Jebsen – Taylor el-fonksiyon testi kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca üst kol motor koordinasyonu parmak-ucu (finger-noise) testi ile, kavrama kuvveti ise Jamar dinamometre ile ölçülmüştür. 2 yaş grubu için normal büyüklükteki tekste okuma hızları arasında önemli farklılık bulunmamıştır. Büyüteç kullanılan okuma hızında yaşlı grup için önemli azalma gözlenmiştir. Her iki grup için tekstin ve büyütecin hareket ettirilerek alınan ölçümler arasında önemli farklılık gözlenmemiştir. Kavrama kuvvetinde ise gruplar arasında farklılık gözlenmemiştir. El becerisi yaşlı grup için düşük çıkmıştır, ayrıca büyüteç kullanılarak yapılan okuma hızı ile ilişkili çıkmıştır. Sonuç olarak el becerisinin, büyüteç kullanımının etkili olması için göz önünde bulundurulması gerektiği düşünülmüştür.

2.1.3. Eldiven Kalınlığı ve Tipi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Paschold (1985), tez çalışmasında eldivenlerin parmak ve el becerisine etkisini belirlemek ve beceriyi azaltan faktörler ile eldiven çeşitliliği ve kalınlığını ilişkilendirerek eldiven alımında ek seçim kriterleri sağlamayı amaçlamıştır. Bu çalışma için 9 delikli pegboard testi kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada 5 farklı eldiven çeşidi (pamuklu, 2 farklı kalınlıkta neopren, deri ve naylon-paslanmaz çelik karışımı) kıyaslanmıştır. Sonuç olarak eldivenlerin, operatörlerin el ve parmak becerisine önemli etkisi olduğu gözlenmiştir. Eldiven kullanılarak yapılan bütün testler, eldivensiz yapılan testlerden oldukça farklı sonuçlar vermiştir. Bazı eldivenler arasında yapılan karşılaştırmalarda önemli farklılık gözlenmemiştir. Eldivenlerin kalınlığı ve esnekliği testi bitirme zamanını önemli derecede etkilemiştir.

Neiburger (1992), yapmış olduğu çalışmada, 50 diş hekimine test uygulamış ve eldiven kullanımının diş ile ilgili operasyonlar üzerindeki etkisini gözlemiştir. Eldiven kullanımının hızı etkilemediği, önemli derecede el becerisini ve ışık algısını azalttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca eldiven kullanımı ile el dermatiti arasında yüksek ilişki çıkmıştır. Yaş artışı ile hızın ve becerinin az da olsa azaldığı fakat ışık algısında çok değişme olmadığı gözlenmiştir. Kadınların erkeklere oranla tüm testlerde daha iyi sonuç aldığı ortaya çıkmıştır.

Bensel (1993), çalışmasında, eldiven kalınlığının el becerisi üzerindeki etkisini incelemiştir. 12 kişi üzerinde, 5 beceri testi uygulanmış ve 3 farklı kalınlıkta (0.18 mm, 0.36 mm, 0.64 mm) kimyasallara karşı koruyucu eldiven giydirilmiştir. 6 gün ardışık olarak veriler analiz edildiğinde ($p < 0.001$) eldiven faktörünün yapılan tüm testler üzerinde önemli etkisi olduğu gözlenmiştir. Ortalama süreler eldivensiz el için en iyi, en kalın eldiven için (0.64 mm) oldukça uzun çıkmıştır. Zamana bağlı olarak eldiven kullanımıyla yapılan testlerde iyileşme gözlenmiştir. Son üç uygulamada regresyon analizi yapılarak testi bitirme süresi ile eldiven kalınlığı arasında lineer bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Eldivende meydana gelen aşınma ve yırtılmaların eldiven kalınlığı ile ters orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Bulgular, en ince eldiven seçiminin kimyasal çevreden korumasının yanında el performansı için en etkili eldiven olduğunu göstermiştir.

Moore (1994), tez çalışmasında lateks eldivenlerin el becerisine ve duyarlılığına etkisinin olup olmadığının belirlenmesini amaçlamıştır. Çalışmaya dış hekimliğinde okuyan 27 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. El becerisi için tek ölçüm, hassaslık için ise 5 ölçüm alınmıştır. El becerisi için O'Connor Parmak Beceri testi kullanılmış, duyarlılık için Weinstein geliştirilmiş duyusal test kullanılmıştır. Duyarlılık eşik değerinin lateks eldiven kullanımından olumsuz yönde etkilendiği gözlenmiştir. Ayrıca lateks eldiven kullanımının genel el fonksiyonlarını etkilemediği sonucuna varılmıştır. Yüksek kavrama kuvveti uygulandığı zaman duyarlılık eşik değerinde artış gözlenmiş ve lateks eldivenlerin kullanıcı üzerinde olumsuz etki bıraktığı gözlenmiştir. Lateks eldiven kullanımının genel olarak el becerisini olumsuz yönde etkilemediği görülmüştür. Eldivenli ve eldivensiz yapılan uygulamalar arasında ki korelasyon ilişkisi 0.66 olarak bulunmuştur. Bu sonuç istatistiksel olarak lateks eldivenlerin etkisinin bu çalışmada toplanan veriler ile modellenemeyeceğini göstermiştir.

Nelson ve Mital (1995), çalışmalarında, 5 farklı kalınlıkta (0.21 mm, 0.51 mm, 0.65 mm, 0.76 mm ve 0.83 mm) lateks eldivenlerin dokunma algısına ve el becerisine olan etkisini, eldivensiz el kullanımını kontrol değişkeni olarak gözlemişlerdir. 15 yetişkin erkek (yaş ortalaması = 22.8, boy ortalaması = 179cm, kilo ortalaması = 75.4kg, ortalama avuç içi genişliği = 9.9 cm, ortalama avuç içi derinliği = 10.9 cm ve orta parmak uzunluk ortalaması = 9 cm) ve 5 yetişkin kadın (yaş ortalaması = 21.2, boy ortalaması = 168 cm, kilo ortalaması = 53.6 kg, ortalama avuç içi genişliği = 8 cm, ortalama avuç içi derinliği = 8 cm ve orta parmak uzunluk ortalaması = 8.3 cm) gönüllü olarak katılmıştır. Eldivenler ayrıca rutin el hareketleri sürecinde maruz kalınan kuvvet etkisiyle oluşan aşınmalar için test edilmiştir. Sonuçlar 0.83 mm lateks eldivenin rutin darbelerde iyi direnç gösterdiği ve eldivensiz el ile kıyaslandığında beceri ve dokunma algısının sağlandığını göstermektedir. İnce eldivenler darbelere karşı çok etkili koruma sağlayamamıştır.

Türkün ve ark. (2001), yapmış oldukları çalışmada, mesleki çalışmalarını İzmir'de sürdüren diş hekimlerinin eldiven kullanma alışkanlıklarını, eldiven kullanma alışkanlıklarını etkileyen faktörleri ve eldiven kullanımı hakkındaki bilgilerini değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda, diş hekimlerinin

%67'sinin, yardımcılarının %49'unun eldiveni rutin olarak kullandığı belirlenmiştir. Eldiveni rutin olarak kullanmayan hekimlerde en önde gelen eldiven kullanmama sebebi, dokunma hissi ve manüplasyon yeteneğinde azalma duygusu çıkmıştır (%73). Diş hekimlerinin eldiven kullanım oranları cerrahi (%100) ve periyodontal tedavilerde (%90), diğer tedavilere oranla daha fazla çıkmıştır. En çok tercih edilen eldiven türünün pudralı lateks eldiven olduğu görülmüştür. Diş hekimlerinin %40'ında eldivene bağlı cilt sorunları olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak diş hekimlerinin doğru eldiven kullanımı ile ilgi bilgi eksiklikleri olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple, her seviyedeki diş hekimi için eldiven kullanımı ile ilgili ileri eğitim programlarının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Sawyer ve Bennett (2005), çalışmalarında laboratuvar ve sağlık çalışanlarında görülen alerjiden dolayı lateks eldiven yerine nitril eldiven kullanımını önermişlerdir. İki farklı eldiven türünün el becerileri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Nitril eldivenlerinin takıldığında el becerisinin yüksek çıktığı fakat kesik riskini arttırdığı görülmüştür. Purdue pegboard testi kullanılarak her iki eldiven türü ile parmak becerileri ölçülmüştür. İstatiksel olarak ince parmakların(fine finger) becerisi lateks tipi eldivenin nitril ile karşılaştırılmasında % 8.6 lık artış olduğu gözlenmiştir. Toplam beceride ise her iki eldiven arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Eldiven büyüklüğünün seçimini katılımcıların parmak uzunluklarının etkilediği belirtilmiştir. Uzun ve ince parmakların nitril tipi eldiven kullanımında avantaj sağladığı gözlenmiştir. İnce (fine finger) beceri gerektiren işlerde nitril tipi eldivenin beceriyi engelleyebileceği sonucuna varılmıştır. Eldiven tipinin yanında çalışma koşullarında eldiven büyüklüğü, uyumu, kavrama şekli ve kalınlığı beceriyi etkileyebilecek faktörler olarak sıralanmıştır.

2.1.4. Diğer Faktörlerin El Becerisi ile olan ilişkisi ile ilgili yapılan çalışmalar

Annett ve Tan (1985), yapmış oldukları çalışmada el becerisi ilk olarak Annett tarafından kullanılan ve Tan tarafından modifiye edilen çivi takma testi ile ölçmüştür. Deney tahtasında birbirine paralel 10 cm aralıklı iki çizgi üzerinde çivilerin rahatlıkla takılabileceği 25'er yuvaya öğrencilerin sağdaki sıraya yerleştirilmiş yirmi beş çiviye sağ elle, sırayla ve mümkün olduğu kadar hızlı şekilde soldaki deliklere takmaları istenmiş ve süre kronometre ile ölçülmüştür. Aynı işlem sol el ile çivilerin sağdaki sıraya takılmasıyla tekrarlanmıştır. İşlem her el için 10'ar defa yapılmıştır ve bu değerlerden sağ ve sol el ortalama çivi takma zamanı ve sol ve sağ el çivi takma zamanı arasındaki fark hesaplanmıştır.

Daanen (1993), çalışmasında, iş sürecinde el performansı değerlendirildiğinde soğuk ve rüzgârlı havalarda el becerisi azalımı ciddi sorun teşkil etmekte olduğunu gözlemiştir. Ayrıca iklim faktörlerine göre performans düşüklüğü araştırılmıştır. Parmak ve el becerisindeki azalma ve kavrama kuvveti ölçümü; sıcaklık (-20, -10, ve 0 °C) ve rüzgar hızlarının (0.2, 4 ve 8ms) 9 farklı kombinasyonda ve iklim odasında alınmıştır. Parmak becerisi Purdue pegboard testi ile el becerisi Minnesota el becerisi testi ile ve kavrama kuvveti dinamometre ile ölçülmüştür. Performanstaki düşüklük (yüzde olarak) rüzgârlı ortamdaki soğuk havaya ve maruz kalma süresi ile güçlü bir ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Bilgisayar programında alınan sonuçlarda ise performans düşüklüğü ve donma riski değişken iklim koşullarında gözlenmiştir.

Kamieniarz ve ark. (1999), çalışmalarında, bilgisayar destekli testler ile yaşları 7 ile 15 arasında değişen 285 katılımcının el becerileri ölçülmüş ve sağlıklı 3 farklı yaş grubu için sağ-sol el kullanımı da dikkate alınarak klinik standartlar oluşturulmayı amaçlamışlardır. Yapılan testlerin içeriği mouse kontrolü ve ekranda belirli görevlerin belirli zaman içinde yerine getirilmesi şeklinde oluşturulmuştur. Programdaki 6 alt testin temeli Mouse kontrolü sayesinde tüm üst uzuv bağlantılarının hareket etmesine ve işaret parmağının hareketine göre oluşturulmuştur. Her bir aktivite için bitirme zamanları el, cinsiyet, yaş ve

bilgisayara yatkınlık durumlarına göre sınıflandırılmıştır. El kontrolü ve katılımcıların yaşı arasında yüksek korelasyon ilişkisi bulunmuştur.

Hickey ve ark. (2000), yapmış oldukları bu çalışmada el ince becerisi ile işitme cihazının doğru kullanımı arasında ilişki olma ihtimalini göz önüne almışlardır. Yaşları 65-85 arasında değişen işitme cihazı kullanan 30 katılımcının el becerisi Purdue Pegboard testi ile test edilmiş ve sonuçlar, işitme cihazının doğru kullanımı ile ilgili yapılan anket sonucunda alınan cevaplarla karşılaştırılmıştır. 30 katılımcı, cihazı kulak arkasına takanlar (16 kişi) ve kulak içine takanlar (14 kişi) şeklinde 2 gruba ayrılmıştır. Karşılaştırma 2 farklı işitme cihazı arasında da yapılmıştır. Sonuçlar tek grup olarak düşünüldüğünde el becerisi ile işitme cihazının doğru kullanımı arasında ilişki olduğu gözlenmiştir. Kulak içine takılan cihaz tek başına değerlendirilmeye alındığında ise el becerisi ile arasında ilişki gözlenmemiştir.

Nalçacı ve ark. (2002), çalışmalarında Chapman'dan (1987) değiştirilerek Türkçe'ye çevrilen 13 soruluk el tercihi anketinin geçerlik ve güvenilirliğinin incelenmeyi amaçlamışlardır. Bu anket, yazı yazarken, çizerken, bir şey fırlatırken, çekiç kullanırken, diş fırçalarken, silgi ile silerken, makas kullanırken, kibrit çakarken, bir teneke boya karıştırırken, kaşık kullanırken, tornavida kullanırken, kavanoz kapağı açarken, bıçak kullanırken deneklerin hangi eli öncelikle tercih ettiğini araştırmaktadır. Sağ el 1, sol el 3, "her ikisini de" yanıtı 2 puan almış, böylece el tercihi 13 ile 39 puan arasında sürekli bir değer olarak belirlenmiştir. Anket 449 kişiye uygulanmış, 43 kişi 3 hafta sonra yeniden test çalışmasına katılmıştır. Anketin geçerliğini saptamak için tüm deneklere parmak vuruş (finger tapping) testi uygulanmış, ayrıca ayak ve göz tercihleri belirlenmiştir. El tercihinin toplam puanı için test-yeniden test güvenilirliği ($r = .993$) ve iç tutarlılığı yüksek bulunmuştur (Cronbach Alfa = .97). Tek tek maddelerin toplam puanla korelasyonuna bakılmış, toplam puanla en yüksek ilişki gösteren maddenin çekiç kullanma olduğu, en düşük ilişki bulunan maddenin ise kavanoz kapağı açma olduğu saptanmıştır. Faktör analizinde beceri gerektiren ve gerektirmeyen hareketlere ilişkin iki faktör elde edilmiştir. Parmak vuru testinden elde edilen sağ ve sol el hızları farkını gösteren baskınlık puanı ve ayak tercihi puanı ile toplam el tercihi puanı arasında

istatistiksel olarak önemli bir ilişki saptanmıştır. Sonuç olarak bulgular anketin el tercihi ölçmede güvenilir ve geçerli olduğunu göstermiştir.

İncel ve ark. (2002), çalışmalarında Jamar dinamometresi ile yapılan el kavrama gücü ölçümlerinde cinsiyetler arası farklılıklar ile sağ ve sol elini dominant olarak kullanan kadın ve erkek gruplarında dominant-nondominant eller arasındaki kavrama gücü değişikliklerini araştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada dominant ve nondominant ellerin kavrama güçleri arasında, dominant el lehine olmak üzere istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Erkeklerde kavrama gücü hem dominant hem de nondominant elde kadınlara göre fazla saptanmıştır. Nondominant elin daha kuvvetli bulunma yüzdesi erkek sağ el dominant kişilerde %13.23, kadın sağ el dominantlarda ise %8.33 olarak bulunmuştur. Kadınlarda nondominant tarafın kuvvetli olduğu solak kişi oranı %12.5 iken erkeklerde bu oran belirgin olarak yüksek (%46.15) olarak saptanmıştır. Solakların nondominant ellerinin nispeten kuvvetli olması durumu bu çalışmada kadınlarda gösterilememiş olup, solaklardaki nondominant kuvvetin fazlalığının tüm topluma genellenmesinin doğru olmayacağını düşündürmüştür.

Kurtaran ve ark. (2003), çalışmalarında el osteoartritinin el fonksiyonlarındaki etkisini araştırmış olup, OA'li olan otuz dokuz, olmayan yirmi bir, toplam altmış hasta çalışmaya alınmıştır. Hastaların el fonksiyonları, disabilite durumu, günlük yaşam aktivite becerileri (Duruöz skalası ile), koordinasyon muayenesi, el kavrama ve tutma güçleri değerlendirilmiştir. OA'li olan grupta kavrama ve lateral tutma gücü diğer gruba göre istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük ($p<0,005$), el beceri testleri ($p<0,05$), koordinasyon testleri ($p<0,05$) ve günlük yaşam aktivite fonksiyonları ($p<0,01$) daha bozuk olarak bulunmuştur.

Tezel ve ark. (2004), el kavrama ölçümünün, metakarpal kemik yoğunluğu ölçümüyle birlikte değerlendirildiğinde kemik mineral yoğunluğu hakkında ön fikir verdiğini vurgulamışlardır. Yapmış oldukları çalışmada, 150 hastane çalışanı gönüllü olarak çalışmaya katılmıştır. Osteoporotik risk sorgulaması, meslek ve hobi faaliyetleri, sigara ve alkol tüketimi araştırılmış; vücut ağırlığı, boy ve vücut kitle indeksi belirlenmiştir. Sağ ve sol el kavrama güçleri hidrolik dinamometre ile ölçülmüştür; sağ ve sol elde radyografik absorbsiyometre ile kemik yoğunlukları

değerlendirilmiştir. 30-68 yaş arasındaki (ortalama 46) 150 sağlıklı erkeğin %80'inde normal kemik mineral yoğunluğu, %18'inde osteopeni ve yaklaşık %1'inde osteoporoz tespit edilmiştir. Vücut kitle indeksi ortalaması 26.86 kg/m^2 , el kavrama gücü ortalaması yaklaşık 37 kg bulunmuştur. Çalışmaya katılanların %78'i masa başı işi yapmakta, %12'si bilgisayarla çalışmakta, %40,4'ü ise sigara kullanmaktaydı ve bunların kemik mineral yoğunlukları daha düşük bulunmuştur ($p < 0.0001$). Dominans farkı göstermeksizin kavrama güçleri de daha düşük çıkmıştır (sağ el için $p < 0.01$, sol el için $p < 0.05$). Dominant elde kavrama gücü diğer elden istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermezken, kemik yoğunluğu dominant tarafta daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.0001$). Yine taraf farkı olmaksızın, kavrama gücüyle kemik yoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ilişkili bulunmuştur ($p < 0.0001$). Yaş ve vücut kitle indeksiyle kavrama gücü ve kemik yoğunluğu ilişkili bulunmamıştır. Kavrama gücü tek başına yeterli bir inceleme olmamakla beraber, kemik yoğunluğu ölçümünün yapılacağı riskli grupları belirlemede yardımcı olmuştur.

Taha ve Nazaruddin (2005), el aletleri tasarımında kavrama kuvveti verileri oldukça önem taşıdığını, kullanıcıya uygun olan el aletlerinin karpal tünel sendromunun ve travma bozukluklarının azalmasına yol açtığını vurgulamışlardır. Yapmış oldukları çalışmada, öncelikle Malezya da endüstride çalışanların kavrama kuvveti verilerini ve modelini geliştirerek kavrama kuvvetlerini tahmin edebilmeyi amaçlamışlardır. Model, yapay sinir ağları kullanılarak geliştirilmiştir. Araştırma sonucunda 42 kadın(hafif sanayi), 72 erkek (hafif sanayi) ve 32 erkek (ağır sanayi) çalışandan veriler alınmıştır. Ayrıca bu veriler sinir ağını eğitmek içinde kullanılmıştır. Elde edilen veriler eğitim kümesi ve test kümesi şeklinde iki kısma ayrılmıştır. Sonuçlar t-testi metodu kullanılarak analiz edilmiş ve gerçek ölçümler ile tahmini değerler arasında $\alpha = 0.05$ ($p > 0.05$) durumunda önemli farklılık gözlenmemiştir. Sinir ağları kullanılarak kavrama kuvveti; el boyutu, yaş, bilek çevresi ve ağırlıkla ilişkilendirilerek doğru tahmin edilmiştir.

Buffington ve ark. (2006), yapmış oldukları çalışmada, psikomotor etkinliği ve duruş arasındaki ilişki değerlendirilmesi için el becerisi ve el-göz koordinasyonu oturur vaziyette, diz çökerken ve ayakta iken karşılaştırılmasının yapılması için test uygulamıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında Grooved Pegboard test ile yapılan

performans ölçüleri 6 % -10 % ($p<0.005$) arasında oturur durumunda iken diğer durumlara kıyasla gelişme gözlenmiştir. Oturma durumunda el becerisi skorlarında iyileşme olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada, oturma durumunda ve rahat pozisyonda el becerisi gelişiminin önemi vurgulanmıştır.

Soyupek ve ark. (2006), çalışmalarında, östrojen eksikliği ile el fonksiyonlarının arasındaki ilişkinin incelenmesi ve aynı zamanda depresyon durumunun değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Rasgele seçilen menopoz sonrası kontrol için 35 kişi (yaş ortalaması = 46.6 ± 2.8 yıl), menopoz öncesi kontrol için 30 kişi (yaş ortalaması = 45.4 ± 2.7 yıl) çalışmaya dahil edilmiştir. El kavrama kuvveti (JAMAR), sıkıştırma kuvveti (pinch strength) ve el becerisi (Purdue peg-board testi) el fonksiyonları adı altında değerlendirilmiştir. DASH (Kol, omuz ve ellerin yetersizliği) skoru ve Beck depresyon skoru her bir hasta için belirlenmiştir. El kavrama kuvveti ve el becerisi menopoz öncesi kontrolde menopoz sonrasına göre daha iyi çıkmıştır. Düşük seviyeli östrojen; azalan el becerisi, artan yetersizlik (disorder) ve artan depresyonla ilişkili çıkmıştır. Östrojen yetersizliği ile kavrama kuvveti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır, fakat depresyon skoru ile kavrama kuvveti arasında ilişki bulunmuştur. Depresyonun kavrama-sıkıştırma kuvveti ve beceriyi olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Sonuç olarak östrojenin el fonksiyonları ve depresyona etkisini görebilmek için uzun dönemli çalışmalar yapılmasına gerekli duyulmuştur.

Soyupek ve ark (2006), çalışmalarında, Aerobik egzersizin el kas gücü ve becerisi üzerine olan erken dönem etkisini incelemeyi amaçlamış ve çalışmaya koroner arter hastalığı olan 40 hasta dahil etmiştir. Egzersiz ve kontrol olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Egzersiz grubu egzersiz bazlı kardiyak rehabilitasyon programına dahil edilmiştir. El kavrama kuvveti ve becerisi egzersiz seansından hemen önce ve seanstan 5 dakika sonra değerlendirilmiştir. El kavrama gücü Jamar el dinamometresi ile değerlendirilmiş ve kontrol grubunda el kavrama kuvveti ve becerisi başlangıçta ve 35 dakika sonra değerlendirilmiştir. El becerisini değerlendirmede Purdue Pegboard testi kullanılmıştır. Egzersiz grubunun aerobik egzersiz sonrası her iki el kavrama kuvvetleri egzersiz öncesi değerlere göre anlamlı olarak artmıştır ($p<0.05$). Egzersiz grubunda Purdue Pegboard testinin tüm

basamaklarında egzersiz öncesi ve sonrası arasında anlamlı fark ortaya çıkmıştır. Purdue Pegboard beceri testinin egzersiz sonrası skorları egzersiz öncesi skorlara göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak 30 dakikalık aerobik egzersizin el kavrama kuvveti ve becerisi üzerinde erken dönemde olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir.

Gündoğan ve ark.(2007), çalışmalarında, el tercihi ve dominant gözü saptayan farklı 2 yöntemlerle karşılaştırmış, yöntemin doğruluğundan emin olduktan sonra el tercihi ile dominant göz arasındaki ilişkiyi inceleyerek dominant hemisfer hakkında bilgi vermiştir. Çalışmaya yaşları 16-24 yıl arasında değişen, ortalama $\pm$ standart sapması 19.37 ± 1.62 yıl olan, 110 kadın (%61.5), 69 erkek (%38.5) olmak üzere toplam 179 gönüllü kişi katılmıştır. Edinburgh Inventory (Oldfield, 1971) ve McManus (fırlatan el) testleri uygulanarak sağ el/sol el tercihi, Gündoğan ve McManus testleri uygulanarak sağ göz/sol göz dominansı farklı yöntemlerle belirlenmiştir. Edinburgh Inventory (Oldfield) testi değerlendirilmesinde Geschwind skoru uygulanmıştır. Oldfield yöntemine göre 164 (%91.6) kişinin sağ el, 15 (%8.4) kişinin sol el, McManus yöntemine göre 163 (%91.1) kişinin sağ el, 16 (%8.9) kişinin ise sol el tercihlili olduğu görülmüştür. Bu farklı 2 yöntemler arasında iyi derecede uyum çıkmıştır (Kapa katsayısı= 0.753, $p= 0.000$). Dominant göz Gündoğan yöntemine göre araştırıldığında 110 (%61.5) kişinin sağ gözü, 69 (%38.5) öğrencinin sol gözü dominant bulunmuştur. McManus yöntemi ile dominant göz araştırıldığında 128 (%71.5) öğrencinin sağ gözünün, 51 (%28.5) öğrencinin sol gözünün dominant olduğu saptanmıştır. Her iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmasına rağmen ($\chi^2= 12.378$, $p=0.000$) yöntemler arasında zayıf bir uyum çıkmıştır. (Kappa katsayısı= 0.256, $p= 0.000$). McManus testi ile dominant göz ve fırlatan el saptandığında 2'si arasındaki ilişki önemli bulunmuştur (Fisher Exact test için $p= 0.017$) ilişki katsayısı $\phi= 0.193$, $p= 0.01$). Çalışmada yüksek oranda sağ el ve sağ gözün tercih edildiği görülmüştür. Bu değerlere göre işlevsel lateralizasyonun bulunduğu ve sol hemisferin çalışmaya katılanların genelinde baskın hemisfer olduğu düşünülmüştür.

2.2. Diş Hekimliğinde El Becerisi ile ilgili yapılan çalışmalar

Weinstein ve ark. (1979), çalışmalarında el beceri testini bitirme süresi ile restoratif diş hekimliği uygulama kalitesi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 97 pratisyen gönüllü olarak çalışmaya katılmışlardır. Katılımcılara O'Connor Tweezer Beceri testi uygulanmıştır. Beceri testi hızı ve diş hekimliği uygulama niteliği ölçümü arasındaki Pearson korelasyonu, beceri testini uzun sürede bitiren pratisyenlerin restoratif kalitesinde yüksek skorlar aldığını göstermiştir.

Bercy ve Tenenbaum (1989), yapmış oldukları çalışmada el becerisi ile diş taşı temizleme becerisi arasındaki ilişkiyi değerlendirmeyi amaçlamışlardır. El becerisi seviyesi psikoteknik testler ile 35 öğrenci üzerinde belirlenmiştir. Diş taşı indeksi; diş temizliği öncesi ve 15 gün sonra diş temizliği sonrası kaydedilmiştir. İstatistiksel analizler sonucunda el becerisi ve plak kontrol verimliliği arasında önemli bir ilişki gözlenmemiştir.

Orbak ve ark. (2002), çalışmalarında, diş hekimlerinin sağ-sol el kullanımı ve tedavi sırasında kullanılan sandalyenin pozisyonu arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir. Çalışma Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi son sınıf öğrencileri ile yapılmıştır. Sağ ve sol el kullananlar için özel dizayn edilmiş sandalyelerde, ön dişlerinde yaklaşık aynı miktarda diş taşı bulunan gönüllü hastalar üzerinde diş taşı indeksi (Calculus Index) ile ölçüm yapılmıştır. Sağ elini kullanan diş hekimleri sağ taraflı sandalyelerde, sol taraflı sandalyelere oranla daha başarılı olmuştur. Sol elini kullanan diş hekimleri ise sol taraflı sandalyelerde daha başarılı olmuştur. En düşük skor sağ elini kullanan diş hekimlerinin sol taraflı sandalyelerde tedavi sırasında alınmıştır. En yüksek skor ise sol el ile sol taraflı sandalyelerde çalışanlarda gözlenmiştir. Ortadaki ve orta hattan uzaktaki dişlerin tedavisinde solaklar sağ elini kullanan diş hekimlerine oranla daha başarılı olmuştur. Sağlak diş hekimleri ise sadece uzak kısımda kalan dişlerin tedavisinde başarılı olmuştur. Elde edilen sonuçlar sol elini kullanan diş hekimlerinin her iki eli arasındaki koordinasyon ve beceri bakımından üstün olduğunu göstermiştir.

Ojimba ve ark. (2004), yapmış oldukları çalışmada diş hekimliği öğrencileri ile yapılan 2 farklı uygulamanın sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmaya 69 öğrenci

katılmış ayrıca sürede göz önünde bulundurulmuştur. Öğrencilerin %14'ünün her iki uygulamada zorlandığı tespit edilmiştir. Zorlanan öğrencilere ek iyileştirme uygulamaları yaptırılmış ve iyileştirme sonucunda öğrencilerin % 3'ünün ekstra iyileştirme uygulamasına ihtiyaç duyduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak diş hekimliği eğitiminde el becerisi ile ilgili zorlukların erken dönemde belirlenmesinin önemliliği vurgulanmıştır. Öğrencilerin oturma pozisyonları ve aletleri tutuş şekli gerekli el becerilerinin kazanımında kolaylaştırıcı etkide bulunduğu gözlenmiştir.

Gansky ve ark. (2004), çalışmalarında diş hekimliği uygulama derslerinin tahmini ve öğrencinin klinik uygulamalarına ne kadar hazır olduğunu görebilmek amacıyla üniversitede el beceri testi uygulamışlardır. Uygulamaya 244 öğrenci dahil edilmiştir. El beceri testi 2 saatlik kalıp-oyma testinden (block-carving test) oluşmaktadır. 3 farklı fakülte blokları derecelendirerek sonuçları elde etmişlerdir. (Kapa istatistik güvenirliği 0.34 – 1.00 arasında değişiklik göstermiştir.) Yeni gelen öğrencilerin % 9,8'i el becerisi testinde başarısız olmuştur. Uygulanan el beceri testi ($p=0.342$) ile klinik öncesi başarı notu tahmini yapılamayacağı ve uygulanan el beceri testinin şu an ki üniversitenin kabul kriterlerine herhangi bir getirisi olamayacağı sonucuna varılmıştır.

Giuliani ve ark. (2007), çalışmalarında, temel el becerisinin diş hekimliğine öğrenci seçiminde önemli parametre olarak değerlendirilmesi ve klinik öncesi ve klinik uygulamaları sırasında geliştirilip geliştirilemeyeceğini araştırmışlardır. Çalışma 433 öğrenci (262 erkek ve 171 kız) üzerinde 10 farklı uygulama ile 5 yıl süreci değerlendirilerek yapılmıştır. 3. ve 5. yıllar sonunda tekrar test uygulanmıştır. Her bir kişi uygulama skorlarının ortalaması alınıp temel beceri skorunun ortalaması değerlendirilmiştir. Farklı liselerden başvuranlar arasında farklılıklar gözlenmiş olup, en az 32 ay öncesinden katılan öğrenciler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Sonuç olarak temel el becerisinin diş hekimliği öğrencileri seçiminde gerekli olmadığı, eğitime devam eden öğrencilerin önemli derecede el becerisini geliştirdiği sonucuna varılmıştır.

Lundergan ve ark. (2007), yapmış oldukları çalışmada, diş hekimliği öğrencileri üzerinde hız ve doğruluk ölçümünün yapıldığı testler uygulayarak teknik ve klinik derslerdeki okul performansını tahmin etmişlerdir. Öğrencilerin ilk ve son

çeyrekte ölçülen tweezer beceri testi skorları karşılaştırılmıştır. Çalışmada, a) yeni başlayan öğrencilerin skorları arasındaki ilişki iki farklı tipteki tweezer beceri testi ile değerlendirilmeyi; b) diş hekimliği öğrencilerinin test skorlarının genel popülasyon verileri ile karşılaştırılmayı; c) derslerdeki öğrencilerin performanslarının test üzerindeki etkisini belirlemeyi; c) her iki testin öğrenci kabulünde potansiyel Algı Yetenek Testi (Perceptual ability test) ile karşılaştırılmalı olarak değerlendirmeyi amaçlamışlardır. 134 kişilik sınıfta 51 yeni başlayan öğrenciye testler uygulanmış ve bunların arasından 49'u üzerinde son çeyrekte tekrar teste tabi tutulmuşlardır. İki beceri testi arasında anlamlı ilişki bulunmuştur ($r = 0.318$, $p < 0.05$). Genel ortalama (41.58) ile diş hekimliği öğrencilerinin ortalaması (40.42) arasında önemli ilişki bulunmamıştır ($p > 0.05$). İlk ve son çeyrek dönemleri arasında ilişki $r = 0.517$ ($p < 0.01$) olarak bulunmuştur. Sonuçlar diş hekimliği cımbız (tweezer) becerisi genel popülasyondan farklı çıkmamıştır, ders dönemi boyunca değişim göstermemiştir. Diş hekimliği bölümüne başvurularda tweezer beceri skorunun güvenilir bir tahmin aracı olarak kullanılmaması sonucuna varılmıştır.

2.3. Bulanık Sinir Ağı ile yapılan çalışmalar

Yüksel (2003), yapılan tez çalışmasında bir kent alanında günlük kükürt dioksit kirlilik konsantrasyonlarını, meteorolojik faktörlerin etkisi altında tahmin edebilmek için neuro-fuzzy-logic metoduna dayalı olarak geliştirilen yeni bir metodoloji önerilmiştir. Atmosferin karmaşık ve lineer olmayan yapısı göz önüne alındığında % 65-80 oranında bir performansla tatmin edici bir sonuca ulaşılmıştır.

Kaya ve ark. (2004), yapmış oldukları çalışmada; ayakta ve oturma pozisyonlarında, yaşları 15-17 arası değişen 387 kişiden 18 antropometrik ölçüm almışlardır. Antropometrik ölçümlerin tahmini için regresyon analizine alternatif olarak ANFIS (Uyarlamalı sinirsel bulanık sistem) kullanmışlardır. 6 çıkış değeri (omuz genişliği, kalça genişliği, diz yüksekliği, boy, diz altına ait yükseklik) tahmin için seçilmiştir. ANFIS regresyon analizine kıyasla her iki cinsiyet grubu için daha iyi sonuç vermiştir.

Akbulut ve ark. (2004), çalışmalarında uzun süren test sonuçlarına alternatif olarak kum örneklerinin katsayı ve modüllerinin tahmininde ANFIS metodunu kullanmışlardır. ANFIS sonuçları, klasik geri yayılma metodu olan çok katmanlı algılama (MLP) ve çoklu regresyon analizi metodu (MRM) karşılaştırılmış ve R^2 değerleri baz alınarak kıyaslandığında ANFIS diğer iki yöntemle kıyasla daha iyi tahmin sonucu vermiştir.

Zaheeruddin ve Garima (2006), yapmış oldukları çalışmada model geliştirme ve en uygun olası durumları en kısa zamanda veren uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarsama sistemi (ANFIS) ile gürültü kirliliğinin çalışma verimliliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Literatür araştırmalarından diğer çalışmada belirtildiği gibi gürültü seviyesi, iş tipi ve gürültüye maruz kalma süresi insanın çalışma verimliliği üzerinde etkili olan faktörler olarak sıralanmıştır. Bu parametreler arasındaki neden-sonuç ilişkileri ise kompleks, belirsiz ve lineer olmayan şeklinde belirlenmiştir. Sonuç olarak geliştirilen bulanık modelden alınan veriler yardımıyla nöro-bulanık model kurularak MATLAB'da ANFIS kullanılarak uygulanmıştır. Toplam giriş / çıkış veri setinde verilerin % 80'i modelin eğitimi için ve % 20'si ise modelin geçerliliğini kontrol etmek için kullanılmıştır. Modelin eğitimi ile üyelik

fonksiyonlarının şeklinde az da olsa değişiklik gözlenmiştir. Sonuç olarak ANFIS kullanılarak yapılan eğitim, hesaplama bakımından daha etkin ve daha kısa sürede gerçekleştirilmiştir.

Çam ve Yıldız (2006), çalışmalarında ANFIS modelini kullanarak Orta Anadolu bölgesinde bölgesel ortalama rüzgar hızı ve güç değerlerini tahmin etmişlerdir. Modelde; yükseklik, enlem, rüzgar istasyonlarının yüksekliği ve rüzgar hızı ölçüm yüksekliği giriş değeri olarak, rüzgar hızı ve güç değerlerini çıkış değişkenleri olarak almışlardır. Çalışma sonucunda ANFIS modelinin ortalama rüzgar hızı ve güç değerleri tahmininde etkili araç olduğu vurgulanmıştır.

Sarı ve Arslan (2007), yapmış oldukları çalışmada verilerin eğitilmesi ve doğruluğu daha yüksek sonuçların elde edilmesi nedeniyle tercih edilen Uyarlanabilir Yapay Sinir- Bulanık Mantık Çıkarım sistemi (ANFIS) anlatılmış ve ANFIS ile geoit yüksekliği hesabında noktaların enlem ve boylam değerleri girdi olarak alınmış, Öte yandan GPS/nivelman yöntemine göre belirlenmiş geoit yükseklikleri de çıktı olarak alınmış böylece iki girdi ve bir çıktılı bir bulanık model oluşturulmuştur.

Fırat (2007), yapılan tez çalışmasında, Sinirsel Bulanık Mantık Yönteminin (ANFIS) günlük akarsu akış ve katı madde miktarının tahmin edilmesinde uygulanabilirliğini araştırmıştır. Bu amaçla, Türkiye'nin batısında yer alan Büyük Menderes havzası uygulama alanı olarak seçilmiştir. ANFIS yöntemi ile Büyük Menderes havzasında, dört akarsu kolu için farklı giriş yapısına sahip akış ve katı madde tahmin modelleri geliştirilmiştir. Daha hassas ve güvenilir bir tahmin için, çapraz geçerlilik (cross validation) yöntemi kullanılarak eğitim/test veri setleri düzenlenmiş ve her bir set için eğitim gerçekleştirilmiştir. Modellerin davranışlarını değerlendirmek için çeşitli ölçütler dikkate alınmıştır. ANFIS sonuçları gözlem verileri ile karşılaştırılmış ve performansları değerlendirilmiştir. Daha güvenilir bir değerlendirme yapmak için, en uygun modeller Yapay Sinir Ağları (YSA) ile de eğitilerek test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ANFIS yönteminin, akış ve katı madde modellenmesinde ve tahmin edilmesinde başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir.

Wang ve Elhag (2008), yapmış oldukları çalışmada risk skorları ve risk oranları arasındaki nonlinear ilişkiden yararlanarak kurdukları ANFIS modeli ile

köprü riski değerlendirme metotlarına alternatif oluşturmuşlardır. Sonuç olarak ANFIS modelini yapay sinir ağları (ANN) ve çoklu regresyon analizi (MRA) sonuçları ile karşılaştırmış ve ANFIS'in daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemişler.

2.4. Genel Değerlendirme

Literatür genel olarak incelendiğinde el becerisi birçok faktör ile ilişkilendirilmiştir. Faktörleri genel olarak sıralamak gerekirse, antropometrik ve biyomekanik faktörler, demografik özellikler, eldiven çeşitliliği ve diş hekimliği uygulamaları şeklinde sıralayabiliriz. Literatürde el antropometrik faktörleri ile ilgili çalışmalarda genellikle el aletleri tasarımı, biyomekanik faktörler (el kavrama kuvveti) ve popülasyonlar arasındaki farklar üzerinde durulmuştur. Demografik özellikler ile ilgili çalışmalarda ise genel anlamda cinsiyet ve yaşa bağlı farklılıkların el becerisi, el antropometrisi ve kavrama kuvveti ile etkileşimi üzerinde durulmuştur. Diş hekimliği uygulamalarında oldukça önemli bir yere sahip eldiven kullanımı literatürde birçok çalışmada el becerisi ile ilişkilendirilmiş, farklı tipte ve farklı kalınlıktaki eldivenlerin etkileri analiz edilmiştir. Son olarak birkaç çalışmada bazı diş hekimliği uygulamaları, öğrenci seçimi, öğrencilerin klinik ve teorik derslerdeki performansı el becerisi ile ilişkilendirilmiştir.

Genel değerlendirme sonucunda alınan antropometrik ve biyomekanik ölçümlerin yetersiz olduğu, el becerisi ile olan ilişkisinin sadece tek çalışmayla ve yetersiz olarak incelendiği, sağ ve sol el kullanımının yapılan beceri testlerinde çok dikkate alınmadığı ve diş hekimliği ile ilgili el aletlerinin ergonomik tasarımına yönelik ölçümlerin alınmadığı gözlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmaya Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinden 155 öğrenci gönüllü olarak katılmıştır. Öğrencilerin yaşları $22,15 \pm 2,14$, boyları $169,80 \pm 8,89$ ve ağırlıkları $67,42 \pm 12,91$ idi. Çalışmaya tüm sınıflar dahil edildi. Çalışmaya katılan bireylere öncelikli olarak, yapılacak araştırmaya ve alınacak ölçümlere dair sözlü açıklamalar yapılmıştır. Her birey çalışmaya gönüllü katıldığına dair Aydınlatılmış Onam Belgesini okuyup imzalamıştır. Ayrıca katılan bireylerin cinsiyet, yaş, boy, vücut ağırlığı, hangi elin sık kullanıldığını ve kaçınıcı sınıfta okuduklarını içeren kişisel kimlik bilgileri değerlendirme formuna yazılmıştır.

İlk olarak çalışmaya katılan bireylerin çıplak ayakla boy ölçümleri daha sonra vücut ağırlığı alındı ve her bireyin ölçümleri formlara kaydedilmiştir. Daha sonra 4 farklı test ile el beceri testi uygulanmış ve sonuçlar el beceri testi formlarına kaydedilmiştir. Beceri testinden sonra antropometrik ölçümlere geçilerek ilk olarak dijital kumpas yardımıyla her iki el için parmak genişlikleri, parmak uzunlukları, el genişliği, avuç içi genişliği, el derinliği, bilek genişliği ve metakarpal çizgisinin genişliği alınmıştır. El uzunluğu ve önkol uzunluğu ise dijital mezura yardımıyla alınmıştır. Daha sonra sırasıyla parmak çevreleri ve bilek çevreleri; parmak çevresi ölçüm cihazı ve terzi mezurası yardımı ile alınmıştır.

Son olarak biyomekanik faktörler ölçülmüştür. İlk olarak parmakların maksimum abduksiyonda iken aralarındaki açıları hesaplayabilmek için her bireyin sağ ve sol el çizimleri alınmıştır. Daha sonra gonyometre yardımıyla her iki el için; diğer parmaklar gergin kalacak şekilde her bir parmağın fleksiyon açıları ve bilek açıları alınmıştır. Açı ölçümleri sonunda ise kuvvet ölçümleri yapılmıştır. Her iki elin parmak ucu sıkıştırma kuvveti ve kavrama kuvveti için 3 ölçüm alınmıştır. Ölçümler dijital el dinamometresi ve mekanik pinç ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Parmak ucu sıkıştırma kuvveti başparmak, işaret parmağı ve orta parmağı kullanarak 2 farklı şekilde ölçülmüştür. Ölçümler sırasında bireyin yorulmasını önlemek ve daha

sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için kısa süreli aralar verilmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin ölçümleri kayıt edilip kontrol edildikten sonra uygulama tamamlanmıştır.

3.1.1. Ölçümler

3.1.1.1. Genel Antropometrik Ölçümler

Her türlü araç ve gereç kullanıcılarının yaş ve cinsiyetlerine göre değişiklik gösteren boyut farklılıklarını gözetenek insan-çevre bağlamında ara kesit tasarımları yapmak için antropometri biliminden yararlanılır. Yunanca antropos (insan) ve metrikos (ölçü) sözcüklerinden oluşan antropometri, insan vücut ölçülerinin belirlenmesi ve uygulanması ile uğraşan bir bilim dalıdır. Mühendislik antropometrisi ise ergonominin en önemli konularındandır ki, insan ölçülerini mühendislik açısından değerlendirerek inceler (Su, 2001; Özok, 2002; Erkan, 2003; Dizdar, 2003).

Bireylerin genel antropometrik ölçümleri kapsamında, boy uzunluğu boy ölçerli insan tartım baskülü kullanılarak (Şekil 3.1) çıplak ayakla tabla üzerinde, topuk ucu ile başın tepe noktası arasındaki mesafe dikey olarak ölçülmüştür. Vücut ağırlığı aynı şekilde çıplak ayakla elektronik baskül kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 3.1. Boy ölçerli insan tartım baskülü

3.1.1.2. El Antropometrik Ölçümleri

El antropometrik ölçümleri için 150 mm, 0.01 mm/0.0005 inç hassasiyeti olan elektronik dijital kumpas kullanılmıştır (Şekil 3.2). Sağ ve sol el olmak üzere; parmak genişlikleri, parmak uzunlukları, el genişliği, avuç içi genişliği, el derinliği, bilek genişliği ve metakarpal çizgisinin genişliği ölçümleri dijital kumpas ile alınmıştır.



Şekil 3.2. Dijital kumpas

Parmak genişliği ölçümü; sağ ve sol el için tüm parmakların distal kısmının ve orta kısımlarının genişliği alınarak yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. İşaret parmağı distal kısmı genişliği ölçümü

El genişliği ölçümü için, başparmağın en çıkıntılı dış noktası ve küçük parmak tarak kemiğinin en dış noktası arasındaki mesafe kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. El genişliği ölçümü

Avuç içi genişliği ölçümü için, işaret parmağı metakarpının en çıkıntılı noktası ve serçe parmak metakarpının en çıkıntılı noktası arasındaki mesafe ölçülmüştür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Avuç içi genişliği ölçümü

Bilek genişliği ölçümü için, önkolun dış kemiğinin alt çıkıntısı ile iç kemiğinin alt çıkıntısı arasındaki mesafe alınmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Bilek genişliği ölçümü

Metakarpal çizgisinin genişliği için, metakarp başlarının çizgisi alınmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Metakarpal çizgisinin genişliği ölçümü

3. parmak uzunluğu'nun ölçümü için, orta parmakta parmak kökünü el ayasından ayıran proksimal çizginin orta noktası ile orta parmağın uç noktası arasındaki mesafe kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Orta parmak uzunluk ölçümü

El uzunluğu ölçümü için, el ile bilek arasındaki sınırı oluşturan distal çizginin orta noktası ile orta parmağın uç noktası arasındaki mesafe kullanılmıştır (Şekil 3.9).

Denek önkolunu, üst kolu ile 90° açı oluşturacak şekilde bükerek yere paralel biçimde göbek hizasında uzatır. Ölçü alan kişi antropometre ile radiusun radiale noktası ile styloid çıkıntısına kadar olan mesafeyi milimetrik olarak ölçer (Akın, 2001). Önkol uzunluğu ölçümü için, dirsek ekleminin arkasındaki en çıkıntılı nokta ve önkolun dış kemiğinin alt çıkıntısı arasındaki mesafe alınmıştır (Şekil 3.10).

Ölçümler hassasiyeti 1 mm ve ölçme uzunluğu maksimum 5 m olan dijital şerit metre ile yapılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.9. El uzunluğu ölçümü



Şekil 3.10. Önkol uzunluğu ölçümü



Şekil 3.11. Dijital şerit metre

Parmak çevresi ölçümleri için, 0,0625 inç hassasiyeti olan parmak çevresi ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.12). Tüm ölçümler inç olarak alınıp hesaplama yapıldıktan sonra milimetreye çevrilmiştir (Çizelge 3.1).

Örnek hesaplama: $1,01 \text{ inç} = 1 + 1/16 \text{ inç} = 1,0625 \text{ inç} = 1,0625 \times 25,4 \text{ mm} = 26,9875 \text{ mm}$. (3.1)

Çizelge 3.1. İnç – milimetre dönüşüm tablosu

İnç	Milimetre	İnç	Milimetre
1,01	26,9875	2,01	52,3875
1,02	28,575	2,02	53,9749
1,03	30,1625	2,03	55,5625
1,04	31,75	2,04	57,15
1,05	33,3375	2,05	58,7375
1,06	34,925	2,06	60,3249
1,07	36,5125	2,07	61,9125
1,08	38,099	2,08	63,5
1,09	39,6875	2,09	65,0875
1,1	41,275	2,1	66,675
1,11	42,8625	2,11	68,2625
1,12	44,4499	2,12	69,85
1,13	46,0375	2,13	71,4375
1,14	47,625	2,14	73,0249
1,15	49,2125	2,15	74,6125



Şekil 3.12. Parmak çevresi ölçüm cihazı

Sağ ve sol el için, tüm parmakların distal kısmının ve orta kısımlarının çevresi alınmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Orta parmak orta kısım çevre ölçümü

3.1.1.3. Biyomekanik Ölçümler

Biyomekanik, mekanik kurallarının tüm biyolojik hareketlere ve yapılara uygulandığı bir çalışma alanıdır. Biyomekanik herhangi bir hareketi tanımlama ve analiz etmede iki dala ayrılır:

Kinematik, hareketi yaratan nedenlere bakmaksızın onlardan bağımsız olarak hareketi tanımlar. Bu anlamda uzaklık, hız ve ivmelenmeyi lineer (düzgün doğrusal) ve angular (açısal) olarak inceler.

Kinetik, hareketi yaratan etkenleri inceler. İnsan hareketinin kinetik incelenmesi statik ve dinamik olmak üzere iki bölümde ele alınır.

Statik, dengede veya birbirine eşit olan kuvvetler sonucu dengede olan vücut veya cisimlerin durumlarını inceler.

Dinamik ise, birbirine eşit olmayan veya dengede bulunmayan kuvvetlerin yarattığı hareketteki değişimleri inceler (Dere ve Durgun, 1994).

Bireylerin biyomekanik ölçümleri kapsamında sağ ve sol el olmak üzere; bilek açıları, parmakların fleksiyon ve abduksiyon açıları, kavrama kuvveti ve parmak ucu sıkıştırma kuvvetleri alınmıştır.

Kavrama kuvvetinin ölçümü için “Baseline” marka dijital el dinamometresi kullanılmıştır (Şekil 3.14). Çalışmaya katılan bireylerden hem sağ hem de sol el için

kavrama kuvveti ölçümü alınmıştır. Sağ ve sol el için üçer deneme halinde alınan ölçümler dirsek fleksiyon pozisyonunda iken yapılmıştır. Yapılan her üç ölçümün ortalaması alınarak değerlendirilme yapılmıştır. Çalışmaya katılan her birey sandalyede oturur vaziyette ve dirsekleri 90° fleksiyonda olup önkol ve bilek nötral pozisyonunda iken bireyin elindeki dinamometreyi tüm gücüyle bir kez kavrayıp bırakması sağlanmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.14. Dijital el dinamometresi



Şekil 3.15. Kavrama kuvveti ölçümü

Parmak ucu sıkıştırma kuvvetlerinin ölçümü için, mekanik parmak sıkıştırma kuvveti ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.16). Ölçümler başparmak, işaret parmağı ve orta parmak kullanılarak alınmıştır (Şekil 3.17, Şekil 3.18).



Şekil 3.16. Mekanik parmak sıkıştırma kuvveti ölçüm cihazı



Şekil 3.17. İşaret ve başparmak kullanılarak alınan ölçüm



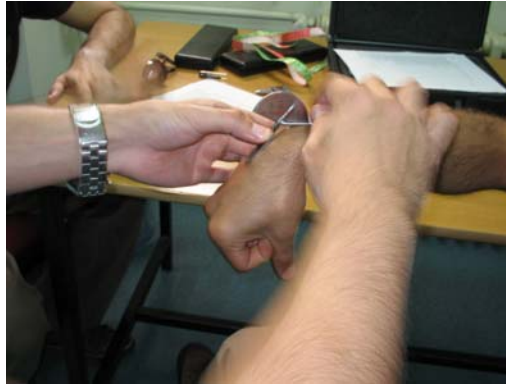
Şekil 3.18. İşaret, Orta ve başparmak kullanılarak alınan ölçüm

Tüm bilek açıları ve parmak fleksiyon açıları ölçümleri gonyometre yardımı ile yapılmıştır (Şekil 3.19). Bireylerin sağ ve sol el bilek açıları maksimum fleksiyon halinde iken ölçülmüştür (Şekil 3.20). Parmakların ise her biri orta kısımlardan

maksimum fleksiyonda iken diğer parmaklar sabit tutulmuş ve açılar ölçülmüştür (Şekil 3.21).



Şekil 3.19. Gonyometre



Şekil 3.20. Bilek açısı ölçümü



Şekil 3.21. Parmak fleksiyon açısı ölçümü

Parmaklar maksimum abduksiyonda iken aralarındaki açılar hesaplanabilmesi için bireylerin sağ ve sol el çizimleri alınmıştır (Şekil 3.22). Parmaklar arasındaki açılar ise açıölçer kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 3.22. El çiziminin alınması

3.1.2. Roeder El Beceri Testi

3.1.2.1. El Beceri Testinin Amacı

Temel mesleki becerilerin geçerli ve güvenilir ölçüm değerleri danışmanlar, direktörler ve insan kaynakları için önem arz etmektedir. Topluma üretken birey olarak katılımın sağlanması için en uygun meslek seçiminde bütün ihtimallerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Danışmanlar, öğretmenler, insan kaynakları yöneticileri ve yöneticiler bireylere en uygun işi bulmada önemli imkânlarla sahiptir ve bu imkânların doğru kullanımı sayesinde mutsuz ve üretken olmayan insan sayısında azalma meydana gelmektedir. Bu durum insanların potansiyellerini ortaya çıkarmakla oluşmaktadır. Test bataryalarında genellikle göz, el ve parmak koordinasyonu ve beceri faktörü ihmal edilmektedir, fakat el beceri testi kullanımı ile bu faktör ölçülebilmektedir.

El beceri testi; öğrenciler üzerinde, üniversitelerde beceriye dayalı öğrenci alımlarında, iş terfi durumunda ve işe alımlarda kısacası becerinin ilk gereksinim olduğu zamanlar için tasarlanmıştır. Mesleki test bataryaları uygulandığı zaman, makul ilgi ve beceri testinin yanında sağ, sol ve toplam beceri için ayrı ölçümler dikkate alınmaktadır. El becerisi gerektiren işlerde bireylerin yaygın bir şekilde

farklılık gösterdiği araştırmalarda ortaya çıkmıştır. Çeşitli el becerisi testleri ile bireylere grup olarak hızlı ve ekonomik testler uygulanabilmektedir.

Birçok iş tamamen el-göz koordinasyonuna bağlı bulunmaktadır. Yazma işlemi gibi basit işlerde ve uçak-otomobil mekaniği, radyo ve televizyon tamirciliği, elektrik işleri, montaj ve sökme gibi kompleks işlerde el-göz koordinasyonu son derece önemlidir. Bu tip işlerde; özellikle itme ve bükme hareketlerinde, el, kol ve parmakların hızı ve becerisi çok önem taşımaktadır. El beceri testleri kişilerin yeteneğinin belirlenmesini sağlayarak tam olarak potansiyellerinin farkına varılmasına yardımcı olmaktadır (Roder, 1967).

3.1.2.2. Testin Tanımı

El beceri testi cihazı, üzerinde 40'ar adet vida deliği, 1 adet T-bar boşluğu ve 4 adet çubuk, somun, pul ve başlıklar için hazırlanmış kısımlardan oluşan bir performans tahtasıdır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Roeder el beceri testi

3.1.2.3. Testin Güvenilirliği ve Geçerliliği

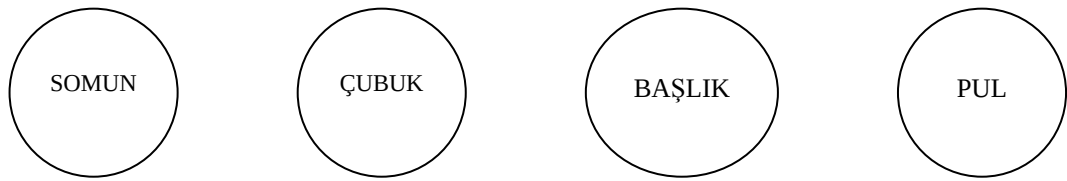
Testin güvenilirliği tekrarlı ölçüm metodu ile % 92 olarak saptanmıştır. Yani % 92 oranında aynı sonuçlar bulunmuştur. Testin geçerlilik katsayısı test sonuçları arasından 0.48 olarak belirlenmiştir. Test, elektronik endüstrisinde küçük elektronik parçaları monte eden erkek çalışanlar arasında yapılmıştır. Aynı test bayan çalışanlar arasında yapıldığında korelasyon (geçerlilik) katsayısı 0.49 bulunmuştur. Bu

rakamlar, çalışanlar işlerine atanmadan önceden ve işe başladıktan 5 ay sonra tecrübe kazandıktan sonra bulunan sonuçlar arasından elde edilmiştir (Roeder, 1967).

3.1.2.4. Testin Uygulaması

Test için bir kronometre ve uygulamanın yapılabileceği bir masa yeterlidir. Parçaların dizilişi şekilde gösterildiği gibi olmalıdır (Şekil 3.24).

T BAR



Şekil 3.24. Parçaların dizilişi

Zaman limitinin referans değerleri ise aşağıdaki gibidir:

Tek elle çubuk ve başlıkları yerleştirme	3 dakika
Çift elle pullar ve somunların yerleşimi.....	40 saniye
Sol el ile pullar ve somunların T bar üzerine yerleşimi.....	40 saniye
Sağ el ile pullar ve somunların T bar üzerine yerleşimi.....	40 saniye

İlk önce kayıt formu (isim, meslek, yaş, cinsiyet) doldurulur. Daha sonra teste başlanır. Test edilen kişi önce bir vidayı alıp vidayı en üst sıradaki en soldaki yuvaya geçirir sonra da bir başlık alıp onu taktığı vidanın üstüne vidalar. Bu işlem yapılırken sağlaklar yalnız sağ elini, solaklar ise yalnız sol elini kullanmalıdır. Kullanmadıkları eli ile tablanın sabit durmasını sağlarlar. Bir sonraki vida ilk takılan vidanın sağındaki yuvaya takılarak işleme devam edilir. Daha sonra yeniden takılan vidanın üstüne başlık takılır.

Bu şekilde bir sıra bittikten sonra bir alt sıraya geçilir. Bu işlem için daha önce de belirtildiği gibi 3 dakika tutulur. Fakat sol el kullananlar bu işlemlerin tam ters yönünden başlayıp ters yönde devam ederler. (Yani sağ üst köşeden başlayıp sola doğru devam ederler). 3 dakika dolduğu anda kronometre durdurulur ve denek işlemi bırakır. Sonra deneğin kaç tane vida monte ettiği ve kaç tane başlığı vidaların üzerine

taktığı sonuç formuna işlenir. Ve ayrıca ikisinin toplamı(monte edilen vida ve başlık sayısı)da sonuç formuna işlenir. Daha sonra takılan vida ve başlıkları yuvalardan çıkarıp yerlerine koyulma işlemi gerçekleşir.

Artık bir sonraki test aşamasına geçilebilir. Bu aşamada T harfi şeklindeki çubuğa conta ve somunlar dizilir. Bu işlemler önce çift elle yapılır. Bu işlemde önce ikişer tane(her iki elde bir tane) conta ardından ikişer somun ardından yine ikişer conta sonra yine ikişer somun T çubuğuna geçirilir. 40 saniye boyunca bu işlem yapılır. Bu süre sonunda kronometre durdurulur ve kaç tane conta ve somun geçirildiği (sağ ve sol el ayrı ayrı ve toplam) sonuç formuna işlenir. Test böylece bitmiş olur ve forma ayrıca takılan vida ve başlık sayıları ile geçirilen conta ve somun sayıları toplamı kâğıda işlenir.

Ayrıca bu test sağ ve sol el için de ayrı yapılabilir. Bundan sonra aynı işlem her iki el için ayrı ayrı yapılır. Bu işlemde sağ elini kullanan kişi (sol el hiç kullanılmaz) sağ eliyle önce bir contayı sonra bir somunu alıp T çubuğunun sağ tarafına dizer (Şekil 3.25). Bu işlemler böyle 40 saniye sürer. 40 saniye sonunda kronometre durdurularak işlem sona erdirilir ve sonuçlar forma işlenir. Aynı işlemler sol el için de yapılır. Daha sonra formlara işlenen bu rakamlar % lik cinsinden değerlere çevrilir. Bunun için de ilgili tabloya bakılır.



Şekil 3.25. El beceri testinin uygulaması

3.1.2.5. Test Skorunun Hesaplanması

Grupla veya bireysel olarak test çalışması yapılırken skorların kayıt edilmesi için kayıt formları oluşturulur. Toplam öğrenme becerisi yüzdesi test üzerinden elde edilir. Toplam öğrenme becerisi skoru kayıt formunun başında belirtilirken sağ el ve sol el için beceri durumu çalışma sayfasının altında belirtilir.

Toplam öğrenme beceri sonucuna ulaşmak için şu yöntem izlenir

- 1- Soketlere vidalanan barların sayısı hesaplanır.
 - 2- Barlara vidalanan başlıkların sayısı hesaplanır.
 - 3- T-bar üzerine sıralanmış pulların ve somunlarının toplam sayısı hesaplanır. Sadece burada iki el dikkate alınır.
 - 4- Daha sonra elde edilen bu üç skor toplanır.
 - 5- Elde edilen skorlar yüzdelik dilime çevrilir.
- Bu değer toplamı öğrenme becerisi yüzdelik skorudur.

Sağ el ve sol el için yüzdelik değerleri elde etmedeki prosedür aşağıdaki gibidir.

- 1- T-Bar'ın soluna dizilmiş pulların ve somunlarının sayısı hesaplanır ve sol elin skoru olarak kaydedilir.
- 2- T-Bar'ın sağına monte edilmiş somunlarının ve pulların sayısı hesaplanır ve sağ elin skoru olarak kaydedilir.
- 3- Sol el için elde edilen skorlar yüzdelik dilime çevrilir.
- 4- Sağ el için elde edilen skorlar yüzdelik dilime çevrilir.
- 5- İki el için oranlar sağlanmış olur (Roeder, 1967).

3.1.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada her bir bireyden elde edilen ve değerlendirme formlarına kaydedilen veriler SPSS 15.0 programına aktarılmıştır. Öncelikle tüm verilerin tanımlayıcı istatistikleri bulunmuştur. Gruplar arası karşılaştırmalarda Tek Yönlü Anova kullanıldı. Analiz sonuçlarının anlamlı çıkması doğrultusunda ve grup sayısının ikiden fazla olduğu durumlarda ise ek olarak Post Hoc Bonferroni testi kullanılmıştır.

Veriler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılması amacıyla korelasyon analizi için değişkenlerin dağılımının normal olduğu ya da normale yakın olduğu durumlarda Pearson korelasyon katsayısı, değişkenlerin dağılımının normallikten uzak olduğu durumlarda ise Spearman sıra korelasyonu kullanılmıştır. Korelasyon analizi sonucu ortaya çıkan analiz sonuçları kapsamında faktör analizi uygulanmış ve az sayıda birbirinden bağımsız faktörler elde edilmiştir. Faktör analizi sonucunda elde edilen verilerin birçoğu regresyon analizi için bağımsız değişken olarak kullanılmış ve faktör skorları ile regresyon modeli kurulmuştur. Ayrıca stepwise regresyon analizi yardımıyla model kurulup sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sağ el kavrama kuvveti ölçümleri sonucu elde edilen verilerin alınan antropometrik ölçümler ile ilişkisi incelendikten sonra çıkan korelasyon analizi sonuçları doğrultusunda regresyon analizi uygulanmıştır. Kurulan bir başka model ise tahmin için kullanılmıştır. Ayrıca regresyon analizine alternatif olarak ANFIS metodu yardımıyla sağ el kavrama kuvveti verileri çıkış değeri olarak, sağ önkol uzunluğu, sağ el derinliği, sağ el genişliği ve sağ serçe parmak çevresi giriş değerleri olarak alınarak tahmin modeli geliştirilmiştir.

3.2. Metot

İstatistik analizlere başlamadan önce yapılması gereken ilk çalışma verilerin düzenlenmesidir. Frekans dağılım tabloları ve çeşitli grafikler eğer çok sayıda veri ile çalışılıyorsa verilerin şeklini ve yığılma noktalarını görmek açısından işe yarayacaktır. Ayrıca bu tarz bir gösterim, eğer çok sayıda gözlem ile çalışılıyorsa, verilerin daha açıklayıcı bir şekilde gösterimini sağlayacaktır. İstatistiksel çalışmalarda pek çok analizi uygulayabilmek için verilerin dağılımının normal ya da

normale yakın olması gerekmektedir. Verilerin dağılımını görebilmek için genellikle histogram, saplı kutu grafiği, detrended normallik grafiği ve dal yaprak gibi görsel amaçlı grafikler kullanılır. Bunun yanı sıra Kolmogrov Smirnov ve Shapiro Wilks gibi test yöntemleri de kullanılmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, sadece verilere bakarak bunların yorumlanması ve anlamlı bir sonuç çıkarılması mümkün değildir. Bu verilerin bir takım özelliklerinin de sunulması gerekmektedir. Öncelikle, veri setinin ortalaması ve verilerin bu ortalama etrafında nasıl dağıldığı ve ortalama ne ölçüde saptığının değerlendirilmesi gerekmektedir. Tanımlayıcı istatistikler kategorisi içinde; ortalama, medyan ve mod gibi merkezi eğilim ölçüleri, standart sapma ve varyans gibi ortalama sapma ölçütleri ile çarpıklık ve basıklık gibi normalden sapma ölçütleri yer almaktadır. Basıklık (kurtosis) dağılımın “dikliği”nin veya “düzlüğü”nün yani, verilerin tepe noktalarının durumu hakkında bilgi veren ölçüttür. Sıfıra yakın bir basıklık normal dağılıma yakın bir şekli oluşturur. Basıklık için pozitif bir değer, normalden daha dik bir dağılıma işaretler. Negatif bir basıklık değeri ise normalden daha düz bir dağılıma işaretler. Çarpıklık (Skewness) dağılımın ortalama etrafında simetriden ne kadar saptığını yani, verilerin simetrisini belirleyen ölçüttür. Sıfır değeri simetrik yani ortada dengelenmiş bir dağılıma işaretler. Pozitif çarpıklık küçük değerlerin fazlalıkta olduğunu, negatif çarpıklık ise büyük değerlerin fazlalıkta olduğunu gösterir. Herhangi bir veri setinde ortalamanın medyandan büyük olması durumunda sağa çarpık dağılım, ortalamanın medyandan küçük olması durumunda ise sola çarpık dağılım ortaya çıkar (Kalaycı ve ark. 2008).

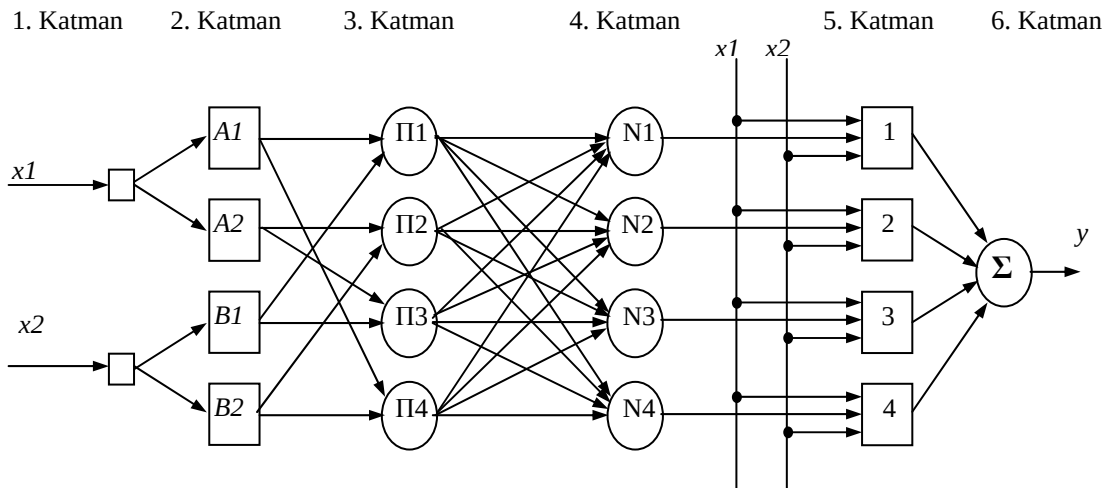
3.2.1. ANFIS (Adaptif Ağ Yapılı Bulanık Çıkarım sistemi)

Bulanık mantık ve sinir ağları, akıllı sistemlerin geliştirilmesinde birlikte kullanılan tamamlayıcı araçlardır. Yapay sinir ağları, ham verilerle uğraşıldığında iyi sonuçlar veren düşük seviyeli yapılardır. Bulanık mantık ise, uzman görüşü sonucu elde edilen dilsel bilgileri kullanarak daha yüksek seviyeli sonuçlar çıkarmaktadır. Aslında bulanık sistemlerin öğrenme kabiliyeti yoktur ve kendilerini yeni çevreye adapte edemezler. Diğer yandan yapay sinir ağları öğrenme kabiliyetine sahiptir;

fakat kullanıcı tarafından anlaşılmazlar (Jang vd. 1997, Özçalık ve Uygur 2003)

Açık olarak uyarlamalı ağlara dayanan bulanık çıkarım sistemi veya uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi anlamına gelen ANFIS ismi, Adaptive Network-based Fuzzy Inference System veya Adaptive Neuro Fuzzy Inference System olan özgün adının baş harflerinden oluşmuştur. Esasen ANFIS yapısı, Sugeno tipi bulanık sistemlerin, sinirsel öğrenme kabiliyetine sahip bir ağ yapısı olarak temsilinden ibarettir. Bu ağ, her biri belli bir fonksiyonu gerçekleştirmek üzere, katmanlar halinde yerleştirilmiş düğümlerin birleşiminden oluşmuştur (Tsoukalas ve Uhrig, 1996).

Sinirsel bulanık sistemler, yapay sinir ağlarının paralel hesaplayabilme ve öğrenme kabiliyeti ile bulanık mantığın uzman bilgisini kullanarak sonuçlar çıkarabilme özelliklerinin birleşiminden oluşur. Sonuç olarak sinirsel bulanık sistemler sayesinde yapay sinir ağları daha anlaşılır hale gelir (Jang 1993).



Şekil 3.26. Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi

ANFIS, ele alınan problem için oluşturulan yapıya göre olası tüm kuralları atayabilmekte veya kuralların veriler yardımıyla uzman tarafından atanmasına olanak vermektedir. ANFIS'in kural oluşturabilmesi veya kural oluşturulmasına olanak sağlaması uzman görüşlerinden faydalanması anlamına gelmektedir. Bu nedenle

birçok tahmin probleminde yapay sinir ağlarına uzman görüşlerinden faydalanma imkânı tanıdığı için ortalama hata kareler kriterine göre daha iyi sonuçlar elde edilmesini mümkün kılmaktadır.

ANFIS'in öğrenme algoritması, en küçük kareler yöntemi ile geri yayımlı öğrenme algoritmasının bir arada kullanılmasından oluşan melez öğrenme algoritmasıdır.

ANFIS 6 katmandan oluşmaktadır. Bu sistem Şekil 3.26'da gösterilmiştir. ANFIS yapısındaki her katmana ait düğüm işlevleri ve katmanların isleyişi sırasıyla şöyledir (Jang vd. 1997, Özçalık ve Uygur 2003, Jang 1993)

1.Katman:

Giriş katmanı olarak adlandırılmaktadır. Bu katmandaki her düğümden alınan giriş sinyalleri diğer katmanlara aktarılır.

2.Katman:

Bulanıklaştırma katmanı olarak adlandırılır. Giriş değerlerini bulanık kümelere ayırmada Jang'ın ANFIS modeli, üyelik fonksiyonu sekli olarak genelleştirilmiş Bell aktivasyon fonksiyonunu kullanmaktadır. Burada, her bir düğümün çıkışı, giriş değerlerine ve kullanılan üyelik fonksiyonuna bağlı olan üyelik derecelerinden oluşmaktadır ve 2.katmandan elde edilen üyelik dereceleri $\mu_{A_j}(x)$ ve $\mu_{B_j}(y)$ şeklinde gösterilir.

3.Katman:

Kural katmanıdır. Bu katmandaki her bir düğüm, Sugeno bulanık mantık çıkarım sistemine göre oluşturulan kuralları ve sayısını ifade etmektedir. Her bir kural düğümünün çıkışı μ_i , 2. katmandan gelen üyelik derecelerinin çarpımı olmaktadır. μ_i değerlerinin elde edilişi ise, (j=1,2) ve (i=1,...,n) olmak üzere,

$$y_i^3 = \Pi_i = \mu_{A_j}(x) \times \mu_{B_j}(y) = \mu_i \quad (1)$$

şeklindedir. Burada, y_i^3 , 3. katmanın çıkış değerlerini; n ise, bu katmandaki düğüm sayısını ifade etmektedir.

4.Katman:

Normalizasyon katmanıdır. Bu katmandaki her bir düğüm, kural katmanından gelen tüm düğümleri giriş değeri olarak kabul etmekte ve her bir kuralın normalleştirilmiş ateşleme seviyesini hesaplamaktadır.

Normalleştirilmiş ateşleme seviyesi $\bar{\mu}_i$ 'nin hesaplanması ise,

$$y_i^4 = \frac{\mu_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i} = \bar{\mu}_i, (i=1,n) \quad (2)$$

formülüne göre gerçekleştirilir..

5.Katman:

Arındırma katmanıdır. Arındırma katmanındaki her bir düğümde verilen bir kuralın ağırlıklandırılmış sonuç değerleri hesaplanmaktadır. 5 katmandaki i.düğümün çıkış değeri ise,

$$y_i^5 = \bar{\mu}_i [p_i x_1 + q_i x_2 + r_i], (i=1,n) \quad (3)$$

şeklinde olmaktadır. Buradaki (p_i, q_i, r_i) değişkenleri, i. kuralın sonuç parametreleri kümesidir.

6.Katman:

Toplam katmanıdır. Bu katmanda sadece bir düğüm vardır ve Σ ile etiketlenmiştir. Burada, 5.katmandaki her bir düğümün çıkış değeri toplanarak sonuçta, ANFIS sisteminin gerçek değeri elde edilir.

Sistemin çıkış değeri olan y 'nin hesaplanması ise,

$$y = \sum_{i=1}^n \bar{\mu}_i [p_i x_1 + q_i x_2 + r_i] \quad (4)$$

denklemine göre olmaktadır (Jang 1993).

3.2.2.Faktör Analizi

Faktör Analizi, birbirleriyle ilişkili çok sayıdaki değişkeni az sayıda, anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler haline getiren ve yaygın olarak kullanılan çok değişkenli istatistik tekniklerinden biridir (Kleinbaum ve ark. 1998).

Faktör analizi için verilerin faktör analizi için uygun olup olmadığına karar verilmesi gerekmektedir. Buna karar verilirken de kullanılan en yaygın ve kullanışlı olan ölçüt, değişkenlerin homojenliği konusunda fikir veren Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ölçütüdür. KMO ölçütlerini Çizelge 3.2’ deki gibi özetlenebilir. KMO ölçüsü olarak elde edilen değerlerin 0,50 den yukarı çıkması faktör analizinin yapılmasının uygun olduğunu göstermektedir (Sharma, 1996).

Çizelge 3.2. KMO ölçüsü ve önerilen değer (Sharma, 1996)

KMO Ölçüsü	Önerilen Değer
0,90	Mükemmel
0,80	Çok İyi
0,70	İyi
0,60	Orta
0,50	Zayıf
0,50’nin altı	Kabul Edilemez

3.2.3. Korelasyon ve Regresyon Analizi

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi veya bir değişkenin iki veya daha çok değişken ile olan ilişkisini test etmek, varsa bu ilişkinin derecesini ölçmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Korelasyon analizinde amaç; bağımsız değişken (X) değiştiğinde, bağımlı değişkenin (Y) yönde değişeceğini görmektir. Korelasyon analizi yapabilmek için her iki değişkenin de sürekli olmaları ve normal dağılım göstermeleri gerekmektedir. Korelasyon analizi sonucunda, doğrusal ilişki olup olmadığı, ve varsa bu ilişkinin derecesi korelasyon katsayısı ile hesaplanır. Korelasyon katsayısı “r” ile gösterilir ve -1 ile +1 arasında değerler alır (Kalaycı 2008).

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi, o konu ile ilgili tahminler (estimation) ya da kestirimler (prediction) yapabilmek amacıyla regresyon modeli olarak adlandırılan matematiksel bir model ile karakterize eden bir istatistik analiz tekniğidir (Şahinler 2000). Regresyon analizi ile uydurulacak modelde yer alacak bağımsız değişkenlerin seçimi çalışmanın ilk adimidir. Burada dikkat edilecek en önemli hususlar; bağımlı değişkenin (Y) doğru seçilmesi, bağımlı değişken ile bağımsız değişken veya değişkenler (X) arasında doğrusal bir sebep-sonuç ilişkisi bulunması, modele sadece ilgili bağımsız değişkenlerin dahil edilmesidir (Draper ve Smith, 1981; SPSS, 1999; Aczel, 2000).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu kısmında ilk olarak, uygulanan el beceri testi sonuçları cinsiyet, el dominansı ve sınıflara göre analiz edilip sonuçlar değerlendirilmiştir. Daha sonra beceri testi sonuçları ile el antropometrik ve biyomekanik ölçümler arasındaki ilişki incelenmiştir. Diğer aşamada, el kavrama kuvvetini etkileyen antropometrik faktörler dikkate alınmış ve regresyon modeli kurulmuştur. Kurulan regresyon modeli ve alternatif olarak önerilen ANFIS modeli ile el kavrama kuvveti sonuçları tahmin edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Son olarak alınan ölçüm sonuçları ve kullanılan yöntemlerin analiz sonuçları literatür ile kıyaslanmış ve farklılıklar ortaya konmuştur.

4.1. El Beceri Testi Sonuçlarının Analizi

Çalışmaya katılan öğrenciler öncelikle cinsiyet, el dominansı ve sınıflara göre ayrıldı. Çalışmaya 86'sı erkek, 69'u kız toplam 155 öğrenci katıldı. Erkek öğrencilerin 75'i sağ elini, 11'i ise sol elini kullanmaktadır. Kız öğrencilerin ise 68'i sağ elini, sadece 1'i sol elini kullanmaktadır. Ayrıca öğrencilerin 20'si 1.sınıf, 40'ı 2.sınıf, 33'ü 3.sınıf, 26'sı 4.sınıf ve 36'sı 5.sınıfta bulunmaktadır. Bireylerin el becerisine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri Çizelge 4.1'de görülmektedir. Çizelgede yer almayan ve sol elini kullanan tek kız öğrencinin beceri testi sonucu ise 49 idi.

Bireylerin cinsiyete göre el beceri testi değerleri karşılaştırıldığında kız öğrenciler tüm testlerde daha yüksek skor elde etmiştir. El beceri testinin kapsamında uygulanan alt testlerde somun, başlık, çubuk ve pulları küçük el boyutlarına sahip olanların daha iyi kavrayabildikleri gözlemlendi. Kız öğrencilerin el boyutlarının erkek öğrencilere kıyasla daha küçük olması farklılığın nedeni olarak değerlendirilebilir. El dominansına göre değerlendirildiğinde ise sağ elini kullanan öğrenciler sol el skoru haricinde, sol elini kullanan öğrencilere göre diğer testlerde daha başarılı olmuştur (Çizelge 4.1). Farklılığın nedenleri olarak çalışmamızda sadece 12 solak öğrencinin

yer alması ve sol el testi haricinde diğer testlerde sağ el kullanımının daha baskın olması şeklinde sıralanabilir.

Çizelge 4.1. Beceri testi tanımlayıcı istatistikler (n = 154)

	Cinsiyet	N	Sağlak-Solak	Ort $\pm$ S.H	S.S	Aralık
Beceri Testi Skoru	Kız	68	Sağlak	71,10 $\pm$ 1,11	9,15	38,0 - 97,0
	Erkek	75	Sağlak	66,29 $\pm$ 1,04	9,08	41,0 - 88,0
		11	Solak	52,36 $\pm$ 1,68	5,59	41,0 - 61,0
Montaj Skoru	Kız	68	Sağlak	47,39 $\pm$ 0,94	7,81	18,0 - 67,0
	Erkek	75	Sağlak	44,14 $\pm$ 0,87	7,60	21,0 - 66,0
		11	Solak	31,45 $\pm$ 1,44	4,80	23,0 - 39,0
Sağ El Skoru	Kız	68	Sağlak	18,35 $\pm$ 0,26	2,16	13,0 - 24,0
	Erkek	75	Sağlak	17,45 $\pm$ 0,24	2,10	12,0 - 22,0
		11	Solak	15,18 $\pm$ 0,46	1,53	13,0 - 18,0
Sol El Skoru	Kız	68	Sağlak	16,50 $\pm$ 0,25	2,09	12,0 - 22,0
	Erkek	75	Sağlak	15,79 $\pm$ 0,25	2,20	10,0 - 21,0
		11	Solak	16,27 $\pm$ 0,63	2,10	13,0 - 21,0
Çift El Skoru	Kız	68	Sağlak	23,70 $\pm$ 0,39	3,22	18,0 - 30,0
	Erkek	75	Sağlak	22,12 $\pm$ 0,33	2,91	14,0 - 32,0
		11	Solak	20,90 $\pm$ 0,82	2,73	18,0 - 26,0

S.S : Standart Sapma

S.H.: Standart Hata

Çizelge 4.2. Cinsiyet grup farklılığı için varyansların homojenliği testi

	Levene Statistic	df1	df2	p
Beceri Testi Skoru	0,45	1	153	0,50
Çift El Skoru	2,08	1	153	0,15
Sağ El Skoru	0,03	1	153	0,86
Sol El Skoru	0,07	1	153	0,78
Montaj Skoru	0,43	1	153	0,51

p>0,05 için varyanslar homojendir

Çizelge 4.2’de tek yönlü ANOVA’nın temel varsayımı olan varyansların homojenliği testlerinin sonuçları görülmektedir. Tablodaki p değerleri (Sig.) 0,05’ten büyük olduğu için varyansların homojen olduğunu söyleyebiliriz. Sonuç olarak varyans analizinin temel varsayımı sağlandığı için, varyans analizinden elde ettiğimiz sonuçların sağlıklı olduğu söylenebilir. ANOVA tablosu, beceri testi

sonuçlarının cinsiyet grupları arasında bir farklılık olup olmadığını test etmektedir (Çizelge 4.3). Beceri testi skoru, çift el skoru, montaj skoru ve sağ el skoru p değerleri 0,05'ten küçük olduğu için gruplar arasında manidar bir farklılık vardır. Sol el skorunun p değeri (0,054) ise 0,05'ten büyük olduğu için cinsiyet grupları arasında fark yoktur. Farklılığın çıkmaması, iki grubun sağ ellerini dominant el olarak kullanması ve sol el kullanımının ihmal edilmesi şeklinde açıklanabilir.

Çizelge 4.3. Beceri testi skorlarının cinsiyet gruplarına göre değerlendirilmesi

	Cinsiyet		
	Erkek (n=86) Ort ± SS	Kız (n=69) Ort ± SS	p*
Beceri Testi Skoru	64,51 ± 9,87	70,78 ± 9,47	0,000
Çift El Skoru	21,96 ± 2,90	23,65 ± 3,23	0,001
Sağ El Skoru	17,16 ± 2,17	18,32 ± 2,16	0,001
Sol El Skoru	15,85 ± 2,18	16,52 ± 2,09	0,054
Montaj Skoru	42,52 ± 8,43	47,13 ± 8,06	0,001

p* < 0,05 için ortalamalar arasındaki fark anlamlı

Çizelge 4.4'de ki p değerleri (Sig.) 0,05'ten büyük olduğu için tüm test skoru varyansların el dominansı için homojen olduğunu söyleyebiliriz. Beceri testi skoru, çift el skoru, sağ el skoru ve montaj skoru p değerleri 0,05'ten küçük olduğu için sağlak ve solak grupları arasında manidar bir farklılık vardır. Sol el skorunun p değeri (0,656) ise 0,05'ten büyük olduğu için el dominansı grupları arasında fark yoktur (Çizelge 4.5). Sol el skorunda farklılığın çıkmaması, sol elini baskın olarak kullanan öğrencilerin azlığından kaynaklandığını söyleyebiliriz.

Çizelge 4.4. El dominansı grup farklılığı için varyansların homojenliği testi

	Levene Statistic	df1	df2	p
Beceri Testi Skoru	3,84	1	153	0,05
Çift El Skoru	0,50	1	153	0,47
Sağ El Skoru	1,88	1	153	0,17
Sol El Skoru	0,53	1	153	0,46
Montaj Skoru	2,82	1	153	0,09

p > 0,05 için varyanslar homojendir

Çizelge 4.5. Test skorlarının el dominansı gruplarına göre değerlendirilmesi

	El Dominansı		
	Sağlak (n=143) Ort ± SS	Solak (n=12) Ort ± SS	p*
Beceri Testi Skoru	68,58 ± 9,40	52,08 ± 5,41	0,000
Çift El Skoru	22,87 ± 3,15	20,83 ± 2,62	0,031
Sağ El Skoru	17,88 ± 2,17	15,25 ± 1,48	0,000
Sol El Skoru	16,13 ± 2,17	16,42 ± 2,06	0,656
Montaj Skoru	45,69 ± 7,84	31,25 ± 4,63	0,000

*p<0.05 sağlaklar lehine fark 0.05 düzeyinde anlamlı

Çizelge 4.6. Sınıf grup farklılığı için varyansların homojenliği testi

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Beceri Testi Skoru	0,641	4	150	0,634
Çift El Skoru	3,187	4	150	0,015
Sağ El Skoru	1,293	4	150	0,275
Sol El Skoru	1,316	4	150	0,267
Montaj Skoru	0,209	4	150	0,933

p>0,05 için varyanslar homojendir

Öncelikle varyansların homojenliğine bakılarak çift el skoru haricinde diğer skorların homojen olduklarını söyleyebiliriz (Çizelge 4.6). Beceri testi skoru ve sağ el skoru p değerleri (sırasıyla 0,045 ve 0,035) 0,05'ten küçük olduğu için sınıflar arasında bir farklılık vardır. Çift el skoru, sol el skoru ve montaj skoru p değerleri (sırasıyla 0,082; 0,100 ve 0,073) ise 0,05'ten büyük olduğu için bu testler de sınıflar arasında fark yoktur (Çizelge 4.7). Beceri testi ve sağ el skorlarında gruplar arasında fark olduğu ve grup sayısının 2 den fazla olmasından dolayı Post Hoc testleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.7. Beceri testi skorlarının sınıf gruplarına göre değerlendirilmesi

	Sınıf					p*
	1.sınıf (n=20) Ort ± SD	2.sınıf (n=40) Ort ± SD	3.sınıf (n=33) Ort ± SD	4.sınıf (n=26) Ort ± SD	5.sınıf (n=36) Ort ± SD	
Beceri Testi Skoru	65,45 ± 8,84	68,10 ± 10,82	70,85 ± 10,79	63,00 ± 9,82	67,31 ± 8,77	0,045
Çift El Skoru	22,40 ± 3,15	23,35 ± 3,71	23,60 ± 3,12	21,92 ± 3,32	21,94 ± 1,99	0,082
Sağ El Skoru	18,00 ± 2,27	17,98 ± 2,61	18,09 ± 2,03	17,88 ± 1,94	16,64 ± 1,91	0,035
Sol El Skoru	15,85 ± 2,11	16,45 ± 2,40	16,82 ± 2,24	15,96 ± 2,08	15,50 ± 1,73	0,100
Montaj Skoru	43,05 ± 8,21	44,70 ± 8,26	47,24 ± 9,05	41,07 ± 8,37	45,36 ± 8,18	0,073

p* <0,05 için ortalamalar arasındaki fark anlamlı

Çizelge 4.8. Sınıfların beceri testi skorlarının çoklu karşılaştırma tablosu

Dependent Variable: Beceri_testi_skoru_toplam

Tukey HSD

(I) Sınıf	(J) Sınıf	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.sınıf	2.sınıf	-2,650	2,730	,868	-10,19	4,89
	3.sınıf	-5,398	2,824	,316	-13,20	2,40
	4.sınıf	2,450	2,964	,922	-5,74	10,64
	5.sınıf	-1,856	2,780	,963	-9,53	5,82
	5.sınıf	-1,856	2,780	,963	-9,53	5,82
2.sınıf	1.sınıf	2,650	2,730	,868	-4,89	10,19
	3.sınıf	-2,748	2,344	,767	-9,22	3,72
	4.sınıf	5,100	2,511	,256	-1,83	12,03
	5.sınıf	,794	2,290	,997	-5,53	7,12
	5.sınıf	,794	2,290	,997	-5,53	7,12
3.sınıf	1.sınıf	5,398	2,824	,316	-2,40	13,20
	2.sınıf	2,748	2,344	,767	-3,72	9,22
	4.sınıf	7,848	2,614	,026	,63	15,07
	5.sınıf	3,543	2,402	,580	-3,09	10,18
	5.sınıf	3,543	2,402	,580	-3,09	10,18
4.sınıf	1.sınıf	-2,450	2,964	,922	-10,64	5,74
	2.sınıf	-5,100	2,511	,256	-12,03	1,83
	3.sınıf	-7,848	2,614	,026	-15,07	-,63
	5.sınıf	-4,306	2,565	,450	-11,39	2,78
	5.sınıf	-4,306	2,565	,450	-11,39	2,78
5.sınıf	1.sınıf	1,856	2,780	,963	-5,82	9,53
	2.sınıf	-,794	2,290	,997	-7,12	5,53
	3.sınıf	-3,543	2,402	,580	-10,18	3,09
	4.sınıf	4,306	2,565	,450	-2,78	11,39
	4.sınıf	4,306	2,565	,450	-2,78	11,39

Tukey testinin sonuçlarına göre 3. ve 4. sınıflar arasında ortalama farkı 7,848'dir ve anlamlılık düzeyi 0,05'in altındadır (Çizelge 4.8). Sonuç olarak beceri testi sonuçları sadece 3. ve 4.sınıfları arasında anlamlı çıkmıştır. Alt gruplandırma yapılırken sadece 3. ve 4. sınıflar farklı gruplarda yer almıştır (Çizelge 4.9). Dış hekimliğinde 3. sınıftan 4. sınıfa geçiş sürecinde pratik derslerin artış gösterip teorik derslerin öneminin azalması farklılığın nedeni olarak söylenebilir.

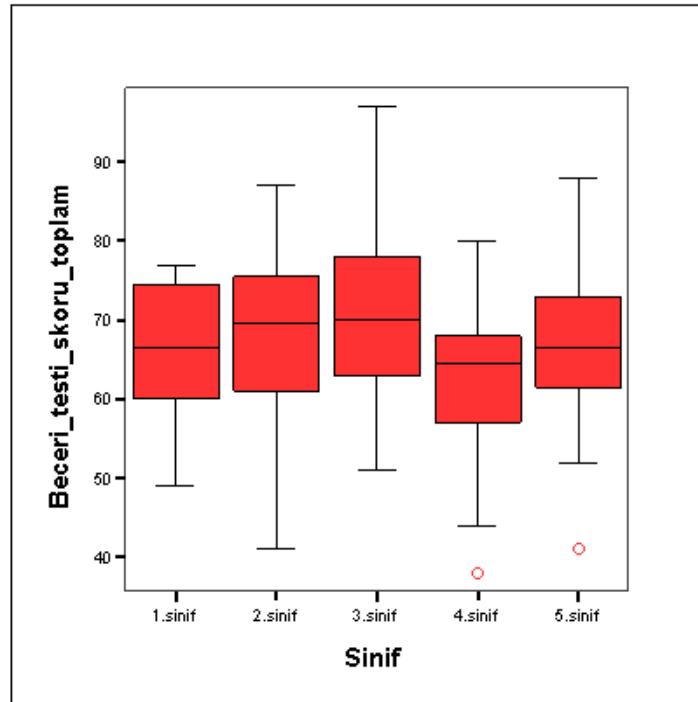
Çizelge 4.9. Sınıfların beceri testi skorları alt grup tablosu

Tukey HSD^{a,b}

Sinif	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4.sinif	26	63,00	
1.sinif	20	65,45	65,45
5.sinif	36	67,31	67,31
2.sinif	40	68,10	68,10
3.sinif	33		70,85
Sig.		,294	,240

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 29,147.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.



Şekil 4.1. Sınıfların beceri testi ortalaması

Öğrencilerin beceri testi ortalaması Diş Hekimliğinde teorik ve pratik derslerin yoğun olarak alındığı 3.sınıfa kadar artış göstermiştir. Pratik derslerin oldukça fazla olduğu ve kliniğe geçiş süreci olan 4.sınıfta beceri testi ortalaması düşüş göstermiş, 5.sınıfa geçişte tekrar artış göstermiştir (Şekil 4.1).

Çizelge 4.10. Sınıfların sağ el skorlarının çoklu karşılaştırma tablosu

Dependent Variable: Sag_El_pul_somun_skoru

Tukey HSD

(I) Sinif	(J) Sinif	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.sinif	2.sinif	,025	,600	1,000	-1,63	1,68
	3.sinif	-,091	,621	1,000	-1,81	1,62
	4.sinif	,115	,652	1,000	-1,68	1,92
	5.sinif	1,361	,611	,176	-,33	3,05
2.sinif	1.sinif	-,025	,600	1,000	-1,68	1,63
	3.sinif	-,116	,515	,999	-1,54	1,31
	4.sinif	,090	,552	1,000	-1,43	1,62
	5.sinif	1,336	,504	,066	-,05	2,73
3.sinif	1.sinif	,091	,621	1,000	-1,62	1,81
	2.sinif	,116	,515	,999	-1,31	1,54
	4.sinif	,206	,575	,996	-1,38	1,79
	5.sinif	1,452	,528	,052	-,01	2,91
4.sinif	1.sinif	-,115	,652	1,000	-1,92	1,68
	2.sinif	-,090	,552	1,000	-1,62	1,43
	3.sinif	-,206	,575	,996	-1,79	1,38
	5.sinif	1,246	,564	,182	-,31	2,80
5.sinif	1.sinif	-1,361	,611	,176	-3,05	,33
	2.sinif	-1,336	,504	,066	-2,73	,05
	3.sinif	-1,452	,528	,052	-2,91	,01
	4.sinif	-1,246	,564	,182	-2,80	,31

Sağ el skorlarının çoklu karşılaştırma tablosu incelendiğinde Tukey testi sonuçlarına göre tüm sınıflar arasında ortalama farkı anlamlılık düzeyi 0,05'in üzerindedir (Çizelge 4.10). Sonuç olarak sağ el skoru için sınıflar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.11. Birinci ve beşinci sınıf farklılığı için varyansların homojenliği testi

	Levene Statistic	df1	df2	p
Beceri Testi Skoru	0,25	1	54	0,61
Çift El Skoru	5,19	1	54	0,02
Sağ El Skoru	0,11	1	54	0,73
Sol El Skoru	2,22	1	54	0,14
Montaj Skoru	0,15	1	54	0,69

$p > 0,05$ için varyanslar homojendir

Varyansların homojenliği değerlendirildiğinde çift el skoru haricinde diğer skorların homojen olduklarını söyleyebiliriz (Çizelge 4.11). 1. ve 5. sınıflar için sadece sağ el skoru $p = 0,021$ değeri 0,05'ten küçük olduğu için aralarında bir farklılık vardır. Diğer test skorları 0,05'ten büyük oldukları için 1. ve 5. sınıflar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (Çizelge 4.12). 1. ve 5. sınıfları arasında kıyaslama yapmamızın nedeni yeni başlayan ve mezun olma durumunda olan öğrenciler arasında beceri yönünden farklılık olup olmadığını ortaya çıkarma idi. Sadece sağ el skorunda farklılık çıkması, sağ el kullanımının 1.sınıftan 5. sınıfa kadar olan geçen süreçte uygulamalarla birlikte artış göstermesine bağlı olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 4.12. Beceri testi skorlarının 1.sınıf ve 5.sınıflara göre değerlendirilmesi

	Sınıf		
	1.Sınıf (n=20) Ort $\pm$ SD	5.Sınıf (n=36) Ort $\pm$ SD	p*
Beceri Testi Skoru	65,45 $\pm$ 8,84	67,31 $\pm$ 8,77	0,453
Çift El Skoru	22,40 $\pm$ 3,15	21,94 $\pm$ 1,99	0,511
Sağ El Skoru	18,00 $\pm$ 2,27	16,64 $\pm$ 1,91	0,021
Sol El Skoru	15,85 $\pm$ 2,11	15,50 $\pm$ 1,73	0,506
Montaj Skoru	43,05 $\pm$ 8,21	45,36 $\pm$ 8,18	0,316

$p^* < 0,05$ birinci sınıflar lehine fark 0,05 düzeyinde anlamlı

Çizelge 4.13. Üçüncü ve dördüncü sınıf için varyansların homojenliği testi

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Beceri Testi Skoru	0,21	1	57	0,64
Çift El Skoru	0,13	1	57	0,71
Sağ El Skoru	0,00	1	57	0,98
Sol El Skoru	0,38	1	57	0,54
Montaj Skoru	0,29	1	57	0,58

3.ve 4. sınıflar için test skorları varyanslarının homojenliği değerlendirildiğinde tüm test skorları homojendir (Çizelge 4.13). 3. ve 4. sınıflar için beceri testi skoru, çift el skoru ve montaj skoru değerleri 0,05'ten küçük olduğu için bu testlerde 3. ve 4. sınıf öğrencileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Diğer test skorları (sağ ve sol el skoru) 0,05'ten büyük oldukları için bu testler de 3. ve 4. sınıflar arasında fark yoktur (Çizelge 4.14). 3. ve 4. sınıflar arasında kıyaslama yapmamızın nedeni teorik ve pratik derslerin yoğunluğunun değişkenlik gösterdiği süreç olması idi.

Çizelge 4.14. Beceri testi skorlarının 3.sınıf ve 4.sınıflara göre değerlendirilmesi

	Sınıf		
	3.Sınıf (n=33) Ort ± SD	4.Sınıf (n=26) Ort ± SD	p*
Beceri Testi Skoru	70,85 ± 10,79	63,00 ± 9,82	0,00
Çift El Skoru	23,60 ± 3,12	21,92 ± 3,32	0,05
Sağ El Skoru	18,09 ± 2,03	17,88 ± 1,94	0,69
Sol El Skoru	16,82 ± 2,24	15,96 ± 2,08	0,13
Montaj Skoru	47,24 ± 9,05	41,04 ± 8,37	0,01

p* < 0,05 üçüncü sınıflar lehine fark 0,05 düzeyinde anlamlı

4.2. Beceri Testi ile Antropometrik ve Biyomekanik Faktörlerin İlişkisi

İstatiksel çalışmalarda pek çok analizi uygulayabilmek için verilerin dağılımının normal ya da normale yakın olması gerekmektedir. Verilerin dağılımını görebilmek için genellikle histogram, saplı kutu grafiği, detrended normallik grafiği ve dal yaprak gibi görsel amaçlı grafikler kullanılır. Bunun yanı sıra Kolmogrov Smirnov ve Shapiro Wilks gibi test yöntemleri de kullanılmaktadır. Gözlem sayısı 29 dan az olduğunda Shapiro wilks testi, gözlem sayısı 29 ve daha büyük olduğunda ise, Kolmogrov Smirnov testi kullanılabilir (Kalaycı, 2008). Tüm parametreler Kolmogrov Smirnov testi kullanılarak analiz edilip, normal dağılıma uyumuna göre sınıflandırıldı.

Değişkenlerin dağılımının normal olduğu ya da normale yakın olduğu durumlarda Pearson korelasyon katsayısı kullanıldığı halde, değişkenlerin dağılımının normallikten uzak olduğu durumlarda Spearman sıra korelasyonu kullanılmaktadır. Parametrelerin korelasyon analizi normal dağılım uyumuna göre yapılmıştır (Çizelge 4.15, Çizelge 4.16).

Çizelge 4.15. Beceri testi ile parametrelerin Pearson korelasyon analizi sonuçları

Parametreler	Pearson Korelasyon katsayısı
Sağ Baş Parmak Genişliği	-,222**
Sağ Bilek Genişliği	-,259**
Sağ El Derinliği	-,315**
Sağ El Uzunluğu	-,220**
Sağ İşaret Parmak Genişliği	-,289**
Sağ Metakarpal Çizgisinin Genişliği	-,270**
Sağ Serçe Parmak Uzunluğu	-,238**
Sağ Yüzük Parmak Uzunluğu	-,229**
Sol Baş Parmak Genişliği	-,309**
Sol Bilek Genişliği	-,321**
Sol El Derinliği	-,294**
Sol El Genişliği	-,258**
Sol El Uzunluğu	-,236**
Sol İşaret Parmak Genişliği	-,375**
Sol Orta Parmak Uzunluğu	-,211**
Sol Yüzük Parmak Uzunluğu	-,227**

** 0,01 seviyesinde korelasyon anlamlı (2-tailed)

Çizelge 4.16. Beceri testi ile parametrelerin Spearman korelasyon analizi

Parametreler	Spearman Korelasyon katsayısı
Boy	-,250**
Kilo	-,332**
Sağ Avuçiçi Genişliği	-,320**
Sağ Baş Parmak Çevresi	-,248**
Sağ Baş Parmak Genişliği Orta Kısım	-,263**
Sağ Bilek Çevresi	-,329**
Sağ El Genişliği	-,252**
Sağ İşaret Parmak Çevresi	-,237**
Sağ İşaret Parmak Çevresi Orta Kısım	-,350**
Sağ İşaret Parmak Genişliği Orta Kısım	-,350**
Sağ Orta Parmak Çevresi	-,248**
Sağ Orta Parmak Çevresi Orta Kısım	-,348**
Sağ Orta Parmak Genişliği	-,352**
Sağ Orta Parmak Genişliği Orta Kısım	-,356**
Sağ Serçe Parmak Çevresi Orta Kısım	-,380**
Sağ Serçe Parmak Genişliği	-,356**
Sağ Serçe Parmak Genişliği Orta Kısım	-,365**
Sağ Yüzük Parmak Çevresi	-,321**
Sağ Yüzük Parmak Çevresi Orta Kısım	-,314**
Sağ Yüzük Parmak Genişliği	-,342**
Sağ Yüzük Parmak Genişliği Orta Kısım	-,358**
Sol Avuç içi Genişliği	-,323**
Sol Baş Parmak Çevresi	-,314**
Sol Baş Parmak Çevresi Orta Kısım	-,346**
Sol Baş Parmak Genişliği Orta Kısım	-,365**
Sol Baş Parmak Uzunluğu	-,267**
Sol Bilek Çevresi	-,334**
Sol İşaret Parmağı Orta Parmak Arasındaki Abdüksiyon Açısı	,208**
Sol İşaret Parmak Çevresi	-,281**
Sol İşaret Parmak Çevresi Orta Kısım	-,376**
Sol İşaret Parmak Genişliği Orta Kısım	-,406**
Sol Metakarpal Çizgisinin Genişliği	-,342**
Sol Orta Parmak Çevresi	-,322**
Sol Orta Parmak Çevresi Orta Kısım	-,370**
Sol Orta Parmak Genişliği	-,392**
Sol Orta Parmak Genişliği Orta Kısım	-,382**
Sol Serçe Parmak Çevresi	-,326**
Sol Serçe Parmak Çevresi Orta Kısım	-,382**
Sol Serçe Parmak Genişliği	-,324**
Sol Serçe Parmak Genişliği Orta Kısım	-,415**
Sol Yüzük Parmak Çevresi	-,368**

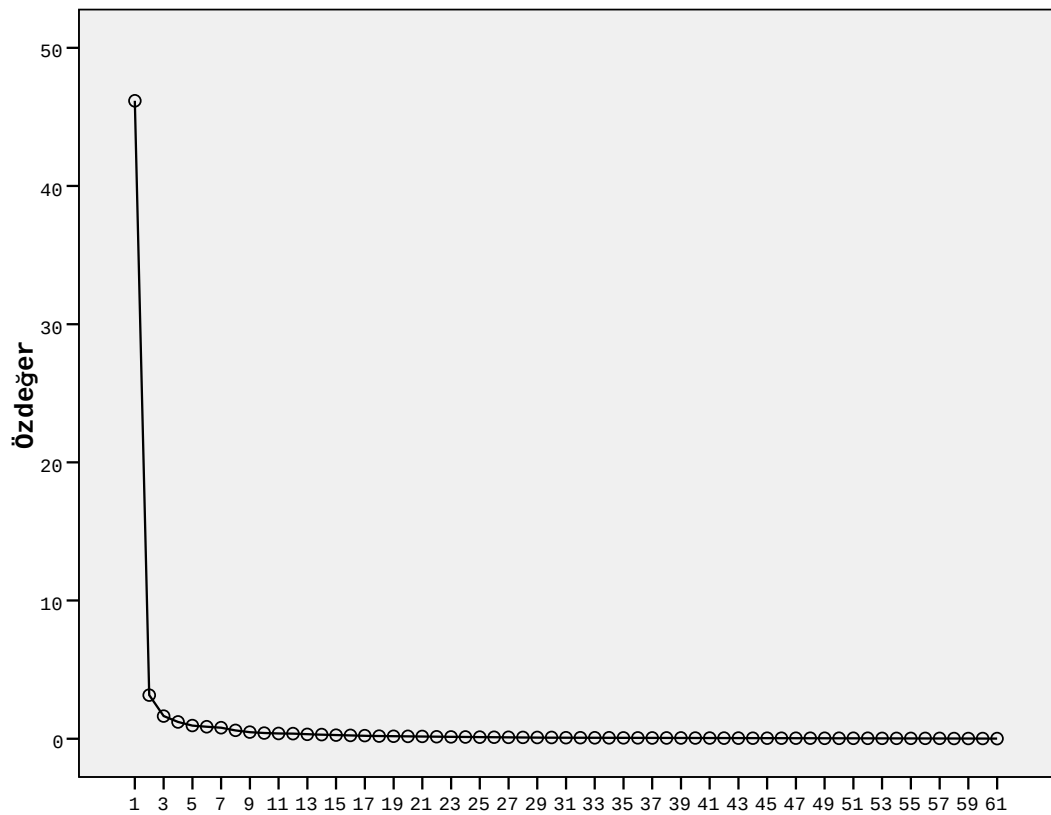
Sol Yüzük Parmak Çevresi Orta Kısım	-,369**
Sol Yüzük Parmak Genişliği	-,364**
Sol Yüzük Parmak Genişliği Orta Kısım	-,395**
Sağ Baş Parmak Çevresi Orta Kısım	-,282**

** 0,01 seviyesinde korelasyon anlamlı (2-tailed)

Antropometrik faktörler, demografik özellikler ve biyomekanik faktörlerin el beceri testi üzerindeki etkisini görebilmek için korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizi sonucunda değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. %1 önem seviyesine göre 0,01'den büyük olan değerler ilişkinin olmadığını gösterirken, % 1'den küçük olan değerler, değişkenler arasında ilişki olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da asteriks(**) ile işaretlenen %1 önem seviyesinde değişkenler arasında korelasyon olduğunu göstermektedir. Beceri testi ile anlamlı ilişkisi olan 61 değişkenin korelasyon katsayılarının düşük olduğu gözlenmiştir. 61 değişkenin birbirleri ile olan ilişkisine bakıldığında ise yüksek korelasyon gözlenmiştir. Bağımlılığı ortadan kaldırmak ve az sayıda, anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler haline getirmek için faktör analizi uygulanmıştır. Öncelikle veri setinin (Çizelge 4.17) faktör analizi için uygun olup olmadığı test edilmiştir. Çizelge 4.17'de görüldüğü gibi, KMO testi % 97,1 (0,971)'dir. $0,971 > 0,50$ olduğu için veri setinin faktör analizi için uygun olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 4.17. Parametreler için KMO ve Bartlett testi

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,971
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	18854,240
	df	1830
	Sig.	,000



Şekil 4.2. Faktör analizi çizgi grafiği

Çalışmada faktör sayısını belirlemek için özdeğer istatistiği (eigenvalue) 1' den büyük olan faktörler anlamlı olarak belirlenmiştir. Özdeğer istatistiği 1'den büyük olan 4 faktör belirlenmiştir. 4 faktör toplam varyansın % 85,499'unu açıklamaktadır (Çizelge 4.18). Rotasyona maruz kalacak faktör sayısı belirlenirken özdeğer istatistiğinden başka kullanılabilecek bir diğer yöntem ise faktör analizi çizgi grafiğidir (Şekil 4.2). Eğimin kaybolmaya başladığı noktanın işaret ettiği sayıda faktör belirlenir. Grafikte dördüncü faktörden itibaren çizgi grafiği eğimini önemli ölçüde kaybetmiştir, sonuç olarak normal dağılıma uyan veriler için faktör sayısını 4 faktör ile sınırlayabiliriz.

Çizelge 4.18. Parametreler için özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı ve açıklanan varyans yüzdesi

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	46,164	75,679	75,679	46,164	75,679	75,679	19,354	31,728	31,728
2	3,150	5,163	80,842	3,150	5,163	80,842	17,261	28,297	60,024
3	1,632	2,676	83,519	1,632	2,676	83,519	13,123	21,512	81,536
4	1,208	1,980	85,499	1,208	1,980	85,499	2,417	3,962	85,499

Rotasyonun amacı, yorumlanabilir, anlamlı faktörler elde etmektir. Faktör analizinin nihai sonucu olarak döndürülmüş faktör matrisi elde edilmektedir. Matriste orijinal değişken ve onun faktörü arasındaki korelasyonlar görülmektedir. Bir değişkenin hangi faktör altında mutlak değer olarak büyük ağırlığa sahipse o değişken o faktör ile yakın ilişki içindedir demektir. 350 ve üzerindeki veri sayısı için faktör ağırlığının 0,30 ve üzerinde olması gerekir. 0,50 ve üzerindeki ağırlıklar ise oldukça iyi olarak kabul edilir (Hair v.d. 1998: 385)

Sınıflandırma sonucunda, 1'nci faktör altında 20 değişken, 2'nci faktör altında 31 değişken yer almıştır, 3. faktör altında 8 değişken, 4. faktör altında ise sadece 1 değişken yer almıştır. Faktörlerin altındaki değişkenler Çizelge 4.19'da gösterilmiştir. Değişkenler aldıkları en yüksek mutlak ağırlığa göre sınıflandırılmıştır. Faktörleri 1. ve 2. faktör için parmak çevre ve genişliği, 3. faktörü parmak uzunlukları son olarak 4. faktörü ise parmaklar arası abduksiyon açısı şeklinde isimlendirebiliriz.

Çizelge 4.19. Parametrelerin sınıflandırılması

1.Faktör	
Sağ Baş Parmak Genişliği	Sol Baş Parmak Genişliği
Sol İşaret Parmağı Genişliği	Sağ Baş Parmak Çevresi
Sağ İşaret Parmak Çevresi	Sağ Yüzük Parmak Çevresi
Sağ Baş Parmak Genişliği Orta Kısım	Sol Baş Parmak Çevresi Orta Kısım
Sol İşaret Parmak Çevresi	Sol Orta Parmak Çevresi
Sol Serçe Parmak Çevresi	Sol Yüzük Parmak Çevresi
Sağ Baş Parmak Çevresi Orta Kısım	Sağ Orta Parmak Çevresi
Sol Baş Parmak Çevresi	Sağ İşaret Parmak Çevresi Orta Kısım
Sağ Serçe Parmak Genişliği	Sol Baş Parmak Genişliği Orta Kısım
Sol Serçe Parmak Çevresi Orta Kısım	Sol İşaret Parmak Çevresi Orta Kısım
2. Faktör	
Sol El Derinliği	Sağ Yüzük Parmak Genişliği Orta Kısım
Sol bilek Genişliği	Sol İşaret Parmak Genişliği Orta

	Kısım
Sağ Metakarpal Genişliği	Sol Orta Parmak Çevresi Orta Kısım
Kilo	Sol Orta Parmak Genişliği
Sağ Avuç içi Genişliği	Sol Orta Parmak Genişliği Orta Kısım
Sağ Bilek Çevresi	Sol Serçe Parmak Genişliği
Sol Metakarpal Genişliği	Sol Serçe Parmak Genişliği Orta Kısım
Sağ El Derinliği	Sol Yüzük Parmak Çevresi Orta Kısım
Sol Bilek Çevresi	Sol Yüzük Parmak Genişliği
Sağ Bilek Genişliği	Sol Yüzük Parmak Genişliği Orta Kısım
Sağ El Genişliği	Sağ Serçe Parmak Genişliği Orta Kısım
Sol El Genişliği	Sağ Yüzük Parmak Çevresi Orta Kısım
Sağ İşaret Parmak Genişliği	Sağ Yüzük Parmak Genişliği
Sağ İşaret Parmak Genişliği Orta Kısım	Sağ Serçe Parmak Çevresi Orta Kısım
Sağ Orta Parmak Çevresi Orta Kısım	Sağ Orta Parmak Genişliği Orta Kısım
Sağ Orta Parmak Genişliği	
3. Faktör	
Sağ El Uzunluğu	Sol Orta Parmak Uzunluğu
Sağ Serçe Parmak Uzunluğu	Sol Yüzük Parmak Uzunluğu
Sağ Yüzük Parmak Uzunluğu	Boy
Sol El Uzunluğu	Sol Baş Parmak Uzunluğu
4. Faktör	
Sol işaret parmağı ve orta parmak arasındaki abduksiyon açısı	

Faktör analizi sonucunda elde edilen faktör skorları regresyon analizi için bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Analiz sonucunda 4 faktör skoru bağımlı değişkendeki (el beceri testi) değişimin %13,5'i modele dahil ettiğimiz parametreler tarafından açıklanmaktadır (Çizelge 4.20). Modelin açıklanma oranının oldukça düşük olması bağımlı değişken ile olan korelasyonların oldukça düşük olmasından kaynaklandığını söyleyebiliriz. Tabloda diğer önemli test de Durbin-Watson testidir; modelimizde otokorelasyon olup olmadığını gösterir. Genellikle 1,5-2,5 aralığında olup, analiz sonucu çıkan 1,743 değeri otokorelasyon olmadığını gösterir.

Çizelge 4.20. Dört faktör sonucu oluşan model özeti

R	R ²	Düzeltilmiş R ²	S.E.	Durbin-Watson testi
0,397	0,157	0,135	9,448	1,743

ANOVA tablosu modelimizin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığını test etmemize yardımcı olur. Çizelge 4.21 de ki (Sig. = ,000) değeri modelin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.21. Varyans analizi tablosu

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2500,279	4	625,070	7,002	,000
	Residual	13390,470	150	89,270		
	Total	15890,748	154			

F istatistiği modelin bir bütün olarak anlamlılığını test etmek için kullanılırken, t istatistiği değişkenlerin ayrı ayrı anlamlı olup olmadıklarını test etmek amacıyla kullanılır. Çizelge 4.22’de modelin tahmini sonucu elde edilen parametre değerleri ve bunlara ilişkin t değerleri gösterilmiştir. Parametrelere ait t istatistik değerlerinden modele dahil edilen her bir değişken ayrı ayrı %5 anlamlılık düzeyinde test edilmiştir. Analiz sonucunda 3. faktör skoru haricinde diğer faktörlerin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Modele en az katkırı parmak uzunluklarının, en fazla katkırı ise parmak çevre ve genişliklerinin sağladığı söylenebilir. Parmak çevre ve genişliğinin, parmak uzunluklarına kıyasla beceri testini daha fazla etkilediği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.22. Parametreler için katsayılar tablosu

	B	S.E.	Beta	t	p
Sabit	67,303	0,759		88,685	0,000
Faktör Skoru 1	-1,575	0,761	-0,155	-2,068	0,040
Faktör Skoru 2	-2,805	0,761	-0,276	-3,684	0,000
Faktör Skoru 3	-1,007	0,761	-0,099	-1,323	0,188
Faktör Skoru 4	-2,208	0,761	-0,217	-2,90	0,004

Aynı parametreler (61 değişken) ile stepwise regresyon analizi kullanılarak regresyon modeli oluşturulmuştur. Modelde bağımsız değişkenler olarak sol orta

parmak genişliği, sağ başparmak genişliği orta kısım, sol serçe parmak genişliği orta kısım ve sol serçe parmak genişliği olmak üzere 4 parametre önerilmiştir (Çizelge 4.24). Model açıklama oranı faktör analizi yardımıyla kurulan modele kıyasla daha iyi çıkmıştır (Çizelge 4.23). Ayrıca parmak genişliklerinin bağımsız değişkenler olarak seçilmesi, daha önce faktör analizi yardımıyla bulduğumuz model sonucu ile paralellik göstermiştir.

Çizelge 4.23. Beceri testi ve antropometrik ölçümler ile yapılan lineer regresyon analizi sonuçları (n=155)

R	R ²	Düzeltilmiş R ²	S.E.	Durbin-Watson testi
0,487	0,237	0,217	8,990	1,776

Çizelge 4.24. Beceri testi regresyon modeli katsayılar tablosu (n=155)

	B	S.E.	Beta	t	p
Sabit	108,389	8,473		12,792	0,000
Sol Orta Parmak Genişliği	-4,410	1,390	-0,579	-3,172	0,002
Sağ Baş Parmak Genişliği Orta Kısım	2,223	0,876	0,377	2,537	0,012
Sol Serçe Parmak Genişliği Orta Kısım	-4,572	1,514	-0,624	-3,021	0,003
Sol Serçe Parmak Genişliği	3,895	1,626	0,475	2,396	0,018

Bağımsız değişkenler incelendiğinde en yüksek beta değerine sahip olan sol serçe parmak orta kısım genişliği, el beceri testini en fazla etkileyen bağımsız değişken olarak söylenebilir.

$$y = \text{El Beceri Testi}$$

$$x_1 = \text{Sol Orta Parmak Genişliği}$$

$$x_2 = \text{Sağ Baş Parmak Genişliği Orta Kısım}$$

$$x_3 = \text{Sol Serçe Parmak Genişliği Orta Kısım}$$

$$x_4 = \text{Sol Serçe Parmak Genişliği}$$

$$y = -4,410x_1 + 2,223x_2 - 4,572x_3 + 3,895x_4 + 108,389$$

4.3. Regresyon Analizi ile El Kavrama Kuvvetinin Modellenmesi

Kavrama kuvveti ve antropometrik değişkenlerin arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla ilk olarak aralarındaki korelasyona bakılmıştır. Korelasyonlar normal dağılıma uyan parametreler (Pearson analizi) ve uymayan parametreler (Spearman analizi) için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Analiz sonucunda el kavrama kuvveti ve el antropometrik ölçümleri arasında genel anlamda yüksek korelasyon gözlenmiştir (Çizelge 4.25, 4.26).

Çizelge 4.25. Sağ el kavrama kuvveti ile Pearson korelasyon analizi (n=153)

	El Kavrama Kuvveti
Parametreler	Pearson katsayısı
Baş Parmak Genişliği	,582**
Bilek Genişliği	,707**
El Derinliği	,600**
El Uzunluğu	,741**
İşaret Parmak Genişliği	,719**
Metakarpal Çizgisinin Genişliği	,729**
Serçe Parmak Uzunluğu	,657**
Yüzük Parmak Uzunluğu	,669**

** 0,01 seviyesinde korelasyon anlamlı (2-tailed)

Çizelge 4.26. Kavrama kuvveti ile parametrelerin Spearman korelasyon analizi

	El Kavrama Kuvveti
Parametreler	Spearman katsayısı
Boy	,764**
Kilo	,650**
Avuçiçi Genişliği	,793**
Baş Parmak Çevresi	,688**
Baş Parmak Çevresi Orta Kısım	,751**
Baş Parmak Genişliği Orta Kısım	,775**
Baş Parmak Uzunluğu	,675**
Bilek Çevresi	,757**
El Genişliği	,777**
İşaret Parmak Çevresi	,688**
İşaret Parmak Çevresi Orta Kısım	,756**
İşaret Parmak Genişliği Orta Kısım	,774**
İşaret Parmak Uzunluğu	,660**

Önkol Uzunluğu	,713**
Orta Parmak Çevresi	,723**
Orta Parmak Çevresi Orta Kısım	,783**
Orta Parmak Genişliği	,776**
Orta Parmak Genişliği Orta Kısım	,787**
Orta Parmak Uzunluğu	,664**
Serçe Parmak Çevresi	,714**
Serçe Parmak Çevresi Orta Kısım	,757**
Serçe Parmak Genişliği	,783**
Serçe Parmak Genişliği Orta Kısım	,760**
Yüzük Parmak Çevresi	,742**
Yüzük Parmak Çevresi Orta Kısım	,764**
Yüzük Parmak Genişliği	,756**
Yüzük Parmak Genişliği Orta Kısım	,788**
Vücut Kitle İndeksi	,288**

** 0,01 seviyesinde korelasyon anlamlı (2-tailed)

Regresyon analizi için sağ el kavrama kuvveti dikkate alındı, bağımsızlık ve yüksek korelasyon göz önüne alınarak stepwise regresyon analizi yardımı ile sağ el üzerinden alınan ölçümler arasından 5 parametre seçildi (Çizelge 4.27) ve regresyon modeli oluşturuldu. 153 kişi analize dahil edilerek model kuruldu, kişiler arasında sağlak ve solakların sağ el kavrama kuvvetleri arasında önemli bir fark çıkmamasından dolayı ($p=0,333>0.05$) modelde sağlaklık ve solaklık ayrımı yapılmamış olup solaklar modele dahil edilmemiş sadece sağ elden alınan ölçümler dikkate alınmıştır.

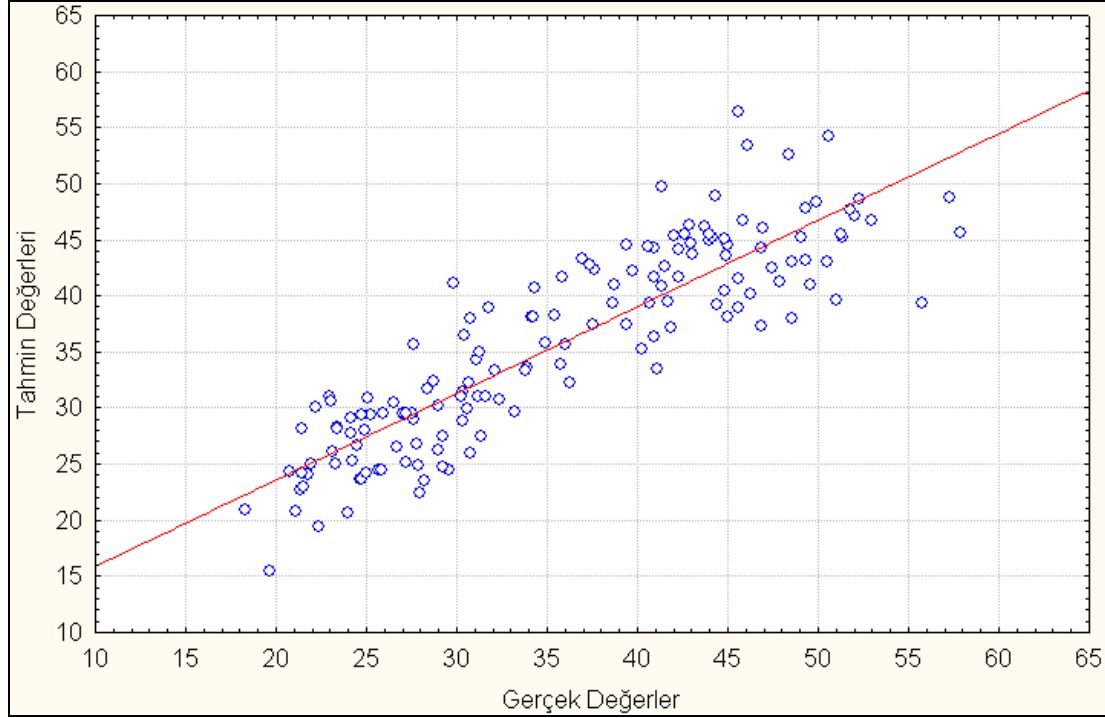
Çizelge 4.27. Seçilen parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri

	Ortalama	Standart sapma	N
Sag el kavrama kuvveti	35,740436	9,8755807	153
Sag serce parmak genisligi	13,0271	1,23146	153
Sag Onkol uzunlugu	262,21	20,224	153
Sag el genisligi	98,3744	8,62608	153
Sag El Derinligi	40,2734	4,34754	153
Sag serce parmak cevresi	41,430500	4,4856486	153

Çizelge 4.28. Sağ el kavrama kuvveti ve antropometrik ölçümler ile yapılan lineer regresyon analizi sonuçları (n=153)

R	R ²	Düzeltilmiş R ²	S.E.	Durbin-Watson testi
0,878	0,772	0,764	4,799	2,029

S.E.: Standart Hata



Şekil 4.3. El kavrama kuvveti gerçek ve tahmin değerleri (n=153)

Bağımlı değişkendeki değişimin % 76,4'ü modele dahil ettiğimiz değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Geriye kalan % 23,6'lık kısım ise hata terimi vasıtasıyla modele dahil etmediğimiz değişkenler tarafından açıklanır. Modelde Durbin-Watson test değeri 2,029 otokorelasyon olmadığını göstermektedir (Çizelge 4.28). Kavrama kuvvetinin gerçek ve tahmin değerleri karşılaştırıldığında, kuvvetin yüksek olduğu durumlarda tahminin kötüye gittiği gözlenmiştir (Şekil 4.3).

Çizelge 4.29. Varyans analizi tablosu

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11437,636	5	2287,527	99,297	,000 ^a
	Residual	3386,482	147	23,037		
	Total	14824,118	152			

a. Predictors: (Constant), Sag_serce_parmak_cevresi, Sag_Onkol_uzunlugu, Sag_EL_Derinligi, Sag_el_genisligi, Sag_serce_parmak_genisligi

Çizelge 4.29’da ki F ve Sig. değeri, modelin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu göstermektedir (Sig. =,000).

Çizelge 4.30. Regresyon katsayılar tablosu (n=153)

	B	S.E.	Beta	t	p
Sabit	-82,841	5,606		-14,777	0,000
Serçe Parmak Genişliği	1,162	0,644	0,145	1,806	0,073
Önkol Uzunluğu	0,158	0,024	0,324	6,526	0,000
El Genişliği	0,326	0,071	0,285	4,577	0,000
El Derinliği	0,359	0,122	0,158	2,943	0,004
Serçe Parmak Çevresi	0,371	0,139	0,169	2,665	0,009

Bağımsız değişkenler incelendiğinde en yüksek beta değerine sahip olan önkol uzunluğu, kavrama kuvvetini en fazla etkileyen bağımsız değişken olarak söylenebilir (Çizelge 4.30).

$$y = \text{El Kavrama Kuvveti}$$

$$x_1 = \text{Serçe Parmak Genişliği}$$

$$x_2 = \text{Önkol Uzunluğu}$$

$$x_3 = \text{El Genişliği}$$

$$x_4 = \text{El Derinliği}$$

$$x_5 = \text{Serçe Parmak Çevresi}$$

$$y = 1,162x_1 + 0,158x_2 + 0,326x_3 + 0,359x_4 + 0,371x_5 - 82,841$$

Model içerisindeki etkileşimler dikkate alınmış olup model tekrar kurulduğunda düzeltilmiş R^2 değerinin % 78 ‘e çıktığı gözlemlendi. Sonuç olarak artışın çok yeterli olmaması ve modelin daha kısa şekilde açıklanabilmesinden dolayı etkileşimler dikkate alınmamıştır.

4.4. Regresyon Analizi ile Tahmin Etme

Tüm değişkenleri dikkate alarak regresyon analizi ile kurduğumuz daha önceki modele ek olarak bu kısımda 133 veri için stepwise regresyon analizi ile tekrar model kuruldu ve sonuçların ANFIS modeli ile karşılaştırılabilmesi için 15 veri modelde yerine konulup tahmin yapıldı.

Benzer şekilde bağımlı değişken olarak sağ el kavrama kuvveti dikkate alındı, bağımsızlık ve yüksek korelasyon göz önüne alınarak stepwise regresyon analizi yardımı ile 4 parametre seçildi (Çizelge 4.31) ve regresyon modeli oluşturuldu.

Çizelge 4.31. Seçilen parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri

	Ortalama	Std. Sapma	N
El Kavrama kuvveti	35,9267	9,99154	133
serçe parmak çevresi	41,4300	4,49388	133
El derinliği	40,4644	4,27288	133
El Genisliği	98,6651	8,67046	133
Onkol Uzunluğu	262,6541	20,62032	133

Çizelge 4.32. Sağ el kavrama kuvveti ve antropometrik ölçümlerin regresyon analizi sonuçları (n=133)

R	R ²	Düzeltilmiş R ²	S.E.	Durbin-Watson testi
0,871	0,758	0,750	4,99	1,997

S.E.: Standart Hata

Bağımlı değişkendeki değişimin % 75'i modele dahil ettiğimiz değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Geriye kalan % 25'lik kısım ise hata terimi vasıtasıyla modele dahil etmediğimiz değişkenler tarafından açıklanır. Modelde Durbin-Watson test değeri 1,997 otokorelasyon olmadığını göstermektedir (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.33. Varyans analizi tablosu

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9989,135	4	2497,284	100,250	,000 ^a
	Residual	3188,542	128	24,910		
	Total	13177,677	132			

a. Predictors: (Constant), onkol, el_derinlik, el_genislik, cevre

b. Dependent Variable: kuvvet

Çizelge 4.33’de ki F ve Sig. değeri, modelin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu göstermektedir (Sig. =,000).

Çizelge 4.34. Regresyon katsayılar tablosu (n=133)

	B	S.E.	Beta	t	p
Sabit	-84,175	6,234		-13,504	0,000
Önkol Uzunluğu	0,171	0,026	0,353	6,636	0,000
El Derinliği	0,425	0,123	0,182	3,470	0,001
El Genişliği	0,362	0,071	0,314	5,123	0,000
Serçe Parmak Çevresi	0,536	0,136	0,241	3,936	0,000

y = El Kavrama Kuvveti

x_1 = Önkol Uzunluğu

x_2 = El Derinliği

x_3 = El Genişliği

x_4 = Serçe Parmak Çevresi

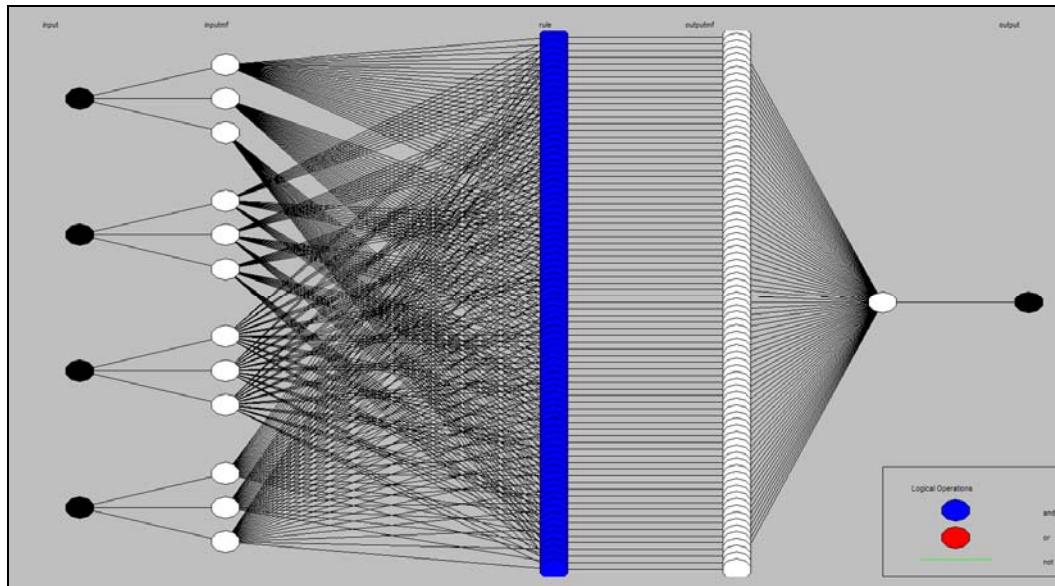
$$y_i = 0,171x_1 + 0,425x_2 + 0,362x_3 + 0,536x_4 - 84,175$$

Çizelge 4.35. Regresyon analizi tahmin sonuçları (n=15)

y_i	Regresyon Tahmin
y_1	24,71876
y_2	25,14566
y_3	26,05489
y_4	24,78156
y_5	18,78976
y_6	38,984
y_7	45,07584
y_8	39,51439
y_9	31,43263
y_{10}	38,39465
y_{11}	31,5786
y_{12}	28,67519
y_{13}	39,27997
y_{14}	40,83123
y_{15}	38,30299

4.5. Bulanık Sinir Ağı (ANFIS) ile Tahmin Etme

Çalışmanın bu kısmında ise “adaptif yapay sinir ağı bulanık mantık çıkarım sistemi” (ANFIS) kullanılarak regresyon analizinde seçilen aynı parametreler; sağ önkol uzunluğu, sağ el genişliği, sağ serçe parmak çevresi ve sağ el derinliği verilerine bağlı olarak sağ el kavrama kuvveti tahmin edilmiştir. Bulanık Sinir Ağında modelleme oluşturma, eğitime ve test etme işlemleri Matlab 7.0 Fuzzy Toolbox kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle ölçüm sonuçlarından elde edilmiş olan 148 adet veri seti bulanık modeli oluşturmak ve oluşturulan modelin doğruluğunun test edilebilmesi için eğitim ve test verileri olarak iki gruba ayrılmıştır. Eğitim verileri için 133 adet veri seti, test verileri için ise 15 adet veri seti kullanılmıştır. Eğitim verileri ve test verileri regresyon analizinde aynı amaçla seçilen verilerdir. Sugeno sistemine dayanan ANFIS özel yapısı ile çıkış katmanında tek bir sonuç üretmektedir. Şekil 4.4’de görüldüğü gibi ANFIS yapısında 4 girdi değişkeni ve 1 çıktı değişkeni bulunmaktadır.



Şekil 4.4. Sağ el kavrama kuvvetinin modellenmesi için geliştirilen ANFIS yapısı

Birinci katmanda sağ önkol uzunluğu, sağ el genişliği, sağ serçe parmak çevresi ve sağ el derinliği girişleri bulanıklaştırmaya tabii tutulmuştur.

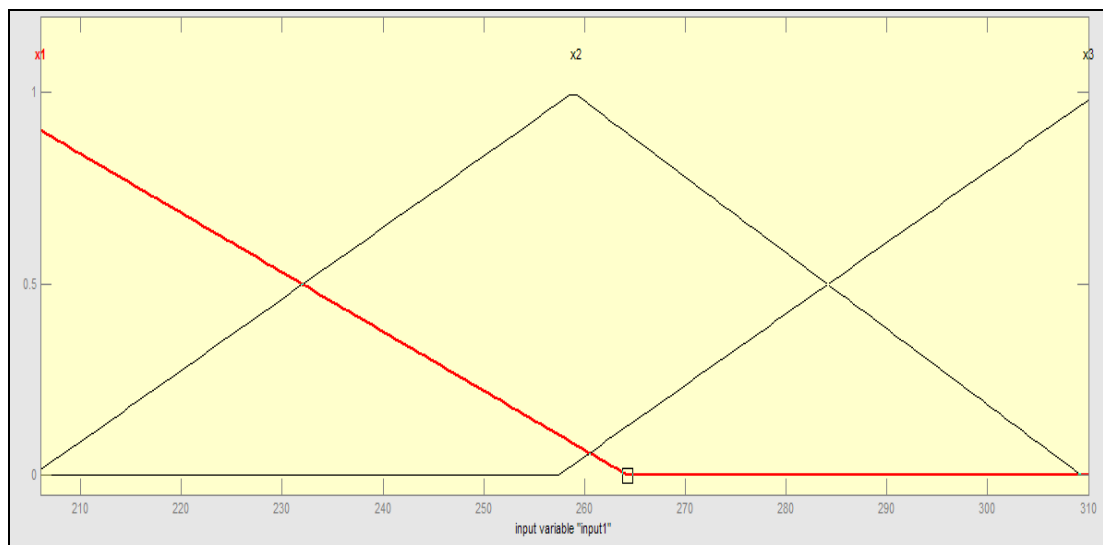
Bulanıklaştırma sonucunda her bir giriş 3 ayrı dilsel ifadeye ayrılmıştır. Ve bu alt bölgeler oluşturulurken diğer üyelik fonksiyonları ile kıyaslama yapılmış ve sonuç olarak RMSE değeri en düşük çıkan üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır (Çizelge 4.36). Örnek olarak sağ el uzunluğu girişi için kullanılan gauss üyelik fonksiyonlarının aralıkları Çizelge 4.37’de ki gibi seçilmiştir. Ayrıca bu aralıklar Şekil 4.5 te grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.36. Üyelik fonksiyon tiplerinin kıyaslanması

Üyelik Fonksiyon Tipi	Üyelik Fonksiyon Sayısı	RMSE
Gauss2mf	3	13.7402
Trapmf	3	8.4161
Gbell	3	10.8208
Gaussmf	3	7.4396
Pimf	3	34.896
Dsigmf	3	31.2264
Trimf (üçgen)	3	3.0393
Psigmf	3	31.2264

Çizelge 4.37. Sağ önkol uzunluğu için üçgen üyelik fonksiyonu aralıkları

	Üyelik Fonksiyonu Aralıkları		
X1	160,3	199,7	264,3
X2	205	259	309
X3	257	311	361



Şekil 4.5. Sağ önkol uzunluğu girişinin üyelik fonksiyonu grafiği

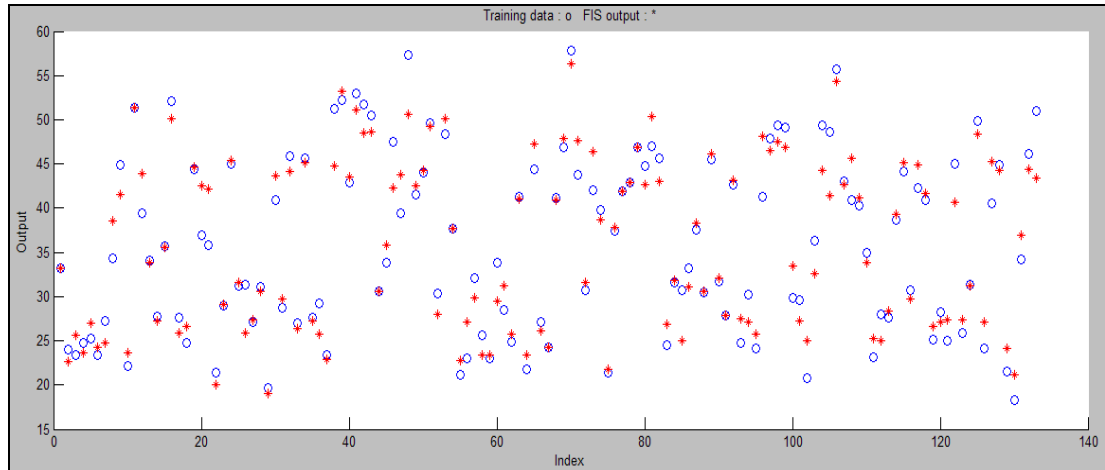
Girişler 3'er alt kümeye ayrıldığı için 3^4 toplam 81 adet kural oluşturuldu. Bu kurallardan bazıları sözel olarak aşağıdaki gibi yazılırlar.

Eğer Önkol Uzunluğu X1 El Genişliği Y1 Serçe Parmak Çevresi Z1 El Derinliği W1 ise El Kavrama Kuvveti K1

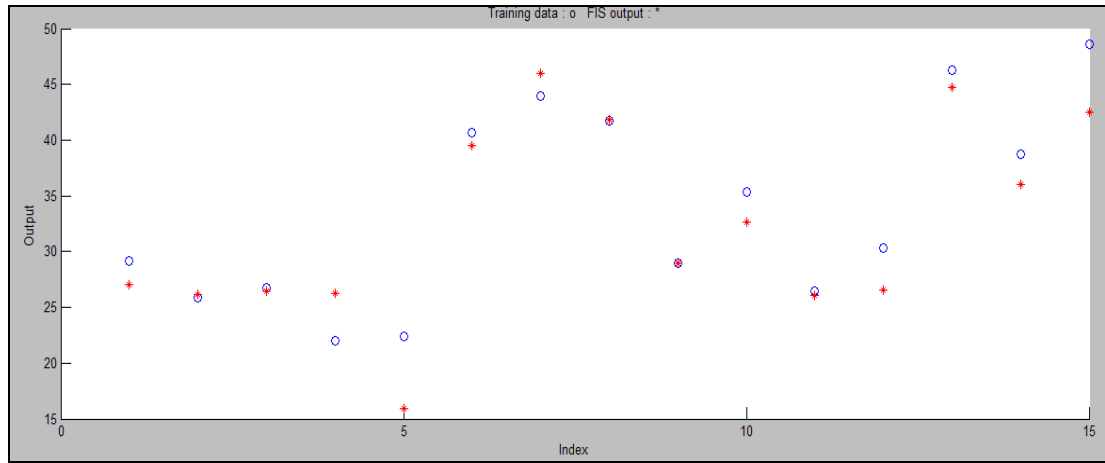
Eğer Önkol Uzunluğu X1 El Genişliği Y3 Serçe Parmak Çevresi Z3 El Derinliği W3 ise El Kavrama Kuvveti K27

Eğer Önkol Uzunluğu X3 El Genişliği Y2 Serçe Parmak Çevresi Z2 El Derinliği W1 ise El Kavrama Kuvveti K67

Her bir çıkış için oluşturulan ANFIS ağında girişler hybrid metodu ile eğitime tabii tutulmuşlardır. Yapılan eğitimde sağ el kavrama kuvveti çıkışı için 70 çevrim sonucunda oluşan RMSE hata oranı 2,6717 bulunmuştur. Şekil 4.6'da eğitim verileri ile ANFIS çıkışının karşılaştırılması gösterilmektedir. Şekil 4.6'dan görüldüğü gibi eğitim verileri ile ANFIS çıkışlarının büyük bir bölümü örtüşmektedir. Şekil 4.7'de ise test verisi ile ANFIS test çıkışını karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 4.7'de ki grafik incelendiğinde test verileri ile ANFIS test çıkışlarının birçok değer için benzer karakteristik özellik gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.6 Eğitim verisi ile ANFIS eğitim çıkışının karşılaştırılması



Şekil 4.7. Test verisi ile ANFIS test çıkışının karşılaştırılması

Hybrid metodu ile 70 çevrimlik eğitim sonucunda ANFIS sağ el kavrama kuvveti çıkışı için sağ önkol uzunluğu, sağ el genişliği, sağ serçe parmak çevresi ve sağ el derinliği girişlerinin oluşan üyelik fonksiyonlarının yeni aralık değerleri Çizelge 4.38’de ki gibi oluşmuştur. Çizelge 4.38’de verilen yeni aralık değerleri Çizelge 4.37 ile karşılaştırıldığında ANFIS eğitimi sonucunda üçgen üyelik fonksiyonunun bazı aralık değerlerinin değiştiği gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.38. Anfis eğitimi sonrasında sağ önkol uzunluğu girişi için üyelik fonksiyonları yeni aralık değerleri

	Üyelik Fonksiyonu Aralıkları		
X1	154	206	258
X2	206	258	310
X3	258	310	362

4.6. ANFIS ile Regresyon Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çizelge 4.39. Gerçek değerler ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması (n=15)

Gerçek Değerler	ANFIS Tahmin	Regresyon Analizi Tahmin	ANFIS Bağlı Hata	Regresyon Analizi Bağlı Hata
29,2	27	24,71876	0,075342	0,153467
25,8333	26,2	25,14566	0,014195	0,026618
26,7333	26,4	26,05489	0,012468	0,025377
21,9667	26,2	24,78156	0,192714	0,128142
22,3677	16	18,78976	0,284683	0,15996
40,6667	39,5	38,984	0,028689	0,041378
44	46	45,07584	0,045455	0,024451
41,7	41,8	39,51439	0,002398	0,052413
28,9667	29	31,43263	0,00115	0,08513
35,4	32,6	38,39465	0,079096	0,084595
26,5	26,1	31,5786	0,015094	0,191645
30,3333	26,6	28,67519	0,123076	0,054663
46,3	44,8	39,27997	0,032397	0,151621
38,7667	36,1	40,83123	0,068788	0,053255
48,5667	42,5	38,30299	0,124915	0,211332
Ortalama Bağlı Hata			0,073364	0,09627

ANFIS ve regresyon analizi sonucu oluşturulan modeller ile tahmin edilen sağı el kavrama kuvveti değerleri Çizelge 4.39’da verilmiştir. 15 değer için tahminler yapıldı ve bağıl hataları bulundu. Ortalama bağıl hataları karşılaştırıldığında ANFIS yöntemi ile elde edilen ortalama bağıl hata regresyon analizine göre daha düşük bulundu.

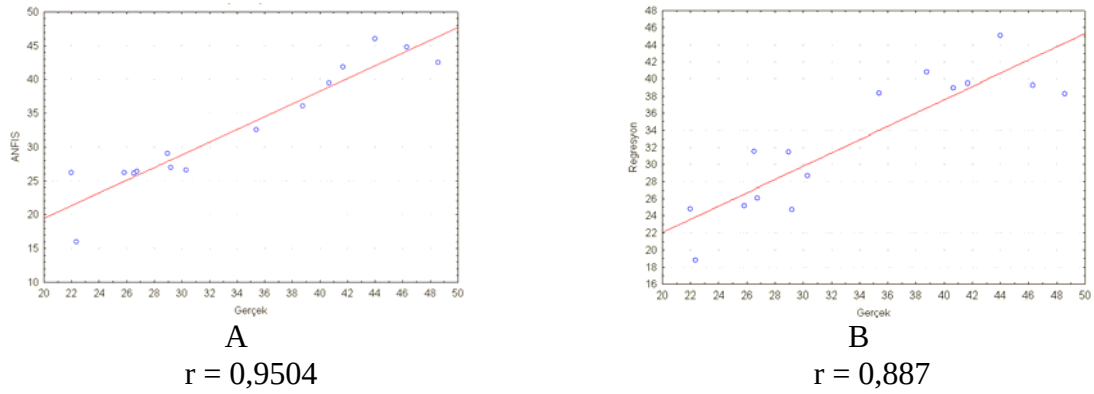
ANFIS çıkışı ve Regresyon çıkışı için oluşturulan RMSE hata ve korelasyon oranları Çizelge 4.40’da verilmiştir.

Çizelge 4.40. Sistem çıkışlarının RMSE hata ve korelasyon oranları (n=15)

	RMSE	MAPE	Korelasyon
ANFIS çıkışı	3,02233	0,073	%95,0
Regresyon Çıkışı	4,10466	0,096	%88,7

Sistem çıkışlarının RMSE değerleri, MAPE değerleri ve gerçek değerlerle olan korelasyon ilişkisi incelendiğinde ANFIS çıkışının, gerçek değerlere daha yakın

sonuç verdiği gözlenmiştir. Serpme grafikleri incelendiğinde ise A grafiğinde doğruya yakın daha fazla nokta tespit edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Anfis ile gerçek değerler (A) ve regresyon ile gerçek değerler (B) arasındaki korelasyon değerlerinin serpm grafiği

Çizelge 4.41. Grup ortalamaları arasındaki farklar

		Grup Farklari			t	df	Sig. (2-tailed)
		Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalamasi			
Pair 1	Gercek - Regresyon	1,04133	4,10974	1,06113	,981	14	,343
Pair 2	ANFIS - Gercek	-1,36667	2,79029	,72045	-1,897	14	,079
Pair 3	ANFIS - Regresyon	-,32534	3,43668	,88735	-,367	14	,719

Tahmin değerleri ve gerçek değerlerin ortalamaları arasında manidar bir fark yoktur ($p = 0,343 > 0,05$ ve $0,079 > 0,05$). ANFIS ve Regresyon analizi sonucu elde edilen değerlerin ortalamaları kıyaslandığında ise ($p = 0,719 > 0,05$) aralarında istatistiksel olarak fark çıkmamıştır (Çizelge 4.41). Sonuç olarak her iki tahmin yönteminin birbirine yakın tahminde bulunduğu ve ANFIS yönteminin regresyon analizine alternatif yöntem olarak kullanılabileceği söylenebilir.

4.7. Alınan Ölçümlerin ve Kullanılan Yöntemlerin Literatür ile Kıyaslaması

Çizelge 4.42. Antropometrik parametrelerin ortalama değerleri

	Erkek (n=86)	Kız (n=69)	Toplam (n=155)
Yaş (yıl)	22,28 ± 2,05	22,00 ± 2,25	22,15 ± 2,14
Boy (cm)	176,30 ± 4,73	161,70 ± 5,58	169,80 ± 8,89
Ağırlık (kg)	74,15 ± 10,83	59,04 ± 10,12	67,42 ± 12,91
Sağ el genişliği (mm)	104,47 ± 5,96	91,45 ± 5,13	98,67 ± 8,56
Sol el genişliği (mm)	103,12 ± 5,44	90,00 ± 4,68	97,28 ± 8,29
Sağ el avuç içi genişliği (mm)	87,45 ± 4,65	76,13 ± 4,75	82,41 ± 7,33
Sol el avuç içi genişliği (mm)	86,67 ± 5,08	75,19 ± 4,83	81,56 ± 7,57
Sağ el metakarpal çizgisinin genişliği (mm)	78,51 ± 4,28	69,95 ± 3,28	74,70 ± 5,75
Sol el metakarpal çizgisinin genişliği (mm)	77,92 ± 4,62	69,02 ± 3,19	73,96 ± 6,00
Sağ el uzunluğu (mm)	190,56 ± 9,37	171,89 ± 8,11	182,25 ± 12,81
Sol el uzunluğu (mm)	191,60 ± 9,47	172,54 ± 7,77	183,12 ± 12,90
Sağ başparmak uzunluğu	65,92 ± 4,52	59,30 ± 3,76	62,97 ± 5,33
Sol başparmak uzunluğu	66,36 ± 4,37	59,03 ± 3,31	63,10 ± 5,36
Sağ işaret parmak uzunluğu	74,96 ± 4,49	68,10 ± 3,27	71,91 ± 5,25
Sol işaret parmak uzunluğu	75,41 ± 4,72	68,15 ± 3,39	72,18 ± 5,52
Sağ orta parmak uzunluğu	82,13 ± 4,90	74,19 ± 3,85	78,59 ± 5,96
Sol orta parmak uzunluğu	82,26 ± 5,12	73,91 ± 3,89	78,54 ± 6,20
Sağ yüzük parmak uzunluğu	75,84 ± 4,99	68,29 ± 3,48	72,48 ± 5,77
Sol yüzük parmak uzunluğu	75,77 ± 5,03	67,75 ± 3,84	72,20 ± 6,04
Sağ serçe parmak uzunluğu	62,51 ± 4,47	55,57 ± 3,19	59,42 ± 5,24
Sol serçe parmak uzunluğu	62,62 ± 4,73	55,52 ± 3,40	59,46 ± 5,47
Sağ başparmak distal kısmının genişliği	19,79 ± 1,72	17,18 ± 1,42	18,63 ± 2,05
Sol başparmak distal kısmının genişliği	19,40 ± 1,75	16,72 ± 1,45	18,21 ± 2,10
Sağ başparmak orta kısmının genişliği	20,30 ± 1,18	17,59 ± 0,91	19,10 ± 1,72
Sol başparmak orta kısmının genişliği	20,14 ± 1,17	17,18 ± 0,92	18,82 ± 1,82
Sağ işaret parmak distal kısmının genişliği	16,26 ± 0,91	14,29 ± 0,72	15,38 ± 1,28
Sol işaret parmak distal kısmının genişliği	15,74 ± 0,95	13,71 ± 0,68	14,84 ± 1,31
Sağ işaret parmak orta kısmının genişliği	19,03 ± 0,97	16,61 ± 0,83	17,95 ± 1,51
Sol işaret parmak orta kısmının genişliği	18,69 ± 1,01	16,21 ± 0,73	17,55 ± 1,50

kısımının genişliği			
Sağ orta parmak distal kısmının genişliği	16,55 ± 0,89	14,37 ± 0,62	15,58 ± 1,34
Sol orta parmak distal kısmının genişliği	15,98 ± 0,93	13,86 ± 0,63	15,04 ± 1,33
Sağ orta parmak orta kısmının genişliği	19,28 ± 0,99	16,67 ± 0,72	18,12 ± 1,57
Sol orta parmak orta kısmının genişliği	18,85 ± 1,05	16,28 ± 0,68	17,70 ± 1,57
Sağ yüzük parmak distal kısmının genişliği	15,38 ± 0,87	13,43 ± 0,74	14,51 ± 1,26
Sol yüzük parmak distal kısmının genişliği	15,16 ± 0,88	13,12 ± 0,62	14,25 ± 1,27
Sağ yüzük parmak orta kısmının genişliği	18,18 ± 0,95	15,72 ± 0,73	17,08 ± 1,49
Sol yüzük parmak orta kısmının genişliği	17,82 ± 0,95	15,38 ± 0,70	16,74 ± 1,48
Sağ serçe parmak distal kısmının genişliği	13,97 ± 0,77	12,00 ± 0,64	13,09 ± 1,21
Sol serçe parmak distal kısmının genişliği	13,64 ± 0,89	11,74 ± 0,65	12,80 ± 1,23
Sağ serçe parmak orta kısmının genişliği	16,14 ± 0,86	13,72 ± 0,76	15,06 ± 1,45
Sol serçe parmak orta kısmının genişliği	15,66 ± 0,91	13,42 ± 0,69	14,66 ± 1,38
Sağ başparmak distal kısmının çevresi	61,48 ± 4,40	53,76 ± 3,78	58,05 ± 5,64
Sol başparmak distal kısmının çevresi	61,10 ± 3,98	52,08 ± 3,47	57,08 ± 5,85
Sağ başparmak orta kısmının çevresi	66,17 ± 3,65	58,70 ± 3,12	62,84 ± 5,05
Sol başparmak orta kısmının çevresi	65,32 ± 3,42	57,12 ± 2,67	61,67 ± 5,13
Sağ işaret parmak distal kısmının çevresi	51,09 ± 3,54	44,74 ± 3,48	48,27 ± 4,72
Sol işaret parmak distal kısmının çevresi	49,84 ± 3,82	42,77 ± 3,11	46,69 ± 4,98
Sağ işaret parmak orta kısmının çevresi	63,27 ± 3,18	56,45 ± 2,72	60,24 ± 4,52
Sol işaret parmak orta kısmının çevresi	62,37 ± 3,33	54,78 ± 2,28	58,99 ± 4,77
Sağ orta parmak distal kısmının çevresi	51,50 ± 3,29	44,88 ± 3,19	48,55 ± 4,62
Sol orta parmak distal kısmının çevresi	48,91 ± 3,64	43,18 ± 2,66	46,91 ± 4,66

Sağ orta parmak orta kısmının çevresi	64,10 ± 2,92	56,32 ± 2,41	60,64 ± 4,72
Sol orta parmak orta kısmının çevresi	63,20 ± 3,29	55,26 ± 2,49	59,66 ± 4,94
Sağ yüzük parmak distal kısmının çevresi	48,32 ± 3,03	41,55 ± 2,68	45,31 ± 4,43
Sol yüzük parmak distal kısmının çevresi	47,56 ± 3,19	40,72 ± 2,44	44,52 ± 4,46
Sağ yüzük parmak orta kısmının çevresi	60,50 ± 3,15	53,14 ± 2,95	57,23 ± 4,77
Sol yüzük parmak orta kısmının çevresi	59,40 ± 3,30	52,04 ± 2,74	56,12 ± 4,77
Sağ serçe parmak distal kısmının çevresi	44,43 ± 3,17	38,05 ± 3,25	41,59 ± 4,50
Sol serçe parmak distal kısmının çevresi	43,56 ± 3,11	37,15 ± 2,65	40,71 ± 4,32
Sağ serçe parmak orta kısmının çevresi	53,95 ± 2,63	46,81 ± 2,67	50,77 ± 4,43
Sol serçe parmak orta kısmının çevresi	52,90 ± 3,07	45,71 ± 2,33	49,70 ± 4,52
Sağ bilek çevresi	16,69 ± 0,77	14,90 ± 0,76	15,89 ± 1,17
Sol bilek çevresi	16,63 ± 0,83	14,81 ± 0,77	15,82 ± 1,21
Sağ bilek genişliği	56,47 ± 3,06	49,91 ± 2,90	53,55 ± 4,43
Sol bilek genişliği	56,86 ± 3,08	50,03 ± 2,87	53,82 ± 4,52
Sağ el derinliği	42,90 ± 3,40	37,49 ± 3,46	40,49 ± 4,35
Sol el derinliği	41,65 ± 3,73	36,12 ± 3,81	39,19 ± 4,66
Sağ önkol uzunluğu	273,41 ± 16,72	248,09 ± 15,22	262,14 ± 20,40
Sol önkol uzunluğu	273,69 ± 16,08	247,00 ± 14,22	261,81 ± 20,23

Salvendy (1971), çalışmasında 15-59 yaşları arasında değişen yaş ortalaması 30 yıl olan ve sanayide çalışan 127 bayanın sağ el avuç içi genişliğini $83,9 \pm 5,9$ mm olarak bulmuştur.

Okunribido (2000), yapmış olduğu çalışmada yaş ortalaması $33,51 \pm 15,35$ yıl olan 37 Nijeryalı bayan tarım işçisinin sağ el genişliğini $87,94 \pm 4,99$ mm ve sağ el avuç içi genişliğini ise $75,75 \pm 5,17$ mm olarak bulmuştur.

Kulaksız'ın (2001) yapmış olduğu çalışmada, yaşları 17–25 yıl arasındaki erkek ve bayan üniversite öğrencilerinden oluşan grubun sağ el avuç içi genişliğini $81,1325 \pm 6,0447$ mm, sol el avuç içi genişliğini ise, $80,1785 \pm 6,0973$ mm olarak bulmuştur.

Nag ve ark.'nın (2003) yaşları 16 ila 58 yıl arasında değişen ve yaş ortalaması $32,3 \pm 10,1$ yıl olan 95 çalışan Hindistanlı bayan üzerinde yaptığı çalışmada sağ el metakarpal çizgisinin genişliği $68 \pm 5,1$ mm olarak tespit edilmiştir.

Saeengchaiya ve Bunternghit (2004), yapmış oldukları çalışmada sanayide çalışan yaş ortalaması 25,1 olan 150 Taylandlı bayanın el genişliğini $89,95 \pm 4,02$ mm olarak bulmuşlardır.

Balakrishnan ve Yeow (2008), yaş ortalaması 21,5 yıl olan 55 erkek ve 55 bayan deneğin dominant elleri üzerinden avuç içi genişliği ölçümleri almışlardır. Erkek denekler için avuç içi genişliği $9,0 \pm 0,5$, bayan denekler için ise $7,3 \pm 0,4$ olarak bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda ise erkek denekler için sağ ve sol el avuç içi genişliği daha düşük, bayan denekler için ise hem sağ hem de sol el avuç içi genişliği daha yüksek bulundu.

Mandahawi ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada yaş ortalaması $27,13 \pm 9,98$ olan 155 erkek denek için sağ el genişliğini $104,2 \pm 10,94$; yaş ortalaması $24,21 \pm 7,24$ olan 120 bayan denek için ise $93,99 \pm 5,63$ olarak bulmuşlardır.

Bizim çalışmamızda bulduğumuz değerler bu değerlerle tutarlılık gösterirken, hem sağ el hem sol el genişliği için Saeengchaiya ve Bunternghit'in (2004) ve Okunribido'nun (2000) bulduğu değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Mandahawi ve ark.'nın (2008) çalışmasında erkek denekler için buldukları sağ el genişliği bizim çalışmamızdaki sonuçla çok yakın çıkmıştır; bayan denekler için buldukları değer ise bizim çalışmamızdaki değerden daha yüksek çıkmıştır.

El avuç içi genişliği, Salvendy (1971) ve Balakrishnan'ın (2008) çalışmasındaki (erkek denekler için alınan) değerlerden daha düşük; Kulaksız'ın (2001), Okunribido (2000) ve Balakrishnan'ın (2008) çalışmasındaki (bayan denekler için alınan) değerlerden daha yüksek bulundu.

Sağ el metakarpal çizgisinin genişliği, Nag ve ark.'nın (2003) bulduğu değerlerden yüksek çıkmasına rağmen belirgin farkın olmadığı görüldü.

Laubach ve Mcconville'in(1967) yapmış olduğu çalışmada yaş ortalamaları 20.44 ± 3.89 yıl olan ve erkek denekler üzerinde alınan sağ ve sol el ölçümlerinde 117 erkek deneğin sağ el uzunluğu 19.21 ± 0.98 cm, sol el uzunluğu 19.20 ± 0.97 cm olarak bulunmuştur.

Means ve Walters (1982), yaşları 4 ile 9 yıl arasında olan 77 erkek, 79 kız denekten oluşan 156 kişilik grup üzerinde yaptığı araştırmada el uzunluğu değerini ölçmüşlerdir. Bulunan sonuçlar doğrultusunda, erkeklerde sağ elini kullananların sağ el uzunluğunun sol elden daha yüksek olduğunu, sol elini kullananların sol el uzunluğunun sağ el uzunluğundan daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise erkeklerde sağ elini ve sol elini kullanan her iki grupta sol el uzunluğu sağ el uzunluğundan daha yüksek çıkmıştır. Bu farklılık çalışmamızda solakların sağlaklara oranla oldukça az olması şeklinde yorumlanabilir.

Buchholz ve Armstrong'un (1991) yaptığı araştırmada erkek katılımcıların el uzunluğu değerleri 187.0 ± 9.9 mm, bayan katılımcıların el uzunluğu değerleri 167.2 ± 4.6 mm olarak bulunmuştur.

Fernandez ve Uppugonduri'nin (1992) yaptığı çalışmada, katılımcıların dominant el uzunluğu değeri 164 ± 14 mm olarak tespit edilmiştir

Chuang ve ark.'nın (1997) yaptığı çalışmada yaşları 16 ile 20 yıl arasında olan 120 erkek denek kullanılmıştır. Deneklerin el uzunluğu ortalamaları 18.4 ± 0.9 cm olarak tespit edilmiştir.

Şen'in (1997) yapmış olduğu çalışmada, yaşları 16 ile 28 yıl arasında değişen 15 erkek, 25 kız olmak üzere toplam 40 elit düzeyde basketbolcudan oluşan grubun sağ ve sol el uzunlukları ölçülmüştür. Erkekler için sağ el uzunluğu 14.7 ± 1.21 cm, sol el uzunluğu 14.7 ± 1.24 cm olarak belirlenirken, bayanlar için sağ el uzunluğu 13.6 ± 0.91 cm, sol el uzunluğu 13.6 ± 0.82 cm olarak tespit edilmiş ve tüm grup değerlendirmeye alındığında da sağ el uzunluğu 14.0 ± 1.15 cm, sol el uzunluğu 14.0 ± 1.12 cm olarak belirlenmiştir.

Okunribido'nun (2000) yaptığı çalışmada bayan deneklerin sağ el uzunluğu 175.05 ± 11.07 mm olarak saptanmıştır.

Kulaksız'ın (2001) yapmış olduğu çalışmada, 199 erkek denek için sağ el uzunluğu $186,91 \pm 8,30$ mm, sol el uzunluğu ise $187,34 \pm 8,10$ mm olarak belirtilmiştir. 194 bayan denek için ise sağ el uzunluğunu $171,19 \pm 7,64$ mm, sol el uzunluğunu ise $171,44 \pm 7,65$ mm olarak bulmuştur. Cinsiyet faktörü göz önüne alınmadığı zaman ise 393 denneğin sağ el uzunluğu $179,15 \pm 11,20$, sol el uzunluğu ise $179,49 \pm 11,19$ olarak bulunmuştur.

Nag ve ark.'nın (2003) yaptığı çalışmada 95 çalışan bayan denek için sağ el uzunluğu 16.96 ± 0.94 cm olarak tespit edilmiştir.

Hsiao ve ark. (2005) yapmış oldukları çalışmada, yaşları 18-76 arasında değişen 88 erkek denek için el uzunluğunu $19,7 \pm 1,0$ cm; 12 bayan denek için ise $18,2 \pm 0,9$ cm olarak bulmuşlardır.

Mandahawi ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, erkek denekler için sağ el uzunluğunu $191,2 \pm 10,2$; bayan denekler için ise sağ el uzunluğunu $171,27 \pm 7,44$ olarak bulmuşlardır.

Mandahawi ve ark.'nın (2008) çalışmasında bulduğu değerler bizim çalışmamızdaki değerlere oldukça yakın çıkmıştır. Kulaksız'ın (2001), Chuang ve ark.'nın (1997), Şen'in (1997), Fernandez ve Uppugonduri'nin (1992), Buchholz ve Armstrong'un (1991) ve Nag ve ark.'nın (2003) çalışmalarında bulunan sonuçlar, bizim çalışmamızda bulduğumuz sonuçlardan daha düşük sonuçlardır. Sadece Şen'in (1997) çalışmasında erkek ve kız deneklerin sağ ve sol el uzunluğu değerlerinin eşit olduğu görülürken, bizim çalışmamızda ve diğer çalışmalarda ise hem erkek hem de kız deneklerin sağ ve sol el uzunluğu değerleri arasında bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Kulaksız'ın (2001) çalışmasında da bizim çalışmamızda olduğu gibi, sol el uzunluğu sağ el uzunluğundan daha yüksek bulunmuş ve bizim araştırmamızla uyumluluk göstermiştir. Hsiao ve ark.'nın (2005), Okunribido'nun (2000) ve Laubach ve Mcconville (1967) çalışmalarında bulunan sonuçlar ise bizim çalışmamızda bulduğumuz sonuçlardan daha yüksek çıkmıştır.

Salvendy (1971), çalışmasında bayan denekler için sağ baş parmak uzunluğunu $5,82 \pm 0,75$ cm, sağ işaret parmak uzunluğunu $7,06 \pm 0,74$ cm ve sağ orta parmak uzunluğunu ise $7,90 \pm 0,73$ cm olarak bulmuştur. Bizim çalışmamızda ise sağ baş parmak uzunluğu daha yüksek, sağ işaret ve orta parmak uzunlukları ise daha düşük bulunmuştur. Farklılığın nedeni olarak Salvendy (1971) çalışmasında tırnak uzunluklarını ayrı değerlendirmiş, biz çalışmamızda ise parmak uzunluklarını tırnak uzunlukları ile beraber değerlendirdik.

Okunribido'nun (2000) yaptığı çalışmada bayan deneklerin sağ baş parmak uzunluğu ortalaması $61,13 \pm 5,12$ mm, sağ orta parmak uzunluğu ortalaması $74,20 \pm 5,49$ mm ve sağ serçe parmak uzunluğu ortalamasını $54,21 \pm 4,93$ mm olarak

saptamıştır. Bizim çalışmamızda ise, bulunan sonuçlar Okunribido'nun (2000) tespit ettiği sonuçlara çok yakın bulunmuştur. Bizim çalışmamızda Okunribido'nun (2000) çalışmasına göre sağ başparmak uzunluğu daha düşük, sağ orta parmak uzunluğu oldukça yakın ve sağ serçe parmak uzunluğu ise daha yüksek bulundu.

Kulaksız'ın (2001) yapmış olduğu çalışmada, 199 erkek denek için sağ orta parmak uzunluğu $80,20 \pm 4,43$ mm, sol orta parmak uzunluğu ise $80,20 \pm 4,40$ mm olarak belirtilmiştir. 194 bayan denek için ise sağ orta parmak uzunluğunu $74,61 \pm 4,05$ mm, sol orta parmak uzunluğunu ise $74,29 \pm 4,26$ mm olarak bulmuştur. Cinsiyet faktörü göz önüne alınmadığı zaman ise 393 deneğin sağ orta parmak uzunluğu $77,44 \pm 5,08$, sol orta parmak uzunluğu ise $77,28 \pm 5,24$ olarak bulunmuştur. Erkek denekler için bulunan sonuçlar, bizim çalışmamızda bulduğumuz sonuçlardan daha düşük sonuçlardır. Bayan denekler için bulunan sonuçlar ise bizim çalışmamızda bulduğumuz sonuçlara oldukça yakın fakat bizim çalışmamızda daha düşük çıkmıştır. Cinsiyet farklılığı göz önüne alınmadığı zaman kıyaslama yapılırsa 155 denek için hem sağ hem de sol el için orta parmak uzunluğu bizim çalışmamızda daha yüksek çıkmıştır. Fakat; bu çalışmada da bizim çalışmamızda olduğu gibi, sağ orta parmak uzunluğu ve sol orta parmak uzunluğu ortalama değerleri oldukça birbirine yakın çıkmıştır.

Nag ve ark.'nın (2003) yaptığı çalışmada bayan deneklerin sağ orta parmak uzunluğu değerlerini 7.60 ± 0.57 cm olarak bulmuşlardır. Sağ orta parmak uzunluğu değerlerinde Nag ve ark.'nın (2003) yaptığı çalışmada bulunan değerlerle, bizim çalışmamızda bulduğumuz değerler arasında bir uyumluluğun var olduğundan söz edilebilir. Bizim çalışmamızda sağ orta parmak uzunluğu daha düşük bulundu.

Saeengchaiya ve Bunternghit (2004), yapmış oldukları çalışmada sanayide çalışan yaş ortalaması 25,1 olan 150 Taylandlı bayanın orta parmak uzunluğunu $76,77 \pm 3,24$ mm, serçe parmak uzunluğunu ise $55,89 \pm 3,34$ mm olarak bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda bulduğumuz değerler, Saeengchaiya ve Bunternghit'in (2004) bulduğu değerlerle tutarlılık gösterirken daha yüksek çıkmıştır.

Balakrishnan ve Yeow (2008), erkek ve bayan deneklerin dominant elleri üzerinden başparmak uzunluğu ölçümleri almışlardır. Erkek denekler için başparmak uzunluğu $6,4 \pm 0,8$, bayan denekler için ise $5,4 \pm 0,65$ mm olarak bulmuşlardır. Bizim

çalışmamızda ise her iki cinsiyet grubu için başparmak uzunluğu daha yüksek çıkmıştır.

Mandahawi ve ark. (2008), çalışmalarında erkek denekler için sağ serçe parmak uzunluğunu $61,12 \pm 4,69$ ve sağ orta parmak uzunluğunu ise $81,26 \pm 7,14$; bayanlar için ise sağ serçe parmak uzunluğu $56,62 \pm 3,4$, sağ orta parmak uzunluğunu ise $75,15 \pm 3,62$ olarak bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda ise bu ölçümler Mandahawi'nin (2008) çalışmasındaki değerlere oldukça yakın çıkmıştır.

Salvendy (1971), yaptığı çalışmada bayan deneklerin sağ başparmak orta kısmının genişliğini $1,97 \pm 0,18$ cm, sağ işaret parmak distal kısmının genişliğini $1,68 \pm 0,18$ cm, sağ orta parmak distal kısmının genişliğini $1,69 \pm 0,19$ cm olarak saptamıştır.

Okunribido'nun (2000) yaptığı çalışmada bayan deneklerin sağ orta parmak distal kısmının genişliğini $14,84 \pm 2,05$ mm, sağ orta parmak orta kısmının genişliğini $17,89 \pm 1,95$ mm, sağ serçe parmak distal kısmının genişliğini $13,19 \pm 1,71$ mm ve sağ serçe parmak orta kısmının genişliğini ise $14,50 \pm 1,77$ mm olarak saptamıştır.

Saeengchaiya ve Bunterngrchit (2004) yaptıkları çalışmada bayan deneklerin orta parmak distal kısmının genişliğini $15,53 \pm 0,94$ mm, orta parmak orta kısmının genişliğini $18,02 \pm 0,82$ mm, serçe parmak distal kısmının genişliğini $12,85 \pm 0,68$ mm ve serçe parmak orta kısmının genişliğini ise $15,21 \pm 0,69$ mm olarak saptamıştır.

Mandahawi ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada erkek deneklerin sağ serçe parmak distal genişliğini $15,4 \pm 1,15$, sağ serçe parmak genişliği orta kısmını $17,4 \pm 1,34$, sağ orta parmak distal genişliğini $17,65 \pm 1,06$ ve sağ orta parmak genişliği orta kısmını ise $20,41 \pm 1,41$ olarak bulmuşlardır. Bayan denekler için ise sağ serçe parmak distal genişliğini $13,54 \pm 0,96$, sağ serçe parmak genişliği orta kısmını $15,3 \pm 1,05$, sağ orta parmak distal genişliğini $15,83 \pm 0,99$ ve sağ orta parmak genişliği orta kısmını ise $18,11 \pm 1,1$ olarak bulmuşlardır.

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda alınan ölçümler bizim çalışmamızda aldığımız ölçümlerle kıyaslandığında, bizim ölçümlerimiz daha düşük çıkmıştır.

Balakrishnan ve Yeow (2008), erkek ve bayan deneklerin dominant elleri üzerinden başparmak distal kısmının çevresini almışlardır. Erkek denekler için başparmak distal kısmının çevresi $5,8 \pm 0,75$, bayan denekler için ise $5,4 \pm 0,58$ olarak bulmuşlardır.

Çizelge 4.43. Ortalama bilek çevresi değerleri (Canada, 2005/2006.)

Yaş (Yıl)	Kız	Erkek
mm		
8	137,21	144,39
9	144,68	147,91
10	146,94	150,82
11	150,70	155,71
12	153,57	161,06
13	155,70	166,01
14	154,91	167,90
15	153,64	166,96
16	152,81	165,98
17	153,36	169,76
18	151,61	169,59
19	153,57	160,61

Çizelge 4.43’de ki ortalama değerler ile bizim çalışmamızdaki değerler kıyaslandığında, bulduğumuz değerlerin erkekler için 15 yaş grubuna; kızlar için ise 11 ve 18 yaş grubuna daha yakın çıkmıştır.

Stein ve ark. (1998) yaptığı çalışmada yaş ortalaması 27,33 olan erkek denekler için bilek çevresini $6,79 \pm 0,19$ inç (yaklaşık 17,24 cm), yaş ortalaması 25,67 olan bayan denekler için ise bilek çevresini $5,83 \pm 0,29$ inç (yaklaşık 14,80 cm) bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda bulduğumuz değerler Stein ve ark.’nın (1998) bulunduğu değerler ile tutarlılık göstermektedir.

Ferrigno ve Buccheri (2001) yaptığı çalışmada yaş aralığı 38-90 arasında değişen 336 erkek ve 52 bayan olmak üzere toplam 388 deneğin bilek çevresi ortalaması $18 \pm 3,0$ cm olarak bulmuştur. Bizim çalışmamızda bulduğumuz değerler ise daha düşük çıkmıştır.

Mandahawi ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada erkek deneklerin sağ el derinliğini $43,9 \pm 3,93$, bayan deneklerin sağ el derinliğini ise $40,35 \pm 4,26$ olarak bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda bu değerler daha düşük çıkmıştır.

Nag ve ark.'nın (2003) yaptığı çalışmada bayan deneklerin sağ el derinliği değerlerini $3,42 \pm 0,52$ cm olarak bulmuşlardır. Sağ el derinliği değerinde Nag ve ark.'nın (2003) yaptığı çalışmada bulunan değerle, bizim çalışmamızda bulduğumuz değerler arasında bir uyumluluğun var olduğundan söz edilebilir. Bizim çalışmamızda sağ el derinliği daha yüksek bulundu.

Saeengchaiya ve Bunternghit (2004), çalışmalarında sanayide Taylandlı bayan deneklerin el derinliğini $35,63 \pm 2,53$ mm olarak bulmuşlardır. Hsiao ve ark. (2005), çalışmalarında erkek denekler için el derinliğini $3,0 \pm 0,2$, bayan denekler için ise $2,5 \pm 0,2$ bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda bulduğumuz değerler, Saeengchaiya ve Bunternghit'in (2004) bulduğu değerlerle tutarlılık gösterirken hem sağ el hem de sol elde aldığımız değerler her iki çalışmadaki değerlerden daha yüksek çıkmıştır.

Bizim çalışmamız ile yapılan diğer çalışmalardaki antropometrik faktörler arasındaki farklar genel anlamda değerlendirildiğinde, öncelikle en önemli farklılık birçok çalışmanın farklı milletlerden alınan ölçüm sonuçlarını içeriyor olması, çalışılan meslek gruplarının farklılık göstermesi ve bu meslek gruplarında parmakların birbirlerine kıyasla daha sık kullanımı, denek sayılarının hem erkekler hemde bayanlar için bazı çalışmalarda oldukça düşük olması, son olarak yaş aralıklarının farklılık göstermesi şeklinde sıralayabiliriz.

Çizelge 4.44. Biyomekanik parametrelerin ortalama değerleri

	Erkek (n=86)	Kız (n=69)	Toplam (n=155)
Sağ başparmak fleksiyon açısı	$97,44 \pm 10,91^\circ$	$100,36 \pm 12,39^\circ$	$98,74 \pm 11,64^\circ$
Sol başparmak fleksiyon açısı	$96,65 \pm 11,09^\circ$	$98,51 \pm 11,22^\circ$	$97,48 \pm 11,15^\circ$
Sağ işaret parmak fleksiyon açısı	$77,00 \pm 10,10^\circ$	$79,09 \pm 11,80^\circ$	$77,93 \pm 10,90^\circ$
Sol işaret parmak fleksiyon açısı	$75,29 \pm 9,42^\circ$	$78,84 \pm 11,10^\circ$	$76,87 \pm 10,32^\circ$
Sağ orta parmak fleksiyon açısı	$74,59 \pm 8,98^\circ$	$75,93 \pm 9,62^\circ$	$75,19 \pm 9,26^\circ$
Sol orta parmak fleksiyon açısı	$74,50 \pm 10,89^\circ$	$75,61 \pm 11,13^\circ$	$75,00 \pm 11,15^\circ$

Sağ yüzük parmak fleksiyon açısı	$73,01 \pm 10,43^\circ$	$73,84 \pm 10,02^\circ$	$73,38 \pm 10,22^\circ$
Sol yüzük parmak fleksiyon açısı	$73,31 \pm 10,26^\circ$	$74,77 \pm 10,79^\circ$	$73,96 \pm 10,49^\circ$
Sağ serçe parmak fleksiyon açısı	$83,45 \pm 15,59^\circ$	$88,59 \pm 16,15^\circ$	$85,74 \pm 15,99^\circ$
Sol serçe parmak fleksiyon açısı	$83,86 \pm 15,57^\circ$	$86,70 \pm 16,17^\circ$	$85,12 \pm 15,85^\circ$
Sağ baş ve işaret parmağı arasındaki abdüksiyon açısı	$81,15 \pm 14,30^\circ$	$73,19 \pm 10,03^\circ$	$77,61 \pm 13,15^\circ$
Sol baş ve işaret parmağı arasındaki abdüksiyon açısı	$80,63 \pm 15,37^\circ$	$74,29 \pm 12,42^\circ$	$77,81 \pm 14,44^\circ$
Sağ işaret ve orta parmak arasındaki abdüksiyon açısı	$31,34 \pm 6,28^\circ$	$31,59 \pm 6,72^\circ$	$31,45 \pm 6,46^\circ$
Sol işaret ve orta parmak arasındaki abdüksiyon açısı	$30,01 \pm 6,62^\circ$	$32,09 \pm 7,60^\circ$	$30,94 \pm 7,13^\circ$
Sağ orta ve yüzük parmak arasındaki abdüksiyon açısı	$24,66 \pm 5,90^\circ$	$26,88 \pm 6,18^\circ$	$25,65 \pm 6,10^\circ$
Sol orta ve yüzük parmak arasındaki abdüksiyon açısı	$27,78 \pm 6,94^\circ$	$28,57 \pm 5,89^\circ$	$28,13 \pm 6,49^\circ$
Sağ yüzük ve serçe parmak arasındaki abdüksiyon açısı	$33,80 \pm 6,75^\circ$	$35,20 \pm 6,00^\circ$	$34,43 \pm 6,45^\circ$
Sol yüzük ve serçe parmak arasındaki abdüksiyon açısı	$37,72 \pm 6,84^\circ$	$38,14 \pm 6,48^\circ$	$37,91 \pm 6,67^\circ$
Sağ bilek açısı	$125,52 \pm 8,15^\circ$	$121,05 \pm 8,78^\circ$	$123,53 \pm 8,70^\circ$
Sol bilek açısı	$126,07 \pm 7,94^\circ$	$121,15 \pm 8,32^\circ$	$123,88 \pm 8,45^\circ$
Sağ parmak ucu sıkıştırma kuvveti (baş ve işaret parmak) (kg)	$6,42 \pm 1,49$	$4,29 \pm 1,22$	$5,47 \pm 1,73$
Sol parmak ucu sıkıştırma kuvveti (baş ve işaret parmak) (kg)	$6,21 \pm 1,43$	$3,91 \pm 1,22$	$5,19 \pm 1,76$
Sağ parmak ucu sıkıştırma kuvveti (baş, işaret ve orta parmak) (kg)	$8,16 \pm 1,81$	$5,87 \pm 1,42$	$7,14 \pm 2,00$
Sol parmak ucu	$7,98 \pm 1,86$	$5,50 \pm 1,56$	$6,87 \pm 2,12$

sıkıştırma kuvveti (baş, işaret ve orta parmak) (kg)			
Sağ el kavrama kuvveti (kg)	43,30 ± 6,48	27,00 ± 4,35	36,04 ± 9,88
Sol el kavrama kuvveti (kg)	40,36 ± 7,07	24,87 ± 3,89	33,46 ± 9,69

Literatür incelendiğinde; parmak fleksiyon açıları, abdüksiyon açıları ve bilek açıları ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönden aldığımız ölçümlerin ergonomik el aletlerinin tasarımı başta olmak üzere birçok alanda literatüre orijinal katkı sağlayacağını söyleyebiliriz.

Çizelge 4.45. El kavrama kuvveti ile ilgili çalışmalar

Yazar	n	Yaş ortalaması (yıl)	Sağ El Kavrama Kuvveti (kg) (X ± SD)	Sol El Kavrama Kuvveti(kg) (X ± SD)
Mandahawi ve ark. (2008)	115 (erkek) 120 (bayan)	27,13 ± 9,98 24,21 ± 7,24	43,05 ± 11,6 24,21 ± 7,24	-
Hsiao ve ark. (2005)	88 (erkek) 12 (bayan)	18-76	502 ± 93 N 319 ± 51 N	472 ± 100 N 300 ± 63 N
Pekel ve ark. (2007)	40 (erkek) 31 (bayan)	10-13	20,80 ± 6,5 20,11 ± 4,6	19,9 ± 5,8 18,9 ± 4,6
Evcik ve Kızılay (2001)	13 (erkek) 17 (bayan)	25,7 ± 5,8	34,2 ± 11,1 (dominant)	31,1 ± 10,5 (diğer)
Saka ve ark.(2008)	51 (erkek)	25,7 ± 1,9	46,8 ± 7,0	44,5 ± 8,0
Çalışkan ve Gökbel(1997)	13 (erkek) 45 (bayan)	18-21	40,6 ± 11,9 24,5 ± 6,1	33,0 ± 7,5 23,2 ± 5,9
Günaydın ve ark. (2000)	18 (bayan)	19,67	30,33 ± 2,56	29,47 ± 2,10
Eler ve ark. (2000)	14 (bayan)	23,35	25,00 ± 3,13	17,6 ± 2,61
Zorba ve ark. (2000)	20 (bayan)	20,40	24,38 ± 5,11	23,53 ± 4,35
Kılınç ve ark. (2000)	15 (bayan)	18,5	29,8 ± 2,78	26,6 ± 3,13
Fernandez ve Uppugonduri (1992)	128 (erkek)	25,2 ± 4,1	32,05 ± 3,43 (dominant el)	
Mathiowetz ve ark. (1985)	29 (erkek) 26 (bayan)	21,7 22,4	121,0 ± 20,6 pound 70,4 ± 14,5 pound	104,5 ± 21,8 61,0 ± 13,1

Akkuş ve İnal (1999)	35 (spor yapan) 35 (spor yapmayan)	18-20	33,34 ± 7,31 29,14 ± 4,11	
Tutkun (1996)	68 (erkek sporcu)	17-28	53,40 ± 7,74	49,50 ± 8,73
Powers ve Walker (1982)	10 (bayan)	15,8 ± 0,37	34,2 ± 2,75 (dominant)	28,0 ± 2,63 (diğer el)
Nag ve ark. (2003)	95 (bayan)	16-58	20,36 ± 3,24	
Nicolay ve Walker (2005)	17 (erkek) 34 (bayan)	22,3 ± 4,0 21,9 ± 2,8	34,8 ± 6,9 18,2 ± 5,5 (10 tekrarlı)	34,9 ± 9,8 15,4 ± 5,0
			39,5 ± 6,7 (dominant) (tek tekrar) 20,4 ± 5,4	39,5 ± 10,3 (diğer el) 16,8 ± 5,6
Kaya ve Günay (2000)	20 (erkek)	22,9	46,97 ± 6,67	44,93 ± 5,19
Koç ve ark. (2000)	18 (erkek)	24,55	43,99 ± 4,49	
Ağaoğlu ve ark. (2000)	16 (erkek)	20,37	51,81 ± 8,56	47,75 ± 6,30

Mandahawi ve ark.'nın (2008) çalışmasında alınan erkek ve bayan sağ el kavrama kuvveti; Pekel ve ark.'nın (2007) çalışmasında atletizm yapan çocukların erkek ve kızlar için sol el kavrama kuvveti; Evcik ve Kızılay'ın (2001) çalışmasında cinsiyet ayrımı yapılmadan ölçülen dominant ve diğer elin kavrama kuvveti; Çalışkan ve Gökbel'in (1997) çalışmasında hem erkek hem de bayanlar için ölçülen sağ ve sol el kavrama kuvveti; Eler ve ark.'nın (2000) çalışmasında voleybol ile ilgilenen bayanların sol el kavrama kuvveti; Zorba ve ark. (2000) çalışmasında bayanlardan elde edilen sağ ve sol el kavrama kuvveti; Fernandez ve Uppugonduri'nin (1992) çalışmasında erkeklerin dominant ellerinden alınan kavrama kuvveti; Akkuş ve İnal'ın (1999) çalışmasında spor yapan ve yapmayan şeklinde gruplara ayırdığı ve cinsiyet ayrımı yapmadan aldığı kavrama kuvveti; Nag ve ark.'nın (2003) çalışmasında bayanlar için alınan sağ el kavrama kuvveti ve son olarak Nicolay ve walker'ın (2005) çalışmasında erkekler ve bayanlardan tekrarlı ve

tekrarsız olarak aldığı sağ ve sol el kavrama kuvveti, bizim çalışmamızda aldığımız sağ ve sol el kavrama kuvveti ölçümlerinden daha düşük çıkmıştır.

Saka ve ark.'nın (2008) çalışmasında spor okullarından seçilen erkek deneklerin sağ ve sol el kavrama kuvveti; Hsiao ve ark.'nın (2005) çalışmasında erkek ve bayan denekler için aldıkları sağ ve sol el kavrama kuvvetleri; Günaydın ve ark.'nın (2008) çalışmasında güreş ile ilgilenen bayan deneklerin sağ ve sol el kavrama kuvveti; Kılınç ve ark.'nın (2000) çalışmasında basketbol ile ilgilenen bayan deneklerin sağ ve sol el kavrama kuvveti; Mathiowetz ve ark. 'nın (1985) çalışmasında farklı meslek gruplarından seçilen erkek ve bayanların sağ ve sol el kavrama kuvveti; Tutkun'un (1996) çalışmasında erkek sporculardan alınan sağ ve sol el kavrama kuvveti; Powers ve Walker'ın (1982) çalışmasında 10 bayan genç tenisçi üzerinde yaptığı dominant ve dominant olmayan elin kavrama kuvveti; Kaya ve Günay'ın (2000) ve Koç ve ark.'nın (2000) çalışmalarında futbol ile ilgilenen erkek deneklerin sağ ve sol el kavrama kuvveti ve son olarak Ağaoğlu ve ark.'nın (2000) çalışmasında hentbol ile ilgilenen erkek deneklerin sağ ve sol el kavrama kuvveti, bizim çalışmamızda aldığımız sağ ve sol el kavrama kuvveti ölçümlerinden daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.46. Baş ve işaret parmak kavrama gücü (tip pinch) ile ilgili çalışmalar

Yazar	n	Yaş ortalaması (yıl)	Sağ el baş-işaret parmak Kavrama Kuvveti (kg) (X ± SD)	Sol el baş-işaret parmak Kavrama Kuvveti (kg) (X ± SD)
İncel ve ark. (2002)	81 (erkek) 68 (bayan)	30,21 ± 5,91	7,82 ± 2,1 (dominant)	7,07 ± 1,85 (diğer)
Evcik ve Kızılay (2001)	13 (erkek) 17 (bayan)	25,7 ± 5,8	7,2 ± 2,3 (dominant)	6,4 ± 2,1 (diğer)
Mathiowetz ve ark. (1985)	29 (erkek) 26 (bayan)	21,7 22,4	18,0 ± 3,0 pound 11,1 ± 2,1 pound	17,0 ± 2,3 pound 10,5 ± 1,7 pound
Mathiowetz ve ark. (1985)	27 (erkek) 27 (bayan)	27,4 26,6	18,3 ± 4,4 pound 11,9 ± 1,8 pound	17,5 ± 5,2 pound 11,3 ± 1,8 pound
Taştekin ve ark. (2006)	7 (erkek) 31(kadın)	53,5 ± 13,1	5,40 ± 1,90 (dominant el)	

İncel ve ark.'nın (2000) ve Evcik ve Kızılay'ın (2001) çalışmasında erkek ve bayan deneklerin dominant ve diğer el parmak ucu kavrama kuvveti; Mathiowetz ve ark.'nın (1985) çalışmasında farklı yaş gruplarındaki erkek ve bayan deneklerin sağ ve sol el parmak ucu kavrama kuvveti bizim çalışmamızda bulduğumuz sağ ve sol el sıkıştırma kuvvetlerinden daha yüksek çıkmıştır. Diğer taraftan Taştekin ve ark.'nın (2006) çalışmasında dominant el için bulunan parmak sıkıştırma kuvveti bizim çalışmamızdaki ölçüm değerlerinden daha düşük çıkmıştır.

Çizelge 4.47. Baş, işaret ve orta parmak kavrama gücü (palmar pinch) ile ilgili çalışmalar

Yazar	n	Yaş ortalaması (yıl)	Sağ baş, işaret ve orta parmak Kavrama Kuvveti (kg) (X ± SD)	Sol baş, işaret ve orta parmak Kavrama Kuvveti (kg) (X ± SD)
Mathiowetz ve ark. (1985)	29 (erkek)	21,7	26,6 ± 5,3 pound	25,7 ± 5,8 pound
	26 (bayan)	22,4	17,2 ± 2,3 pound	16,3 ± 2,8 pound
Mathiowetz ve ark. (1985)	27 (erkek)	27,4	26,0 ± 4,3 pound	25,1 ± 4,2 pound
	27 (bayan)	26,6	17,7 ± 3,2 pound	17,0 ± 3,0 pound
Taştekin ve ark. (2006)	7 (erkek) 31(kadın)	53,5 ± 13,1	4,25 ± 1,60 (dominant el)	

Mathiowetz ve ark.'nın (1985) çalışmasında farklı yaş grupları, farklı cinsiyet grupları ve sağ ve sol el için bulunan baş, işaret ve orta parmak kullanılarak alınan parmak kavrama kuvveti değerleri bizim çalışmamızda bulduğumuz değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Taştekin ve ark.'nın (2006) çalışmasında ise dominant el için bulunan parmak kavrama kuvveti bizim çalışmamıza kıyasla daha düşük bulunmuştur.

Kavrama kuvveti ve sıkıştırma kuvvetlerinin bizim çalışmamıza kıyasla daha farklı çıkmasının nedenlerini genel anlamda, birkaç çalışma için yaş aralıklarının bizim çalışmamızdaki yaş aralığından daha düşük veya daha yüksek olması, denek sayılarının bazı çalışmalar için oldukça düşük olması, birkaç çalışmada erkek ve kız deneklerin spor dallarıyla uğraşması veya farklı meslek gruplarından olması, kavrama kuvveti ölçüm metotlarının bizim çalışmamızla farklılık göstermesi (örneğin hidrolik yerine dijital el dinamometresi kullanımı), ölçümlerin farklı

pozisyonlarda alınması (oturarak veya ayakta) ve son olarak bazı çalışmaların farklı millete ait ölçümler olması şeklinde sıralayabiliriz.

Son yıllarda, Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Bulanık Mantık (BM) yöntemlerinin birleşiminden oluşan Adaptif Ağ Yapılı Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System-ANFIS) bir modelleme yöntemi olarak önerilmekte ve kullanılmaya başlanmaktadır. YSA ve BM yaklaşımları, problemin çözümünde bireysel olarak etkili bir şekilde uygulanmaktadır. Ancak son yıllarda, bu iki yaklaşımın birleşiminden oluşan, daha güçlü ve etkili bir yöntem olan ANFIS kullanılmaya başlanmıştır. ANFIS, YSA'nın öğrenme yeteneğini kullanarak giriş ve çıkış değişkenlerini ilişkilendirmekte, modelin giriş yapısını tanımlamakta, etkili bir şekilde bulanık kuralları oluşturmaktadır. Bu sayede bulanık yönteminin en önemli problemi ortadan kalkmaktadır. Ayrıca, BM yönteminin, düşünme ve karar verme özelliği ile sonuca ulaşmaktadır.

Bu çalışmada giriş ve çıkış değerleri arasındaki ilişkinin literatürde daha önce incelenmediği göz önüne alındığında; uzman bilgisinin elde edilmesinin ve olası giriş değerlerinin fazlalığı sonucu oluşacak kural yazma zorluğu bakımından (ANFIS) kullanımı uygun görülmüştür. ANFIS ile öğrenme metodunun kullanılması ve sistemin ihtiyaç duyduğu kadar kural sayısının oluşturulması ile modelin doğruluğunun arttırılacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda yöntem olarak ANFIS ile regresyon analizinin kıyaslaması yapılmıştır. Sonuç olarak ANFIS yönteminin antropometrik verileri kullanarak kavrama kuvvetinin tahmininde regresyon analizine kıyasla daha doğru tahmin yaptığı tespit edildi. Literatürde bizim çalışmamıza benzer şekilde Kaya ve ark. (2004) yapmış oldukları çalışmada, ANFIS ile regresyon analizi yöntemlerini standart sapmaları baz alarak karşılaştırmış ve ANFIS yönteminin bizim çalışmamıza paralel olarak regresyon analizinden daha iyi tahmin yöntemi olduğu sonucuna varmışlardır. Akbulut ve ark. (2004), kum örneklerinin katsayı ve modüllerinin tahmininde ANFIS metodunu kullanmışlardır. ANFIS sonuçları ve çoklu regresyon analizi metodu (MRM) karşılaştırılmış ve R^2 değerleri baz alınarak kıyaslandığında bizim çalışmamıza paralel olarak ANFIS regresyon analizi metoduna kıyasla daha iyi tahmin sonucu vermiştir.

Bizim alışmamızda Roeder el beceri testi ile bulduğumuz sonuçların antropometrik ve biyomekanik faktörlerle olan ilişkisi genel anlamda negatif ve anlamlı bulundu. Benzer şekilde Salvendy (1971) yapmış olduğu çalışmada aldığı 7 el antropometrik ölçüm değerleri ile sadece montajdan oluşan 2 farklı el beceri testi (Purdue Pegboard ve One-Hole Test) sonucunu karşılaştırmış ve aradaki ilişki benzer şekilde negatif korelasyon çıkmış fakat anlamlı olmayan sonuçlar bulmuşlardır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmanın bu kısmında, daha önce çalışmanın amacında belirtilen yapmak istediklerimiz doğrultusunda ne kadar ilerlediğimizi ve bu süreçte yapılan analizler sonucunda ne gibi sonuçlara ulaşıldığından bahsedilmiştir. Ayrıca çıkan sonuçların literatüre hangi katkılarda bulunduğu belirtilmiş ve ileriki zamanlarda bu konu ile ilgili yapılabilecek çalışmalar için önerilerde bulunuldu.

5.1. Sonuçlar

Diş hekimliği fakültesi öğrencilerinin katılımı ile alınan demografik, el antropometrik ve biyomekanik ölçümlerinin arasındaki ilişkinin ve el beceri testi sonuçlarına etkisinin ele alındığı bu çalışmada birçok sonuç elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda el becerisini etkileyen temel antropometrik ve biyomekanik faktörlerin hangilerinin olduğu ortaya çıkarıldı ve aradaki ilişkinin analizi ile daha net bilgiler elde edilerek çalışmanın amacında ortaya konulan hedeflerden biri gerçekleştirildi. Bu bilgiler doğrultusunda öğrencilerin cinsiyet farklılığı, el dominansı ve farklı sınıflardaki durumu göz önüne alınarak literatür için detaylı analizler ortaya konmuştur. Örneğin el boyutunun küçüldükçe el beceri testinde daha yüksek sonuçların elde edildiği gözlemlendi. Beceri testi uygulamasında kız öğrencilerin erkek öğrencilerden daha başarılı çıkması bu sonucu destekler niteliktedir. Genel anlamda, alınan antropometrik ölçümlerin birçoğunun el becerisi ile olan ilişkisi anlamlı çıkmıştır. Alınan biyomekanik faktörlerden ise sadece işaret ve orta parmak arasındaki abdüksiyon açısı anlamlı ilişki göstermiştir. Diş hekimliği uygulamaları sırasında alet kullanımında işaret ve orta parmak arasındaki abdüksiyon açısının oldukça önem arz etmesi bizim sonucumuzun önemini açıkça ortaya koymuştur. Aldığımız ölçümlerin birçoğunun literatürde alınmadığı göz önünde bulundurulduğunda ilerisi için el antropometrisi ve biyomekaniği için önemli veritabanı oluşturabileceği ve özellikle diş hekimliği ile ilgili el aletlerinin ergonomik tasarımında da temel oluşturabileceği söylenebilir.

Çalışmamızda antropometrik ve biyomekanik faktörlerin kendi aralarında ve birbirleri ile olan yüksek korelasyon ilişkisi ve parametrelerin oldukça fazla olmasından dolayı faktör analizi kullanılarak parametre sayısının düşürülmesi ve bağımlılığın ortadan kaldırılması sonucunda regresyon analizi ve ANFIS için giriş ve çıkış değerleri oluşturuldu. ANFIS ve regresyon analizi yöntemi ile yapılan sağ el kavrama kuvveti tahminin değerlendirilmesi sonucunda ANFIS yönteminin regresyon analizine kıyasla daha doğru sonuç verdiği ve ANFIS modelinin daha da geliştirildiğinde sonucun daha iyiye gidebileceği gözlemlenmiştir. Veri sayısının daha fazla olduğu durumlarda eğitim verisinin artmasından dolayı ANFIS sonucunun regresyon analizine kıyasla daha da iyi sonuçlar verebileceği kararına varılmıştır. Yapılan bu çalışma az sayıda veri içeren benzer veri gruplarının modellenmesinde ve tahmininde bulanık sinir ağı tekniklerinin oldukça başarılı olduklarını göstermektedir.

5.2. Öneriler

Çalışmanın son bölümü olan öneriler kısmında ileriki zamanlarda bu konu ile ilgili yapılabilecek çalışmalar için önerilerde bulunuldu. Öneriler şu şekilde sıralanabilir;

- i) El becerisinin gerektirdiği farklı meslek grupları için literatürde kullanılan diğer el beceri testleri temin edilerek farklı meslek gruplarının birbiriyle kıyaslaması yapılabilir.
- ii) Çalışmanın kapsamı Türkiye’de ki tüm diş hekimliği fakülteleri için genişletilip, diş hekimliği fakültesi öğrencileri için beceri testi norm değerleri çıkartılabilir.
- iii) Alınan antropometrik ve biyomekanik ölçümleri ile diş hekimliği ile ilgili el aletlerinin ergonomik tasarımı için temel oluşturulabilir.
- iv) ANFIS yöntemiyle kurulan tahmin modelinin veri sayısı artırılarak doğruluğu artırılabilir ve diğer yapay zeka yöntemlerinden yararlanılarak tahminler yapıp karşılaştırmalar yapılabilir.

- v) ANFIS yöntemiyle tüm kurallar dikkate alınmış olup, oluşturulan kurallar içerisinde ihtiyaç duyulmayan kurallar çıkartılarak modelin doğruluğu artırılabilir.

KAYNAKLAR

- ACZEL, A. D., 2000. Complete Business Statistics. 4. Ed. McGraw-Hill Comp. New York, 917s.
- AGNIHOTRI, A.K., B. PURWAR, B., N. JEEBUN, N., AGNIHOTRI, S., 2006. Determination of Sex By Hand Dimensions. The Internet Journal of Forensic Science, Vol. 1, 1-1
- AĞAOĞLU, S.A., KADIRIMCI, M., TAŞMEKTEPLİGİL, Y., 2000. Ağırlık Topuyla Yapılan Plyometrik Antrenmanın Hentbolcuların Dikey Sıçraması Ve Atış Kuvvetine Etkisi. Gazi Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri 1. Kongresi Bildiriler, Hareket Ve Antrenman Bilimleri Spor Sağlık Bilimleri, Ankara, s: 58-66.
- AKBULUT, S., HASILOĞLU, A.S., PAMUKÇU, S., 2004. Data generation for shear modulus and damping ratio in reinforced sands using adaptive neuro-fuzzy inference system. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 24:805-814.
- AKIN, G., 2001. Antropometri ve Ergonomi. İnkansa Ofset Matbaacılık, Ankara. 160s.
- AKIN, G., KOCA, B., 2002. Ergonomide Antropometrinin Önemi, Standart Dergisi, 490: 43-47
- AKKUŞ, H., İNAL, A.N., 1999. Selçuk Üniversitesi Erkek Basketbol, Güreş ve Voleybol Takımlarındaki Sporcu Öğrencilerin Sırt, Pençe, Bacak Kuvvetlerinin ve Anaerobik Güçlerinin Ölçümü ve Kıyaslanması. Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 1(1): 82-87.
- AKPINAR, K. E., 2004. Dişhekimliğinde Ergonomi ve Muayenehane Yönetimi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 111s.
- ALBAYRAK, A.S., EROĞLU, A., KAYIŞ, A., KALAYCI, Ş., 2008. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri (Ş.KALAYCI editor). 3. Baskı, Ankara, 426s.
- ANONİM. 2003a. Ergonominin Tanımı ve Amacı, <http://www.students.itu.edu.tr/karase/ergonomi.html>.
- ANONYMOUS, 2005. Fuzzy Logic Toolbox User's Guide. www.mathworks.com.

- ARİFOĞLU, U., 2005. Matlab 7. Alfa yayınları, 895 s. İstanbul.
- BALAKRISHNAN, V., YEOW, P.H.P., 2008. Hand Anthropometry and SMS Satisfaction. *Journal of Applied Sciences*, 8(5): 816-822.
- BENSEL, C.K., 1993. The effects of various thicknesses of chemical protective gloves on manual dexterity. *Ergonomics*, Volume 36, Issue 6, pp. 687 – 696.
- BERCY, P., TENENBAUM, H., 1989. Manual dexterity and acquisition of correct dental hygiene. *Rev Belge Med Dent.*,44(2):110-114.
- BUCHHOLZ, B., ARMSTRONG, T.J., GOLDSTEIN S.A., 1992. Anthropometric Data For Describing The Kinematics Of The Human Hand. *Ergonomics*, 35(3): 261-273.
- BUFFINGTON, C.W., MACMURDO, S.D., RYAN, C.M., 2006. Body Position Affects Manual Dexterity, *Anesth Analg*, 102:1879-1883
- CENSUS AT SCHOOL, 2005. Average wrist circumference, by age <http://www19.statcan.ca/>.
- CHAN, T., 2000. An investigation of finger and manual dexterity. *Percept Mot Skills*, 90(2):537-542.
- CHUANG, M.C., YOU, M., CAI, D., CHEN, C.C., 1997. Isometric Muscle Strength of Chinese Young Males In Taiwan. *Ergonomics*, 40(5): 576-590.
- CLERKE, A.M., CLERKE, J.P., ADAMS, R.D., 2005. Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers. *Journal of Hand Therapy*, vol.18, Issue 1, 19-29.
- ÇAM, E., YILDIZ, O., 2006. Prediction of wind speed and power in the Central Anatolian Region of turkey by Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS). *Turkish J. Eng. Env. Sci.* 30, 35-41.
- DAANEN, H., 1993. Deterioration of manual performance in cold and windy climates, AGARD, The Support of Air Operations under Extreme Hot and Cold Weather Conditions, International Organization, NATO, 540.
- DERE, F., DURGUN, B., 1994. Spor Eğitimi için Fonksiyonel Anatomi, Adana, 229s.

- DICKINSON, C., SHIM, M., 2007. The influence of manual dexterity on reading speed with a hand-held magnifier. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 48 (9): 4368-4374.
- DİZDAR, E. N., 2003, Ergonomik İş İstasyonu Tasarımında İlk Adım Antropometri. *Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, Nisan-Mayıs-Haziran
- DRAPER, N.R., H. SMITH., 1981. *Applied Regression Analysis*. 2.ed., New York: John Wiley Sons, 709s.
- EDUCATIONAL TESTING SERVICE, 1992. *Manual Dexterity Tests*, Princeton, 39s.
- ELER, N., SEVİM, Y., BÜYÜKYAZI, G., 2000. Dairesel Çabuk Kuvvet Antrenman Metodunun Üst Düzey Bayan Voleybolcuların Bazı Motorik Ve Fizyolojik Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *Gazi Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri 1. Kongresi Bildiriler, Hareket Ve Antrenman Bilimleri Spor Sağlık Bilimleri*, Ankara, s: 29-36.
- ERKAN, N., 2003, *Ergonomi* (8. Basım). MPM Yayınları, Ankara, 316 s.
- ESTEVEZ, A.C., REIS, D.C., CALDEIRA, R.M., LEITE, R.M., MORO, A.R., JÚNIOR, N.G., 2005. Grip force, laterality, sex and hand anthropometry of children in scholar age. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, Vol: 7 Issue: 2, 69-75.
- EVCİK, D., KIZILAY, B., 2001. Geriatrik Hastalarda El Kavrama Gücü ve Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Yetersizlik Düzeyi İle İlişkisi, *Geriatri* 4(1): 11-14.
- FERRIGNO, D., BUCCHERI, G., 2001. Anthropometric measurements in non-small-cell lung cancer. *Supportive care in cancer*, Vol.9, Num.7, 522-527.
- FERNANDEZ, J.E., UPPUGONDURI, K.G., 1992. Anthropometry Of South Indian Industrial Workmen. *Ergonomics*, 35(11): 1393-1398.
- FIRAT, M., 2007. Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Havza Modellemesi. Doktora tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli
- GANSKY, S., PRITCHARD, H., KAHL, E., MENDOZA, D., BIRD, W., MILLER, A.J., GRAHAM, D., 2004. Reliability and Validity of a Manual Dexterity

- Test to Predict Preclinical Grades. Journal of Dental Education, Volume 68, Number 9, 985-994.
- GIULIANI, M., LAJOLO, C., CLEMENTE, L., QUERQUI, A., VIOTTI, R., BOARI, A., MIANI, C.M., 2007. Is Manual Dexterity Essential in the Selection of Dental Students. British Dental Journal, 203: 149-155.
- GÖKBEL, H., ÇALIŞKAN, S., 1998. El tercihi, el becerisi ve el kavrama kuvveti ile testosteron ve testosteron arasındaki ilişkiler. Genel Tıp Dergisi, 8(1): 13-16.
- GÖKBEL, H., ÇALIŞKAN, S., 1997. El tercihi ile el becerisi ve el kavrama kuvveti arasındaki ilişkiler. Genel Tıp Dergisi, 7(4): 195-197.
- GÜLER, Ç., 1997. Ergonomiye Giriş. 1. Baskı, Ankara, 61s.
- GÜNAYDIN, G., KOÇ, H., CİCİOĞLU, İ., 2000. Türk Bayan Milli Takım Güreşçilerinin Fiziksel Ve Fizyolojik Profillerinin Belirlenmesi. Gazi Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri 1. Kongresi Bildiriler, Hareket Ve Antrenman Bilimleri Spor Sağlık Bilimleri, Ankara, s: 22-28.
- GÜNDOĞAN, N., YAZICI, A.C., ÖĞÜŞ, E., ŞİMŞEK, A., 2007. El Tercihi ile Dominant Göz Arasındaki İlişkinin Farklı Yöntemlerle İncelendiği Orijinal Bir Çalışma. Türkiye Klinikleri J Med Sci , 27:155-163.
- GÜNDOĞAN, N.Ü., YAZICI, A.C., ŞİMŞEK, A., 2006. Üniversite öğrencilerinde El tercihinin cinsiyetle ilişkisinin incelenmesi. Türkiye Klinikleri J Med Sci., 26: 225-231.
- HANSELMAN, D., LITTLEFIELD, B., 2001. Mastering MATLAB 6. Prentice Hall, 814s. New Jersey.
- HAWARD, B.M., GRIFFIN, M.J., 2002. Repeatability of grip strength and dexterity tests and the effects of age and gender. International Archives of Occupational and Environmental Health, 75 (1-2): 111-119.
- HIGHTON, J., DAVIDSON, P., MARKHAM, V., 2003. A laser aligned method for anthropometry of hands. Journal of Biomechanics, 36, 1397-1400.
- HSIAO, H., WHITESTONE, J., BRADTMILLER, B., WHISLER, R., ZWIENER, J., LAFFERTY, C., KAU, T.Y., GROSS, M., 2005. Anthropometric criteria

- for the design of tractor cabs and protection frames. *Ergonomics*, Vol.48, No.4, 323-353.
- İNCEL, N., CECELİ, E., DURUKAN, P., ÖKEN, Ö., ERDEM, H.R., 2002. El Kavrama Gücüne Cinsiyet ve El Dominansının Etkisinin Değerlendirilmesi. *Romatizma*, Cilt:17, Sayı:1.
- İNCEL, N., CECELİ, E., DURUKAN, P., ÖKEN, Ö., ERDEM, H.R., YORGANCIOĞLU, Z.R., 2002. Grip Strength: Effect of Hand Dominance. *Singapore Med J*, 43(5):235.
- JANG, J. S. R., 1993, "ANFIS: Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems", *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, 23 (03), 665-685.
- JANG, J.-S.R., SUN, C.-T., MIZUTANI, E., 1997. *Neuro- Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, First Edition, Prentice Hall, 614s.
- KAMIENIARZ, M., STRYLA, W., HAGLAVER, P., KAMIEIARZ, G., 1999. Standardised Computer Tests For Assessment Of Children Manual Dexterity. *Computational Methods in Science and Technology* 5,25-38.
- KAYA, Y., GÜNAY, M., 2000. Sezon Arasında Yapılan Hazırlık Antrenmanlarının Futbolcuların Performanslarına Etkisi. *Gazi Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri 1. Kongresi Bildiriler, Hareket Ve Antrenman Bilimleri Spor Sağlık Bilimleri*, Ankara, s: 116-121.
- KAYA, M.D., HASİLOĞLU, A.S., BAYRAMOĞLU, M., YEŞİLYURT, H., ÖZOK, A.F., 2003. A New Approach to Estimate Anthropometric Measurements by Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32, 105-114.
- KILINÇ, F., GÜNAY, M., GÖKDEMİR, K., 2000. Ümit Milli Bayan Basketbolcuların Bazı Fizyolojik ve Biomotorik Özellikleri Ve Postür Yapılarının İncelenmesi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri 1. Kongresi Bildiriler, Hareket Ve Antrenman Bilimleri Spor Sağlık Bilimleri*, Ankara, s: 184-191.
- KLEIMBAUM, D.G., KUPPER, L.L., MULLER, K.E., 1988. *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods*, Duxbury Press,718s.

- KOÇ, H., GÖKDEMİR, K., KILINÇ, F., 2000. Sezon Arasında Yapılan Antrenmanların Kütahyaspor Futbolcularının Bazı Fiziksel ve Fizyolojik Parametrelerine Etkisi. Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri 1. Kongresi Bildiriler, Hareket ve Antrenman Bilimleri Spor Sağlık Bilimleri, Ankara, s: 122-128.
- KOIVO, H., 2006. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. http://www.control.hut.fi/Kurssit/AS_74.3115/Material/Adaptive_Neuro_Fuzzy_Inference_System.pdf
- KULAKSIZ, G., GÖZİL, R., 2002. The Effect of hand preference on hand anthropometric measurements in healthy individuals. Annals of Anatomy, 184: 257-265.
- KUMAR, M., HICKEY, S., SHAW, S., 2000. Manual dexterity and successful hearing aid use. The Journal of Laryngology and Otology, 114: 593-597.
- KUNELIUS, A., DARZINS, S., CROMIE, J., OAKMAN, J., 2007. Development of normative data for hand strength and anthropometric dimensions in a population of auto workers. Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, Vol.28, No:3, 267-278.
- LAUBACH, L.L., McCONVILLE, J.T., 1967. Notes On Anthropometric Technique: Anthropometric Measurements-Right And Left Sides. American Journal Of Physical Anthropology; 26: 367-370.
- LUNDERGAN, W.P., SODERSTROM, E.J., CHAMBERS, D.W., 2007. Tweezer dexterity aptitude of dental students, Journal of Dental Education, 71(8):1090-1097.
- MANDAHAWI, N., IMRHAN, S., AL-SHOBAKI, S., SARDER, B., 2008. Hand anthropometry survey for the Jordanian population. Industrial Journal of Industrial Ergonomics, doi: 10.1016/j.ergon.01010
- MARCE, R., COMERMA, M., GARCIA, J.C. ve ARMENGOL, J., 2004. A neuro-fuzzy modeling tool to estimate fluvial nutrient loads in watersheds under time-varying human impact. Limnology and Oceanography: Methods. 2: 342-355.

- MATHIOWETZ, V., KASHMAN, N., VOLLAND, G., WEBER, K., DOWE, M., ROGERS, S., 1985. Grip and Pinch Strength: Normative Data for Adults, *Arc Phys. Med. Rehabil.* 66: 69-72.
- MEANS, L.W., WALTERS, R.E., 1982. Note Sex, Handedness And Asymmetry Of Hand And Foot Length. *Neuropsychologia*, 20(6): 715-719.
- MOORE, B.J., 1994. An evaluation of the effects of latex examination gloves on sensibility and manual dexterity of the hand. The University of Nebraska, Doktora Tezi, 159s.
- NAG, A., NAG, P.K., DESAI, H., 2003. Hand anthropometry of Indian Women. *Indian J. Med Res*, 117, 260-269.
- NALÇACI, E., KALAYCIOĞLU, C., GÜNEŞ, E., ÇİÇEK, M., 2002. El Tercihi Anketinin Geçerlik ve Güvenilirliği. *Türk Psikiyatri Dergisi*, 13(2):99-106.
- NAZARUDDIN, Z., 2005. Grip strength prediction for Malaysian industrial workers using artificial neural Networks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol.35, 807-816.
- NEIBURGER, E.J., 1992. Latex gloves and manual dexterity, a study of 50 midwest dentists. *N Y State Dent J*, 58(1):24-28.
- NELSON, J.B., MITAL, A., 1995. An ergonomic evaluation of dexterity and tactility with increase in examination/surgical glove thickness. *Ergonomics*, 38(4):723-33.
- NICOLAY, C.W., WALKER, A.L., 2005. Grip Strength and Endurance: Influences of anthropometric Variation, Hand Dominance and Gender, *International Journal of Industrial Ergonomics* 35, 605-618.
- OJIMBA, J.I., FERGUSON, M.B., WEBER, H.P., 2004. Evaluation of Third Year Dental Students Hand Skill Levels. Keynote Address and Clinical Practice, Feedback and Assessment.
- OKUNRIBIDO, O.O., 2000. A Survey of hand anthropometry of female rural farm workers in Ibadan. *Ergonomics*, vol. 43, No.2, 282-292.
- ORBAK, R., TEZEL, A., ÇANAKCI, V., TAN, U., 2002. Right- And Left- Handed Dentists Using Right- And Left-Sided Dental Chairs In Treatment

- Of Calculus. International Journal of Neuroscience, Vol. 112, Issue 1, P15, 16p.
- ÖZÇALIK, H.R., UYGUR, A.F., 2003. Dinamik Sistemlerin Uyumlu Sinirsel-Bulanık Ağ Yapısına Dayalı Etken Modellenmesi, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 6(1): 36-46.
- ÖZOK, A. F., 2002. İşbilim. İTÜ Endüstri Mühendisliği Ders Notları, İstanbul.
- PASCHOLD, H.W., 1985. The effect of workgloves on manual dexterity. The University of Texas, Y. Lisans Tezi, 70s.
- PEKEL, H.A., BALCI, Ş.S., ARSLAN, Ö., BAĞCI, E., AYDOS, L., TAMER, K., PEPE, H., KALEMOĞLU, Y., 2007. Atletizm Yapan Çocukların Performansla İlgili Fiziksel Uygunluk Test sonuçlarının ve Bazı Antropometrik Özelliklerinin Değerlendirilmesi, Kastamonu Eğitim Dergisi 15(1): 427-438
- PHEASANT, S., 1996. Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and the Design of the Work, 258s.
- POWERS, S.K., WALKER, R., 1982. Physiological And Anatomical Characteristics Of Outstanding Female Junior Tennis Players. Research Quarterly For Exercise And Sport, 53(2): 172-175.
- RANGANATHAN, V.K., SIEMIONOW, V., SAHGAL, V., YUE, G.H., 2001. Effects of aging on hand function. Journal of American Geriatrics Society, 49: 1478-1484.
- ROADER, W.S., 1967. Roader Manipulative Aptitude Test. Model 32026. Instruction Manual, 25s.
- SAENGCHAIYA, N., BUNTERNGCHIT, Y., 2004. Hand Anthropometry of Thai Female Industrial Workers. The Journal of KMITNB, Vol. 14, No.1, 16-19.
- SAKA, T., YILDIZ, Y., TEKBAŞ, Ö.F., AYDIN, T., 2008. Genç Erkeklerde Spor Okulu Eğitim Programının Bazı Antropometrik ve Fonksiyonel Testler Üzerine Etkisi, Niğde Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi Cilt 2 Sayı 1.

- SARI, N.İ., ARSLAN, E., 2007. Geoit Yüksekliğinin ANFIS ile Adım Adım Hesaplanması. Jeodezi, Jeoinformasyon ve arazi Yönetimi Dergisi, Sayı 96, 31-38.
- SALVENDY, G., 1971. Hand Size and Assembly Performance. IEE Transactions, 3:1, 32-36.
- SAWYER, J., BENNETT, A., 2006. Comparing the level of Dexterity offered by latex and Nitrile safe skin Gloves. Ann. Occup. Hyg., Vol. 50, No. 3, pp. 289-296.
- SEMPROLI, S., BRASILI, P., TOSELLI, S., VENTRELLA, A.R., JÜRIMÄE, J., JÜRIMÄE, T., 2007. The influence of anthropometric characteristics to the handgrip and pinch strength in 6-10-year old children, Anthropol Anz, 65(3):293-302.
- SHARMA, S., 1996. Applied Multivariate Techniques, John Wiley&Sons Inc. New York, 685s.
- SOYUPEK, F., AYHAN, F., CECELİ, E., YORGANCIOĞLU, R., 2006. The evaluation of hand function in women: The important role of estrogen. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, vol 19, no:4, 103-109.
- SOYUPEK, F., BÖLÜKBAŞI, N., YORGANCIOĞLU, Z.R., GÖKOĞLU, F., 2006. Aerobik Egzersizin Koroner Arter Hastalığı Olan Hastaların El Kavrama Kuvveti ve Becerisi Üzerine Etkisi. Türk Fiz Tıp Rehab. Derg., 52(2):72-75.
- SPSS Inc. 1999. SPSS Inc. Available URL: <http://www.spss.com>.
- STEIN, R., FERRERO, S., HETFIELD, M., QUINN, A., KRICHEVER, M., 1998. Development of a commercially successful wearable data collection system. Wearable Computers. Digest of papers. Second International Symposium, 18-24
- SU, B. A., 2001. Ergonomi. Atılım Üniversitesi Yayınları, No: 5, Ankara, 245s.
- ŞEN, C., 1997. Deplasmanlı Milli Ligde Oynayan Basketbolcuların Üst Ekstremité Morfolojik Özellikleri, İstemli Maksimal Hareket Genişlikleri, İzometrik Kuvvet Ve Serbest Atış Arasındaki İlişkiler. Çukurova Üniversitesi, Sağlık

- Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi Ve Spor Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, s: 29, 37.
- ŞEN, Z., 2004c. Yapay Sinir Ağları İlkeleri. Su Vakfı yayınları. 183s, Türkiye.
- ŞENEL, B., 2007. Diş Hekimleri için Risk Taşıyan Hastalıklar ve Diş Hekimlerinin Mesleki Rahatsızlıkları. Gülhane Tıp Dergisi, 49: 204-212.
- TAŞTEKİN, N., UZUNCU, K., BİRTANE, M., KABAYEL, D., ÖZTÜRK, G., 2006. Romatoid Artrit’li Hastalarda, El eklemlerindeki Hareket Açıklığı ve El Kavrama Kuvvetlerinin Hastalık Aktivasyonu, El Fonksiyonları ve Özürllük ile İlişkisi, Romatizma 21:13-7.
- TEZEL, C., UŞAN, H., İÇAĞASIOĞLU, A., ESENER, C., CANİK, N., 2004. 150 Sağlıklı Erişkin Erkekde Metakarpal Kemik Kitlesi ve El Kavrama Gücü ilişkisi. Osteoporoz Dünyasından, 10(4):157-160.
- TSOUKALAS, L.H., UHRIG, R.E., 1996. Fuzzy and Neural Approaches in Engineering. New York, NY: John Wiley & Sons, 600s.
- TUTKUN, E., 1996. Hentbol, Voleybol, Futbol, Güreş, Judo Okul Takımlarında Yer Alan Üniversite Öğrencilerinin Antropometrik Yapıları ile Motorsal Test Ölçümlerinin İncelenmesi”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi Ve Spor Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, s: 12, 13, 34, 42.
- TÜRKÜN, L.Ş., TÜRKÜN, M., ŞAHBUDAK, P., ALPER, S., 2001. Diş hekimleri Arasında Eldiven Kullanma Alışkanlığı: Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi. T. Klin. Diş Hek Bil., 7:123-132.
- UZUNOĞLU, M., ONAR, Ö.Ç., 2003. Her Yönü ile Matlab. Türkmen kitapevi, 652 s. İstanbul.
- WAGNER, C.H., 1998. The pianist's hand: anthropometry and biomechanics. Ergonomics, 31(1); 97-131.
- WANG, Y.M., ELHAG, T.M.S., 2008. An adaptive neuro-fuzzy inference system for bridge risk assessment. Expert systems with Applications 34, 3099-3106.
- WARNE, K., PRASAD, G., SIDDIQUE, M.N.H. ve MAGUIRE, L.P. 2004 Development of a hybrid PCA-ANFIS Measurement System for

- Monitoring Product Quality in the Coating Industry. IEEE International Conference on Syatems, Man and Cybernetics. 10-13 Ekim 2004: 3519-1524, Netherlands.
- WEINSTEIN, P., KIYAK, H.A., MILGRAM, P., RATENER, P., MARRISON, K.,1979. Manual dexterity as a predictor of quality of care among dental practitioners. Journal of Dental Education, Vol 43, Issue 3, 165-169.
- YILDIRIM, Y., BAYRAMOĞLU, M., 2006. Adaptive Neuro-Fuzzy Based Modelling for Prediction of Air Pollution Daily Levels in City of Zonguldak. Chemosphere, 63(9) : 1575-1582.
- YÜKSEL, M.F., 2003. Havadaki SO₂ konsantrasyonunun “Adaptive-Neuro-Fuzzy“ ile modellenmesi ve tahmini. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Yüksek Lisans Tezi, 78s.
- ZAHEERUDDIN, Z., GARİMA, G., 2006. A neuro-fuzzy approach for prediction of human work efficiency in noisy environment. Applied Soft Computing, Vol 6, Issue 3, 283-294.
- ZORBA, E., YAMAN, R., YILDIRIM, S., SAYGIN, Ö., 2000. 18-24 Yaş Grubu Sedanter Bayan Öğrencilerde 8 Haftalık Step Uygulamasının Bazı Fiziksel Uygunluk Ve Antropometrik Değerlere Etkisi. Gazi Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri 1. Kongresi Bildiriler, Hareket Ve Antrenman Bilimleri Spor Sağlık Bilimleri, Ankara, s: 74-79.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Adana’da doğmuştur. 1993 yılında Mimar Kemal İlköğretim Okulu İlkokulu’nda İlkokulu tamamladıktan sonra ortaokul ve lise öğrenimine Özel Adana Lisesi’nde devam etmiştir. 2000 yılında Özel Adana Lisesi’nden mezun olmuştur. 2001 yılında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimine başlamış, 2006 yılında bölüm 3.sü olarak mezun olmuştur. 2006 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde başladığı yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir. Halen Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

EKLER

Ek 1. Aydınlatılmış Onam Belgesi

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ ENDÜSTRİ
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

“El Becerisine Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesine Yönelik Bulanık Mantık Yaklaşımı”

ÇALIŞMASI

BİLGİLENDİRME ve RIZA FORMU

Prof Dr. Behice Durgun ve Yrd. Doç. Dr. Oya Çetik yönetiminde, Yüksek Lisans öğrencisi Erman ÇAKIT tarafından yüksek lisans tez çalışması olarak sürdürülen araştırmamız çerçevesinde, el becerisine etki eden antropometrik ve biyomekanik faktörlerin değerlendirilmesine yönelik bulanık mantık yaklaşımı için Diş Hekimliği Öğrencilerinde antropometrik ve biyomekanik ölçümler yapılacaktır.

Sonuçlar sadece bilimsel amaçla kullanılacak, kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır. Çalışma, bilimsel bilgi birikimine katkı sağlamayı amaçlamakta olup, size doğrudan bir yarar sağlamayacaktır. Bu çalışmaya katılmama hakkınız bulunmaktadır. Ek bilgi talebiniz olursa sözlü olarak karşılanacaktır.

Bu araştırma için ölçümlerinizin alınmasını kabul ediyorsanız, lütfen aşağıdaki bölüme adınızı-
soyadınızı yazıp tarih ve imza atınız.

**YUKARIDA BELİRTİLEN KOŞULLAR ÇERÇEVESİNDE,
ANTROPOMETRİK VE BİYOMEKANİK ÖLÇÜMLERİN
YAPILMASINI KABUL EDİYORUM.**

AD VE SOYAD:

İMZA:

TARİH:

Ek 2. Demografik Özellikler Formu

Adı - Soyadı	
Cinsiyet	Erkek ☐ Kız ☐
Yaş	.. / .. / (Gün / Ay / Yıl)
Boy	
Kilo	
Sağlak - Solak	Sağlak ☐ Solak ☐
Sınıfı	

Ek 3. El Becerisi Testi Kayıt Formu

	Ham Puanlar
ÇUBUKLAR	
BAŞLIKLAR	
PULLAR VE SOMUNLAR (ÇİFT EL)	
TOPLAM	

PULLAR VE SOMUNLAR (SOL EL)	
PULLAR VE SOMUNLAR (SAĞ EL)	

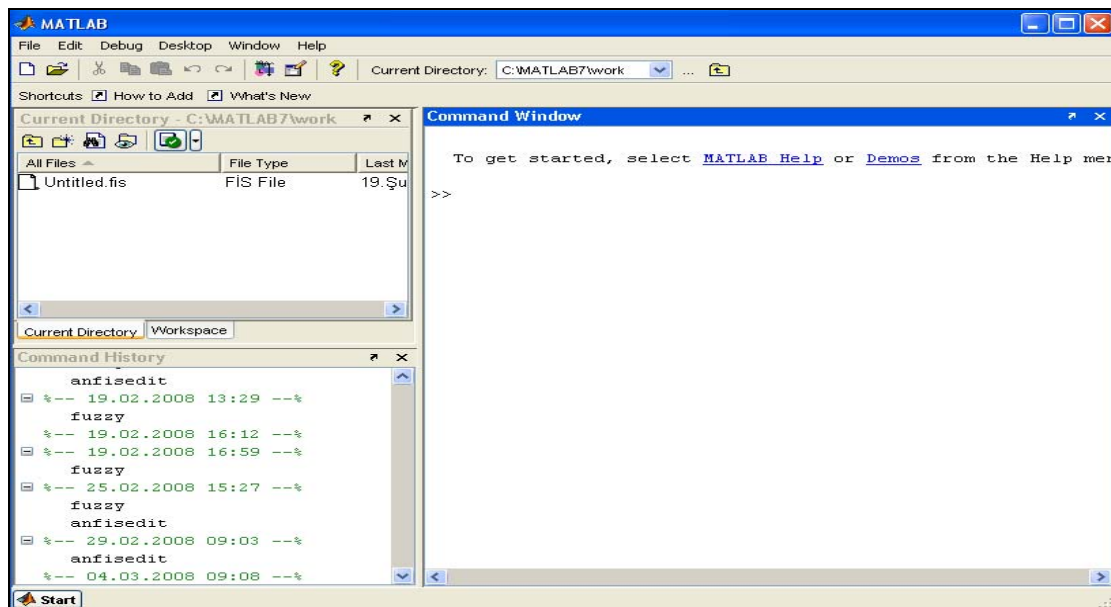
Ek 4. Antropometrik ve Biyomekanik Ölçüm Formu

	Sağ El	Sol El
Baş Parmak Genişliği (mm)		
Baş Parmak Genişliği orta kısım(mm)		
İşaret Parmağı Genişliği (mm)		
İşaret Parmağı Genişliği orta kısım (mm)		
Orta Parmak Genişliği (mm)		
Orta Parmak Genişliği orta kısım (mm)		
Yüzük Parmağı Genişliği (mm)		
Yüzük Parmağı Genişliği orta kısım (mm)		
Serçe Parmak Genişliği (mm)		
Serçe Parmak Genişliği orta kısım (mm)		
Baş Parmak Uzunluğu (mm)		
İşaret Parmak Uzunluğu (mm)		
Orta Parmak Uzunluğu (mm)		
Yüzük Parmağı Uzunluğu (mm)		
Serçe Parmak Uzunluğu (mm)		
Baş Parmak Çevresi (mm)		
Baş Parmak Çevresi orta kısım (mm)		
İşaret Parmak Çevresi (mm)		
İşaret Parmak Çevresi orta kısım (mm)		
Orta Parmak Çevresi (mm)		
Orta Parmak Çevresi orta kısım (mm)		
Yüzük Parmağı Çevresi (mm)		
Yüzük Parmağı Çevresi orta kısım (mm)		
Serçe Parmağı Çevresi (mm)		
Serçe Parmağı Çevresi orta kısım (mm)		
El Uzunluğu (mm)		
El Genişliği (mm)		
Avuç İçi Genişliği (mm)		
El Derinliği (mm)		
Bilek Çevresi (mm)		
Bilek Genişliği (mm)		
Metakarpal çizgisinin genişliği (mm)		
Önkol Uzunluğu (mm)		
Kavrama Kuvveti (N)		

Ek 5. MATLAB’da ANFIS Uygulamaları

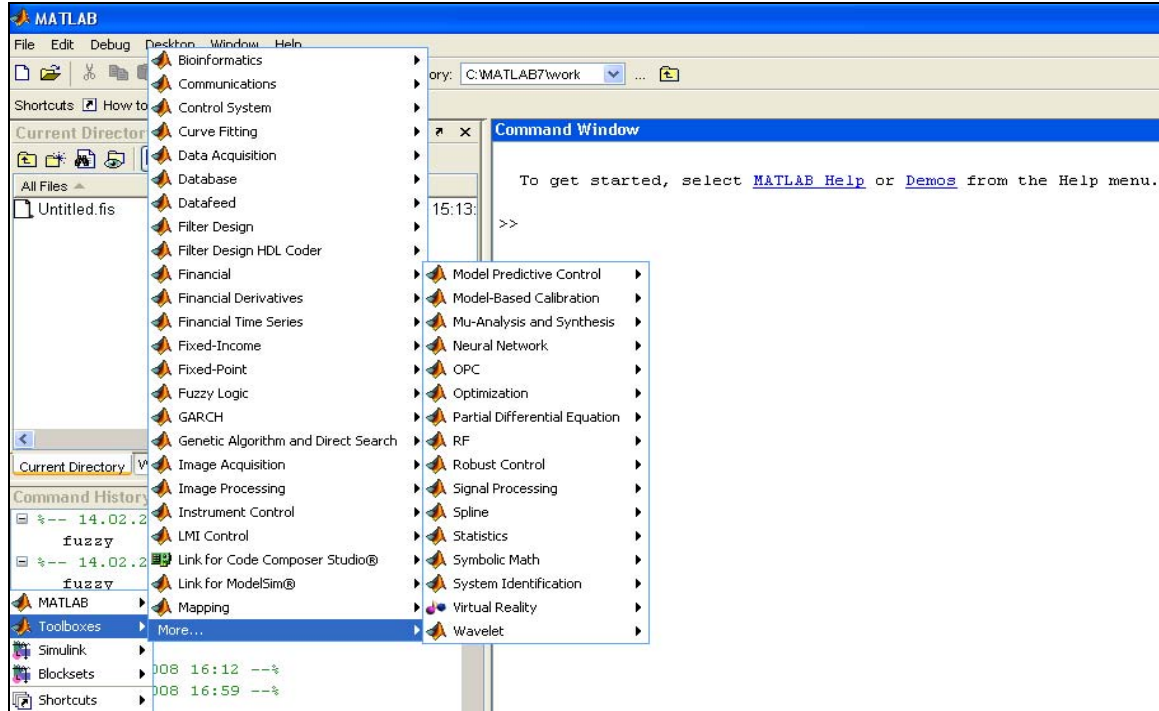
MATLAB, teknik hesaplamalar ve matematiksel problemlerin çözümü için tasarlanmış bir yazılım geliştirme aracıdır. “MATrix LABoratory” kelimelerinin kısaltması olan MATLAB, adından da anlaşılacağı üzere matrisler (matrix) yani diğer bir deyişle dizileri (array) kullanarak çalışır. Bugün dünyada 500.000 den fazla akademisyen, araştırmacı ve öğrenci tarafından kullanıldığı tahmin edilen MATLAB, içinde bulundurduğu çok sayıdaki ara yüzü ile bilgisayar dünyasının en gelişmiş teknik ve bilimsel problem çözme ve uygulama geliştirme aracı olarak da tanımlanmaktadır. Özellikle mühendislik alanındaki sistemlerin analizinde kullanılan MATLAB, veri analizi ve inceleme, görsellik ve görüntü işleme, algoritma prototipi oluşturma ve geliştirme, modelleme ve simülasyon, programlama ve uygulama geliştirme işlemlerini yapabilmektedir (HANSELMAN ve LITTLEFIELD, 2001).

Program ilk açıldığında MATLAB masaüstü olarak adlandırılan bir ana platform açılmaktadır (Şekil 1). Platform üzerinde Command window, Command history, Current directory, Workspace ve Array editör olmak üzere 5 pencere mevcuttur. Bu pencereler çeşitli ihtiyaçlar doğrultusunda kullanıcı tarafından farklı şekilde de düzenlenebilir (UZUNOĞLU ve ONAR, 2003; ARİFOĞLU, 2005).



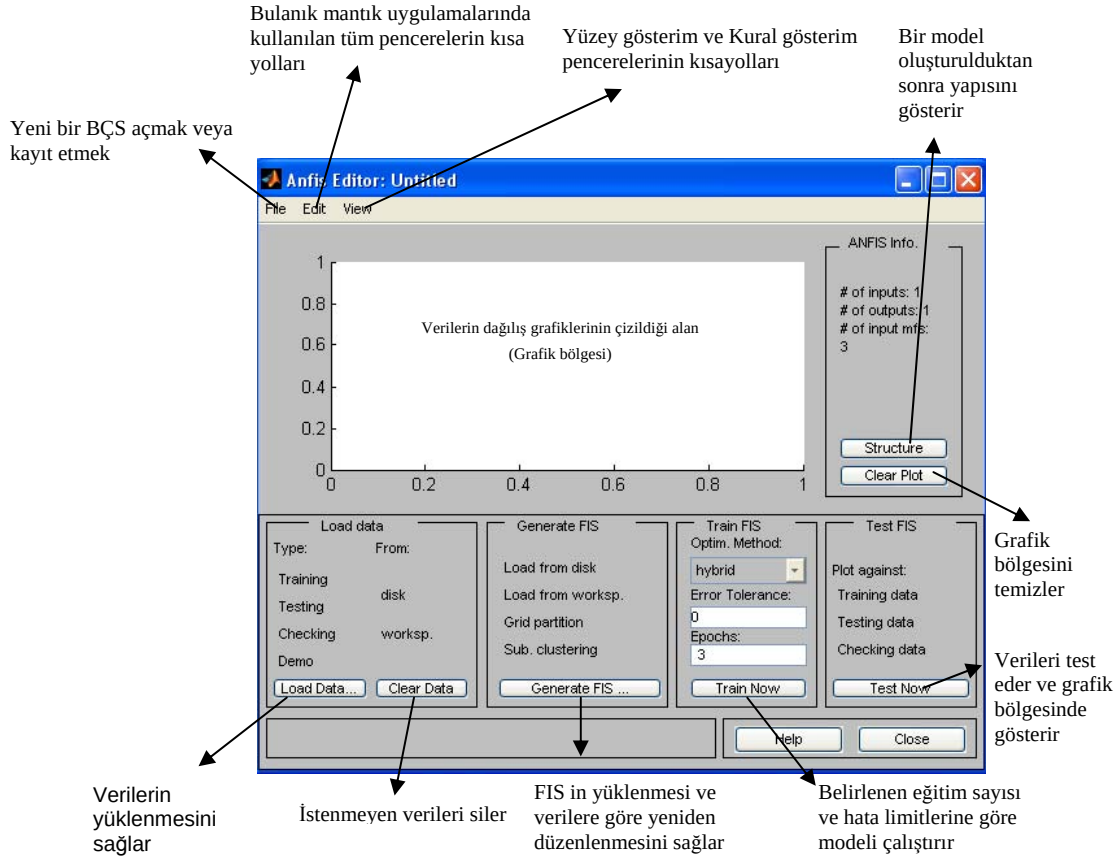
Şekil 1. MATLAB programı çalıştırıldığında ki ilk görünüm

MATLAB’da farklı amaçlar için kullanılan toplam 39 araç kutusu bulunmaktadır. Araç kutuları yeni sürümlerle sürekli güncellenmektedir. Bunlardan bazıları, Fuzzy logic, Bioinformatics, Curve fitting, Genetic algorithm, Statistics ve Neural Networks şeklindedir. Araç kutularına programın sol alt köşesinde yer alan start düğmesi kullanılarak ulaşılmakta (Şekil 2) ve işlemler daha rahat yapılmaktadır.



Şekil 2. MATLAB Araç Kutuları

MATLAB,’da tüm bu pencerelerin yanında, TSK çıkarım yöntemi kullanılarak oluşturulan bir bulanık modelin çıktı değişkenine ait parametrelerin bulunması için kullanılan ANFIS editörü de mevcuttur. ANFIS sadece TSK çıkarım yöntemi kullanılarak oluşturulan bulanık modellerin güvenilirliğinin test edilmesi ve parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. MATLAB programında ANFIS editör penceresini açmak için iki farklı yol kullanılabilir. Bunlardan birincisi MATLAB ilk çalıştırıldığında açılan Command window kısmında *anfisedit* yazıp enter tuşuna basılarak açılabilir. İkincisi ise bulanık mantık araç kutusu yardımıyla açılan ÜF yazım penceresinde Dosya> Yeni BÇS>Sugeno (File>New FIS>Sugeno) yolu izlenerek yeni bir BÇS penceresi açılır. Burada Düzen menüsünden “anfise” tıklanarak ANFIS penceresi açılır (Şekil 3).



Şekil 3. ANFIS Editör penceresi

ANFIS editör kullanılarak sıfırdan bir bulanık model veya sistem oluşturulabildiği gibi daha önce TSK çıkarım yöntemi kullanılarak oluşturulan model ya da sistemler çağrılarak da bunlar üzerinde düzeltmeler yapılabilir.

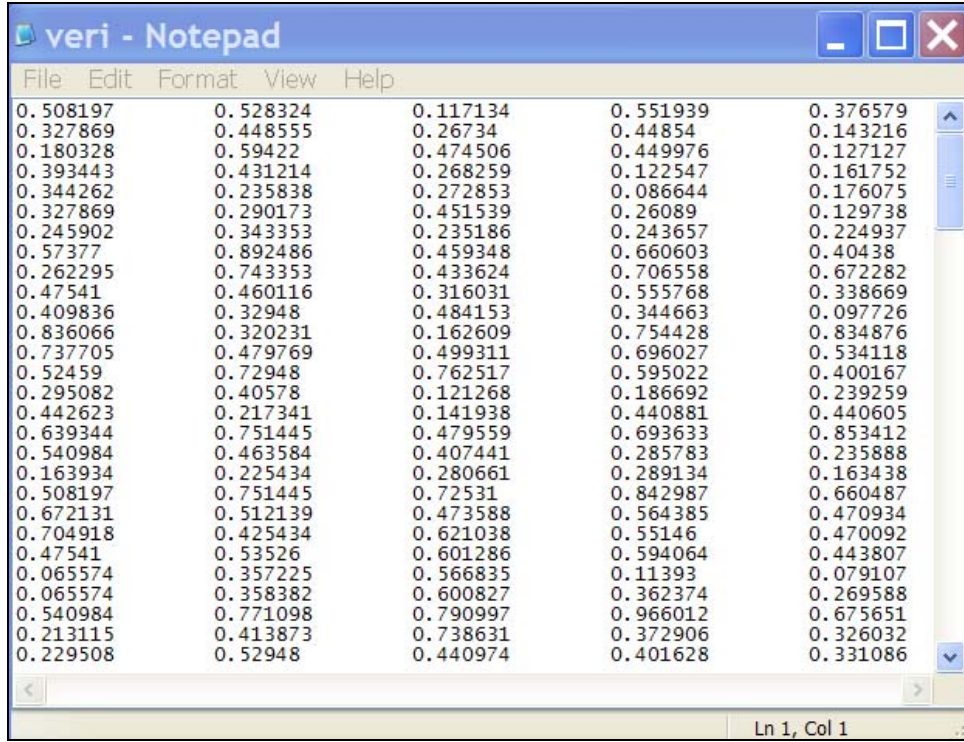
ANFIS editör 4 temel bölümden oluşmaktadır. Bunlar veri yükle (Load data), BÇS oluştur (Generate FIS), BÇS eğit (Train FIS) ve BÇS test et (Test FIS) şeklindedir (Şekil 3). Bu bölümlerden birincisi olan veri yükleme bölümünde Eğitim (Training), Test (Testing), Kontrol (Checking) ve Örnek (Demo) olmak üzere 4 farklı veri seti kullanılabilir (KOİVO, 2006). Daha önceden de ifade edildiği gibi ANFIS in temelini YSA oluşturmaktadır. YSA kullanılarak oluşturulan bir modelin güvenilir tahminlerde bulunabilmesi için değişik açılardan denenmesi gereklidir. YSA eğitilmesi esnasında o kadar küçük hata değerine ulaşılabilir ki bu gerçekte tesadüfen karşılaşılmış bir durum olabilir. Bunun için eldeki verilerin Eğitim, Test ve Kontrol olmak üzere 3 bölüme ayrılmasında fayda vardır (ŞEN, 2004c). ŞEN (2004c) ye göre SMITH ve ELI (1995) bu ayrımın oranının sırası ile % 40, % 30 ve % 30 olmasını önermişlerdir. Verilerin bu şekilde ayrılması zorunlu değildir. Araştırmacı verilerini

bölmeden ANFIS editör penceresinde (Şekil 3) Veri yükleme bölümünde veri yükle düğmesine basarak okutabilir. Bu durumda modelin doğru tahmin yapıp yapmadığına hesaplanan hata değerine bakarak karar verir. Veriler ANFIS' e Command Windows da *load* komutu ile de girilebilir. Burada girilen verinin tipine göre dosyalara isim verilmesi gerekmektedir. Örneğin eğitim verisi yüklenecekse dosya isminin sonunda *trnData*, kontrol verisi yüklenecekse *chkdata* yazılmalıdır (ANONYMOUS, 2005)

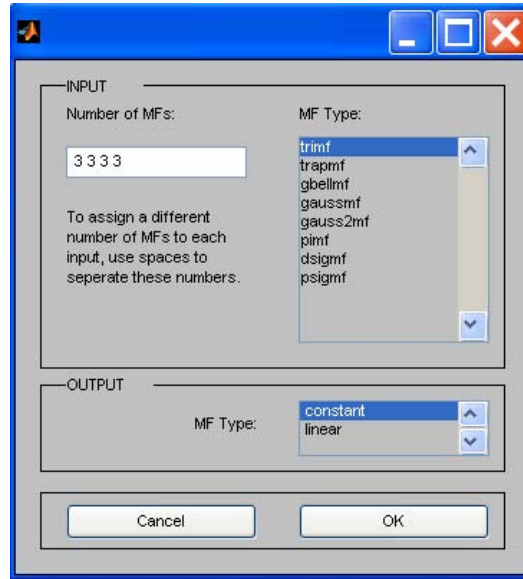
```
load fuzex1trnData.dat  
load fuzex1chkData.dat
```

ANFIS'e aktarılabacak veriler windows notepad programında sütunlar halinde hazırlanmalıdır. Burada önemli olan çıktı değişkenine ait değerler en son sütunda yer almalıdır (Şekil 4) (MARCE ve ark., 2004).

ANFIS editörde verileri yüklerken veri dosyasının konumunun belirtilmesi için “disk” ve “workspace”. seçenekleri bulunmaktadır. Sisteme yüklenecek veri dosyası eğer programın çalışma dosyalarını içinde bulunduran “work” klasöründe ise “workspace” seçeneği, burada değilse disk seçeneği işaretlenmelidir. Veriler yüklendikten sonra BÇS oluşturma (Generate FIS) aşamasına geçilir. Bu aşamada daha önceden hazırlanmış bir bulanık model, dosyanın konumuna göre “load from disk” veya “load from workspace” seçenekleri işaretliken yükle düğmesine basılarak yüklenir. Mevcut model ANFIS'e yüklendikten sonra BÇS oluşturma düğmesine basılarak açılan pencerede (Şekil 3) gerekli görülürse değişkenlere ait üyelik fonksiyonlarının şekli ve sayısı değiştirilebilir. Ya da “grid partition” seçeneği işaretlenip BÇS oluşturma düğmesine basılarak açılan pencerede (Şekil 5) sıfırdan bir bulanık model oluşturulabilir.



Şekil 4. Windows Notepad’de verilerin hazırlanışı



Şekil 5. BÇS oluştur düğmesine basıldığında açılan pencere

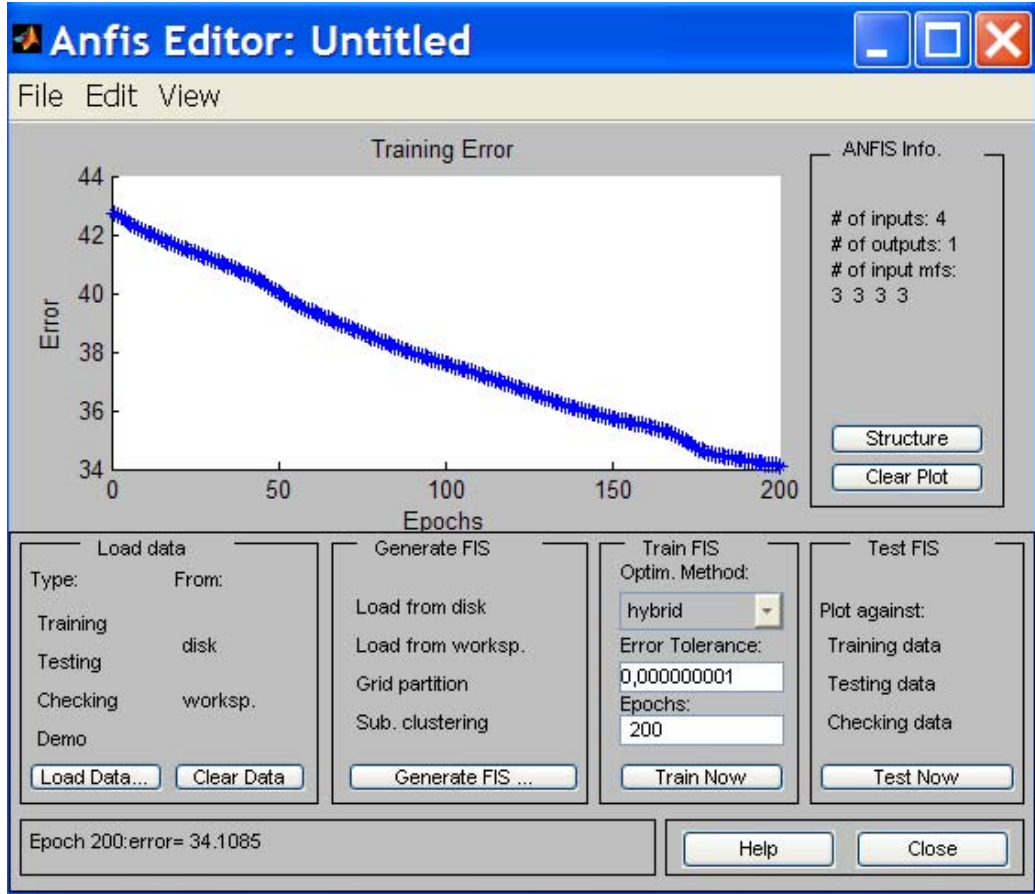
Bu pencerede girdi ve çıktı değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarının şekli ve sayıları belirlenebilir. Sistem istenen sonucu verene kadar buradan kolay bir şekilde değişiklikler yapılabilir (KOİVO, 2006).

ANFIS editörün üçüncü aşaması olan Eğitim aşamasında oluşturulan model test edilmektedir. Test için iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi “backpropagation” olarak adlandırılan geriye besleme yöntemidir. İkincisi ise “hybrid” şeklinde isimlendirilen ve “backpropagation” ile en küçük kareler yönteminin birlikte kullanıldığı yöntemidir. Bu aşamada araştırmacı hata sınırını belirler. ANFIS editörün eğitim kısmında bulunan müsaade edilebilir hata (Error Tolerance) kutucuğuna bu sınırı direk yazabilir. Bu değerin sıfır olması istenir fakat pratikte bu değeri yakalamak mümkün değildir. Değerin 0.01 ya da 0.05 olmasında araştırmacılar için yeterlidir. Bu hata sınırı RMSE (Root Mean Square Error) değeridir. Bu değer ANFIS editörün sol alt köşesinde gösterilir(Şekil 6). Daha önce ifade edildiği gibi veriler sisteme eğitim, test ve kontrol olarak girilebilir. Eğitim olarak girildi ise model tarafından tahmin edilen sonuç değeri ile gözlem değeri arasındaki fark eğitim hatası (Training error) olarak adlandırılır. Test olarak girildi ise test hatası (Testing error) ve Kontrol olarak girildi ise kontrol hatası (Checking error) olarak adlandırılır. Bu hata değerlerinin her eğitim aşamasındaki (epochs) değeri ANFIS editörün grafik bölgesinde şekil olarak gösterilmektedir (Şekil 6) (ANONYMOUS, 2005). RMSE bu hata değerlerini kullanarak,

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}$$

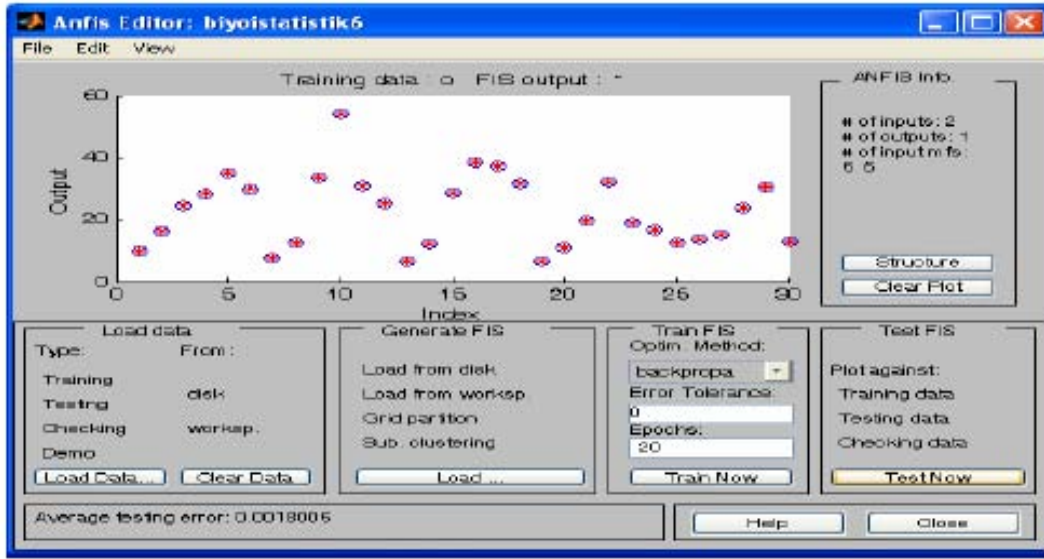
eşitliği yardımıyla hesaplanır. Burada ; gözlenen sonuç değerini, ; tahmin edilen sonuç değerini, n; toplam yapılan tahmin sayısını gösterir (WARNE, ve ark., 2004; YILDIRIM ve BAYRAMOĞLU, 2006)

Bulanık çıkarım sistemlerinin eğitim aşamasında önemli bir noktada test edilecek sistemde girdi ve çıktı değişkenleri arasında kaç kez gidip gelme (eğitme) işleminin yapılacağını gösteren “epochs” sayısının belirlenmesidir. Genellikle bu değerin 3 olarak alınması önerilir. Değerin büyütülmesi hatayı azaltmadığı gibi fazladan zaman harcanmasına neden olmaktadır. Bu değerin 100’ü geçmemesi istenir (ANONYMOUS, 2005). Bu tanımlamalar yapıldıktan sonra Eğitim (Train now) düğmesine basılarak oluşturulan model çalıştırılır ve ANFIS editör penceresinin sol alt köşesinde verilen RMSE değeri kabul edilebilir sınırlarda ise son aşama olan test aşamasına geçilir. İstenen sınırlara ulaşamadı ise sistem yeniden gözden geçirilir.



Şekil 6. Örnek bir bulanık sistemin eğitildikten sonraki ANFIS editör penceresi

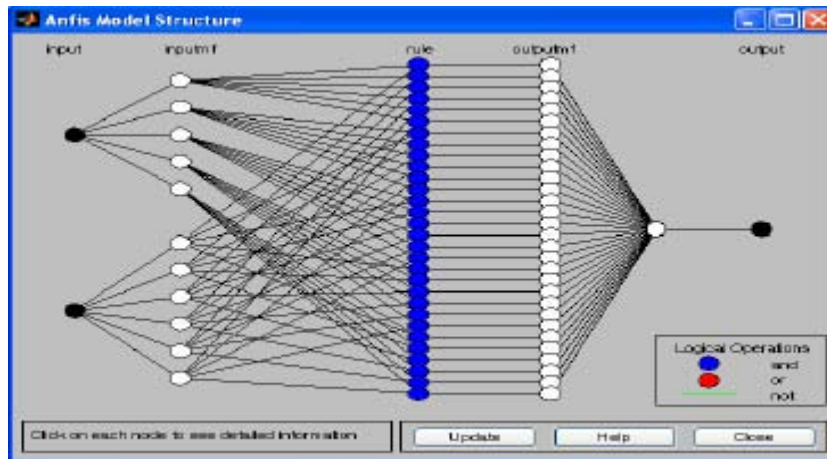
Test aşamasında eğitim verisi ile bulanık modelin yapmış olduğu tahmin değerleri karşılaştırılır. Girdi değerlerine karşılık gelen gözlem değerleri ve tahmin değerlerinin dağılımları ANFIS editör penceresinin grafik bölgesinde gösterilir. Burada gözlenen değerler ve tahmin değerlerinin çakışması modelin doğru tahminde bulunduğu bir göstergesidir (Şekil 7).



Şekil 7. Test aşamasından sonra ANFIS editör penceresi

Eğer model oluşturulurken veriler eğitim, test ve kontrol olarak ayrıldı ise bu veriler kullanılarak da tahmin değerleri test edilebilir.

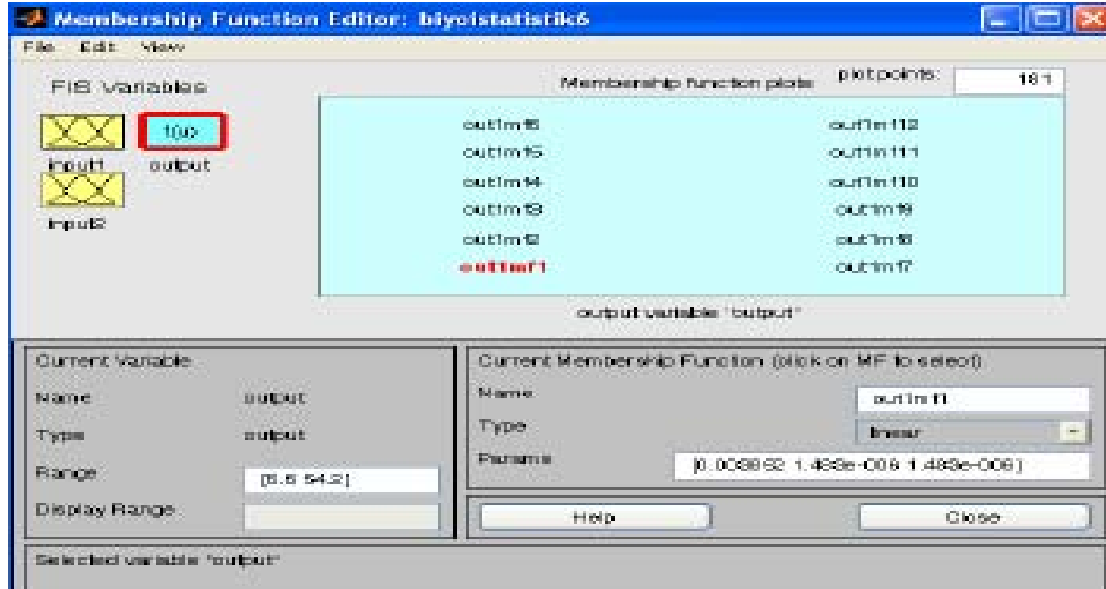
Test işlemi sonunda modelin düzgün çalıştığına kanaat getirildi ise ANFIS editörde “structure” düğmesine basılarak oluşturulan modelin yapısı şekilsel olarak görülebilir (Şekil 8).



Şekil 8. ANFIS model yapısının genel görünümü

Çıktı değişkeni doğrusal bir fonksiyon olarak tanımlandı ise bu fonksiyona ait parametre değerleri ANFIS editörün Düzen menüsünden üyelik fonksiyonu

(membership function) seçeneğine basılarak açılan ÜF yazım penceresinden okunabilir (Şekil 9).



Şekil 9. Uygulama sonucunda üyelik fonksiyonu yazım penceresinde parameter değerlerinin okunması